

Л.А. Похмельных

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОШИБКИ В ФИЗИКЕ
И
РЕАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИКА**

ИПЦ “Маска”
Москва

УДК 53+52+55
ББК 22,3
П64

Л.А. Похмельных

«Фундаментальные ошибки в физике и реальная электродинамика.»

М.: ООО «ИПЦ “Маска”», 2012 – 354 с.

ISBN 978-5-91146-747-0

Показывается, что главные законы природы в записях Кулона, Ньютона, Максвелла, квантовая механика и теория относительности содержат серьёзные дефекты, после устранения которых изменяется математический аппарат физики и предстаёт новый удивительный единый электрический макро - микромир. Построения приводят к выводу о внешнем источнике энергии Солнца, непарниковом механизме глобальных вариаций климата на Земле и о возможности управления тепловым состоянием атмосферы без больших затрат энергии. Книга написана кандидатом физ.-мат. наук, выпускником МГУ, автором технологии коррекции погоды методом ионизации атмосферы, использованной в Мексике, Израиле и на Кубе. Изложение рассчитано на инженеров, исследователей, аспирантов и студентов, знакомых с общей физикой в объёме технического университета.

It is shown that the main laws of nature in the records by Coulomb, Newton, Maxwell, quantum mechanics and theory of relativity contain graves defects. After their removal the mathematical apparatus of physics changes and the new amazing united electric macro and micro world arises. Constructions lead to the conclusions of external solar power source, non-greenhouse mechanism of global climate variations and on possibility of atmospheric thermal state control without big cost of energy. The book is written by PhD graduated from Moscow State University, author of the weather correction technology by atmospheric ionization used in Mexico, Israel and Cuba. The forgoing is designed for engeneers, investigators and students familiar with general physics in extent of a technical university.

УДК 53+52+55
ББК 22,3
П64

ISBN 978-5-91146-747-0

© Л.А. Похмельных, 2012

levpokh@rambler.ru

**FUNDAMENTAL ERRORS IN PHYSICS
AND
REAL ELECTRODYNAMICS**

By Lev Pokhmelnikh

“Maska”, Moscow

Оглавление

Введение.....	8
Глава 1. Электростатика и гравитация как компоненты единого центрального взаимодействия.....	21
§1.1 Поля и третий закон механики	-
§1.2 Параметры f, s . Объединение центральных полей.....	25
§1.3 Сравнение параметров гравитации, классической и реальной электродинамик.....	33
§1.4 Характеристики частиц в параметрах f, s, m	34
§1.5 Закон силового взаимодействия в параметрах f, s, m	35
Глава 2. Ослабление электростатического поля материей.....	43
§2.1 Неприменимость теоремы Гаусса в реальном пространстве ...	-
§2.2 Электростатическое взаимодействие с ослаблением поля.....	45
§2.3 Объёмное заряджение тел.....	48
§2.4 Напряжённость поля на поверхности полупространства.....	49
§2.5 Электродинамическое равновесие контактирующих сред и тел....	50
§2.6 Электрический потенциал в объёмно заряженной среде.....	51
§2.7 Разность потенциалов между двумя точками.....	53
§2.8 Разность потенциалов и работа.....	54
§2.9 Обобщение теоремы Гаусса.....	56
§2.10 Электрическая ёмкость e -массивного шара.....	59
§2.11 Магнитный момент объёмно заряженного шара.....	59
§2.12 Понятия локальной и натуральной плотностей заряда и массы	60
§2.13 Коэффициент ослабления электростатического поля материей....	64
§2.14 Условие электрической нейтральности среды.....	65
Глава 3. Ослабление гравитационного поля материей.....	68
§3.1 Соотношения гравистатики	-
§3.2 Коэффициент ослабления поля, гравитационная массивность Солнца.....	73
§3.3 Ослабление гравитационного поля планетами.....	75
§3.4 Смещение центра гравитации Солнца.....	76
§3.5 Невозможность гравитационного коллапса.....	80
Глава 4. Электрическое взаимодействие Земли с космосом.....	82
§4.1 Грозная модель атмосферного электричества и её дефектность.....	83
§4.2 Электрическое состояние Земли в реальной электродинамике...	85
§4.3 Суточные вариации напряжённости поля атмосферы.....	90
§4.4 Потенциал и электрическая ёмкость Земли.....	93
§4.5 Вариации заряда Земли и тока атмосферы.....	94

§4.6	Электричество тропосферы.....	97
§4.7	Электричество верхней атмосферы и магнитосферы.....	99
Глава 5.	Электронагрев Земли.....	101
§5.1	Нагрев земных недр.....	-
§5.2	Нагрев атмосферы.....	107
Глава 6.	Конденсационный нагрев атмосферы, коррекция погоды.....	111
§6.1	Электроны и ионы – главные центры конденсации пара в атмосфере.....	-
§6.2	Уравнение связи атмосферного электричества с термодинамикой атмосферы.....	115
§6.3	Механизмы появления зарядов в атмосфере.....	116
§6.4	Повышение температуры за счет конденсации пара.....	118
§6.5	Коррекция погоды методом ионизации атмосферы.....	119
Глава 7.	О механизме глобального потепления.....	124
§7.1	Непричастность CO ₂ к глобальному потеплению	-
§7.2	Другие механизмы потепления.....	127
Глава 8.	Измерение зарядов.....	134
§8.1	Ошибка при использовании уравнения Пуассона.....	-
§8.2	Ошибка при измерении плотности заряда методом фильтрации ионов	135
§8.3	Камерный измеритель плотности заряда газа.....	137
§8.5	Измеритель вариаций параметра q/ρ	137
§8.6	Измерение остаточных зарядов молекул методом испарения жидкости.....	140
§8.7	Электродный эффект и остаточный заряд молекул воды.....	145
Глава 9.	Шаровая молния как газовый кристалл.....	147
§9.1	Газовый кристалл в классической электродинамике	-
§9.2	Газовый кристалл с поправкой реальной электродинамики.....	154
Глава 10.	Электрическое взаимодействие Солнца с космосом.....	155
§10.1	Дефектность гипотезы внутреннего источника энергии Солнца	-
§10.2	Внешний источник энергии Солнца.....	157
§10.3	Количественное описание перезарядки Солнца.....	160
§10.4	Инструментальное наблюдение тока перезарядки.....	165
§10.5	Связь параметров Земли, Солнца и космоса.....	169
§10.6	Плотность массы в космической среде	170
§10.7	Структура галактических волн плотности заряда.....	173
§10.8	Плотность массы космоса в фактах и интерпретациях.....	174
§10.9	Плотность массы в космосе и период солнечного цикла.....	176
§10.10	Запас энергии и время остывания Солнца.....	179
§10.11	Схема воздействия космоса на Землю	180
§10.12	Кометы – электрические зонды космического пространства.....	182

Глава 11. Галактическое электричество.....	185
§11.1 Разделение зарядов в космосе и электрическая цепь Галактики..	-
§11.2 Ускорение атомов водорода в космосе.....	190
§11.3 Ядерная цепь Галактики	191
§11.4 Тёмная материя	192
§11.5 Электрическая подпитка энергией Галактики извне.....	194
Глава12. Свод характеристик электричества Земли, Солнца и Галактики.....	196
Глава 13. Частица, пространство, поле, электрическая волна	200
§13.1 Гипотеза связи пространства и материи.....	—
§13.2 Энергия электромагнитной волны.....	203
§13.3 Связь энергий частицы и волны.....	205
Глава 14. Магнетизм как эффект центрального поля движущегося заряда	208
§14.1 Сила Ампера как следствие асимметризации поля при движении заряда.....	209
§14.2 Взаимодействие линейного и кольцевого токов.....	216
§14.3 Строение электромагнитной волны	219
§14.4 Ошибочность индукционного уравнения Максвелла.....	220
Глава 15. Неоднородность плотности пространства. Абсолютность и относительность.....	227
§15.1 Объёмная и линейная плотности пространства.....	-
§15.2 Неравноправие относительно движущихся систем отсчёта.....	230
§15.3 Время в реальном и лабораторном пространствах.....	233
§15.4 Движение тела в пространстве с поперечным градиентом плотности.....	235
§15.5 Описание замкнутости трёхмерного пространства.....	238
Глава 16. Строение атома.....	241
§16.1 Образование атома водорода и водородоподобного иона.....	242
§16.2 Постоянная Планка - комбинация констант электродинамики..	245
§16.3 Равновесие электрона в атоме.....	247
§16.4 Переходы электрона в атоме водорода.....	251
§16.5 Число силовых линий электрона, замыкающихся на протон.....	254
§16.6 Спектральные серии атома водорода.....	257
§16.7 Энергия, излучаемая электроном в атоме водорода.....	-
§16.8 Электродинамическая схема работы лазера.....	259
Глава 17. Аналитическое выражение для расчёта ионизационных потенциалов	261
§17.1 Запись взаимодействия.....	-
§17.2 Вычисления и результаты.....	265
Глава 18. Структура и устойчивость атомного ядра.....	275
§18.1 Ядерное взаимодействие как взаимодействие протона с поляризованным нейтроном	-

§18.2	Количественные построения ядер до ${}^4\text{He}$	279
§18.3	Структура ядер с массовым числом $A > 4$	280
§18.4	Предел устойчивости атомных ядер.....	286
§18.5	Эффект Мёссбауэра.....	287
§18.6	О соотношении чисел протонов и нейтронов в ядрах.....	296
§18.7.	Увеличение заряда ядра при поляризации нейтрона.....	301
§18.8	О структуре электронной оболочки.....	303
Глава 19.	Стабильность нейтрона.	304
§19.1	Характеристика нейтрона	-
§19.2	Распад нейтрона в классической электродинамике	306
§19.3	Распад нейтрона в реальной электродинамике	307
Глава 20.	Торможение тела собственным полем	313
§20.1	Деформация поля при движении тела с постоянной скоростью..	-
§20.2	Значение коэффициента торможения собственным полем равномерно движущегося тела.....	314
§20.3	Коэффициент деформации поля ускоряющегося тела.....	316
Глава 21.	Оценка соотношений квантовой механики	318
§21.1	Соотношение неопределённостей Гейзенберга.....	-
§21.2	Волна Де-Бройля и корпускулярно-волновой дуализм.....	319
§21.3	Уравнение Шрёдингера.....	320
§21.4	Внешний фотоэффект.....	321
§21.5	Магнитный момент электрона, магнетон Бора.....	322
§21.6	Спин электрона.....	323
§21.7	Магнитный момент протона, ядерный магнетон.....	324
§21.8	Эффект Комптона.....	325
§21.9	Квантовые статистики.....	326
§21.10	Выражение Планка для излучения абсолютно чёрного тела....	327
Глава 22.	Излучение тела	332
§22.1	Независимость сплошного спектра излучения тела от атомного состава	-
§22.2	Отношение мощностей излучений атомов и электронов	-
§22.3	Частоты излучений при формировании атома.....	334
§22.4	Сплошной спектр теплового излучения тел	335
§22.5	Электродинамическая интерпретация эффектов дуализма.....	339
§22.6	Фотоэффект в реальной электродинамике.....	343
Главные различия в представлениях современной физики и реальной электродинамики		344
Таблица физических констант, использованных в тексте		348
Литература		349

Введение.

Современные технологии, построенные на достижениях физики, химии и биологии, становятся настолько могучими в способности самоуничтожения человечества, что благополучие цивилизации и даже её продолжение оказываются в высокой степени зависимыми от капризов небольших групп населения, в основном политиков, распоряжающихся технологиями. Главным условием поддержания и дальнейшего улучшения уровня жизни на земле становится доступ к источникам энергии и обладание эффективными технологиями жизнеобеспечения. Индекс уровня жизни **I** абстрактного среднего человека может быть выражен зависимостью

$$I \sim P E \frac{1}{N},$$

где **P** – суммарная мощность энергии, используемой человечеством, **E** – средняя эффективность технологий и процессов преобразования естественных ресурсов в продукты потребления в самом широком смысле от необходимых (производство питания, одежды, жилья) до тормозящих или бесполезных (бюрократизация общества, производство вооружения, неблагоприятные климатические условия) и разрушающих (войны, природные катаклизмы),

N – численность земного населения.

Коллапс человечества соответствует условию $I \rightarrow 0$.

Благополучие человеческой цивилизации всё больше становится зависимым от её этической и научной зрелости, от преобладающих в ней стимулов, от степени понимания мыслящей частью населения происходящего в среде обитания и в мире.

Излагаемое ниже касается последней зависимости. Цель книги – помочь читателю увидеть серьёзные ошибки в современных представлениях о функционировании систем космос – Солнце – Земля и тело – атом – атомное ядро. Ошибки проистекают из недостаточной корректности записей главных законов природы, сделанных более ста лет назад. В условиях ускоряющегося технологического прогресса и роста мощностей используемой энергии непреднамеренное техногенное воздействие человека на земную поверхность и атмосферу приобретает глобальный масштаб и при ошибочной интерпретации происходящего становится опасным для всего живого. На планете меняется климат: температура воздуха, режим осадков, уровень воды в океанах, параметры верхней атмосферы. Засухи и лесные пожары по-

ражают всё большие площади. На первый план выходит проблема нехватки пресной воды. Понимание причин происходящего становится актуальной задачей фундаментальной науки, от решения которой зависят размеры материальных потерь, правильность и своевременность предупредительных мер, степень подготовленности земного населения к неизбежным в будущем естественным глобальным переменам. Обратимся к фактам и логике, к физике.

Окружающая нас действительность описывается концепциями, теориями, постулатами, формулами. Законы природы и их аналитические отображения по широте и многочисленности следствий формируют многоуровневую пирамидальную систему. Ранг закона определяется многочисленностью следствий в различных науках и практике, широтой влияния на другие, более частные законы-следствия. Чем выше закон по рангу, тем строже требования к его записи, к условиям и пределам применимости. Записи базовых законов, исходные постулаты теорий нуждаются в самом пристальном внимании, в постоянных всесторонних прямых и косвенных проверках, в коррекции с учётом новых знаний. Допущенные и быстро не исправленные ошибки способны обернуться и, как будет видно из содержания, уже оборачиваются длительными бесплодными усилиями научного сообщества в ложных направлениях, потерей времени и всё более масштабными материальными потерями.

Главные законы физики выражены Кулоном, Ньютоном, Ампером, Фарадеем, Максвеллом более ста пятидесяти лет назад и остаются без коррекции по наше время. В начале XX века к фундаментальной базе физики были отнесены целые теории. Критике и правке записей фундаментальных законов и теорий обычно мешают растущие со временем авторитеты авторов и приумножающиеся успехи в практике благодаря их творениям, независимо от них или вопреки им. Университеты, академии наук, исследовательские организации, международные научные форумы, строящие свою работу на общепризнанной научной базе, не простимулированы на пересмотр или коррекцию физических основ. Многие спорные построения предыдущих поколений физиков преподносятся последующим как непререкаемая истина.

В 1964 г. автор окончил физический факультет Московского Университета с чувством восхищения пред великими естествоиспытателями прошлого с убеждённой в правильности открытых ими законов, с верой в незыблемость картины мира, вытекающей из их теорий, не смотря на то, что оставались без ответов многие вопросы в теориях относительности, в квантовой механике, в физике Земли, Солнца, космоса, атома, атомного ядра и электродинамике. В первые годы научной деятельности это воспринималось как следствие недостаточной изученности материала. Однако повторяющиеся общие туманные рассуждения титулованных теоретиков при обращении к ним с вопросами о причинах несостыковок и противоречий не

убеждали и укрепляли мысль об отсутствии ответов. Многолетнее всё более детальное ознакомление с базовыми теориями множило вопросы. Постепенно крепло убеждение, что в теоретической базе физики содержатся изначальные дефекты. Многие годы чётко обозначить дефекты в записях законов и унифицированных университетских изложениях теорий не удавалось. Для осмысления логики, приведшей в начале XX века А.Эйнштейна к теориям относительности, потребовалось погрузиться в оставленную в начале XX века на полпути к решению проблему кажущейся необъединяемости электростатического и гравитационного взаимодействий. В итоге, к 1980 г. удалось осознать и сформулировать первый дефект записей двух главных законов природы:

кулоновская и ньютоновская записи центрального взаимодействия предполагают абсолютную прозрачность материи для электрического и гравитационного полей, что противоречит факту силового взаимодействия зарядов и масс, а также закону сохранения энергии.

Введение в кулоновскую запись члена, описывающего непрозрачность материи для электростатического поля, привело к значительному изменению аналитических соотношений электродинамики, фактически, к новому математическому аппарату. К 1984 г. на его основе была развита теория электрического взаимодействия Земли и Солнца с космосом [128] и под Москвой начал экспериментально проверяться следовавший из неё способ коррекции погоды методом ионизации атмосферы.

К 1990 г. обозначился второй дефект записей законов центрального взаимодействия:

кулоновская и ньютоновская записи не описывают взаимодействия зарядов и масс через поля, т.е. не отвечают принципу близкодействия.

Была выведена запись взаимодействия, лишённая этого недостатка. Оказалось, что она позволяет рассматривать электростатическое и гравитационное взаимодействия как компоненты единого трёхкомпонентного центрального взаимодействия. [48]

В 2003 г. была теоретически обнаружена и экспериментально подтвердилась принципиальная ошибка в индукционном уравнении Максвелла [54]:

электродвижущая сила индукции пропорциональна силе тока в проводнике, а не производной тока по времени, как записал Максвелл.

Одновременно при построении электродинамической модели атома водорода было осознано, что

постоянная Планка представляет собой комбинацию констант электродинамики, т.е. не является фундаментальной константой физики. [55]

Первые три дефекта подвели к необходимости существенной коррекции классической электродинамики, четвёртый – к отказу от квантовой теории. Объединяемость центральных полей свидетельствовала об ошибочности главного постулата общей теории относительности (ОТО) – принципа эквивалентности, предлагающего считать гравитацию следствием кривизны пустого пространства. Дефекты затрагивали практически всю теоретическую базу физики. Возникла необходимость в альтернативной концепции.

Новая концепция стала формироваться на основе откорректированного математического аппарата электродинамики и вытекавшей из него теории земного, атмосферного и космического электричества. [128] Позднее она пополнялась темами лабораторного и микромасштабов. В основу построений были положены идеи о свойствах материи и пространства, которые представились в наибольшей степени отражающими реальность. Для лучшего понимания затронутых в книге тем кратко упомянем историю развития философских представлений об окружающем нас мире в Европе [9][24] и проследим, как они перерастали в современные общепринятые представления в физике.

Фалес Милетский (V в. до н.э.) - основоположник математики и астрономии. Материальная основа всех вещей - вода. (Была сделана попытка понять всё существующее на единой основе.)

Анаксимандр (V в. до н.э.). Первоматерия бесконечна, вечна, неизменна и заполняет весь мир. Вещи возвращаются в то, из чего возникают. Существует вечное непрерывное творение и разрушение миров. (Высказана идея сохранения и преобразования.)

Анаксимен (V в. до н.э.). Первоматерией является воздух. Всё разнообразие вещей происходит от его сгущения или разряжения. (Идея перехода количества в качество.)

Гераклит (V - IV вв. до н.э.). Первоматерия - это огонь. Он – наиболее динамично изменяющаяся материя. Гармония бытия достигается в борьбе противоположностей. Изменение обновляет мир. Нет ничего постоянного. Всё течёт, всё изменяется (Элементы диалектики).

Левкипп (V до н.э.). Создание учения об атомах и пустоте.

Демокрит (V-IV вв. до н.э.): Атом вечен и неразложим. Движение невозможно без существования пустого пространства между атомами.

Анаксагор (IV в до н.э.): Все изменения в мире происходят из-за соединения и разделения различных малых элементов, которых бесконечное множество. Солнце – шар.

Платон (IV в до н.э.). Существуют вечные идеи, конкретные вещи и пространство.

В XVI-XVII веках в Европе началось ускоренное развитие естествознания. В философских вопросах о единстве мира оно сопровождалось уточнением, детализацией и развитием идей античного периода.

Р.Декарт (1596 – 1650) создал основы современной математики и развил идею Платона о приоритете разума в науке, о возможности геометризации физических процессов на основе небольшого числа аксиом. Отрицал пустое пространство. Согласно ему всё протяжённое – телесно. Был высказан принцип близкодействия.

Вопрос о пустоте или материальности среды между телами со времен Ньютона был предметом дискуссий. Гравитационные массы Ньютона (1670) и заряды Кулона (1784) взаимодействовали через пустоту, однако Ньютон, как и Декарт, не принимал пустоту и был убеждён, что на расстоянии не может влиять даже Бог. Он верил, что тот “пребывает всюду, в том числе и в вещах” [25], то есть прибегал к посреднику - прообразу эфира и поля.

Первым, кто в своих построениях последовательно стал использовать понятие материальной среды - эфир, в котором распространяются волны, был, по-видимому, Х.Гюйгенс (1681) [26]. В 1817 г. О.Френель показал, что для объяснения отсутствия влияния движения Земли на преломление света звёзд достаточно предположить частичное увлечение эфира Землёй. В 1845 г. Дж. Стокс в серии работ пришёл к выводу, что для решения проблемы отклонения распространения света звёзд от прямой и запаздывания их прихода на Землю достаточно считать, что приземный эфир полностью связан с планетой, а с удалением от неё связь ослабляется. [28] Этот вывод подтвердился опытами А.Физо (1851), в которых было продемонстрировано частичное увлечение света движущейся водой. Из его опытов прямо следовало, что среда распространения света состоит из двух компонент, одна из которых связана с движущейся водой, а другая – с окружающим пространством, принимаемым за неподвижное.

В 1846 г. М.Фарадей ввёл понятие электрического поля и высказал идею о реальности и материальности его силовых линий [31]. Идея не была поддержана его коллегами и учёными более поздних поколений.

В 1897 г. эксперименты А.Майкельсона – Э.Морли не обнаружили эфирного ветра у земной поверхности. Это было расценено как доказательство его отсутствия. При этом не было принято во внимание, что результат отвечал представлению о связанности приземного эфира с земной массой, и, следовательно, подтверждал выводы Стокса.

К концу XIX века эфир как материя и система отсчёта в своих характеристиках становился всё более изученным и определённым. Однако ему не повезло. В начале XX века А.Эйнштейн задумал решить проблему гравитации математически и увидел в эфире помеху планам математизации реальности. Материальный эфир не вписывался в теоретическую модель пустого кривого пространства. В основу предложенной концепции была положена гипотеза неразличимости физических явлений в относительно движущихся систе-

мах отсчета (принцип относительности) и тождества эффектов гравитации с ускорением в искривлённом пространстве (принцип эквивалентности). Идеи Эйнштейна были воплощены в специальной и общей теориях относительности, которые с самого начала приводили к абсурдным и взаимоисключающим следствиям, на что обращали внимание более поздние исследователи [2][37], однако в период научно-технического подъёма конца XIX - начала XX веков очевидные противоречия и несостыковки воспринимались как захватывающая парадоксальная действительность или временные разрешимые неувязки. В середине XX века философ Дж. Бернал отметил, что “необходимо значительно более радикальный пересмотр теории относительности и квантовой теории, причём надо.... коренным образом пересмотреть их логическую и философскую базу” [3]. Однако к тому времени теории обрели могучих покровителей и окреп идеологический контроль за научной прессой, что позволяло официальной науке не допускать открытых дискуссий по фундаментальным вопросам и не реагировать на критику оппонентов по существу.

Отметим два наиболее очевидных дефекта ОТО:

1) Несовместимость идеи относительности с фактом конечности скорости света. В условиях конечной скорости распространения электромагнитных волн периферия центрального поля всегда реагирует с запаздыванием на информацию об изменении положения центра. При равномерном движении заряженной или нейтральной частицы её электрическое или гравитационное поле теряет точечную симметрию и становится осесимметричным, а при криволинейном движении полностью теряет пространственную симметрию. Деформированное поле содержит в себе информацию об абсолютных скоростях частицы т.е. скорости относительно среды распространения за прошедший период. Это исключает возможность универсальности записи закона центрального взаимодействия для двух относительно движущихся систем отсчёта. На абсолютность движения указывает и запись закона взаимодействия токов Ампера, содержащая произведение скоростей носителей зарядов. Из этих фактов следует, что движение тел является не только относительным, но и абсолютным (об этом говорил уже Ньютон [81]). При учёте конечности скорости распространения информации принцип относительности Галилея, применявшийся для описания движений макротел с небольшими относительными скоростями, мог считаться правильным, но ограниченным в применении. Принцип же относительности, высказанный Эйнштейном в период существования закона Ампера и признания конечности скорости распространения света, был изначально ошибочным.

При интерпретации опытов Майкельсона – Морли конца XIX века не были приняты во внимание аргументы Стокса. Не было проверено простое и естественное предположение, исходящее из принципа единства всех сущностей, что пространство и поля являются продолжением частиц, что на земной поверхности измерительный прибор практически полностью находится в про-

странстве Земли, в то время как другие компоненты пространства, связанные с ближайшими космическими телами, малы.

2) Произвол в отношении к эфиру. После опубликования своих идей оносительности Эйнштейн писал: “понятие эфира снова приобретает определённое содержание, которое совершенно отлично от содержания понятия эфира механической теории света. Эфир общей теории относительности есть среда, сама по себе лишённая всех механических и кинематических свойств, но в то же время определяющая механические (электромагнитные) процессы. Состояние эфира в общей теории относительности динамически определяется материей и состоянием эфира в соседних точках”.[83]

Из этого пространственно невоспроизводимого и противоречивого представления следует, что прямо отвергнуть материальность среды Эйнштейн не решился, видимо, осознавая проблематичность искривления нематериальной пустоты. Он сделал это косвенно, постулировав свойства эфира максимально приближавшими его к пустоте, и отметив лишь (возможно для предупреждения неудобных вопросов), что речь идёт об эфире ОТО.

Однако вопрос о характеристиках эфира для физики - вторичный. Первым и главным является вопрос о его существовании и материальности. Если эфир существует и материален, то он может описываться понятием плотности, как это делали Френель, Физо или Стокс, и поляризоваться, проявляя себя в виде силового поля. Если же он нематериален, то это – бесструктурное ничто, искривить или поляризовать которое нельзя, и где поля и электромагнитная волна распространяться не могут, т.к. своим присутствием исключают это ничто. Казалось бы, третьего варианта представлений быть не может. Однако он был найден Эйнштейном и математиками. Логика была проигнорирована. С помощью неевклидовых геометрий Лобачевского, Бойяи, Минковского, Римана, Фридмана в физику была внедрена идея искривлённого нематериального четырёхмерного пустого пространства-времени. Понятие эфира было дискредитировано и исключено из употребления, неоднородность пространства стала описываться параметрами, мало пригодными для практики – символами Кристоффеля. Для описания гравитационного поля Эйнштейн записал систему из десяти уравнений, к решению которых была способна подступиться, но не решить, лишь узкая группа математиков. Фундаментальные вопросы физики о природе и связи пространства, материи и поля были максимально запутаны и изъяты из широкого научного обсуждения.

В начальной фазе своего развития идеи относительности и эквивалентности сыграли некоторую прогностическую роль, создавая стимулы для экспериментальных исследований и предлагая варианты для интерпретации результатов. В частности был истолкован ряд эффектов в астро- и геофизике. Это преподносилось как триумф ОТО, как подтверждение её абсолютной правильности. При этом не было отмечено, что наблюдавшиеся эффек-

ты естественнее и проще описываются на основе понятия материального пространства - эфира, что

ОТО представляет собой лишь попытку неоправданно сложного описания трехмерного материального пространства (среды, эфира, физического вакуума), неоднородного по плотности и способного поляризоваться.

Реальное космическое пространство напоминает о своей материальности постоянно и повсеместно. Статические и переменные поля пересекают и заполняют его, демонстрируя отсутствие пустоты. Связанное с Землей пространство - эфир свидетельствует о наличии у него кинематических свойств, а конечность скорости распространения электромагнитных волн и инертность тел позволяют говорить об инерционных свойствах его элементов, т.е. о динамических характеристиках и даже о структуре. С появлением кривого пустого пространства и утверждением его в качестве причины гравитации из поля зрения исследователей на целый век выпала вселенная, заполненная межзвёздной материей на порядки более плотно, чем звездами. Она стала "тёмной". Для объяснения феноменов и процессов, наблюдаемых в космосе, оказались неиспользованными электрические взаимодействия в 10^{36} раз более сильные, чем гравитационные. Из-за незамеченных дефектов записей закона Ньютона, Кулона и уравнений Максвелла остались вне понимания и адекватного описания феномены космоса, демонстрирующие себя явно электрическими [116]. Даже факт ускорения космических протонов до гигантских энергий не привёл к пересмотру модели космоса с целью включения в неё квазистатического электричества. После воцарения в физике идей относительности проблема связи материи, полей и пространства на век погрузилась в мир математических фантазий. Когда же без материальной среды было трудно что - либо построить, прибегали к понятию физического вакуума без чёткого определения характеристик и отличия от эфира XIX века. Надуманные постулаты специальной и общей теорий относительности, не совместимые с логикой и фактами, а также построенные на них модели вселенной, не способные ни качественно, ни количественно объяснить наблюдаемые эффекты и местами переходящие в очевидный абсурд, в течение века преподносятся физикам как парадоксальная реальность.[82]

История физики микромира в значительной степени перекликается с историей развития идей гравитации. На волне научного прогресса XIX начала XX века появилась квантовая концепция, которая, по убеждению авторов, решала казавшиеся им непреодолимыми сложности классической электродинамики при описании атомных процессов и излучений тел. Новая концепция была распропагандирована как революция в физике, как открытие законов микромира, резко отличающихся от законов механики и макроэлектродинамики. Концепция решительно отвергла использование механических

параметров: силы, координаты, скорости, ускорения. В начале XX века в быстро развивавшейся атомной физике электродинамических решений предложено не было, поэтому процессы микромасштаба интерпретировались исключительно с квантовых и вероятностных позиций. В частности, на квантовой основе были истолкованы дифракция и интерференция волн за экраном с двумя отверстиями или щелями при пролёте электрона. При этом не было учтено поляризующее действие электрического поля движущегося заряда на молекулы и свободные электроны вещества экрана, что позволяло объяснить волновые эффекты с позиции классической электродинамики. При кажущемся отсутствии электродинамического решения желание дать хоть какое-то объяснение эффекту дифракции привело де Бройля к удивительно неестественной гипотезе корпускулярно – волнового дуализма, а В. Гейзенберга – к сверхсмелой и столь же сомнительной идее неопределённости параметров движения элементарной частицы. В 1927 г. на Сольвеевском конгрессе неопределённость была утверждена как реальность и в короткое время возведена в ранг физического закона. На скорых волевых заключениях возникла даже философская школа, известная как копенгагенская. [9][13] Вот мнения автора идеи неопределённости и двух активных его последователей - защитников квантовомеханической концепции:

В. Гейзенберг: “квантовая механика определённо установила несостоятельность закона причинности” [99].

Э. Шпольский: “Соотношения неопределённости ... являются выражением неприменимости представлений классической механики к движению микроскопических частиц.” [100] “Совершенно очевидно, что этот опыт (дифракция и интерференция волн при пролёте электроном экрана с двумя щелями) никак не может быть согласован с представлением об электроны как о частице, движущейся по определённой траектории, т.е. обладающей в каждый момент времени определёнными, хотя бы и неизвестными координатами и импульсом.” [98]

Л. Ландау: “Ясно, что этот результат (те же эффекты в тех же опытах) никоим образом не может быть совмещён с представлением о движении электронов по траектории.” [18]

Из последнего утверждения автор сделал категорический вывод: “... *квантовая, или волновая, механика* должна быть основана на представлениях о движении, принципиально отличных от представлений классической механики.”

И далее: “В квантовой механике не существует понятия траектории частицы. Это обстоятельство составляет содержание так называемого принципа неопределённости – одного из основных принципов квантовой механики, открытого В. Гейзенбергом.”

Как видно, физикам предлагалось принять, что квантовая механика – это и есть реальность, а изобретённые в ней принципы – законы природы.

Соотношению неопределённости давались взаимоисключающие толкования: иногда говорилось об отсутствии у частиц определённой траектории, иногда - что соотношение “является лишь выражением неприменимости представлений классической механики к движению микроскопических частиц” и означают невозможность одновременного точного измерения двух параметров - импульса и координаты. При этом защитники квантовой концепции старались не слишком противопоставлять квантовые постулаты закону причинности туманными утверждениями типа: “к микрочастицам неприменима количественная формулировка принципа причинности” или “описание состояния микрочастицы с помощью задания одновременных значений всех координат и всех импульсов *не соответствует природе микрочастицы*”. [100]

Уже в двадцатые годы XX столетия были известны экспериментально измеряемые фундаментальные физические константы - энергия ионизации атома водорода и основная частота излучения атома водорода - частота Ридберга. Это давало возможность убедиться, что постоянная Планка не самостоятельная физическая константа, а частное от деления этих двух электродинамических констант. При замене постоянной Планка на это частное в аналитических выражениях квантовой механики последние теряют признак квантовомеханической принадлежности и формально становятся электродинамическими, причём в них обнаруживаются непоправимые логические дефекты или полное отсутствие физического смысла. Нефундаментальность постоянной Планка свидетельствует об эмпиричности, искусственности всей квантовой концепции и теории излучения.

В отличие от квантового учения и ОТО классическая электродинамика в своём развитии не отходила от принципа причинности и трёхмерной материальной действительности. Этому, по-видимому, способствовало широкое использование электродинамических соотношений в практике. Однако, практические успехи электричества и магнетизма сыграли для теории и отрицательную роль. Создалось впечатление о правильности её теоретической основы - уравнений Максвелла, в то время как с самого начала своего существования уравнения содержали серьёзные противоречия, на которые указывали уже современники автора. В частности, авторитетный в глазах своих коллег Г. Герц высказался по поводу уравнений так: “раз рассуждения и подсчёты, с помощью которых Максвелл пришел к своей теории электромагнетизма, полны ошибок, которые мы не можем исправить, примем шесть уравнений Максвелла как исходную гипотезу, как постулаты, на которые будет опираться вся теория электромагнетизма.” [32]. Очевидно, что уравнения рассматривались как временное решение, нуждающееся в пересмотре или коррекции, однако практические успехи электротехники и радиотехники были восприняты как свидетельство их правильности, и мнение Герца было забыто.

В настоящее время к главным недостаткам уравнений Максвелла можно отнести следующее:

- В состав уравнений включена электростатика как якобы частный случай более фундаментального электромагнитного поля [19]. При этом остался без рассмотрения альтернативный вариант, предложенный Фарадеем: электромагнитная волна – это волна, бегущая по силовой линии центрального электрического поля – фотон. До настоящего времени электростатика представлена дифференциальным уравнением Пуассона, которое выражает теорему Гаусса, выведенную из представления о центральном поле с бесконечными силовыми линиями, т.е. с полем, не взаимодействующим с зарядами. При включении уравнения Пуассона в состав уравнений электромагнитной волны не было замечено, что запись Кулона противоречит закону сохранения энергии, что в реальной среде, содержащей заряды и массы, уравнение приводит к абсурдным следствиям. Дефекты свидетельствуют об эмпиричности, недоработанности, внутренней противоречивости всей системы уравнений Максвелла.

- При описании электромагнитных эффектов с учётом конечной скорости распространения электромагнитных волн обнаруживается ошибочность индукционного уравнения. Уравнением индукции Максвелл описал, не осознав того, два одновременно текущих процесса в проводнике, помещённом вблизи провода с током: 1) возникновение в окружающем пространстве ЭДС индукции - нецентральной компоненты электрических полей движущихся электронов и 2) поляризацию проводника под её действием. [54]

Как будет видно из дальнейшего, в уточнении нуждаются также законы механики в формулировке Ньютона.

В представленных ниже построениях использованы известные воззрения и вытекающие из них принципы или следствия, которые представились автору наиболее отражающими реальность, способными привести к новым практически полезным следствиям, к переосмыслению фактов и к более адекватному представлению об окружающем нас мире:

- Мир реален, трёхмерен и единственен.

Мир существует независимо от наших ощущений. Он развивается по своим законам, из которых человеком открыта только малая часть. Мы не знаем, почему мир существует и таков, каким мы его видим, было ли у него начало и будет ли конец, ограничен ли он в пространстве и времени или бесконечен. Ещё не открыт закон неизбежности существования мира в наблюдаемом виде с реализующимися физическими сущностями и характером их взаимодействия.

Реализующееся пространство трёхмерно. Все наблюдаемые процессы развиваются в трёх ортогональных пространственных измерениях. Фактов, подтверждающих существование материи или процессов в пространствах большего или меньшего числа ортогональных измерений, нет. Использование теоретиками понятия 4-мерного пространства-времени является лишь

математическим приёмом, не колеблющим пространственной трёхмерности реализующегося мира.

- Причинность - главный закон природы.

Причинность, как причинно-следственная однозначность, – главный принцип физики, главный закон природы, необходимое условие существования вселенной и законов её эволюции. Причинность проявляется всегда, везде и во всех масштабах. Фактов её нарушения нет. На основе закона эволюционирует неживая и живая материя, существуют все науки. Закон позволяет воспроизводить опытные результаты, прогнозировать развитие событий, теоретически расширять знания и быть уверенным, что в будущем мир и законы его функционирования будут описаны аналитически во многих деталях.

- Математика – главный инструмент описания трёхмерной реальности.

Развивать представления об окружающем нас мире способны только физики, владеющие математикой и знакомые с фактическим материалом. Все факты и процессы трёхмерной реальности могут быть описаны математикой – языком закона причинности. В то же время не все математические построения описывают реальность. Вне трёхмерного пространства математика не описывает что-либо реализующееся. Физическая теория, претендующая на описание реальности, должна оперировать трёхмерными сущностями.

- Число изначальных сущностей и их свойств минимально. Все сущности взаимно связаны.

Всё многообразие форм и свойств мироздания, законы взаимодействия материальных сущностей, наблюдаемые эффекты во всех масштабах являются следствиями набора свойств элементов пространства (трёхмерного материального вакуума) и материи (элементарных стабильных частиц – протона и электрона).

- Время – следствие инертности элементов пространства.

Существование вселенной является следствием немгновенности передачи информации от одного элемента пространства к соседнему, т.е. её инертности.

В книге рассмотрены 22 взаимосвязанные темы макро- и микромасштабов. Они распределённые по главам. При изложении автор ограничился сносками на источники, которые отражают устоявшиеся точки зрения, т.е. в основном на учебники, справочники, монографии академических изданий. Другие источники включались только по необходимости.

Из-за многочисленности тем и аналитических выражений некоторые различные параметры в разных главах обозначены одними буквами греческого или латинского алфавита. По причине, которая станет понятной из текстов, излагаемая концепция названа *реальной электродинамикой*.

Монография была написана благодаря многолетней всесторонней помощи супруги Валентины Васильевны Похмельных, взявшей на себя и кор-

ректорскую работу. Автор также глубоко благодарен мексиканским друзьям и коллегам Марио Рамон Домингес Маркосу и Консепсион Куси Гарсия Гранадос за моральную и материальную поддержку. Большую помощь в подготовке книги к изданию на русском языке оказал первый оппонент и читатель рукописи – Валерий Вячеславович Евдокимов, чьи критические замечания помогли увидеть книгу глазами читателя и устранить многие недостатки.

Мехико - Москва 2012 г.

Глава 1.

Электростатика и гравитация как компоненты единого центрального взаимодействия.

Показывается, что кулоновская запись центрального взаимодействия не описывает воздействие через электрическое поле. Для приведения записи в соответствие с принципом близкогодействия понятие заряда заменяется на два разных параметра: один – описывает частицу и тело как источник поля, второй – их же как объекты воздействия внешнего поля. Благодаря этому электростатическое и гравитационное поля объединяются в одной записи. Предсказывается существование третьей компоненты центрального взаимодействия. Из записи следует существование у неионизированных атомов остаточных зарядов порядка 10^{-18} от элементарного. Показывается, что сила отдачи собственного поля частицы не приводит к её ускорению. Корректируется математический аппарат электродинамики. [48]

§ 1.1. Поле и третий закон механики.

Во всем диапазоне пространственных масштабов от размеров атомного ядра до метagalактики ведущая роль принадлежит двум центральным взаимодействиям - электростатическому и гравитационному. От понимания взаимосвязи и правильности их записи зависит успех решений многих теоретических и практических задач. На протяжении всего времени после открытия двух типов сил осознавалось существование их взаимосвязи [62]. На это указывала структурная схожесть записей законов Кулона и Ньютона.

Попытки описания электрических и гравитационных явлений с единых позиций предпринимались с XIX века. Поиски решений велись в основном на основе идеи зависимости константы электростатического взаимодействия от знака зарядов, однако удовлетворительного решения проблемы найдено не было. В начале XX века поиски были оставлены в связи с появлением программы единой теории поля А.Эйнштейна и общей теории относительности, связавших гравитационное поле с кривизной пустого пространства. С тех пор вплоть до настоящего времени попытки совместного описания электрических и гравитационных полей предпринимались исключительно в рамках геометризованного подхода [23][45], однако и на этом направлении последовательного и непротиворечивого решения проблемы обнаружено не было. Попробуем разобраться в причинах затруднений физики XIX и начала XX века в попытках решить проблему объединения двух полей. Для этого проанализируем записи законов центрального взаимодействия, предложенные Ш.Кулоном и И.Ньютоном с учётом современного представления о взаимодействии зарядов и масс через поля. Для этого обратимся к третьему закону механики. Закон гласит: при взаимодействии двух тел сила, действующая на одно тело со стороны второго, равна и противоположна силе, которое испытывает второе тело со стороны первого

$$F_1 = - F_2 . \quad 1.1$$

Предполагается, что закон распространяется на все тела, включая микро-объекты, такие, как атомные ядра и элементарные частицы.

Макротела, сталкиваясь, взаимодействуют через центральные поля своих атомов. При этом прямой контакт между нуклонами никогда не достигается, т.к. для этого требуются слишком большие кинетические энергии объектов, недостижимые при движении макротел.

Закон о равенстве действия и противодействия был записан Ньютоном в 1686 г., когда понятия поля ещё не было. Тела подразумевались действующими через пустоту (принцип дальнего действия). Это принималось как факт без объяснения механизма. Аналогично был записан закон взаимодействия зарядов на расстоянии инженером Кулоном в 1784 г.

Согласно современным воззрениям, каждый заряд окружен центральным полем, поэтому при взаимодействии зарядов силы передаются через поля. Подразумевается, что одновременно действуют оба поля: поле заряда Q_1 действует на заряд Q_2 , а поле заряда Q_2 – на заряд Q_1 . Заряд Q_1 действует своим полем, напряжённостью E_1 с силой

$$F_{1,2} = E_1 Q_2 . \quad 1.2$$

В случае взаимодействия точечных зарядов в пустоте напряжённость заряда 1 в точке расположения заряда 2 на расстоянии r равна

$$E_{1,2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} Q_1 \frac{1}{r^2} , \quad 1.3$$

где ϵ_0 – электрическая постоянная, а сила, действующая на заряд 2,

$$F_{1,2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} Q_1 Q_2 \frac{1}{r^2} . \quad 1.4$$

Если третий закон механики выполняется для поля, то заряд 1, воздействуя своим полем на заряд 2 с силой $F_{1,2}$, должен испытывать отдачу с силой

$$F_{1,1} = - F_{1,2} . \quad 1.5$$

Те же рассуждения касаются заряда 2. Воздействуя своим полем на заряд 1 с силой

$$F_{2,1} = E_2 Q_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} Q_2 Q_1 \frac{1}{r^2} , \quad 1.6$$

он должен испытывать отдачу со стороны собственного поля

$$F_{2,2} = - F_{2,1} . \quad 1.7$$

Суммарная сила \mathbf{F} , действующая на каждый заряд, должна состоять из двух компонент: из силы внешнего поля и силы отдачи собственного. Сила, действующая на заряд 1, равна

$$\begin{aligned} F_1 &= F_{2,1} + F_{1,1} , \\ \text{а на заряд 2} \quad F_2 &= F_{1,2} + F_{2,2} . \end{aligned} \quad 1.8$$

Электростатическая сила, действующая на каждый заряд, равна

$$F_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} 2 Q_1 Q_2 \frac{1}{r^2} . \quad 1.9$$

Это выражение, как видно, не совпадает с записью силы в классической электростатике с точностью до коэффициента 2.

Данная логика применима и для гравитационных взаимодействий. Если напряжённость гравитационного поля тела 1 с массой \mathbf{M}_1 принять равной

$$E_{g1} = G M_1 \frac{1}{r^2} , \quad 1.10$$

где G – константа гравитации,

то роль заряда второго тела играет его гравитационная масса и сила воздействия первого тела на второе равна

$$F_{g1} = G M_1 M_2 \frac{1}{r^2} . \quad 1.11$$

Если действие равно противодействию через гравитационное поле и масса \mathbf{M}_1 , воздействуя на массу \mathbf{M}_2 , одновременно испытывает отдачу, то сила, действующая на каждое тело, должна быть равна сумме сил внешнего и собственного поля:

$$F_g = F_{g2} + F_{g1} = 2G M_1 M_2 \frac{1}{r^2} . \quad 1.12$$

Записи (1.4) и (1.11) лежат в основе классической электростатики и ньютоновской гравитации. Они подтверждены экспериментально с большой точностью и любые иные записи законов должны с ними количественно согласовываться. В связи с этим возникает необходимость объяснения отличия (1.2) от (1.4) и (1.12) от (1.11). Принципиально возможны следующие варианты объяснения несовпадения.

Вариант 1. Третий закон механики для центральных полей выполняется. Во взаимодействиях участвуют поля двух взаимодействующих зарядов

или масс. Записи законов Кулона и Ньютона – эмпирические, не претендующие на описание механизмов взаимодействия, поэтому могут быть переписаны в виде (1.9) или (1.12) при условии, что абсолютные заряды и гравитирующие массы будут считаться меньшими в корень из двух раз:

$$F_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} 2 \frac{Q_1}{\sqrt{2}} \frac{Q_2}{\sqrt{2}} \frac{1}{r^2},$$

1.13

$$F_{gbv} = 2 G \frac{M_1}{\sqrt{2}} \frac{M_2}{\sqrt{2}} \frac{1}{r^2}.$$

В этом случае значение отношения заряда и массы частицы или тела сохраняется, однако изменяются абсолютные величины физических констант, каковыми являются заряды и массы элементарных частиц. Последствия этого многочисленны. При этом изменённые записи остаются эмпирическими, не претендующими на описание механизма взаимодействия через поля.

Вариант 2. Третий закон механики выполняется. Заряд частицы описывает её поле как центрально поляризованную материальную среду.

Противоположные заряды – это поля противоположной центральной поляризации. Поле действует на поле. Сближение разных по знаку зарядов усиливает деполяризацию среды, снижает её потенциальную энергию и, следовательно, поддерживает и усиливает притяжение между зарядами.

Сближение двух одинаковых заряженных частиц не приводит к деполяризации среды, но создает конфликт поляризующих сил в пространстве между частицами. Это увеличивает потенциальную энергию полей между частицами и, следовательно, порождает эффект отталкивания источников полей. В этом варианте традиционная запись электростатического взаимодействия сохраняется, однако в схеме не оказывается места гравитационной силе. Два одинаковых тела должны отталкиваться.

Вариант 3. Третий закон механики для поля выполняется, однако действует механизм, исключаящий ускорение частицы или тела под действием силы отдачи со стороны собственного поля.

Для того, чтобы собственное электрическое поле не приводило к ускорению при отдаче, достаточно считать, что каждая силовая линия поля всегда оканчивается на заряде противоположного знака на том или ином расстоянии. В этом случае при сближении источника поля с зарядом противоположного знака происходит пересоединение силовых линий поля с дальних зарядов на более ближний. При этом симметрия сил отдачи со стороны всех силовых линий собственного поля не нарушается и заряд – источник поля не ускоряется. Отталкивающее взаимодействие двух одинаковых зарядов могло бы быть объяснено огибанием силовыми линиями поля взаимодействующей с ним частицы. При таком процессе потенциальная энергия де-

формированного поля возрастает и возникает сила отталкивания. В этом случае поля обеих частиц должны деформироваться и приводить к разбеганию частиц. В этом варианте для гравитации места также не находится.

Вариант 4. В предыдущих вариантах неявно подразумевается правильность использования понятий гравитационных масс и зарядов. И на это есть серьёзные основания. Использование законов центрального взаимодействия в записях Ньютона и Кулона продвинуло физику далеко вперед и дало возможность решать многие проблемы на количественном уровне с большой точностью. Однако давайте оценим, насколько эти параметры отвечают представлению о взаимодействии тел через поля, т.е. принципу близкодействия. Разберем этот вариант подробно на примере взаимодействия стабильных элементарных частиц – протона, электрона и их комбинаций – атома водорода и нейтрона.

§ 1.2. Параметры f,s. Объединение центральных полей.

Согласно принципу близкодействия, во взаимодействии всегда участвуют два объекта: поле и частица. Соответственно в записи закона центрального электрического взаимодействия должны присутствовать два параметра каждой взаимодействующей частицы:

- параметр, описывающий интенсивность её поля, и
 - параметр, описывающий частицу как объект воздействия внешнего поля.
- Между тем, в кулоновской записи силы, действующей на каждую частицу в пустоте

$$F_{1,2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} Q_1 Q_2 \frac{1}{r^2}, \quad 1.14$$

кроме расстояния между частицами r и константы ϵ_0 , зависящей от выбранной системы единиц, для каждой частицы имеется только один параметр – заряд, который описывает одновременно обе характеристики частицы. При записи зависимости инженер Кулон руководствовался только фактом пропорциональности силы взаимодействия величинам зарядов. Запись не претендовала на описание механизма взаимодействия, тем более, что понятия силового поля в то время ещё не было.

Для приведения записи (1.14) в соответствие с принципом близкодействия необходимо считать, что

поле одной частицы действует на поверхность другой.

Для выражения этого принципа необходимо заменить произведение равных в размерностях и по смыслу параметров Q на произведение двух различных, один из которых описывает интенсивность поля, создаваемого одной частицей в месте расположения другой, а второй – способность дру-

гой частицы реагировать на воздействие внешнего поля некоторой эффективной площадью своей поверхности. Для этого удобно принять следующие обозначения:

f – векторная характеристика частицы, как источника поля, с размерностью силы;
s – скалярная характеристика частицы, как объекта, на который воздействует поле, с размерностью площади.

Используя новые параметры, рассмотрим статическое взаимодействие двух покоящихся далеко разнесённых частиц, заряженных элементарными зарядами. Силы воздействия первой частицы на вторую F_1 и второй на первую F_2 через поля запишутся в виде

$$F_1 = f_1 s_2 \frac{1}{r^2},$$

$$F_2 = f_2 s_1 \frac{1}{r^2},$$
1.15

где f_1, s_1 и f_2, s_2 - параметры частицы 1 и 2 соответственно, r – расстояние между частицами.

В случае выполнении третьего закона механики для частиц через поля сила \mathbf{F} , действующая на каждую частицу в случае их покоя, должна быть записана в виде:

$$F_{1,2} = (f_1 s_2 + f_2 s_1) \frac{1}{r^2}.$$
1.16

В этой записи размерность произведения $\mathbf{f} \mathbf{s}$ совпадает с размерностью квадрата заряда, делённого на электрическую постоянную.

Для не слишком массивного тела можно считать, что значения параметров \mathbf{f}, \mathbf{s} макротела равны суммам значений тех же параметров составляющих его атомов, а значения параметров атомов складываются из значений соответствующих параметров электронов и протонов. На протон и электрон может быть разложен и нейтрон. В итоге макротело можно рассматривать как ансамбль протонов и электронов. Параметры протона обозначим через $\mathbf{f}_p, \mathbf{s}_p$, а электрона - $\mathbf{f}_e, \mathbf{s}_e$.

Используем скалярную запись закона, в которой отрицательное значение силы будет соответствовать взаимному притяжению. Для согласования знаков силы будем считать, что

$$f_p, s_p > 0, \quad f_e, s_e < 0.$$
1.17

Для количественного соответствия традиционного выражения силы (1.14)

и нового (1.15) в записях протон - протонного, протон - электронного и электрон - электронного взаимодействий необходимо положить

$$2 f_e s_e \sim 2 f_p s_p \sim | f_p s_e + f_e s_p | = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} e^2, \quad 1.18$$

где e – элементарный заряд, ϵ_0 - электрическая постоянная.

Последнее равенство в (1.18) - точное, так как сила протон-электронного взаимодействия непосредственно подтверждается опытными данными об энергии ионизации водородоподобных ионов.

Представим некоторое макроскопическое тело, состоящее из N_p протонов и N_e электронов. Электрическое состояние тела – заряженность или нейтральность - будет характеризоваться параметром

$$\Delta N = N_p - N_e. \quad 1.19$$

Состояние $\Delta N = 0$ соответствует классическому понятию электрической нейтральности тела. Запишем силовое статическое взаимодействие произвольно заряженного точечного тела с протоном, электроном и атомом водорода в пустоте с использованием новых параметров. Атом водорода будет представлять элементарное нейтральное тело. Согласно (1.16), три взаимодействия имеют вид:

- взаимодействие тела с протоном

$$F_{bp} = [N_e (f_p s_e + f_e s_p) + 2 N_p f_p s_p] \frac{1}{r^2}, \quad 1.20$$

- взаимодействие тела с электроном

$$F_{be} = [N_p (f_p s_e + f_e s_p) + 2 N_e f_e s_e] \frac{1}{r^2}. \quad 1.21$$

Сумма этих двух зависимостей определяет силу взаимодействия тела с атомом водорода. С учётом (1.19)

$$F_{bn} = F_{bp} + F_{be} = [2N_p(f_p + f_e)(s_p + s_e) - \Delta N(f_p s_e + f_e s_p + 2f_e s_e)] \frac{1}{r^2}. \quad 1.22$$

Выражая параметры электрона через соответствующие параметры протона

$$f_e = - f_p (1 + k_f), \quad s_e = - s_p (1 + k_s), \quad 1.23$$

где k_f, k_s – некоторые постоянные коэффициенты, и учитывая (1.16), соотношение (1.22), можно записать в виде

$$F_{\text{бн}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} e^2 [k_f k_s N_p + \frac{1}{2} (k_f + k_s) \Delta N] \frac{1}{r^2}. \quad 1.24$$

Из (1.24) следует, что в состоянии классического понятия электрической нейтральности тела $\Delta N = 0$, т.е. когда число электронов в теле в точности равно числу протонов, его силовое взаимодействие с атомом водорода при $k_f, k_s \neq 0$ не равно нулю:

$$F_{\text{бн}}(N=0) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} e^2 N_p k_f k_s \frac{1}{r^2}. \quad 1.25$$

При $k_f k_s < 0$ 1.26

сила взаимодействия отрицательна, что соответствует взаимному притяжению атома и тела. Величина силы пропорциональна числу протон - электронных пар в теле N_p , т.е. числу нейтральных атомов, и, значит, массе тела. При условии (1.26) сила взаимодействия электрически нейтрального тела с атомом водорода (1.25) может быть отождествлена с гравитационной

$$F_{\text{бн}}(\Delta N = 0) = -G M_b m_n \frac{1}{r^2}, \quad 1.27$$

где G – гравитационная постоянная, а M_b, m_n – гравитационные массы тела и атома водорода.

Для количественного согласования (1.27) с (1.25) необходимо приравнять

$$k_f k_s = -4\pi\epsilon_0 G \left(\frac{m_n}{e}\right)^2 = -8,07 \cdot 10^{-37}. \quad 1.28$$

Из этого равенства константа гравитационного взаимодействия может быть выражена через константы электродинамики и новые параметры

$$G = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{e}{m_n}\right)^2 k_f k_s. \quad 1.29$$

Если считать, что нейтральное макротело представляет собой ансамбль протон – электронных пар, то гравитационное взаимодействие двух электрически нейтральных тел ($\Delta N_1 = 0, \Delta N_2 = 0$) с гравитационными массами M_1 и M_2 может быть записано в электродинамическом виде

$$F_{1,2} = -G M_1 M_2 \frac{1}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{e}{m_n}\right)^2 k_f k_s M_1 M_2 \frac{1}{r^2} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} Q_{g1} Q_{g2} \frac{1}{r^2}. \quad 1.30$$

где

$$Q_{g1} = k_f e N_{p1}; \quad Q_{g2} = k_s e N_{p2}$$

- некоторые остаточные заряды, в которых

$$N_{p1} = \frac{M_1}{m_H}; \quad N_{p2} = \frac{M_2}{m_H}. \quad 1.31$$

Помимо электростатического и гравитационного взаимодействий выражение (1.24) предсказывает существование третьего типа центрального взаимодействия двух тел, одно из которых заряжено, а другое - электрически нейтрально. Это взаимодействие, не учитываемое в настоящее время, может быть названо *смешанным*. Действительно, при

$$k_f + k_s \neq 0 \quad 1.32$$

между атомом водорода и телом должна действовать сила, пропорциональная заряду тела $e\Delta N$

$$F_{bh} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{2} (k_f + k_s) \Delta N e^2 \frac{1}{r^2}. \quad 1.33$$

Когда одно тело заряжено зарядом Q_1 , а другое - с гравитационной массой M_2 - нейтрально, выражение (1.33) приобретает вид

$$F_{1,2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{2} (k_f + k_s) \frac{e}{m_H} Q_1 M_2 \frac{1}{r^2}. \quad 1.34$$

По степеням параметров k_f, k_s и по значению силы это взаимодействие занимает промежуточное положение между электростатическим и гравитационным. С учетом смешанной компоненты сила центрального взаимодействия двух произвольных покоящихся тел может быть представлена в виде трех компонент (Рис.1.1):

- электростатической F_e (1.5),
- смешанной F_m (1.20),
- гравитационной F_g (1.18).

При использовании традиционных понятий заряда и гравитационной массы в случае произвольно заряженных тел суммарная сила взаимодействия может быть записана в виде

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} [Q_1 Q_2 + \frac{1}{2} (k_f + k_s) \frac{e}{m_H} (Q_1 M_2 + Q_2 M_1) + k_f k_s (\frac{e}{m_H})^2 M_1 M_2] \frac{1}{r^2}. \quad 1.35$$

Эта зависимость может быть представлена также в виде

$$F = \left[\frac{1}{4\pi\epsilon_0} Q_1 Q_2 + \left(\frac{G}{4\pi\epsilon_0} \right)^{1/2} (Q_1 M_2 + Q_2 M_1) - G M_1 M_2 \right] \frac{1}{r^2}, \quad 1.36$$

где гравитационная постоянная G определяется из (1.29) и должно выполняться равенство

$$\left(\frac{G}{4\pi\epsilon_0} \right)^{1/2} = \frac{1}{2} (k_f + k_s) \frac{e}{m_n} \cdot \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \quad 1.37$$

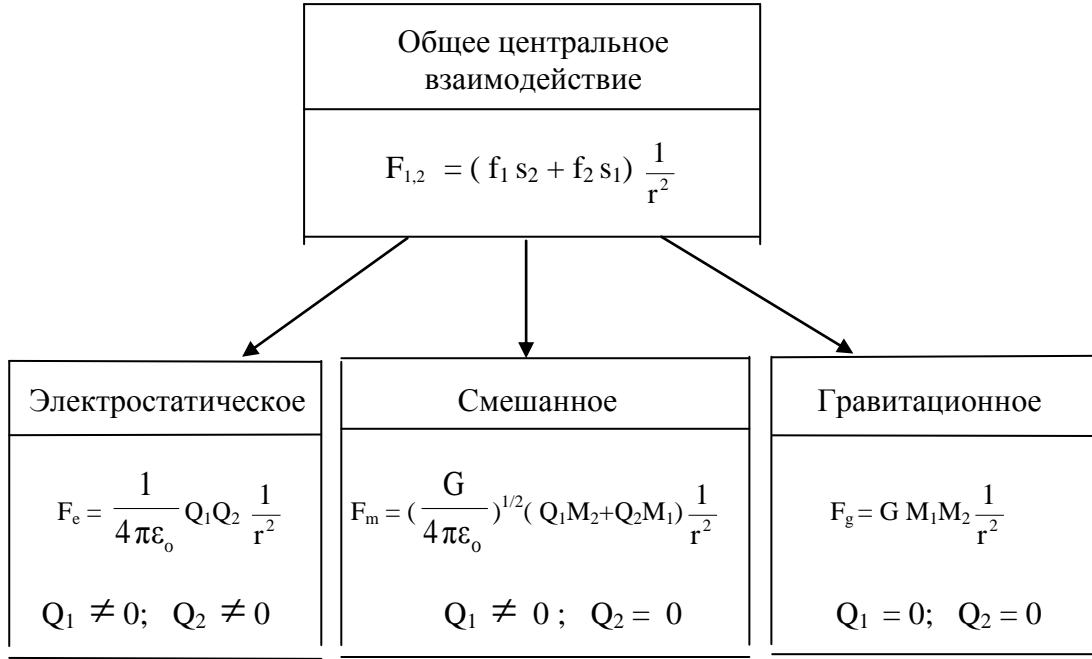


Рис.1.1. Сила центрального взаимодействия покоящихся тел в зависимости от их заряженности.

Из записи (1.35) видно, что взаимодействие гравитационных масс может быть представлено как взаимодействие некоторых остаточных зарядов Q_{g1} , Q_{g2} , действующих на протоны другого тела,

$$Q_{g1} = (-k_f k_s)^{1/2} \frac{e}{m_p} M_1 = (4\pi\epsilon_0 G)^{1/2} M_1, \quad 1.38$$

$$Q_{g2} = (-k_f k_s)^{1/2} \frac{e}{m_p} M_2 = (4\pi\epsilon_0 G)^{1/2} M_2.$$

После замены масс на остаточные заряды (1.35) приобретает вид

$$F_{1,2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[Q_1 Q_2 + \frac{1}{2} \frac{k_f + k_s}{(-k_f k_s)^{1/2}} (Q_1 Q_{g,2} + Q_2 Q_{g,1}) - Q_{g1} Q_{g,2} \right] \frac{1}{r^2}. \quad 1.39$$

Значения констант k_f , k_s можно определить из системы уравнений (1.29) и (1.37). Её решениями являются:

$$\begin{aligned} k_f(k_s) &= \frac{m_n}{e} (4\pi\epsilon_0 G)^{1/2} (1 + \sqrt{2}) = 2,17 \cdot 10^{-18}, \\ k_s(k_f) &= - \frac{m_n}{e} (4\pi\epsilon_0 G)^{1/2} (1 + \sqrt{2})^{-1} = - 3,72 \cdot 10^{-19}. \end{aligned} \quad 1.40$$

При этих значениях коэффициент второго члена в (1.39) равен единице

$$\frac{1}{2} \frac{k_f + k_s}{(-k_f k_s)^{1/2}} = 1, \quad 1.41$$

и выражение (1.39) с учётом (1.38) может быть записано в виде

$$F_{1,2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} (Q_1 Q_2 + Q_1 Q_{g,2} + Q_2 Q_{g,1} - Q_{g,1} Q_{g,2}) \frac{1}{r^2}. \quad 1.42$$

Из выражения видно, что гравитационное взаимодействие макротел можно рассматривать как взаимодействие остаточных зарядов составляющих их атомов. Это взаимодействие пропорционально количеству протон-электронных пар и не зависит от наличия избыточного числа электронов в теле, т.е. от заряженности тела. Согласно (1.37), остаточный заряд e_n , приходящийся на одну протон-электронную пару в макротеле, равен

$$e_n = (-k_1 k_2)^{1/2} e = (4\pi\epsilon_0 G)^{1/2} m_p = 1,438 \cdot 10^{-37} \text{ Кл.} = 8,98 \cdot 10^{-19} e. \quad 1.43$$

Ниже будет видно, что значение (1.43) по порядку величины удовлетворительно вписывается в совокупность экспериментально полученных сведений. Вместе с тем необходимо учитывать, что фактические значения параметров могут соответствовать реальности при свободной частице и отклоняться при её связанности в макротеле, в атоме или в атомном ядре. Например, потенциал ионизации дейтерия, ядро которого состоит из протона и нейтрона, на 10% больше потенциала ионизации протия - обычного водорода с ядром из протона. Из этого следует, что эффективный заряд ядра дейтерия больше единицы, т.е нейтрон, находясь в ядре, имеет некоторый дополнительный заряд. (Тема зарядов атомных ядер и нейтрона будет развита в Гл.18 и 19.)

Причина притяжения макротелом неионизированного атома может быть пояснена графически (Рис.1.2 а). На графике по оси X отложены значения ΔN тела, а по оси Y - величины силы взаимодействия тела с протоном, электроном и атомом водорода. Сила взаимодействия тела с протоном обо-

значена наклонной прямой F_{bp} , проходящей через первый и третий квадранты и пересекающей ось X в некоторой точке 1, которая может не совпадать с точкой пересечения осей. Силовое взаимодействие тела с электроном F_{be} , представлено наклонной прямой, проходящей через второй и четвертый квадранты. Эта прямая пересекает ось X в некоторой точке 2, которая также может не совпадать с пересечением осей. Наконец, силовое взаимодействие тела с атомом водорода, которое является суммой взаимодействий тела с протоном и электроном, представляет собой прямую параллельную оси X . Когда точки 1 и 2 на оси X не совпадают между собой, линия взаимодействия атома водорода с телом не совпадает с осью X . Последнее означает, что электростатическое взаимодействие тела с атомом водорода не равно нулю при любых значениях заряда тела, даже при нейтральности тела относительно протонов. В этой точке нулевое взаимодействие с протоном компенсируется силой взаимодействия тела с электронами атома.

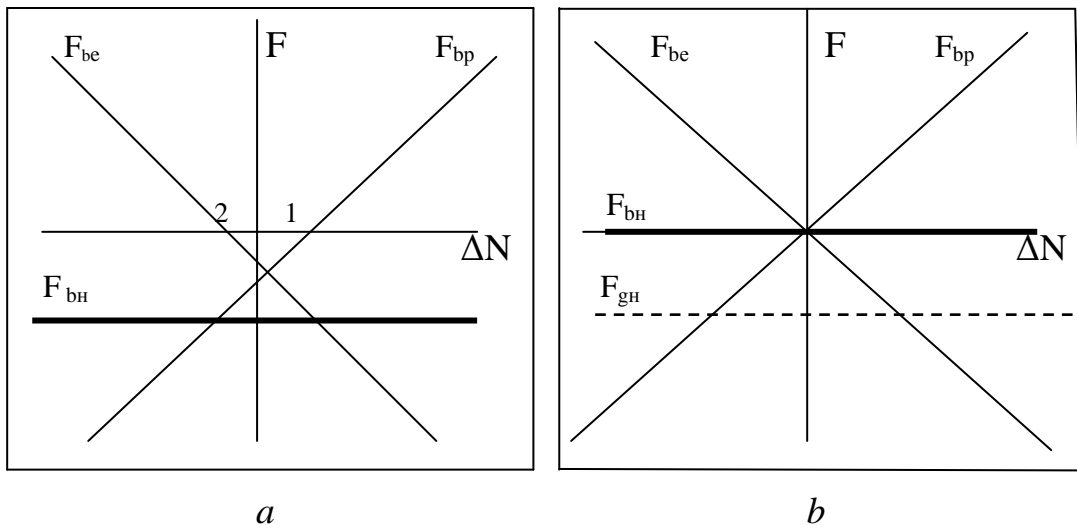


Рис.1.2. Силовое взаимодействие произвольно заряженного тела с протоном F_{bp} , электроном F_{be} и атомом водорода F_{bh} в зависимости от величины и знака заряда в логике новой записи центрального взаимодействия (а) и при классическом представлении (б). F_{gh} - гравитационное взаимодействие тела с атомом водорода.

Если взаимное пересечение прямых F_{bp} и F_{be} происходит ниже оси X , то линия F_{bh} также проходит ниже неё, что соответствует притяжению телом атома водорода. Таким образом, можно считать, что

гравитация является самой слабой компонентой единого трёхкомпонентного центрального взаимодействия, существующая вследствие несовпадения состояний электрической нейтральности тела относительно протона и электрона.

Несовпадение состояний нейтральности относительно двух частиц характеризуется величинами параметров k_f , k_s (1.27). Различие между этими

состояниями мало и в электростатических измерениях практически не проявляется. Для сравнения на Рис.1.2 б приведены зависимости силового взаимодействия тела с протоном, электроном и атомом водорода, вытекающие из закона Кулона: симметрично наклонённые относительно оси X прямые, обозначающие силовое взаимодействие протона и электрона, пересекаются в нулевой точке осей. При таком представлении зависимости сила взаимодействия тела с атомом водорода оказывается тождественно равной нулю независимо от заряда тела. Это отображается прямой F_{bn} , совпадающей с осью X . На Рис.1.2 б сила гравитационного взаимодействия атома водорода с телом изображена пунктирной линией F_{gn} .

Классическое представление о силах электростатического взаимодействия в варианте **б** не позволило в XIX веке объединить два центральных поля в одно. Из-за этого в начале XX века создались благоприятные условия для появления идеи связи гравитационного поля с кривизной пространства.

Смешанная компонента не равна нулю в случае различия углов наклона относительно оси X прямых, обозначающих взаимодействие протона и электрона с телом. Различие углов соответствует неполному совпадению абсолютных величин зарядов протона и электрона по параметру s .

В § 1.4 будет показано, что построения данного параграфа приложимы только для макро тел и не полностью.

§ 1.3. Сравнение параметров гравитации, классической и реальной электродинамик.

Удовлетворительные результаты объединения полей через параметры f, s дают основание для критики отождествления в механике и электродинамике различных параметров в один. В теории ньютоновской гравитации четыре различные характеристики макротела описываются одним параметром – массой (Табл.1.1.), а именно:

- масса как источник гравитационного поля,
- масса как объект воздействия внешнего гравитационного поля,
- масса как характеристика инерции тела,
- масса как количество нуклонов в теле.

В классической электродинамике три различных параметра электрического взаимодействия описываются одним понятием - заряд:

- заряд как источник электростатического поля,
- заряд как объект воздействия для внешнего электрического поля,
- заряд как сумма зарядов составляющих его частиц.

Отождествление разных по смыслу параметров, исторически произошедшее в классической электродинамике и гравитации, не имеет достаточных опытных или теоретических обоснований. В реальной электродинамике они оказываются разными по значению. Ниже будет показано, что законы

сложения параметров тесно расположенных частиц или большого количества частиц не совпадают с классическими.

Таблица 1.1.

	Ньютоновская гравитация	Классическая электродинамика	Реальная электродинамика
Тело - источник поля	Масса M_b	Заряд Q_b	Интенсивность поля f_b
Тело – объект воздействия внешнего поля	Масса M_b	Заряд Q_b	Сечение взаимодействия s_b
Инерция тела	Масса M_b	Масса M_b	$M_b = k_f f_b$
Параметр тела как сумма параметров составляющих его частиц	$M_b = \sum_i m_i$	$Q_b = \sum_i Q_i$ $M_b = \sum_i m_i$	$f_b \neq \sum_i f_i$; $s_b \neq \sum_i s_i$ $M_b \neq \sum_i m_i$

§ 1.4. Инерция частицы.

Выполненные выше построения описывают взаимодействие неподвижных частиц, т.е. являются основой электро- и гравистатики. Для описания частиц в движении требуется третий параметр – инерционная масса. Результаты построений, которые будут представлены ниже, показывают, что в природе реализуется забытая идея М.Фарадея о реальности силовых линий центрального поля частиц. Представление Фарадея предполагает существование эфира, материального пространства или материальной среды с поляризующимися элементами. Представление позволяет рассматривать инерцию как следствие изгиба реальных силовых линий при ускорении частицы. При реальности линий и конечности скорости распространения информации по ним о положении частицы движение частицы должно приводить к деформации поля, к повышению его потенциальной энергии и, следовательно, к возникновению силы, стремящейся вернуть поле в энергетический минимум. При ускорении частицы силовые линии изгибаются и создаётся сила, стремящаяся их выпрямить. При представлении Фарадея инертная масса **m** частицы должна быть пропорциональна интенсивности её поля, т.е. числу силовых линий, связанных с центром. Следовательно, инертная масса должна быть пропорциональна параметру **f** частицы

$$m = k_f f, \quad 1.44$$

где **k_f** – коэффициент инерции с размерностью, обратной ускорению. Будем считать, что коэффициент **k_f** не зависит от знака заряда частицы (в дальнейшем это предстоит проверить). В этом случае отношение чисел си-

ловых линий, исходящих из протона и электрона, равно отношению их масс

$$\left| \frac{f_p}{f_e} \right| = \frac{m_p}{m_e} = 1836. \quad 1.45$$

Параметр f одновременно описывает силовую характеристику поля частицы, поэтому необходимо заключить, что

на равных удалениях от частиц напряжённость поля протона в 1836 раз больше напряжённости поля электрона.

Из данных по отклонению неионизированных частиц во внешних полях сечения взаимодействия протона и электрона практически равны.

В главах, посвященных Земле, Солнцу и космосу, будет видно, что представление Фарадея и соотношение (1.45) позволяют описать более широкий круг явлений во вселенной.

С учётом (1.45) в Табл.1.2 приведены расчётные значения трех параметров реальной электродинамики f, s, m двух главных элементарных частиц: протона и электрона и их комбинаций - нейтрона и атома водорода. При расчётах за базовую величину принят радиус непрозрачности протона для электростатического поля, который отождествлён с радиусом концентрации массы и заряда. По современным данным, он равен:

$$r_p = 8,42 \cdot 10^{-16} \text{ м} . \quad 1.46$$

В развиваемой логике

- электрическая нейтральность (нечувствительность) нейтрона или неионизированного атома к воздействию внешних полей определяется по параметру s частицы;

- параметр инерции нейтрона m_n равен сумме значений параметров инерции протона и электрона

$$m_n = k_f f_n = k_f (f_p + f_e) ; \quad 1.47$$

- параметр нейтрона s_n равен сумме параметров s протона и электрона (1.43)

$$s_n = s_H = s_p + s_e \simeq 10^{-18} s_p . \quad 1.48$$

§ 1.5. Закон силового взаимодействия в параметрах f, s, m .

Для вывода динамических зависимостей удобно использовать идеализированную ситуацию: протон, электрон или нейтрон движется мимо неподвижного электрона по оси X на некотором прицельном расстоянии r_o . (Рис.1.3).

Таблица 1.2.

	Пара- метр	Радиус действ.	Определение	Значение в СИ	Ед.	Значение в СГСЭ	Ед.
Протон							
Сечение для поля	s_p		$s_p = \pi r_p^2$	$2,23 \cdot 10^{-30}$	м^2	$2,23 \cdot 10^{-26}$	см^2
Параметр силы	f_p	$\alpha_p \frac{1}{\rho}$	$f_p = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{s_p}$	104	H	$1,04 \cdot 10^7$	дин
Параметр инерции	m_p		$m_p = k_{fp} f_p$	$1,67 \cdot 10^{-27}$	кг	$1,67 \cdot 10^{-24}$	$г$
Коэфф. инерции	k_{fp}		$k_{fp} = \frac{m_p}{f_p}$	$2,27 \cdot 10^{-29}$	$\frac{\text{с}^2}{\text{м}}$	$2,27 \cdot 10^{-31}$	$\frac{\text{с}^2}{\text{см}}$
Электрон							
Сечение для поля	s_e		$s_e = s_p (1 - k_s)$	$2,23 \cdot 10^{-30}$	м^2	$2,23 \cdot 10^{-26}$	см^2
Коэфф. площади	k_s		$k_s = \frac{s_p - s_e}{s_p}$	$8,98 \cdot 10^{-19}$	-	$8,98 \cdot 10^{-19}$	-
Коэфф. площади	k_{se}		$k_{se} = (4\pi\epsilon_0 G)^{1/2} \frac{m_p}{e}$	$8,98 \cdot 10^{-19}$	-	$8,98 \cdot 10^{-19}$	-
Параметр силы	f_e	$\alpha_e \frac{1}{\rho}$	$f_e = f_p \frac{m_e}{m_p}$	$4,00 \cdot 10^{-2}$	H	$4,00 \cdot 10^3$	дин
Параметр инерции	m_e		$m_e = k_{fe} f_e$	$9,1 \cdot 10^{-31}$	кг	$9,1 \cdot 10^{-28}$	$г$
Коэфф. инерции	k_{fe}		$k_{fe} = \frac{m_e}{f_e} = k_{fp}$	$2,27 \cdot 10^{-29}$	$\frac{\text{с}^2}{\text{м}}$	$2,27 \cdot 10^{-31}$	$\frac{\text{с}^2}{\text{см}}$
Нейтрон							
Сечение для поля	s_n		$s_n = s_p + s_e = s_p k_s$	$8,29 \cdot 10^{-49}$	м^2	$8,29 \cdot 10^{-45}$	см^2
Параметр силы	$f_n, f_{fn},$ $< r_n, r_n$	$> r_n, r_n$ $< r_n, r_n$	$f_n = f_{fn} = k_{fn} f_p$ $f_n = f_p + f_e = f_{fn}$	$9,34 \cdot 10^{-17}$ 104	H	$9,34 \cdot 10^{-12}$ $1,04 \cdot 10^7$	дин
Коэфф. силы	k_{fn}		$k_{fn} = k_{sn}$	$8,98 \cdot 10^{-19}$	-	$8,98 \cdot 10^{-19}$	-
Параметр инерции	m_n		$m_n = m_{fn} = k_{fp} f_p$	$1,67 \cdot 10^{-27}$	кг	$1,67 \cdot 10^{-24}$	$г$

При пролёте частицы поле неподвижного электрона действует на поверхность движущейся частицы, а движущаяся частица своим полем действует на поверхность неподвижного электрона. Ускорение движущейся частицы

по оси Y определяется в момент её нахождения на ближайшем расстоянии от электрона в двух предположениях:

- 1) сила отдачи движущейся частицы по собственному полю участвует в ускорении частицы;
- 2) сила отдачи движущейся частицы не участвует в её ускорении.

В обоих случаях предполагается воздействие полем интенсивностью f одной частицы на эффективную поверхность s другой частицы.

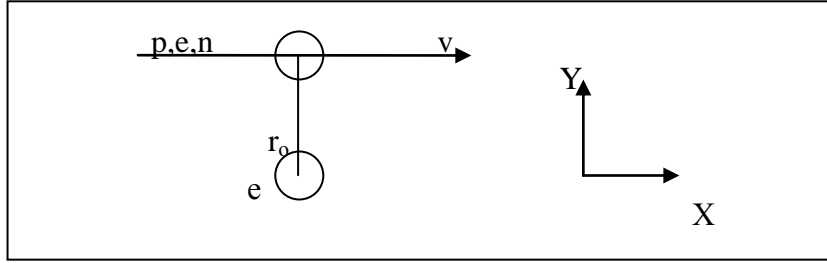


Рис. 1.3. Пролёт протона, нейтрона или электрона на прицельном расстоянии r_0 от неподвижного электрона.

Предположение 1. Сила отдачи приводит к ускорению частицы. В этом случае ускорения движущихся частиц в ближней к неподвижному электрону точке по оси Y , согласно (1.15), равны

электрона
$$a_e = 2 f_e s_e \frac{1}{m_e} \frac{1}{r_0^2}, \quad 1.49$$

протона
$$a_p = (f_e s_p + f_p s_e) \frac{1}{m_p} \frac{1}{r_0^2}, \quad 1.50$$

нейтрона и атома водорода

$$a_n = a_n = (f_e s_n + f_n s_e) \frac{1}{r_0^2} \frac{1}{m_n}, \quad 1.51$$

где
$$a = \frac{d^2 y}{dt^2}.$$

Отношение ускорений электрона и протона во внешнем поле с учётом, что

$$f_p = -\frac{m_p}{m_e} f_e, \quad s_p = -s_e,$$

равно
$$\frac{a_e}{a_p} = \frac{2f_e s_e}{f_e s_p + f_p s_e} \frac{m_p}{m_e}. \quad 1.52$$

Этот случай моделирует пролёт частицы в поперечном электростатическом поле. Отношение равно

$$\frac{a_e}{a_p} = -2. \quad 1.53$$

Как видно, результат противоречит опыту и, следовательно, исходное предположение об участии в ускорении частицы полей обеих частиц ошибочно.

Предположение 2. К ускорению частицы приводит воздействие только внешнего поля. При этой версии ускорения движущихся частиц в поле неподвижного электрона равны:

$$\text{протона} \quad a_p = f_e s_p \frac{1}{m_p} \frac{1}{r_0^2}, \quad 1.54$$

$$\text{электрона} \quad a_e = f_e s_e \frac{1}{m_e} \frac{1}{r_0^2}, \quad 1.55$$

$$\text{нейтрона} \quad a_n = a_n = f_e s_n \frac{1}{m_n} \frac{1}{r_0^2}. \quad 1.56$$

При $s_p \approx -s_e$, $|s_n| \sim 10^{-18} |s_e|$ отношения ускорений протона и электрона, нейтрона и электрона, нейтрона и протона во внешнем поле равны

$$\left| \frac{a_p}{a_e} \right| = \frac{m_e}{m_p}; \quad \left| \frac{a_n}{a_e} \right| = \left| \frac{s_n}{s_e} \right| \frac{m_e}{m_n}; \quad \left| \frac{a_n}{a_p} \right| = \left| \frac{s_n}{s_p} \right|. \quad 1.57$$

Этот результат отражает реальность. Сравнение (1.57) с (1.53) позволяет заключить, что частица (тело) ускоряется под действием только внешнего поля. (В Гл.20 будет рассмотрен предел действительности этого положения.) Это означает, что второй и третий законы механики могут считаться выполняющимися с оговоркой, что

сила отдачи через силовые линии собственного поля не приводит к ускорению частицы. Второй и третий законы механики выполняются только для внешнего поля.

Оговорка допускает различные экспериментальные проверки. Существуют ситуации, когда количественные результаты, рассчитанные с её учетом, существенно не совпадают с результатами, полученными на основе классических представлений. Одна из таких ситуаций - вступление электрона в связь с протоном или с любым другим положительным ионом с образованием связанной структуры: атома водорода или другого атома или

иона. Согласно реальной электродинамике, протон ускоряется в поле электрона \mathbf{f}_e , в то время как электрон ускоряется в гораздо более сильном поле протона \mathbf{f}_p , поэтому ускорение протона

$$a_p = f_e \frac{1}{m_p}, \quad 1.58$$

а электрона

$$a_e = f_p \frac{1}{m_e}. \quad 1.59$$

С учётом значений параметров частиц (Табл.1.2)

$$k_f f_p = m_p, \quad k_f f_e = m_e, \quad f_p = f_e \frac{m_p}{m_e} \quad 1.60$$

отношение величин ускорений и максимальных скоростей электрона и иона при вступлении в связь оказывается равным

$$\left| \frac{a_e}{a_p} \right| = \left(\frac{m_p}{m_e} \right)^2, \quad 1.61$$

и, следовательно, таково же отношение излучаемых длин волн и частот при ускорениях частиц в процессе вступления в связь:

$$\boxed{\frac{\lambda_p}{\lambda_e} = \frac{\nu_e}{\nu_p} = \left(\frac{m_p}{m_e} \right)^2.} \quad 1.62$$

Для сравнения, в классической электродинамике отношение длин волн и частот при колебаниях частиц в связанной системе протон – электрон

$$\frac{\lambda_p}{\lambda_e} = \frac{\nu_e}{\nu_p} = \frac{m_p}{m_e}. \quad 1.63$$

Тема ускорений иона и электрона при формировании атома будет продолжена в Гл.22.

В Табл.1.3 представлены записи сил и ускорений при взаимодействии главных стабильных материальных объектов реального мира: протона, электрона, а также их комбинаций – нейтрона и атома водорода с точки зрения реальной электродинамики. В случаях взаимодействия, в которых участвуют макротела, значения параметров помечены индексом **b**. Это означает, что этот параметр не является простой суперпозицией соответствующих параметров протона и электрона. Ниже будут отмечены главные причины невыполнения суперпозиции параметров и наиболее практически важные случаи этого. В таблице приняты следующие обозначения: \mathbf{f}_p , \mathbf{s}_p , \mathbf{f}_e , \mathbf{s}_e – параметры интенсивностей полей и эффективных площадей протона и электрона, на которые воздействуют внешние поля; \mathbf{e} – элементарный заряд,

m_p, m_e , - инертные массы протона и электрона; a_p, a_e – ускорения протона и электрона; f_n, s_n – значения параметров нейтрона, f_n – параметр атома водорода или протон-электронной пары в макротеле.

В столбце 5 таблицы значение 1 соответствует количественному совпадению результатов расчетов, к которым приводят классические представления и теория, построенная на параметрах f, s . Отличие от единицы означает несовпадение результатов в двух электродинамиках и возможность проверки следствий на адекватность с реальностью.

Таблица 1.3.

№	Объекты и параметры	Классическое выражение	Выражение в параметрах f, s, m	$\frac{(4)}{(3)}$
1	2	3	4	5
1.	Два протона			
1.1	Сила, действующая на протон	$F_{pp} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} e^2 \frac{1}{r^2}$	$F_{pp} = f_p s_p \frac{1}{r^2}$	1
1.2	Ускорение протона	$a_p = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{m_p} \frac{1}{r^2}$	$a_p = s_p \frac{1}{k_{fp}} \frac{1}{r^2}$	1
2.	Протон и электр.			
2.1	Сила электрона, действующая на протон	$F_{ep} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} e^2 \frac{1}{r^2}$	$F_{ep} = f_e s_p \frac{1}{r^2}$	$\frac{m_e}{m_p}$
2.2	Сила протона, действующая на электрон	$F_{pe} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} e^2 \frac{1}{r^2}$	$F_{pe} = f_p s_e \frac{1}{r^2}$	1
2.3	Ускорение протона	$a_p = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{m_p} \frac{1}{r^2}$	$a_p = \frac{m_e}{m_p} s_p \frac{1}{k_{fp}} \frac{1}{r^2}$	$\frac{m_e}{m_p}$
2.4	Ускорение электрона	$a_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{m_e} \frac{1}{r^2}$	$a_e = \frac{m_p}{m_e} s_e \frac{1}{k_{fp}} \frac{1}{r^2}$	1
2.5	Отношение ускорений	$\frac{a_p}{a_e} = \frac{m_e}{m_p}$	$\frac{a_p}{a_e} = \frac{m_e^2}{m_p^2}$	$\frac{m_e}{m_p}$

3.	Протон и нейтрон			
3.1	Сила нейтрона, действующая на протон на расст. $r > r_n$ ($r > r_H$)	$F_{np} = G m_p m_n \frac{1}{r^2}$	$F_{np} = f_{nf} s_p \frac{1}{r^2}$	$1,1 \cdot 10^{18}$
3.2	Сила протона, действующая на нейтрон или Н	$F_{pn} = G m_p m_n \frac{1}{r^2}$	$F_{pn} = f_p s_n \frac{1}{r^2}$	$1,1 \cdot 10^{18}$
3.3	Ускорение протона	$a_p = G m_n \frac{1}{r^2}$	$a_p = f_{nf} s_p \frac{1}{k_{fp} f_p r^2}$	$1,1 \cdot 10^{18}$
3.4	Ускорение нейтрона или Н	$a_n = G m_p \frac{1}{r^2}$	$a_n = s_n \frac{1}{k_{fp} r^2}$	$1,1 \cdot 10^{18}$
3.5	Ускорение протона при сближении с нейтроном или Н на расст. $r < r_n, r_H$	$a_p = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{m_p} \frac{1}{r^2}$	$a_p = f_p s_p \frac{1}{k_{fp} f_p} \frac{1}{r^2}$	1
3.6	Ускорение нейтрона или Н	$a_n = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{m_n} \frac{1}{r^2}$	$a_n = f_p s_p \frac{1}{k_{fp} f_p} \frac{1}{r^2}$	1
3.7	Отношение ускорений	$\frac{a_p}{a_n} = 1$	$\frac{a_p}{a_n} = 1$	1
4.	Два электрона			
4.1	Сила, действующая на электрон	$F_{ee} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} e^2 \frac{1}{r^2}$	$F_{ee} = f_e s_e \frac{1}{r^2}$	$\frac{m_e}{m_p}$
4.2	Ускорение электрона	$a_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} e^2 \frac{1}{m_e} \frac{1}{r^2}$	$a_e = f_e s_e \frac{1}{k_{fp} f_p} \frac{1}{r^2}$	$\frac{m_e}{m_p}$
5.	Тело и протон			
5.1	Сила, действующая на протон	$F_{bp} = G M_b m_p \frac{1}{r^2}$	$F_{bp} = \frac{M_b}{m_p} f_{nb} s_p \frac{1}{r^2}$ $F_{bp} = f_b s_p \frac{1}{r^2}$	$1,1 \cdot 10^{18}$
5.2	Ускорение протона	$a_p = G M_b \frac{1}{r^2}$	$a_p = \frac{M_b}{m_p} f_{nb} s_p \frac{1}{k_{fp} f_p} \frac{1}{r^2}$	$1,1 \cdot 10^{18}$

6.	Тело и нейтрон			
6.1	Сила, действующая на нейтрон	$F_{bn} = G M_b m_n \frac{1}{r^2}$	$F_{bn} = \frac{M_b}{m_p} f_n s_n \frac{1}{r^2}$ $F_{bn} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} Q_g e_n \frac{1}{r^2}$	1 1
6.2	Ускорение нейтрона	$a_n = G M_b \frac{1}{r^2}$	$a_n = \frac{M_b}{m_n} f_n s_n \frac{1}{k_{fp} f_p r^2}$	1
7.	Два макротела			
7.1	Сила, действующая на тело 1	$F_M = G M_1 M_2 \frac{1}{r^2}$	$F_M = \frac{M_{1b} M_{2b}}{m_H^2} f_{nb} s_{nb} \frac{1}{r^2}$ $F_M = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} Q_{g1} Q_{g2} \frac{1}{r^2}$ $F_M = f_{2b} s_{2b} \frac{1}{r^2}$	1 1 1
7.2	Ускорение тела 1	$a_1 = G M_2 \frac{1}{r^2}$	$a_1 = \frac{f_{nb} s_{nb}}{k_{fp}^2 f_p^2} M_2 \frac{1}{r^2}$ $a_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_{g1} Q_{g2}}{M_1} \frac{1}{r^2}$ $a_1 = \frac{f_{2b} s_{1b}}{k_p f_1} \frac{1}{r^2}$	1 1 1
7.3	Отношение ускорений	$\frac{a_1}{a_2} = \frac{M_2}{M_1}$	$\frac{a_1}{a_2} = \frac{M_2}{M_1}$	1

В таблице обозначены только силы, приводящие к ускорениям, т.е. силы внешних полей.

В главах, посвящённых Земле и Солнцу, будет видно, что без новых параметров невозможно количественно описать электрические процессы, происходящие в них и в космической среде. Вместе с тем полностью перейти на новые параметры в дальнейших расчётах сложно и нет большой необходимости. Ввиду этого в дальнейшем будет продолжено использование аппарата классической электродинамики, и новые параметры будут упоминаться или использоваться только тогда, когда без них невозможно прийти к правильным результатам.

Глава 2.

Ослабление электростатического поля материей.

В кулоновской записи закона центрального взаимодействия среда формально абсолютно прозрачна для поля, что противоречит факту взаимодействия поля с зарядами и закону сохранения энергии. Для устранения дефекта в запись вводится коэффициент ослабления электростатического поля материей и строится новый математический аппарат электродинамики. Выводится соотношение, обобщающее теорему Гаусса и уравнение Пуассона на случай объёмно заряженной среды и непрозрачности материи для электростатического поля. Определяется условие электрической нейтральности среды в потоках протонов и электронов. [51-53][128]

§ 2.1. Неприменимость теоремы Гаусса в реальном пространстве.

Со времён Кулона эксперименты по определению радиальной зависимости напряжённости поля точечного заряда в законе электростатического взаимодействия выполнялись в масштабах лаборатории. В больших масштабах прямая проверка практически невозможна из-за трудностей учёта индуцированных зарядов на окружающих объектах. Ввиду этого при использовании закона Кулона или его следствия, уравнения Пуассона, в гео- и астрофизике неявно производится далекая масштабная экстраполяция закона в область непроверенного.

Из записи закона Кулона следует, что электрический потенциал φ в некоторой точке бесконечного пространства, заряженного с однородной плотностью q , равен бесконечности

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \int_0^{\infty} \frac{q}{r} 4\pi r^2 dr = \infty.$$

К бесконечной величине приводит вычисление и напряжённости поля в точке на поверхности бесконечного объёмно заряженного полупространства. Эти следствия вынуждают считать, что вселенная и космические тела, включая Землю и Солнце, в среднем электрически нейтральны. В то же время в окрестностях Солнца и в галактических масштабах наблюдаются процессы, которые могли бы быть удовлетворительно объяснены на основе представления об электрической заряженности космических тел и о существовании в космосе квазистатических электрических полей. [116]

Наиболее отчётливо несоответствие реальности кулоновской записи центрального взаимодействия проявляется в теореме Гаусса, являющейся её следствием. Теорема гласит: поток напряжённости электростатического поля \mathbf{E} через замкнутую поверхность \mathbf{S} произвольного объёма \mathbf{V} пропорционален суммарному заряду \mathbf{Q} , заключённому в объёме. Заряды, находящиеся вне объёма, не создают потока напряжённости через его поверхность. Теорема записывается в виде

$$\oint_S \mathbf{E} \, ds = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} 4\pi \int_V q dV = \frac{1}{\epsilon_0} Q, \quad 2.1$$

где \mathbf{q} – плотность заряда в объёме, S – площадь, нормальная к силовым линиям.

Параметр относительной диэлектрической проницаемости ϵ в данном случае должен быть принят равным единице, так как поляризация атомов на границе не существенна: заряд должен считаться либо внутри объёма, либо вне его. Для бесконечно малого объёма теорема записывается в дифференциальном виде

$$\text{Div } \mathbf{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} 4\pi q, \quad 2.2$$

где ϵ – коэффициент, описывающий связанные заряды.

В виде (2.2) теорема входит в состав уравнений Максвелла [19][20], описывая электростатику. Причина, по которой в теореме Гаусса заряды, находящиеся вне объёма, считаются не влияющими на поток напряжённости через поверхность объёма, обусловлена тем, что длина силовой линии поля принята бесконечной (Рис.2.1).

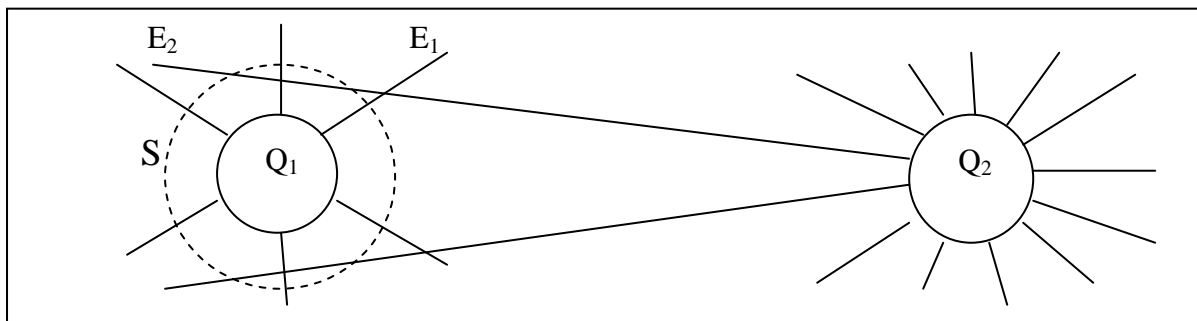


Рис.2.1. Иллюстрация теоремы Гаусса. Заряд Q_1 создаёт поток напряжённости поля E_1 через поверхность S , а заряд Q_2 своим полем E_2 не создает.

Такая линия неизбежно пересекает поверхность конечного объёма два раза в противоположных направлениях на любых расстояниях от заряда, не создавая через неё потока. Однако возможность представления напряжённости центрального поля бесконечными линиями является гипотезой, не подтверждённой экспериментально или теоретически. Более того, применение теоремы к реальной объёмно заряженной среде приводит к абсурдным результатам. Покажем это на примере бесконечной или достаточно протяжённой среды, однородно заряженной с плотностью \mathbf{q} . (Рис.2.2) Согласно теореме, в такой среде в некоторой точке A на поверхности произвольно выбранного условного конечного шарового объёма V_1 радиусом \mathbf{r}_1 должна возникать радиальная напряжённость поля \mathbf{E}_1 от заряда $\mathbf{q}V_1$, равная

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} q V_1 \frac{1}{r_1^2}.$$

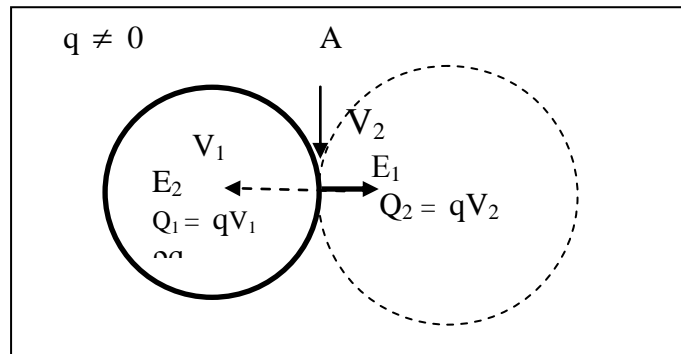


Fig.2.2. Демонстрация неприменимости теоремы Гаусса для объёмно заряженной среды. Два соприкасающихся в точке А воображаемых объёма создают в ней напряжённости различных величин и направлений.

Внешние заряды напряжённости не создают. Проведя через точку А некоторую другую касательную сферу объёмом V_2 , необходимо заключить о наличии в ней уже другой напряжённости E_2 , по направлению и величине не совпадающей с E_1 . Этот абсурдный результат приводит к следующему фундаментальному выводу:

теорема Гаусса описывает поток напряжённости поля заряда, помещённого в абстрактное пустое пространство, не содержащее другие заряды. В реальной объёмно заряженной среде теорема недействительна.

Из рассмотренной ситуации видно, что объём, не содержащий заряд, помещённый в протяжённую однородно заряженную среду, будет создавать в своей окрестности электрическое поле, которое он создал бы в пустоте, будучи заряженным с плотностью заряда среды, но противоположного знака, то есть, что

величина и знак заряда объёма – понятия относительные, зависящие от плотности и знака заряда окружающей среды.

Оказывается, что закон Кулона, теорема Гаусса и математический аппарат классической электростатики удовлетворительно описывают реальность только в случаях, когда зарядностью среды можно пренебречь, то есть когда плотность заряда в выделенном объёме по абсолютному значению значительно больше плотности заряда окружающей среды.

§ 2.2. Электростатическое взаимодействие с ослаблением поля.

Отсутствие ограничения на масштаб применимости закона Кулона и

использование бесконечных по длине силовых линий центрального поля эквивалентно постулированию абсолютной прозрачности материи для электростатического поля. Между тем

взаимодействующая с полем частица не может быть для него прозрачной по определению.

Это можно показать, рассуждая и иначе. Согласно классической электродинамике, при изменении положения заряда в абстрактном пустом пространстве вдоль эквипотенциальной поверхности электростатического поля внешняя сила, перемещающая заряд, работы не совершает. Это не означает отсутствия работы при перемещении. Для приведения заряда в движение внешний источник силы совершает работу и тратит энергию на ускорение заряда, однако при последующем восстановлении покоя заряда в другой точке эта энергия к нему полностью возвращается при торможении (если не учитывать излучения заряда при ускорениях). Во время движения с постоянной скоростью работа не совершается, поэтому в общем энергия и работа внешней силы, затраченная на перемещение заряда, равна нулю.

В отличие от этого при перемещении заряда внешней силой между точками с различными электрическими потенциалами механическая работа совершается. Энергия, затраченная на перемещение заряда, внешнему источнику силы полностью не возвращается. Работа внешней силы переходит в потенциальную энергию системы частица-поле. Увеличение потенциальной энергии системы означает, что в ней что-то изменилось. Если в частице никаких изменений нет, то изменение должно происходить в поле. Единственным параметром центрального поля, который может измениться при смене положения заряженной частицы, является его *симметрия*. Следовательно, при нахождении заряженной частицы в поле точечная симметрия поля нарушается и степень нарушения зависит от положения частицы. Это означает, что взаимодействующая с полем частица для поля не прозрачна.

Под непрозрачностью материи для центрального поля в дальнейшем будем понимать отсутствие за частицей продолжения силовой линии внешнего центрального поля, т.е. ослабление потока поля материей. (Рис. 2.3) Для выявления практически значимых следствий ослабления электростатического поля материей оказывается необходимым построить математический аппарат с учётом этого эффекта. Выведем его основные соотношения.

В условиях непрозрачности материи для электростатического поля ослабление напряжённости dE пропорционально концентрации материи, т.е. плотности массы среды ρ , и толщине материального экрана dx , за которым измеряется поле. Если эффект ослабления поля частицами аналогичен эффекту образования тени за экраном в лучах света точечного источника, то ослабление dE будет пропорциональным также напряжённости поля E у поверхности экрана. Ослабление однородного поля материей вдоль оси X не-

обходимо записать в виде

$$dE = -\alpha_e E \rho dx ,$$

где α_e – некоторая константа, имеющая смысл слоя материи, за которым поле ослабляется в e раз. В дальнейшем будем её называть *константой ослабления или экранирования электростатического поля материей*. При равномерном распределении массы в среде, т.е. при

$$\rho(x) = \text{const},$$

перенос напряжённости поля налево и интегрирование обеих частей равенства приводит к зависимости напряжённости мононаправленного поля за экраном с массовой толщиной ρx

$$E(x) = E_0 \exp(-\rho x / \alpha_e), \quad 2.3$$

где E_0 – напряжённость поля у поверхности экрана в точке $x = 0$.

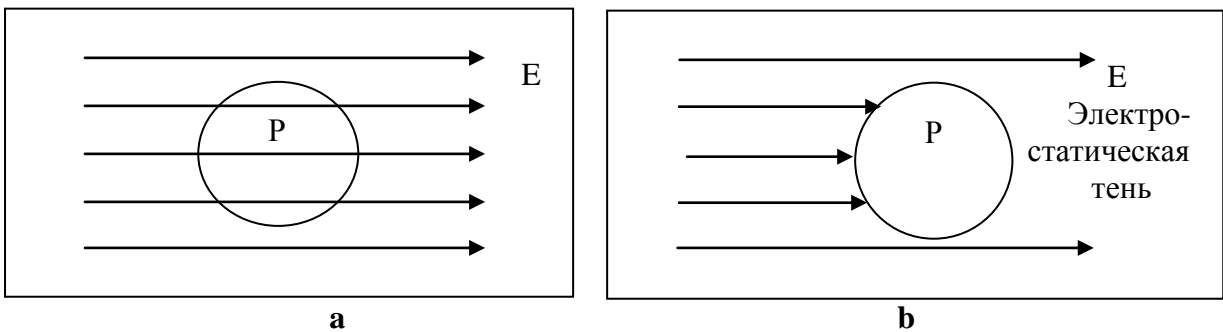


Fig.2.3. Представления о прохождении электростатического поля через протон в классической (a) и в реальной (b) электродинамиках.

Если источник поля – заряд Q – точечный, то, умножая обе части классической зависимости напряжённости поля

$$E(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{r^2} Q$$

на сферическую концентрическую поверхность S радиуса r

$$S = 4\pi r^2$$

и переходя к понятию потока напряжённости Π через замкнутую вокруг заряда поверхность, получим в случае абсолютной прозрачности материи зависимость

$$\Pi = \oint_S E ds = E(r) 4\pi r^2 = \frac{1}{\epsilon_0} Q. \quad 2.4$$

Правая часть этого выражения постоянна, поэтому поток напряжённости поля точечного заряда тождествен потоку однородного поля, к которому применимы приведённые выше построения. В частности, можно записать:

$$\Pi(r) = \Pi_0 \exp(-\rho r / \alpha_e), \quad 2.5$$

где Π_0 – поток поля через замкнутую сферическую поверхность вблизи источника.

Деление (2.4) на площадь шаровой поверхности и возвращение к понятию напряжённости приводит к радиальной зависимости напряжённости поля точечного заряда в виде

$$E(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} E_0 \exp(-\rho r / \alpha_e) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} Q \frac{1}{r^2} \exp(-\rho r / \alpha_e). \quad 2.6$$

Выражение силы взаимодействия двух точечных зарядов, находящихся в среде с плотностью массы ρ , приобретает отличный от классического вид

$$F_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} Q_1 Q_2 \frac{1}{r^2} \exp(-\rho r / \alpha_e). \quad 2.7$$

Как будет видно ниже, принципиальное допущение неабсолютной прозрачности материи $\alpha_e < \infty$ приводит к математическому аппарату, принципиально отличающемуся от аппарата классической электродинамики. В дальнейших построениях толщина слоя

$$r_{ae} = \alpha_e \frac{1}{\rho}, \quad 2.8$$

за которой напряжённость однородного поля E ослабляется в e раз, будет называться *радиусом ослабления или экранирования электростатического поля материей* (не путать с дебаевским радиусом экранирования зарядов в плазме, который описывает принципиально другой эффект - компенсацию заряда зарядами противоположного знака.)

§ 2.3. Объёмное заряджение тел.

Согласно классической электростатике, нескомпенсированные заряды, находящиеся в электрически проводящем теле, вследствие взаимного отталкивания должны концентрироваться на его поверхности независимо от размеров тела и объёмной заряженности окружающей среды. Эквипотенциальность внутренних точек тела достигается только после сосредоточения всех зарядов на поверхности.

При введении коэффициента ослабления электростатического поля ма-

терией r_{ae} и при размерах тела r_b значительно больших, чем этот радиус

$$r_b \gg r_{ae}, \quad 2.9$$

нескомпенсированные поверхностные заряды одного знака на противоположных сторонах тела должны испытывать ослабленное взаимное отталкивание по сравнению с классическим случаем прозрачности материи. Тело, в котором выполняется условие (2.9), в дальнейшем будет называться *электрически массивным* или кратко *e-массивным*. При всё более толстом слое массы между противоположными поверхностями сила, действующая на выделенный заряд у одной поверхности со стороны зарядов другой поверхности, будет экспоненциально стремиться к нулю, и при превышении некоторой критической массы тела возникают условия, при которых энергией этого взаимодействия можно пренебречь по сравнению с тепловой. При этом минимум потенциальной энергии ансамбля зарядов начинает достигаться при распределении зарядов в объёме тела. При условии (2.8) внутренние точки e-массивного тела могут рассматриваться как точки бесконечно большого пространства, в котором равновесие зарядов достигается при их равномерном распределении в объёме.

Если поместить первоначально электрически нейтральное электрически проводящее e-массивное тело в протяжённую электрически проводящую объёмно заряженную среду, то заряды среды вызовут на поверхность тела заряды противоположного знака. При этом во внутренних точках тела возникнет объёмный заряд знака среды. При обмене зарядами между телом и средой через некоторое время поверхностный заряд будет нейтрализован, и в динамическом равновесии тело начнёт содержать устойчивый избыточный заряд, совпадающий по знаку с зарядом среды. Этот пример показывает, что

e-массивное тело, помещённое в объёмно заряженную среду и находящееся с ней в электродинамическом равновесии, содержит объёмный заряд.

Данный вывод относится и к e-немассивному телу, так как оно может рассматриваться как некоторый замкнутый объём заряженной среды.

§ 2.4. Напряжённость поля на поверхности полупространства.

На плоской поверхности e-массивного полупространства с плотностями заряда q и массы ρ напряжённость электростатического поля при ослаблении поля материей с коэффициентом α_e определяется интегрированием из некоторой точки поверхности напряжённостей полей от всех зарядов полупространства. Компонента напряжённости поля, нормальная к поверхности, создаваемая заряженным элементом объёма про-

странства dV с учётом ослабления поля материей, в сферических координатах равна

$$dE = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} q \frac{1}{r^2} r^2 \cos\beta \sin\beta \exp(-pr/\alpha_e) dr d\beta d\gamma,$$

где β – угол в плоскости, параллельной поверхности, относительно некоторого фиксированного радиуса из точки пересечения нормали с плоскостью, γ – угол между нормалью к поверхности и направлением на интегрируемый объём dV , r – расстояние из точки измерения на поверхности до интегрируемого объёма.

Напряжённость поля в точке поверхности определяется интегрированием напряжённостей полей зарядов всего полупространства

$$E = \int_0^\infty \int_0^{\pi/2} \int_0^{2\pi} d\vec{E}.$$

Интегрирование приводит к зависимости

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \pi \alpha_e \frac{q}{\rho}. \quad 2.10$$

Из (2.10) следует, что напряжённость поля на границе раздела e -массивных сред с плотностями зарядов q_1, q_2 и масс ρ_1, ρ_2 равна

$$E_{1,2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \pi \alpha_e \left(\frac{q_1}{\rho_1} - \frac{q_2}{\rho_2} \right). \quad 2.11$$

Это выражение описывает также напряжённость поля на поверхности e -массивного тела, помещённого в протяжённую среду.

§ 2.5. Электродинамическое равновесие контактирующих сред или тел.

Из (2.11) следует, что динамическое равновесие электрически проводящих контактирующих e -массивных сред или тел, определяемое условием $E_{1,2} = 0$, возникает при условии

$$\frac{q_1}{\rho_1} = \frac{q_2}{\rho_2}. \quad 2.12$$

Из (2.11) следует также, что эквипотенциальность точек в e -массивной среде или теле с неоднородным распределением плотности массы достигается при распределении объёмного заряда пропорционально плотности массы так, что во всех точках среды или тела

$$\frac{q}{\rho} = \text{Const.} \quad 2.13$$

Это равенство является условием внутреннего электрического равновесия среды или тела. (В классической электродинамике электрическое равновесие определяется условием $q = 0$.)

§ 2.6. Электрический потенциал в объёмно заряженной среде.

В классической электродинамике потенциал точки определяется работой, которую необходимо совершить над единичным зарядом для его перемещения из точки в бесконечность или наоборот из бесконечности в точку в зависимости от знака заряда и вектора поля. Покажем, что в реальной среде, содержащей частицы, такое определение потенциала неоднозначно.

Потенциал во внутренней точке протяжённой среды определяется суммой потенциалов точки относительно зарядов, формально расположенных во всей бесконечной среде, но практически в радиусе экранирования электростатического поля

$$\varphi_r = \int_0^\pi \int_0^{2\pi} \int_0^\infty d\varphi,$$

где

$$d\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} q \frac{1}{r^2} r^2 \cos\beta \sin\beta \exp(-pr/\alpha_e) d\beta d\gamma dr.$$

Элемент потенциала отличается от элемента напряжённости добавочным интегрированием (2.9) по радиусу. В отличие от (2.9) интегрирование производится по всему телесному углу. Оно приводит к выражению:

$$\varphi_r = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} 2\pi \alpha_e^2 \frac{q}{\rho^2}. \quad 2.14$$

Этот параметр может быть назван *внутренним абсолютным электрическим потенциалом среды*, т.к. он полностью определяется зарядами, распределёнными в окружающей среде практически в радиусе ослабления электростатического поля материей. Выражение можно записать также в виде

$$\varphi_r = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} 2\pi r_{ae}^2 q, \quad 2.15$$

где r_{ae} – радиус ослабления электростатического поля (2.7), q – средняя плотность заряда в этом радиусе.

Внутренний потенциал описывает электрическое состояние е-массивного тела или среды и его способность совершать работу по перемещению еди-

ничного заряда из незаряженной бесконечности внутрь тела или, наоборот, из внутренней точки тела в незаряженную бесконечность.

Внутренний потенциал точки среды определяется положением зарядов и масс относительно неё в радиусе экранирования электростатического поля.

Потенциал е-массивного сферического тела радиусом r_b относительно незаряженной бесконечности определяется интегрированием радиальной напряжённости поля E_b (2.10) от поверхности до бесконечности. При этом учитывается, что на поверхности полупространства потенциал равен половине внутреннего

$$\frac{1}{2} \varphi_b = \int_{r_b}^{\infty} E_b \frac{r_b^2}{r^2} dr = E_b r_b, \quad 2.16$$

откуда

$$\varphi_b = 2 E_b r_b = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} 2\pi\alpha_e \frac{q}{\rho} r_b. \quad 2.17$$

Внутренний потенциал позволяет количественно оценить работу по перемещению заряда в пустоте по параметру s от поверхности е-массивного тела или полупространства до незаряженной бесконечности.

С учётом (2.17) и (2.10) отношение внутренних потенциалов двух сферических тел относительно незаряженной бесконечности

$$\frac{\varphi_1}{\varphi_2} = \frac{E_1 r_1}{E_2 r_2} = \frac{q_1 \rho_2 r_1}{q_2 \rho_1 r_2} = \frac{Q_{1f} r_2^2 \rho_2}{Q_{2f} r_1^2 \rho_1}, \quad 2.18$$

где Q_1, Q_2 – заряды тел по параметру f , r_1, r_2 – их радиусы.

То, что в (2.14) плотность массы присутствует в знаменателе, не означает, что в реальном пространстве существуют точки, в которых потенциал относительно среды равен бесконечности. Из записи (2.15) видно, что при расположении точки в локальном вакууме радиус экранирования из неё автоматически удлиняется до встречи слоя материи массовой толщиной не менее α_e , т.е.

в реальном пространстве точек с нулевой плотностью массы не существует.

Выражение (2.15) приводит к необходимости иного, чем в классической электродинамике, правила вычисления плотностей заряда и массы с учётом ослабления поля материей. Ниже будут выведены необходимые формулы.

§ 2.7. Разность потенциалов между двумя точками.

Выражение (2.14) действительно в случае изменения плотности заряда в одной точке. Выведем выражение для разности потенциалов между различными точками пространства. Покажем, что оно не совпадает с выражением (2.14). Для этого рассмотрим два однородных е-массивных бесконечных полупространства, примыкающих друг к другу по плоскости, нормальной к оси X в точке $x = 0$. (Рис.2.4.)

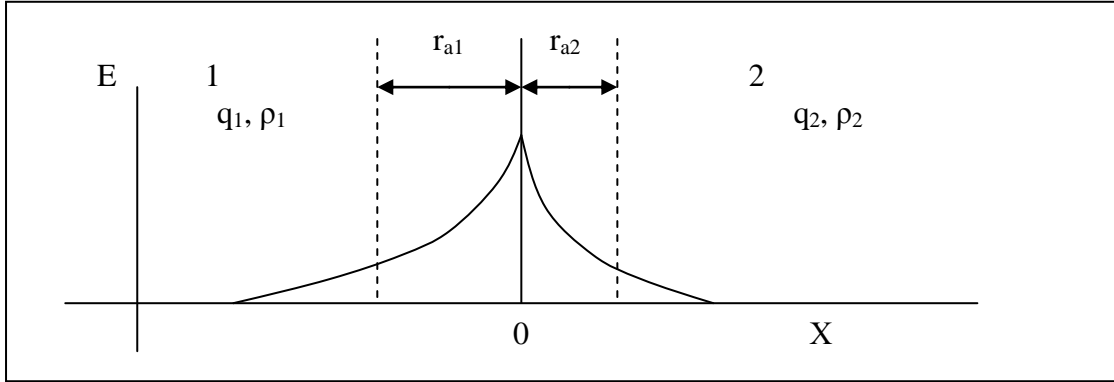


Рис.2.4. Отличная от нуля напряжённость поля на границе двух полупространств с различными значениями параметров q, ρ локализуется в пределах радиусов экранирования поля r_{a1} и r_{a2} .

Согласно (2.3) и (2.11), напряжённости поля E_1 и E_2 в точках, находящихся в разных полупространствах 1 и 2 с плотностями заряда и массы q_1, ρ_1 (при $x < 0$) и q_2, ρ_2 ($x > 0$) на удалениях x от поверхности раздела, равны

$$\begin{aligned} E_1 &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \pi \alpha_e \left(\frac{q_1}{\rho_1^2} - \frac{q_2}{\rho_2^2} \right) \exp(-\rho_1 x / \alpha_e), \\ E_2 &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \pi \alpha_e \left(\frac{q_1}{\rho_1^2} - \frac{q_2}{\rho_2^2} \right) \exp(-\rho_2 x / \alpha_e). \end{aligned} \quad 2.19$$

Разность потенциалов между внутренними точками разных пространств, далеко отстоящими от поверхности раздела, определим работой по перемещению между ними единичного заряда, например, из внутренней точки пространства 1 во внутреннюю точку пространства 2 :

$$\Delta\phi_{12} = \int_{-\infty}^0 E_1 dx + \int_0^{+\infty} E_2 dx. \quad 2.20$$

Интегралы в правой части равны

$$\int_{-\infty}^0 E_1 dx = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \pi \alpha_e^2 \frac{1}{\rho_1} \left(\frac{q_1}{\rho_1^2} - \frac{q_2}{\rho_2^2} \right), \quad 2.21$$

$$\int_0^{+\infty} E_2 dx = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \pi \alpha_e^2 \frac{1}{\rho_2} \left(\frac{q_1}{\rho_1^2} - \frac{q_2}{\rho_2^2} \right).$$

С учётом этого выражение (2.20) приобретает вид

$$\Delta\varphi_{1,2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \pi \alpha_e^2 \left(\frac{1}{\rho_1} + \frac{1}{\rho_2} \right) \left(\frac{q_1}{\rho_1} - \frac{q_2}{\rho_2} \right). \quad 2.22$$

При $\rho_1 = \rho_2$ (2.22) совпадает с (2.14).

Из (2.22) напряжённость поля в среде с градиентом отношения плотностей заряда и массы равна

$$E = \text{grad } \varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} 2 \pi \alpha_e^2 \frac{1}{\rho} \text{grad } \frac{q}{\rho}. \quad 2.23$$

Отметим, что в создании градиента участвуют заряды и массы в пределах экранирования электростатического поля.

§ 2.8. Разность потенциалов и работа.

При сравнении выражений (2.22) и (2.14) возникает вопрос о причине их несовпадения. Покажем, что их различие – следствие ослабления поля материей. Для этого рассмотрим случай трёх прилегающих друг к другу плоских е-массивных слоёв с плотностями заряда q_1, q_2, q_3 и массы, ρ_1, ρ_2, ρ_3 . Слой 2 - средний. В классической электродинамике разность потенциалов между любыми внутренними точками слоёв 1 и 3 не зависит от наличия между ними промежуточного слоя 2

$$\Delta\varphi_{13} = \varphi_1 - \varphi_2 + \varphi_2 - \varphi_3 = \varphi_1 - \varphi_3.$$

В реальной электродинамике данное равенство не выполняется. Для показа этого запишем разность потенциалов (2.22) для внутренних точек слоёв 1 и 3 через сумму разностей потенциалов между внутренними точками слоёв 1,2 и 2,3. После сокращения получим

$$\Delta\varphi_{13} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \pi \alpha_e^2 \left[\frac{1}{\rho_1} \left(\frac{q_1}{\rho_1^2} - \frac{q_2}{\rho_2^2} \right) + \frac{1}{\rho_2} \left(\frac{q_1}{\rho_1} - \frac{q_3}{\rho_3} \right) + \frac{1}{\rho_3} \left(\frac{q_2}{\rho_2} - \frac{q_3}{\rho_3} \right) \right]. \quad 2.24$$

Несохранение параметров слоя 2 означает, что разность потенциалов между внутренними точками слоёв 1 и 3 зависит от наличия и характеристик слоя 2.

Покажем теперь, что разность потенциалов между точками зависит не только от наличия между ними масс, но и от положения этих масс в про-

странстве. Для этого рассмотрим однородное поле E_0 вдоль оси X с источником в плоскости точки $x = 0$ (Рис.2.5).

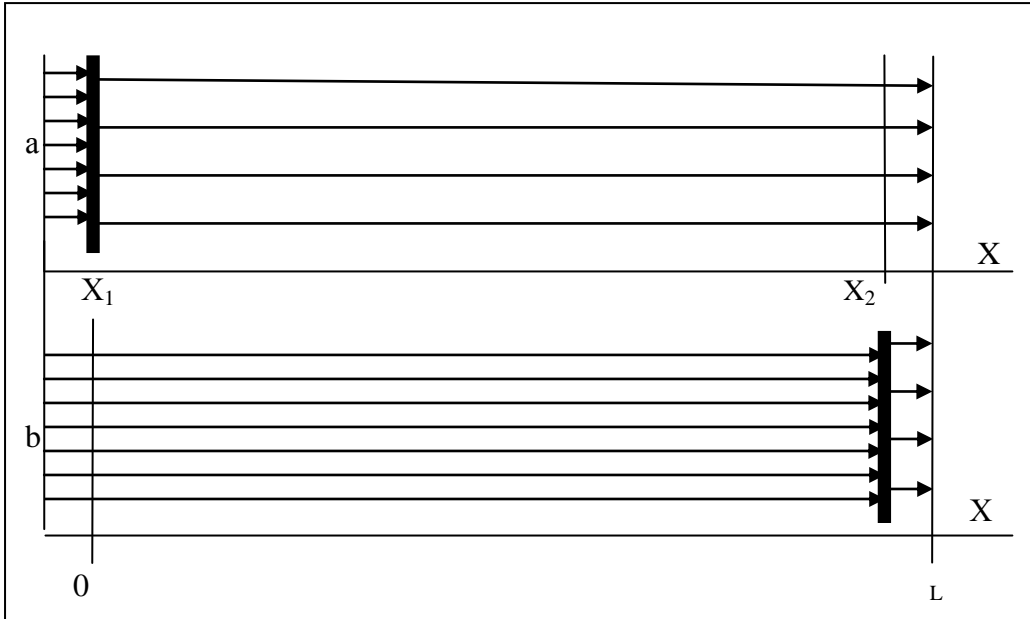


Рис.2.5. Работа по перемещению заряда из точки $x = 0$ в точку $x = L$ зависит от положения ослабляющего экрана по оси X .

Пусть ослабляющий тонкий экран толщиной $d \ll x_1, x_2$ расположен в двух положениях по оси X – в точках x_1 (a) и x_2 (b). Тогда в первом случае работа по перемещению заряда e из точки $x = 0$ в точку $x = L$ будет

$$A_a = eE_0 x_1 + A_d + e E_0 (L - x_1) \exp(-\rho d / \alpha_e),$$

а во втором

$$A_b = eE_0 x_2 + A_d + e E_0 (L - x_2) \exp(-\rho d / \alpha_e),$$

2.25

где A_d - работа по прохождению через экран, ρ – плотность массы экрана. Поскольку в общем случае $x_1 \neq x_2$, то работа $A_a \neq A_b$.

В реальном пространстве, содержащем массы, работа по перенесению заряда из одной точки в другую зависит от пути, по которому перемещается заряд, а также от расположения на этом пути масс. Разность потенциалов между точками однозначно не определяется работой по перенесению единичного заряда..

Зависимость работы от наличия масс на траектории перемещения не означает, что на этом можно построить вечный двигатель. Пример демонстрирует лишь дефектность понятия потенциала классической электродинамики, не учитывающего ослабления поля материей. При учёте ослабления материей электростатического поля потенциал также, как в классической электродинамике, определяется с точностью до постоянной, а однозначно определяется только разность потенциалов между конкретными точками.

§ 2.9. Обобщение теоремы Гаусса.

При нахождении е-массивного шара с плотностями заряда q_b и массы ρ_b в среде с параметрами q_o, ρ_o напряжённость поля у его поверхности определяется выражением (2.11). С учётом этого поток напряжённости поля через поверхность е-массивного тела произвольной формы равен произведению напряжённости на площадь поверхности S_b , нормальную к силовым линиям

$$\Pi = \oint_s [\vec{E} \vec{n}] ds \cong \frac{1}{4\pi\epsilon_o} \pi \alpha_e \left(\frac{q_b}{\rho_b} - \frac{q_o}{\rho_o} \right) S_b, \quad 2.30$$

где \vec{n} - единичный вектор, нормальный к поверхности.

Это выражение является обобщением теоремы Гаусса (2.1) на случай е-массивного тела, расположенного в е-массивном объёмно заряженном пространстве произвольного масштаба. В случае е-массивного шара поток через поверхность равен

$$\Pi = \frac{1}{4\pi\epsilon_o} \pi \alpha_e \left(\frac{q_b}{\rho_b} - \frac{q_o}{\rho_o} \right) 4\pi r^2. \quad 2.31$$

Из (2.30) видно, что при равенстве нулю плотности объёмного заряда е-массивного тела q_b поток напряжённости через его поверхность не равен нулю и создаётся зарядами окружающей среды

$$\Pi = - \frac{1}{4\pi\epsilon_o} \pi \alpha_e \frac{q_o}{\rho_o} S_b.$$

или

$$\Pi = - \frac{1}{4\pi\epsilon_o} \pi q_o r_{ao} S_b,$$

где r_{ao} – радиус экранирования поля (2.7) в среде вокруг шара.

Если заряд сосредоточен в е-массивном шаре, а внешняя среда в пределах r_{ao} электрически нейтральна, то поток напряжённости через поверхность

$$\Pi = \frac{1}{4\pi\epsilon_o} \pi \alpha_e \frac{q_b}{\rho_b} S_b$$

или

$$\Pi = \frac{1}{4\pi\epsilon_o} \pi q_o r_{ab} S_b.$$

Случай е-немассивного шара.

Рассмотрим однородное е-массивное пространство с плотностями заряда и массы q_o, ρ_o (Рис.2.6). Выделим внутри пространства сферический е-немассивный объём V . На поверхности объёма выберем произвольную точку A . С учётом, что

$$q_b = q_o,$$

эта точка ничем не отличается от других окружающих точек поверхности, поэтому напряжённость в ней равна нулю. Отличная от нуля напряжённость в точке возникнет только при неравенстве плотности заряда внутри выделенного объёма и вне его

$$q_b \neq q_o,$$

причём её значение

$$E_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_o} (q_v - q_o) V \frac{1}{r_b^2}. \quad 2.32$$

Ввиду произвольности выбранной точки на поверхности объёма S_v поток напряжённости через всю поверхность

$$\Pi = \oint_{S_v} E_A ds = \frac{1}{4\pi\epsilon_o} 4\pi (q_v - q_o) V. \quad 2.33$$

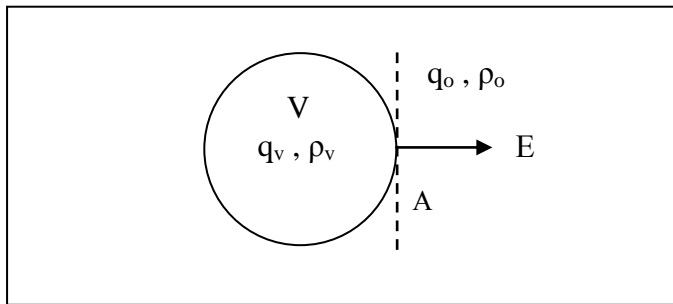


Рис.2.6. При наличии объёма V без заряда в пространстве возникает асимметрия относительно плоскости, разделяющей два бесконечных однородно заряженных полупространства.

Выражение (2.33) является обобщением теоремы Гаусса на случай немассивного тела, помещённого в однородно объёмно заряженную среду. Из него следует, что

поток напряжённости поля через замкнутую поверхность выделенного объёма однородной по массе среды определяется разностью плотностей заряда в объёме и за его пределами.

В частности:

- при $q_o = 0$ выражение (2.33) совпадает с выражением (2.1),
- при $q_v = q_o$ поток через поверхность объёма равен нулю,
- при $q_v = 0$ поток напряжённости равен

$$\Pi = \int_{S_v} E_A ds = - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} 4\pi q_0 V. \quad 2.34$$

После деления обеих частей (2.33) на объём и стремления объёма к нулю равенство переходит к дифференциальному виду

$$\text{Div } E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} 4\pi (q_v - q_0), \quad 2.35$$

которое обобщает статическое уравнение Максвелла на случай любой точки тела или объёмно заряженной протяжённой среды.

Зависимости (2.27),(2.33),(2.35) представляют собой крайние случаи е-массивного и немассивного тел. Ввиду большой важности результата поясним ещё раз причину отсутствия плотности заряда окружающей среды в дифференциальной или интегральной записи теоремы Гаусса и появления её в зависимостях реальной электродинамики (2.45)(2.47).

В классической электродинамике поле \mathbf{E} точечного заряда изображается радиальными линиями бесконечной длины, которые могут пересекать поверхность ограниченного объёма только два раза, не создавая через неё потока поля. При ослаблении поля \mathbf{E} материей силовые линии должны быть представлены радиальными конечными отрезками разной длины. В этой ситуации в любом ограниченном объёме бесконечной среды имеются окончания силовых линий полей зарядов, находящихся вне объёма. Концентрация окончаний линий пропорциональна плотности зарядов в среде. Силовые линии внешних зарядов, оканчивающиеся внутри объёма, проходят через его поверхность только один раз и, следовательно, создают отличный от нуля поток напряжённости независимо от величины заряда внутри объёма. В условиях, когда знаки зарядов параметра q/ρ в теле и среде совпадают, а по абсолютному значению параметр среды превосходит параметр тела, поток напряжённости через поверхность приобретает направление, соответствующее зарядженности тела противоположным знаком. Из соотношений (2.27)(2.33)(2.35) следует принципиально важный вывод, отмеченный в §2.1:

объёмный заряд среды – понятие абсолютное и относительное. Абсолютное - по реакции ансамбля заряженных частиц, формирующих объёмный заряд, на воздействие внешнего поля и относительное - по направлению поля, возникающего в окрестности ансамбля при его нахождении в объёмно заряженной среде.

§ 2.10. Электрическая ёмкость e -массивного шара.

Аналогично классическому понятию электрической ёмкости в реальной электродинамике может быть использовано понятие ёмкости e -массивного тела как отношение объёмного заряда тела по параметру f к увеличению потенциала $\Delta\phi_b$ относительно незаряженной бесконечности

$$C_b = \frac{\Delta Q_f}{\Delta\phi_b} . \quad 2.36$$

Изменение заряда тела выражается через изменение в нём объёмной плотности заряда очевидным равенством

$$\Delta Q_{bf} = M_b \frac{\Delta q_b}{\rho_b} , \quad 2.37$$

а изменение потенциала тела относительно незаряженной бесконечности, согласно (2.17),

$$\Delta\phi_b = 2 \Delta E_{bo} r_b = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} 2\pi\alpha_e r_b \frac{\Delta q_b}{\rho_b} . \quad 2.38$$

После деления (2.37) на (2.38) электрическая ёмкость e -массивного сферического тела (2.36) радиусом r_b и массой M_b

$$C_b = 4\pi\epsilon_0 \frac{M_b}{2\pi\alpha_e r_b} . \quad 2.39$$

§ 2.12. Магнитный момент объёмно заряженного шара.

Все космические тела вращаются и вокруг них наблюдаются дипольные магнитные поля. В реальной электродинамике эти поля рассматриваются как следствие объёмной заряженности тел. Для описания магнетизма звёзд и планет выведем выражение магнитного момента объёмно заряженного вращающегося шара. Пусть шар радиусом r_b с плотностями заряда q_b и массы ρ_b , вращается с периодом T_b . Магнитный момент шара μ_b складывается из элементарных магнитных моментов μ_j кольцевых токов плотностью j , образованных зарядами, вращающимися вместе с телом

$$\mu_j = j S ,$$

где S – площадь, описываемая движущимся зарядом.

Магнитный момент шара μ_b определяется интегрированием магнитных моментов всех элементарных круговых токов по объёму V_b шара:

$$\mu_b = \int_V \mu_j dV_b . \quad 2.40$$

В сферических координатах момент равен

$$\mu_b = \int_V d\mu = \int_V s dj = q \frac{1}{T} \int_0^r \int_0^\pi \int_0^{2\pi} \pi r^2 \sin^2 \beta r^2 \sin \beta dr d\beta d\gamma,$$

где β – угол из центра шара между осью вращения и направлением на заряд, γ – угол расположения заряда в круговом токе относительно некоторого нулевого направления из центра шара.

В случае абсолютной прозрачности материи для магнитостатического поля интегрирование приводит к выражению

$$\mu_b = \frac{8}{15} \pi^2 r_b^5 \frac{1}{T_b} q. \quad 2.41$$

Это выражение может быть записано также в вариантах

$$\begin{aligned} \mu_b &= \frac{2}{5} Q_b S_b \frac{1}{T_b}, \\ \mu_b &= \frac{2}{5} M_b S_b \frac{1}{T_b} \frac{q_b}{\rho_b}, \\ \mu_b &= \frac{2}{5} S_b I_b, \end{aligned} \quad 2.42$$

где Q_b – заряд шара, S_b – площадь большого круга, M_b – масса шара как количество вещества, T_b – период вращения, I_b – суммарный круговой ток при вращении

$$I_b = Q_b / T_b. \quad 2.43$$

§ 2.12. Понятия локальной и натуральной плотностей заряда и массы.

В реальной электродинамике, как и в классической, электрический потенциал в точке создаётся зарядами всего окружающего пространства, однако, в отличие от классического случая он практически формируется зарядами, расположенными в пределах радиуса ослабления электростатического поля от точки. Зависимости (2.9 - 2.23) получены в упрощённой идеализированной ситуации однородного распределения заряда и массы в пространстве. В реальности плотности масс всегда распределены сложнее. Например, в космическом пространстве помимо элементарных частиц и отдельных молекул присутствуют макротела. В этих условиях радиус экранирования из точки имеет разные значения в различных азимутальных направлениях.

При вычислении потенциалов и напряжённостей полей в неоднородной по массе среде возникает необходимость корректного вычисления плотно-

стей заряда и массы. Традиционные методы вычисления этих параметров иногда оказываются неоднозначными. К примеру, если взятый для расчёта объём слишком велик, то помимо заряда или массы однородного вещества в него могут попасть другие объекты. Если объём слишком мал, например, порядка молекулярных размеров, то при его дальнейшем уменьшении измеренная плотность будет изменяться скачками после выхода за пределы объёма очередной молекулы. Наконец, при размерах объёма меньше атомных радиусов плотность массы или заряда станет либо нулевой, если в объём не попадет атомное ядро или электрон, либо увеличится до плотности массы или заряда ядерной материи.

При выводе уравнений (2.9 - 2.23) были использованы локальные величины. Вместе с тем интегрирование производилось с учётом радиуса ослабления поля. В случае неоднородного распределения массы результат интегрирования заряда оказывается зависящим от распределения массы в пространстве. Для вычисления отношения заряда к массе весь эффективный заряд, находящийся в пределах радиусов ослабления электростатического поля во всех направлениях, должен быть поделён на массу, находящуюся в пределах тех же радиусов. Сам объём интегрирования оказывается зависящим от распределения плотности массы. Вычисленные в пределах радиуса экранирования плотности зарядов и масс будем называть *натуральными* в отличие от *локальных*, вычисляемых традиционно. Объём интегрирования зарядов или масс, ограниченный радиусами экранирования электростатического поля во всех направлениях из точки также может быть назван *натуральным*.

С учётом возможной существенной неоднородности среды в различных направлениях интегрирование зарядов и масс удобнее производить по телесным углам. Выведем формулу для вычисления отношения натуральных плотностей заряда и массы в точке в ситуации, характерной для космической среды. Натуральный заряд, подлежащий учёту при вычислении потенциала или напряжённости поля, равен сумме натуральных зарядов с локальными плотностями q_i в конусах телесных углов σ_i с высотами, равными радиусам экранирования r_{ai}

$$Q_n = \sum_i Q_{ni} = \frac{1}{3} \sum_i \sigma_i r_{ai}^3 q_i, \quad 2.44$$

где
$$r_{ai} = \alpha_e \frac{1}{\rho_i}.$$

Натуральная масса в том же объёме

$$M_n = \sum_j M_{nj} = \frac{1}{3} \sum_j \sigma_j r_{aej}^3 \rho_j. \quad 2.45$$

Отношение натуральных плотностей заряда и массы

$$\frac{q_n}{\rho_n} = \frac{Q_n}{M_n} = \sum_i \sigma_i r_{aej}^3 q_i / \sum_j \sigma_j r_{aej}^3 \rho_j . \quad 2.46$$

Разберём наиболее важные случаи применения зависимости (2.46).

Среда с однородным распределением заряда и массы.

Эта ситуация наиболее простая. В ней

$$q_i = q, \quad \rho_i = \rho, \quad \sum_j \sigma_j = \sum_i \rho_i = 4\pi, \quad r_{ai} = r_{aj} = r_a ,$$

поэтому

$$Q_n = \frac{4}{3} \pi r_a^3 q, \quad M_n = \frac{4}{3} \pi r_a^3 \rho.$$

Отношения натуральных и локальных плотностей заряда и массы совпадают

$$\frac{q_n}{\rho_n} = \frac{q}{\rho} . \quad 2.47$$

Граница раздела двух е-массивных однородных сред.

Будем считать, что в пределах одного полупространства натуральные и локальные плотности заряда и массы равны q_1, ρ_1 , а в пределах второго - q_2, ρ_2 . В этом случае натуральные заряд в числителе и масса в знаменателе (2.46) состоят из двух компонент, относящихся к разным полупространствам

$$Q_n = \frac{1}{3} \sum_i \sigma_i r_{ai}^3 q_i = \frac{2}{3} \pi (r_{a1}^3 q_1 + r_{a2}^3 q_2), \quad 2.48$$

$$M_n = \frac{1}{3} \sum_j \sigma_j r_{aj}^3 \rho = \frac{2}{3} \pi (r_{a1}^3 \rho_1 + r_{a2}^3 \rho_2) .$$

Отношение плотностей на границе раздела сред

$$\frac{q_{1,2}}{\rho_{1,2}} = \frac{Q_n}{M_n} = \frac{q_1 r_{a1}^3 + q_2 r_{a2}^3}{\rho_1 r_{a1}^3 + \rho_2 r_{a2}^3} . \quad 2.49$$

Для оценки вклада каждой среды в итоговое значение в случае, когда плотности масс сред и, следовательно, радиусы экранирования в них существенно различны, например, для точки на земной поверхности, равенство (2.49) лучше переписать с учётом (2.7) в виде

$$\frac{q_{1,2}}{\rho_{1,2}} = \frac{r_{a1}^2 \frac{q_1}{\rho_1} + r_{a2}^2 \frac{q_2}{\rho_2}}{r_{a1}^2 + r_{a2}^2} . \quad 2.50$$

В практически важном случае приближительного электродинамического равновесия двух сред, т.е. когда отношение натуральных плотностей в них

$$\frac{q_1}{\rho_1} \approx \frac{q_2}{\rho_2},$$

и при условии $r_{a1} \gg r_{a2}$ равенство (2.50) переходит в

$$\frac{q_{1,2}}{\rho_{1,2}} \approx \frac{q_1}{\rho_1}.$$

Точка в космосе.

В точке космической среды, из которой наблюдается космическое тело в телесном угле σ_b , натуральный заряд в точке

$$Q_n = \frac{1}{3} [\sigma_b r_{ob}^3 q_b + (4\pi - \sigma_b) r_{ac}^3 q_c],$$

а натуральная масса

$$M_n = \frac{1}{3} [\sigma_b r_{ob}^3 \rho_b + (4\pi - \sigma_b) r_{ac}^3 \rho_c].$$

Отношение натуральных плотностей заряда и массы

$$\frac{q_n}{\rho_n} = \frac{\sigma_b r_{ob}^3 q_{ob} + (4\pi - \sigma_b) r_{ac}^3 q_c}{\sigma_b r_{ob}^3 \rho_{ob} + (4\pi - \sigma_b) r_{ac}^3 \rho_c}. \quad 2.51$$

В выражениях: q_c, ρ_c – локальные плотности заряда и массы в космической среде; q_b, ρ_b – локальные плотности заряда и массы в космическом теле в пределах толщины слоя a_c , r_{ac} – средний радиус ослабления поля в космической среде, r_{ob} – расстояние от точки до поверхности тела.

Заряд и масса в телесном угле, где расположено тело, с большой точностью определяются зарядами и массой тела. Для того, чтобы оценить вклад заряда и массы тела в суммарное отношение плотностей в точке, перепишем (2.51) с учётом (2.7) в виде

$$\frac{q_n}{\rho_n} = \frac{\sigma_b r_{ob}^2 \frac{q_{ob}}{\rho_{ob}} + (4\pi - \sigma_b) r_{ac}^2 \frac{q_c}{\rho_c}}{\sigma_b r_{ob}^2 + (4\pi - \sigma_b) r_{ac}^2}. \quad 2.52$$

При электродинамическом равновесии тела с окружающей средой отношение плотностей заряда и массы в теле не отличается от этого отношения в среде. Для точки, не слишком удалённой от тела, например, для Солнца и расстояний в пределах радиуса солнечной системы, расстояние между точкой и телом может быть значительно меньше радиуса экранирования в космической среде ($r_{ob} \ll r_{ac}$). С учётом этого при $\sigma_b \ll 4\pi$ в чис-

лителе и знаменателе (2.52) с большой точностью первыми членами можно пренебречь, и выражение упрощается к виду

$$\frac{q_n}{\rho_n} = \frac{q_c}{\rho_c}.$$

Если точка приближается к телу и погружается в его атмосферу с радиусом экранирования $r_{ab} \ll r_{\sigma b}$, то

$$\sigma_b \rightarrow 4\pi, \quad r_{\sigma b}, r_{ac} \rightarrow r_{ab},$$

и отношение плотностей заряда и массы приобретает атмосферное значение.

§ 2.13. Коэффициент ослабления электростатического поля материей.

Главным объектом, ослабляющим электростатическое поле, может быть только протон как самая массивная стабильная частица, существующая самостоятельно или в составе нейтрона. Протоны формируют материю в реальном мире и определяют её массу. Ввиду этого коэффициент ослабления электростатического поля материей описывает непрозрачность протона для этого поля в пределах некоторого радиуса r_p .

Определим значение коэффициента ослабления поля E . Если поле однородно, направлено вдоль r от источника и в точке $r = 0$ имеет значение E_0 , то ослабление поля dE за слоем материи с концентрацией протонов n_p

$$dE = -E_0 \pi r_p^2 n_p dr.$$

Концентрацию протонов в веществе можно отождествлять с концентрацией нуклонов, т.е. описывать плотностью массы. С учётом этого напряжённость мононаправленного поля равна

$$E(r) = E_0 \exp(-\pi r_p^2 n_p r) = E_0 \exp(-\pi r_p^2 \rho m_p^{-1} r), \quad 2.53$$

где r_p – эффективный радиус абсолютной непрозрачности протона, m_p – масса протона, ρ – плотность массы вещества, r – толщина слоя материи между зарядом и точкой измерения.

Эту зависимость удобно записать в виде (2.3)

$$E(r) = E \exp(-\rho r / \alpha_e), \quad 2.54$$

где α_e , как и в (2.3), – коэффициент ослабления электростатического поля, численно равный массовой толщине слоя, в котором поле ослабляется в e раз. Он связан с массой и радиусом непрозрачности протона зависимостью

$$\alpha_e = \frac{m_p}{\pi r_p^2} . \quad 2.55$$

Если протон абсолютно непрозрачен для поля в пределах своего радиуса, оцениваемого в настоящее время величиной

$$r_p \cong 8,418 \cdot 10^{-16} \text{ м} , \quad 2.56$$

то с учётом его массы $m_p = 1,672621 \cdot 10^{-27}$ кг коэффициент ослабления электростатического поля имеет значение

$$\alpha_e \cong 75 \text{ г/см}^2 = 7,5 \cdot 10^2 \text{ кг/м}^2 . \quad 2.57$$

Коэффициент является константой реальной электродинамики, от которой зависят многие количественные результаты построений. Значение (2.57) позволяет наблюдать эффект ослабления поля непосредственно в лабораторных условиях. В таблице 2.2 приведены плотности массы в различных средах и радиусы ослабления электростатического поля (2.7).

Таблица 2.2.

Среда	Плотность массы, г / см ³	Радиус экранирования, м
Земной грунт в среднем	5,5.	$1,4 \cdot 10^{-1}$
Вода	1,0.	0,75.
Атмосфера у земной поверхности	$1,3 \cdot 10^{-3}$	577
Атмосфера на высоте 6 км	$6,6 \cdot 10^{-4}$	1140
Ионосфера (h = 100 км)	$3,7 \cdot 10^{-10}$	$2 \cdot 10^9$
Космос	$10^{-17} - 10^{-24}$	$10^{17} - 10^{24}$

Из этих значений следует, что земной шар в целом и даже в орографических неоднородностях с большой точностью представляет собой е-массивное тело, и, следовательно,

электростатика, построенная на теореме Гаусса и уравнении Пуассона, неприменима для описания электрического состояния земного шара, земной атмосферы, Солнца и космоса.

На высотах ионосферы и выше радиус ослабления электростатического поля превышает диаметр Земли и, следовательно, не определяется локальной плотностью массы.

§ 2.14. Условие электрической нейтральности среды.

В классической электродинамике при равенстве электрических полей электрона и протона условие нейтральности бесконечной однородной сре-

ды определяется равенством концентраций двух частиц \mathbf{n}_p и \mathbf{n}_e

$$n_p = n_e . \quad 2.58$$

В реальной электродинамике необходимо учитывать различие интенсивностей полей протона и электрона и уточнять параметр, по которому имеется ввиду нейтральность. Равенство нулю электрического поля в окрестности ансамбля заряженных частиц определяется параметром \mathbf{f} , в то время как отсутствие реакции ансамбля на воздействие внешнего поля - параметром \mathbf{s} . Потенциалы пространства (2.14) и (2.26) создаются параметром \mathbf{f} заряженных частиц, т.е. суммой потоков полей протонов и электронов. С учётом отношения интенсивностей полей этих двух частиц

$$\frac{f_p}{f_e} = \frac{m_e}{m_p} \quad 2.59$$

нулевая плотность заряда среды по этому параметру описывается условием

$$n_p f_p + n_e f_e = 0. \quad 2.60$$

Оно достигается при соотношении концентраций протонов и электронов

$$\frac{n_e}{n_p} = \frac{m_p}{m_e} . \quad 2.61$$

В космической среде протоны, электроны и нейтральные молекулы с остаточными зарядами ускоряются в общем электрическом поле. Время нахождения элементарных частиц в космосе ограничено моментами выхода с поверхности электрически массивного тела и встречи с другим таким же телом. Эту ситуацию можно смоделировать двумя плоскими параллельными электродами, между которыми приложена разность потенциалов и в противоположных направлениях ускоряются потоки протонов и электронов со средними концентрациями частиц \mathbf{n}_p , \mathbf{n}_e и средними скоростями \mathbf{v}_p , \mathbf{v}_e . В этой ситуации средние плотности потоков двух частиц между электродами равны

$$j_p = n_p \bar{v}_p , \quad j_e = n_e \bar{v}_e . \quad 2.62$$

В условиях нейтральности среды по плотностям полей (2.60) с учётом (2.61) отношение плотностей их потоков

$$\frac{j_e}{j_p} = \frac{m_p}{m_e} \frac{\bar{v}_e}{\bar{v}_p} . \quad 2.63$$

Средние скорости протонов и электронов при ускорении в однородном внешнем поле \mathbf{E} пропорциональны ускорениям и, следовательно, обратно пропорциональны массам частиц

$$\frac{\bar{v}_e}{\bar{v}_p} = \frac{E e_{es}}{E e_{ps}} \frac{m_p}{m_e} = \frac{m_p}{m_e} . \quad 2.64$$

С учётом (2.64) отношение плотностей потоков полей электронов и протонов (2.63) по параметру \mathbf{f} в условиях выполнения условия (2.60) равно

$$\boxed{\frac{j_{ef}}{j_{pf}} = \left(\frac{m_p}{m_e} \right)^2 .} \quad 2.65$$

Плотности электрических токов протонов и электронов по параметру \mathbf{f} определяются умножением потоков (2.62) на заряды частиц \mathbf{e}_{pf} , \mathbf{e}_{ef} по этому параметру:

$$J_{pf} = e_{pf} j_p ; \quad J_{ef} = e_{ef} j_e \quad 2.66$$

Соотношение плотностей электрических токов по этому параметру в условиях нейтральности среды (2.60) с учётом (2.59) равно

$$\boxed{\frac{J_{ef}}{J_{pf}} = \frac{m_p}{m_e} .} \quad 2.67$$

Электрическая нейтральность среды по параметру \mathbf{s} определяется условием

$$n_p s_p + n_e s_e = 0 \quad \text{или} \quad n_p e_{ps} + n_e e_{es} = 0 \quad 2.68$$

С учётом предполагаемого приблизительного равенства сечений двух частиц

$$|s_p| \simeq |s_e|$$

плотность электрических токов протонов и электронов по этому параметру определяется умножением плотностей потоков на заряды по параметру \mathbf{s}

$$J_{ps} = e_{ps} j_p ; \quad J_{es} = e_{es} j_e . \quad 2.69$$

При нейтральности среды по параметру \mathbf{f} отношение плотностей электрических токов частиц по параметру \mathbf{s} с учётом (2.65) равно

$$\boxed{\frac{J_{es}}{J_{ps}} = \left(\frac{m_p}{m_e} \right)^2 .} \quad 2.70$$

Глава 3.

Ослабление гравитационного поля материей.

Выводятся соотношения гравистатики с учётом ослабления гравитационного поля материей. Рассчитывается значение коэффициента ослабления поля. Показывается, что плотность массы Солнца может быть на порядок выше принимаемой в настоящее время. Это предполагает смещение центра гравитации Солнца к поверхности, что позволяет объяснить смещение перигелиев планет и аномалию гравитации на больших удалениях от Солнца. [51]

§ 3.1. Соотношения гравистатики.

В отличие от электростатического поля гравитационное поле сильно не ослабляется даже в слоях материи толщиной порядка планетных масс. Это следует из выполнения законов Кеплера с высокой точностью при расчётах траекторий движения планет. Возможная причина сильного различия ослабляющей способности материи для двух полей будет рассмотрена в Гл.13. В этой главе построим математический аппарат гравистатики, исходя из факта превышения значения коэффициента ослабления гравитационного поля относительно электростатического α_e (2.57).

Несмотря на значительно более высокую проникающую способность гравитационного поля по сравнению с электростатическим, материю принципиально нельзя считать абсолютно прозрачной и для него из-за факта силового взаимодействия тел. Предположение о качественно одинаковом механизме ослабления двух полей позволяет применить математический аппарат реальной электродинамики для случая гравитации. Для этого удобно привести ньютоновскую запись гравитационного взаимодействия к кулоновскому виду. После этого можно использовать понятие напряжённости гравитационного поля и заменить, как это было сделано в Гл.1, гравитационные массы на остаточные заряды (1.38). В этом случае ослабление однородного гравитационного поля напряжённостью E_g в одномерном приближении вдоль некоторого направления \mathbf{r} в среде с плотностью массы ρ по аналогии с (2.3) можно описать зависимостью

$$E_g(r) = E_{g0} \exp(-\rho r / \alpha_g), \quad 3.1$$

где α_g – коэффициент ослабления гравитационного поля, численно равный толщине слоя материи, в котором гравитационное поле ослабляется в e раз.

Напряжённость гравитационного поля, создаваемая точечной массой M на расстоянии \mathbf{r} , приобретает электродинамический вид

$$E_g(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{r^2} Q_g \exp(-\rho r / \alpha_g), \quad 3.2$$

где, согласно (1.38),

$$Q_g = (4\pi\epsilon_0 G)^{1/2} M.$$

В электродинамической записи гравитационного взаимодействия гравитационные заряды Солнца и планет имеют величины, приведённые в Таблице 3.1. Гравитационный заряд отличается от электрического другим значением коэффициента ослабления его поля.

Таблица 3.1.

	$M_g, 10^{24}$ кг	$Q_g,$ Кл	f Н	$s,$ m^2
Солнце	$1,99 \cdot 10^6$	$1,71 \cdot 10^{20}$	$1,11 \cdot 10^{41}$	$- 2,4 \cdot 10^9$
Меркурий	0,342	$2,95 \cdot 10^{13}$	$1,90 \cdot 10^{34}$	$- 4,1 \cdot 10^2$
Венера	4,97	$4,28 \cdot 10^{14}$	$2,76 \cdot 10^{35}$	$- 6 \cdot 10^3$
Земля	6,1	$5,22 \cdot 10^{14}$	$3,39 \cdot 10^{35}$	$- 7,3 \cdot 10^3$
Марс	0,65	$5,6 \cdot 10^{13}$	$3,50 \cdot 10^{32}$	$- 7,8 \cdot 10^2$
Юпитер	1930	$1,77 \cdot 10^{17}$	$1,07 \cdot 10^{38}$	$- 2,32 \cdot 10^6$
Сатурн	580	$5,0 \cdot 10^{16}$	$3,12 \cdot 10^{35}$	$- 7 \cdot 10^5$
Уран	89,0	$7,67 \cdot 10^{15}$	$4,95 \cdot 10^{36}$	$- 1 \cdot 10^5$
Нептун	104	$8,96 \cdot 10^{15}$	$5,79 \cdot 10^{36}$	$- 1,2 \cdot 10^5$
Плутон	0,013	$1,12 \cdot 10^{12}$	$7,24 \cdot 10^{29}$	- 16

Аналогично электродинамическому условию (2.9) тело в форме шара с плотностью массы ρ_b и с радиусом r_b , удовлетворяющим условию

$$r_b \gg \alpha_g / \rho_b,$$

в дальнейшем будет называться *гравитационно массивным* или сокращённо *g-массивным*. Радиус

$$r_{ag} = \alpha_g \frac{1}{\rho}, \quad 3.3$$

где ρ – плотность массы среды,

по аналогии с радиусом экранирования электростатического поля (2.8) будет называться *радиусом экранирования гравитационного поля*.

Бесконечное полупространство с плотностью вещества ρ будет создавать на своей поверхности напряжённость гравитационного поля E_{go} , которая определяется интегрированием гравитационных полей всех остаточных зарядов (1.38) полупространства аналогично электродинамическому случаю

$$E_{go} = \int_{V/2} (\vec{n}_s \vec{n}_r) \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{r^2} q_g \exp(-pr / \alpha_g) dV, \quad 3.4$$

где q_g - плотность объёмного остаточного заряда, $(\vec{n}_s \vec{n}_r)$ – скалярное произведение единичных векторов нормального к поверхности \vec{n}_s и направленного на интегрируемый заряд \vec{n}_r .

Плотность остаточного заряда в выражении (3.4) равна

$$q_g = e_n n_{pe} = (4\pi\epsilon_0 G)^{1/2} m_p n_{pe} = (4\pi\epsilon_0 G)^{1/2} \rho, \quad 3.5$$

где n_{pe} - концентрация протон-электронных пар, e_n – остаточный заряд, приходящийся на одну протон-электронную пару (1.43), ρ – плотность массы среды.

Вычисление интеграла (3.4) с учётом (3.5) приводит к выражению для напряжённости гравитационного поля на плоской границе бесконечного полупространства с плотностью массы ρ

$$E_{go} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \pi \alpha_g \frac{q_g}{\rho} = \left(\frac{G}{4\pi\epsilon_0} \right)^{1/2} \pi \alpha_g, \quad 3.6$$

которое действует на остаточный заряд величиной (1.38).

Обратим внимание на отсутствие в выражении (3.6) плотности массы тела. Это объясняется тем, что при любом её значении в гравитационном взаимодействии участвует слой материи массовой толщиной α_g . Коэффициент π присутствует, как и в случае электростатического поля, ввиду того, что в формировании напряжённости на поверхности участвует не только столб материи в точке измерения, а вся масса приповерхностного слоя тела. Гравитационное поле полупространства воздействует на электрически нейтральное g-немассивное тело с гравитационной массой M_g , частицы которого несут удельные остаточные заряды (1.37), с силой

$$F_{go} = E_{go} Q_g = (G / 4\pi\epsilon_0)^{1/2} \pi \alpha_g (4\pi\epsilon_0 G)^{1/2} M_g = G \pi \alpha_g M_g. \quad 3.7$$

Из (3.6) видно, что если вместо остаточного заряда использовать понятие гравитационной массы M_g , то напряжённость E_{go} , создаваемая g-массивным полупространством, должна быть записана в виде

$$E_{go} = G \pi \alpha_g. \quad 3.8$$

Сила (3.7), создаваемая полем, и напряжённость поля (3.8) являются максимально возможными.

В одномерном случае, т.е. в случае взаимодействия двух бесконечных полупространств, поле одного полупространства действует на приповерхностный вертикальный столб массы единичного сечения второго полупространства в пределах эффективной толщины

$$\alpha_g = \int_0^{\infty} \rho \exp(-\rho x / \alpha_g) dx.$$

Максимально возможное давление на границе раздела g-массивных полупространств при этом равно

$$p_{g\max} = F_g \alpha_g = G \pi \alpha_g^2 .$$

3.9

Из этой зависимости следует, что

гравитационное давление внутри космического тела не может бесконечно возрасть пропорционально массе тела.

При гравитационном взаимодействии двух g -массивных тел в форме шаров с радиусами r_1 и r_2 , находящихся на расстоянии $r \gg r_1, r_2$, сила взаимодействия равна сумме произведений напряжённости гравитационного поля одного тела (например, тела 1) (3.7)

$$E_{g1} = G \pi \alpha_g r_1^2 \frac{1}{r^2}$$

на массу большого круга другого (тела 2) толщиной α_g (3.8)

$$M_{g2} = \alpha_g \pi r_2^2 . \quad 3.10$$

Сила внешнего поля, действующая на каждое g -массивное тело, в этом случае равна

$$F_{g1,2} = G M_{g1} M_{g2} \frac{1}{r^2} = G \pi^2 \alpha_g^2 r_1^2 r_2^2 \frac{1}{r^2} = G \alpha_g^2 S_1 S_2 \frac{1}{r^2} , \quad 3.11$$

где S_1, S_2 – площади больших кругов тел, r – расстояние между центрами гравитирующих слоёв.

Особенность выражения (3.11) состоит в том, что

1) в гравитационном взаимодействии участвуют только приповерхностные слои эффективной массовой толщиной α_g ;

2) гравитационная масса g -массивного шара зависит только от его радиуса и не зависит от плотности или количества заключённого в нем вещества;

3) расстояние между центрами гравитирующих масс не совпадает с расстоянием между центрами гравитирующих шаров.

Из этого следует, что

гравитационная масса и масса как мера количества вещества тела являются принципиально разными параметрами.

Если одно из двух точечных тел g -немассивно, например тело 2, то сила, действующая на тело 2,

$$F_{g1,2} = G \alpha_g S_1 M_2 \frac{1}{r^2} ,$$

3.12

где \mathbf{r} – расстояние между центрами гравитирующих масс.

Выражение (3.12) выделено ввиду того, что оно описывает практически важный случай гравитационного взаимодействия Солнца с планетами.

В условиях количественного несовпадения в g -массивном теле гравитационной массы и массы как количества вещества (в дальнейшем – просто *масса*) связь инертной массы тела с этими двумя массами оказывается неопределённой. Возможны два варианта связи:

Вариант 1. Инертная масса M_i тела пропорциональна сумме масс M содержащихся в нем элементарных частиц:

$$M_i = M.$$

В этом случае отношение инертной массы M_i к гравитационной M_g в g -массивном теле в форме шара

$$\frac{M_i}{M_g} = \frac{4}{3} \pi \rho r_b^3 / \pi \alpha_g r_b^2 = \frac{4}{3} \rho r_b \alpha_g^{-1} \quad 3.13$$

становится зависящим от радиуса тела. Как видно, при увеличении радиуса тела отношение инертной и гравитационной масс должно увеличиваться от единицы до значения, определяемого конечными размерами и плотностью массы тела. При обращении растущего макротела без трения вокруг другого гравитирующего тела его орбита должна иметь форму бесконечно развёртывающейся спирали.

Вариант 2. Инертная масса g -массивного тела пропорциональна его гравитационной массе, т.е. инерция создается только приповерхностным слоем вещества массовой толщины α_g . В этом случае инертная масса тела с учётом (3.7) равна

$$M_i = 4 S_b \pi \alpha_g = 4 \pi^2 \alpha_g r_b^2, \quad 3.14$$

где S_b – площадь большого круга тела,

в то время как масса, взаимодействующая с внешним полем, определяется площадью большого круга шара (3.10). В этом случае отношение инертной и гравитационной масс в g -массивном теле

$$\frac{M_i}{M_g} = 4 \pi^2 \alpha_g r_b^2 / \pi \alpha_g r_b^2 = 4\pi. \quad 3.15$$

При росте космического тела из первоначально g -немассивного шара до состояния g -массивности отношение инертной и гравитационной масс должно изменяться от 1 до 4π . При обращении растущего тела вокруг внешнего гравитационного центра его орбита также должна иметь форму развёртывающейся спирали, однако при достижении значения отношения масс (3.15) тело должно перейти на замкнутую орбиту независимо от даль-

нейшего роста массы.

§ 3.2. Коэффициент ослабления поля. G-массивность Солнца.

Для расчёта значения коэффициента ослабления гравитационного поля материей могут быть использованы известные данные о параметрах Солнца, планет и их спутников. В отличие от следствия классической теории гравитации об отношении инертных или гравитационных масс двух сферических космических тел с радиусами r_1, r_2 и плотностями масс ρ_1, ρ_2

$$M_1 / M_2 = \rho_1 r_1^3 / \rho_2 r_2^3 \quad 3.16$$

в реальной электродинамике отношение гравитационных масс двух g-массивных шаров, согласно (3.10), равно

$$M_{1g} / M_{2g} = r_1^2 / r_2^2, \quad 3.17$$

а отношение инертных масс должно зависеть от реализующегося варианта связи инертной массы с гравитационной (3.13) или (3.15).

Рассмотрим с учётом (3.16)(3.17) два наибольших тела солнечной системы Солнце и Юпитер. В случае g-массивности обоих тел отношение гравитационных масс должно было бы быть

$$M_{sg} / M_{jg} = r_s^2 / r_j^2 = 95, \quad 3.18$$

где $r_s = 6,96 \cdot 10^8$ м - радиус Солнца, $r_j = 7,14 \cdot 10^7$ м - радиус Юпитера. При рассчитанных гравитационных массах Солнца $M_{gs} = 2 \cdot 10^{30}$ кг и Юпитера $M_{gj} = 2 \cdot 10^{27}$ кг реализующееся отношение равно

$$M_{gs} / M_{gj} = 1,0 \cdot 10^3. \quad 3.19$$

Значения гравитирующих масс двух тел соответствуют средним плотностям вещества:

Солнца
$$\rho_s = 1,42 \text{ г/см}^3,$$

Юпитера
$$\rho_j = 1,33 \text{ г/см}^3.$$

Различие величин отношений (3.18) и (3.19) в 10,9 раза не позволяет рассматривать оба тела g-массивными, но не исключает возможность g-массивности большего из них - Солнца. Если Солнце g-массивно, то, согласно (3.10), коэффициент ослабления гравитационного поля должен быть

$$\alpha_g = M_{gs} / \pi r_s^2.$$

Подстановка известных значений приводит к величине коэффициента ос-

лабления гравитационного поля

$$\alpha_g = 1,3 \cdot 10^{11} \text{ г/см}^2 = 1,3 \cdot 10^{12} \text{ кг/м}^2. \quad 3.20$$

Реализующееся значение α_g , как и α_e , представляет собой физическую константу, от которой зависят количественные построения в теории гравитации реальной электродинамики. Сравнение минимального значения (3.20) с произведением диаметра Солнца на его принятую среднюю плотность массы

$$2 r_s \rho_s = 1,96 \cdot 10^{12} \text{ кг/м}^2$$

показывает, что условие g-массивности Солнца по солнечному диску не выполняется. Даже по диаметру отношение параметров равно только

$$2 r_s \rho_s / \alpha_g = 1,5.$$

Для выполнения условия g-массивности по всему диску Солнце должно иметь среднюю плотность массы в несколько раз большую, чем принимаемая в настоящее время, и

независимость гравитационной массы g-массивного тела от плотности массы вещества (3.10) позволяет считать плотность массы Солнца произвольно более высокой. Это не изменяет силу солнечной гравитации.

Рассмотрение Солнца g-массивным позволяет изменить представление о его структуре и функционировании по многим главным параметрам. В частности, оказывается возможным пересмотреть представление о фазе, в которой находится внутрисолнечное вещество, о радиальном распределении плотности массы, о составе вещества, о температуре и давлении в недрах, о роли электрических процессов при формировании температуры недр. В новых представлениях меняются следствия для окружающего пространства. G-массивность Солнца предполагает несовпадение центра его гравитации с центром солнечного шара. Это влияет на расчёты взаимодействия Солнца с планетами, кометами и искусственными космическими зондами. Возникает основание считать, что

Солнце – жидкое тело, состоящее из расплава элементов периодической системы, что оно имеет газовую атмосферу, в которой равиваются электро- и термодинамические процессы типа атмосферных на земле.

С учётом факта наблюдения в спектре Солнца линий излучения, относящихся к различным элементам периодической системы вплоть до железа, представление о Солнце как о жидком, а не газовом шаре, выглядит более естественным. Количественная модель Солнца реальной электродинамики из-

ложена в Гл.10.

§ 3.3. Ослабление гравитационного поля планетами.

Не очень большое отличие расчётных величин отношения гравитационных масс Солнца и Юпитера (3.18)(3.19) от отношения гравитационных масс двух g-массивных тел свидетельствуют о том, что Юпитер близок к состоянию g-массивности. Эта планета могла бы быть гравитационно массивной в случае на порядок большей плотности массы. (Вопрос о степени g-массивности Юпитера и о плотности его массы остается открытым. Ответ на него сможет дать точное определение параметров движения его ближних спутников).

Выведем зависимость отношения инертной и гравитационной масс для случая слабой g-массивности сферического тела. Для определения в слабо g-массивном шаре эффективной гравитирующей массы, которая является объектом воздействия внешнего однородного гравитационного поля, необходимо проинтегрировать массу вещества шара с некоторого направления с учётом ослабления поля материей. Интегрирование удобно производить в цилиндрических координатах. Интегрирование масс плотностью ρ цилиндрических слоёв, концентрических относительно оси внешнего избранного направления, описывается выражением

$$M_g = 2\pi R^2 \rho \int_0^{2R \cos \varphi} \int_{\beta}^{\pi/2} \exp(-\rho x / \alpha_g) \sin \beta \cos \beta \, dx \, d\beta, \quad 3.21$$

где β – угол между осью, проходящей через центр шара, и радиусом интегрируемого слоя, меняющимся от нуля до радиуса шара R , x – глубина погружения в тело от поверхности в избранном направлении.

Интегрирование (3.21) приводит к зависимости

$$M_g = \pi R^2 \alpha_g [\alpha_g R^{-1} \rho^{-1} \exp(-2R\rho / \alpha_g) + \frac{1}{2} \alpha_g^2 R^{-2} \rho^{-2} \exp(-2R\rho / \alpha_g) - \frac{1}{2} \alpha_g^2 R^{-2} \rho^{-2} + 1], \quad 3.22$$

которая при $2\rho R / \alpha_g \gg 1$ переходит в выражение (3.10), а при $2\rho R / \alpha_g \ll 1$ – в классическое выражение для массы шара. При слабой g-массивности тела, т.е. при $2\rho R / \alpha_g < 1$, зависимость (3.22) упрощается разложением экспонент в ряд. Учёт первых трех членов приводит к приближённому выражению

$$M_g = \frac{4}{3} \pi \rho R^3 \left(1 - \frac{3}{4} R \rho \alpha_g^{-1} + \frac{2}{5} R^2 \rho^2 \alpha_g^{-2} \dots \right). \quad 3.23$$

В приближении (3.23) отношение инертной и гравитационной масс шара в варианте 1 (3.12)

$$M_i / M_g = 1 / (1 - \frac{3}{4} R \rho \alpha_g^{-1} + \frac{2}{5} R^2 \rho^2 \alpha_g^{-2}) \cong 1 + K_g, \quad 3.24$$

где

$$K_g = \frac{3}{4} R \rho \alpha_g^{-1} - \frac{2}{5} R^2 \rho^2 \alpha_g^{-2}.$$

Безразмерный коэффициент K_g удобно использовать для оценки α_g . Значения коэффициента представлены в Табл. 3.1.

Таблица 3.1.

	Меркурий	Венера	Земля	Марс	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун	Плутон
$R, 10^6 \text{ м}$	2,42	6,2	6,37	3,4	71	60	24	22	3
$\rho_g, 10^3, \text{ кг/м}^3$	5,3	4,9	5,5	4	1,3	0,7	1,6	2	4
$K_g, 10^{-3}$	7,4	17	20	7,8	53	24	22	25	6,9

§ 3.4. Смещение центра гравитации Солнца.

G-массивное Солнце воздействует на другие тела поверхностным слоем толщиной α_g , обращённым к телу. (Рис. 3.1)

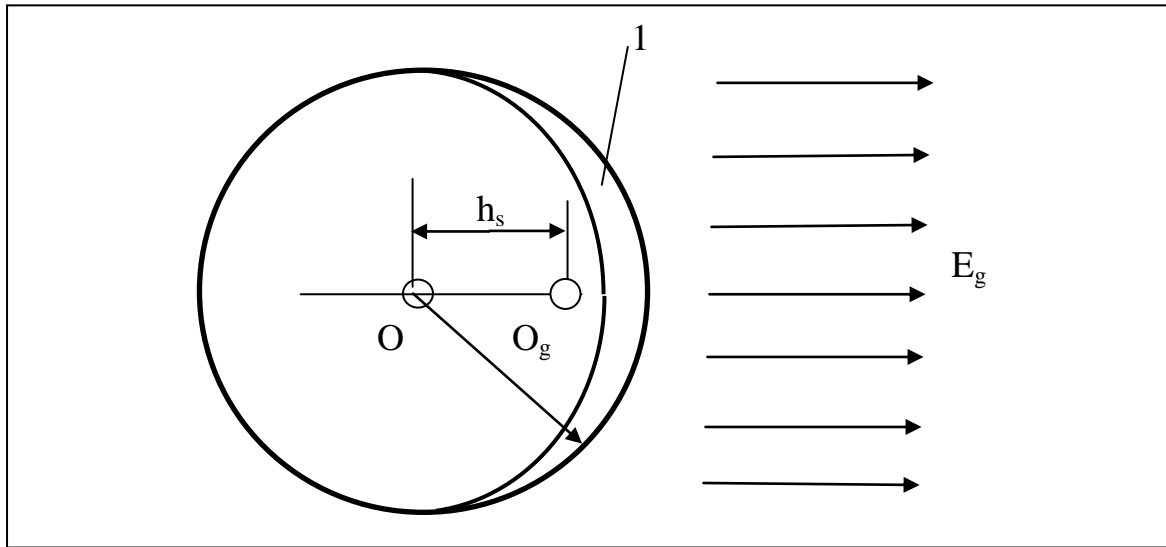


Рис 3.1 Гравитация поверхностным слоем (1) переводит центр гравитации Солнца в точку O_g , отстоящую от центра шара O на h_s по прямой, соединяющей Солнце с взаимодействующим телом.

Центр гравитационной массы Солнца O_g не совпадает с центром шара O и сдвинут к взаимодействующему телу на некоторую долю радиуса Солнца. При смещённости центра гравитации от центра на расстояние h_s центростремительное гравитационное ускорение взаимодействующего тела, находящегося на удалении r от центра солнечного шара, равно

$$g_s = G M_s \frac{1}{(r-h_s)^2}.$$

3.25

Это выражение может быть разложено в ряд по малому параметру h_s/r

$$g_s = G M_s \frac{1}{r^2} \left(1 + 2 \frac{h_s}{r} - \dots \right). \quad 3.26$$

Значение h_s определяется интегрированием ускорений от гравитирующих масс приповерхностного слоя солнечной полусферы массовой толщиной α_g , обращённой к телу

$$g_s = 2 G \pi R_s^2 \alpha_g \frac{1}{r^2} \int_0^{\pi/2} \frac{\sin \varphi \cos \varphi}{1 - \frac{r_s}{r} \cos \varphi} d\varphi = G \pi r_s^2 \alpha_g \frac{1}{r^2} \left(1 + \frac{4}{3} \frac{r_s}{r} - \dots \right).$$

где r - удаление точки измерения от центра Солнца, r_s – радиус Солнца, φ - угол между направлением на тело и интегрируемой массой.

Из сравнения этого выражения с (3.26) следует

$$h_s \simeq \frac{2}{3} r_s. \quad 3.27$$

В итоге дополнительное гравитационное ускорение к Солнцу выражается зависимостью

$$\Delta g_s \simeq \frac{4}{3} G M_s \frac{r_s}{r^3}, \quad 3.28$$

Радиальная зависимость (3.28) должна приводить к отклонению эллиптической траектории движения планеты от кеплеровской, в частности, к прецессии большой оси эллипса и смещению перигелия. Смещение перигелия должно быть также пропорциональным эксцентриситету орбиты. Максимальное отклонение движения от кеплеровского можно наблюдать у комет. Добавочное ускорение к Солнцу наблюдается при движении искусственных космических тел далеко от Солнца. Впервые оно было отмечено в 1998 г. при анализе траекторий космических зондов Пионер-10, Пионер-11 и получило название “аномалии Пионеров”. В таблице 3.2 обозначены дополнительные центростремительные ускорения для планет солнечной системы, рассчитанные с помощью (3.28)

Таблица 3.2.

	Меркурий	Венера	Земля	Марс	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун	Плутон
r_{sp} 10^{11} м	0,579	1.08	1,50	2,28	7,78	14,3	28,7	45,0	59,1
Δg_s м/с^2	6,4. 10^{-4}	9,9 10^{-5}	3,7 10^{-5}	1,0 10^{-5}	2,6 10^{-7}	4,2 10^{-8}	5,3 10^{-9}	1,3 10^{-9}	6,0 10^{-10}

В таблице 3.3 приведены солнцестремительные аномальные ускорения Δg_s , измеренные на космических зондах Пионер-10, Пионер -11, Кассини, а также рассчитанные с помощью (3.28) .

Таблица 3.3.

		Пионеры 10 и 11	Кассини
Удаление от Солнца	10^{11} м	30 – 100	14,3
Δg_s измеренное	м/с ²	$8,74 \cdot 10^{-10}$	$26,7 \cdot 10^{-10}$
Δg_s расчётное	м/с ²	$(1,2 - 46) \cdot 10^{-10}$	$425 \cdot 10^{-10}$

Близость расчётных значений ускорений к фактическим позволяет предположить, что

наблюдающиеся смещения перигелиев планет и аномальные солнцестремительные ускорения космических зондов являются следствиями g-массивности Солнца.

Покажем, что g-массивность космического тела не влияет на период обращения вокруг него g-немассивного спутника. Рассмотрим простейший случай круговой орбиты. В любом случае центростремительное ускорение спутника с инертной массой m пропорционально действующей на него гравитационной силе F_g

$$F_g = m \frac{dv}{dt}, \quad 3.29$$

где m – инертная масса спутника, v – орбитальная скорость.

С учётом сдвига центра гравитации к поверхности центрального тела на расстояние h и независимости гравитационной массы центрального тела от всей массы вещества левая часть зависимости (3.29) должна быть записана в виде

$$F_g = G \frac{M_g m}{(r-h)^2} = G \alpha_g \pi r_c^2 m \frac{1}{(r-h)^2}, \quad 3.30$$

где гравитационная масса центрального тела

$$M_g = \alpha_g \pi r_c^2. \quad 3.31$$

После умножения и деления (3.30) на r^2 и обозначения

$$\frac{r}{(r-h)} = K(r) \quad 3.32$$

левая часть (3.29) может быть представлена в виде

$$F_g = G \alpha \pi r_c^2 m \left(\frac{r_c}{r}\right)^2 K^2. \quad 3.33$$

В правой части (3.29) необходимо учесть, что не смотря на смещение центра гравитации центрального тела к спутнику центр круговой орбиты спутника должен совпадать с центром шара центрального тела. Это требование записывается в виде

$$\frac{dv}{dt} = \frac{v^2}{r}, \quad 3.34$$

где r – радиус орбиты спутника.

Для выполнения этого требования спутник должен двигаться по орбите с большей скоростью v , чем скорость v_0 , следующая из классического выражения, в пропорции

$$\frac{v}{v_0} = \left(\frac{r}{r-h} \right). \quad 3.35$$

С учётом этого правая часть (3.29) должна быть записана в виде

$$m \frac{dv}{dt} = m \left(\frac{r}{r-h} \right)^2 \frac{v_0^2}{r} = m K^2 \frac{v_0^2}{r} = m K^2 \omega_0^2 r = 4 \pi^2 m r K^2 \frac{1}{T^2}, \quad 3.36$$

где ω – угловая частота, T – период обращения спутника.

После подстановки (3.33) и (3.36) в (3.29) и сокращения K , m зависимость периода обращения спутника от радиуса орбиты приобретает вид

$$T = 2\pi^{1/2} \frac{1}{r_c} (G \alpha_g)^{-1/2} r^{3/2}. \quad 3.37$$

Выражение (3.37) отличается от классического выражения для кругового движения спутника вокруг гравитирующей точечной массы, однако период обращения сохраняется. Отличие от классического случая заключается в независимости периода обращения от суммарной массы и плотности вещества центрального g -массивного тела.

При некруговой орбите спутника необходимо учитывать, что сила гравитации g -массивного тела зависит от радиуса, проведённого из центра массы вещества, по закону несколько отличающемуся от r^{-2} . Ввиду этого эллипс орбиты не замыкается и возникает вращение её большой оси.

§ 3.5. Невозможность гравитационного коллапса.

Условие на максимальное давление (3.9), которое может создавать гравитационное поле, позволяет записать условие гравитационного коллапса космического тела. Под этим эффектом подразумевается переход электронов атомных оболочек на более близкие орбиты, сравнимые с радиусом ядра под действием гравитационного давления. Проблема коллапса, как видно, представляет собой одновременно проблему атомной физики. При оценке возможности сближения электрона оболочки с ядром до ядерных расстояний под действием внешнего давления необходимо учесть, что в связи с выражаемостью постоянной Планка через константы электродинамики квантовомеханическая модель атома не может быть использована для количественных оценок. В Гл.16 изложена электродинамическая модель формирования равновесия электрона в атоме, построенная на представлении о суще-

ствовании радиальной силы отталкивания между протоном и электроном на расстояниях, меньших, чем радиус равновесия электрона. Из значения энергии электрона при распаде нейтрона следует, что сила отталкивания между электроном и протоном на близких дистанциях растёт обратно пропорционально квадрату расстояния между частицами. Из этих данных следует, что работа, необходимая для сближения электрона с протоном на расстояние, при котором возможно образование нейтрона, равна максимальной энергии электрона, которую он приобретает при распаде этой частицы

$$W_{n \max} = 782 \text{ кэВ.}$$

С учётом максимально возможного гравитационного давления (3.9) условие коллапса атома водорода может быть выражено через равенство электростатического отталкивания электрона F_n в момент начала распада нейтрона

$$F_g = - F_n . \quad 3.38$$

В первом приближении можно считать, что для перехода атома водорода в состояние нейтрона электрон должен сблизиться с протоном на удвоенный радиуса протона

$$2 r_p = 1,68 \cdot 10^{-15} \text{ м.}$$

Сила, действующая на электрон после сближения, будет

$$F_n \approx \frac{1}{2r_p} W_{n \max} = 74 \text{ Н.} \quad 3.39$$

На расстоянии $2r_p$ давление на электрон должно быть не меньше

$$p_n = \frac{F}{4\pi r_p^2} = \frac{W_n}{8\pi r_p^3} \approx 10^{31} \text{ Н/м}^2. \quad 3.40$$

Однако, согласно (3.9), при значении константы ослабления гравитационного поля (3.20) давление в космическом теле не может быть больше, чем

$$p_{g \max} = \pi G \alpha_g^2 = 3,5 \cdot 10^{14} \text{ Н/м}^2 . \quad 3.41$$

Отношение фактического максимального давления в недрах звезды к давлению, требуемому для её коллапса и перехода в нейтронное состояние, равно

$$p_{g \max} / p_n = 3,5 \cdot 10^{-17}. \quad 3.42$$

то есть гравитационный коллапс звёзд невозможен. Он мог бы происходить только при одновременном выполнении двух условий:

- радиус звезды на пять порядков больше солнечного,
- значение константы ослабления гравитационного поля на столько же порядков больше, чем (3.20).

Звёзды требуемого радиуса не наблюдаются. В Главе 22 будет показано, что для обоснования существования космических макрообъектов с ядерной плотностью массы в коллапсе звёзд нет необходимости.

Глава 4.

Электрическое взаимодействие Земли с космосом.

Строится теория электрического взаимодействия Земли с космической средой с учётом ослабления электростатического поля материей. Показывается, что атмосферное электричество является частью электрической цепи земные недра - космос, что земной шар содержит отрицательный объёмный заряд и геомагнитный диполь является следствием его вращения. Выводятся аналитические выражения связи параметров земного электричества и геомагнетизма. Рассчитывается характерное время электрической разрядки Земли и ток через атмосферу. [47][52][128].

Причины современного потепления климата на Земле остаются предметом дискуссий, что отражает недостаточное понимание причинно-следственных связей при формировании теплового баланса атмосферы. Не вызывает сомнений, что по своему нахождению источники воздействия на атмосферу могут быть разделены на две компоненты, одна из которых находится за пределами Земли и, безусловно, является естественной, а другая – приземная, сложенная из естественной и искусственной. Существование первой компоненты подтверждается наблюдениями корреляции колебаний климата на Земле с 22-летним периодом [39], а также отсутствием пятен на Солнце в период Маундера с 1645 по 1715 гг. во время глобального похолодания.

Доказать существование приземной компоненты оказывается сложнее. Потепление атмосферы в последние десятилетия XX века происходило в период динамичного промышленного развития в мире и одновременно относительно высокой пятнообразовательной активности Солнца. Оценить относительный вклад внеземных и приземных источников тепла в потепление атмосферы без понимания механизмов нагрева атмосферы вряд ли возможно. Колебания средней температуры атмосферы происходили и в прошлом Земли в историческом и геологическом масштабах времени. Похолодания сопровождались малыми и большими оледенениями планеты. Из этих фактов следует, что

существует естественный механизм нагрева атмосферы, по мощности превосходящий возможное антропогенное тепловое воздействие.

В последние десятилетия для объяснения повышения средней температуры атмосферы используется понятие парникового эффекта, качественно построенного на различии поглощательной способности газов в разных частях частотного диапазона электромагнитных волн. Однако до настоящего времени не предложено убедительного количественного механизма зависимости температуры атмосферы от сорта и концентрации составляющих её газов. Изменять поглощательную способность атмосферы могли бы продукты естественных и искусственных источников горения - “сухой” аэрозоль

(или задымление), однако на количественном уровне механизм формирования парникового эффекта остается гипотетическим.

Реальная электродинамика предлагает своё видение причин и механизмов нагрева земной атмосферы. С её точки зрения, компонента нагрева искусственного происхождения существует и её мощность достаточна для заметных климатических изменений. Для понимания механизма искусственного воздействия обратимся к классической гипотезе атмосферного электричества.

§ 4.1. Грозовая гипотеза атмосферного электричества и её дефектность.

Главными феноменами земной атмосферы, которые привели к принятой гипотезе атмосферного электричества, были грозы и факт электрической заряженности атмосферы в областях хорошей погоды. Из опытов по наблюдению скорости диссипации заряда с изолированного тела, оставленного на открытом воздухе, было известно, что характерное время нейтрализации заряда составляет минуты. Из этого следовало, что без непрерывной подзарядки атмосфера должна была бы быть нейтральной.

В 20-ые годы XX-го столетия стало известно, что под грозовыми облаками градиенты электрического потенциала по знаку противоположны градиентам областей хорошей погоды. На основе этого в 1922 г. К. Вильсоном [141] была предложена гипотеза атмосферной электрической цепи, в которой все грозы на земле рассматривались как источники постоянного тока, включённые параллельно отрицательными полюсами к земной поверхности, а положительными - к верхней атмосфере. (Рис.4.1) Гипотеза известна как *грозовая*. В грозовой гипотезе вертикальные части атмосферной электрической цепи идут от грозовых облаков к земной поверхности и к верхней атмосфере, а горизонтальные - по земной поверхности и по электрически проводящим слоям верхней атмосферы. Нагрузкой цепи считается слой тропосферы между проводящими слоями верхней атмосферы и земной поверхностью в областях хорошей погоды. Направление вертикального градиента потенциала в областях отсутствия источников электричества соответствует отрицательной заряженности земной поверхности. В соответствии с положением классической электростатики считается, что отрицательный заряд Земли расположен на её поверхности. Для расчёта поверхностной плотности заряда σ_e и его суммарной величины Q_e используется уравнение Пуассона, которое записывается в одномерном приближении для приземного градиента потенциала $d\varphi/dh$

$$\frac{d\varphi}{dh} \Big|_{h=0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} 4\pi\sigma_e ,$$

где h – высота над земной поверхностью.

Из этой записи следует, что заряд, расположенный на земной поверхности

площадью $4S_e$, равен

$$Q_e = 4 S_e \sigma_e = 4 S_e \varepsilon_0 \left. \frac{d\varphi}{dh} \right|_{h=0},$$

где S_e - сечение большого круга Земли.

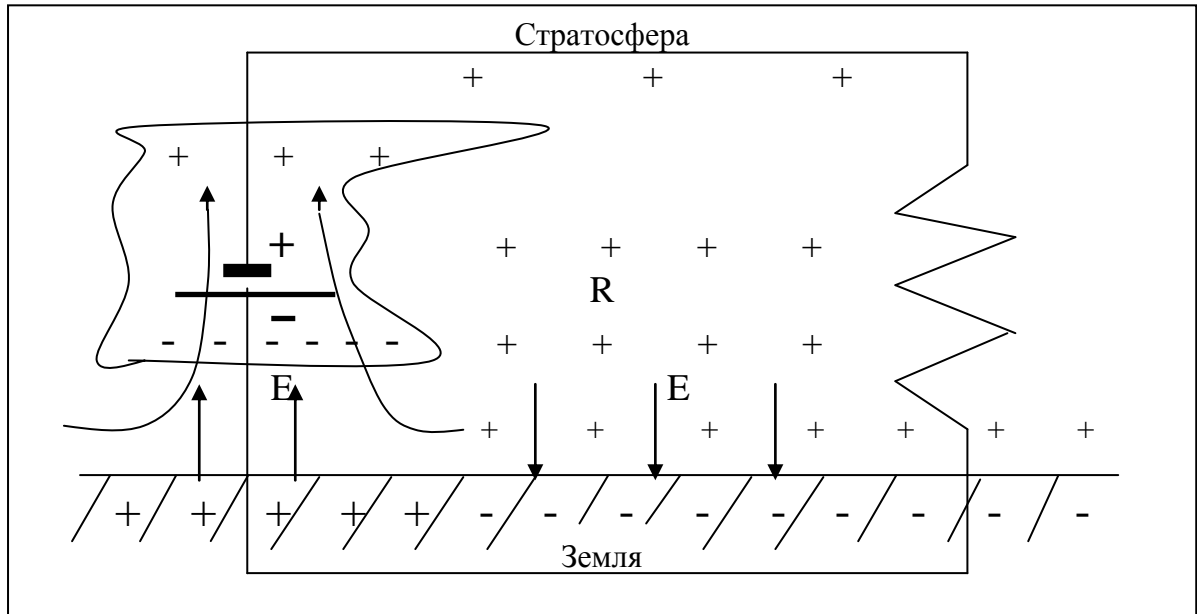


Рис.4.1. Электрическая цепь в грозовой модели атмосферного электричества.

Среднее значение фактического градиента приземного потенциала атмосферы 130 В/м соответствует величине заряда на земной поверхности

$$Q_e = - 5,9 \cdot 10^5 \text{ Кл.}$$

Из аксиомы об электрической нейтральности космической среды и ненулевой скорости диссипации зарядов космических тел следует, что суммарный заряд Земли с атмосферой должен быть равным нулю. Это возможно только при условии, что заряд атмосферы Q_a равен по величине и противоположен по знаку поверхностному заряду земли Q_e , так что

$$Q_a + Q_e = 0$$

или что среднее абсолютное значение заряда столба атмосферы хорошей погоды единичного сечения равно плотности поверхностного заряда земной поверхности σ_e

$$\int_0^{\infty} q(h) dh = - \sigma_e.$$

Из этого следует, что атмосфера Земли в целом заряжена положительно. По прямым измерениям плотности вертикального тока в различных точках Земли рассчитывается средняя плотность тока в областях хорошей погоды.

[88] Она оказывается равной

$$j = 3 \cdot 10^{-12} \text{ A/m}^2.$$

Этой плотности тока соответствует ток через всю атмосферу

$$I_a = 1,5 \cdot 10^3 \text{ A}.$$

При принятых величинах поверхностного заряда земного шара и тока через атмосферу характерное время нейтрализации заряда Земли и атмосферы

$$\tau = Q_e / I_a = 4 \cdot 10^2 \text{ с}.$$

Главная нерешённая проблема грозовой гипотезы состоит в том, что в грозовом облаке, как во всяком другом источнике электричества, должен идти процесс разделения зарядов неэлектрического происхождения, однако за время существования гипотезы (90 лет) такой процесс так и не был обнаружен. Более того, оказалось, что в атмосфере над грозовыми облаками в сотнях метров выше границы напряжённость поля атмосферы восстанавливает направленность области хорошей погоды при отсутствии достаточно больших горизонтальных компонент. Суммарный ток через грозовые облака оказался меньше расчётного в областях хорошей погоды. Не было обнаружено и главного микромеханизма, способного объяснить макроразделение зарядов в грозовых облаках. Без генератора электричества грозовая модель атмосферного электричества остаётся вынужденной гипотезой. Постулируемая замкнутость атмосферной электрической цепи вынудила исследователей выработать для каждой из пограничных с атмосферой областей – земных недр, ионосферы и магнитосферы – локальные теории электрических и тепловых процессов. В частности, причина нагрева земных недр видится в ядерных реакциях, а для объяснения существования геомагнитного диполя и электромагнитных процессов в ионосфере и магнитосфере применяется запутанная гипотеза так называемого гидромагнитного динамо. [123]

§ 4.2. Электрическое состояние Земли в реальной электродинамике.

При оценке грозовой модели атмосферного электричества обращает на себя внимание необходимость экстраполяции законов электростатики, выведенных в лабораторных условиях, на масштабы планеты и космической среды. Операция экстраполяции выполняется исследователями автоматически как безусловно допустимая. Масштаб экстраполяции превышает 10^6 . В 1965 г. Дж. Чалмерс, по-видимому, первый отметил некорректность использования законов электростатики в проблемах атмосферного электричества. Он предупреждал [88]: “Применение законов электричества, а особенно законов электростатики, к явлениям атмосферного электричества нужда-

ется в очень далекой экстраполяции явлений малого масштаба, для которых эти законы были экспериментально установлены. Однако такая экстраполяция для атмосферы и всей земли может оказаться неоправданной.”

Распространение закона, выведенного в одном масштабе, на больший всегда таит в себе опасность возникновения расхождения с реальностью, причём с ростом экстраполяции расхождение может только увеличиваться.

Уже в начале XX века могло быть замечено, что использование записи Кулона в масштабах атмосферы и космоса означает неявное постулирование абсолютной прозрачности материи для электростатического поля, что несовместимо с фактом силового электростатического взаимодействия объектов. Это осталось незамеченным, поэтому в лабораторных масштабах эффект ослабления поля материей специально не исследовался, а в экспериментах по проверке радиальной зависимости напряжённости поля не проявлялся, т.к. толстые экраны не использовались. Из предыдущего видно, что введение в запись Кулона экспоненты с любым конечным значением коэффициента ослабления центрального поля меняет условие электродинамического равновесия тел на (2.12), и в случае даже незначительного отличия от нуля плотности заряда космической среды все космические тела, в том числе и земной шар, должны содержать объёмные заряды с плотностью, пропорциональной плотности массы. При изменении плотности заряда в космической среде объёмный заряд Земли должен меняться сильнее в отношении плотностей масс планеты и космоса. При суточном вращении земного шара заряд должен создавать кольцевой ток и, следовательно, планета должна обладать дипольным магнитным моментом.

Для количественной проверки связи фактического геомагнитного диполя с объёмной заряженностью Земли выведем выражение для магнитного момента вращающегося объёмно заряженного шара. Для этого рассмотрим шар радиусом r_b с плотностями заряда q_b и массы ρ_b , вращающийся с периодом T_b . Магнитный момент шара μ_b должен складываться из элементарных магнитных моментов μ_j кольцевых токов плотностью j , образованных зарядами, вращающимися вместе с телом

$$\mu_j = j S,$$

где S – площадь, описываемая движущимся зарядом.

Магнитный момент шара μ_b определяется интегрированием магнитных моментов всех элементарных круговых токов по объёму V_b шара:

$$\mu_b = \int_V \mu_j dV_b.$$

В сферических координатах момент равен

$$\mu_b = \int_V d\mu = \int_V s dj = q \frac{1}{T} \int_0^{r_b} \int_0^\pi \int_0^{2\pi} \pi r^2 \sin^2 \beta r^2 \sin \beta dr d\beta dy,$$

где β – угол из центра шара между осью вращения и направлением на заряд, γ – угол расположения элемента заряда в круговом токе относительно некоторого нулевого направления, r_b – радиус шара. В случае абсолютной прозрачности материи для магнитостатического поля интегрирование приводит к выражению магнитного момента однородно объёмно заряженного шара

$$\mu_b = \frac{8}{15} \pi^2 r_b^5 \frac{1}{T_b} q_b \quad 4.1$$

при сохранении традиционной связи момента с напряжённостью магнитного поля за его пределами

$$H = \frac{1}{2\pi} \mu_b \frac{1}{r^3} \quad 4.2$$

где r – радиус удаления от центра шара при $r \geq r_b$.

Выражение (4.1) может быть представлено в вариантах

$$\begin{aligned} \mu_b &= \frac{2}{5} Q_b S_b \frac{1}{T_b}, \\ \mu_b &= \frac{2}{5} M_b S_b \frac{1}{T_b} \frac{q_b}{\rho_b}, \\ \mu_b &= \frac{2}{5} S_b I_b, \end{aligned} \quad 4.3$$

где Q_b – объёмный заряд шара по параметру f ; S_b – площадь большого круга шара; M_b – масса шара как количество вещества; T_b – период суточного вращения; I_{bf} – суммарный круговой ток при вращении заряженного шара по параметру f

$$I_{bf} = \frac{Q_b}{T_b}. \quad 4.4$$

В предположении применимости выражений (4.3) к земному шару из первого выражения заряд Земли

$$Q_e = \frac{5}{2} \mu_e T_e \frac{1}{S_e}. \quad 4.5$$

После подстановки фактической величины геомагнитного момента [79]

$$\mu_{eo} = 8,3 \cdot 10^{25} \text{ ед.СГСМ} = 8,3 \cdot 10^{22} \text{ А м}^2 \quad 4.6$$

и других параметров земного шара становится известной современная величина объёмного заряда Земли

$$Q_e = -1,4 \cdot 10^{14} \text{ Кл.}$$

4.7

Этот заряд в $2,4 \cdot 10^8$ раз больше поверхностного, рассчитываемого на основе уравнения Пуассона. При заряде (4.7) отношение плотностей заряда и массы в земном шаре равно

$$\frac{q_e}{\rho_e} = \frac{Q_e}{M_e} = -2,34 \cdot 10^{-11} \text{ Кл/кг},$$

4.8

где M_e - масса Земли.

Из существования радиального электрического поля между земной поверхностью и космической средой следует условие на современные величины амплитуд параметра q/ρ в космосе

$$\frac{q_c}{\rho_c} < |2,34 \cdot 10^{-11}| \text{ Кл/кг}.$$

4.9

Согласно (4.3) и (2.10), связь между напряжённостью электрического поля у земной поверхности и магнитным моментом Земли определяется выражением

$$E_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{5}{2} \pi \frac{\alpha_e T_e}{S_e M_e} \mu_e,$$

4.10

а между приземной напряжённостью поля и объёмным зарядом земного шара Q_e

$$E_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \pi \alpha_e \frac{Q_e}{M_e}.$$

4.11

Магнитному моменту Земли (4.6) и заряду (4.7) соответствует приземная напряжённость электрического поля атмосферы, создаваемая зарядами только земного шара без учёта полей атмосферных зарядов

$$E_e = 5,0 \cdot 10^2 \text{ В/м.}$$

4.12

Значение (4.12) по порядку величины удовлетворяет статистике амплитудных значений приземных градиентов потенциалов над континентами в областях хорошей погоды. [14][134] Если бы материя была прозрачна для электростатического поля, напряжённость поля атмосферы у земной поверхности при заряде Земли (4.7) была бы $3 \cdot 10^{10}$ В/м. Действующее среднее значение напряжённости поля атмосферы в областях хорошей погоды над континентами

$$E_{ao} = (1 - 1,3) \cdot 10^2 \text{ В/м}$$

не совпадает с напряжённостью поля, создаваемой зарядами земной массы, т.к. в тропосфере всегда присутствуют заряды того же знака, и их распреде-

ление подчиняется условию непрерывности электрического тока между земной поверхностью и космической средой. В реальной электродинамике напряжённость вертикального поля атмосферы связана с градиентом плотности зарядов в воздухе зависимостью (2.23). Из неё следует, что

в областях хорошей погоды отношение плотностей заряда и массы в атмосфере плавно изменяется от внутриземного значения до космического, и нижняя атмосфера заряжена отрицательно.

Отрицательные заряды атмосферы должны создавать у земной поверхности напряжённость \mathbf{E}_a , вектор которой направлен противоположно вектору напряжённости от земных зарядов. Действующая напряжённость у земной поверхности \mathbf{E}_o равна разности двух векторов и, следовательно, всегда меньше напряжённости поля \mathbf{E}_e , создаваемой зарядами земной массы

$$\mathbf{E}_o = \mathbf{E}_e - \mathbf{E}_a . \quad 4.13$$

Проследим, как в реальной электродинамике напряжённость поля у земли связывается с потенциалом на большой высоте атмосферы. Потенциал атмосферы на высоте h относительно земной поверхности определяется зависимостью (2.20)

$$\varphi(h) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \pi \alpha_e^2 \left(\frac{1}{\rho(h)} + \frac{1}{\rho(o)} \right) \left(\frac{q(o)}{\rho(o)} - \frac{q(h)}{\rho(h)} \right), \quad 4.14$$

где $q(o), \rho(o)$ относятся к точке у земной поверхности, а $q(h), \rho(h)$ - к точке в атмосфере на высоте h . Если высота в атмосфере выбрана такой, что выполняются неравенства

$$\rho(h) \ll \rho(o) ; \quad \left| \frac{q(h)}{\rho(h)} \right| \ll \left| \frac{q(o)}{\rho(o)} \right| ; \quad h \rho \gg \alpha_e, \quad 4.15$$

то с учётом близости значений отношений плотностей заряда и массы в приземном воздухе $q(o)/\rho(o)$ и в земле q_e/ρ_e равенство может быть упрощено к виду

$$\varphi(h) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \pi \alpha_e^2 \frac{1}{\rho(h)} \frac{q_e}{\rho_e} = \alpha_e \frac{1}{\rho(h)} \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \pi \alpha_e \frac{q_e}{\rho_e} \right) = \alpha_e \frac{1}{\rho(h)} E_o , \quad 4.16$$

откуда значение действующей напряжённости поля у земли \mathbf{E}_{ao}

$$E_o = - \frac{d\varphi}{dh} = \frac{1}{\alpha_e} \rho(h) \varphi(h) . \quad 4.17$$

Согласно измерениям [117], значение потенциала относительно земли на высоте $h = 6$ км достигает

$$\varphi(6\text{км}) = + 2,3 \cdot 10^5 \text{ В.} \quad 4.18$$

На этой высоте плотность массы стандартной атмосферы

$$\rho(6\text{км}) = 6,76 \cdot 10^{-4} \text{ г/см}^3$$

и хорошо выполняются неравенства (4.15). Подстановка в (4.17) всех величин приводит к действующей напряжённости поля у земной поверхности

$$E_{a0} = 2,1 \cdot 10^2 \text{ В/м},$$

близкой к измеряемым значениям.

§ 4.3. Суточные вариации напряжённости поля атмосферы.

То, что напряжённость поля в атмосфере в областях невозмущённой погоды отлична от нуля, означает, что значение параметра q/ρ в земных недрах отличается от значения этого параметра в космической среде, что между земной поверхностью и космической средой существует разность потенциалов, определяемая соотношением (2.22). Из этого следует фундаментальный вывод, что

в нашу эпоху Земля с атмосферой находится в неравновесном электродинамическом состоянии относительно космоса.

Это означает, что современный заряд Земля приобрела в прошлом при другом значении отношения заряда к массе в космосе. Из этого следует второй фундаментальный вывод:

отношение плотностей заряда и массы в космосе циклически изменяется.

Токовую непрерывность на всех высотах между земной поверхностью и космосом в периоде порядка суток поддерживают вертикальный градиент потенциала и электрическая проводимость воздуха λ . С учётом (2.23) условие непрерывности тока за большие промежутки времени может быть записано в виде

$$j(h) = \lambda(h) \frac{d\varphi(h)}{dh} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} 2\pi\alpha_e^2 \lambda(h) \frac{1}{\rho(h)} \frac{d}{dh} \frac{q(h)}{\rho(h)} \equiv \text{const.} \quad 4.19$$

Без атмосферы напряжённость поля от земных зарядов зависела бы от высоты h по закону

$$\frac{d\varphi}{dh}(h) = E_e \frac{r_e^2}{(r_e + h)^2}, \quad 4.20$$

то есть до высоты ионосферы была бы практически одинаковой. В реальной атмосфере из-за ослабления электростатического поля воздухом и присутствия в нижних слоях отрицательного объёмного заряда градиент потенциала от земных зарядов уменьшается с высотой примерно по экспоненциальному закону

$$\frac{d\varphi}{dh}(h) = E_e \frac{r_e^2}{(r_e + h)^2} \exp[h \rho(h) / \alpha_e]. \quad 4.21$$

В тропосфере в областях невозмущённой атмосферы реализующийся градиент потенциала описывается выражением

$$\frac{d\varphi}{dh}(h) \simeq - \frac{d\varphi}{dh}(0) \exp(-h / h_0), \quad 4.22$$

где h_0 - высота, на которой градиент потенциала уменьшается в e раз. Фактическая зависимость градиента от высоты соответствует значениям

$$\frac{d\varphi}{dh}(0) \simeq (1-3)10^2 \text{ В/м}; \quad h_0 \simeq 1-3 \text{ км}. \quad 4.23$$

В реальной объёмно заряженной атмосфере градиент потенциала варьируется с высотой более сложно, отражая конвективное перемешивание зарядов. [132] В общем случае распределение объёмных зарядов с высотой изменяется суточно, сезонно и аperiodически в зависимости от метеорологической и космической ситуации.

Высота атмосферы, на которой достигается потенциал космической среды, в значительной степени зависит от электрической проводимости верхней атмосферы, которая сильно изменяется в суточном периоде из-за ионизации воздуха коротковолновым излучением Солнца.

Для объяснения изменения градиента потенциала у земли в периоде суток удобно пользоваться следующей моделью. Земная поверхность и ионосфера представляют собой проводящие концентрические сферы – электроды с почти постоянной разностью потенциалов $\varphi_e - \varphi_c$. Потенциал ионосферы практически не отличается от потенциала ближнего космоса. Всю атмосферу между этими электродами можно представить состоящей из двух сферических концентрических слоёв воздуха с меняющейся электрической проводимостью. Если омическое сопротивление нижнего слоя атмосферы обозначить через R_{a1} , а верхнего - через R_{a2} , то приземный градиент потенциала может быть выражен в зависимости от этих параметров и электрической проводимости приземного воздуха λ_{a0}

$$\frac{d\varphi_{ao}}{dh} = \frac{1}{\lambda_{ao}} \frac{\varphi_{ao} - \varphi_c}{R_{a1} + R_{a2}}. \quad 4.24$$

Выражение (4.24) позволяет качественно объяснить иногда наблюдающуюся суточную вариацию градиента потенциала у земли с двумя пиками, утренним и вечерним (Рис. 4.2).

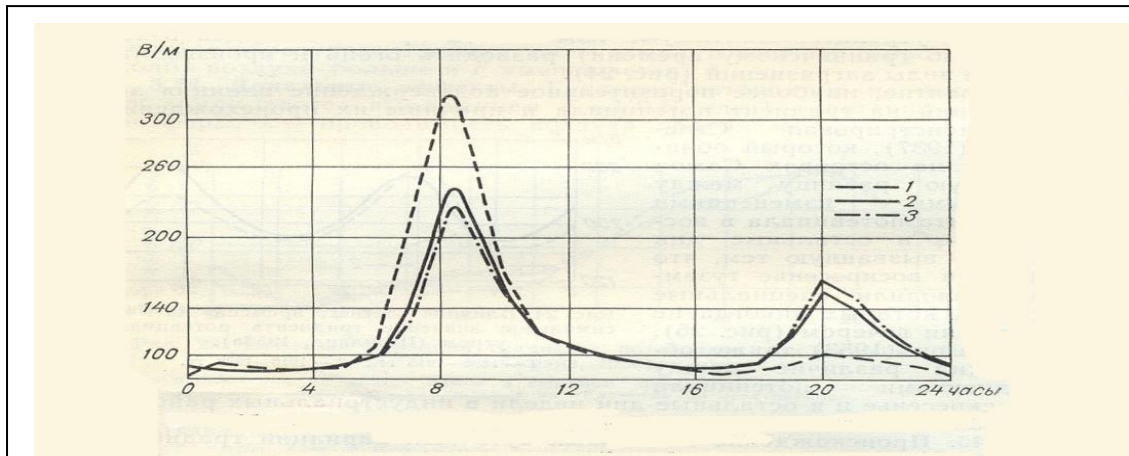


Рис.4.2. Суточный ход приземной напряжённости поля на островах Самоа в 1925 г. [133]

Ночью, когда вся атмосфера не освещена Солнцем и её ионизация минимальна, сопротивления двух слоёв максимальны. В эту часть суток расстояние между проводящими поверхностями земли и космоса максимально, а градиенты потенциалов в атмосфере, плотность вертикального тока и абсолютные значения объёмных зарядов в воздухе минимальны.

Утром, когда верхняя атмосфера начинает освещаться Солнцем, а нижняя еще в тени, сопротивление верхнего слоя падает, а в нижнем остаётся высоким ночным. Общее сопротивление атмосферы резко падает и вертикальный ток проводимости так же резко увеличивается. Градиенты потенциала по высотам перераспределяются. Практически вся разность потенциалов между землёй и космосом прикладывается к нижней атмосфере. Градиент потенциала у земли и в нижней атмосфере аномально увеличивается за счёт снижения в верхней. В соответствии с (4.18) увеличиваются градиенты плотности и абсолютные значения объёмного заряда. Эффект быстрого одновременного возрастания приземного градиента потенциала и вертикального тока с последующим спадом градиента потенциала по утрам известен как *эффект восхода*.

Днем под солнечным излучением ионизация атмосферы увеличивается на всех высотах. Сопротивления слоев нижней и верхней атмосферы минимальны. Вертикальный ток через атмосферу максимален. Потенциал космоса достигается на более низких высотах. Градиенты потенциала выше ночных. Отношение заряда к массе на земной поверхности становится более положительным. Вертикальный профиль градиентов в тропосфере и у земли

в широкой степени определяется электрической проводимостью воздушных слоев и конвективными процессами аккумуляции зарядов, т.е. метеорологическими условиями.

Вечером, когда Солнце вновь освещает только верхнюю атмосферу, электрическая проводимость в верхних слоях остаётся высокой, а в нижних - падает. Разность потенциалов вновь в большей степени прикладывается к нижней атмосфере. Вновь градиенты в нижней атмосфере на короткое время аномально повышаются, в том числе и приземный.

Суточные вариации и абсолютные значения градиента потенциала у земли зависят от широты, т.к. вклад в электрическую проводимость всего столба атмосферы от земной поверхности до космической среды вносит магнитосфера. Вблизи магнитных полюсов и в высоких широтах толщины слоёв атмосферы меньше, следовательно, при заданной разности потенциалов между космической средой и земной поверхностью градиенты потенциалов больше, чем на низких широтах.

§ 4.4. Потенциал и электрическая ёмкость Земли.

Потенциал Земли относительно космической среды определяется равенством. (2.17)

$$\varphi_e = 2 E_{eo} r_e . \quad 4.25$$

где $E_{eo} = \frac{d\varphi}{dh}(0)$

– напряжённость электрического поля атмосферы у земной поверхности.

Расчётная приземная напряжённость поля от земных зарядов (4.11) соответствует значению потенциала Земли относительно космической среды без ослабления поля атмосферой

$$\varphi_e = 6,38 \cdot 10^9 \text{ В}. \quad 4.26$$

Реальный потенциал на высоте **h** относительно земной поверхности с учётом ослабления поля земных зарядов атмосферой определяется интегрированием напряжённостей (4.25) по высоте

$$\varphi_{ae} = \int_0^{\infty} \frac{\varphi_a}{dh} dh = \int_0^{\infty} E_o \exp(-h/h_o) dh = E_o h_o (1 - \exp(-h/h_o)). \quad 4.27$$

При **h**₀ = 3 км и **E**_{ao} = 130 В/м значение потенциала на высотах больше **h**₀

$$\varphi_{ae} = E_o h_o = 4 \cdot 10^5 \text{ В}. \quad 4.28$$

Это значение близко к измеренному на высоте 6 км. Согласно выражению

(2.39) электрическая ёмкость Земли равна

$$C_e = 4\pi\epsilon_0 \frac{1}{2\pi\alpha_e r_e} M_e = 2,2 \cdot 10^4 \text{ Ф} . \quad 4.29$$

С учётом потенциала (4.26) заряд Земли (4.7) по параметру f может вычисляться из равенства

$$Q_e = C_e \varphi_e \quad 4.30$$

§ 4.5. Вариации заряда Земли и тока атмосферы.

Геомагнитный диполь испытывает вековые изменения. В геологическом прошлом Земли наблюдались его неоднократные переполюсовки [118]. Одна из оценок смен полярности приведена на Рис.4.3.

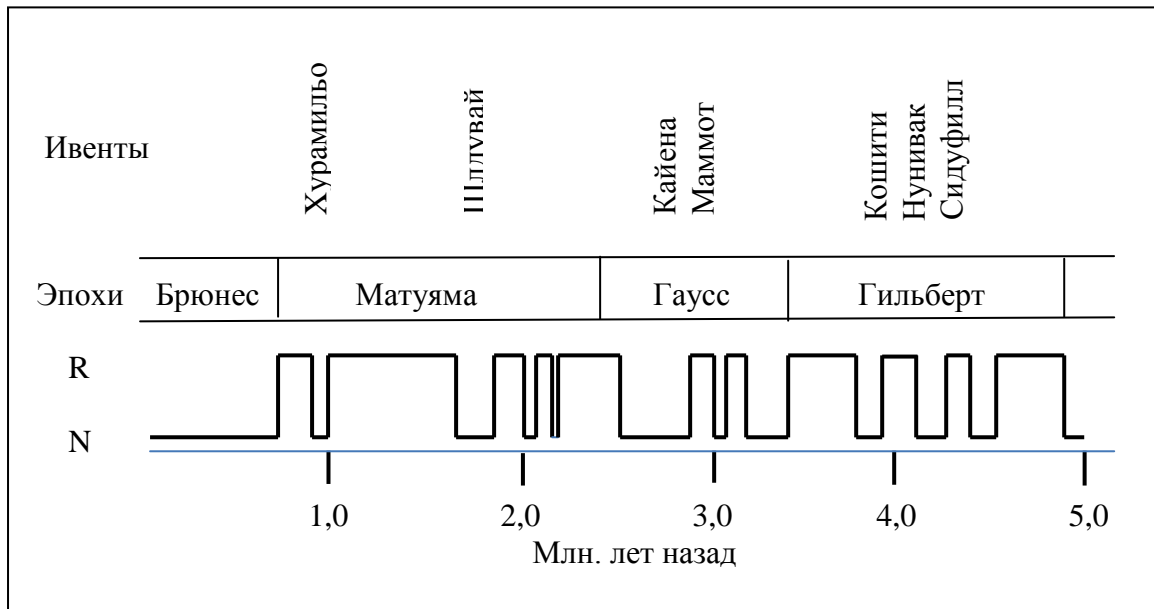


Рис.4.3. Изменения полярности геомагнитного диполя на протяжении последних 5 миллионов лет [117]. **N** - нормальная, **R** – инверсная полярности диполя.

В реальной электродинамике ослабление или увеличение геомагнитного диполя, а также его полярность отражают процесс уменьшения или увеличения абсолютной величины объёмного заряда земного шара, а также его знак. Очевидно, что изменение заряда Земли может происходить только током через атмосферу. Из этого следует, что в истории Земли разность потенциалов между земным шаром и космической средой неоднократно изменялась по величине и знаку и, соответственно, периоды зарядки сменялись периодами разрядки. Согласно (2.12), эти изменения были возможны только при циклических изменениях параметра q/ρ космической среды. Следовательно,

отношение параметров q/ρ космоса многократно изменялось по величине и знаку на периоды, превышавшие характерное время перезарядки Земли.

В нашу эпоху направление электрического поля и тока атмосферы в областях хорошей погоды соответствуют уменьшению отрицательного заряда Земли. Мы живем в эпоху потери земным шаром заряда, приобретённого примерно $2 \cdot 10^3$ лет назад. Уменьшение геозаряда сопровождается ослаблением геомагнитного момента. Из второго выражения (4.3) следует, что величина тока через атмосферу по параметру f и его направление связаны с геозарядом Q_{ef} , геомагнитным моментом μ_e и его вековым изменением зависимостью

$$I_{af} = \frac{dQ_{ef}}{dt} = Q_{ef} \frac{d\mu_e}{dt} \frac{1}{\mu_e}. \quad 4.31$$

На Рис.4.4 приведены опытные данные об ослаблении геомагнитного поля, полученные в Австралии [40]. Из них следует, что скорость относительного ослабления геомагнитного момента в период 1860 – 1960 гг. в среднем была

$$\frac{d\mu_e}{dt} \frac{1}{\mu_e} = 7 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}, \quad 4.32$$

Такой же должна быть скорость ослабления заряда Земли. Согласно (4.7), ей соответствует электрический ток через атмосферу по параметру f (4.31)

$$I_{af} = 3,1 \cdot 10^3 \text{ А}, \quad 4.33$$

а по параметру s

$$I_{as} = \frac{m_p}{m_e} I_{af} = 5,7 \cdot 10^6 \text{ А}. \quad 4.34$$

Ток по параметру f уменьшает заряд Земли, а по параметру s выделяет джоулево тепло в атмосфере. Потенциал Земли (4.26) и ток (4.34) соответствуют электрическому сопротивлению земной атмосферы относительно космической среды

$$R_a = \frac{\varphi_e}{I_{as}} = \frac{m_e}{m_p} \frac{\tau_e}{C_e} = 1,1 \cdot 10^3 \text{ Ом}. \quad 4.35$$

Отношение масс протона и электрона в (4.35) присутствует потому, что электрическая ёмкость описывает накопление заряда по параметру f .

Рассчитанный ток по параметру f (4.33) примерно в два раза больше оцениваемого традиционными методами. При заключении о том, какой метод приводит к более правильной величине, следует учитывать, что традиционный метод построен на измерениях локального вертикального тока в различных точках земли и высоты с использованием электрической проводимости.

мости и градиентов потенциала воздуха, различными в разных точках поверхности, изменяющихся во времени и по высоте. Результаты измерений зависят от используемого метода, качества поверхности, от местных метеорологических и орографических условий, от сезона и времени суток.

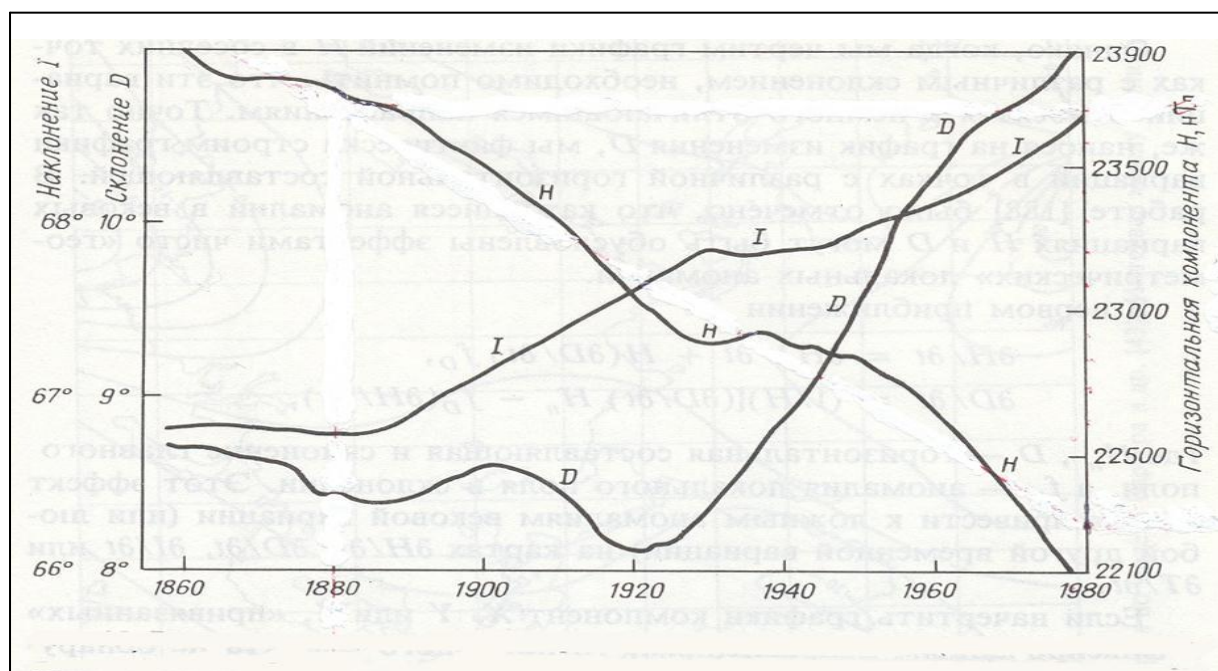


Рис.4.4. Вековое изменение горизонтальной компоненты напряжённости магнитного поля (*H*), наклонения *I* и склонения *D* в Австралии за сто двадцать лет. [40]

Магнитный метод свободен от всех этих зависимостей. Вековое изменение геомагнитного момента определяется суммарным током через всю атмосферу по параметру *f*. Характерное время перезарядки Земли τ_e током через атмосферу *f* при значениях заряда (4.7) и тока (4.33) равно

$$\tau_e = Q_{ef} / I_{af} = 1,43 \cdot 10^3 \text{ лет.} \quad 4.36$$

Это значение говорит о том, что для поддержания электрического поля атмосферы нет необходимости в генераторе атмосферного электричества, постоянно действующем в тропосфере.

Ток через атмосферу создаётся зарядом Земли, полученным планетой около двух тысяч лет назад при другом потенциале пространства космической среды, при котором ток атмосферы и градиент потенциала в атмосфере имели обратное направление.

Характерное время перезарядки Земли (4.36) показывает, что планета не может быстро приходить в электродинамическое равновесие с космической средой, например в течение 22-летнего солнечного цикла. За это время мо-

жет изменяться только разность потенциалов между Землей и космосом.

Реализующаяся скорость ослабления геомагнитного диполя может означать, что через время порядка тысячи лет геоэлектрический заряд уменьшится до нуля и начнёт увеличиваться с обратным знаком. Это, однако, произойдет не обязательно. Палеомагнитные измерения показывают, что в последнее время полярность геомагнитного диполя не менялась уже около 800 000 лет, т.е. значительно дольше, чем характерное время перезарядки. Много раз уменьшение отрицательного геоэлектрического заряда сменялось его восстановлением с тем же знаком. В частности, имеется сообщение об увеличении геомагнитного диполя на 100% в первые два столетия нашей эры. [135] Это возможно подтверждает, что в тот период Земля подзаряджалась отрицательным зарядом. Однако, последний период беспрерывной полярности поля - большой по сравнению с предыдущими. Статистически время для смены полярности пришло. Мы не знаем всех последствий для живой природы и человека прохода геомагнитного диполя через ноль, поэтому человечество должно хотя бы не приближать это событие. Принципиально это возможно путем пассивного неувеличения или даже искусственного активного снижения электрического тока разрядки Земли через атмосферу.

§ 4.6. Электричество тропосферы.

На Рис. 4.5 представлены качественные зависимости значения параметра q/ρ в земных недрах, в земной атмосфере и в космической среде в гипотезе атмосферного электричества (а) и в реальной электродинамике (б).

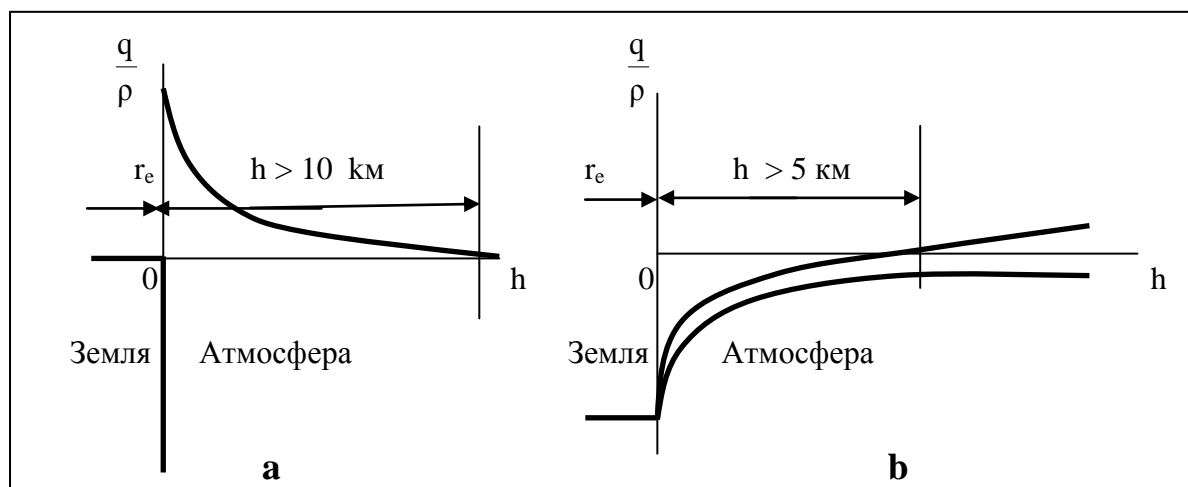


Рис.4.5. Качественное распределение плотности зарядов в земле и атмосфере в классической (а) и в реальной электродинамике (б). h – высота над земной поверхностью, r_e – радиус Земли. В случае б отношение плотностей в верхней атмосфере зависит от фазы солнечного цикла.

Согласно грозовой гипотезе, (а) земные недра не несут избыточного заряда. Отрицательный заряд расположен на земной поверхности. Атмосфера заряжена положительно с экспоненциальным спадом плотности заряда с высотой. Поверхностный отрицательный заряд по величине равен положительному объёмному заряду атмосферы, поэтому Земля с атмосферой электрически нейтральна относительно космоса. Средняя плотность заряда в космосе равна нулю.

В реальной электродинамике (b) земная масса заряжена отрицательно в объёме. Отношение плотностей заряда и массы в атмосфере плавно уменьшается от внутриземного до космического. Тропосфера до высот нижних границ грозовой облачности заряжена отрицательно. Выше нескольких километров знак заряда зависит от плотности заряда космической среды, которая изменяется в солнечном цикле (Гл 10). Толщина приземного слоя атмосферы, за которым электростатическое поле ослабляется в ϵ раз, т.е. $5,6 \cdot 10^2$ м, объясняет причину возникновения разрядов молнии на землю при значениях приземной напряжённости поля под грозовым облаком на два порядка ниже пробивного, получаемого в лабораторных условиях ($3 \cdot 10^6$ В/м).

В условиях аккумуляции зарядов в облаке и ослабления поля подоблачным слоем воздуха пробивное значение градиента потенциала может достигаться только вблизи источника поля, в данном случае у облака. У земной поверхности напряжённость поля перед грозовым разрядом принципиально не может достигать пробивного значения, т.к. поверхностный положительный заряд земли – это заряд, индуцируемый полем облака, ослабленный подоблачным слоем атмосферы. Ослабление поля облачных зарядов у земли может быть рассчитано в приближении плоского конденсатора с помощью (2.3). Например, при высоте расположения нижнего заряженного слоя облака 1800 м. напряжённость поля от облачных зарядов у земли E_{ao} в $\epsilon^3 \sim 20$ раз слабее, чем у нижней границы облака E_c . В общем случае напряжённость поля у земли перед разрядом

$$E_{ao} = E_c \exp(-\rho_a h_c / \alpha_e), \quad 4.37$$

где E_c – критическое значение напряжённости поля в облаке перед началом разряда, h_c – высота расположения облачного отрицательного заряда, ρ_a – средняя плотность массы атмосферного воздуха между облаком и землей.

В логике реальной электродинамики грозовой разряд между нижней частью грозового облака и землёй развивается следующим образом. Большие величины градиента потенциала, достаточные для начала разряда, возникают у нижней части облака, где происходит накопление отрицательного заряда при фильтрации восходящего отрицательно заряженного внеоблачного потока воздуха жидкими аэрозольными облачными частицами. Разряд начинается с микропробоев вблизи облачных капель. При максимальном уни-

полярном отрицательном зарядении капель создаются условия для локального макропробоя воздуха и развития канала разряда (ступенчатого лидера) на ограниченное расстояние, сравнимое с радиусом экранирования воздуха по линии максимального градиента потенциала. С лидером переносится часть отрицательного облачного заряда ближе к земле. Это повышает градиент потенциала до пробивного значения на следующем более низком участке атмосферы в пределах действия поля заряда, т.е. опять порядка радиуса экранирования электростатического поля. Чередование периодов накопления заряда и разрядов в канале ступенчатого лидера обуславливает прерывистость распространения и ломаность его формы. После достижения лидером земной поверхности и возникновения электрического контакта облака с земным грунтом, т.е. с телом большой электрической ёмкости, увеличивается сток электронов на землю. Сток начинается с нижней части канала разряда. Граница области стока распространяется вверх до облака (обратный удар). По ионизованному каналу к облаку переносится потенциал Земли. В облаке создаются повышенные градиенты потенциала между каналом разряда и периферийными частями облака. Они обеспечивают сбор отрицательного заряда из всех частей облака и перенос его на землю. Ввиду объёмной заряженности земных недр заряд, поступающий на землю в виде потока электронов, распределяется в объёме грунта. Это объясняет иногда наблюдающиеся случаи поражения молнией объектов (людей, электрических кабелей) под поверхностью на глубине порядка метра.

§ 4.7. Электричество верхней атмосферы и магнитосферы.

В реальной электродинамике электрическое поле атмосферы не ограничивается тропосферой и стратосферой, а продолжается до внешней границы магнитосферы и дальше. Без учета полей объёмных зарядов магнитосферы радиальное поле изображено на Рис.4.6. При вращении Земли магнитные оболочки в фиксированных точках земного шара меняют свои формы и удаления от земной поверхности. При этом нарушается их электрическая эквипотенциальность, и вдоль силовых линий текут электрические токи. В утренние и вечерние часы скорости изменения форм внешних магнитных оболочек максимальны. В эти часы токи перераспределения объёмных зарядов также проходят через максимум, что отражается в преимущественном появлении в эти часы полярных сияний. Оценки на основе зависимости (2.20) показывают, что возникающие вдоль деформированных магнитных оболочек разности потенциалов способны ускорять ионы и электроны до энергий в сотни Мэв. Тот факт, что ни в суточном, ни в годовом периоде направление приземного градиента электрического потенциала в областях невозмущённой погоды не меняет знак [22], говорит о том, что отношение локальных плотностей заряда и массы в космической среде последнюю сотню лет по абсолютной величине не достигала внутриземного значения.

Потенциал космоса в наше время стал более положительным по сравнению с потенциалом первых веков нашей эры. Это означает, что помимо циклов изменения отношения заряда к массе в космосе порядка сотен тысяч лет (Рис.4.3) существуют компоненты с характерным временем перезарядки Земли и меньшим.

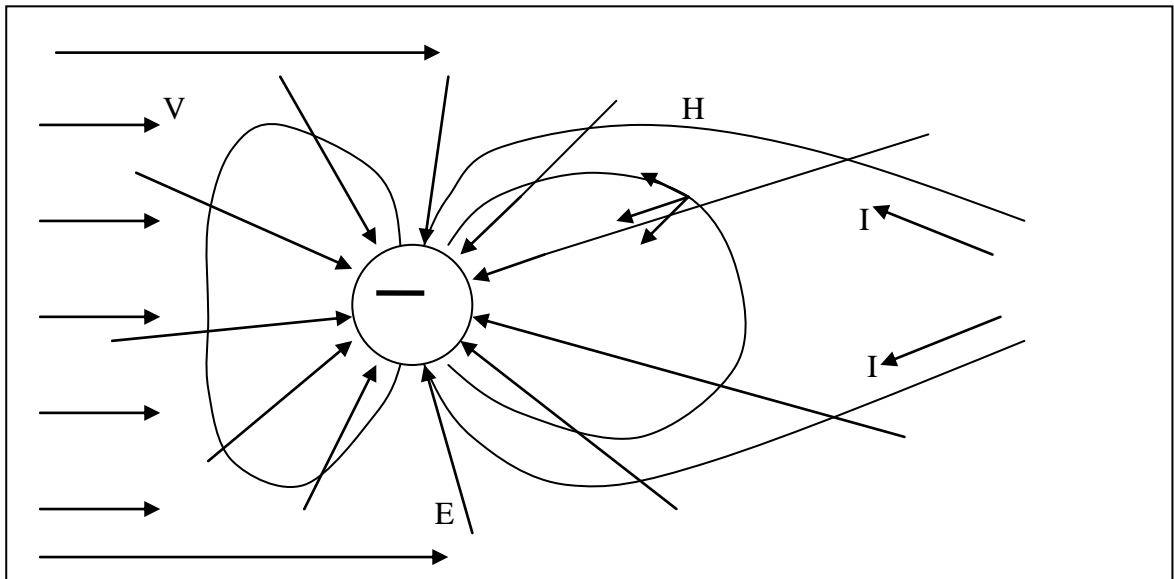


Рис. 4.6. Геомагнитное и электрическое поля в окрестности Земли без учета полей объёмных зарядов магнитосферы. Магнитное поле деформируется потоком плазмы солнечного ветра.

Глава 5. Электронагрев Земли.

Описывается механизм электронагрева земных недр. Мощность нагрева оценивается в 56% от мощности солнечной энергии, поглощаемой Землёй. Нагрев предполагается за счёт суточного перераспределения объёмного заряда Земли в разности потенциалов между дневной и ночной полусферами.

§ 5.1. Нагрев земных недр.

Солнечное излучение нагревает земную поверхность в дневное время суток. Полученную энергию Земля круглосуточно переизлучает в космос. Средняя температура земной поверхности обеспечивает равенство поступающего и уходящего потоков энергии в среднем. Если бы солнечное излучение было единственным каналом поступления энергии на планету, то температура земных недр была бы не выше средней температуры атмосферы. Однако температура в земле с глубиной растёт. Средний градиент повышения температуры с глубиной достигает 20°C на 1 км. На глубинах порядка 100 км температура мантии оценивается в $1200 - 1600^{\circ}\text{C}$. Рост температуры с глубиной свидетельствует о том, что в земной массе действует внутренний источник тепла, сравнимый по мощности с солнечным. В настоящее время считается, что внутриземной тепловой источник на 80% связан с распадом радиоактивных элементов и на 20% - со сжатием Земли. Принятая термодинамическая гипотеза приводит к требованию пребывания в земном ядре материи в твердой фазе при температуре около 7000°K . Обоснования возможности и примеров реализации такого состояния нет.

Проблема внутриземного источника энергии связана с другой нерешаемой проблемой геофизики – с превышением потока волновой энергии от Земли в космическое пространство по сравнению с потоком энергии, поступающим на Землю от Солнца. При реализующейся средней температуре земной поверхности расчётное превышение составляет 1,6.

Представление об объёмной заряженности Земли позволяет дать новую интерпретацию термодинамическим процессам, происходящим в земных недрах, и устранить дисбаланс потоков энергии. Логика реальной электродинамики заключается в следующем.

Суммарная мощность потока энергии, излучаемая Землёй и атмосферой, определяется средней эффективной температурой её поверхности. Расчетная мощность излучения равна

$$P_r = 4 S_e \sigma_{sb} \bar{T}_e^4 = 1,97 \cdot 10^{17} \text{ Вт}, \quad 5.1$$

где $\sigma_{sb} = 5,67032 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/м}^2 \text{ }^{\circ}\text{K}^4$

– постоянная Стефана Больцмана, $T_e = 287,2 \text{ }^\circ\text{K}$ – средняя эффективная температура земной поверхности, S_e – площадь большого круга земного шара. Земля получает энергию от Солнца по двум каналам:

- 1) через волновое излучение с мощностью P_s и
- 2) через токовый механизм, описанный ниже, мощностью P_q .

Мощность солнечного излучения, поглощаемая Землёй, равна

$$P_s = (1-A) p_s S_e = 1,25 \cdot 10^{17} \text{ Вт}, \quad 5.2$$

где $p_s = 1376 \text{ Вт/м}^2$ 5.3

– плотность мощности потока волнового излучения Солнца у Земли или солнечная постоянная [102], $A = 0,29$ – коэффициент отражения в космос приходящего от Солнца потока энергии или сферическое альbedo Земли, S_e – площадь большого круга земного шара.

Для равенства поступающей на Землю и излучаемой p_r мощностей с единицы площади земной поверхности

$$p_s + p_q = p_r \quad 5.4$$

суммарная мощность притока тепла неволнового происхождения должна быть

$$P_q = P_r - P_s = 7,2 \cdot 10^{16} \text{ Вт}. \quad 5.5$$

Поток тепла из земных недр наблюдается экспериментально по радиальному градиенту температуры. Он оценивается средней мощностью [145]

$$\Delta P = 4,4 \cdot 10^{13} \text{ Вт}. \quad 5.6$$

Низкое значение потока тепловой энергии означает, что земная масса находится в приблизительном термодинамическом равновесии с атмосферой. В модели реальной электродинамики это объясняется тем, что при электрическом нагреве источник тепла распределен по всей массе земного шара и атмосферы. Радиальный градиент температуры может быть заметным только у земной поверхности, с которой идет радиационное излучение и происходит охлаждение поверхностного слоя. Атмосфера не является абсолютно чёрным телом, поэтому для поддержания равенства температур двух сред удельные мощности энергий, поступающие на разогрев и последующее излучение, должны быть пропорциональны концентрациям излучающих частиц, т.е. плотностям масс земли и атмосферы. Отношение мощностей равно

$$\frac{P_e}{P_a} = \frac{P_{er}}{P_{ar}} \sim \frac{\rho_e}{\rho_a}, \quad 5.7$$

где p_e, p_a, p_{er}, p_{ar} – плотности притекающих и излучаемых потоков энергии соответственно в земле и в атмосфере, ρ_e, ρ_a – плотности масс земли и

приземной атмосферы.

Из последнего соотношения следует, что

практически вся энергия неволнового происхождения (5.5) выделяется в земной массе.

Под ионизирующим воздействием Солнца приземная напряжённость электрического поля атмосферы и потенциал Земли относительно космоса испытывают вариации в суточном периоде. Пример суточной вариации напряжённости приземного поля представлен на Рис.4.2. Согласно (5.8), существование вариации означает, что на дневной полусфере величина параметра q_e/ρ_e отличается от ночной и что это различие всегда поддерживается при суточном вращении земного шара. Это означает, что между дневной и ночной полусферами в земной массе постоянно течет ток перераспределения объёмного заряда. Оценим абсолютную мощность внутриземного теплового источника с учетом рассчитанного выше объёмного заряда Земли. Согласно (2.10), приземная компонента напряжённости поля атмосферы, создаваемая земными зарядами, определяется зависимостью

$$E_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \pi \alpha_e \frac{q_e}{\rho_e}, \quad 5.8$$

где α_e - константа (2.57), q_e , ρ_e – плотности заряда и массы в поверхностном слое земли.

Перераспределение происходит под действием электрического поля на параметр s электронов. По этому параметру перераспределяемый заряд Земли ΔQ_{es} за половину суток связан с перераспределяемым зарядом по параметру f равенством

$$\Delta Q_{es} = \Delta Q_{ef} \frac{m_p}{m_e}, \quad 5.9$$

а средний ток по параметру s равен

$$I_{es} = 2 \Delta Q_{ef} \frac{m_p}{m_e} \frac{1}{T_e}, \quad 5.10$$

где T_e – период суточного вращения Земли.

При неравенстве значений параметра q/ρ на дневной и ночной сторонах разность потенциалов между полуденной и полуночной точками на поверхности Земли, согласно (2.17), равна

$$\Delta \phi_e = 2 \Delta E_e r_e, \quad 5.11$$

где r_e – радиус Земли, ΔE_e – полусуточное изменение напряжённости поля

от земных зарядов.

С учетом (5.10) и (5.11) мощность тепловыделения в недрах определяется равенством

$$P_e = I_{es} \Delta \varphi_e = 4 \Delta Q_e r_e \frac{m_p}{m_e} \frac{1}{T_e} \Delta E_e. \quad 5.12$$

При использовании выражения напряжённости электрического поля от земных зарядов (2.12), а также уравнений связи между зарядом Земли, геомагнитным моментом и напряжённостью магнитного поля у земной поверхности (4.5)(4.9), мощность тепловыделения в земле (5.12) может быть записана в следующих вариантах:

$$P_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} 4\pi\alpha_e r_e \frac{m_p}{m_e} \frac{Q_e^2}{M_e T_e} \left(\frac{\Delta Q_e}{Q_e} \right)^2, \quad 5.13$$

$$P_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} 4\pi\alpha_e r_e \frac{m_p}{m_e} \frac{Q_e^2}{M_e T_e} \left(\frac{\Delta E_a}{E_a} \right)^2,$$

$$P_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} 4\pi\alpha_e r_e \frac{m_p}{m_e} \frac{Q_e^2}{M_e T_e} \left(\frac{\Delta H_e}{H_e} \right)^2, \quad 5.14$$

где Q_e – заряд Земли (4.7), E_e – напряжённость приземного электрического поля атмосферы, создаваемая зарядами земли (4.12), M_e – масса Земли, H_e – средняя приземная напряжённость геомагнитного поля, ΔQ_e , ΔE_e , ΔH_e – суточные вариации этих параметров.

Для выполнения равенства левых и правых частей в (5.13)(5.14) при значении мощности выделения джоулева тепла в земле (5.8) необходимо, чтобы относительные вариации зарядов и полей были равны

$$\frac{\Delta Q_e}{Q_e} = \frac{\Delta E_a}{E_a} = \frac{\Delta H_e}{H_e} = 1,38 \cdot 10^{-3}. \quad 5.15$$

Непосредственно наблюдать величину суточных вариаций заряда в земле в настоящее время не представляется возможным. (В Гл.8 описан прибор, который позволит это делать в будущем). Вариацию напряжённости поля атмосферы от земных зарядов измерить также нельзя из-за наложения полей объёмных зарядов атмосферы. Единственным параметром, который в настоящее время доступен для измерения с требуемой точностью, является суточная вариация напряжённости геомагнитного поля. Для выполнения равенства (5.14) средняя вариация магнитного поля у земной поверхности должна быть

$$\Delta H_e = 1,38 \cdot 10^{-3} H_e = 82 \text{ нТл}. \quad 5.16$$

Вариации таких величин наблюдаются ежедневно. На Рис.5.1 представлен

образец записей суточных вариации геомагнитного поля со спутников GOES. Наблюдающаяся вариация позволяет заключить, что

- 1) недостающая мощность поступления энергии на Землю может быть джоулевым теплом тока перераспределения заряда в земной массе;
- 2) нагрев земной массы имеет электрическую природу;
- 3) современная мощность внутриземного электронагрева равна (5.7)

$$P_{eq} = 7,2 \cdot 10^{16} \text{ Вт.}$$

5.17

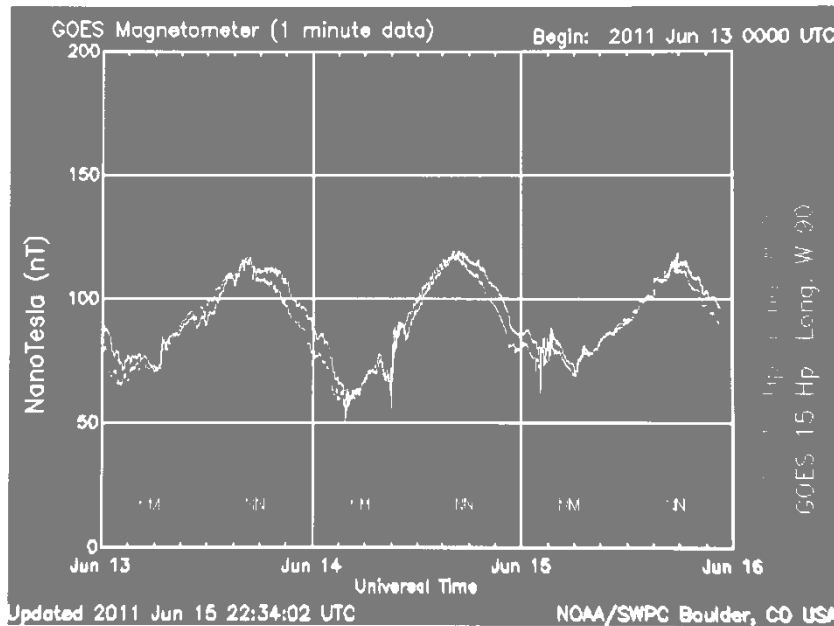


Рис.5.1. Суточные вариации геомагнитного поля, измеренные со спутника GOES.

Требование (5.15) соответствует амплитуде суточного изменения напряжённости приземного электрического поля в атмосфере от земных зарядов

$$\Delta E_a = 0,7 \text{ В/м.} \quad 5.18$$

При такой вариации электрический потенциал земной поверхности относительно бесконечности (5.8) должен изменяться за половину суток на

$$\Delta \phi_e = 2 \Delta E_e r_e = 8,8 \cdot 10^6 \text{ В,} \quad 5.19$$

а средний ток по параметру s через земную массу, согласно (4.7) (5.9) (5.15), быть равным

$$I_{es} = 2 Q_e \frac{m_p}{m_e} \frac{\Delta Q_e}{Q_e} \frac{1}{T_e} = 8,2 \cdot 10^9 \text{ А.} \quad 5.20$$

Этим значениям разности потенциалов и тока соответствует омическое сопротивление земного шара между диаметрально противоположными точками на дневной и ночной полусферах

$$R_{es} = \frac{\Delta\varphi_e}{I_{es}} = 1,07 \cdot 10^{-3} \text{ Ом} . \quad 5.21$$

Рассчитанные величины (5.19) и (5.20) - средние. Величины тока и разности потенциалов изменяются во времени. Измерение тока через атмосферу на основе данных об ослаблении геомагнитного диполя даёт возможность рассчитывать мощности теплового источника земных недр непрерывно на основе уравнений электрической цепи:

$$\begin{aligned} P_e &= I_{es}^2 R_{es} ; & P_e &= I_{es} \Delta\varphi_e ; & P_e &= (\Delta\varphi_e)^2 \frac{1}{R_{es}} ; \\ P_e &= I_{ef}^2 R_{ef} \frac{m_p}{m_e} ; & P_e &= I_{ef} \varphi_a \frac{m_p}{m_e} ; & P_e &= \varphi_e^2 \frac{1}{R_{ef}} \frac{m_p}{m_e} ; \\ R_{ef} &= R_s \frac{m_p}{m_e} , \end{aligned} \quad 5.22$$

где R_s - сопротивление классической электродинамики.

Механизм электрического нагрева Земли поясняется схемой на Рис. 5.2.

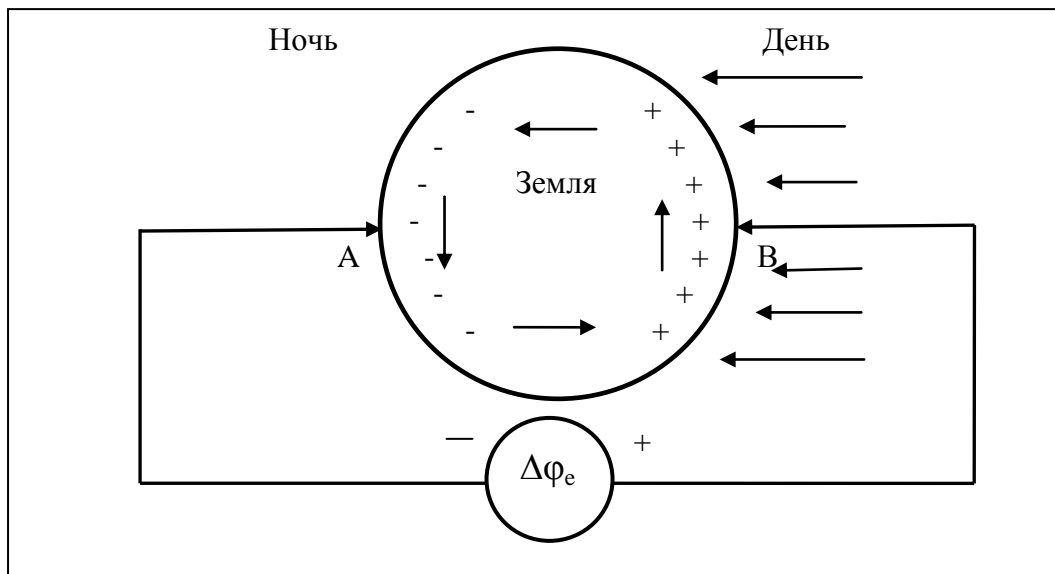


Рис.5.2. Схема электрического нагрева Земли. Под действием разности потенциалов между дневной и ночной полусферами и суточного вращения объёмный заряд Земли перераспределяется. Токи перераспределения выделяют джоулево тепло.

Повышенная ионизация атмосферы солнечным излучением на дневной полусфере Земли создаёт большой ток через атмосферу Земля – космос и приближает потенциал земной поверхности к более положительному космическому значению. Отношение заряда к массе на дневной полусфере сдвигается в положительную сторону и в земле течет ток перераспределения заряда. Из-за вращения земного шара перераспределение заряда происходит постоянно, поэтому земные недра получают джоулево тепло всегда.

Плотность тока и напряжённость поля в земле. В предположении однород-

ной электрической проводимости недр средняя плотность тока перераспределения электронов в земле по параметру s

$$j_{ee} \sim \frac{I_{es}}{S_e} = 6,2 \cdot 10^{-5} \text{ А/м}^2, \quad 5.23$$

где S_e – площадь большого круга Земли.

Эта величина в общем согласуется со средней фактической плотностью, измеряемой у поверхности - $2 \cdot 10^{-6} \text{ А/м}^2$ [79]. Средняя напряжённость электрического поля в земле может быть определена в предположении выполнения условия электродинамического равновесия на границе земля – атмосфера (2.12). В этом случае разности потенциалов за половину суток в атмосфере $\Delta\phi_a$ (2.14) и в земной массе $\Delta\phi_e$ относятся как

$$\frac{\Delta\phi_e}{\Delta\phi_a} = \frac{E_e}{\Delta E_a} = \frac{\rho_a}{\rho_e}, \quad 5.24$$

где E_e - напряжённость поля в земной массе, ΔE_a – компонента (5.18), ρ_e , ρ_a – плотности массы в земле и в приземной атмосфере.

С учётом (5.15) средняя напряжённость в земле

$$E_e = \Delta E_a \frac{\rho_a}{\rho_e} = 1,38 \cdot 10^{-3} E_a \frac{\rho_a}{\rho_e}, \quad 5.25$$

где E_a – напряжённость поля от зарядов земли (4.12).

Порядок величины напряжённости

$$E_e \sim 0,2 \text{ В/км}. \quad 5.26$$

совпадает с наблюдаемым $10^{-2} - 1 \text{ В/км}$ [79].

Мощность внутриземного электрического нагрева зависит от величины объёмного заряда. В истории Земли он много раз изменялся по величине и знаку. Столько же раз менялась мощность внутриземного источника тепла. Например, имеется сообщение о быстром увеличении геомагнитного поля в первые два века нашей эры [135]. Если это подтвердится другими исследованиями, то можно будет говорить о столь же быстром увеличении отрицательного заряда Земли в течение первых веков нашей эры и, соответственно, о скачкообразном увеличении мощности внутриземного источника тепла. С начала нашей эры геозаряд уменьшается с постоянной времени $\tau_e = 1430$ лет и в настоящее время имеет промежуточную величину. Мощность внутриземного источника тепла ослабляется с этой же постоянной времени до прихода нового фронта плотности заряда отрицательного или положительного знака после какого-то галактического или внегалактического события.

§ 5.2. Нагрев атмосферы.

Фактическое распределение потенциалов в тропосфере до значения на высоте $h = 6$ км порядка $\varphi_a = 3 \cdot 10^5$ В (4.18) и ток через атмосферу электронов по параметру $s = 5,7 \cdot 10^6$ А (4.34) позволяют рассчитывать мощность выделения джоулева тепла в тропосфере P_{qa} с помощью формул электрической цепи (Табл.5.1) :

$$P_{qa} = I_{as}\varphi_a ; \quad P_{qa} = \varphi_a^2 \frac{1}{R_{as}} ; \quad P_{qa} = I_{as}^2 R_{as} . \quad 5.27$$

$$P_{qa} = I_{as}\varphi_a ; \quad P_{qa} = \varphi_a^2 \frac{1}{R_{af}} \frac{m_p}{m_e} ; \quad P_{qa} = I_{as}^2 R_{af} \frac{m_e}{m_p} .$$

Таблица 5.1.

	φ_a , В	I_{af} , А	I_{as} , А	R_{as} , Ом	R_{af} , Ом	P_{qa} , Вт
$h = 6$ км	$3,2 \cdot 10^5$	3100	$5,7 \cdot 10^6$	$5,6 \cdot 10^{-2}$	103	$1,8 \cdot 10^{12}$

В формулах и таблице: R_{as} , R_{af} – сопротивления атмосферы по параметрам s и f до высоты 6 км, I_{as} , I_{af} – токи по параметрам s и f . Из расчетов на основе известного тока через атмосферу и распределения потенциалов с высотой следует, что мощность джоулева тепловыделения в нижней атмосфере до высоты 6 км составляет лишь 10^{-4} -ю часть от внутриземной (5.17). Выше 10 км радиальное электрическое поле Земли ослабляется атмосферой от приземного значения порядка 10^2 Вольт на метр до единиц. Соответственно снижается мощность джоулева тепловыделения. За пределами тропосферы электрическое поле, остающееся после ослабления, участвует в нагреве верхней атмосферы и в ускорении частиц вплоть до внешних оболочек магнитосферы. Это поле слабо влияет на термодинамический баланс тропосферы, где, как будет показано ниже, действует более сильный конденсационный механизм нагрева, однако в верхней атмосфере и магнитосфере этим полем создаются токи перераспределения зарядов и, следовательно, определяются ионосферные и магнитосферные процессы.

В ситуации приблизительной нейтральности среды по плотностям потоков полей (2.60) плотности токов электронов и протонов через атмосферу по параметрам f и s соотносятся как

$$\frac{J_{ef}}{J_{pf}} = \frac{m_p}{m_e} = 1836 . \quad 5.27$$

$$\frac{J_{es}}{J_{ps}} = \left(\frac{m_p}{m_e} \right)^2 = (1836)^2 .$$

Расчетные абсолютные значения токов и их плотностей приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2.

	Формула расчета	Значение тока А	Плотность тока А/м ²
Ток f электронов	$I_{aef} = Q_{ef} \frac{d\mu_e}{dt} \frac{1}{\mu_e}$	$3,1 \cdot 10^3$	$6 \cdot 10^{-12}$
Ток s электронов	$I_{aef} = Q_{ef} \frac{d\mu_e}{dt} \frac{1}{\mu_e} \frac{m_p}{m_e}$	$5,7 \cdot 10^6$	$1,1 \cdot 10^{-8}$
Ток f протонов	$I_{apf} = I_{aef} \frac{m_e}{m_p}$	1,7	$3,3 \cdot 10^{-15}$
Ток s протонов	$I_{apf} = I_{aef} \left(\frac{m_e}{m_p}\right)^2$	1,7	$3,3 \cdot 10^{-15}$

Выполнение условия реальной электродинамики приближительной нейтральности среды по потокам полей протонов и электронов хорошо наблюдается в ближнем космосе при измерениях потоков двух частиц со спутников GOES. В Таблице 5.3 представлены примеры измерений плотностей потоков и рассчитанные с их помощью токи через всю земную атмосферу по параметрам **f** и **s** (I_{ef} , I_{es} , I_{pf} , I_{ps}). Потоки частиц измерены при энергиях электронов и протонов

$$W_e > 0,6 \text{ МэВ}, \quad W_p > 10 \text{ МэВ}. \quad 5.28$$

Таблица 5.3.

	02.08. 2007	15.10. 2010	03.05. 2011	12.05. 2011	17.05. 2011	02.06. 2011	15.06. 2011
j_{ef} , см ⁻² с.стер	$1 \cdot 10^6$	$3,5 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^4$
j_{pf} , см ⁻² с.стер	$2 \cdot 10^{-1}$	$1,5 \cdot 10^{-1}$	$1,5 \cdot 10^{-1}$	$1,5 \cdot 10^{-1}$	$1,2 \cdot 10^{-1}$	$1,2 \cdot 10^{-1}$	$4 \cdot 10^{-1}$
j_{ef} / j_{pf}	$5 \cdot 10^6$	$2,3 \cdot 10^6$	$6,7 \cdot 10^5$	$6,6 \cdot 10^4$	$2,4 \cdot 10^5$	$8,3 \cdot 10^5$	$1,3 \cdot 10^5$
Электроны. I_{ef} , I_{es} , А.	5447 $1,0 \cdot 10^7$	1960 $3,6 \cdot 10^6$	544 $1,0 \cdot 10^6$	5,4 $1,0 \cdot 10^5$	164 $3 \cdot 10^5$	545 $1 \cdot 10^6$	282 $5,2 \cdot 10^5$
Протоны. I_{pf} , I_{ps} , А	$1,1 \cdot 10^{-3}$ 2,0	$8,4 \cdot 10^{-4}$ 1,5	$8,1 \cdot 10^{-4}$ 1,5	$8,1 \cdot 10^{-5}$ 0,15	$6,5 \cdot 10^{-4}$ 1,2	$6,5 \cdot 10^{-4}$ 1,2	$2,2 \cdot 10^{-3}$ 4
Знак заряда космической среды	-	+	+	+	+	+	+

В нижней строке таблицы обозначены расчётные отклонения плотности заряда космической среды в отрицательную и положительную стороны по параметру **f** относительно нулевого значения (2.65), соответствующего электрической нейтральности космической среды

На Рис.5.1 приведены фактические отклонения отношений потоков

электронов и протонов в 2007, 2010 и 2011 годах в космической среде от значения электрической нейтральности по параметру f .

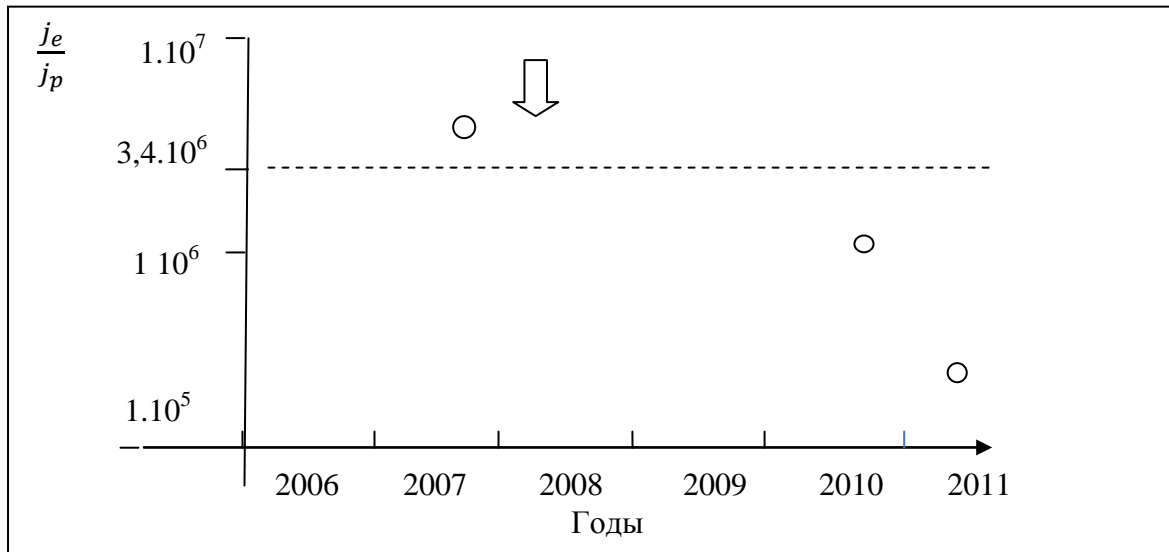


Рис. 5.1. Отношение плотностей потоков электронов и протонов в разные годы измерений. Стрелкой обозначено начало 24-го солнечного цикла.

Отклонения отношения потоков в противоположные стороны от значения нейтральности означают смену знака объёмного заряда в космической среде. Фактические значения отношения соответствуют отрицательной заряженности космической среды в 2007 г. и положительной в 2010, 2011 гг. В логике развиваемых представлений смена знака плотности заряда в космосе стала причиной начала в январе 2008 г. нового 24-го солнечного цикла.

Согласно реальной электродинамике абсолютные и относительные интенсивности потоков электронов и протонов в ближнем космосе содержат информацию об амплитуде и фазе волн плотности заряда, приходящих в солнечную систему извне.

Глава 6

Конденсационный нагрев атмосферы, коррекция погоды.

Описывается механизм нагрева атмосферы за счёт конденсации пара в аэрозоль. Выводится уравнение связи термодинамики атмосферы с атмосферным электричеством. Излагается принцип искусственного воздействия на атмосферу электронами. Демонстрируются эффекты воздействия.

§ 6.1. Электроны – главные центры конденсации в атмосфере.

В земной атмосфере действует механизм выделения тепла, гораздо более мощный, чем джоулев нагрев. Он использует энергию, затраченную Солнцем на испарение воды. Водяной пар, испарённый с поверхностей океанов и континентов, содержит потенциальную энергию в удельном количестве 539 кал/г или 0,42 эВ на молекулу воды. Эта энергия превращается в тепло атмосферного воздуха при обратном фазовом переходе пара в жидкий аэрозоль. Согласно оценкам [5], примерно половина тепла, греющего атмосферу, это тепло конденсации пара в аэрозоль. Для возникновения аэрозольных частиц необходимы центры (ядра) конденсации, без которых в тропосфере молекулы пара не могут группироваться в жидкость. До настоящего времени к частицам, выполняющим роль центров конденсации, относили обыкновенную пыль, вулканический пепел и морскую соль [11], однако при количественных оценках оказывается, что эти частицы не способны объяснить присутствие аэрозоля в атмосфере в наблюдаемом постоянстве и концентрациях.

Частицами, которые во всех отношениях удовлетворяют требованиям, предъявляемым к центрам конденсации в атмосфере, являются электроны и ионы. Глобальный процесс, который поставляет в атмосферу элементарные заряды в требуемом количестве и постоянстве, является электрический ток проводимости, текущий через атмосферу между земной поверхностью и космической средой.

Многие десятилетия в физике атмосферы доминирует мнение, что рост жидкого аэрозоля на ионах в земной атмосфере невозможен. Об электронах как центрах конденсации речь вообще не идёт. Мнение основывается на том, что согласно закону поверхностного натяжения жидкостей, для роста аэрозольной частицы в диапазоне радиусов $10^{-10} - 10^{-8}$ м требуется многократное перенасыщение пара в воздухе. Мнение не изменилось даже после того, как лабораторные эксперименты показали, что в обычных атмосферных условиях, как и в камерах Вильсона, свободные элементарные заряды за доли секунды превращаются в аэрозольные частицы диаметром до 10^{-8} м, т.е. рост частиц происходит как раз в диапазоне размеров, который за-

прещён законом поверхностного натяжения. Процесс наблюдался даже в абсолютно сухом обеспыленном воздухе [65]. Для объяснения фактов образования и повсеместного присутствия заряженного аэрозоля в свободной атмосфере десятилетиями использовалось представление о захвате электронов и ионов уже существующими аэрозольными частицами [115]. При таких представлениях вопрос о механизме образования жидкого аэрозоля в атмосфере не решался. Между тем проблема вполне разрешима, если учесть энергии взаимодействия молекул воды с элементарными зарядами в воздухе и то, что закон поверхностного натяжения был выведен У.Томсоном в макромасштабе. Для описания зарождающейся на ионе аэрозольной частицы производилась далёкая экстраполяция закономерности в микромасштаб на кластеры, состоящие из малого числа молекул воды, где энергия взаимодействия молекул с ионом превышает энергию их теплового движения, где молекулы поляризуются в поле иона и где понятия жидкости и поверхностного натяжения неприменимы.

Рассмотрим взаимодействие ионов с молекулами воды на количественном уровне. Молекула воды обладает собственным дипольным электрическим моментом величиной

$$D = e\Delta r = 1,84 \cdot 10^{-18} \text{ ед. СГСЭ} = 6,13 \cdot 10^{-30} \text{ Кл.м.}, \quad 6.1$$

где Δr - эффективное расстояние между зарядами противоположного знака, e – элементарный заряд.

При нахождении молекулы в атмосфере вблизи иона там, где энергия её теплового движения, приходящаяся на одну вращательную степень свободы, не превышает энергии диполь - ионного взаимодействия, она должна ориентироваться диполем на ион, т.к. при этом достигается минимум потенциальной энергии системы двух частиц. Расстояние r_k , в пределах которого молекула должна ориентироваться на ион и вступить с ним в связь в обычных атмосферных условиях, определяется неравенством

$$\frac{1}{2} k_B T < W_{di} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} eD \frac{1}{r_k^2}, \quad 6.2$$

где k_B – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура, W_{di} – потенциальная энергия связи иона с диполем D .

Подстановка в неравенство значений констант и окружающей температуры $T \sim 300^\circ\text{K}$ позволяет оценить значение радиуса r_k :

$$r_k = (2eD / 4\pi\epsilon_0 kT)^{1/2} = 2,1 \cdot 10^{-9} \text{ м.} \quad 6.3$$

Этот результат показывает, что в пределах как минимум двадцати радиусов атома водорода молекула воды должна ориентироваться диполем на ион и

вступить с ним в диполь - ионную связь независимо от давления пара в среде. Кроме того, в центральном электрическом поле электрона или иона все атомы или молекулы, даже не обладающие собственными диполями, должны поляризоваться, в частности, молекулы азота и кислорода воздуха. В пределах некоторого критического радиуса r_0 аэрозольной частицы, растущей на электроне или ионе, давление пара на поверхности должно быть отрицательным в том смысле, что любая молекула воды неизбежно вступит с ней в связь независимо от давления пара в воздухе. Ход поверхностного давления у аэрозольной частицы в зависимости от её радиуса качественно изображён на Рис.6.1 в двух случаях. Главное различие между выводами, вытекающими из закона поверхностного натяжения жидкостей без учёта электрического взаимодействия элементарного заряда с диполем молекулы воды и с учётом, состоит в том, что в первом случае (традиционный подход) предполагается рост равновесного давления пара над поверхностью аэрозольной частицы с уменьшением её радиуса, в то время как во втором случае (с учётом электрического взаимодействия) предполагается его уменьшение, обращение в ноль и приобретение отрицательного значения. Учёт этого имеет решающее значение для физики атмосферы, так как даёт основание заключить, что

главными центрами конденсации пара в атмосфере являются электроны и ионы.

Молекула воды, ориентируясь диполем на элементарный заряд, который уже имеет вокруг себя первую заполненную оболочку из поляризованных молекул, должна вступить в связь с одной из уже связанных молекул, так как при этом будет достигаться минимум потенциальной энергии связанной системы. С учётом этого потенциальная энергия всего ион-молекулярного кластера должна приходить к минимуму при образовании радиальных от электрона или иона молекулярных полимерных цепочек, связанных диполь-дипольными связями. (Здесь и ниже, чтобы не вносить путаницу, не будут упоминаться используемые в физхимии понятия водородных или ковалентных связей, которые, согласно реальной электродинамике, описывают дипольные и мультипольные электрические взаимодействия атомов и молекул). С учётом поляризации молекул в поле центрального элементарного заряда длины полимерных цепочек могут значительно превосходить рассчитанное выше значение радиуса r_k . Данная логика приводит к выводу, что

на начальном этапе роста аэрозольная частица имеет нежидкое строение.

Структуру аэрозольной частицы, состоящей из центрально-дипольно ориентированных молекул, лучше назвать центрально-лучевой. Применение к такой структуре закона поверхностного натяжения, выведенного в экспе-

риментах с макрообъемами жидкости, т.е. для большого ансамбля хаотически ориентированных молекул, не может быть корректным.

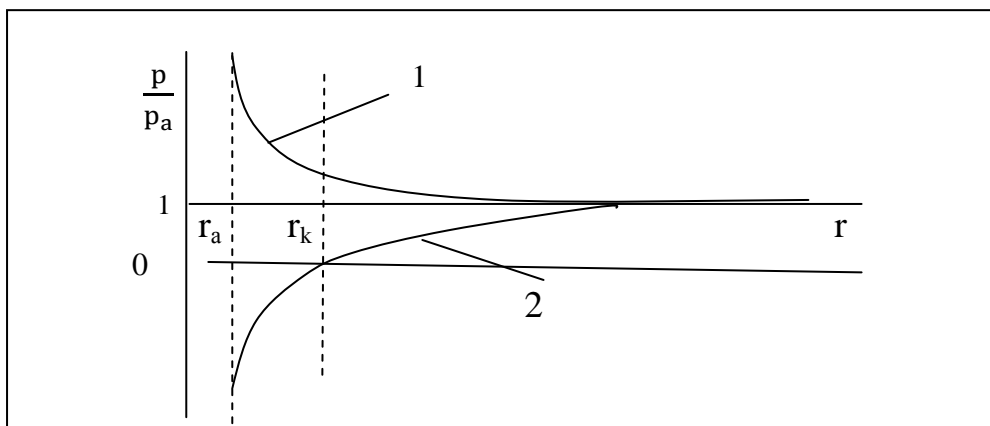


Рис. 6.1. Зависимость отношения давления пара у поверхности аэрозольной частицы p и в окружающем воздухе p_a от радиуса аэрозольной частицы r_a . 1 - согласно закону поверхностного натяжения, 2 - с учетом электрического взаимодействия элементарного заряда с диполем молекулы воды, r_k - критический радиус прохода эффективного давления пара через ноль в варианте 2.

Главную роль электрических сил при формировании микрочастиц в атмосфере подтверждает следующий факт: наиболее активными веществами, которые в распыленном состоянии образуют в переохлажденной влажной атмосфере ледяные кристаллы, являются иодистое серебро AgI и иодистый свинец PbI_2 , используемые в качестве реагентов при активных воздействиях на облака. Известно также, что из всех элементов периодической системы и их соединений именно эти две молекулы обладают наибольшими дипольными электрическими моментами.

При нахождении элементарных зарядов противоположных знаков в сопоставимых концентрациях в газовой среде отношение вероятностей их рекомбинации ψ_r или формирования на себе лучевых структур из нейтральных молекул ψ_n приблизительно равно отношению концентрации пар ионов n_i и нейтральных молекул n_m

$$\frac{\psi_r}{\psi_n} = \frac{n_i}{n_m}. \quad 6.4$$

В тропосфере процесс образования лучевых структур на элементарных зарядах из молекул пара или газов атмосферы на порядки более вероятен, чем рекомбинация противоположно заряженных пар, а избыточные заряды воздуха принципиально не могут рекомбинировать. С учётом этого можно считать, что практически все элементарные заряженные частицы, возникающие в нижней атмосфере, в основном электроны, становятся центрами конденсации пара и растут до некоторого критического размера, который значительно превышает радиус (6.3).

§ 6.2. Уравнение связи атмосферного электричества с термодинамикой атмосферы.

Поступление тепловой энергии в вертикальный столб атмосферы единичного сечения через различные механизмы оценивается в количествах [5]:

- конденсация пара в аэрозоль	$p_c = 88 \text{ Ватт/м}^2$;	
- прямое поглощение солнечного света	$p_v = 80 \text{ Ватт/м}^2$;	6.5
- обмен теплом с земной поверхностью	$p_g = 17 \text{ Ватт/м}^2$;	
Всего	$p_a = 185 \text{ Ватт/м}^2$.	

В земной атмосфере массы аэрозольных частиц растут на элементарных зарядах за счёт конденсации пара до нескольких микрометров. [36] Ниже будет показано, что электрическое равновесие в околоземном космическом пространстве подчиняется условию (2.65), т.е. потоки электронов примерно на 6 порядков интенсивнее потоков протонов. Это соответствует превышению на три порядка концентрации электронов в космическом пространстве и в земной атмосфере. В реальной электродинамике при оценке относительного вклада электронов и ионов в конденсационный нагрев воздуха необходимо учитывать, что центральное поле электрона состоит из числа силовых линий, на три порядка меньшего, чем у протона, и, следовательно, радиус аэрозольной частицы, выросшей на электроне, меньше, чем выросшей на протоне. Ввиду этого вклады электронов и ионов в нагрев атмосферы могут быть сравнимыми. Процесс конденсации пара на элементарных зарядах в атмосфере проявляется в корреляции покрытия Земли облаками с интенсивностью потоков космических лучей. [130][138][140]

Выведем зависимость мощности выделения тепла конденсации в атмосфере от скорости поступления в нее электронов и протонов. При электрическом токе через атмосферу I_f по параметру f (4.19) скорость поступления электронов в атмосферу с поверхности земли в единицу времени

$$\frac{dN_e}{dt} = \frac{1}{e_{ef}} I_f \simeq \frac{1}{e} \left(\frac{m_p}{m_e} \right) I_f, \quad 6.6$$

где I_e – измеряемый ток, а поток протонов из ионосферы

$$\frac{dN_p}{dt} = \frac{1}{e} I_p, \quad 6.7$$

где e , e_{ef} - заряды протона и электрона по параметру f .

Мощности потоков тепла, выделяющегося в атмосфере при конденсационном росте масс аэрозольных частиц на электроне и протоне до значений m_{ap} , m_{ae} в условиях приблизительной электрической нейтральности среды, равны

электроны

$$P_{ae} = m_{ae} R_c \frac{1}{e} \left(\frac{m_p}{m_e} \right) I_{ef}, \quad 6.8$$

протоны

$$P_{ap} = m_{ap} R_c \frac{1}{e_p} I_{pf}, \quad 6.9$$

где R_c - удельное тепло конденсации пара, m_{ae} , m_{ap} - массы аэрозольных частиц, конденсационно выросших на электроне и протоне. Соответственно может быть записано соотношение для произвольного иона. Плотность потока мощности тепла конденсации на электронах становится равной значению (6.5) при средних радиусах выросших частиц

$$r_{ae} = 5,0 \cdot 10^{-5} \text{ см.} \quad 6.10$$

Вклад ионов в конденсационный нагрев атмосферы зависит от среднего конечного радиуса вырастающих на них аэрозольных частиц. С учетом более сильного поля протона по сравнению с электронным максимальный радиус аэрозольных частиц, выросших на ионах, может быть на порядок большим. Однако и в этом случае вклад ионов в мощность тепловыделения в атмосфере с учетом отношений потоков (2.65) оказывается на три порядка меньшим, чем от присутствия электронов.

§ 6.3. Механизмы появления зарядов в атмосфере.

Заряды в нижнюю атмосферу извне могут поступать в виде электронов, положительных ионов и положительных остаточных зарядов неионизированных молекул воды. Источниками зарядов являются земная поверхность и верхняя атмосфера. Электроны и ионы могут возникать также в самой атмосфере при ионизации молекул.

Попадание зарядов в атмосферу с земной поверхности.

С земли заряды поступают в атмосферу

- в виде электронов,
- в виде остаточных зарядов молекул воды при испарении.

Положительные ионы также могут формироваться, однако направление электрического поля атмосферы в областях хорошей погоды способствует движению вверх только отрицательных зарядов. Влияние атмосферного поля на положительные остаточные заряды молекул воды несущественно по сравнению с силами диффузии молекул под действием градиентов концентрации и температуры.

Приток зарядов в атмосферу может быть естественного или искусственного происхождения.

Естественная компонента заряда в атмосфере возникает

-при ионизации верхней атмосферы коротковолновым излучением Солнца (в основном ультрафиолетовым и рентгеновским) и притоке положительной

компоненты в нижнюю атмосферу;

- при входе в атмосферу высокоэнергичных протонов космического происхождения и создании ими электрон-ионных лавин;
- при стекании электронов с заземлённых острий,
- при лесных пожарах,
- при ионизации воздуха эманациями радиоактивных веществ и радиоактивными веществами на поверхности.

Искусственная компонента эмиссии заряда начала существенно усиливаться с середины XIX века после начала развития электричества, промышленности и транспорта. К наиболее известным искусственным источникам тока в атмосфере относятся:

- сети высоковольтных линий электропередач,
- все виды горения искусственного происхождения, в основном выбросы газов двигателей промышленных предприятий, а также автомобильного и авиационного транспорта;
- острия мачт и других высоких сооружений;
- радиоактивные вещества искусственного происхождения.

Приток зарядов из ионосферы. Под действием ультрафиолетового и рентгеновского солнечного излучений в светлую половину суток атмосферный воздух ионизируется, начиная с высот порядка десятков километров. В атмосфере возникают элементарные заряды обоих знаков. В радиальном электрическом поле Земли, которое, согласно модели реальной электродинамики, продолжается до внешней границы магнитосферы, заряженные частицы движутся в противоположных направлениях в зависимости от знака заряда по параметру s . К этому типу движения, по видимому, можно отнести разделение ионосферного слоя F на два: F_1 и F_2 по высотам в дневную половину суток. В интерпретации реальной электродинамики положительные ионы первоначально единого нейтрального слоя должны ускоряться вниз, становиться центрами конденсации пара и участвовать в формировании облачности. Корреляция площадей покрытия земной поверхности облаками наблюдается с высокоэнергичными протонами космического происхождения [138]. Космические протоны создают на своём пути в атмосфере ливни вторичных электронов и ионов в концентрациях, на порядки превосходящие концентрацию первичных.

Электроны ионизируемого слоя F и отрицательные ионы должны удаляться от Земли и, как отмечено выше, либо уходить в космос (в приполярных областях, где силовые линии геомагнитного поля практически разомкнуты), либо наполнять магнитосферу отрицательным зарядом до эквипотенциальности магнитных оболочек (в умеренных и низких широтах). При суточном вращении Земли магнитосфера деформируется и эквипотенциальность оболочек нарушается. Это создает в магнитосфере токи перераспределения зарядов. Часть зарядов опускается в слои атмосферы ниже ионосферы и проявляется в виде утренних и вечерних полярных сияний, когда скорости

изменения форм магнитных оболочек максимальны. Мощность ионосферного источника зарядов меняется в зависимости от активности Солнца в коротковолновом диапазоне излучения и в потоках солнечного ветра.

Внутренняя ионизация атмосферного воздуха. Электроны и ионы могут возникать непосредственно в атмосфере под действием солнечного коротковолнового излучения, в лавинных процессах при пролете высокоэнергичных космических частиц, а также при распаде радиоактивных элементов в воздухе. Мощными искусственными источниками центров конденсации в атмосфере в 50-ые годы XX века были атмосферные ядерные взрывы, в 80-ых – катастрофа в СССР на черновобильской атомной электростанции, а в 2011 г – авария на японской атомной электростанции Фукусима-1.

§ 6.4. Повышение температуры за счет конденсации пара.

Из зависимости температуры среды от энергии, поступающей извне и излучаемой в космос (5.1)(6.8), следует, что средняя температура атмосферы в значительной степени зависит от плотности протекающего через нее электрического ток. Средняя мощность конденсационного нагрева, поступающая в столб атмосферы единичного сечения (6.5),

$$p_c = 88 \text{ Вт/м}^2, \quad 6.11$$

составляет 47% от всего поступающего тепла. Увеличение или уменьшение тока через атмосферу по естественной или искусственной причине должны приводить к соответствующему повышению или понижению притока тепла конденсации Δp_c и, следовательно, к повышению или понижению средней температуры воздуха. Согласно (6.8), изменение мощности поступления энергии в единичный столб атмосферы за счет конденсации пара на электронах связано с изменением тока электронов через атмосферу по параметру s равенством

$$\Delta p_c = m_{ae} R_c \frac{1}{e} \frac{1}{4S_e} \left(\frac{m_p}{m_e} \right) \Delta I_{aef} \quad 6.12$$

где m_{ae} – максимальная масса конденсационно выросшей на электроны аэрозольной частицы до радиуса (6.10), S_e – площадь большого круга Земли.

Деление (6.12) на суммарную поступающую в атмосферу мощность p_a из (6.5) позволяет выразить относительное изменение средней температуры атмосферы в зависимости от относительной вариации мощности процесса конденсации и тока через атмосферу

$$\frac{\Delta T_a}{T_a} = \frac{1}{4} \frac{\Delta p_c}{p_a} = \frac{1}{4} \frac{\Delta I_{ef}}{I_{ef}}. \quad 6.13$$

В случае ослабления тока через атмосферу до нуля, т.е. при прекращении

действия конденсационного нагрева

$$\Delta p_c = p_c \quad 6.14$$

понижение температуры было бы

$$\Delta T_{a \max} = - \frac{1}{4} T_a \frac{p_c}{p_a} . \quad 6.15$$

С учётом (6.5) это составляет

$$\Delta T_{a \max} = 34^\circ \text{ K} . \quad 6.16$$

При гипотетическом прекращении поглощения атмосферой солнечной энергии из-за исчезновения аэрозольной компоненты при отсутствии электрического тока через атмосферу суммарное понижение температуры воздуха могло бы быть

$$\Delta T_{c \max} = - \frac{1}{4} T_a \frac{p_c + p_v}{p_a} = 65^\circ \text{C} . \quad 6.17$$

Этот случай должен возникать при выравнивании потенциалов Земли и космоса.

В общем случае необходимо учитывать, что степень покрытия Земли облачностью зависит от мгновенной величины тока через атмосферу. Облачный покров изменяет альбедо земного шара, повышая отражённый поток солнечной энергии в космос и понижая поток, поглощённый землёй. Оценки (6.16)(6.17) показывают, что изменение альбедо даже на несколько процентов способно заметно изменять климат планеты.

Изменения климата на планете, наблюдавшиеся в её истории, и неоднократные смены биологических видов могли быть следствием циклического изменения приземной температуры из-за вариаций величины электрического тока через атмосферу.

§ 6.5. Коррекция погоды методом ионизации атмосферы.

Запас тепловой энергии атмосферы в виде кинетической энергии составляющих её молекул воздуха равен

$$W_a = \frac{M_a}{A m_p} 3kT = 1,3 \cdot 10^{24} \text{ Дж}, \quad 6.18$$

где M_a – масса атмосферы, $A = 29$ – средний атомный вес воздуха, k – постоянная Больцмана, T – средняя абсолютная температура воздуха.

Время, за которое запас энергии атмосферы без подпитки извне может

уменьшиться в e раз, равно

$$\tau_a = W_a / P_a = 5.10^2 \text{ суток.} \quad 6.19$$

где

$$P_a = 4S_e p_a ,$$

p_a – суммарный поток поступления энергии из (6.5), S_e – площадь большого круга Земли.

Относительно малое характерное время охлаждения (6.19), зависимость (6.13) и расчётные температуры воздуха без конденсации пара (6.16)(6.17) означают, что температура воздуха и термодинамическое состояние атмосферы, включая давление и движение воздушных масс, в значительной степени зависят от действующей величины тока через атмосферу. Большая доля тепла конденсации пара в жидкий аэрозоль в суммарной мощности нагрева атмосферы (6.5) позволяет в некоторых пределах искусственно изменять температуру атмосферы с помощью техники, увеличивающей или уменьшающей концентрацию ядер конденсации в атмосфере. При инъекции в атмосферу электронов с производительностью dN_e/dt мощность генерации тепловой энергии в атмосфере описывается зависимостью

$$P_{ag} = m_a R_c \frac{dN_e}{dt} , \quad 6.20$$

где, как и в (6.8), m_a – средняя масса конденсационно выросших аэрозольных частиц, R_c – удельное тепло конденсации пара.

Скорость поступления электронов в атмосферный воздух выражается через ток генератора электронов в атмосферу I_{ef}

$$\frac{dN_e}{dt} = \frac{m_p}{m_e} I_{ef} \frac{1}{e} . \quad 6.21$$

С учётом этого мощность генерации тепла в атмосфере (6.20) имеет вид, аналогичный (6.8)

$$P_{ag} = \frac{1}{e} m_a R_c \frac{m_p}{m_e} I_{ef} . \quad 6.22$$

В отличие от (6.8), мощность P_{ag} описывает переходящую в тепло энергию конденсации не в вертикальном столбе атмосферы единичного сечения, а во всей атмосфере. Мощность затрат P_{rg} на создание электронного тока в атмосферу I_{ef} с электрода, находящегося под потенциалом U относительно окружающего воздуха, равна

$$P_{rg} = I_{ef} U, \quad 6.23$$

поэтому выражение (6.22) может быть переписано в виде

$$P_{ag} = \frac{1}{eU} m_a R_c \frac{m_p}{m_e} P_{rg} \quad 6.24$$

или
$$P_{ag} = K_p P_{rg}, \quad 6.25$$

где
$$K_p = \frac{1}{eU} m_a R_c \frac{m_p}{m_e} \quad 6.26$$

- коэффициент выигрыша энергии.

Наиболее экономичные инжекторы электронов в атмосферу работают на принципе эмиссии электронов с провода, находящегося под высоким потенциалом.[41] При токе в атмосферу 1 мА по параметру f и потенциале на проводе порядка 10^2 кВ выигрыш энергии составляет

$$K_p = 2,3 \cdot 10^{11}.$$

6.27

При таком выигрыше энергии

имеется возможность изменять температуру воздуха, атмосферное давление и ход метеорологических процессов с помощью наземных установок с небольшими затратами энергии. [44]

При токе в атмосферу 1 мА поток ядер конденсации в атмосферу в 10^6 раз больше, чем при засеве облаков с одного самолета гигроскопической солью ($<10^{12}$ ядер/с), кристаллы которой также являются центрами конденсации. Ток 1 мА равен естественному току земля – космос в круге радиусом 7,3 км.

С 1996 г. технология ионизации атмосферы использовалась для увеличения осадков и снижения площадей лесных пожаров в традиционно засушливых северных районах Мексики, с 2004 по 2008 гг. – для создания осадков в восточных провинциях Кубы, а с 2011 г. – в Израиле. О масштабах эффектов воздействия на атмосферу позволяют судить космические снимки движения воздушных масс. На Рис.6.4 приведён пример стимулирования потока влажного воздуха через Мексику в период работы по наполнению водохранилища гидроэлектростанции Инфьернийо в засушливый весенний сезон 2008 г. На Рис. 6.5 представлен поток влаги, возникший в период работы по стимуляции осадков на Кубе в провинциях Ольгин и Лас Тунас осенью того же года.

Точками обозначены места расположения установок. Направления потоков определялись естественными крупномасштабными движениями воздушных масс в районе расположения установок. Роль установок состояла в задании места прохождения потока и увеличении его интенсивности.

На Рис. 6.6. приведён космический снимок стимулированного потока облачности через восточное побережье Средиземного моря при воздейст-

вии из окрестности г. Акко (Израиль).

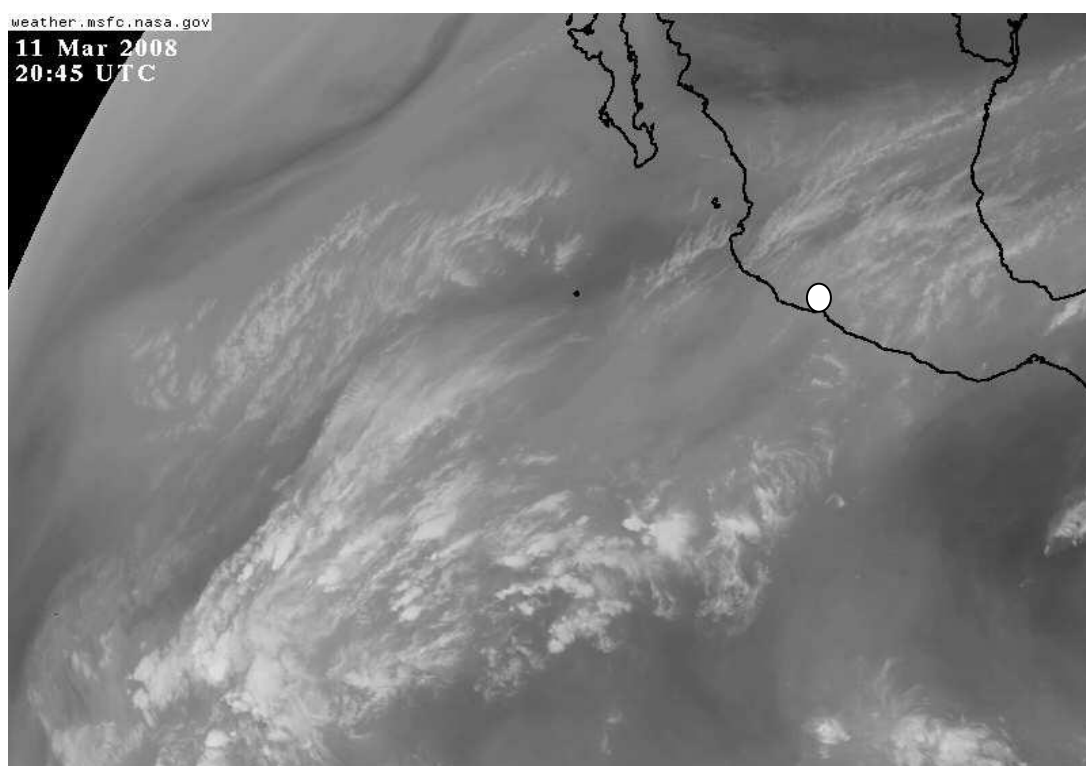


Рис.6.4. Влажный поток через Мексику в частоте излучения пара. Работа по наполнению водохранилища Инфьернийо. Белая точка – место расположения установок.

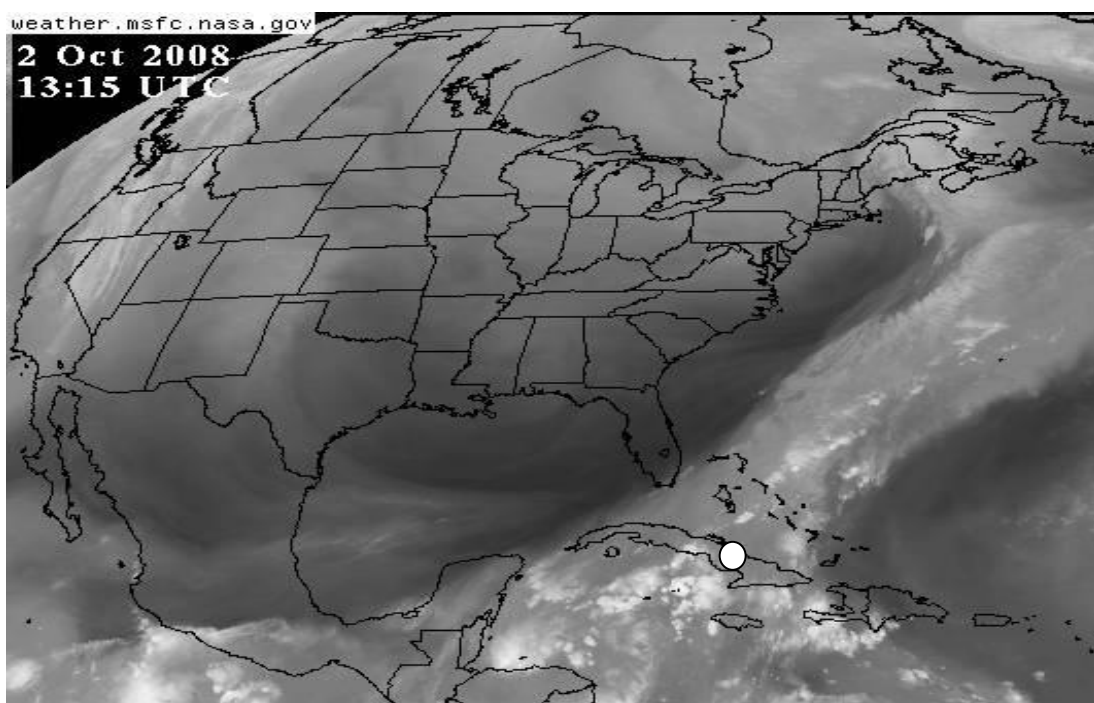


Рис.6.5. Влажный поток через Кубу. Работа по созданию осадков и наполнению водохранилища в провинциях Ольгин и Лас Тунас, 2008 г.

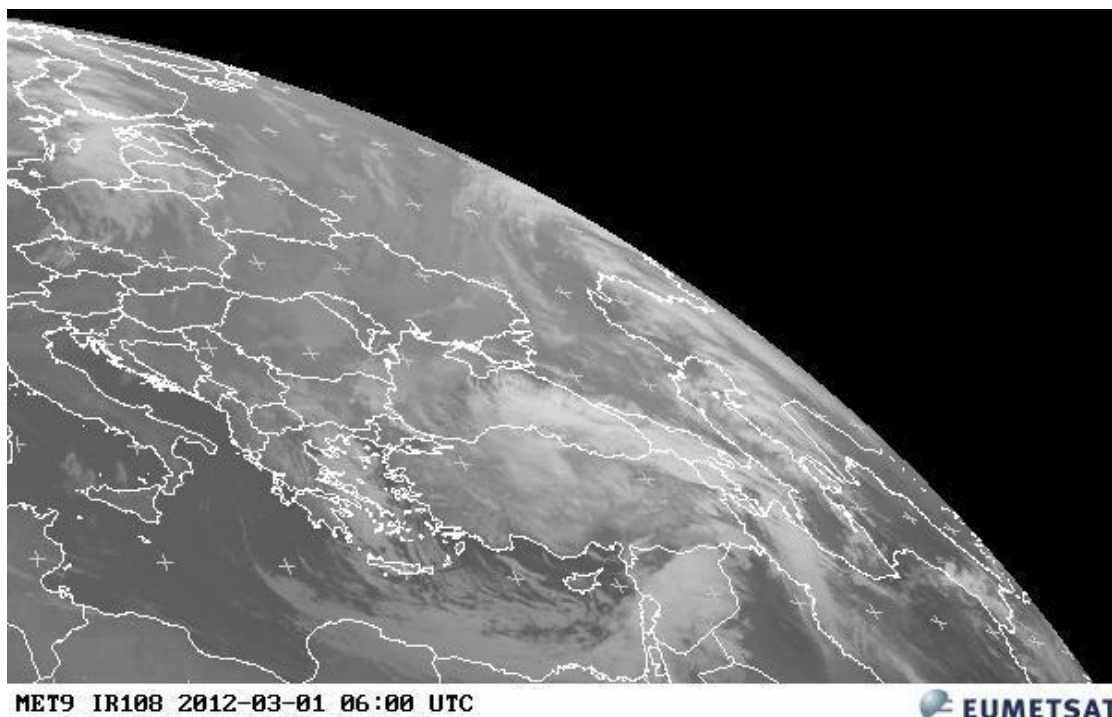


Рис.6.6. Стимулированное прохождение облачности над восточным берегом Средиземного моря при воздействии с севера Израиля (г.Хайфа).

Преимущество технологии стимуляции осадков методом ионизации атмосферы с наземных установок в сравнении с традиционным способом засева облаков ядрами конденсации или ледяными ядрами состоит в возможности искусственного создания потока влажного воздуха с больших акваторий внутрь континента (при засеве облаков используется атмосферная влага, содержащаяся в облаках над континентом), что позволяет увеличивать количество осадков на заданной территории на десятки процентов, не уменьшая их на соседних.

Опытные данные показывают, что радиус действия стандартной установки ELAT может достигать тысяч километров. Введение зарядов в атмосферу меняет потенциалы нижней и верхней атмосферы до высот ионосферы и там через электрически проводящий слой, эффект воздействия может распространяться на весь земной шар. При работе нескольких установок, удалённых друг от друга, неизбежно наложение эффектов. Для избежания нежелательных последствий независимой работы сетей установок в будущем предстоит создать единый глобальный координационный центр.

Глава 7

О механизме глобального потепления.

Показывается, что предполагаемое глобальное потепление не связано с повышением концентрации углекислого газа в атмосфере. Наиболее вероятной причиной искусственного изменения температуры атмосферы является работа сетей высоковольтных ЛЭП.

§ 7.1. Непричастность CO_2 к глобальному потеплению.

Последние десятилетия XX века стали наблюдаться климатические явления, из которых можно сделать вывод о росте средней температуры земной поверхности по крайней мере в северном полушарии. К наиболее надёжным свидетельствам потепления может быть отнесено уменьшение толщины ледяного покрова Северного Ледовитого океана. Доминирует мнение, что под глобальным потеплением следует понимать потепление атмосферы вследствие так называемого парникового эффекта. Идея эффекта построена на факте, что разные газовые компоненты воздуха имеют полосы поглощения электромагнитных волн на различных частотах. Согласно парниковой гипотезе, причиной предполагаемого роста температуры земной атмосферы является повышение концентрации газа CO_2 , имеющего в инфракрасном диапазоне частот широкую полосу поглощения в максимуме теплового излучения атмосферы (12,9 - 17,1 мкм). Предполагается, что в этом диапазоне атмосфера поглощает энергию теплового излучения, идущую от земной поверхности. Слабым моментом парниковой гипотезы является низкая концентрация углекислого газа относительно других газов в атмосфере. В таблице 7.1 приведён химический состав приземного воздуха.

Таблица 7.1.

Газ	Молекулярная масса а.е.м.	Объёмное Содержание у земли %	Число молекул в столбе атмосферы $10^{22}/\text{см}^2$
N_2	28	78	1724
O_2	32	20,9	404
Ar	40	0,93	14
H_2O	18	2 - 0,5	70 - 17
CO_2	44	0,0387	0,5

Парниковая идея на основе CO_2 базируется на факте аномально высокой температуры атмосферы Венеры, которая полностью состоит из углекислого газа. Возможные повышения температуры атмосфер на других планетах за счёт содержания в них CO_2 , исходя из гипотезы связи горячей атмосферы Венеры с её молекулярным составом, можно оценить в предположении, что энергия, поступающая в атмосферу за счёт парникового эффекта, пропор-

циональна концентрации CO_2 . Для этого плотность мощности солнечного излучения p , поглощаемая планетой, может быть записана в виде

$$p = p_s (1-A) \left(\frac{r_s}{r} \right)^2, \quad 7.1$$

где p_s – плотность мощности солнечного волнового излучения у солнечной поверхности, r_s – радиус Солнца, r – радиус орбиты планеты, A – сферическое альbedo планеты.

Плотность мощности солнечной энергии p , поглощаемой планетой, в среднем равна плотности мощности излучаемой ею в космическое пространство p_r . Плотность излучаемой мощности связана со средней температурой поверхности равенством

$$p = p_r = \sigma_{\text{sb}} T_a^4. \quad 7.2$$

Температуры атмосфер планет солнечной системы без парникового эффекта могут быть выражены через среднюю температуру атмосферы у земной поверхности T_e также без парникового эффекта из пропорции

$$\frac{T}{T_e} = \left(\frac{1-A}{1-A_e} \right)^{1/4} \left(\frac{r_e}{r} \right)^{1/2}, \quad 7.3$$

где r_e, r – средние радиусы орбит, A_e, A – сферические альbedo Земли и планеты.

Температура земной атмосферы без парникового эффекта неизвестна, поэтому при расчётах за опорную лучше принимать температуру поверхности Меркурия, который практически не имеет атмосферы.

Если превышение температуры атмосферы Венеры относительно расчётной без парникового эффекта считать результатом взаимодействия потока инфракрасного излучения с углекислотной компонентой атмосферы, то на других планетах повышения температур атмосфер ΔT_2 могут быть выражены через повышение температуры на Венере из пропорции с учётом (7.2) и (7.3)

$$\Delta T_2 = \Delta T_v \left(\frac{1-A}{1-A_v} \right)^{1/4} \left(\frac{n_{\text{CO}_2}}{n_{\text{vCO}_2}} \right)^{1/4} \left(\frac{r_v}{r} \right)^{1/2}, \quad 7.4$$

где, r, r_v – средние радиусы орбит планет и Венеры, $n_{\text{CO}_2}, n_{\text{vCO}_2}$ – процентные содержания углекислого газа в атмосферах планет и Венеры соответственно, ΔT_v – предполагаемое парниковое повышение температуры атмосферы Венеры.

Расчёты повышения температур на четырёх планетах за счёт предполагаемого парникового эффекта приведены в таблице 7.2. В таблице: 1 – расстояния планет от Солнца, 2 – доля солнечного излучения, поглощаемая планетой, 3 – давление атмосферы у поверхности планеты в единицах давления приземной атмосферы, 4 – содержание углекислого газа в процентах отно-

сительно всего газа атмосферы, 5 – измеренная температура атмосферы у поверхности планеты (или на некоторой высоте, случай Юпитера), 6 – расчётная температура атмосферы у поверхности планеты без парникового эффекта, 7 – предполагаемый парниковый нагрев как разность фактической (6) и расчётной (5) температур у поверхности, 8 – предполагаемое парниковое повышение температуры, рассчитанное из (7.4), 9 – разность фактического и расчётного повышений температуры за счёт парникового эффекта.

Таблица 7.2.

		Меркурий	Венера	Земля	Марс	Юпитер
1	$r, 10^{11} \text{ м}$	0,579	1,08	1,50.	2,28	7,78
2	$(1 - A)$	0,881	0,1	0,71	0,75	0,66
3	Давление в атм.	$2 \cdot 10^{-12}$	92	1	$1 \cdot 10^{-2}$	22
4	Содерж. CO_2 %	3,6	96,5	$3,8 \cdot 10^{-2}$	95,5	0
5	T_g (измер ср.) $^{\circ}\text{K}$	400	737	287	227	426
6	T_o (без п. эфф.) $^{\circ}\text{K}$	400*	232	229	197	92
7	$\Delta T_1 = T_g - T_o$ $^{\circ}\text{K}$	-	505	58	30	334
8	ΔT_2 из (7.4) $^{\circ}\text{K}$	497	505**	99	573	0
9	$\Delta T_1 - \Delta T_2$ $^{\circ}\text{K}$	-	0***	- 41	- 543	308

* – температура атмосферы принята равной температуре поверхности,

** – разность температур, принятая для расчётов в (5.64) и (5.6)

*** – предположение.

Согласно (7.4), для повышения температуры земной атмосферы на оцениваемое значение с начала промышленной революции на Земле в течение 150 лет

$$d \Delta T_e = 0,7 \text{ } ^{\circ}\text{K} \quad 7.5$$

концентрация углекислого газа в земной атмосфере должна была бы увеличиться на

$$\Delta n_{\text{CO}_2} = 4 n_{\text{CO}_2} \frac{d\Delta T}{\Delta T_e} = 4,8 \cdot 10^{-2}. \quad n_{\text{CO}_2} = 4,8 \% . \quad 7.6$$

Фактическое же повышение концентрации CO_2 за этот период оценивается в 30%. Согласно (7.4), такое повышение концентрации соответствует росту температуры земной атмосферы на

$$d \Delta T_e = 4,4 \text{ } ^{\circ}\text{K}. \quad 7.7$$

Повышение температуры (7.7) слишком большое, но всё же не решающее в вопросе о состоятельности парниковой гипотезы. Решающим дефектом гипотезы является расхождение расчётных и фактических значений на Марсе и Юпитере. На Марсе атмосфера, как и на Венере, практически полностью состоит из углекислого газа, однако парникового эффекта не наблюдается. Превышение расчётной температуры над фактической составляет 573° . Это невозможно отнести к погрешности даже оценочного расчё-

та. На Юпитере ситуация обратная. В его атмосфере газ CO_2 отсутствует, однако превышение температуры относительно расчётной составляет 334° . Это свидетельствует либо о существовании другого парникового элемента, либо о принципиально другом механизме дополнительного нагрева атмосферы. Совокупность результатов позволяет заключить, что

- корреляция повышения температур планетных атмосфер с концентрацией в них CO_2 отсутствует.

Из этого можно сделать вывод, что предположение о росте средней температуры земной атмосферы за счёт поглощения энергии излучения в инфракрасном диапазоне частот изначально ошибочно.

Из-за наличия полос поглощения в инфракрасной области к парниковым газам следует относить и водяной пар. Однако для объяснения роста температуры земной атмосферы за счёт парникового эффекта на воде оказывается необходимым допустить рост концентрации пара в глобальном масштабе. Для этого требуется дополнительный непарниковый механизм нагрева атмосферы.

Нагрев атмосферы может происходить за счёт увеличения притока солнечной энергии при уменьшении альбедо Земли. Альбедо уменьшается при сокращении площади поверхности, закрытой облачностью. С точки зрения реальной электродинамики такой вековой эффект естественного и искусственного происхождения в высокой степени вероятен.

§ 7.2. Другие механизмы потепления.

Конденсация пара в аэрозоль.

Согласно зависимости (6.8), все естественные и искусственные источники электронов и ионов на Земле приводят

- к усилению тока через атмосферу,
- к повышению мощности процесса конденсации пара в жидкий аэрозоль,
- к увеличению поступления тепла конденсации в атмосферу и в итоге
- к росту её температуры.

Максимально возможные понижения температуры атмосферы при равенстве нулю электрического тока через неё (6.16)(6.17) показывают, что глобальное потепление за счёт непреднамеренного искусственного увеличения тока в атмосферу – процесс достаточно мощный для объяснения потепления. В таблице 7.3 приведены расчёты температур и повышений температур атмосфер планет за счёт конденсации в аэрозоль пара какого либо элемента. В таблице: \mathbf{A} – сферическое альбедо, \mathbf{p} – давление атмосферы планеты у поверхности в единицах давления земной атмосферы, \mathbf{T}_f – фактическая температура атмосферы у поверхности планеты, \mathbf{T}_r – температура без учёта тепла конденсации, $\Delta\mathbf{T}$ – возможное повышение температуры атмосферы за

счёт конденсации элемента в аэрозоль. За опорную температуру при расчётах температуры приземной атмосферы на Земле без конденсационного нагрева принята температура поверхности Меркурия.

Таблица 7.3.

		Меркурий	Венера	Земля	Марс	Юпитер
1	T_f фактич. °K	400	733	287	227	> 426
	1-A	0,881	0,1	0,88	0,75	0,66
2	T_r без нагрева °K	400	232	237	197	93
3	$\Delta T = T_f - T_r$ °K	0	540	50	21	> 329
4.	Элемент с периодическими фазовыми переходами	H ₂ O	H ₂ O CO ₂ ? SO ₂	H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O CH ₄ NH ₄ HS

Повышение температуры за счёт конденсации элемента в аэрозоль принято равным среднему от двух значений (6.16)(6.17)

$$\Delta T_c = 50 \text{ °K.}$$

Для этого значения ΔT_c температура земной атмосферы без тепла конденсации

$$T_{eo} = T_e - \Delta T_c = 237 \text{ °K.} \quad 7.8$$

С учётом (6.8) (6.12)(6.15) действительны следующие пропорции

$$\frac{\Delta I_a}{I_a} = \frac{\Delta P_a}{P_a} = 4 \frac{\Delta T_a}{T_a}. \quad 7.9$$

Из (7.9) дополнительный ток по параметру f , необходимый для повышения температуры атмосферы за счёт конденсации пара на ΔT_a градусов, равен

$$\Delta I_{ef} = 4 \frac{I_{af}}{T_a} \Delta T_a. \quad 7.10$$

При токе электронов через атмосферу (4.33) и средней расчётной температуре воздуха у земной поверхности без конденсационного нагрева (7.8) для повышения температуры земной атмосферы на 0,7 градусов суммарный электрический ток в атмосферу со всех земных источников электронов должен увеличиться на

$$\Delta I_{ef} = 37 \text{ A.} \quad 7.11$$

Ионизация воздуха при горении.

Горение любого типа сопровождается ионизацией воздуха. В лаборатории это легко наблюдать по увеличению электрической проводимости воздуха или по возникновению электрических разрядов в воздушном промежутке между электродами, к которым приложена разность потенциалов и

поднесён открытый огонь. Все источники горения на планете, в том числе камеры сгорания автомобилей, турбины самолётов, двигатели промышленных предприятий, создают в совокупности поток электронов в атмосферу. При росте на них жидкого аэрозоля выделяется тепло с коэффициентом умножения (6.27) относительно энергии ионизации, т.е. на многие порядки большая, чем энергия окисления горящего вещества. Можно думать, например, что когда для вызывания дождя наши предки жгли костры и устраивали вокруг них ритуальные танцы, в воздух поступали электроны. Количество тепла конденсации влаги на электронах могло быть достаточным для возникновения восходящих потоков, формирования грозowych облаков и выпадения осадков. В настоящее время для защиты плантаций от заморозков иногда используют сеть газовых горелок. В реальной электродинамике данный метод борьбы с заморозками получает количественное обоснование и может быть рекомендован для практического использования.

Масштаб нагрева атмосферы за счёт ионизации воздуха при горении многие десятилетия оставался за пределами внимания учёных ввиду доминировавшего десятилетиями предубеждения о невозможности роста аэрозольных частиц на элементарных зарядах в условиях земной атмосферы.

Увеличение притока солнечной энергии.

Поток солнечной энергии, поглощаемый Землёй, определяется относительной величиной отражённой компоненты – альбедо. Альбедо пропорционально площади Земли, закрытой облачностью, обладающей повышенной отражающей способностью. Увеличение поглощённого потока солнечной энергии соответствует уменьшению земной поверхности, закрытой облачностью. Поток электромагнитного излучения от Солнца на орбите Земли равен 1376 Вт/м^2 , т.е. велик по сравнению с оцениваемой мощностью конденсационного нагрева атмосферы ($\sim 88 \text{ Вт/м}^2$). С учётом этого можно заключить, что изменение альбедо способно играть главную роль при создании вариаций температуры земной поверхности и контактирующей с ней приземной атмосферы. Снижение суммарной площади облаков в земной атмосфере возможно как за счёт уменьшения в ней числа центров конденсации, т.е. числа электронов, так и за счёт их увеличения относительно некоторого оптимального числа.

Искусственно непреднамеренно удалять электроны из атмосферы или переполнять атмосферу электронами способны технические системы глобального масштаба. К ним относятся континентальные сети высоковольтных линий электропередач (ЛЭП). Значимое воздействие сетей ЛЭП на метеорологические процессы в глобальном масштабе подтверждается следующими фактами.

На рис. 7.1. приведены качественные экспериментальные зависимости токов утечки в атмосферу с поверхности провода, находящегося под постоянным высоким положительным или отрицательным потенциалом относительно земли. Из зависимостей следует, что в случае линии переменного

тока и при амплитудных значениях потенциала U_0 ниже критического U_k ток провод-воздух соответствует отбору электронов из атмосферы, а при более высоких значениях - инъекции электронов в атмосферу. Нормальной работе ЛЭП соответствуют амплитудные значения потенциала U_0 на проводе ниже критического значения начала коронного разряда

$$|U_0| < |U_k|. \quad 7.12$$

В этом режиме работы происходит отбор электронов из воздуха и смещение отрицательного объёмного заряда атмосферы в положительную сторону. Если же амплитудное значение потенциала на проводе превышает критическое значение U_k , то эффект становится обратным, т.е. атмосфера может перенасыщаться электронами.

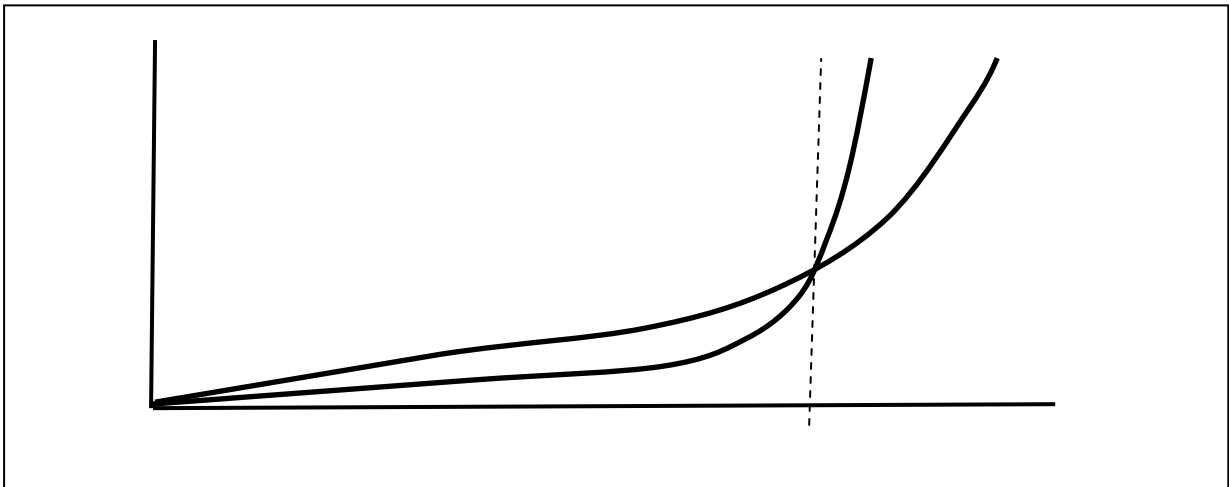


Рис.7.1. Ток I в атмосферу в зависимости от величины потенциала на проводе при его положительном (1) и отрицательном (2) знаке.

Предположение, что основная масса ЛЭП переменного тока на земле работает с соблюдением условия (7.12), соответствует заключению, что многолетняя работа континентальных сетей ЛЭП индустриально развитых стран ответственна за снижение площади облачного покрова в северном полушарии из-за снижения количества центров конденсации в атмосфере в виде электронов. При работе ЛЭП в режиме

$$|U_0| > |U_k| \quad 7.13$$

происходит перенасыщение атмосферы центрами конденсации. В этом случае аэрозольные частицы при конденсационном росте на электронах из-за дефицита пара могут не достигать микронных размеров, ввиду чего атмосфера остаётся почти не отражающей в видимой части диапазона частот солнечного излучения, т.е. в максимуме потока энергии. Весь солнечный поток поступает на земную поверхность.

Воздействие более развитых сетей ЛЭП стран северного полушария должно приводить к рассеянию облачности на этой части Земли и, соответственно, к повышению площадей облачности в южной половине земного шара. В пользу возникновения асимметрии в площадях, закрытых облачностью в северном и южном полушариях, свидетельствуют некоторые данные о росте ледников в Антарктиде при одновременном утоньшении и снижении площади ледяного покрова в Северном Ледовитом океане.

К эффектам воздействия высоковольтных ЛЭП следует отнести и следующие факты.

- В 1965 г. была введена в эксплуатацию Волжская ГЭС с высоковольтной ЛЭП, идущей на юго-запад. С того года уровень Аральского моря начал ускоренно понижаться. В атмосфере возникла зона отсутствия облачности и осадков. Эффект воздействия ЛЭП Волжской ГЭС запечатлён на космическом снимке, сделанном 21 марта 1991 г. со спутника “Метеор” (Рис.7.2).

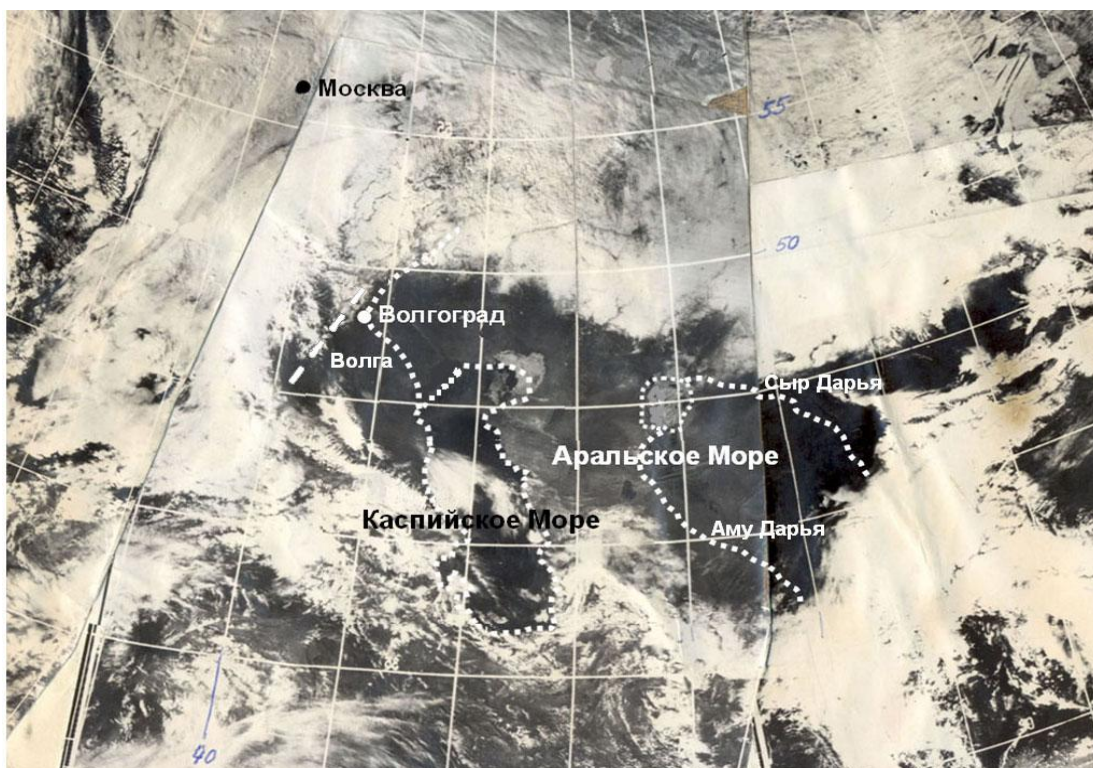


Рис.7.2. Рассеяние облачных масс ЛЭП Волжской ГЭС за счёт предполагаемого изменения концентрации центров конденсации в атмосфере.. Направление ЛЭП обозначено пунктиром. Снимок 21 марта 1991 г.

На снимке видно непрохождение зоны пролегания ЛЭП облачностью, идущей с запада - северо-запада в Приаралье. Изменение траекторий воздушных потоков увеличивало осадки на территории водосбора Волги, что приводило к повышению уровня Каспийского моря. Рассеяние облачности повышало приток солнечной энергии в зону и среднюю температуру при-

земного воздуха, увеличивало скорость испарения воды с орошаемых сельскохозяйственных площадей и снижало количество осадков в районах водосбора рек Сыр Дарья и Аму Дарья. В конечном итоге совокупность эффектов привела к высыханию Аральского моря.

- 17 августа 2009 г. случилась катастрофа на Саяно-Шушенской ГЭС. Высоковольтные ЛЭП гидроэлектростанции были обесточены. В сентябре событие сопровождалось аномальными ливневыми осадками и наводнениями последовательно в Испании, Италии, Греции, Турции и на восточном побережье Каспийского моря, т.е. перемещение крупномасштабного атмосферного фронта совершалось на восток к ГЭС.

- Весной 2010 г. Саяно-Шушенская ГЭС возобновила работу. И вновь, но в обратном направлении, - с востока на запад - начал перемещаться атмосферный ударный фронт, который сопровождался наводнениями в европейских странах. Одновременно в европейской части России установился стационарный антициклон с рекордным повышением температуры воздуха и аномальным снижением влажности и количества осадков. В районах наиболее густого пролегания ЛЭП возникли лесные пожары.

Перечисленные факты позволяют упомянуть четвёртый случай, остающийся без объяснения из-за отсутствия у автора сведений о введении в эксплуатацию высоковольтных линий в России:

- В 2002 г. в европейской части России возник стационарный атмосферный фронт, который сопровождался ливневыми осадками и наводнениями на пути естественного западно-восточного переноса воздушных масс через Европу. В течение недель фронт отодвигался к западу, создавая наводнения сначала в восточноевропейских, а затем в западноевропейских странах до Атлантического побережья. Этот эффект мог быть вызван введением в строй ЛЭП большой протяжённости, в частности между Россией и европейскими странами.

До настоящего времени западно - восточный перенос влаги с атлантического побережья к Уральским горам нарушен. Потоки часто идут в обход Европы с севера и юга, создавая контрасты температуры на средних широтах европейской части России. Предполагаемая схема механизма глобального потепления земной поверхности и приземной атмосферы в реальной электродинамике приведена на Рис.7.3.

В будущем суммарная мощность процесса поступления центров конденсации в атмосферу с земной поверхности должна быть отрегулирована. Это может быть сделано с помощью сети наземных генераторов объёмных зарядов типа ELAT.

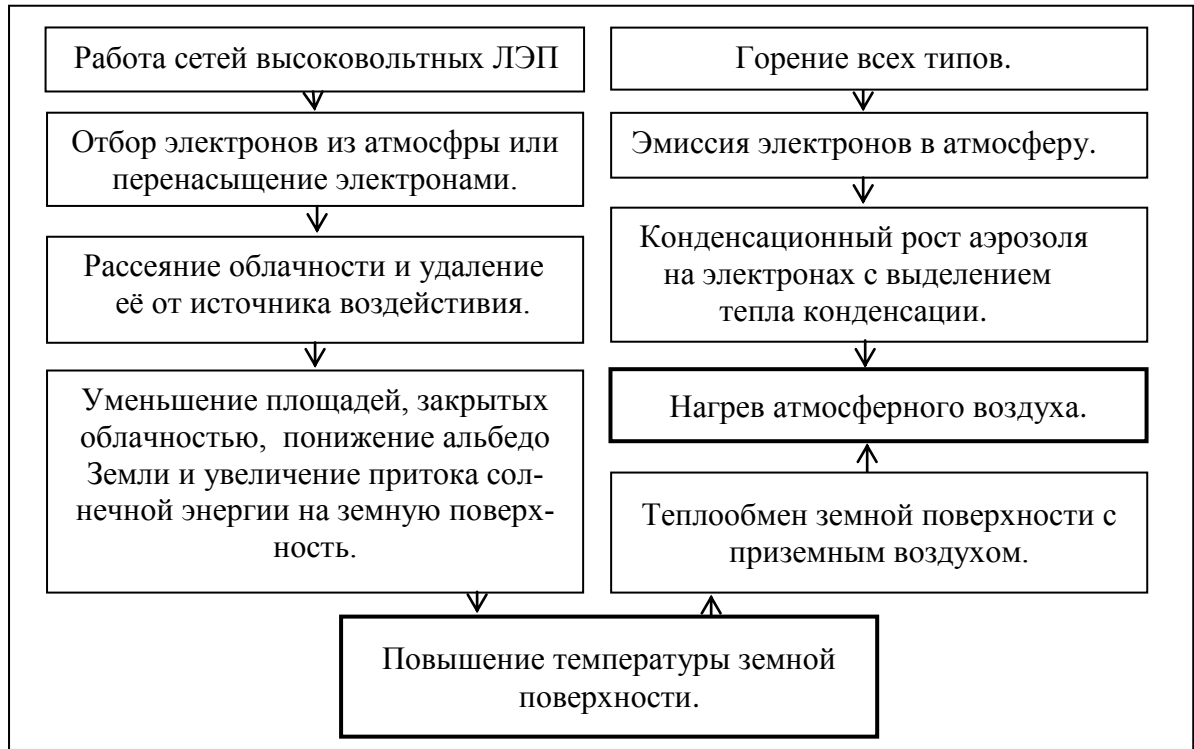


Рис.7.3. Схема техногенных процессов, приводящих к потеплению земной поверхности и атмосферы

Глава 8.

Измерение зарядов.

Показывается, что из-за дефектности уравнения Пуассона и вероятного существования остаточных зарядов у неионизированных атомов используемые методы измерения плотности заряда в атмосфере приводят к ошибочным результатам. Описаны устройства для корректного измерения этого параметра. Показывается, что испарение позволяет определять величину и знак остаточного заряда у неионизированной молекулы жидкости. Приводятся результаты измерения удельных зарядов, разделяющихся при испарении воды и углекислоты. [46][59][61]

В изложенной картине электрического взаимодействия Земли с космосом главным параметром, определяющим термодинамические процессы в земной массе и атмосфере, является плотность объёмного заряда. В связи с этим большое значение имеет его корректное измерение.

В классической электродинамике земные недра и космическая среда подразумеваются электрически нейтральными в смысле отсутствия в них объёмных зарядов. Прямых методов оценки объёмных зарядов в этих средах нет, а косвенные – на основе измерений потоков заряженных частиц – не позволяют получить надёжные заключения ввиду трудности учёта потоков частиц во всём диапазоне энергий. Единственной областью пространства, где присутствие объёмных зарядов уверенно определяется, является нижняя атмосфера. Существование избыточных зарядов подтверждается высотной зависимостью градиента электрического потенциала и грозовой активностью. Для измерения плотности заряда в атмосферном воздухе используются методы, основанные на принципах:

- 1) измерения вертикального градиента потенциала атмосферы и применения уравнения Пуассона;
- 2) фильтрации воздуха и замера отфильтрованного заряда [86].

В представлениях реальной электродинамики оба принципа содержат серьёзные дефекты, не позволяющие делать правильные количественные заключения о плотности избыточного заряда в атмосферном воздухе и даже о его знаке.

§ 8.1. Ошибка при использовании уравнения Пуассона.

Для определения величины и знака объёмного заряда в приземной атмосфере с использованием уравнения Пуассона последнее записывается в одномерном приближении в конечной разности градиентов электрического потенциала ϕ на двух высотах h_1 и h_2

$$\left(\frac{d\phi_1}{dh} - \frac{d\phi_2}{dh} \right) / (h_1 - h_2) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} q, \quad 8.1$$

где под q подразумевается средняя плотность заряда между высотами.

С точки зрения реальной электродинамики в этом уравнении, согласно (2.35), справа вместо заряда q должна быть разность натуральных абсолютных плотностей заряда на двух высотах, т.е.

$$q = q_1 - q_2 = \Delta q_{1,2} . \quad 8.2$$

Согласно (8.2), абсолютный заряд воздуха не участвует в создании градиента потенциала. Измеряется только разность плотностей на двух высотах. При их равенстве левая часть (8.1) обращается в ноль и, согласно классической электродинамике, объёмный заряд в воздухе отсутствует. Из (2.32) же следует, что абсолютная плотность заряда не измеряется и может быть сколь угодно велика.

Рассчитанный с помощью (8.1) знак заряда зависит от направления градиента плотности заряда между двумя высотами. Он может совпадать или быть противоположным знаку фактического заряда. Ввиду этого знак заряда воздуха также остаётся неопределённым.

§ 8.2. Ошибка при измерении плотности заряда методом фильтрации ионов.

Метод фильтрации состоит в отделении ионов от нейтральных молекул и в измерении их суммарного заряда. Обычно используются механические или электрические фильтры. При измерении предполагается абсолютная нейтральность неионизированных молекул воздуха. Заряд рассчитывается по измеренному потенциалу фильтра относительно земли или по току в цепи фильтр - земля. Плотность заряда определяется делением вычисленного заряда на объём воздуха, прошедший через фильтр.

В условиях существования остаточных зарядов (1.43) измеряемая плотность объёмного заряда газа q складывается из плотностей элементарных зарядов ионов q_i и остаточных зарядов q_m неионизированных молекул

$$q = q_i + q_m . \quad 8.3$$

При прохождении газа через фильтр на последнем выделяется только ионная компонента. Остаточные заряды молекул уходят с газом и остаются неизмеренными. О необходимости учёта остаточных зарядов при определении объёмного заряда свидетельствует следующая оценка. Концентрации ионов в невозмущённой приземной атмосфере варьируются в пределах

$$n_i = 10^7 - 10^{10} \text{ м}^{-3} .$$

При остаточном заряде протон-электронной пары величиной

$$e_n \approx 10^{-18} e$$

плотность заряда, создаваемая неионизованными молекулами в приземном воздухе, соответствует концентрации элементарных зарядов

$$n_{in} \approx 10^{-18} e \frac{\rho_a}{m_p} = 8 \cdot 10^8 \text{ м}^{-3},$$

где ρ_a – плотность массы воздуха, m_p – масса протона.

Как видно, в воздухе плотность остаточных зарядов молекул может превосходить плотность зарядов ионов или электронов. Ввиду этого плотность заряда воздуха, измеренная фильтрами, может не отвечать реальности по величине и даже по знаку.

Дефектность двух главных методов измерения объёмного заряда показывает, что

до настоящего времени плотность объёмного заряда в атмосфере остаётся не измеренной.

§ 8.3. Камерный измеритель плотности заряда газа.

Принципиальный дефект измерителей плотности объёмного заряда воздуха, построенных на принципе фильтрации, устраняется при использовании устройства, представленного на Рис. 8.1.

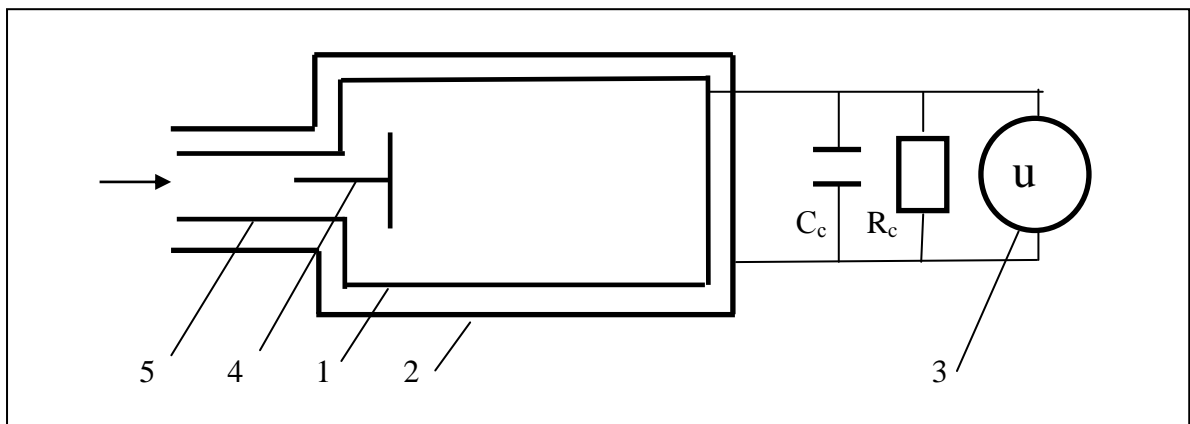


Рис. 8.1. Схема измерителя плотности объёмного заряда газа.

Устройство состоит из металлической камеры 1 объёмом V_c , электрически проводящего экрана 2, окружающего камеру, и измерителя разности потенциалов между камерой и экраном или тока в цепи камера – экран 3. C_c – электрическая емкость, R_c – действующее омическое сопротивление между камерой и экраном. Перед измерением из камеры при закрытом клапане 4 откачивается воздух. Процедура измерения заключается в напуске исследуемого воздуха в камеру и измерении разности потенциалов между каме-

рой и экраном до и после напуска. Могут быть использованы два варианта измерения:

1. Напуск газа происходит в течение короткого интервала времени

$$\Delta t \ll R_c C_c.$$

В этом варианте плотность заряда определяется из соотношения

$$q = (4\pi\epsilon_0) C_c (\varphi - \varphi_0) \frac{1}{V_c}, \quad 8.4$$

где $\varphi - \varphi_0$ – разность начального и конечного значений потенциала камеры.

2. Натекание газа происходит долго, т.е. выполняется неравенство

$$\Delta t \gg R_c C_c.$$

В этом случае плотность заряда может оцениваться по скорости роста потенциала $d\varphi/dt$ при известной скорости натекания газа dV_c/dt :

$$q = C_c \frac{d\varphi}{dt} / \frac{dV_c}{dt}. \quad 8.5$$

или из соотношения

$$q = I / \frac{dV_c}{dt}. \quad 8.6$$

где I – ток в цепи камера – экран.

В отличие от традиционного метода фильтрации устройство позволяет измерять абсолютную величину и знак всего объёмного заряда воздуха, включая компоненту, создаваемую остаточными зарядами неионизированных молекул. На Рис. 8.2 представлен пример переносного камерного измерителя плотности заряда в приземном воздухе.

§ 8.4. Измерение остаточных зарядов камерным измерителем плотности зарядов.

Камерный измеритель может быть использован для определения остаточных зарядов молекул газа. В этом случае газ перед поступлением в камеру должен быть очищен от элементарных зарядов. Для этого на входе измерителя устанавливается ионный фильтр, после которого в камеру поступают только нейтральные молекулы газа. Величина и знак остаточного заряда e_m молекулы с атомным весом A определяются из зависимости

$$e_m = \frac{A m_p}{\rho} q, \quad 8.7$$

где m_p – масса протона, ρ – плотность массы газа, q – измеренная плотность заряда (8.5) или (8.6).

Плотность заряда определяется по параметру f .



Рис.8.2. Переносной измеритель интегральной плотности заряда воздуха.

§ 8.5. Измеритель вариаций параметра q/ρ .

В основу метода положено выражение, обобщающее теорему Остроградского - Гаусса на случай реальной объёмно заряженной среды или е-массивного тела (2.30)

$$\Pi = \oint_s [\vec{E} \vec{n}] ds \cong \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \pi \alpha_e \left(\frac{q_b}{\rho_b} - \frac{q}{\rho} \right) S_b, \quad 8.8$$

где Π – поток напряжённости электрического поля через поверхность тела площадью S_b ; q_b, ρ_b, q, ρ – плотности заряда и массы в теле и в окружающей среде

Выражение (8.8) позволяет использовать принципиально новое устройство для измерения вариаций плотности объёмного заряда в протяжённой объёмно заряженной среде по параметру f . Схема устройства изображена на Рис.8.3. Устройство состоит из электрически проводящего тела 1 массой M_b , которое окружено электростатическим экраном 2. Между телом и экраном измеряется разность потенциалов или электрический ток. Экран может быть изолированным от окружающей среды или иметь с ней электрический контакт. Согласно реальной электродинамике проводящее тело, находящееся в объёмно заряженной среде и контактирующее с ней, в интервалах времени

$$\Delta t > R_b C_b,$$

где R_b – сопротивление, а C_b и электрическая ёмкость между телом и экраном, должно находиться с ней в состоянии электродинамического равновесия (2.11), при котором отношения натуральных плотностей заряда и массы в теле q_b, ρ_b и среде q, ρ при е - массивности тела равны

$$\frac{q_b}{\rho_b} = \frac{q}{\rho}. \quad 8.9$$

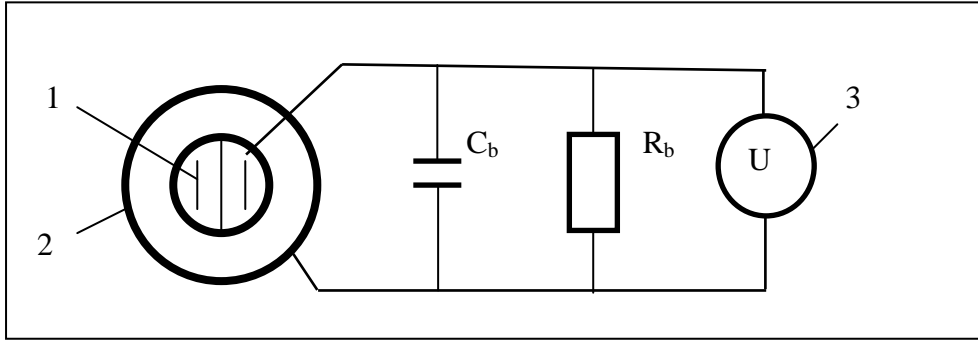


Рис.8.3. Схема измерителя вариаций плотности объёмного заряда сред. 1 - электрически проводящая масса, 2- экран, 3- измеритель постоянного тока .

Для некоторого момента времени это равенство можно записать через массу и начальный заряд тела или начальные плотности заряда и массы среды

$$\frac{Q_{bo}}{M_b} = \frac{q_o}{\rho_o}. \quad 8.10$$

При изменении в среде отношения плотностей от значения q_o/ρ_o до q_1/ρ_1 за время $\Delta t \ll R_b C_b$ на теле возникает избыточный заряд Q_b по параметру f , определяемый равенством

$$Q_{bf} = - M_b \left(\frac{q_1}{\rho_1} - \frac{q_o}{\rho_o} \right). \quad 8.11$$

Избыточный заряд создаёт разность потенциалов между телом и экраном

$$\Delta\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_o} \frac{1}{C_b} M_b \left(\frac{q_o}{\rho_o} - \frac{q_1}{\rho_1} \right). \quad 8.12$$

При времени измерения $\Delta t \gg R_b C_b$ между телом и экраном течёт электрический ток

$$I_f(t) = M_b \frac{d}{dt} \left(\frac{q}{\rho} \right). \quad 8.13$$

Если плотность массы в среде ρ не изменяется, то ток I пропорционален

скорости изменения плотности заряда среды

$$I_f = \frac{M_b}{\rho} \frac{dq}{dt} . \quad 8.14$$

В каждый последующий момент времени t плотность объёмного заряда в среде с неизменяющейся плотностью массы может быть определена интегрированием этого равенства

$$q_f(t) = \frac{\rho}{M_b} \int_0^t I(t) dt + q_f(0) , \quad 8.15$$

где $q(0)$ – плотность заряда в начальный момент времени.

Как видно, для перехода к абсолютным значениям плотности заряда необходимо определить его хотя бы в один момент времени. С помощью данного измерителя это сделать невозможно. Абсолютное значение может быть измерено только с помощью камерного измерителя плотности заряда, описанного в предыдущем параграфе.

Измеритель вариаций плотности заряда обладает ценным качеством: экран устройства может быть выполнен полностью герметичным и защищать от среды все элементы устройства, включая измерительный блок. При таком исполнении

прибор позволяет измерять вариации плотности заряда в твёрдых, жидких или газообразных средах с произвольной электрической проводимостью, в том числе в земной массе, в воде, в земной атмосфере и в космической среде.

В 1980 г. автором были проведены пробные наземные измерения вариаций отношения плотностей заряда и массы на земле и с борта самолета. В опытах использовались тело массой в 2 кг и усилитель тока чувствительностью до 10^{-15} А. На земле устройство уверенно показывало суточные изменения тока, а на самолёте – зависимость тока от высоты полёта и времени суток.

§ 8.6. Измерение остаточных зарядов молекул методом испарения жидкости.

Для неионизированной молекулы поверхность раздела жидкость - газ не является большим потенциальным барьером. Это следует из факта испарения жидкостей при температурах, соответствующих тепловым энергиям, значительно более низким, чем энергии ионизации атомов ($kT \ll 1\text{эВ}$). В то же время для электрона, свободного в пределах жидкости, проход через

поверхность раздела жидкость - газ при обычных температурах мало вероятен из-за сильных связей с окружающими поляризующимися в его поле молекулами жидкости. Это позволяет отделить испарённые молекулы жидкости от нейтрализующих её свободных электронов. При наличии остаточных зарядов у испаряемых молекул и испарении массы жидкости в атмосферу со скоростью dM/dt в атмосферу течёт электрический ток I_{af} по параметру f

$$I_{af} = \frac{e_H}{m_p} \frac{dM}{dt}, \quad 8.16$$

где m_p – масса протона, e_H – остаточный заряд, приходящийся на одну протон-электронную пару.

Если жидкость соединена с землёй, то в цепи жидкость-земля возникает ток I . Если ток в цепи измеряется по параметру f , то ток в атмосферу равен измеренному I_f

$$I_{af} = I_f. \quad 8.17$$

Если измерение тока производится по параметру s , то связь тока в атмосфере с током в цепи I_s определяется равенством

$$I_{af} = \frac{m_e}{m_p} I_s. \quad 8.18$$

Величина остаточного заряда протон-электронной пары по параметру f определяется из выражения

$$e_{nf} = I_{af} m_H / \frac{dM}{dt}. \quad 8.19$$

Как видно, разделение зарядов при испарении возможно при наличии остаточных зарядов у атомов и наоборот: наличие остаточных зарядов у атомов предполагает разделение зарядов при испарении жидкостей.

Разделение зарядов при испарении является свидетельством существования остаточных зарядов у молекул испаряемого вещества.

Опыты по разделению зарядов при испарении воды.

В 1973 г. автором были выполнены серии опытов по наблюдению разделения зарядов при испарении воды. [46] На рис. 8.4. изображена схема экспериментального устройства. Испарение производилось с массивного латунного диска диаметром 4 см, который закрывался массивным латунным стаканом, предварительно охлаждённым в жидком азоте. При испарении измерялся ток в цепи испаряемая вода – земля. Размеры стакана: внутренний диаметр 6 см, высота 6 см, толщина стенок 1 см. Начальная температура воды составляла 15 -25 °С. Испарение длилось 4 - 10 минут и завершалось замерзанием воды. Средняя скорость испарения с единицы по-

верхности составляла

$$\frac{d^2m}{dtds} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ г/см}^2 \text{ с.} \quad 8.20$$

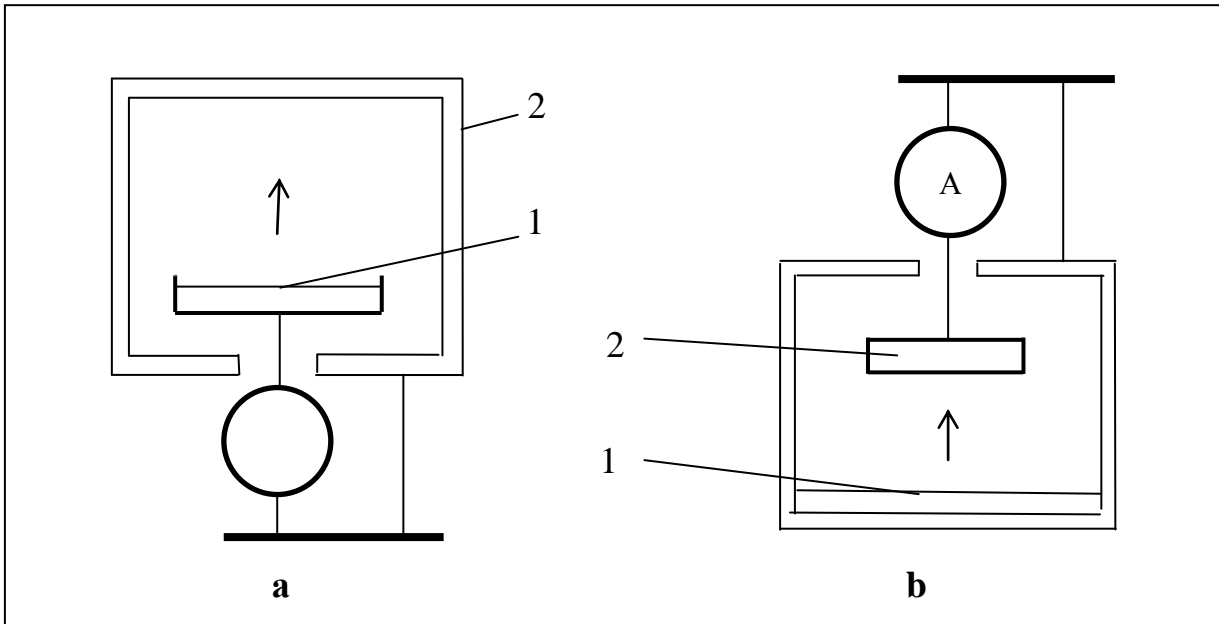


Рис. 8.4. Устройство для наблюдения разделения зарядов при испарении. Вариант **а** – при измерении тока в цепи испаряемая жидкость – земля, вариант **б** – при измерении тока в цепи конденсатор испарений – земля. 1- испаряемая вода, 2 – охлаждённый коллектор пара.

После завершения периода испарения определялись протёкший заряд и количество испарённой воды. В варианте **б** испаряемая вода помещалась на дно латунного стакана, а пар конденсировался на массивном латунном диске, охлаждённом в жидком азоте и соединённом с землёй через цепь с измерителем тока. В этих экспериментах с испарённой водой переносился положительный заряд. Разделение зарядов составляло

$$\frac{Q_{\text{исп}}}{m_{\text{исп}}} = 2 \cdot 10^{-7} \text{ Кл./кг} = 0,6 \text{ э.с.е. /г.} \quad 8.21$$

В предположении, что электрический ток в цепи измерялся по параметру f , результат соответствовал остаточному заряду, приходящемуся на одну молекулу воды,

$$e_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{Q_{\text{исп}}}{m_{\text{исп}}} m_{\text{H}_2\text{O}} = +3,7 \cdot 10^{-14} \text{ е} \quad 8.22$$

и остаточному заряду одной протон-электронной пары

$$e_{\text{H}} = \frac{\Delta e_{\text{H}_2\text{O}}}{A_{\text{H}_2\text{O}}} = +2 \cdot 10^{-15} \text{ е,} \quad 8.23$$

где A_{H_2O} – атомный вес молекулы воды.

При фактическом испарении воды со всей земной поверхности в среднем количестве

$$\frac{dm_e}{dt} = 800 - 1000 \text{ мм / год} \quad 8.24$$

разделение зарядов в удельном количестве (8.21) соответствует току с земной поверхности в атмосферу

$$I_{\text{исп}} = \frac{Q_{\text{исп}}}{m_{\text{исп}}} \frac{dm_e}{dt} = 2,6 \cdot 10^3 \text{ А.} \quad 8.25$$

Случайно или нет, ток разделения зарядов при испарении оказывается сравнимым с током проводимости между землей и космосом (4.33). В отличие от тока проводимости этот ток не участвует в электрической разрядке земного шара, так как испарённая вода практически вся возвращается на землю в виде осадков или конденсации пара на земной поверхности. Значение остаточного заряда (8.23) в $2 \cdot 10^3$ раза больше рассчитанного в (1.43). В данном случае расчёт может содержать принципиальную погрешность. В логике реальной электродинамики под электрической нейтральностью тела имеется ввиду его нейтральность относительно электронов по параметру f . При испарении части массы жидкости её нейтральность должна восстанавливаться по этому параметру. Для равенства тока в цепи жидкость – земля и тока в атмосферу ток в цепи должен измеряться по параметру f . Если измерение производится по параметру s , то в формулы расчета удельного заряда необходимо вводить множитель, равный отношению масс электрона и протона. В этом случае расчётные величины остаточных зарядов молекулы воды

$$e_{H_2O} = \frac{Q_{\text{исп}}}{m_{\text{исп}}} m_{H_2O} \frac{m_e}{m_p} = + 2 \cdot 10^{-17} e, \quad 8.26$$

протон - электронный пары

$$e_n = \frac{Q_{\text{исп}}}{m_{\text{исп}}} m_n \frac{m_e}{m_p} = \frac{Q_{\text{исп}}}{m_{\text{исп}}} m_e = + 1,1 \cdot 10^{-18} e. \quad 8.27$$

Значение (8.27) становится практически равным (1.43), однако ток разделения зарядов по параметру f при испарении в атмосферу уменьшается до величины

$$I_{f \text{ исп}} = \frac{Q_{\text{исп}}}{m_{\text{исп}}} \frac{dm_e}{dt} \frac{m_e}{m_p} = 1,4 \text{ А.} \quad 8.28$$

В случае, если измерение в электрических цепях производится по параметру s , коэффициент, равный отношению масс электрона и протона, должен быть введён и в формулы расчёта плотности заряда с помощью описанных

выше устройств.

К вопросу о параметре, по которому измеряется ток в проводниках и о величине остаточного заряда протон-электронной пары, имеет отношение явление макромасштаба, носящее название электродного эффекта.

Эффект заключается в том, что над водными поверхностями - над озёрами и морями - вертикальные градиенты потенциала имеют повышенные значения. Толщина слоя, в котором наблюдается эффект, зависит от площади акватории и над морской поверхностью может составлять километры. С точки зрения реальной электродинамики эффект может быть следствием переноса в атмосферу положительного заряда испарённой водой в виде остаточных зарядов молекул (8.22). На Рис.8.5 приведён пример хода вертикального градиента потенциала над водной поверхностью Черного моря и в том же районе над землёй в районе г.Днепропетровска.

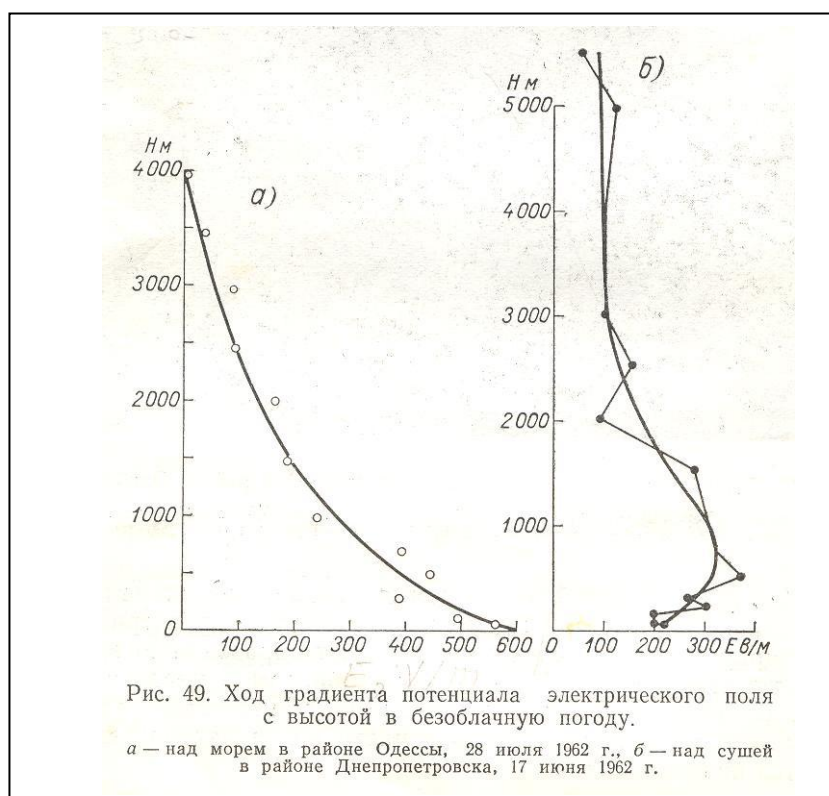


Рис.8.5. Электродный эффект над морем [14] .

Расчётная напряжённость поля у поверхности раздела сред от объёмного заряда в массе воды E_e (2.10)(4.8) и фактические значения напряжённости поля у водной поверхности E_0 позволяют оценить удельное значение остаточного заряда протон-электронной пары по параметру f из соотношения реальной электродинамики (2.11)

$$E_a = E_0 - E_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \pi \alpha_e \left(\frac{q_a}{\rho_a} - \frac{q_e}{\rho_e} \right), \quad 8.29$$

где E_a – напряжённость поля, создаваемая положительными зарядами атмосферы, $E_e \approx 1 \cdot 10^2$ В/м – напряжённость поля от отрицательных зарядов в приповерхностной массе воды. Индексы a и e при плотностях заряда и массы относятся соответственно к атмосфере и воде. При сравнимости отношений плотностей в двух средах зависимость (8.29) может быть записана в виде

$$E_a = E_o - E_e \approx \frac{\alpha_e}{\epsilon_o} \frac{q_a}{\rho_a} . \quad 8.30$$

Полагая, что над водой положительный объёмный заряд сформирован частично некомпенсированными остаточными зарядами пара и воздуха, можно записать

$$\frac{q_a}{\rho_a} < \frac{e_n}{m_n} , \quad 8.31$$

откуда
$$e_n > E_a m_n \frac{\epsilon_o}{\alpha_e} \sim 1,2 \cdot 10^{-20} \text{ е} . \quad 8.32$$

Это значение согласуется как со значением (8.23), так и со значением (8.27). В случае (8.23) следует считать, что остаточные заряды в атмосфере сильно скомпенсированы. Вопрос о том, по какому из параметров измеряется ток в электрической цепи, остаётся открытым. Он может быть решён экспериментально с помощью измерений тока в цепи пластина – земля при установке пластины горизонтально вблизи земной поверхности. В этом случае на пластину должен течь ток по параметру f , равный

$$I_{pf} = \frac{1}{4} \frac{S_p}{S_e} I_{ef} , \quad 8.33$$

где I_{ef} – известный ток земля – космическая среда (4.33), S_p – площадь пластины, S_e – площадь большого круга Земли.

Для определения параметра, по которому идёт измерение, достаточно сравнить расчётный ток через атмосферу с измеренным в цепи.

§ 8.7. Разделение зарядов при испарении углекислоты.

В 1988 г. автором были выполнены опыты по разделению зарядов при испарении жидкой CO_2 . Испаряемая жидкая углекислота находилась в баллоне под давлением при комнатной температуре. Баллон помещался в заземлённый экран. Между баллоном и экраном измерялся ток при выпуске газа и без него. Средняя скорость испарения составляла $\sim 0,2$ г/см²с, то есть примерно в 10^5 раз превышала скорость испарения воды в описанных выше опытах. С испарениями уносится отрицательный заряд в удельном количестве

$$\frac{dQ_{\text{исп}}}{dm_{\text{CO}_2}} = - 2 \cdot 10^{-6} \text{ Кл/кг} = - 6 \text{ э.с.е. /г} . \quad 8.34$$

Если измерение производится по параметру f , то полученное значение соответствует заряду, приходящемуся на одну молекулу,

$$e_{\text{CO}_2} = \frac{dQ}{dm_{\text{CO}_2}} m_{\text{CO}_2} = - 9 \cdot 10^{-13} \text{ е} \quad 8.35$$

или на одну протон-электронную пару

$$e_{\text{H}} = \frac{dQ}{dm_{\text{CO}_2}} m_{\text{H}} = - 2 \cdot 10^{-14} \text{ е} . \quad 8.36$$

Если ток в цепи измерялся по параметру s , то

$$e_{\text{CO}_2} = - 2 \cdot 10^{-6} M_{\text{CO}_2} \frac{m_{\text{e}}}{m_{\text{p}}} = - 5 \cdot 10^{-16} \text{ е} . \quad 8.37$$

В этом случае

$$e_{\text{H}} = - 1,1 \cdot 10^{-17} \text{ е} , \quad 8.38$$

т.е. остаточный заряд оказывается в 10 раз больше, чем в случае испарения воды (8.23).

О причине различия знаков зарядов при испарении воды и углекислоты.

При испарении CO_2 со скоростью почти в 10^5 раз большей, чем скорость испарения воды, испарение могло происходить не только отдельными молекулами, как в случае воды при низкой температуре, но и в виде кластеров, сформировавшихся на свободных электронах у жидкой поверхности. При высоких скоростях испарения отделение от жидкости кластеров с электроном в центре может быть энергетически более выгодным по сравнению с испарением отдельных молекул. Если кластер формируется на электроном, и заряд электрона по параметру f превосходит сумму параметров f остаточных зарядов молекул, то с испарением должен уноситься отрицательный заряд. Формирование кластеров происходит и в случае воды при высоких температурах испарения. Это подтверждается визуальным наблюдением пара, что возможно при размерах аэрозольных частиц больше одного микрона.

Глава 9.

Шаровая молния как газовый кристалл.

Описывается газо-ионная структура, названная газовым кристаллом, которая может быть отождествлена с понятием шаровой молнии. Из теории следует существование двух типов газового кристалла – приземного и высотного. Приземный тип не заряжен и может быть использован как ёмкий аккумулятор электроэнергии. Высотный тип содержит некомпенсированный заряд и у земной поверхности имеет высокий потенциал. [60]

Многие десятилетия доминировало мнение о плазменном происхождении шаровой молнии [122]. Однако факты продолжительности жизни феномена в течение минут находятся в полном противоречии с поведением лабораторной плазмы, время существования которой без энергетической подпитки определяется долями секунды. Это противоречие говорит о том, что наблюдаемый в атмосфере феномен, называемый шаровой молнией, не является плазмой.

§ 9.1. Газовый кристалл в классической электродинамике.

Большая вероятность возникновения лучевого строения аэрозольных частиц в атмосфере, описанная в §6.1, позволяет предвидеть особое поведение неполностью ионизованной плазмы, возникающей в канале разряда молнии. Когда концентрация молекул нейтрального воздуха значительно превосходит концентрацию ионов, возникают условия для формирования аэрозольных частиц на электронах и ионах из пара и даже из воздуха. В первые доли секунды после появления элементарных зарядов в газе образуется аэрозоль, в котором около 40% частиц группируется вокруг размеров $2,0 \cdot 10^{-6}$ см, более 10% - вокруг размеров $1,0 \cdot 10^{-6}$ см и более 40% - вокруг $2,0 \cdot 10^{-7}$ см.. “ [65]. Ионы и электроны, находящиеся в центрах аэрозольных частиц, не могут рекомбинировать между собой, т.к. энергия их прямого взаимодействия значительно меньше, чем энергия связи с диполями наиболее близко расположенных молекул радиальных цепочек. С учётом этого в канале разряда могут образовываться в среднем электрически нейтральные связанные микро-, а затем и макроструктуры с разделёнными зарядами.

К первоначально возникшему агрегату из двух аэрозольных частиц с радиальными структурами могут присоединяться новые, причем практически всегда будет сохраняться переменность знаков зарядов ионов для поддержания нейтральности в среднем. В результате такой самоорганизации способна возникнуть трёхмерная устойчивая газовая макроструктура, в которой вдоль каждой оси положительные и отрицательные ионы чередуются и связываются между собой полимерными цепочками поляризованных молекул.

Макроструктура представляет собой особое кристаллическое состояние газа, напоминающее трёхмерную кристаллическую решётку твёрдого тела.

Ввиду такой параллели возникающую в газе структуру логично называть *газовым кристаллом* (ГК). Очевидно, что благоприятные условия для образования ГК могут возникать в сильноточных разрядах, где имеются все необходимые компоненты для его формирования: положительные ионы, электроны и молекулы, обладающие диполями или поляризующиеся в полях зарядов. В естественных условиях это может быть разряд молнии, в искусственных – дуговой разряд. Имеется основание поставить знак тождества между ГК и феноменом, известным как шаровая молния. Ввиду этого ниже будем говорить о реализующихся характеристиках ГК, имея в виду характеристики шаровой молнии.

Механические характеристики ГК.

Предполагаемая структура ГК позволяет рассчитать его основные механические и электрические характеристики. Минимально возможное расстояние между противоположно заряженными ионами d_{\min} в решётке соответствует случаю разделения ионов одной нейтральной поляризованной молекулой. Если принять, что средний эффективный диаметр молекулы воды

$$d_m = (18 m_H / \rho)^{1/3} = 3 \cdot 10^{-10} \text{ м},$$

то разрешенные расстояния между ионами с учетом радиусов ионов r_i

$$d \geq d_{\min} = d_m + 2r_i \approx 5,0 \cdot 10^{-10} \text{ м}. \quad 9.1$$

Связанная масса ГК состоит из масс ионов m_i и масс, связывающих ионы полимерных цепочек из поляризованных молекул m_m . Плотность массы ρ_m

$$\rho_m \approx (m_i + N n m_m) \frac{1}{d^3}, \quad 9.2$$

где n - среднее число молекул в полимерной цепочке, N - среднее число цепочек, приходящееся на один ион любого знака, d - длина цепочки.

Можно предвидеть, что при $d \gg d_{\min}$ ГК пронизаем для свободных молекул газовой среды, поэтому суммарная плотность массы в объёме, в котором находится ГК, принципиально должна быть несколько больше плотности атмосферного воздуха.

Электрические характеристики ГК.

Ввиду чередования знаков зарядов ионов в решётке суммарный заряд ГК должен быть близок к нулю. Наличие у молекул воды не только дипольных, но и моментов более высокого порядка, в принципе допускает связывание ионов противоположных знаков с некоторой нескомпенсированностью зарядов в макрообъёме, т.е. ГК может быть в целом электрически заряжен-

ным. ГК представляет собой хороший диэлектрик, и вероятность проникновения внутрь заряженной аэрозольной частицы, иона или электрона извне близка к нулю: любая заряженная частица, приближающаяся к поверхности ГК, неизбежно свяжется у его поверхности или рекомбинирует со связанным ионом противоположного знака. Плотности зарядов обоих знаков в ГК определяются соотношениями:

- положительная компонента

$$q_+ = Z_+ e d^{-3} ,$$

- отрицательная компонента

$$q_- = - Z_- e d^{-3} (1-K) , \quad 9.3$$

- избыточный заряд

$$q_{gc} = q_+ + q_- = K Z_+ e \frac{1}{d^3} ,$$

где Z_+, Z_- – кратности ионизации, e – элементарный заряд, K – коэффициент нескомпенсированности зарядов ГК

$$K = (q_+ - q_-) / q_+ . \quad 9.4$$

Соотношения (9.3) позволяют определить макропараметры ГК в форме шара объёмом V_{gc} радиусом R_{gc} :

- связанная масса $M_{gc} = V_{gc} (m_i + N n m_m) \frac{1}{d^3} ;$

- положительный заряд $Q_+ = V_{gc} Z_+ e \frac{1}{d^3} ;$

- отрицательный заряд $Q_- = V_{gc} Z_- e (1-K) \frac{1}{d^3} ;$

- нескомпенсированный заряд

$$Q_{gc} = V_{gc} (q_+ - q_-) = V_{gc} K e \frac{1}{d^3} ; \quad 9.5$$

- потенциал на поверхности

$$\varphi_{gc} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{\tau_{st}} \frac{1}{R_o} Q_{gc} ; \quad 9.6$$

- напряжённость поля на расстоянии $r > R$

$$E_{gc} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{r^2} Q_{gc} ; \quad 9.7$$

- энергия рекомбинации связанных ионов противоположных знаков

$$W_r = V_{gc} n N w d^{-3} , \quad 9.8$$

где w – энергия рекомбинации пары ионов, d – длина цепочки;

- энергия нейтрализации нескомпенсированного заряда

$$W_n = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{2} \frac{1}{R_0} Q_{gc}^2. \quad 9.9$$

Численные значения.

Ввиду того, что ГК может быть электрически нейтральным или заряженным, в таблице 1 приведены значения параметров отдельно для обоих случаев при следующих исходных данных:

- ГК – шар радиусом $R = 10$ см, находящийся в воздухе;
- ионы решетки – ионы азота, а полимерные цепочки составлены из молекул воды;
- $N = 3$ (полимерные цепочки расположены по трем ортогональным осям);
- $Z = 1$ (молекулы ионизованы однократно).

Электрически нейтральный ГК

В Табл. 9.1 приведены значения параметров ГК при следующих трех различных значениях межионного расстояния:

- 1) при минимально возможном $d_{\min} = 6 \cdot 10^{-10}$ м ,
- 2) при температуре 300°K $d_1 = 2,1 \cdot 10^{-9}$ м ,
- 3) при значении размера аэрозоля, возникающего в первые моменты жизни на ионах в сухом воздухе [65]

$$d_2 = 2,0 \cdot 10^{-8} \text{ м.}$$

Таблица 9.1.

Расстояние между ионами d , м	$6 \cdot 10^{-10}$	$2,1 \cdot 10^{-9}$	$2,0 \cdot 10^{-8}$
Плотность связанной массы ρ_{gc} , кг/м ³	$5,2 \cdot 10^2$	12	$1,4 \cdot 10^{-2}$
Связанная масса M_{gc} , кг	2,2	$5,1 \cdot 10^{-2}$	$5,9 \cdot 10^{-5}$
Разделённый заряд Q_{gc} , Кл	$3,1 \cdot 10^6$	$7,2 \cdot 10^4$	83
Энергия рекомбинации W_{gc} , Дж	$4,5 \cdot 10^7$	$1,0 \cdot 10^6$	$1,1 \cdot 10^3$

Существуют сообщения о разрушении шаровой молнии с выделением энергии, достаточной для подогрева воды в бочке до кипения ($\sim 10^7$ Дж). Для сравнения: автомобильный аккумулятор с напряжением 12 В и ёмкостью 22 А.ч. соответствует запасённой энергии $9,5 \cdot 10^5$ Дж. Имеются также свидетельства разрушения шаровой молнии с малым выделением энергии хлопком без причинения вреда [137].

Наблюдения высоковольтного ГК у земли подтверждают, что структура феномена несколько тяжелее воздуха. В то же время ГК лёгок и чувствителен к движениям воздуха. Под грозовым облаком заряд ГК может чувствовать электрическое поле и двигаться к земле ускоренно. Сила, действующая на ГК со стороны электрического поля хорошей погоды, всегда слабее гравитационной.

Электрически заряженный ГК. Имеются сообщения об искровых разрядах из шаровой молнии на землю на дистанции до нескольких метров. Для воз-

никновения такого разряда разность потенциалов между ГК и землей должна достигать 10^8 В. Для объяснения возможности существования у ГК такого потенциала относительно земли достаточно полагать, что

при формировании ГК его потенциал принимает значение потенциала атмосферы в точке возникновения.

Местом, где потенциалы относительно земли достигают такого большого значения, является грозовое облако. При развитии обратного удара молнии значения электрических потенциалов в канале разряда изменяются от земного до облачного. Если ГК образуется в канале разряда, то его потенциал относительно земли определяется высотой точки образования. Потенциал ГК фиксируется в решётке в виде нескомпенсированного связанного заряда. Устойчивая против термического воздействия воздуха кристаллическая решётка ГК способна сохранять нескомпенсированный заряд в течение времени его существования. ГК переносит потенциал пространства точки образования к земной поверхности.

При движении ГК от места образования к земле напряжённость поля в воздухе в окрестности ГК может превышать пробивное значение, однако искровой разряд, нейтрализующий ГК относительно окружающей среды, не возникает. Он способен возникнуть только при наличии ёмкого приёмника заряда. Такой приёмник в атмосфере отсутствует. Им может быть только земная масса, поэтому разряд ГК возможен только при сближении его с земной поверхностью до расстояния, в пределах которого возникает пробой воздуха. Ниже приводятся возможные значения параметров ГК радиусом 10 см в случае его формирования в грозовом облаке с потенциалом

$$\varphi_h = 10^8 \text{ В.}$$

(В реальности, с учетом фактических значений напряжённости поля под грозовым облаком, потенциал среды в облаке может быть значительно выше.) Нескомпенсированный заряд ГК (9.5)

$$Q_{gc} = V_{gc} K e d^{-3} = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ Кл.} \quad 9.10$$

Согласно (9.10), радиус r_d , в пределах которого поле E_{gc} превышает пробивное значение в воздухе, равен

$$r = (Q / 4\pi\epsilon_0 E_d)^{1/2} = 1,8 \text{ м.}$$

Энергия нейтрализации нескомпенсированного заряда (9.10) током проводимости равна

$$W_n = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{2} \frac{1}{R_0} Q_{gc}^2 = 5,4 \cdot 10^4 \text{ Дж}.$$

Коэффициент некомпенсированности зарядов K (9.4) при величине избыточного заряда (9.10) имеет значение

$$K < 1,3 \cdot 10^{-5}. \quad 9.11$$

Значение (9.11) показывает, что даже сильно заряженный ГК представляет собой в высокой степени скомпенсированное по зарядам образование. Высокий электростатический потенциал ГК возникает даже при незначительном нарушении некомпенсированности зарядов.

Условия формирования ГК. ГК может возникнуть при наличии в среде ионов противоположных знаков и связывающих молекул в концентрациях, благоприятных для образования решётки. Концентрации могут быть оценены из (9.1). Редкость появления шаровой молнии говорит о том, что условия для формирования ГК возникают не всегда, а только в очень сильных по току естественных разрядах при высоких концентрациях электронов и ионов.

Благоприятные условия реализовывались в экспериментах на подводной лодке “Катлэс” США [136]. Шаровая молния возникала в газовом промежутке электрической цепи при силе тока $1,5 \cdot 10^5 \text{ А}$. Эксперименты продемонстрировали возможность искусственного получения ГК. Реализовавшиеся плотности тока и другие параметры разряда могут считаться минимально достаточными для получения ГК.

Из модели ГК следует, что без разряда через поверхность он способен долго существовать в газах различной плотности или в вакууме. Температура, при которой возможен разрыв полимерных цепочек, определяется энергией диполь-дипольных связей. Когда связывающие молекулы имеют собственные диполи, как молекула воды, связи должны иметь порядок единиц эВ, т.е. система может быть устойчива до температур порядка 10^4 °К . Если же ГК образован на молекулах, не имеющих собственных диполей, как молекулы азота или кислорода, то энергии межмолекулярных диполь-дипольных связей должны уменьшаться с удалением от иона. В этом случае энергия разрушения ГК должна определяться наиболее удаленными от ионов звеньями полимерных цепочек, и температура распада решётки находится в обратной зависимости от средней длины межионного расстояния. Процесс нейтрализации заряженного ГК всегда идёт через поверхность, поэтому время жизни феномена определяется электрической проводимостью окружающего воздуха. Нейтрализация ГК сопровождается свечением поверхности, усиливающимся при его приближении к заземлённым проводящим объектам (заземлённые стержни, гвозди, провода).

Опасность для человека. Степень опасности ГК для человека зависит от

высоты образования феномена над земной поверхностью. ГК, сформировавшийся у земли, принимает приземный потенциал пространства и не представляет серьезной опасности, т.к. в целом электрически нейтрален. Его энергия определяется энергией разделённых зарядов. В худшем случае при контакте с телом человека ГК этого типа может вызвать ожог. В отличие от этого ГК, сформировавшийся высоко над земной поверхностью в окрестности грозового облака, представляет большую опасность, т.к. при образовании принимает потенциал облака. При снижении от облака к земле разность потенциалов между ГК и землёй остается равной разности потенциалов между землёй и облаком, т.е. может достигать миллионов вольт. Разряд такого ГК через человека может стать смертельным.

О возможности практического использования ГК. При рассмотрении заряженного ГК естественно возникает мысль о возможности его ускорения в электрическом поле и использовании в проблеме управляемого термоядерного синтеза, тем более, что феномен может существовать в вакууме. Однако для ускорения ГК в электрическом поле отношение его заряда к массе должно быть сравнимым со значением отношения у протона, в то время как максимально возможное реализующееся значение отношения в ГК

$$\frac{Q_{gc}}{M_{gc}} = \frac{Ke}{NnAm_n} < 10^{-10} \frac{e}{m_n}, \quad 9.12$$

где A – атомный вес молекулы, m_n – масса атома водорода, n – среднее число молекул в полимерной цепочке, N – среднее число цепочек, приходящееся на один ион любого знака.

Ввиду этого для ускорения в электрическом поле макроскопический ГК непригоден.

ГК как аккумулятор энергии. Квазинейтральный ГК, искусственно сформированный вблизи земной поверхности, может быть использован как аккумулятор энергии. ГК радиусом 10 см с максимально плотной упаковкой разделённых ионов может содержать энергию примерно 50-и автомобильных аккумуляторов. ГК с таким или бóльшим радиусом представляет интерес как ёмкий аккумулятор энергии. Однако на пути практического использования ГК как быстро подзаряжаемого аккумулятора энергии предстоит решить ряд непростых технических проблем. К ним относятся:

1. получение ГК с большой плотностью разделённого заряда,
2. длительное сохранение ГК без рекомбинации разделённых зарядов,
3. создание метода контролируемого и эффективного использования запасённой энергии.

Аккумуляция энергии в ГК в виде некомпенсированного заряда бесперспективна, т.к. электрический потенциал ГК для этого слишком высок.

§ 9.2. Газовый кристалл с поправкой реальной электродинамики.

Модель ГК классической электродинамики качественно и количественно выглядит вполне законченной и соответствующей реальности. Реальная электродинамика вносит в развитую модель только поправку. Согласно положению (2.60) о нейтральности по параметру \mathbf{f} , принятие феноменом ГК потенциала пространства при формировании означает, что с большой точностью в нем устанавливается отношение концентраций электронов и положительных ионов (2.61)

$$\frac{n_e}{n_i} \simeq \frac{m_p}{m_e}.$$

В этом случае чередование в решетке ГК лучевых кластеров, построенных на ионах и электронах, должно отличаться от описанного выше.

Глава 10.

Электрическое взаимодействие Солнца с космосом.

Показывается, что через солнечную систему проходят волны плотности заряда с 22-летним периодом, что солнечный цикл - это цикл электрической перезарядки и энергетической подпитки Солнца. Определяются заряд, ток перезарядки и разность потенциалов между Солнцем и космосом. Расчёты показывают, что поступающая извне энергия восполняет энергетические потери Солнца на волновое излучение. Из построений следует, что плотность массы космической среды на 7 порядков выше принимаемой в настоящее время. Выводится уравнение периода солнечного цикла. [47][52][128]

§ 10.1. Дефектность гипотезы внутреннего источника энергии Солнца.

В ядрах элементов периодической системы средняя потенциальная энергия нуклонов оценивается величиной [112]

$$\Delta W_{\text{нuc}} \approx 6,7 \text{ Мэв /нуклон.} \quad 10.1$$

Эта энергия могла бы переходить в тепло при реорганизации протонов и нейтронов в атомных ядрах в наиболее компактные кластеры из двух протонов и двух нейтронов, т.е. в альфа-кластеры или ядра гелия. В массе всех космических тел имеется потенциальная энергия, пропорциональная числу нуклонов, не связанных в альфа-кластеры. Если бы все нуклоны были свободны в пределах ядра, энергия в солнечных недрах была бы

$$W_s \approx \frac{M_s}{m_p} \Delta W_{\text{нuc}} = 1,25 \cdot 10^{45} \text{ Дж,} \quad 10.2$$

где M_s , m_p – массы Солнца и протона соответственно.
При реализующейся мощности излучения Солнца

$$P_s = 4 \cdot 10^{26} \text{ Ватт} \quad 10.3$$

запаса энергии солнечных недр хватило бы на период

$$\Delta t = W_s / P_s \approx 3 \cdot 10^9 \text{ лет.} \quad 10.4$$

Это сравнимо с предполагаемым существованием Солнца $\sim 4,5 \cdot 10^9$ лет. Ввиду этого в настоящее время доминирует гипотеза, согласно которой источник восполнения солнечных энергетических потерь находится в недрах и работает на энергии синтеза гелия из более лёгких элементов, протонов и нейтронов.

Вместе с тем у внутрисолнечной ядерной гипотезы имеются трудности. Для возникновения и самоподдержания термоядерных реакций в солнечных недрах должны реализовываться весьма необычные условия: сверхсильное

сжатие и сверхвысокая температура. Вот один пример популярного, но достаточно компетентного описания процесса работы внутрисолнечного источника энергии [21]: “Под действием гравитации Солнце, как любая звезда, стремится сжаться. Этому сжатию противодействуют силы, возникающие из-за высокой температуры и плотности внутренних слоев Солнца. При плотности $\rho = 150 \text{ г/см}^3$ температура в недрах Солнца должна быть не ниже ~ 14 млн. град., чтобы собственное давление находящегося там газа эффективно препятствовало быстрому сжатию. Столь высокая температура в центральных областях Солнца может поддерживаться длительно только *термоядерными реакциями*.”

К недостаткам данного представления может быть отнесено следующее.

1) Для начала термоядерных реакций температура в солнечных недрах должна повыситься до миллионов градусов за счет другого источника тепла. Им предлагается считать постепенное увеличение гравитационного давления внутри Солнца в течение миллионов лет в условиях радиального лучистого оттока энергии. Учитывая зависимость мощности излучения нагретого тела от температуры в четвёртой степени достижение таких температур внутри тела за счёт медленно растущего сжатия маловероятно.

2) Плотность массы жидкого водорода при плотной упаковке атомов составляет $0,2 \text{ г/см}^3$. Для начала термоядерных реакций предполагается заметное уменьшение радиусов атомов водорода. Оценка давления, необходимого для сжатия атомов в условиях ослабления центральных полей материей (§ 3.5) на основе модели атома реальной электродинамики (Гл.16), показывает, что гравитационное сжатие атома трудно реализуемо даже на малую долю объёма.

Помимо количественных несоответствий гипотеза внутреннего источника Солнца ограничена в следствиях. При термоядерном синтезе выделение тепла должно быть процессом, плавно меняющимся в течение миллионов лет. Мощность излучения не может варьироваться в течение столетий, не говоря о десятках лет. В то же время циклические изменения климата на Земле в геологическом и историческом масштабах времени, в том числе неоднократные похолодания, называемые ледниковыми периодами, невозможно объяснить без представления о вековых изменениях притока энергии извне. Последнее заметное глобальное понижение температуры наблюдалось в XVII веке. В период 1645 - 1715 гг. оно сопровождалось отсутствием пятен на Солнце (минимум Маундера). Это свидетельствует о причастности Солнца к похолоданию. Совокупность данных показывает, что представление о внутреннем источнике энергии Солнца не даёт ответа на многие вопросы и остается вынужденной рабочей гипотезой.

§ 10.2. Внешний источник энергии Солнца.

Космическая среда содержит энергию в виде потоков заряженных частиц. Интегральные потоки протонов и электронов ежедневно измеряются с геофизических спутников. Некоторые из этих измерений приведены в Табл. 5.3. Зависимость плотности потоков протонов и некоторых ионов от кинетической энергии частиц представлена на Рис.10.1.

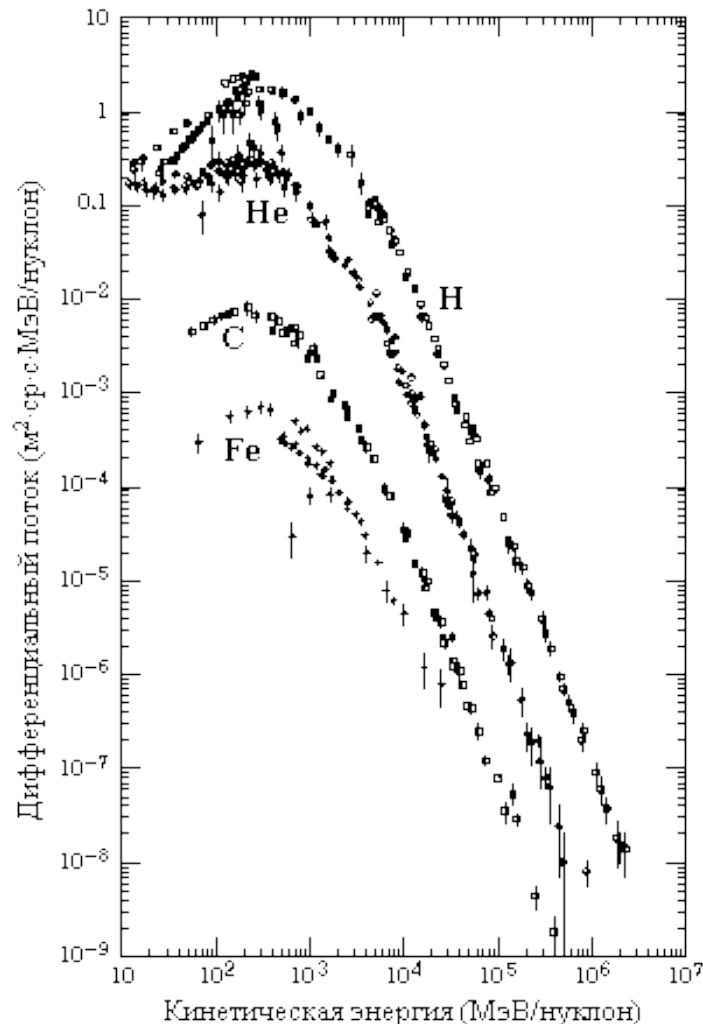


Рис.10.1. Дифференциальный спектр распределения космических частиц по энергиям (Википедия, 2011 г.).

Если представить, что

- регистрируемые плотности потоков протонов одинаковы во всех точках сферы в пределах радиуса орбиты Земли;
- все регистрируемые протоны имеют энергию, равную максимуму в дифференциальном спектре

$$\bar{W}_p = 4 \cdot 10^8 \text{ эВ}; \quad 10.5$$

- все протоны достигают Солнца и передают ему всю кинетическую энер-

гию, то суммарная мощность, которая могла бы передаваться Солнцу, оказывается равной

$$\frac{dN_p}{dt} \bar{W}_p = 4\pi J_p 4\pi r_{se}^2 \bar{W}_p = 4,5 \cdot 10^{17} \text{ Вт}, \quad 10.6$$

где N – суммарное число протонов, пересекающих поверхность сферы радиусом орбиты Земли r_{se} , $J_p = 2 \cdot 10^{-1}$ частиц/см² с.стер - средняя плотность потоков протонов (Табл. 5.3). Из этой оценки видно, что мощность поступления энергии на Солнце с протонами извне не может превышать 10^9 части мощности, требуемой для восполнения солнечных энергетических затрат на излучение. Потоки энергии электронов представляются малыми по сравнению с протонными. В итоге представления классической электродинамики приводят к заключению о незначительности притока энергии на Солнце извне.

Солнце иногда испускает протоны, максимальные энергии которых достигают 10^{10} эВ. Учитывая, что их бесстолкновительное ускорение может начинаться только из верхних слоев солнечной атмосферы, можно заключить, что электрический потенциал поверхности Солнца относительно космоса иногда превышает 10^{10} В. Представить Солнце заряженным до такого потенциала при нахождении в электрически проводящей нейтральной плазме космоса на основе классических представлений невозможно. Гипотетический поверхностный положительный заряд, который мог бы создать такой высокий потенциал Солнца, должен был бы быть

$$Q_s = 4\pi\epsilon_0 r_s \phi_s = 7,7 \cdot 10^9 \text{ Кл}. \quad 10.7$$

У Солнца наблюдается крупномасштабное квазидипольное магнитное поле, индукция которого на поверхности достигает единиц Гаусс. Это качественно подтверждает наличие на Солнце кольцевого тока, который мог бы создаваться избыточным зарядом. Для создания наблюдаемой напряжённости гелиомагнитного диполя требуется заряд примерно на 6 порядков больший, чем (10.7). С точки зрения классической электродинамики, длительное существование такого заряда на Солнце в условиях его электрического контакта с окружающей космической средой маловероятно.

Математический аппарат, построенный с учетом ослабления центральных полей материей, позволяет дать новую интерпретацию процессам на Солнце и в околосолнечном пространстве. Качественно механизм получения Солнцем энергии извне выглядит следующим образом.

Из выражения разности потенциалов между контактирующими средами (2.22) и факта неоднократных переполусовок геомагнитного диполя в истории Земли следует, что в космосе циклически изменяется плотность заряда. Это означает, что через солнечную систему проходят волны плотности заряда. Из-за высокой температуры Солнца электрическая проводимость его атмосферы высока, и естественно ожидать, что постоянная времени переа-

рядки Солнца не превышает длительности цикла космических волн. В этих условиях Солнце, находясь в среде с изменяющимся во времени отношением плотностей заряда и массы, должно перезаряжаться и подстраиваться к постоянно меняющемуся условию электродинамического равновесия с космической средой (2.12). Наблюдения за поведением магнитных полей в солнечных пятнах показывают, что они меняют свою полярность каждые 11 лет, т.е. каждый солнечный полуцикл. Это приводит к заключению, что каждый последующий 11-летний полуцикл Солнце заряжается противоположным знаком. Из этого следует, что помимо долгопериодных волн плотности заряда, к существованию которых приводит факт неоднократных переполнюсовок земного шара,

через солнечную систему проходят волны плотности заряда с периодом, равным двум солнечным полуциклам, т.е. длительностью около 22 лет.

Согласно условию электрического равновесия (2.12), перезарядка Солнца в волнах плотности заряда происходит в объёме. Ток перезарядки течет под действием разности потенциалов между Солнцем и космической средой (2.22)(2.17). В радиальном поле заряженные частицы ускоряются до энергий, соответствующих действующему потенциалу Солнца относительно космической среды. Приходящие частицы передают Солнцу свою кинетическую энергию и нагревают его. Разность потенциалов между Солнцем и космосом создается космическими волнами плотности заряда, поэтому энергия нагрева и перезарядки Солнца – это энергия космических волн, т.е. энергия, приходящая извне.

Перезаряжаясь в галактических 22-х летних волнах плотности заряда, Солнце получает энергию в виде кинетических энергий ускоренных заряженных частиц тока перезарядки.

22-летняя цикличность изменения потенциала Солнца подтверждается 11-летними вариациями потоков высокоэнергичных протонов в окрестностях Земли, известных как Форбуш – эффект. Ток перезарядки проявляется в виде солнечного ветра, а также в электромагнитных эффектах в хромосфере и солнечной короне. О высоких энергиях ускоренных частиц тока перезарядки свидетельствует существование спорадических потоков солнечного излучения в ультрафиолетовом и рентгеновском диапазонах частот.

§ 10.3. Количественное описание перезарядки Солнца.

Покажем, что перезарядка Солнца в космических волнах плотности заряда сопровождается притоком к нему энергии, достаточной для восполнения энергетических затрат на волновое излучение с мощностью (10.3). Для

упрощения расчётов будем считать, что изменение отношения плотности заряда к плотности массы в космосе $\mathbf{q_c}/\rho_c$ описывается периодической функцией от времени t

$$\frac{q_c}{\rho_c} = \frac{q_{co}}{\rho_c} \sin 2\pi \frac{t}{T_c}, \quad 10.8$$

где $T_c \cong 22,4$ года – период космической волны, равный полному периоду солнечного цикла, q_{co} – амплитудное значение плотности заряда в космосе, ρ_c – плотность массы в космической среде.

При периодическом изменении параметра $\mathbf{q_c}/\rho_c$ между Солнцем и средой возникают разность потенциалов (2.22) и радиальный ток перезарядки. Перезарядка Солнца происходит в его объёме. Отношение плотностей заряда и массы в Солнце постоянно стремится приблизиться к меняющемуся значению этого отношения в космосе. Тот факт, что солнечный магнитный диполь меняет свою полярность каждые 11 лет, означает, что характерное время перезарядки Солнца сравнимо или меньше периода полуцикла. Из этого следует, что при перезарядке параметр Солнца $\mathbf{q_s}/\rho_s$ повторяет изменения параметра $\mathbf{q_c}/\rho_c$ в космосе с некоторым запаздыванием фазы δ

$$\frac{q_s}{\rho_s} = \frac{q_{so}}{\rho_{so}} \sin \left(2\pi \frac{t}{T_c} + \delta \right). \quad 10.9$$

Разность потенциалов между Солнцем и окружающей средой пропорциональна скорости изменения параметра $\mathbf{q_c}/\rho_c$ в космосе во время прохождения волн. Без учета сдвига фазы изменение потенциала Солнца относительно космической среды может быть описано зависимостью

$$\varphi_s = \varphi_{so} \cos 2\pi \frac{t}{T_c}, \quad 10.10$$

где, согласно (2.17), φ_{so} – амплитудное значение, равное

$$\varphi_{so} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} 2\pi\alpha_e \frac{q_{sof}}{\rho_s} r_s = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} 2\pi\alpha_e \frac{Q_{sof}}{M_s} r_s, \quad 10.11$$

Q_{sof} , q_{sof} – амплитудные значения заряда и его плотности по параметру f .

В первом приближении можно считать, что значение параметра \mathbf{q}/ρ в космосе всегда сравнимо со значением этого параметра в Солнце. В общем случае

$$\frac{q_{co}}{\rho_{co}} - \frac{q_s}{\rho_s} = \beta \frac{q_{so}}{\rho_s} = \beta \frac{Q_{so}}{M_s}, \quad 10.12$$

где M_s , Q_{so} – масса и максимальный заряд Солнца, β – числовой коэффици-

ент меньше единицы.

При циклически меняющейся разности потенциалов между Солнцем и космической средой (10.9) радиальный ток перезарядки со значениями по параметрам f, s I_{sf} и I_{ss} изменяется по законам

$$I_{sf} = I_{sof} \sin 2\pi \frac{t}{T_c}, \quad 10.13$$

$$I_{ss} = \frac{m_p}{m_e} I_{sos} \sin 2\pi \frac{t}{T_c}.$$

При этом средние значения токов \bar{I}_{sof} и \bar{I}_{sos}

$$\bar{I}_{sf} = 4 Q_{sof} \frac{1}{T_c}, \quad 10.14$$

$$\bar{I}_{ss} = 4 Q_{sos} \frac{1}{T_c} = 4 Q_{sof} \frac{m_p}{m_e} \frac{1}{T_c} = \bar{I}_{sf} \frac{m_p}{m_e},$$

а средняя мощность процесса перезарядки с учетом (10.10) (10.13)

$$\bar{P}_s = 4 \frac{1}{T_c} \int_0^{T_c/4} \varphi_s I_{ss} dt = \frac{1}{2} \varphi_{so} I_{sos} = \frac{1}{\sqrt{2}} \varphi_{so} \frac{1}{\sqrt{2}} I_{sos} = \bar{\varphi}_s \bar{I}_{ss}. \quad 10.15$$

Выражая средний потенциал и средний ток через амплитудные значения заряда по параметрам f и s с помощью (10.11)(10.14), получим выражение для мощности излучения

$$P_s = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} 2^{1/2} \pi a_e 4 \frac{Q_{sos}}{T_c} \frac{Q_{sof}}{M_s} r_s. \quad 10.16$$

Заряд по параметру f , который получает Солнце за четверть цикла, определяется из первого соотношения (2.42)

$$Q_{sof} = \frac{5}{2} \mu_{so} T_s \frac{1}{S_s}, \quad 10.17$$

где μ_{so} - амплитудное значение гелиомагнитного момента, S_s - площадь большого круга Солнца, T_s - период осевого вращения.

При вращении Солнца солнечный объемный заряд создает магнитный момент μ_s , циклически изменяющийся по величине и полярности по закону изменения заряда

$$\mu_s = \mu_{so} \sin 2\pi \frac{t}{T_c}, \quad 10.18$$

где μ_{so} - амплитудное значение, T_c - время цикла.

В случае абсолютной прозрачности материи для магнитостатического поля напряжённость магнитного поля на поверхности Солнца была бы связана с амплитудным значением магнитного момента зависимостью

$$\mu_{so} = 2\pi H_{so} r_s^3, \quad 10.19$$

где r_s – радиус Солнца, H_{so} – напряжённость магнитного поля на поверхности.

Однако магнитостатическое поле как поле, взаимодействующее с зарядами, и как порождение центральных полей движущихся зарядов, должно ослабляться с коэффициентом конечной величины α_n . Возможными значениями этого коэффициента могут быть:

$$1) \alpha_n = \alpha_e, \quad 2) \alpha_n = \alpha_g, \quad 3) \alpha_e < \alpha_n < \alpha_g \quad 10.20$$

В любом из трёх вариантов напряжённость магнитного поля в точке на поверхности Солнца создаётся зарядом только части солнечного объёма, которая ограничена радиусом экранирования магнитостатического поля

$$r_n = \frac{\alpha_n}{\rho_s}, \quad 10.21$$

где ρ_s – плотность массы Солнца.

Изучение вариантов (10.20) показало, что к удовлетворительному результату приводит только вариант 2, т.е равенство коэффициента ослабления магнитостатического поля материей коэффициенту гравитационного поля

$\alpha_n = \alpha_g.$

10.22

Обращает на себя внимание, что в Гл.4 расчёт электрического заряда Земли (4.7) был выполнен на основе представления о прозрачности земного шара для магнитостатического поля, что заведомо не обеспечивается условием 1 из (10.20) и согласуется с (10.22).

Ввиду того, что радиус экранирования g-массивного Солнца по определению значительно меньше его радиуса

$$r_n = \frac{\alpha_g}{\rho_s} \ll r_s, \quad 10.23$$

заряд, который участвует в формировании напряжённости магнитного поля на поверхности, заключён в полусфере объёмом

$$V_{sg} \simeq \frac{2}{3} \pi \left(\frac{\alpha_g}{\rho_s} \right)^3. \quad 10.24$$

Для оценки полного магнитного момента Солнца выражение (10.19) долж-

но быть умножено на число N_μ сферических объёмов радиусом (10.23), помещающихся в объёме Солнца V_s

$$N_\mu \simeq \frac{V_s}{V_{sg}} = (r_s \frac{\rho_s}{\alpha_g})^3. \quad 10.25$$

После умножения амплитуда дипольного магнитного момента Солнца (10.19) равна

$$\mu_{so} \simeq 2\pi H_{so} r_s^6 (\frac{\rho_s}{\alpha_g})^3. \quad 10.26$$

С учётом (10.17) и (10.26) амплитудные значения заряда Солнца по параметрам \mathbf{f} и \mathbf{s} выражаются зависимостями

$$Q_{sof} \simeq 5 T_s H_{so} r_s (\frac{r_s \rho_s}{\alpha_g})^3, \quad 10.27$$

$$Q_{sos} \simeq 5 T_s H_{so} r_s (\frac{r_s \rho_s}{\alpha_g})^3 \frac{m_p}{m_e}. \quad 10.28$$

С учётом (10.27)(10.28) мощность излучения (10.16) переписывается в виде

$$P_s = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} 1,33 \cdot 10^3 \alpha_e \frac{T_s^2 H_{so}^2}{4\pi T_c} \frac{m_p}{m_e} (\frac{r_s}{\alpha_g})^6 \rho_s^5, \quad 10.29$$

где T_s – период осевого вращения, $T_c = 22,4$ года – период цикла космических волн, $H_{so} = 1 \text{ Э} = 79,4 \text{ А/м}$ – амплитудное значение напряжённости магнитного поля на солнечной поверхности, которое мы приравняем к среднему по поверхности и по циклу за неимением точных данных.

В равенстве (10.29) значения всех параметров известны за исключением последнего члена – плотности массы Солнца. Подстановка значений всех параметров, включая мощность излучения Солнца (10.3), приводит к её величине

$\rho_s = 12,0 \text{ г/см}^3.$

10.30

Плотность массы Солнца входит в (10.29) в пятой степени, поэтому даже большие отклонения принятых значений параметров от фактических не сильно нарушает расчётную величину. Из этого следует, что значение (10.30) верно с высокой точностью.

Плотность массы Солнца выступает в теории как ключевой параметр, т.к. от него зависят:

- максимальный заряд Солнца,
- отношение заряда к массе в Солнце и в космической среде;
- мощность поступающей на Солнце энергии;
- гравитационная массивность Солнца.

На основе известной плотности солнечной массы вычисляются все другие параметры перезарядки Солнца, в частности:

- масса Солнца как количество вещества

$$M_s = \frac{4}{3} \pi r_s^3 \rho_s = 1,72 \cdot 10^{31} \text{ кг}; \quad 10.31$$

(это в 8,6 раз больше принятой классической массы $2 \cdot 10^{30} \text{ кг}$),

- амплитудное значение заряда по параметру f (10.29)

$$Q_{sof} = 1,75 \cdot 10^{20} \text{ Кл}; \quad 10.32$$

- амплитудное значение отношения плотностей заряда f и массы,

$$\frac{Q_{sof}}{M_s} = \frac{q_{so}}{\rho_s} = 1,02 \cdot 10^{-11} \text{ Кл/кг}; \quad 10.33$$

- максимально возможный потенциал Солнца относительно космической среды (2.17):

амплитудное значение

$$\varphi_{so} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} 2\pi\alpha_e \frac{q_{so}}{\rho_s} r_s = 3,1 \cdot 10^{11} \text{ В}; \quad 10.34$$

среднее значение

$$\bar{\varphi}_s = 2,2 \cdot 10^{11} \text{ В}; \quad 10.35$$

- электрический ток перезарядки (10.13) средний

$$\text{по параметру } f \quad \bar{I}_{sf} = 1,0 \cdot 10^{12} \text{ А}; \quad 10.36$$

$$\text{по параметру } s \quad \bar{I}_{ss} = 1,85 \cdot 10^{15} \text{ А}; \quad 10.37$$

- эффективное омическое сопротивление по параметру s между поверхностью Солнца и бесконечностью

$$R_{sc} = \frac{\bar{\varphi}_s}{\bar{I}_{ss}} = 1,19 \cdot 10^{-4} \text{ Ом}; \quad 10.38$$

- электрическая ёмкость Солнца (2.39)

$$C_s = 4\pi\epsilon_0 \frac{M_s}{2\pi\alpha_e r_s} = 5,73 \cdot 10^8 \text{ Ф}; \quad 10.39$$

- мощность процесса перезарядки (10.15)

$$P_s = \bar{\varphi}_s \bar{I}_{ss} = 4,1 \cdot 10^{26} \text{ Вт}. \quad 10.40$$

В общем случае векового изменения среднего потенциала и тока перезарядки Солнца мощность поступающей на Солнце энергии вычисляется по формулам электрической цепи

$$P_s = \bar{I}_{ss} \bar{\varphi}_s, \quad P_s = \frac{\bar{\varphi}_s^2}{R_{sc}}, \quad P_s = \bar{I}_{ss}^2 R_{sc}. \quad 10.41$$

Правильность принятых значений потенциалов, зарядов и плотностей масс Солнца и Земли подтверждается выполнением соотношения (2.18)

$$\frac{\varphi_s}{\varphi_e} = \frac{Q_s}{Q_e} \frac{r_e^2}{r_s^2} \frac{\rho_e}{\rho_s} = 50.$$

§ 10.4. Инструментальное наблюдение тока перезарядки.

Характеристики потоков частиц в окрестностях Земли несут информацию об электрической энергии, поступающей на Солнце и вытекающей из него в процессе циклической перезарядки. В околоземном космическом пространстве наблюдается крупномасштабный процесс, который может быть отождествлён с радиальным электрическим током перезарядки. Им является так называемый солнечный ветер - корпускулярный поток от Солнца с относительно низкими скоростями частиц. Средние плотности и скорости частиц в солнечном ветре, измеренные в окрестности Земли, оцениваются значениями:

$$n_w = 10 \text{ частиц / см}^3, \quad 10.42$$

$$v_w = 300 - 800 \text{ км/с}.$$

Низкие скорости частиц ветра при ускорении в радиальном поле при высокой разности потенциалов между Солнцем и космосом (10.36) означают, что массы частиц значительно превосходят массу протона, т.е. солнечный ветер - это поток кластеров, сформированных на электронах и протонах. Средняя скорость солнечного ветра (550 км/с) и средняя разность потенциалов между Солнцем и космической средой (10.36) позволяют оценить массы кластеров солнечного ветра из равенства кинетических и потенциальных энергий

$$\frac{1}{2} m_c v_{cp}^2 = e \bar{\varphi}_s. \quad 10.43$$

Средняя масса частицы оказывается равной

$$m_c = 2 e \bar{\varphi}_s \frac{1}{v_{ce}^2} = 2,4 \cdot 10^{-19} \text{ кг}. \quad 10.44$$

При формировании кластера из атомов водорода такая масса соответствует

радиусу частицы

$$r_{ce} = r_n \left(\frac{m_c}{m_p} \frac{1}{k_c} \right)^{1/3} = 7 \cdot 10^{-8} \text{ м}, \quad 10.45$$

где $k_n = 0,5$ – коэффициент упаковки атомных сфер при соприкосновении, r_n – радиус атома водорода.

Значение радиуса частиц солнечного ветра близко к размерам аэрозольных частиц, вырастающих на ионах в первые доли секунды при распаде радона в сухом обеспыленном воздухе ($\sim 2,0 \cdot 10^{-8}$ м), [65]. При ускорении в электрическом поле Солнца заряженные частицы, стартующие с солнечной поверхности, неизбежно должны формировать на себе кластеры. В условиях электрического состояния космической среды, близкого к условию нейтральности по потокам полей (2.67)

$$I_{pf} = \frac{m_e}{m_p} I_{ef}, \quad 10.46$$

электрический ток перезарядки Солнца формируется в основном из потоков кластеров, сформировавшихся на электронах. Токи и мощности перезарядки, развиваемые протонными кластерами, в первом приближении могут не учитываться из-за их относительной малой концентрации. Выражения для токов электронов и протонов перезарядки по параметрам f, s , имеют вид

$$\begin{array}{ll} \text{электроны: ток } f & I_{ef} = e n_w v_w \frac{m_e}{m_p} S_{se}, \\ & 10.47 \end{array}$$

$$\text{ток } s \quad I_{es} = e n_w v_w S_{se},$$

$$\begin{array}{ll} \text{протоны: ток } f & I_{pf} = e n_w v_w \frac{m_e}{m_p} S_{se}, \\ & 10.48 \end{array}$$

$$\text{ток } s \quad I_{ps} = e n_w v_w \frac{m_e}{m_p} S_{se}.$$

В окрестностях Земли наблюдающиеся потоки электронов (Табл.5.2) могут участвовать в перезарядке Солнца. Для них выражения (10.47) и (10.48) с учетом (2.67) могут быть записаны в виде

$$\begin{array}{ll} \text{электроны: ток } f & I_{ef} = 4\pi J_{ef} \frac{m_e}{m_p} S_{se}, \\ & 10.49 \end{array}$$

$$\text{ток } s \quad I_{es} = 4\pi J_{es} S_{se},$$

$$\begin{array}{ll} \text{протоны: ток } f & I_{pf} = 4\pi J_{pf} S_{se}, \\ & 10.50 \end{array}$$

$$\text{ток } s \quad I_{ps} = 4\pi J_{ps} S_{se},$$

где \mathbf{J} - плотности токов электронов и протонов по параметрам \mathbf{f} и \mathbf{s} в единичном телесном угле, S_{se} – площадь сферы с радиусом орбиты Земли. Мощность потока энергии от Солнца, развиваемая солнечным ветром, или электронами, измеренными у Земли и предположительно формирующими поток к Солнцу со всех направлений, равна

$$P_e = \bar{I}_s \bar{\varphi}_s = n_w v_w e \bar{\varphi}_s S_{se} , \quad (10.51)$$

$$P_e = \bar{I}_s \bar{\varphi}_s = 4\pi J_{es} S_{se} .$$

где: \mathbf{v}_w , \mathbf{n}_w – скорость и концентрация частиц солнечного ветра, S_{sc} - площадь сферы с радиусом орбиты Земли, e – элементарный заряд.

Отождествление частиц солнечного ветра с кластерами на электронах приводит к значениям тока и мощности перезарядки, представленным в Табл. 10.1.

Таблица 10.1.

	Плотность потока электронов	$\bar{\varphi}_s$, В	\bar{I}_s , А	Q_{so} , Кл	\bar{I}_f , А	P_s , Вт
Уходящие от Солнца электроны.	$10^7 \times 5,5 \cdot 10^5$ $\text{м}^{-2} \text{с}^{-1}$	$1,5 \cdot 10^{11}$	$2,2 \cdot 10^{17}$	$2,1 \cdot 10^{22}$	$1,2 \cdot 10^{14}$	$3,7 \cdot 10^{28}$
Приходящие на Солнце электроны.	10^6	$1,5 \cdot 10^{11}$	$5,7 \cdot 10^{15}$	$5,5 \cdot 10^{20}$	$3,1 \cdot 10^{12}$	$8,5 \cdot 10^{26}$
	10^4 $1/\text{см}^2 \text{с.стер}$		$5,7 \cdot 10^{13}$	$5,5 \cdot 10^{18}$	$3,1 \cdot 10^{10}$	$8,5 \cdot 10^{24}$

Расчёты выполнены с помощью (10.47)(10.49) (10.51) в предположении, что каждая частица солнечного ветра сформировалась на электроде, или каждый измеренный у Земли электрон попадет на Солнце. Как видно, исходящие потоки приводят к завышенному значению амплитудного заряда Солнца и средней мощности перезарядки. Завышение может происходить из-за принятия плотности потока солнечного ветра одинаковой по всем солнечным широтам. Такое распределение плотностей потоков мало вероятно. Об этом свидетельствуют формы солнечной короны, демонстрирующие большую неоднородность распределения потоков в пространстве по азимутам.

Можно предвидеть, что форма крупномасштабного магнитного поля Солнца имеет вид, приведённый на Рис.10.2. В таком поле плотность потока уходящих от Солнца частиц максимальна в низких солнечных широтах, а приходящих - в высоких из-за того, что практически незамкнутые магнитные силовые линии солнечного магнитного диполя создают более благоприятные условия для движения частиц из космоса, в то время как уходящие частицы оказываются в замкнутых магнитных оболочках солнечной магнитосферы. Для ухода в космическое пространство они должны деформиро-

вать и разрывать оболочки в экваториальной плоскости.

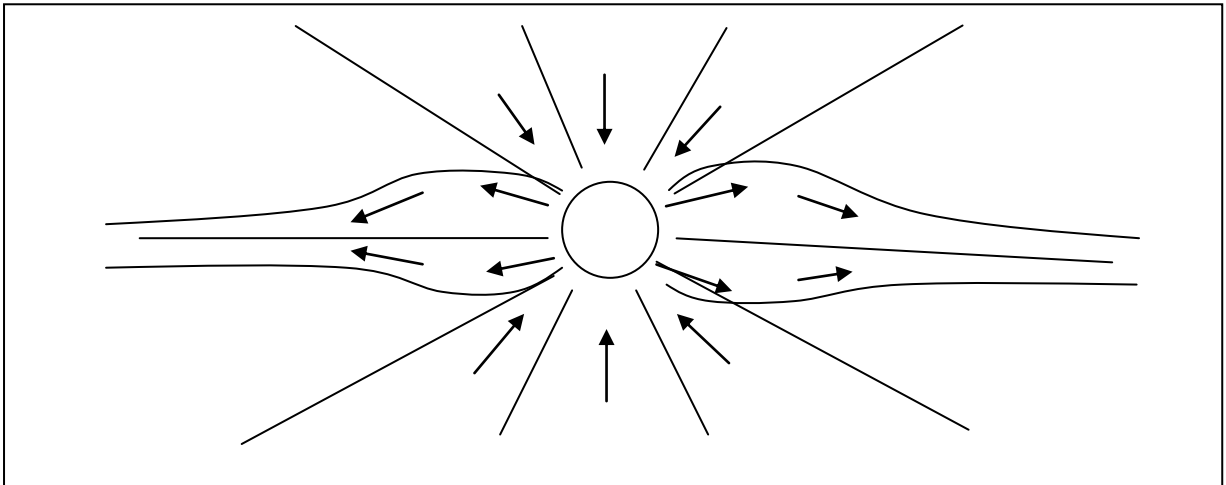


Рис. 10.2. Радиальные линии электрического поля и предполагаемая форма магнитного поля Солнца в максимуме заряженности одним знаком. Стрелками обозначены предполагаемые направления потоков частиц тока перезарядки.

Потоки электронов и частиц солнечного ветра демонстрируют значительное непостоянство во времени, из чего следует, что принятая мощность солнечного излучения представляется постоянной только благодаря запасу тепловой энергии в недрах Солнца. Данная картина перезарядки приводит к выводу, что

перезарядка Солнца противоположным знаком всегда начинается с высоких широт.

Из-за широтного различия в токовых процессах между высокими широтами и экватором должна поддерживаться разность потенциалов. Начало перезарядки Солнца с высоких широт проявляется в виде смещения солнечных пятен в течение полуцикла от высоких широт к низким (от 30° до 0° , так называемые бабочки Маундера). Феномен может интерпретироваться как постепенное смещение к экватору максимальных градиентов плотностей зарядов, в которых развиваются вихревые процессы типа земных ураганов.

В разности потенциалов между высокими и низкими широтами в солнечных недрах должен течь ток и выделяться джоулево тепло. В отличие от Земли, где разность потенциалов возникает между дневной и ночной сторонами и между подсолнечной точкой и полюсами, на Солнце теллурический ток течёт вследствие воздействия на тело космических волн плотности заряда. Можно ожидать, что нагрев массы Солнца производится, как и в Земле, теллурическими токами, мощность тепловыделения которых может быть оценена выражением

$$P_{st} = \Delta\varphi_s I_{st}, \quad 10.52$$

где $\Delta\varphi_s$ - разность потенциалов между высокими и низкими широтами, I_{st} – теллурический ток по параметру s .

Солнечные пятна нового полуцикла возникают тогда, когда пятна предыдущего цикла только исчезают у экватора. Это говорит о том, что разность потенциалов между экватором и полюсами сравнима с амплитудным потенциалом Солнца относительно космоса, а теллурический ток сравним с радиальным током перезарядки. Из этого следует, что Солнце нагревается по всей массе практически с мощностью излучения Солнца.

Описанная схема перезарядки Солнца – идеализирована. Формы солнечной короны свидетельствуют о том, что перезарядка происходит неравномерно по широтам и долготам солнечной поверхности. В частности, наблюдается ассоциация потоков высокоэнергичных протонов, приходящих к Земле, с солнечными пятнами, где быстрое вращение заряженной материи приводит к высоким радиальным компонентам напряжённости магнитного поля и создаются благоприятные условия для радиального испускания заряженных частиц из более глубоких слоев солнечной атмосферы с более высоким потенциалом относительно космоса.

§ 10.5. Связь параметров Земли, Солнца и космоса.

В настоящее время вариации напряжённости поля в течение солнечного цикла не превосходят 15% от среднего значения [22]. Это означает, что амплитуда космического параметра q_{co}/ρ_c по модулю не превосходит земное значение. В то же время она не может быть меньше, чем в Солнце. Эти ограничения на значение параметра космической среды описываются неравенствами

$$\left| \frac{q_{so}}{\rho_s} \right| < \left| \frac{q_{co}}{\rho_c} \right| < \left| \frac{q_e}{\rho_e} \right|. \quad 10.53$$

Подстановка значений параметров Земли (4.8) и Солнца (10.35) приводит к реализующимся в нашу эпоху абсолютным амплитудным значениям космического параметра в 22-летних галактических волнах плотности заряда

$$1,1 \cdot 10^{-11} < \frac{q_{co}}{\rho_c} < 2,3 \cdot 10^{-11} \text{ Кл/кг}. \quad 10.54$$

Тот факт, что к этому узкому диапазону возможных значений космического параметра приводят опытные данные двух разных тел, свидетельствует о правильности исходных представлений, касающихся механизмов зарядки Земли и Солнца.

С учетом неоднократных инверсий геомагнитного момента в прошлом Земли изменения параметра q_c/ρ_c могут быть представлены в виде трех ком-

понент, различающихся по периодам:

$$\frac{q_{co}}{\rho_c} = A(t) + B(t) + C(t), \quad 10.55$$

где член $A(t)$ описывает вариацию с периодом T_c 22-летнего цикла, $B(t)$ - вековую вариацию, $C(t)$ - флуктуации параметра с периодами, малыми по сравнению с периодами T_c .

В наше столетие амплитуды компонент B и C не превышают амплитудного значения A , в то же время неоднократные инверсии геомагнитного момента в геологическом прошлом планеты и характерное время её перезарядки (4.35) свидетельствуют о том, что в космосе циклически возникали эпохи, когда амплитуда компоненты B была больше A . Последняя из них, возможно, длилась первые два века нашей эры, когда, по некоторым данным [135], геомагнитное поле быстро усиливалось. Если это так, то можно заключить, что приобретённый в то время Землёй отрицательный заряд до настоящего времени ослабляется через ток атмосферы с постоянной времени (4.36).

§ 10.6. Плотность массы в космической среде.

В настоящее время общепринято, что плотность массы в околосолнечной космической среде имеет порядок

$$\rho_c \sim 10^{-24} \text{ г/см}^3, \quad 10.56$$

а господствующая космологическая гипотеза приводит к требованию на межгалактическую плотность массы

$$\rho_c < 10^{-30} \text{ г/см}^3. \quad 10.57$$

Средняя плотность заряда в космосе в обоих случаях подразумевается равной нулю.

Реальная электродинамика также налагает ограничения на величины плотностей массы и заряда в космической среде. Их два.

Мягкое ограничение на минимальную плотность массы в космосе.

Максимальный заряд Солнца (10.34) формируется потоками заряженных электронов и протонов. Частицы могут быть свободными или центрами кластеров. Приток и отток частиц происходит со скоростями, не превосходящими скорость света, поэтому сбор заряда на Солнце производится из шарового объёма космоса радиусом не более

$$r_{cmax} = \frac{1}{4} c T_c, \quad 10.58$$

где c - скорость света, T_c – длительность цикла.

В пределах этого радиуса масса в космосе должна быть не меньше, чем масса заряженных частиц, собираемых на Солнце. Требование выполняется при средней плотности массы в космосе

$$\rho_c > \frac{3Q_{so}}{4\pi} \left(\frac{4}{cT_c} \right)^3 \frac{\rho_c}{q_c}. \quad 10.59$$

После подстановки расчётных значений параметров Солнца обозначается минимально возможная плотность массы

$$\rho_{cmin} = 6,4 \cdot 10^{-21} \text{ кг/м}^3 = 6,4 \cdot 10^{-24} \text{ г/см}^3. \quad 10.60$$

Плотность близка к принятой (10.56), однако, следует учитывать, что средние скорости собираемых на Солнце электронов принципиально значительно меньше скорости света, поскольку

- собираемые частицы ускоряются от в среднем нулевой скорости,
- частицы движутся по спиралям в гелиомагнитном поле,
- из –за формирования на элементарных зарядах кластеров из нейтральных молекул вероятность длительного пребывания в космосе электронов и протонов в свободном состоянии незначительна, а более массивные кластеры ускоряются медленнее.

Жёсткое ограничение на минимальную плотность массы в космосе.

В реальной электродинамике плотность объёмного заряда в точке - это плотность потоков центральных полей всех протонов и электронов, находящихся в пределах радиуса ослабления электростатического поля материей из точки. Если потоки электронных кластеров проходят через солнечную систему в виде волн, то при длинах волн, значительно меньших, чем радиус ослабления поля из Солнца, плотности потоков полей избыточных зарядов должны усредняться и волны потенциала пространства в космосе не могут формироваться. Для циклического изменения потенциала пространства

необходимо, чтобы радиус ослабления электростатического поля в космической среде r_{ae} был не больше четверти длины галактической волны.

Это требование записывается в виде

$$r_{ae} = \alpha_e \frac{1}{\rho_c} \leq \frac{1}{4} c T_c. \quad 10.61$$

Из него следует, что локальная плотность массы в космической среде должна удовлетворять условию

$$\boxed{\rho_c \geq \frac{4\alpha_e}{c T_c}.} \quad 10.62$$

где c – скорость света, E_c – период солнечного цикла.

После подстановки значений в правой части ограничение на плотность массы в космосе снизу выражается неравенством

$$\rho_c \geq 1,4 \cdot 10^{-14} \text{ кг/м}^3 = 1,4 \cdot 10^{-17} \text{ г/см}^3. \quad 10.63$$

Это ограничение на семь порядков выше плотности массы частиц в космосе, принятой в настоящее время. Из неравенства (10.63) с учётом (10.54) плотность избыточного заряда в космической среде должна быть

$$q_c = \frac{q_c}{\rho_c} \rho_c \geq 1,5 \cdot 10^{-25} \text{ Кл/м}^3. \quad 10.64$$

Такая плотность соответствует концентрации избыточных протонов, электронов или атомов водорода

$$N_p = 9,4 \cdot 10^{-7} \text{ прот/м}^3,$$

$$N_e = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ эл/м}^3,$$

$$N_H = 8 \cdot 10^{12} \text{ атомов H/м}^3.$$

Сравнимость отношения плотностей заряда и массы в космосе (10.54) со значением параметра атома водорода

$$\frac{e_H}{m_H} = 8,7 \cdot 10^{-11} \text{ Кл/кг} \quad 10.65$$

позволяет заключить, что в космосе в пределах солнечной системы отношение плотностей заряда и массы формируется в основном атомами водорода. Атомы могут быть свободными или собраны в кластеры на электронах или протонах. Значение (10.65) выходит за пределы дозванного диапазона значений (10.54). Концентрация электронов, которая полностью компенсирует положительные заряды атомов водорода в космосе по параметру f , определяется условием (2.60)

$$n_e e_{ef} = n_H e_{Hf}. \quad 10.66$$

При минимально возможной плотности массы в космосе (10.63) концентрация компенсирующих электронов в нём должна быть

$$n_{emin} = \frac{e_{Hf}}{e_{pf}} \frac{m_p}{m_e} n_H = 1,3 \cdot 10^{-2} \text{ м}^{-3}. \quad 10.67$$

§ 10.7. Структура галактических волн.

В главе 2 было сделано заключение об относительности понятия величины и знака заряда. При этом имелись ввиду напряжённость и направление поля на границе сред с различными величинами отношений плотностей заряда и масс. Требование учёта относительности эффектов в объёмно заряженной среде в полной мере относится к Солнцу, планетам и космосу. Невозможно представить галактическую волну плотности заряда в виде чередующихся положительно и отрицательно объёмно заряженных ансамблей частиц, распространяющихся без смешивания и взаимной нейтрализации. Для объяснения периодической смены полярности солнечного магнитного диполя имеется только один вариант объяснения: необходимо считать, что

галактические волны - это результат пульсирующего испускания частиц одного сорта из одного источника.

Ниже будет показано, что на волне, близкой к 21 см, излучение ассоциируется с областями формирования атомов водорода из свободных протонов и электронов. Это позволяет качественно судить о распределении атомного водорода в Галактике в относительных единицах. Из картины распределения плотности водорода в космосе следует, что области излучения не формируют волн высокой монохроматичности типа 22-летних циклов. Из этого можно заключить, что

волны плотности заряда в космической среде образуются потоками электронов или кластерами на электронах, которые приводят к отклонению плотности заряда в среде в обе стороны относительно средней плотности положительного заряда, которая может быть принята за нулевую.

Представим это аналитически. Пусть среднее значение отношения плотностей заряда и массы в космосе не меняется, имеет положительный знак и равно половине амплитудного космического значения из (10.54)

$$\frac{q_{сн}}{\rho_c} = + 5,5 \cdot 10^{-12} \text{ Кл/кг} = \text{const} , \quad 10.68$$

а пульсирующие потоки кластеров на электронах в неподвижной точке описываются зависимостью

$$\frac{q_{се}}{\rho_c} = \frac{q_{сео}}{\rho_c} \left(1 + \text{Sin } 2\pi \frac{t}{T_c} \right) . \quad 10.69$$

В этом случае сумма двух компонент отношений плотностей равна

$$\frac{q_c}{\rho_c} = \frac{q_{сн}}{\rho_c} + \frac{q_{ceo}}{\rho_c} (1 + \sin 2\pi \frac{t}{T_c}) . \quad 10.70$$

При условии $|\frac{q_{ceo}}{\rho_c}| = |\frac{q_{сн}}{\rho_c}| , \quad q_{сн} > 0, \quad q_{ce} < 0$ 10.71

изменение параметра **q/p** в космической среде относительно значения (10.68) описывается зависимостью

$$\frac{q_c}{\rho_c} = \frac{q_{сн}}{\rho_c} \sin 2\pi \frac{t}{T_c} . \quad 10.72$$

§ 10.8. Плотность массы космоса в фактах и интерпретациях.

Плотность массы в космической среде, на 13 порядков превышающая условие космологической гипотезы и на 7 порядков выше заключений на основе классической электродинамики, нуждается в надёжном обосновании и подтверждении фактами. Ввиду этого обратимся к истории вопроса. Наиболее прямой способ оценки плотности массы в космической среде был основан на определении коэффициента преломления космической среды. Метод заключался в измерении времени запаздывания прихода электромагнитных волн разных частот от далёкого источника относительно расчётного времени прохождения их в пустоте. Запаздывание было обнаружено в начале XX века Тиховым и Нордманом. Оно было описано выражением для коэффициента преломления в плазме

$$\Delta t = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{2\pi c m_e} n_e L \frac{1}{\nu^2} \quad 10.73$$

где **L** - расстояние до источника, **ν** – частота волн, **c** – скорость света, **m_e** – масса электрона.

Плотность массы среды определялась, исходя из предположения о равенстве концентраций электронов и протонов

$$n_e = n_p . \quad 10.74$$

Результаты применения зависимости показали “невероятно большую плотность межзвёздной среды” [38]. Расчёты свидетельствовали либо о действительно высокой плотности космической материи, либо о дефектности метода. Было принято второе, и метод перестал применяться.

60 лет делаются попытки оценить концентрацию водорода на основе измерений излучения на длине волны 21 см. В квантовомеханической интерпретации излучение обусловлено переходом электрона атомной оболочки возбуждённого атома водорода между смежными возбуждёнными уровнями высоких номеров (109-110). Одновременно было обнаружено, что излучение

ассоциируется с рекомбинацией протонов и электронов в атомы водорода.[38]

Интерпретация реальной электродинамики. Метод запаздывания.

Исходным постулатом модели космоса реальной электродинамики, как и в классической электродинамике, является условие электрической нейтральности среды. В реальной электродинамике имеется в виду нейтральность по потокам полей (2.60). Когда в среде присутствуют протоны с концентрацией n_p , условие на концентрацию электронов при её нейтральности по параметру f записывается в виде

$$n_e = \frac{m_p}{m_e} n_p. \quad 10.75$$

Когда протонов нет, электроны компенсируют остаточные потоки полей космического водорода по параметру f , и условие связи концентрации электронов и атомов водорода может быть записано в виде

$$n_e = \frac{e_{nf}}{e_{ef}} n_n. \quad 10.76$$

В общем случае присутствия в космосе протонов и атомов водорода концентрация электронов в условиях электрической нейтральности среды определяется суммой зависимостей

$$n_e = \frac{m_p}{m_e} n_p + \frac{e_n}{e_{ef}} n_n. \quad 10.77$$

С точки зрения реальной электродинамики, метод запаздывания прихода на землю волнового излучения представляет собой надёжный прямой метод определения плотности массы в космической среде. Дефект метода заключался лишь в ошибочной классической электродинамической интерпретации результата, а именно, в рассмотрении ансамбля космических частиц как обычной плазмы и в принятии условия (10.74).

Метод волны длиной 21 см.

Согласно реальной электродинамике, излучение на этой волне соответствует частоте собственных колебаний протона после вступления в связь с электроном с образованием атома водорода. Частота собственных колебаний электрона – это частота Ридберга R , а частота колебания протона определяется из равенства (1.62) и (21.12)

$$\nu_p = \left(\gamma \frac{m_e}{m_p}\right)^2 R, \quad 10.78$$

где $\gamma = 1,24$ числовой коэффициент (17.18).

Частота колебания протона соответствует длине волны

$$\lambda_p = \frac{c}{\nu_3} = 20 \pm 1 \text{ см.} \quad 10.79$$

(Тема частоты и мощности излучения на частоте ν_p рассмотрена в Гл.22) Интенсивность излучения I_n на собственной частоте колебания протона ν_p в образовавшемся атоме водорода отражает частоту вступления в связь протонов и электронов в космосе и, следовательно, пропорциональна произведению концентраций частиц и сечению их взаимодействия \bar{S}_{ep}

$$I_v \sim n_p n_e \bar{S}_{ep} . \quad 10.80$$

Из (10.78) следует, что интенсивность излучения на волне 21 см связана с концентрацией нейтрального водорода только косвенно через вероятность его ионизации и последующей рекомбинации возникших протон-электронных пар. Это означает, что

концентрация невозбуждённого неизлучающего водорода в космосе может быть на порядки выше, чем принятая в настоящее время, полученная на основе квантовомеханического представления о природе излучения на длине волны 21см.

§ 10.9. Плотность массы в космосе и период солнечного цикла.

В историческом масштабе времени солнечные циклы демонстрируют сохранение длительности периодов с точностью не хуже 20%. Это свидетельствует о функционировании в Галактике некоторой автоколебательной системы, некоторого самоподдерживающегося механизма генерации волн плотности заряда. В логике реальной электродинамики такой механизм выглядит следующим образом. С горячих жидких поверхностей звёзд галактического ядра в космос испаряется вещество, в основном водород. Из-за наличия остаточных зарядов у молекул при испарении разделяются заряды. С испарённым веществом в космос уходит положительный заряд. Испарённые атомы и молекулы водорода распространяются в космосе под действием градиентной диффузии. Космос заряжается положительно, а звёзды - отрицательно. Под воздействием этого поля с поверхностей звёзд в космос стекают электроны, на которых формируются отрицательно заряженные кластеры. С потоком кластеров звёзды частично теряют отрицательный заряд и этим поддерживается стационарность электрического состояния системы галактическое ядро - окружающий космос. Отрицательно заряженные звёзды, положительно заряженный космос и эмиссия отрицательно заряженных кластеров под действием поля аналогичны вакуумному диоду, в котором в разности потенциалов с поверхности горячего катода происходит эмиссия электронов. Для объяснения волнообразности распространения потока электронных кластеров от галактического ядра на периферию Галак-

тики рассмотрим идеализированный одномерный вакуумный диод с нагретым катодом и далеко отнесённым на расстояние L анодом. Если между электродами приложена разность потенциалов и действует однородное статическое поле E_0 , то с горячего катода в вакуум происходит эмиссия электронов, и между катодом и перешедшими в вакуум электронами возникнет нарастающее поле $E_q(t)$, противоположное исходному межэлектродному полю. (Рис. 10.4).

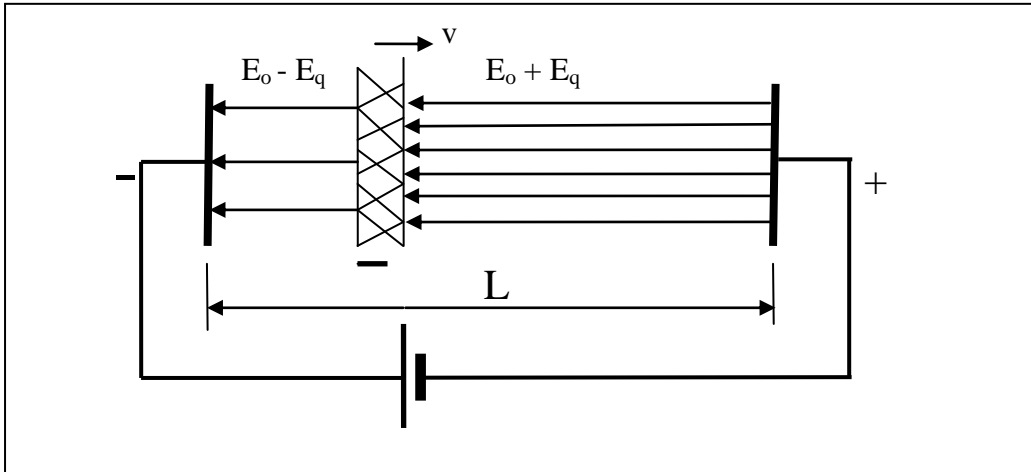


Рис.10.4. Схема формирования космических волн плотности заряда.

Суммарное поле у катода будет уменьшаться по закону

$$E(t) = E_0 - E_q(t). \quad 10.81$$

Когда всё более увеличивающийся заряженный слой создаст напряжённость поля, сравнимую с E_0 , эмиссия отрицательно заряженных частиц с электрода замедлится на время, пока заряженный слой, удаляясь от катода с некоторой средней скоростью v , не достигнет удалённого анода и нейтрализуется. После этого эмиссия электронов с катода вновь усилится и цикл распространения волны заряда повторится. Возникнет волновой самоподдерживающийся процесс эмиссии и переноса электронов к аноду. Период волн плотности заряда будет

$$T_c = \frac{L}{v}. \quad 10.82$$

Эти рассуждения могут быть приложены к системе галактическое ядро - галактическая периферия. В первом приближении точечная симметрия системы отвечает одномерному случаю. Роль катода играют звёзды галактического ядра, роль анода – положительно заряженный космос. Роль электронов эмиссии играют отрицательно заряженные кластеры неионизированных атомов, сформировавшиеся на электронах. В условиях экранирования электростатического поля материей расстояние между электродами условного

космического вакуумного диода определяется радиусом экранирования электростатического поля в межзвездной среде r_{ac}

$$L = r_{ac} = \frac{\alpha_e}{\rho_c}, \quad 10.83$$

где ρ_c – плотность массы космической среды.

Подстановка значения L из (10.83) в (10.82) приводит к выражению для периода испускания волн отрицательного заряда галактическим ядром, т.е. к периоду цикла радиально распространяющихся волн плотности заряда

$$T_c = \frac{\alpha_e}{v \rho_c}. \quad 10.84$$

Этот период может быть отождествлён с 22 –летним солнечным циклом. Можно предвидеть, что при длительном ускорении электронных кластеров в радиальном галактическом электрическом поле скорость распространения галактических волн плотности заряда в окрестностях Солнца близка к скорости света. Можно убедиться, что согласие расчётного периода волн плотности заряда с фактическим 22 летним периодом солнечного цикла достигается при плотности массы в космосе (10.63) и средней скорости потока электронных кластеров, равной четверти скорости света

$$T_c = 4 \frac{\alpha_e}{c \rho_c}. \quad 10.85$$

Меньшее значение плотности массы космической среды хотя бы на порядок по сравнению с (10.63) делает равенство (10.84) невозможным, т.к. при этом скорость распространения кластеров должна быть больше скорости света, что мало вероятно.

При ослаблении электростатического поля материей волновой процесс распространения объёмного заряда в космосе с периодом 22 года (10.85) предстаёт как естественный механизм передачи энергии от центра Галактики на периферию и, возможно, на межгалактические расстояния.

Перенос энергии от галактического ядра на периферию в виде волн плотности заряда позволяет решить проблему энергетического баланса Галактики, которая излучает энергию в виде электромагнитных волн и нуждается в восполнении энергетических потерь через иной канал. Таким каналом может быть корпускулярный волновой поток зарядов кластеров, сформированных на электронах.

§ 10.10. Запас энергии и время остывания Солнца.

Представление о Солнце с небольшим внутренним радиальным градиентом температуры позволяет оценить тепловую энергию, запасённую в солнечной массе. Тепло недр может быть выражено через их теплоёмкость C_{ps}

$$W_T = M_s C_{ps} T_{so}^0. \quad 10.86$$

В предположении жидкого Солнца с плотностью массы $11,16 \text{ г/см}^3$, содержащего произвольный состав элементов периодической системы с теплоёмкостью жидкого железа, при выполнении эмпирического закона Дюлонга и Пти

$$C_{ps} \sim 6 \text{ кал / моль.град} \quad 10.87$$

тепловая энергия для условно жидкого металлического Солнца с температурой $5 \cdot 10^3 \text{ }^\circ\text{K}$ равна

$$W_T \sim 3,2 \cdot 10^{37} \text{ Дж.} \quad 10.88$$

Перерыв в приходе космических волн, время остывания Солнца.

Значение запаса тепла (10.88) позволяет оценить характерное время ослабления светимости Солнца в случае неприхода очередных космических волн. Факт существования в истории Земли ледниковых и относительно тёплых периодов свидетельствует о том, что космические волны приходят в солнечную систему не совсем регулярно и не с одинаковыми амплитудами и периодами. В случае перерыва в приходе космических волн в солнечную систему и, следовательно, временного непоступления на Солнце энергии извне характерное время остывания Солнца при мощности излучения (10.3)

$$\tau_{st} = \frac{W_T}{P_s} = 8 \cdot 10^{10} \text{ с} = 2,5 \cdot 10^3 \text{ лет.} \quad 10.89$$

При мощности излучения, ослабляющейся по закону

$$P_s = \frac{dW_T}{dt} = P_{so} \exp(-t / \tau_{st}), \quad 10.90$$

где P_{so} - начальная мощность,

в случае неприхода космических волн в солнечную систему в течение времени $t = 70 \text{ лет}$ (длительность периода Маундера), мощность излучения должна уменьшиться до значения

$$P_s(70 \text{ лет}) = 0,972 P_{so}. \quad 10.91$$

Относительное уменьшение мощности излучения составляет

$$\frac{\Delta P_s}{P_s} = 0,028 . \quad 10.92$$

Полагая, что суммарная мощность солнечного волнового излучения зависит от эффективной температуры на поверхности по закону

$$P = \sigma_{sb} T^4 , \quad 10.93$$

понижение температуры фотосферы должно быть

$$\Delta T_s = \frac{1}{4} T_s \frac{\Delta P_s}{P_s} . \quad 10.94$$

За 70 лет оно составляет

$$\Delta T_s(70 \text{ лет}) = 35^\circ\text{C} . \quad 10.95$$

Соответствующее понижение температуры земной атмосферы к концу периода равно

$$\Delta T_e \simeq \Delta T_s \frac{T_e}{T_s} = 2^\circ\text{K} \quad 10.96$$

Эта оценка показывает, что непреход галактических волн в течение нескольких сотен лет способен понизить температуру воздуха земной атмосферы на десять градусов и привести к ледниковому периоду. Обобщая результат, можно заключить, что

смены геологических эпох на Земле могли происходить из-за климатических температурных изменений вследствие непрехода космических волн плотности заряда в солнечную систему.

§ 10.11. Схема воздействия космоса на Землю.

В логике реальной электродинамики изменения климата в нашу эпоху на Земле определяются двумя главными процессами:

1. естественным, связанным с параметрами проходящих галактических волн, и

2. искусственным, обусловленным техногенной ионизацией атмосферы в основном при работе сетей высоковольтных ЛЭП и горении всех типов.

Из модели внешней энергетической подпитки Солнца следует, что количество солнечных пятен, их широтное расположение, общая площадь, полярность магнитного поля внутри них являются параметрами, характеризующими амплитуду, полярность и фазу действующей 22-летней космической волны плотности заряда. Вариации параметра q/ρ на Солнце и Земле схематически качественно изображены на Рис.10.5. В этой схеме воздействие космических волн на земной климат может быть представлено в виде двух механизмов:

Первый механизм – прямое воздействие космических волн на Землю. Он действует через изменение разности потенциалов между Землей и космосом и, следовательно, влияет на величину электрического тока через атмосферу. Вариация тока ведёт к изменению интенсивности конденсации пара на электронах и ионах и к изменению мощности выделения джоулева тепла в атмосфере. Прямой механизм подтверждается корреляцией покрытия Земли облачностью с интенсивностью космических лучей [138].

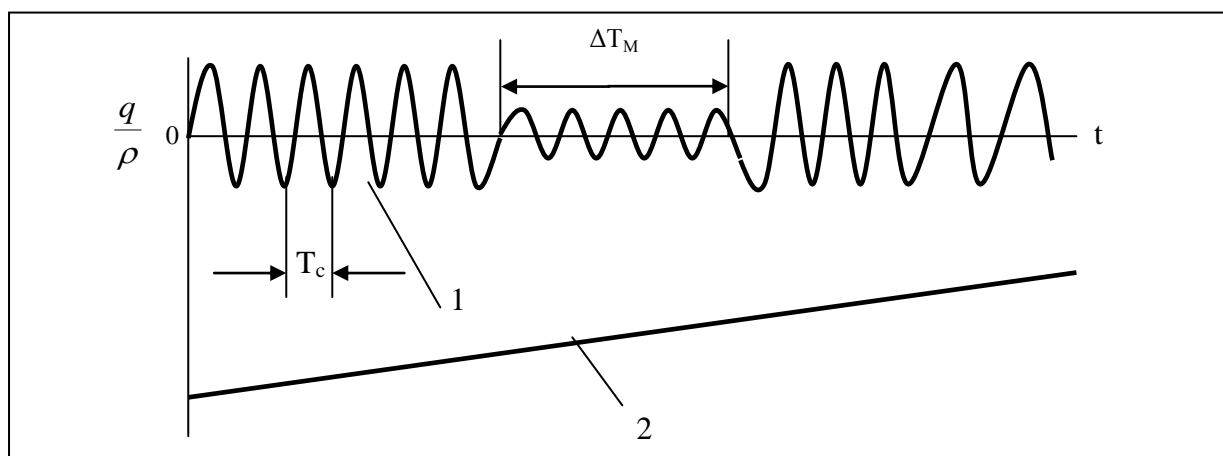


Рис.10.5. Предполагаемое изменение во времени параметра q/ρ : 1- в космосе и на Солнце, 2 - в Земле. ΔT_M – предполагаемый период понижения амплитуд космических волн плотности заряда в период Маундера. T_c – 22- летний период волн.

В этой схеме воздействие космических волн на земной климат может быть представлено в виде двух механизмов:

Первый механизм – прямое воздействие космических волн на Землю. Он действует через изменение разности потенциалов между Землей и космосом и, следовательно, влияет на величину электрического тока через атмосферу. Вариация тока ведёт к изменению интенсивности конденсации пара на электронах и ионах и к изменению мощности выделения джоулева тепла в атмосфере. Прямой механизм подтверждается корреляцией покрытия Земли облачностью с интенсивностью космических лучей [138].

Второй механизм, опосредованный Солнцем. Солнце ионизирует верхнюю атмосферу. Положительные ионы, перемещаясь из ионосферы вниз в электрическом поле атмосферы, становятся центрами конденсации пара и участвуют в нагреве воздуха и формировании облачности. Облачность изменяет отражаемость Землей солнечного света – альбедо – и количество тепла, поглощаемого Землей. Схема взаимодействия космоса, Солнца и Земли в реальной электродинамике изображена на рис. 10.6. Неодинаковое поведение Солнца и Земли в космических волнах плотности заряда обусловлено различием электрической проводимости атмосфер. В 22-летнем цикле волн Солнце успевает перезарядиться, а Земля – нет. Земля способна заметно перезарядиться в волне с периодом больше тысячи лет или за сотни лет в волне с аномально большим амплитудным значением плотности заряда.

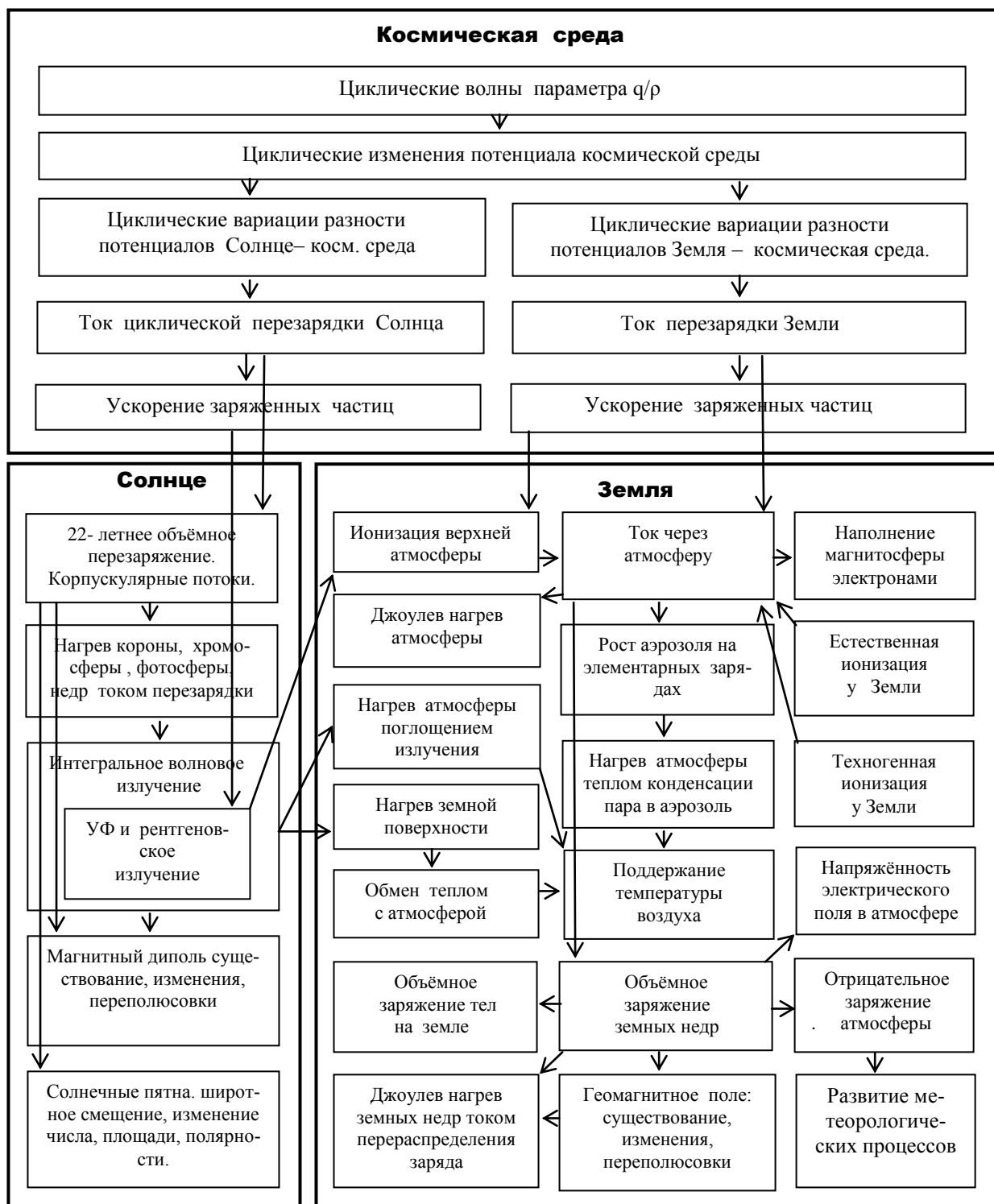


Рис.10.6. Предполагаемые причинно-следственные связи между космической средой, Солнцем и Землей.

В настоящее время методов прогнозирования характеристик приходящих космических волн ещё нет. Глобальное вековое похолодание или ускоренное исчезновение магнитного диполя может начаться в любое время.

Представление о внешней энергетической подпитке Солнца ставит ряд вопросов. К ним относятся:

- Можно ли прогнозировать характеристики следующих волн? Что может ожидать Землю в ближайшие десятилетия, столетия или тысячелетия: очередной ледниковый или тропический период?
- Наблюдаем ли мы сейчас начальный процесс смены полярности геомагнитного диполя или его ослабление сменится очередным усилением без прохода через ноль?
- Возможно ли искусственно смягчать неизбежные в будущем климатические удары космоса по Земле и земной цивилизации?
- Какие технические средства необходимы для создания системы прогнозирования климата на Земле на десятки и сотни лет вперед?

Для ответа на них потребуются дополнительные исследования.

§ 10.12. Кометы – электрические зонды космического пространства.

С точки зрения реальной электродинамики кометы являются прекрасными естественными космическими зондами [7]. На Рис.10.7. и 10.8 приведены два примера комет.



Рис.10.7. Предполагаемые электрические эффекты взаимодействия кометы с окружающей средой. Свечение вокруг головы обусловлено коронным разрядом тока перезарядки кометы. Радиальные лучи – потоки заряженных частиц и кластеров.

Ускорения частиц хвостов зависят от знаков их зарядов и направления поля, т.е. от фазы солнечного цикла. В наиболее близких точках к Солнцу - в перигее - комета в наибольшей степени чувствует несовпадение центра гравитирующей солнечной массы с центром шара. Это приводит к отклонению её дальнейшей траектории от кеплеровской через смещение большой оси эллипса орбиты, аналогичное смещению больших осей орбит планет. В плотной космической среде у головы кометы возникает ударная волна и формируются корпускулярные потоки - хвосты из частиц с различными значениями отношения заряда к массе. (Рис.10.8)



Рис. 10.8. Комета Хиакутакэ, 1996 г. Два хвоста предположительно принадлежат частицам с сильно различным отношением заряда к массе.

С помощью комет можно непосредственно наблюдать радиальное электрическое поле Солнца и характеристики космических волн заряда, а также оценивать плотность массы космической среды. Приближаясь к Солнцу, комета попадает в область более высокого радиального градиента потенциала, в более плотную космическую массу и в радиальные потоки частиц солнечного ветра. Для приближения к электродинамическому равновесию со средой с меняющимся потенциалом пространства комета обменивается с ней зарядами. Между кометой и космической средой возникает всё увеличивающийся ток перезарядки, который сопровождается свечением у поверхности кометы.

Глава 11.

Галактическое электричество.

Строится модель функционирования электрической и ядерной цепей Галактики. Предполагается, что генерация и разделение зарядов в галактических масштабах происходит при испарении вещества с поверхностей звёзд галактического ядра за счёт энергии ядерного деления в недрах старых звёзд. Рост макротел начинается на галактической периферии. Для превращения тела в звезду его масса должна увеличиться до критического размера. Звёзды на периферии Галактики потребляют энергию волн плотности зарядов, исходящих из галактического ядра.

§ 11.1. Генератор тока и электрическая цепь Галактики.

Солнце представляет собой обычную звезду Галактики, поэтому все построения, выполненные с использованием опытных данных о нём, пригодны для всех звёзд, находящихся вне галактического ядра. Этот вывод подтверждается наблюдением циклических изменений некоторых параметров у звёзд главной последовательности с периодами порядка солнечного полуцикла [10].

Длительное существование солнечных циклов с мало меняющимся периодом может означать, что волны генерированы одним источником. С большой вероятностью, им является ядро Галактики. Как всякий генератор тока, галактический генератор должен работать на энергии некоторого процесса, который можно было бы назвать неэлектрическим. С точки зрения реальной электродинамики все процессы в мире – электрические, т.к. являются результатом взаимодействия частиц через центральные поля. Однако многие из них можно условно отнести к неэлектрическим, например, термодинамические и диффузионные. Для реализации процесса разделения зарядов в галактических масштабах необходимо:

- чтобы испаряемые молекулы и атомы несли остаточные заряды;
- чтобы осуществлялся фазовый переход жидкость - газ, т.е. чтобы звёзды были жидкими;
- чтобы устанавливались условия для радиальной от ядра градиентной диффузии материи в виде отдельных атомов и молекул;

На Рис. 11.1 и 11.2 представлены фотографии двух спиральных галактик. Они позволяют оценить форму нашей Галактики, также относящейся к этому классу галактик. Светимости центральных частей галактик относительно светимости рукавов приводят к расчётным концентрациям звёзд в ядрах примерно в 10^7 раз большим, чем на периферии. Из этого следует, что процесс испарения с поверхностей звёзд в галактическом ядре и истечение вещества от ядра могут быть значительно интенсивнее, чем из спиралей. Это означает, что из центра Галактики может истекать вещество под действием радиальной градиентной диффузии.



Рис.11.1 Спиральная галактика NGC 628.



Рис.11.2. Спиральная галактика NGC 891.

Радиальное от ядра движение материи в виде атомов и молекул, в основном водорода, наблюдается по доплеровским сдвигам частот излучения водорода. [8].

Таким образом, главные условия для функционирования электрической цепи в Галактике выполняются и, следовательно, можно представить следующую картину происходящего.

После заполнения космического пространства в окрестностях галактического ядра испарённым атомным и молекулярным водородом между ядром Галактики и периферией возникает и поддерживается радиальное электрическое квазистатическое поле с отрицательным полюсом в ядре и положительным на периферии (Рис.11.3).

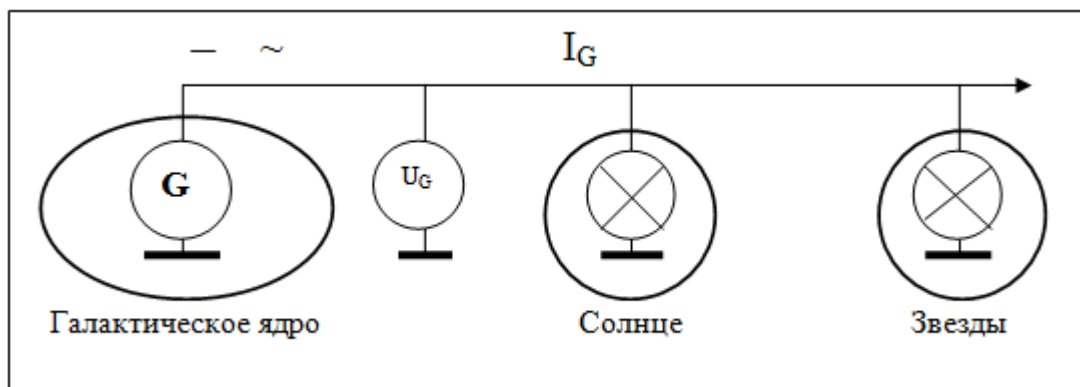


Рис.11.3. Схема галактической электрической цепи.

Одновременно, с горячих поверхностей звёзд галактического ядра в космос уходит материя в виде волн отрицательно заряженных кластеров на электронах. Кластеры формируют волны плотности заряда и ускоряются в радиальном поле между ядром и периферией Галактики. Волны заряда формируют переменную компоненту электрической цепи Галактики. Потребителями энергии волн являются звёзды, планеты и другие более мелкие тела вне галактического ядра. Положительный потенциал электрической цепи находится на периферии, отрицательный — в ядре Галактики. Токи в электрической цепи включают три компоненты:

- ток остаточных зарядов атомов и молекул водорода;
- ток зарядов отрицательно заряженных кластеров и
- тока проводимости в виде ускоренных протонов и электронов.

Сумма токов равна нулю.

Галактика имеет осевую симметрию. С точки зрения реальной электродинамики это свидетельствует о вращении электрически заряженного галактического ядра и о существовании у Галактики магнитного поля квазидипольного типа (Рис.11.4), которое, возможно, искажается до солнечной формы (Рис.10.2). В квазидипольном магнитном поле испарённая заряженная масса удаляется от ядра вдоль магнитных оболочек и концентрируется в наиболее удалённых точках, образуя кольца и спирали в экваториальной галактической плоскости. На галактической периферии испарённая

масса является материалом для формирования и роста космических тел. Положительный заряд периферии нейтрализуется током кластеров, токами проводимости из потоков положительных ионов от периферии галактики к ядру и электронными потоками от ядра к периферии.

Механизм роста тел. Логика реальной электродинамики позволяет предвидеть, что рост звёзд начинается на периферии Галактики с размеров электронных кластеров, которые, взаимодействуя между собой, превращаются в микро-, а затем в макромассы. На начальном этапе роста температура растущего тела мало отличается от температуры космической среды. С ростом массы увеличивается её электрическая ёмкость и объёмный заряд, который циклически изменяется в галактических волнах плотности заряда. Ток перезарядки нагревает тело. Сила тока пропорциональна его массе. На начальном этапе роста нагрев тела слаб. Если выросшее тело приобретает газовую атмосферу, то его характерное время перезарядки может быть велико и в короткопериодных волнах порядка 22 лет тело не перезарядается (например Земля и Юпитер).

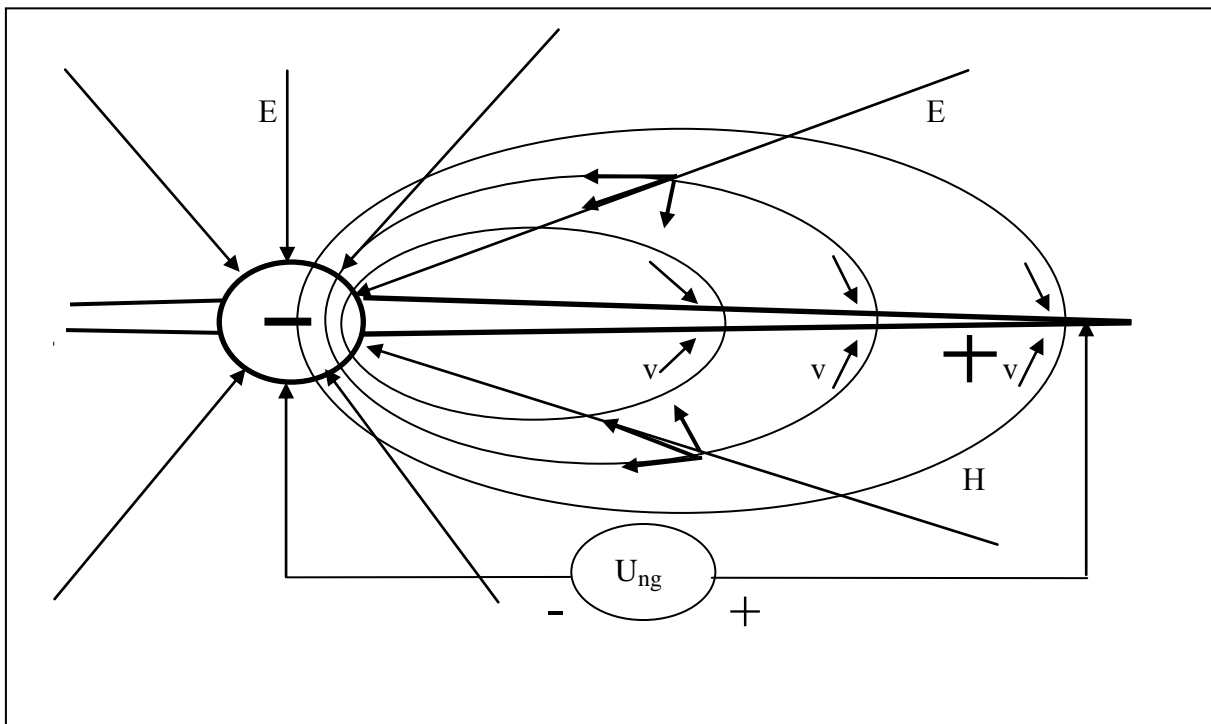


Рис. 11.4. Электрическая цепь Галактики в модели реальной электродинамики.

Переход растущего тела в состояние звезды происходит после того, как оно наращивает свою массу до некоторой критической величины, при которой ток перезарядки способен компенсировать энергетические потери тела на волновое излучение. Критической массой, достаточной для вспыхивания звезды, по-видимому, является минимальная масса звезды главной последовательности. При наличии у тела газовой атмосферы его переход в состояние звезды может происходить скачком после электрического пробоя

атмосферы и резкого повышения её температуры и электрической проводимости. В данной схеме роста космических тел следует ожидать, что

концентрация ещё не вспыхнувших тел на периферии Галактики сравнима с концентрацией молодых звёзд.

По гравитационному воздействию на движение ближайших звёзд и по отсутствию светимости в видимом диапазоне частот ещё не вспыхнувшие, но уже почти достигшие критической массы космические тела, возможно, могут быть отождествлены с наблюдаемыми так называемыми “массивными компактными гало-объектами”.

Как было отмечено в Гл.3, с учётом модели атома (Гл.14) под действием гравитационного давления недр коллапс звёзд реализоваться не может. Ввиду этого у звёзд имеется лишь один путь к завершению цикла своего существования - постепенное приближение к галактическому ядру по спирали, достижение ядра и испарение массы за счёт энергии усиливающихся ядерных реакций деления тяжёлых элементов, накапливающихся в центрах старых звёзд. Разность электрических потенциалов между ядром и периферией Галактики можно оценить, используя выражение для потенциала Солнца (10.6), записав его для заряда галактического ядра относительно периферии в виде

$$U_{ng} = \frac{1}{4\pi\epsilon_o} 2\pi\alpha_e r_{ng} \frac{Q_{ng}}{M_{ng}}, \quad 11.1$$

где r_{ng} - радиус галактического ядра, Q_{ng}/M_{ng} - отношение заряда к массе в ядре.

В галактическом ядре звёзды должны находиться в приблизительном электродинамическом равновесии с окружающей средой. Ввиду этого можно считать, что отношение заряда к массе в ядре сравнимо с амплитудно - солнечным значением

$$\frac{Q_{ng}}{M_{ng}} \sim \frac{Q_{so}}{M_s}. \quad 11.2$$

где Q_{ng}, M_{ng} — заряд и масса ядра Галактики Q_s, M_s — заряд и масса Солнца. В этом приближении потенциал ядра Галактики относительно периферии

$$\varphi_{ng} \sim \varphi_{so} \frac{r_{ng}}{r_s}. \quad 11.3$$

При среднем потенциале Солнца (10.28) и радиусе галактического ядра

$$r_{ng} \approx 2 \text{ кпс} = 6 \cdot 10^{19} \text{ м}$$

потенциал галактического ядра относительно периферии имеет значение

$$\varphi_{ng} = \bar{\varphi}_{so} \frac{r_{ng}}{r_s} \sim 10^{22} \text{ В.} \quad 11.4$$

Это значение могло бы реализоваться, если бы звёзды находились в пустоте. В реальности необходимо учитывать ослабление электрического поля межзвёздной материей. При плотности массы в космосе (10.63) радиус ослабления электрического поля на три порядка меньше расстояния от галактического ядра до края Галактики. Максимальные энергии протонов и электронов можно оценить, предполагая, что частицы ускоряются в разности потенциала ядра, которая формируется из разностей потенциалов синхронно функционирующих звёзд ядра. В этом случае согласно зависимости (2.22) энергии протонов проводимости

$$W_{e,p \max} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} 2\pi\alpha_e^2 e \frac{1}{\rho_c} \Delta \frac{q_c}{\rho_c}, \quad 11.5$$

где, согласно (10.54),

$$\Delta \frac{q_c}{\rho_c} = \frac{q_{co}}{\rho_c} \simeq 1,1 \cdot 10^{-11} \text{ Кл/кг.}$$

Подстановка в выражение (11.5) величин при плотности массы галактической среды (10.63) приводит к максимально возможной энергии заряженных частиц

$$W_{e,p} = 2,5 \cdot 10^{19} \text{ эВ.} \quad 11.6$$

Эта энергия близка к оценкам максимальных энергий протонов $\sim 10^{20}$ эВ.

Фактический спектр энергий галактических энергичных протонов имеет излом вблизи энергии 10^{15} эВ. Его существование показывает, что помимо протонов и альфа-частиц солнечного происхождения с энергиями порядка 10^{11} эВ в космосе имеются ещё как минимум две другие группы частиц. Одна имеет максимум при энергии порядка 10^{15} эВ, а энергия второй достигает 10^{20} эВ. Можно предположить, что группа менее энергичных протонов принадлежит нашей Галактике а протоны с большей энергией приходят из внегалактических областей.

§ 11.2. Ускорение атомов водорода в космосе.

В разности потенциалов, которая реализуется в космосе и ускоряет протоны до энергий

$$W_p = 10^{15} \text{ эВ,} \quad 11.7$$

должны ускоряться также и неионизированные атомы водорода с остаточными положительными зарядами e_n (1.28). Отношение энергий неионизированных атомов водорода W_n и энергий протонов W_p должно быть

$$\frac{W_n}{W_p} = \frac{e_n}{e} \approx 10^{-18}.$$

При энергиях протонов (11.7) неионизированные атомы водорода должны ускоряться до энергии

$$W_n = W_p \frac{e_n}{e} \cong 10^{-3} \text{ эВ.} \quad 11.8$$

В предположении связи средних тепловых кинетических энергий свободных молекул водорода с абсолютной температурой T_n

$$W_n = 3 k T_n, \quad 11.9$$

где k – постоянная Больцмана, средняя температура космического водорода в космосе должна быть

$$T_n \leq 4 \text{ }^\circ\text{K}. \quad 11.10$$

Электромагнитное излучение, соответствующее такой температуре водорода, наблюдается. В настоящее время оно интерпретируется как следствие гипотетического Большого взрыва вселенной и носит название «реликтового». Как видно, в реальной электродинамике возможна невзрывная интерпретация фактической температуры космического водорода.

§ 11.3. Ядерная цепь Галактики.

Термодинамическая и электрическая цепи Галактики способны функционировать только при условии восполнения тепловой энергии испарения звёзд в галактическом ядре. Без восполнения энергии испарения температуры звёзд понизились бы на порядок в течение нескольких тысячелетий. Об этом свидетельствует характерное время остывания Солнца $\sim 2,5 \cdot 10^3$ лет (10.89).

Источником восполнения энергии испарения материи с поверхностей звёзд в галактическом ядре могут быть только ядерные реакции деления тяжёлых элементов в звёздных недрах.

Ядерный источник также должен быть восполняемым. Это означает, что помимо термодинамической и электрической цепей в Галактике должна существовать замкнутая ядерная цепь. Механизм функционирования такой цепи может быть построен, если учесть, что звёзды, рождаясь на периферии и завершая свой путь в ядре, в течение жизни подвержены воздействию энергичных протонов. С учётом этого ядерная цепь может быть представлена так:

- в период движения звёзд от периферии к галактическому ядру атомные ядра элементов звёздных недр подвержены бомбардировке ускоренными проникающими заряженными частицами галактического тока проводимости, в основном протонами, и увеличивают свои атомные массы и номера;
- по мере приближения звезды к галактическому ядру в её центре аккумулируются элементы конца периодической системы и растёт интенсивность ядерных реакций деления. На завершающем этапе жизни, когда звезда уже находится в галактическом ядре, тепло реакций деления становится основным источником её нагрева. Звезда из потребителя электрической энергии превращается в генератор, использующий ядерную энергию.

В данной схеме просматривается тесная взаимосвязь электрической, термодинамической и ядерной цепей Галактики. Ядерная цепь не может быть замкнута без энергичных протонов. Без энергии ядерных реакций распада тяжёлых элементов не может поддерживаться процесс испарения. Без испарения нет разности потенциалов между галактическим ядром и периферией, не ускоряются заряженные частицы, отсутствует перенос материи на периферию, нет эволюции элементов периодической системы, нет воспроизводства тяжёлых элементов. Без потока материи на периферию нет роста тел, не может быть звёзд. Без ядерных реакций распада в старых звёздах галактического ядра нет переноса энергии к молодым звёздам на периферии. Без суммы всех эффектов Галактика не может существовать и функционировать.

Галактика, в которой ядро не вращается, не может обладать дипольным магнитным полем и, следовательно, звёзды в ней не могут концентрироваться в одной плоскости. Невращающаяся галактика имеет точечную симметрию в распределении звёзд.

Эффект концентрации материи в плоскости эклиптики вращающегося космического объекта проявляется как универсальный, действующий на галактическом, звёздном и планетарном уровнях.

§ 11.4. Тёмная материя.

В предположении плотности массы в межгалактической среде, постулируемой на основе “космологического принципа”,

$$\rho_c < 10^{-30} \text{ г/см}^3, \quad 11.11$$

факт тёмного космоса необъясним, т.к. свет дальних галактик должен ослабляться незначительно и космические горизонты по всем азимутам должны были бы быть светлыми. Это было осознано уже в середине XIX века и известно как фотометрический парадокс Ольберса (Olbers). В настоящее время делаются попытки объяснить тёмный космос конечностью

времени существования вселенной. Допускается, что 13 миллиардов лет назад галактик не было и, следовательно, излучения от далёких объектов сейчас может не быть.

Представление реальной электродинамики с плотностью массы межзвёздной материи более, чем в 10^7 раз превышающей общепринятую, позволяет количественно объяснить природу “тёмной” материи и ослабление света, идущего от ядра Галактики и от дальних внегалактических объектов. С её точки зрения,

тёмный космос является следствием высокой плотности межзвёздной материи и многократного ослабления ею излучения удалённых источников. Плотность массы (10.63) формируется атомами водорода и кластерами, сформировавшимися в основном на электронах.

При плотности массы (10.63) масса, распределённая в космическом пространстве, оказывается значительно больше масс звёзд в том же объёме. В частности, в сферическом объёме вокруг Солнца радиусом, равным половине расстояния до ближайшей звезды $r_{ss} = 2 \cdot 10^{16}$ м, масса, распределённая в космосе, равна

$$M_c = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{1}{2} r_{ss} \right)^3 \rho_c = 3,7 \cdot 10^3 M_s, \quad 11.12$$

где M_s – масса Солнца.

Для сравнения, при плотности массы космической среды, принятой в настоящее время 10^{-24} г/см³, масса, заключённая в межзвёздном объёме того же радиуса, равна

$$M_c = 4,2 \cdot 10^{27} \text{ кг} = 2,6 \cdot 10^{-4} M_s. \quad 11.13$$

При различии соотношений масс окружающей среды и звёзд в общепринятой космологической модели и в новых представлениях следствия для физики космоса совершенно различны.

Из опыта известно, что визуальное космическое пространство – тёмное. Даже свет ядра нашей Галактики, содержащей 10^{12} звёзд, почти не доходит до нас. Это означает, что в галактической плоскости свет звёзд ослабляется космической средой во много раз. По некоторым оценкам, ослабление происходит не менее, чем в 10^4 раза [38]. Плотность массы, которая способна это сделать, может быть оценена из соотношения

$$I = I_0 \exp(-\rho_c r_{cs} / \alpha_v), \quad 11.14$$

откуда

$$\rho_c = \frac{\alpha_v}{r_{cs}} \ln \frac{I}{I_0}, \quad 11.15$$

где I_0 – интенсивность излучения галактического ядра в районе нахождения солнечной системы без ослабления, r_{cs} – расстояние от центра галакти-

ки до Солнца, α_v – коэффициент ослабления электромагнитных волн в видимом диапазоне частот.

Наблюдаемой прозрачности земной атмосферы соответствует коэффициент ослабления электромагнитных волн видимого диапазона, не менее чем в 10^3 раз больший, чем коэффициент для электростатического поля α_e (2.57). Подстановка в (11.15) значений параметров приводит к условию на среднюю плотность массы в экваториальной плоскости Галактики в виде атомного и молекулярного водорода в свободном или кластерном видах

$$\rho_c > 2,3 \cdot 10^{-14} \text{ кг/м}^3 = 2,3 \cdot 10^{-17} \text{ г/см}^3, \quad 11.16$$

т.е. вновь подтверждается значение (10.63). Выражение (11.15) позволяет оценить среднюю плотность массы и в межгалактическом космическом пространстве. С учётом значения радиуса, в пределах которого видны самые дальние галактики, - 10^9 парсек ($3 \cdot 10^{25}$ м)

$$\rho_c > 2,3 \cdot 10^{-19} \text{ кг/м}^3 = 2,3 \cdot 10^{-22} \text{ г/см}^3. \quad 11.17$$

При этом рост красного смещения частот излучения с увеличением удалённости объектов естественно объясняется прохождением излучения через плотные слои межгалактической материи с многократным переизлучением на более низких частотах за счёт комптоновского сдвига. В этой интерпретации постоянная Хаббла имеет смысл константы снижения частот и амплитуд электромагнитных волн пропорционально толщине пройденного слоя материи по аналогии с константами α_e и α_g для статических полей.

§ 11.5. Электрическая подпитка энергией Галактики извне.

Несмотря на замкнутость электрической, термодинамической и ядерной цепей, Галактика не может существовать без внешней энергетической подпитки, т.к. звёзды излучают электромагнитные волны в межгалактическое пространство. Совокупная мощность излучения может достигать величины

$$P_G = N_s P_s \sim 10^{38} \text{ Вт}. \quad 11.18$$

где N_s - число звёзд в Галактике, P_s – мощность электромагнитного излучения Солнца.

Без восполнения энергии из тёмного космоса Галактика остыла бы через тысячи лет, израсходовав запас энергии звёзд через волновое излучение. Из этого следует, что

для поддержания энергетического равновесия Галактики с окружающей межгалактической средой должен существовать как минимум ещё один канал передачи энергии – корпускулярный.

Его мощность должна быть не менее (11.18). Таким каналом может быть перенос энергии межгалактическими волнами плотности заряда.

Глава 12.

Свод характеристик Земли, Солнца и Галактики.

Для облегчения практического использования построений и расчётов, выполненных в предыдущих главах, главные формулы сведены в одну таблицу.

Формулы и расчётные значения параметров Земли, Солнца и космической среды, сведённые вместе, позволяют лучше ощутить общность и связанность закономерностей, описывающих электрические и термодинамические процессы в мире.

Таблица 12.1.

	Параметр	Формула определения	Земля	Солнце	Галакт. ядро
1	Плотность массы, г/см ³	$\rho = M_g / \frac{4}{3} \pi r^3$ (10.23) $\rho_c \geq \frac{4\alpha_e}{c T_c}$	5,5.	12,0.	$>1,4 \cdot 10^{-17}$
2	Масса как количество вещества, кг	$M = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho$	$6 \cdot 10^{24}$	$1,72 \cdot 10^{31}$	$> 10^{46}$
3	Масса гравитационная, кг	$M_g = M_i$ $M_g = \alpha_e S_s$ $M_g = \rho_G V_G$	$6 \cdot 10^{24}$	$2 \cdot 10^{30}$	$>10^{46}$
4	Напряжённость магнитного поля на поверхности, А/м	$H = \mu \frac{1}{r^3}$	47,6 (0.63 Э)	79,4 (1 Э) Амплитуда	—
5	Магнитный момент, Ам ²	$\mu_e = 2\pi H_e r_e^3$ $\mu_s = 2\pi H_s r_s^6 \rho_s^3 \frac{1}{\alpha_g^3}$ $\mu_g = 2\pi H r_s^6 \rho_s^3 \frac{1}{\alpha_g^3} N_G$	$8,3 \cdot 10^{22}$	$3,7 \cdot 10^{31}$ Амплитуда	—

6	Заряд f , Кл	$Q_{ef} = \frac{5}{2} \mu T \frac{1}{S}$ $Q_{sof} = 5,0 T_s H_o r_s \left(\frac{r_s \rho_s}{\alpha_g} \right)^3 \cdot$ Амплитуда $Q_{Gf} = N_G Q_{sf}$	$- 1,4 \cdot 10^{14}$	$1,75 \cdot 10^{20}$ Амплитуда	-10^{32}
7	Плотность заряда f , Кл/м ³	$q_e = \frac{Q}{V}$	$1,29 \cdot 10^{-7}$	$1,2 \cdot 10^{-7}$ Амплитуда	—
8	Отношение плотностей заряда к массе Кл/кг	$\frac{q}{\rho}$	$2,34 \cdot 10^{-11}$	$1,1 \cdot 10^{-11}$	$5,5 \cdot 10^{-12}$
9	Постоянная времени разрядки, лет	$\tau = \mu / \frac{d\mu}{dt}$ $\tau = \frac{Q_s}{I_s} = \frac{Q_f}{I_f}$	1430	 5,6	—
10	Электрическая ёмкость, Ф	$C = 4\pi\epsilon_o \frac{1}{2\pi\alpha_{er}} M$	$2,2 \cdot 10^4$	$5,73 \cdot 10^8$	$>10^{20}$
11	Ток f электронов тело-космос, А	$I_{eef} = Q_f \frac{d\mu}{dt} \frac{1}{\mu}$ $\bar{I}_{sef} = Q_f \frac{1}{\tau}$ $I_{Gf} = \bar{I}_{sef} N_G$	$3,1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^{12}$ Средний	—
12	Ток s электронов тело – космос А	$I_{ees} = Q_f \frac{d\mu}{dt} \frac{1}{\mu} \frac{m_p}{m_e}$ $\bar{I}_{ses} = Q_f \frac{1}{\tau} \frac{m_p}{m_e}$ $I_{Gs} = \bar{I}_{ses} N_G$	$5,7 \cdot 10^6$	$1,85 \cdot 10^{15}$ Средний	10^{16}
13	Ток f протонов тело-космос, А	$I_{ps} = Q \frac{1}{\tau} \frac{m_e}{m_p}$	1,7	$5,2 \cdot 10^8$ Средний	10^{19}
14	Ток s протонов тело-космос А	$I_{ps} = Q \frac{1}{\tau} \frac{m_e}{m_p}$	1,7	$5,2 \cdot 10^8$ Средний	10^{20}

15	Потенциал отн. космоса, В	$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} 2\pi\alpha_e \frac{q}{\rho} r$	$6,4 \cdot 10^9$	$3,1 \cdot 10^{11}$ Амплитуда	0
16	Потенциал внутренний φ В (2.14)	$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} 2\pi\alpha_e^2 \frac{q}{\rho^2}$	136	31,7	$1,3 \cdot 10^{19}$
17	Потенциал Φ В (2.28)	$\Phi = 2\varphi \frac{\rho}{\alpha_e}$	$2 \cdot 10^3$	$0 \pm 9,4 \cdot 10^2$	$4,8 \cdot 10^2$
18	Вариация заряда отн.	$\frac{\Delta Q}{Q} = \frac{\Delta H}{H}$	$9,73 \cdot 10^{-4}$ Полусут.	0,5 $\frac{1}{4}$ цикла	—
19	Ток f через массу тела, А	$I_s = 2 \frac{Q_f}{T} \frac{\Delta H}{H}$	$3,2 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^{12}$	—
20	Ток s через массу тела, А	$I_s = 2 \frac{Q_f}{T} \frac{\Delta H}{H} \frac{m_p}{m_e}$	$5,8 \cdot 10^9$	$2 \cdot 10^{15}$	—
21	Вариации потенциала В	$\Delta\varphi_e = \varphi_e \frac{\Delta H}{H}$	$6,23 \cdot 10^6$ Полусут.	$3,2 \cdot 10^{11}$ $\frac{1}{2}$ цикла	—
22	Внутренняя разность потен- циалов В	$\Delta\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} 2\pi\alpha_e^2 \frac{1}{\rho} \frac{\Delta q}{\rho}$	0,13	31	—
23	Напряжённость поля в массе В/км	$E = \frac{d\varphi}{dr}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$	—
24	Плотность тока в массе тела А/м ²	$J = \frac{I_s}{\pi r^2}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-3}$	—
25	Электрическое Сопротивление s недр тела Ом	$R = \frac{\Delta\varphi}{I_{es}}$	$1,07 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	—
26	Электрическое сопротивление s атмосферы, Ом	$R_{om} = \frac{\varphi}{I_{es}}$	$1,1 \cdot 10^3$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	—
27	Мощность нагрева Вт	$P = \bar{I}_s \bar{\varphi}_s$,	$3,6 \cdot 10^{16}$	$4 \cdot 10^{26}$	10^{38}
28	Суммарная мощность по- ступления энергии в атмосферу, Вт	$P_a = I_a \varphi + P_c$ (P_c -тепло конденсации пара)	$7,7 \cdot 10^{16}$	$4 \cdot 10^{26}$	10^{38}

29	Мощность электрического нагрева недр, Вт	$P_{\text{тq}} = I_{\text{es}} \Delta \varphi_{\text{e}}$	$3,6 \cdot 10^{16}$	–	–
30	Мощность поступления энергии извне, Вт	$P_{\text{e}} = \frac{dP}{ds} S (1-A) + 2 I_{\text{as}} \varphi_{\text{ec}}$ $P_{\text{s}} = \bar{I}_{\text{s}} \bar{\varphi}_{\text{s}}$ $P_{\text{G}} = N_{\text{G}} P_{\text{s}},$	$1,97 \cdot 10^{17}$	$4 \cdot 10^{26}$	$> 10^{38}$
31	Мощность волнового излучения, Вт	$P = 4\pi r^2 \sigma_{\text{sb}} T^4$	$1,97 \cdot 10^{17}$	$4 \cdot 10^{26}$	$> 10^{38}$

В таблице 12.2 приведены значения потенциала Φ (2.26) в В/м и потенциала относительно космической среды φ для главных окружающих нас стабильных объектов радиусом r .

Таблица 12.2

	Земля	Солнце	Космос	Протон	Электрон	Нейтрон
$\Phi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} 4\pi\alpha_{\text{e}} \frac{q}{r}, \text{ В/м}$	$2,0 \cdot 10^3$	$0 \pm 9,4 \cdot 10^2$	$+4,7 \cdot 10^2$	$+ 8,2 \cdot 10^{21}$	$- 8,2 \cdot 10^{21}$	$7,4 \cdot 10^3$
$\varphi = \frac{1}{2} \Phi r, \text{ В}$	$6,4 \cdot 10^9$	$4,5 \cdot 10^{11}$	0	$3,5 \cdot 10^6$	$1,9 \cdot 10^3$	$3,7 \cdot 10^{-12}$

Глава 13.

Частица, пространство, поле, электрическая волна.

Делается попытка собрать опытные и теоретические данные в общую картину устройства мира. Излагается гипотеза формирования полей из поляризующихся элементов пространства. Выводятся выражения связи массы и энергии для электромагнитной волны и частицы. [56]

§ 13.1. Гипотеза связи пространства и материи.

Согласно принципу минимума независимых сущностей и их свойств, все понятия, которыми оперирует физика, должны описывать различные состояния одной сущности или отражать её свойства. Принятие двух или большего их числа, не сводящихся к одной или не являющихся между собой антиподами, неизбежно ставит непреодолимый барьер в проблеме всеобщего объединения. С учётом этого любая физическая концепция, претендующая на фундаментальность, должна аргументированно объяснять связи между главными понятиями физики, не выходя из трёхмерного пространства – материи - поля. Ценность концепции определяется её способностью уменьшить число понятий, кажущихся независимыми.

Приведение записи закона центрального взаимодействия в соответствие с принципом близкодействия (Гл.1) даёт решение проблемы объединения электростатического и гравитационного полей и позволяет пойти дальше в попытке связать материю с пространством и временем. Ниже излагается вариант гипотезы такой связи. Совокупность фактов и выполненные выше построения логически приводят к следующим представлениям, которые должны рассматриваться как рабочие, временные:

1. Пространство состоит из элементов, которые по размерам на порядки меньше, чем элементарные частицы.

2. Элемент пространства представляет собой центральное повышение плотности (центральная положительно заряженная область) и периферийное понижение (концентрический внешний шаровой слой). По конструкции элемент аналогичен нейтрону (удовлетворение требования поляризуемости элементов при формировании центрального силового поля). Как и нейтрон, элемент пространства способен поляризоваться и дипольно взаимодействовать с соседними элементами или с элементарными частицами. Все элементы пространства связаны в полимерные цепочки и являются продолжением стабильных материальных частиц двух типов – протона и электрона. Элементов пространства, не связанных с частицами, нет (удовлетворение требования нерастекания энергии электромагнитного излучения по всему пространству). Макропространство состоит из элементов, связанных между собой в полимерные цепочки, заканчивающиеся на протонах и электронах. Цепочки формируют центральные поля. Плотность пространства опреде-

ляется концентрацией его элементов, связанных в силовые линии полей протонов и электронов. Пустому пространству должна быть приписана некоторая плотность массы.

3. Протон и электрон являются элементами материи. Они представляют собой неоднородности пространства по плотности. Причина их стабильности и внутреннее строение остаются вне понимания. Данные о зондировании протона и электрона пучками ускоренных частиц позволяют считать протон областью повышения плотности пространства, а электрон – областью понижения. (Рис.13.1.) Пространство между частицами имеет некоторую плотность массы ρ_c , образованную поляризованными элементами и связанными в силовые линии полей всех частиц в пределах радиуса ослабления поля.

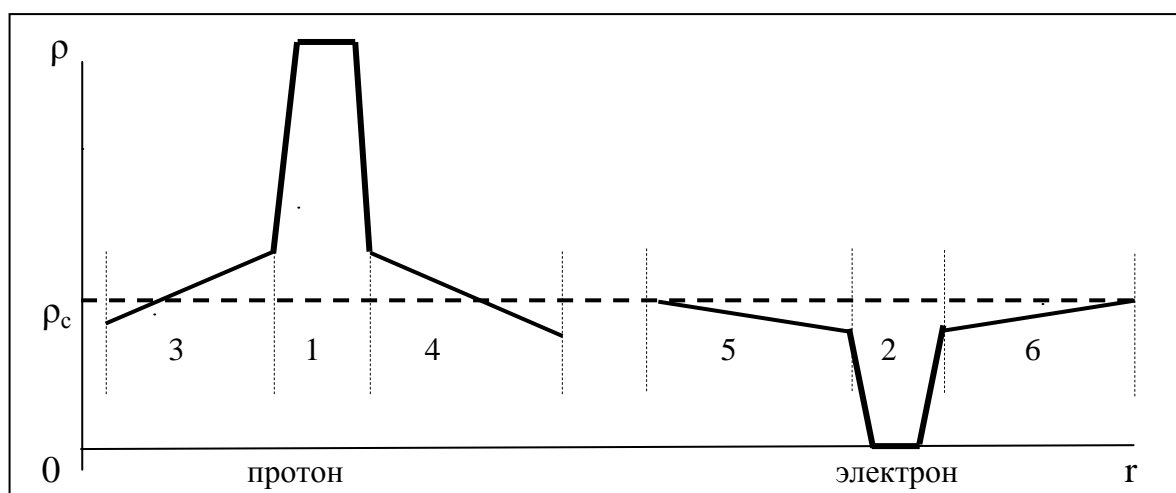


Рис. 13.1. Предполагаемое качественное распределение плотности пространства ρ в протоне (1), в электроне (2), в областях проявления их полей (3,4,5,6) и в свободном пространстве ρ_c . Сплошными линиями обозначены плотности пространства частиц и их полей. Пунктирная линия – плотность свободного пространства, создаваемая полями всех частиц вселенной.

4. Поле протона – это область радиальной поляризации элементов пространства, организованных в радиально расходящиеся полимерные цепочки. Цепочки начинаются от поверхности протона. Они формируют силовые линии центрального поля и одновременно свободное пространство, связанное с протоном. Число силовых линий конечно. С приближением к протону плотность связанного с ним пространства растёт.

Поле электрона – это антипод поля протона, область радиальной поляризации элементов пространства противоположной направленности относительно поля протона. Плотность элементов пространства уменьшается с приближением к электрону.

Для согласования с реальностью и удовлетворения принципа минимума сущностей поле электрона может быть представлено в виде расходящихся линий отсутствия элементов пространства, или зазоров между элементами

пространства.

5. Свойства силовых линий. Силовые линии центральных полей обеих частиц огибают одноимённо заряженные частицы: линии поля протона огибают протоны, линии поля электрона огибают электроны (удовлетворение факта меньшего ослабления гравитационного поля материей, чем электростатического). Из-за предполагаемой высокой плотности пространства протон в пределах своего радиуса абсолютно непрозрачен для силовых линий поля электрона. Силовые линии электрона замыкаются на протон и оканчиваются на нём. Электрон также неабсолютно прозрачен для силовых линий поля протона (удовлетворение факта силового воздействия протона на электрон), но в значительно меньшей степени из-за малой или нулевой плотности пространства в пределах своего радиуса.

6. Электростатическое поле – это центральное поле электрона.

7. Гравитационное поле – это центральное поле протонов, ослабленное присутствием электронов в атомной оболочке.

8. Заряженность или нейтральность макросреды определяется соотношением плотностей потоков полей протонов и электронов. Незаряжённость среды соответствует условию (2.60) или (2.65).

9. При абсолютном покое частицы её центральное поле точно симметрично и энергия поля минимальна. При абсолютном движении частицы её поле становится асимметричным, потенциальная энергия поля увеличена, и существует тормозящая сила, стремящаяся восстановить точечную симметрию поля и минимум потенциальной энергии. (Гл.20).

10. Второй закон механики – это закон реакции изогнутых силовых линий центрального поля частицы при её ускорении.

11. Направленность сил при взаимодействии покоящихся заряженных частиц определяется стремлением пространства к минимуму потенциальной энергии. Минимум достигается при минимальном отклонении отношения плотностей заряда и массы от среднего значения.

12. ЭДС индукции, эффект Ампера и пинч - эффект являются следствием асимметризации центральных полей при движении зарядов.

13. В связанной системе протон - электрон существуют два устойчивых положения электрона: первое – в атомной оболочке, второе – в оболочке нейтрона. Между этими положениями направление силы между протоном и электроном соответствует взаимному отталкиванию частиц.

14. Центральные поля электрона и протона в нейтроне и атомах в сильной степени ограничены электронными оболочками. Поля атомных ядер, взаимодействуя с электронами других близко расположенных атомов, создают молекулярные силы – силы Ван-дер-Ваальса.

15. В макротеле остаточные поля протонов нейтрализуются в среднем дополнительным количеством электронов до достижения нейтральности тела относительно электронов по параметру f . В этом состоянии центральное поле тела приобретает характеристику гравитационного, т.е. поле про-

тон-электронной пары становится примерно в 10^{18} раз слабее электростатического. Это поле воздействует на параметр s другого макротела, электрически нейтрального относительно электронов. Параметры f и s макротела складываются из соответствующих параметров всех частиц тела с учётом взаимного экранирования (ослабления) полей. Принцип суперпозиции по параметрам f и s не выполняется.

16. Инерция частицы не зависит от длины силовых линий её поля (удовлетворение равенства инертных масс протона и нейтрона).

17. Информация о положении протона или электрона распространяется по силовым линиям центральных полей в виде поперечных и продольных деформаций без рассеяния до встречи с частицами противоположного знака. По своей способности не растекаться в пространстве эти волны близки к понятию фотона (удовлетворение факта избирательного возбуждения атомов при высокочастотном облучении мишени).

18. Антинейтрино, если существует, представляет собой волну, распространяющуюся по силовой линии центрального поля протона. (удовлетворение факта высокой проникающей способности этой частицы или волны, сравнимой с проникающей способностью гравитационного поля, описываемой коэффициентом α_g (3.20)).

В образующейся концепции вселенная предстаёт как совокупность полей протонов и электронов. В этом представлении есть место нестабильным частицам с зарядами противоположных знаков, с различными отношениями заряда к массе, магнитными моментами и временами жизни. В частности, могут существовать частицы, которые соответствуют понятию антипротон или позитрон. В логике реальной электродинамики все нестабильные частицы характеризуются различным числом силовых линий, различными плотностями материи в центре, различными сечениями взаимодействия с внешними полями и ориентацией элементов пространства в силовых линиях их центральных полей. Это представление не предполагает симметрии вселенной в смысле возможности существования гипотетической антивселенной, т.к., согласно изложенной концепции, частицы противоположных знаков образуются относительно средней ненулевой плотности массы пространства. В её логике плотность пространства всегда положительна. Она не может быть нулевой или меньше нуля. В реальной электродинамике нет места антиматерии. В данных представлениях существование вселенной, т.е. существование времени, является следствием ненулевой плотности пространства и инертности при передаче возмущения.

§ 13.2. Энергия электромагнитной волны.

Представим себе, что под действием внешней силы электрон совершил одно полное колебательное синусоидальное движение по оси Y с периодом T и амплитудой A

$$y = A \sin 2\pi \frac{t}{T} . \quad (0 \leq t \leq T) . \quad 13.1$$

Энергия, затраченная внешней силой на совершение одного полного колебания электрона в пустоте, должна переходить в энергию колебаний силовых линий его центрального поля, т.е. в энергию поперечных (а в общем случае и продольных) волн, распространяющихся по всем силовым линиям поля частицы. Рассчитаем эту энергию, предполагая для упрощения, что все силовые линии электрона ориентированы по оси **X** в одном направлении. В этом случае волны распространяются по оси **X** и являются поперечными относительно направления распространения.

Сила, которую необходимо приложить к электрону в каждый момент времени для создания колебаний с заданной частотой и амплитудой, равна произведению инертной массы электрона на ускорение по оси **Y**, т.е. согласно (13.1),

$$F = m_e \frac{d^2 y}{dt^2} = -4\pi^2 A m_e \frac{1}{T^2} \sin 2\pi \frac{t}{T} . \quad 13.2$$

В течение четверти периода энергия, сообщаемая электрону, равна работе по его отклонению по оси **Y** до амплитудного значения **A**

$$\frac{1}{4} W_e = \int_0^A F dy = 4\pi^2 A^2 m_e \frac{1}{T^2} \int_0^{T/4} \sin 2\pi \frac{t}{T} d(\sin 2\pi \frac{t}{T}) = 2\pi^2 A^2 m_e \frac{1}{T^2} .$$

Энергия **W_e**, затраченная на полное колебательное движение электрона в течение периода с частотой **ν**, переходит в энергию **W_w** излучённой волны

$$W_w = W_e = 8\pi^2 A^2 m_e \nu^2 . \quad 13.3$$

Если амплитуда колебания электрона равна радиусу его устойчивого положения в атоме водорода (**A = r₁**), а частота колебания – частоте Ридберга (**ν = R**), то энергия четверти волны, распространяющейся по всем силовым линиям, оказывается равной энергии связи электрона в атоме водорода (13.2)

$$\frac{1}{4} W_w = 2\pi^2 r_1^2 m_e R^2 = \frac{1}{2} m_e v_1^2 = -eU_1 ,$$

где **v₁** – линейная скорость, развиваемая электроном в точке равновесия после вступления в связь, **U₁** – потенциал ионизации атома водорода.

С учётом (13.2) и (13.3) энергия полной синусоидальной волны с амплитудой **A_λ** и частотой **ν**, распространяющейся по всем силовым линиям, описывается зависимостью

$$W_w = 4 \left(\frac{A_{\lambda} v}{r_1 R} \right)^2 eU_1, \quad 13.4$$

а энергия полной волны, распространяющейся по одной силовой линии,

$$W_{w1} = \frac{1}{n_e} W_w = 4 \frac{1}{n_e} \left(\frac{A_{\lambda} v}{r_1 R} \right)^2 eU_1, \quad 13.5$$

где n_e – число радиальных силовых линий у поля электрона.

Энергия отрыва и частота излучения электрона водородоподобного иона пропорциональны квадрату номера элемента, поэтому энергия волны при образовании такого иона элемента Z равна

$$W_w = 2 \pi^2 A_z^2 m_e Z^4 R^2. \quad 13.6$$

Из этого равенства видно, что энергия отрыва ближнего к ядру электрона пропорциональна Z^2 при условии, что амплитуда $A_{\lambda z}$ излучаемой волны уменьшается с номером элемента по закону

$$A_{\lambda z} = A_{\lambda 1} \frac{1}{Z}. \quad 13.7$$

Ниже будет показано, что эта зависимость совпадает с законом уменьшения радиуса равновесия электрона в водородоподобном ионе с увеличением Z (16.15).

§ 13.3. Связь энергий частицы и волны.

При приложении внешней силы F к свободной частице массой m импульс силы за время dt идёт на увеличение скорости частицы dv . Это описывается равенством

$$F dt = m dv, \quad 13.8$$

Внешняя сила может быть приложена и к волне. В отличие от частицы скорость волны не меняется, т.к. определяется упругими свойствами среды распространения, поэтому импульс силы расходуется на увеличение эффективной массы волны m_w , под которой следует понимать степень отклонения среды распространения от равновесного состояния. Это описывается равенством

$$F dt = v dm_w. \quad 13.9$$

В обоих случаях интервал времени dt связан с пройденным расстоянием ds зависимостью

$$dt = \frac{1}{v} ds. \quad 13.10$$

Замена в (13.8) и (13.9) dt на путь ds (13.10), перенос скорости направо и последующее интегрирование обеих частей

в случае частицы :

$$\int_0^s F ds = \int_0^v m v dv,$$

в случае волны:

$$\int_0^s F ds = \int_0^m v^2 dm$$

приводит к выражениям кинетической энергии частицы

$$W_m = \frac{1}{2} m v^2, \quad 13.11$$

и к энергии волны

$$W_w = m_w v^2 \quad 13.12$$

В случае электромагнитной волны зависимость (13.12) имеет вид

$$W_w = m_w c^2. \quad 13.13$$

Из выражений (13.12) (13.13) следует, что

электромагнитная волна принципиально не отличается от волн других типов, распространяющихся в упругих средах.

Из этого, в частности, следует, что запрет специальной теории относительности на движение частиц и тел со сверхсветовой скоростью, определяемый эмпирической формулой Лоренца

$$m = m_0 \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-1/2}, \quad 13.14$$

где m , m_0 – массы частицы при скорости v и покое, не отвечает действительности. Зависимость Лоренца предполагает увеличение инертной массы частицы до бесконечности при приближении её скорости к скорости света. Это противоречит представлению реальной электродинамики об ограниченном числе силовых линий поля у частицы.

Из принципиальной неотличимости электромагнитной волны от других типов волн следует, что эффект увеличения инертной массы частицы при приближении её абсолютной скорости к скорости света аналогичен образо-

ванию ударной волны при приближении скорости макротела к скорости звука. Согласно (13.5) и (13.13), электромагнитной синусоидальной волне длиной λ с амплитудой A , распространяющейся по одной силовой линии, может быть приписана эффективная масса, равная

$$m_w = 8 \pi^2 A^2 \frac{m_e}{n_e} \frac{1}{\lambda^2} = 8 \pi^2 A^2 \frac{m_e}{n_e} \frac{v^2}{c^2}, \quad 13.15$$

где m_e – масса электрона, n_e – число силовых линий у полного электрона, v – частота волны.

В частности, при захвате протоном электрона с образованием атома водорода по одной силовой линии распространяется энергия, заключённая в четверти волны и соответствующая четверти её массы (13.15)

$$m_w = 2 \pi^2 A^2 \frac{m_e}{n_e} \left(\frac{R}{c}\right)^2 = 2,6 \cdot 10^{-37} \text{ г.}, \quad 13.16$$

где $n_e = 9,3 \cdot 10^4$ – число силовых линий у полного электрона (16.70).

Особенность электромагнитной макроволны и её отличие от других типов волн заключается в том, что она сложена из многих микроволн, распространяющихся по отдельным силовым линиям (об этом свидетельствует избирательное возбуждение отдельных атомов при облучении мишеней высокочастотным излучением, что привело в начале XX века к введению понятия фотона).

Для кинетической энергии частицы, движущейся со скоростью, близкой к скорости света, необходимо применять выражение (13.11), в котором из-за азимутальной переориентации силовых линий центрального поля изменяются поперечная и продольная инертные массы при, возможно, их неизменной сумме.

Глава 14.

Магнетизм как эффект центрального поля движущегося заряда.

Эффекты магнетизма представляются следствием деформации центрального поля движущегося заряда без использования понятия магнитного поля. Показывается, что уравнение индукции Максвелла описывает два одновременно действующих процесса: возникновение ЭДС индукции и нейтрализацию её током проводимости проводника. Из построений следует, что ЭДС индукции пропорциональна силе тока. [54]

В течение более двухсот лет уравнения Максвелла являются теоретической базой электродинамики и используются для описания электричества, магнетизма и электромагнитных волн. При написании уравнений Максвелл использовал имевшиеся в его распоряжении данные экспериментов Фарадея по электрической индукции и теоретические положения электростатики. Метод аналитического выражения, применявшийся Максвеллом, с самого начала был раскритикован, однако альтернативных механизмов распространения электромагнитных волн предложено не было. Исключение составило лишь мнение Фарадея, увидевшего распространение волн по реальным силовым линиям, однако оно не получило поддержки со стороны коллег. Уравнения и представления Максвелла продемонстрировали свою приемлемость для теоретических и практических нужд. Это укрепило мнение в их правильности, а манера записи уравнений, вызывавшая возражения, стала рассматриваться как отражение выдающихся способностей автора.

Развитые выше представления позволяют увидеть следующие дефекты уравнений:

- Из-за неучёта ослабления электростатического и магнитного полей материей уравнения электростатики и магнитостатики ограничены по условиям и масштабам применения.

- Статическое уравнение не связано с тремя динамическими и выглядит изолированным и искусственно присоединённым.

- В уравнениях используются два поля - электрическое и магнитное, которые не сводятся к одному. Магнитное поле рассматривается как самостоятельная сущность, принципиально отличная от центрального электрического поля.

Введение понятия магнитного поля было продиктовано необходимостью объяснения нецентральной ориентации магнитных диполей, впервые продемонстрированной Х.Эрстедом в 1820 г. [105]. В дальнейшем не были сделаны попытки отождествления эффектов магнетизма с эффектами центрального электрического поля, деформированного движением зарядов. Проблема объединения этих двух полей в одно осталась нерешённой.

§ 14.1. Сила Ампера как следствие асимметризации центрального поля движущегося заряда.

Согласно принципу единства сущностей, нецентральные поля должны быть эффектами центрального поля. Покажем, что исходное представление о тождественности электрического поля с магнитным позволяет качественно и количественно описать эффекты магнетизма без введения понятия магнитного поля как самостоятельного, принципиально отличающегося от электрического.

Сила взаимодействия \mathbf{F} двух параллельных проводников с токами \mathbf{I}_1 , \mathbf{I}_2 (закон Ампера) записывается в виде [106]

$$F = -2 k L \frac{1}{a} I_1 I_2, \quad 14.1$$

где L - длины проводников, a - расстояние между ними, k - постоянный коэффициент.

Предполагается близкое расположение проводников, т.е. выполнение условия: $a \ll L$. Токи записаны в виде скалярного произведения векторов. Знак минус соответствует взаимному притяжению проводников при однонаправленных токах.

Эффект силового взаимодействия проводников с током представляет собой опытный факт. В классической электродинамике сила Ампера рассматривается как результат взаимодействия движущихся зарядов с магнитным полем параллельного проводника. При таком представлении магнитное поле выступает как самостоятельная сущность, принципиально отличающаяся от электрического.

С точки зрения реальной электродинамики, эффект Ампера имеет центрально-электрическую природу. Сущность его заключается в следующем. В связи с конечностью скорости распространения информации о положении частицы по силовым линиям поле движущейся частицы становится асимметричным относительно плоскости, нормальной к траектории движения. При движении электронов в проводнике вокруг него возникает нецентральная компонента напряжённости электрического поля, параллельная току. Если бы нецентральная компонента поля \mathbf{f} электронов одного тока воздействовала непосредственно на поверхность электронов \mathbf{s} другого тока, то различия в воздействии на покоящуюся или движущуюся частицу не было бы и не объяснялась бы пропорциональность силы Ампера произведению токов. Для объяснения закономерности (14.1) достаточно учесть, что при одинаково направленных токах нецентральные компоненты полей движущихся электронов однонаправлены, а при встречных токах - противоположны. Данная ситуация аналогична взаимодействию неподвижных зарядов одинаковых или противоположных знаков. Эта аналогия приводит

к фундаментальному выводу, что

притяжение или отталкивание неподвижных зарядов происходит не у поверхностей частиц, а в материальной поляризующейся среде между ними, и, следовательно, при записи силы взаимодействия в параметрах \mathbf{f} , \mathbf{s} под параметром s частицы следует понимать её некоторую эффективную поверхность.

Произведение токов может быть заменено на произведение абсолютных скоростей зарядов в проводниках. Это обстоятельство делает запись (14.1) несовместимой с идеей общей относительности, т.к. принятие любой движущейся относительно земли системы отсчёта изменяет относительно неё скорости движения зарядов в проводнике и, следовательно, делает неоднозначным произведение скоростей и токов. Формула Ампера действительна только при условии, что система отсчёта неподвижна относительно земли в точке измерения токов (Гл.2).

В записи формулы (14.1) присутствуют два коэффициента, один из которых - числовой множитель 2. Покажем, что этот множитель характеризует конкретную ситуацию - взаимодействие двух близко расположенных параллельных проводов с токами. Принятые обозначения представлены на Рис. 14.1.

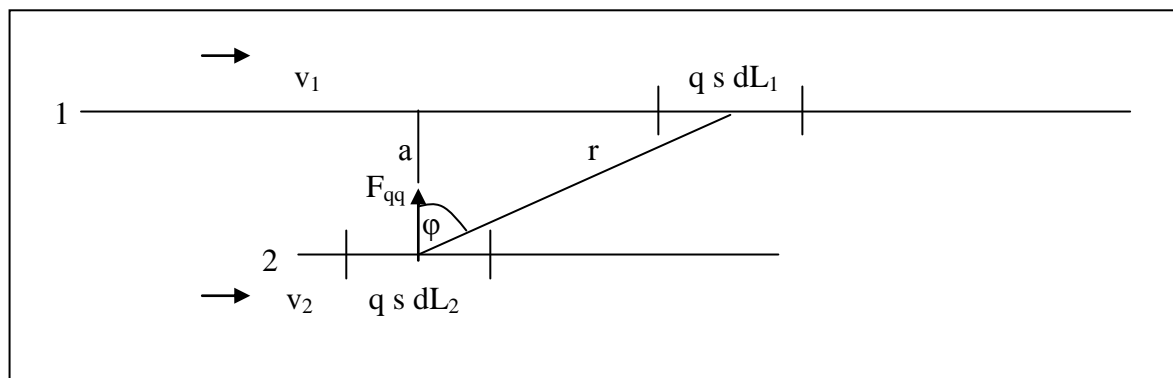


Рис. 14.1. Сила Ампера между движущимися электронами в параллельных проводниках.

На рисунке проводник 1 имеет большую длину L_1 , а длина второго значительно меньше $L_2 \ll L_1$. Расстояние между проводами удовлетворяет условию $a \ll L_2$. (При этом условии длина провода 1 не существенна, т.к. практически взаимодействуют только заряды, находящиеся на малых расстояниях друг от друга, т.е. результат практически не отличается от случая двух проводов длиной L_2 . Большая длина принята лишь для удобства интегрирования до бесконечности. Обозначим через q линейную плотность заряда электронов, движущихся в некотором отрезке провода, и рассмотрим кулоновское взаимодействие двух таких отрезков длиной dL в разных про-

водниках. Для упрощения будем считать, что выбранные взаимодействующие заряды равны, а разными являются только их скорости. В момент расположения зарядов на нормали к проводникам сила их взаимодействия в СИ

$$F_{qq} = -k_{vv} q^2 s^2 dL_1 dL_2 \frac{1}{a^2} \mathbf{v}_1 \mathbf{v}_2, \quad 14.2$$

где s – сечение проводника, $\mathbf{v}_1, \mathbf{v}_2$ – абсолютные скорости движения электронов тока относительно земной поверхности. Произведение скоростей – скалярное. k_{vv} – некоторый коэффициент.

Компонента силы, нормальная к проводникам \mathbf{F}_{qi} , действующая на элемент заряда второго провода со стороны всех движущихся зарядов первого бесконечного провода, определяется интегрированием воздействий всех зарядов по длине первого проводника

$$F_{qi} = -2k_{vv} \int_0^\infty q^2 s^2 \mathbf{v}_1 \mathbf{v}_2 \frac{1}{r^2} \cos \varphi dL_1 dL_2 = -2k_{vv} q^2 s^2 dL_2 \frac{1}{a} \mathbf{v}_1 \mathbf{v}_2, \quad 14.3$$

где \mathbf{r} – расстояние между зарядом второго провода и интегрируемым зарядом первого. Согласно принятым на Рис. 14.1 обозначениям,

$$r = a \frac{1}{\cos \varphi}; \quad \frac{L}{a} = \tan \varphi; \quad dL_2 = a \frac{1}{\cos^2 \varphi}. \quad 14.4$$

Суммарная сила, действующая между двумя проводниками, определяется интегрированием \mathbf{F}_{qi} по конечной длине L_2 второго провода

$$F = -2k_{vv} q^2 s^2 \frac{1}{a} \mathbf{v}_1 \mathbf{v}_2 \int_0^{L_2} dL_2 = -2k_{vv} q^2 s^2 L_2 \frac{1}{a} \mathbf{v}_1 \mathbf{v}_2. \quad 14.5$$

Поскольку $q s v \equiv I$,

то для приведения (14.5) в согласие с (14.1) необходимо считать, что коэффициент k_{vv} , введенный в (14.2), равен коэффициенту в формуле Ампера

$$k_{vv} = k. \quad 14.6$$

При этом запись Ампера формально становится соответствующей случаю взаимодействия двух точечных параллельно движущихся зарядов. Используем это следствие для записи взаимодействия между двумя ион-электронными парами двух проводников.

Записи формулы Ампера для протон-электронных пар. Проанализируем зависимость (14.1) в системах единиц СИ и СГСЭ. Для удобства каждый

проводник представим парой противоположно заряженных частиц, одна из которых покоится (положительный ион материала проводника), а вторая движется (электрон). В этом случае сила взаимодействия пар разных проводников складывается из сил взаимодействия неподвижных протонов, неподвижного протона с движущимся электроном и между движущимися электронами. Отличной от нуля оказывается только сила взаимодействия нецентральных компонент полей движущихся электронов (динамическая компонента). Сила взаимодействия двух электронов, движущихся со скоростями $\mathbf{v}_1, \mathbf{v}_2$ и находящихся на линии, нормальной к проводникам, складывается из статической и динамической компонент. В системе единиц СИ сила равна

$$F_{ee} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} e^2 \frac{1}{a^2} - k_i e^2 \frac{1}{a^2} \mathbf{v}_1 \mathbf{v}_2, \quad 14.7$$

где k_i - значение k из (14.1) в СИ. В 1960 г. было принято

$$k = k_i = 1 \cdot 10^{-7} \text{ с}^2/\text{м}^2 \quad 14.8$$

с точностью до первой значащей цифры [62].

В СИ для удобства используется понятие магнитной проницаемости μ_i , связанное с k_i равенством

$$\mu_i = 4\pi k_i, \quad 14.9$$

поэтому (14.7) может быть записано также в виде

$$F_{ee} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} e^2 \frac{1}{a^2} - e^2 \frac{1}{a^2} \frac{\mu_i}{4\pi} \mathbf{v}_1 \mathbf{v}_2. \quad 14.10$$

Для унификации этого выражения с уравнениями электростатики при изменении системы единиц первый член в правой части вынесем за скобки. После этого выражение приобретает вид

$$F_{ee} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} e^2 \frac{1}{a^2} (1 - \epsilon_0 \mu_i \mathbf{v}_1 \mathbf{v}_2). \quad 14.11$$

Произведение констант в скобках имеет размерность обратного квадрата скорости, а по величине близко к обратному квадрату скорости света, поэтому выражение может быть переписано в виде

$$F_{ee} \cong \frac{1}{4\pi\epsilon_0} e^2 \frac{1}{a^2} \left(1 - \frac{1}{c^2} \mathbf{v}_1 \mathbf{v}_2\right). \quad 14.12$$

Знак приближительного равенства должен быть поставлен ввиду низкой

точности измеренного значения k_i в (14.7). При записи силы (14.12) перевод выражения из СИ в СГСЭ может производиться по правилам перехода соотношений электростатики путём приравнивания

$$4\pi\epsilon_0 = 1. \quad 14.13$$

Требование сохранения значения коэффициента при произведении скоростей в (14.11) и условие (14.13) вынуждают изменить в СГСЭ значение константы магнитной проницаемости (14.9) на некоторое другое μ_e . Константы становятся равными

$$\epsilon_{oe} = \frac{1}{4\pi}; \quad \mu_e \equiv 4\pi \frac{1}{c^2}. \quad 14.14$$

С учётом этих значений запись силы (14.11) в системе СГСЭ становится

$$F_{ee} = e^2 \frac{1}{a^2} (1 - \epsilon_{oe}\mu_e \mathbf{v}_1 \mathbf{v}_2) \quad 14.15$$

или

$$F_{ee} \equiv e^2 \frac{1}{a^2} (1 - \frac{1}{c^2} \mathbf{v}_1 \mathbf{v}_2).$$

При оценке корректности замены в (14.12) и (14.15) произведения констант на обратный квадрат скорости света необходимо учесть, что зависимость центральной силы взаимодействия зарядов от их скоростей – эффект самостоятельный, который в любой системе единиц должен характеризоваться своей константой. В системе СИ такая константа формально имеется, это - коэффициент k_i (14.8). Однако, как видно из (10.11), он содержит в себе множитель $(4\pi\epsilon_0)^{-1}$, зависящий от системы единиц. После вынесения множителя за скобки коэффициент при скоростях становится равным произведению констант $\epsilon_0\mu_i$ (14.11). Это произведение удобно умножить и разделить на квадрат скорости света, после чего образуется безразмерный коэффициент, который можно обозначить через k_o , и равный

$$k_o = 4\pi \epsilon_0 k_i c^2, \quad 14.16$$

или

$$k_o = \epsilon_0 \mu_i c^2.$$

Значение k_o в СИ равно единице с относительной погрешностью определения коэффициента k_i (14.8), то есть до первой значащей цифры. Ввиду равенства с учётом (14.14) и (14.16)

$$\epsilon_0 \mu_i c^2 = \epsilon_{oe}\mu_e c^2 \quad 14.17$$

значение k_o распространяется на систему СГСЭ. С учётом (14.16),(14.17)

выражения (14.12),(14.15) могут быть записаны для двух систем отсчёта в общем виде

$$F_{ee} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} e^2 \frac{1}{a^2} (1 - k_0 \frac{1}{c^2} \mathbf{v}_1 \mathbf{v}_2). \quad 14.18$$

При такой записи коэффициент k_0 безразмерен и зависит лишь от значения k_i (14.8). Запись силы (14.18) не содержит параметров магнетизма. Это соответствует изначальному предположению о центрально – электрической природе эффекта Ампера.

Пинч-эффект. Выражение (14.18) позволяет применить его для описания взаимного поперечного притяжения элементарных зарядов, движущихся в одном направлении в проводнике, в плазме разряда или в пучке однонаправленных частиц. Для этого оно должно быть записано в более общем виде

$$F_{ee} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} e^2 \frac{1}{a^2} (\delta - k_0 \frac{v^2}{c^2}), \quad 14.19$$

где δ - коэффициент, описывающий степень скомпенсированности зарядов движущихся частиц, принимающий значения:

- в проводнике с током или в нейтральной плазме разряда

$$\delta = 0,$$

- в плазме разряда с частично скомпенсированным зарядом

$$0 < \delta < 1, \quad 14.20$$

- в ускоренном пучке электронов или ионов

$$\delta = 1.$$

Из (14.19) видно, что для взаимного притяжения частиц необходимо, чтобы правая часть равенства была отрицательной. В случае токов в проводниках или в плазме разряда статические силы практически скомпенсированы, и пинч-эффект проявляется даже при малых скоростях частиц.

Ситуация принципиально иная в пучке ускоренных частиц одного сорта, т.е. в условиях, когда взаимное электростатическое отталкивание одноименных зарядов действует. В этом случае в пучке, движущемся с досветовой скоростью, отталкивание между частицами может переходить во взаимное притяжение только при условии, что коэффициент $k_0 > 1$. При $k_0 \leq 1$ пинч возможен только в пучке, ускоренном до сверхсветовых скоростей. Для расчёта пинча в пучке значение k_0 должно быть известно как минимум с точностью до второго знака.

Унификация записи формулы Ампера. При ненулевых токах в проводни-

ках сила, действующая между двумя протон-электронными парами разных проводников, определяется только динамической компонентой взаимодействия движущихся электронов, т.е. согласно (14.18),

$$F_{ee} = - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} k_0 e^2 \frac{1}{a^2} \frac{1}{c^2} \mathbf{v}_1 \mathbf{v}_2 . \quad 14.21$$

Этому выражению соответствует унифицированная запись формулы Ампера

$$F = - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} k_0 \frac{1}{c^2} \frac{L}{a} \mathbf{I}_1 \mathbf{I}_2 , \quad 14.22$$

где $\mathbf{I}_1 \mathbf{I}_2$ – скалярное произведение векторов тока.

Преимущество выражения (14.22) перед формулой Ампера (14.1) состоит в том, что:

1. перевод его из системы СИ в СГСЭ и обратно производится по правилам перевода всех других соотношений электростатики путем изменения значения электрической константы ϵ_0 ;
2. коэффициент k_0 безразмерен и сохраняет свое значение в обеих системах единиц.

В случае неполностью электрически нейтральных проводов становится отличной от нуля статическая компонента, и зависимость должна быть записана в более общем виде.

Из (14.18) видно, что запись силового поперечного взаимодействия двух элементарных зарядов, движущихся в двух проводниках в плазме или в пучке, описывается выражением, которое можно рассматривать как обобщение закона Кулона на случай произвольного абсолютного движения зарядов. Направление силы может меняться в зависимости от абсолютной скорости частиц. Каждой элементарной частице можно приписать некоторое эффективное значение заряда e_v , зависящее от скорости движения

$$e_v = e \left(1 - k_0 \frac{v^2}{c^2} \right)^{1/2} . \quad 14.23$$

В случае пучка эффективные заряды частиц равны

$$e_v = e \left(1 - k_0 \frac{v^2}{c^2} \right)^{1/2} , \quad 14.24$$

и пинч-эффект может возникать, если частицы имеют скорость

$$v > c k_0^{-1/2} . \quad 14.25$$

Это условие имеет два решения:

$$1) \quad k_0 > 1; \quad v \leq c;$$

14.26

$$2) \quad k_0 \leq 1; \quad v > c.$$

В реальной электродинамике второе решение исключать нельзя ввиду отсутствия запрета на движение частиц со сверхсветовой скоростью.

14.2. Взаимодействие линейного и кольцевого токов.

Решающим фактом, приведшим в XIX веке к отказу от дальнейших попыток электрического объяснения магнитных эффектов, было явление поперечной ориентации магнитной стрелки относительно провода с током, обнаруженное Эрстедом [29][105]. В то время описать поведение стрелки на основе записи центрального поля было невозможно, т.к. частицы атома представлялись неподвижными. Современное представление о том, что в атомах существуют кольцевые токи, образованные орбитальными вращениями электронов, позволяет на основе закона Ампера (14.1) учесть, что атомы, находясь вблизи прямого тока, испытывают момент сил, стремящийся развернуть орбиту вращения электрона к положению минимума потенциальной энергии атома. Такой минимум достигается, когда скорость атомного электрона на части кольцевой орбиты, ближней к проводу, совпадает со скоростью электронов прямого тока. При этом магнитный момент атома ориентируется так, как он определяется на основе правил магнетизма.

Рассчитаем момент сил, действующий на условный атом водорода с электроном, вращающимся в некоторой плоскости. Пусть в бесконечно длинном проводе, расположенном по оси X , в положительном направлении оси перемещаются электроны со скоростью v_e , образуя линейную плотность движущегося заряда q и ток I_e . На расстоянии a от провода по оси Y находится электрон, который вращается по орбите радиусом r_0 со скоростью v_0 вокруг протона (Рис.14.2.). Ось вращения пересекает провод с током под прямым углом. В одной половине кольцевой орбиты ($Z > 0$) X -ая компонента скорости электрона совпадает с направлением движения электронов в проводе, в другой половине ($Z < 0$) – противонаправлена. Поскольку атом электрически нейтрален, статический член взаимодействия в (14.7) равен нулю, и сила между атомом и прямым током описывается только динамическим членом. Согласно (14.22), во время движения электрона по первой половине орбиты сила взаимодействия между проводом и электроном – притягивающая, а при прохождении второй – отталкивающая. X -овая компонента скорости электрона на орбите равна

$$v_x = v_0 \sin \alpha,$$

14.27

где α – угол между радиусом из ядра на вращающийся электрон и положительным направлением оси X в плоскости вращения электрона.

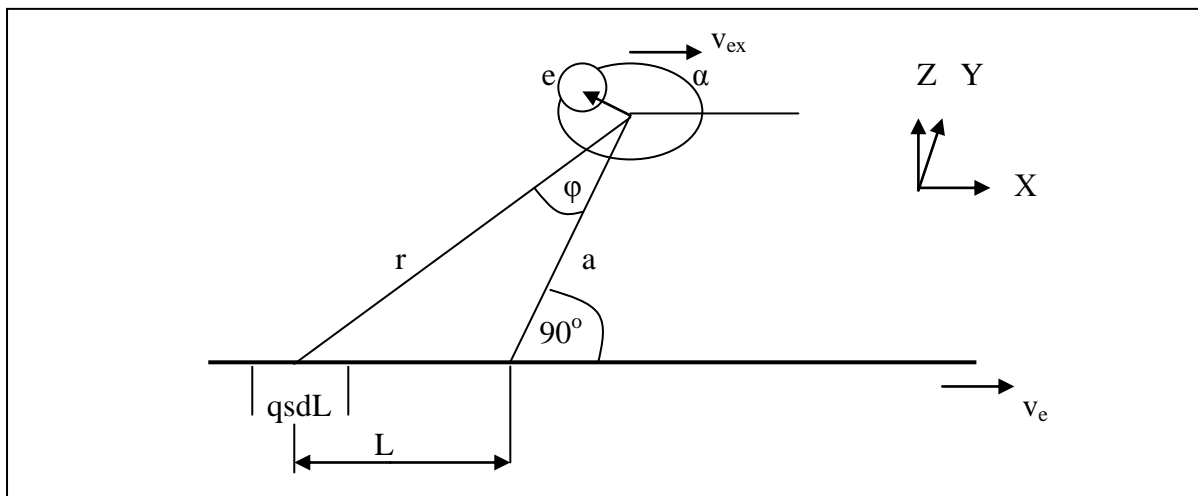


Рис 14.2. Взаимодействие вращающегося электрона с линейным током.

Направленная нормально к проводу компонента силы dF_n , действующая на электрон со стороны произвольного движущегося заряда $q s dL$ во время первого полупериода, в котором $\pi > \alpha > 0$, равна

$$dF_n(\alpha, \varphi) = k_i e q s v_x v_e \frac{1}{r^2} \cos \varphi dL = -k_i e q s v_o v_e \frac{1}{a} \sin \alpha \cos \varphi d\varphi, \quad 14.28$$

где φ – угол между направлением из атома на интегрируемый заряд и перпендикуляром на провод, s – сечение провода, k_i – коэффициент (14.8) в записи закона Ампера. В выражении учтено, что расстояние между вращающимся электроном и зарядом провода

$$r = a \cos^{-1} \varphi, \quad L = a \tan \varphi, \quad dL = a \cos^{-2} \varphi d\varphi. \quad 14.29$$

Сила, нормальная к проводу, действующая на электрон со стороны всех зарядов другого провода, равна

$$F_n(\alpha) = 2 \int_0^{\pi/2} dF(\alpha, \varphi) = -2 k_i e q s v_o v_e \frac{1}{a} \sin \alpha, \quad 14.30$$

Где Z -овая компонента расстояния в атоме от ядра до орбиты электрона равна

$$r_z = r_o \cos \alpha$$

а r_o – радиус орбиты.

Момент силы, действующий на вращающийся электрон при его положении под углом α , равен

$$F_n(\alpha) r_z(\alpha) = -2 k_i e q s v_o v_e \cos^2 \alpha r_o^2 \frac{1}{a}, \quad 14.31$$

а среднее абсолютное значение момента силы, которое действует на вращающийся электрон,

$$|p_f| = |F_n r_z|_{cp} = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi F(\alpha) r_z(\alpha) d\alpha = k_i e q s v_o v_e r_o^2 \frac{1}{a}. \quad 14.32$$

Учитывая, что кольцевой ток, создаваемый электроном, равен

$$I_o = e v_o / 2 \pi r_o ,$$

при токе в проводе

$$I_e = q s v_e$$

и магнитном моменте кольцевого тока

$$p_m = \pi r_o^2 I_o ,$$

момент силы, действующий на вращающийся электрон, равен

$$|p_f| = 2\pi r_o^2 k_i I_o I_e \frac{1}{a} = p_m k_i 2 I_e \frac{1}{a}. \quad 14.33$$

В теории магнетизма момент сил \mathbf{p}_f равен векторному произведению магнитного момента \mathbf{p}_m на магнитную индукцию \mathbf{B}

$$\mathbf{p}_f = [\mathbf{p}_m \mathbf{B}], \quad 14.34$$

поэтому из (14.33) следует, что значению \mathbf{B} в окрестностях прямого тока I_e соответствует выражение

$$B = k_i 2 I_e \frac{1}{a},$$

или

$$B = \frac{\mu_i}{4\pi} 2 I_e \frac{1}{a}. \quad 14.35$$

Зависимость (14.35) совпадает с зависимостью магнитной индукции прямого тока в классической теории магнетизма. Образование момента сил, действующего на кольцевой ток со стороны прямого провода, означает равное нецентральное силовое воздействие кольцевого тока на движущиеся в прямом проводе электроны и на провод в целом. Этим следствием в качественное и количественное описание включается отклонение заряженных частиц в магнитном поле, в частности, эффект Холла.

Возможность получения аналитических зависимостей магнетизма на основе закона Ампера без привлечения понятия магнитного поля позволяет считать, что

магнитное поле как самостоятельное не существует, оно вошло в физику как эмпирическое понятие, позволяющее удовлетворительно описывать эффекты воздействия центрального поля произвольно движущегося заряда на центральное поле другого движущегося заряда.

§ 14.3. Строение электромагнитной волны.

Описание эффектов магнетизма на основе центрального электрического поля без применения понятия магнитного поля подразумевает строение электромагнитной волны без магнитной компоненты. Электрический механизм распространения чисто электрических волн от зарядов, движущихся с ускорением, впервые был предложен Фарадеем [31]. В его представлении радиальные силовые линии напряжённости электрического поля заряженной частицы были не удобной формой графического представления, как считается в настоящее время, а реально существующими линиями, связанными с зарядами. Согласно Фарадею, электромагнитные волны - это поперечные колебания реальных силовых линий центрального электрического поля, обусловленные периодическим изменением положения связанного с ними заряда. Механизм распространения электрических волн аналогичен распространению механических деформаций вдоль натянутой струны.

Представление Фарадея должно быть дополнено. Силовые линии центрального поля не могут быть сплошными, так как при движении заряда они пересекают силовые линии других зарядов. Пересечение линий без запутывания вынуждает считать, что они образованы из элементов пространства, диполь-дипольно связанных в полимерные цепочки. Только такая конструкция способна разрываться, пропуская через себя силовые линии полей других зарядов, и затем вновь восстанавливаться.

Силовая линия должна стремиться стать прямой, т.к. при этом достигается минимум потенциальной энергии. Любая поперечная или продольная деформация, возникшая в некоторой точке линии, будет распространяться в обе стороны линии, перенося энергию деформации без рассеяния.

Распространение волны по реальной силовой линии от центра имеет особенность: её энергия не уменьшается по закону $1/r^2$, как это происходит при распространении звуковой волны от точечного источника, а переносится без рассеяния до контакта линии со встреченным препятствием. Такими препятствиями могут быть электрон или протон в свободном или связанном состоянии. В этом представлении обратная квадратичная зависимость макротока волн от точечного источника описывает лишь радиальную зависимость плотности потока силовых линий. При малой плотности потока вдали от источника макроскопическая волна разбивается на отдельные синфазные микроволны, распространяющиеся по отдельным линиям. При взаимодействии со встреченными электроном или протоном каждая такая микроволна близка к понятию фотона. Распространение волн по реальным силовым ли-

ниям позволяет дать электродинамическое толкование фотоэффекту (§22.6).

§ 14.4. Ошибочность индукционного уравнения Максвелла. [54]

Представление о реальных силовых линиях электрического поля позволяет описать эффект индуцирования электродвижущей силы (ЭДС) и тока в проводнике, который находится вблизи провода с током. Для этого рассмотрим эффект на использованном выше примере двух параллельных, близко расположенных проводников, когда проводник 1 с током бесконечно длинный, а проводник 2 представляет собой незамкнутый отрезок провода длиной L_2 . Пусть параллельные проводники расположены по оси X . (Рис. 14.3.)

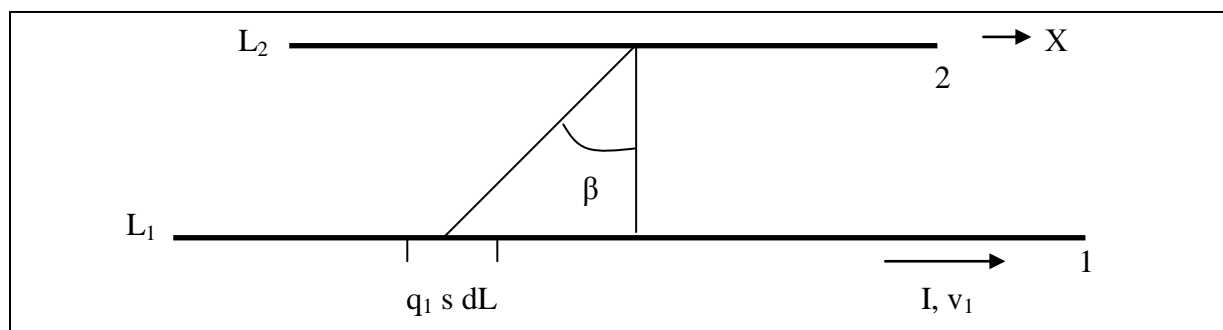


Рис. 14.3. Электрическая индукция в проводе 2 длиной L_2 . Ток течёт по бесконечному проводнику 1.

Рассчитаем ЭДС, которая возникнет на концах провода 2 при токе I в проводнике 1. При отсутствии тока, т.е. при абсолютном покое всех частиц, электрические поля зарядов проводника 1 точно симметричны и их суммарная напряжённость вдоль провода 2 равна нулю. Вследствие этого свободные электроны в проводе 2 распределены равномерно и ЭДС между концами провода равна нулю. Когда в проводнике 1 возникает ток и электроны начинают двигаться со средней скоростью v_1 , вокруг провода 1 возникает нецентральная компонента электрического поля, обусловленная асимметризацией полей электронов. (Рис.14.4) Направление компоненты таково, что под её воздействием электроны провода 2 начинают двигаться в обратном направлении относительно движения электронов проводника 1. Рассчитаем значение возникающей компоненты поля. При отсутствии тока в проводе 1 X -овая компонента напряжённости поля E в точке $x = 0$ провода 2, создаваемая зарядом $q_1 s dL_1$ провода 1, находящимся под углом β , равна

$$E_{2x}(0, \beta) = E \cos \beta,$$

а при наличии тока

$$E_{2x}(v, \beta) = E \cos(\beta + \Delta \beta),$$

где q_1 - средняя объёмная плотность движущегося заряда, s – поперечное сечение проводника.

X-овая компонента возникающей напряжённости поля индукции в некоторой точке провода 2 равна

$$\begin{aligned} dE_{2x}(\beta) &= E_{2x}(v, \beta) - E_{2x}(0, \beta) = E(\cos(\beta + \Delta\beta) - \cos \beta) = \\ &= E(\cos \beta \cos \Delta\beta - \sin \beta \sin \Delta\beta - \sin \beta). \end{aligned} \quad 14.36$$

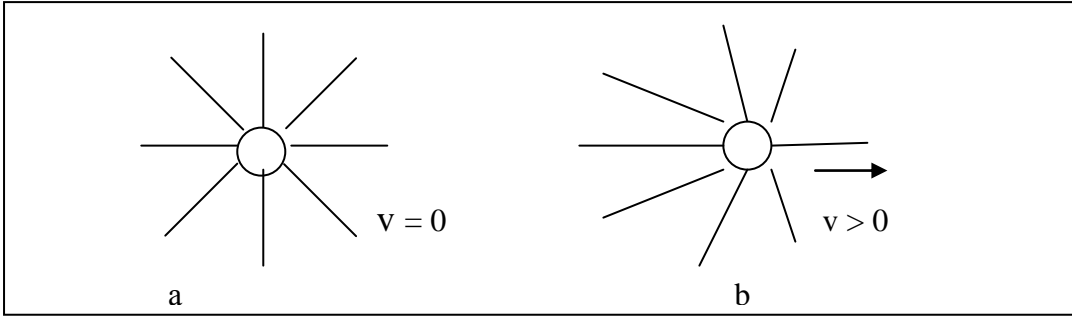


Рис. 14.4. Распределение силовых линий в пространстве покоящегося заряда (a) и заряда, движущегося с некоторой абсолютной скоростью (b).

При $v_1 \ll c$ и с учётом, что

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} q_1 s dL_1 \frac{1}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} q_1 s dL_1 \frac{1}{a^2} \sin^2 \beta, \quad 14.37$$

где $dL_1 = -a \sin^{-2} \beta d\beta$, $\Delta\beta = v_2 \frac{1}{c} \sin \beta$, $\cos \Delta\beta \cong 1$, $\sin \Delta\beta \cong \Delta\beta$,

равенство (14.36) упрощается к виду

$$dE_{2x}(\beta) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} q_1 v_1 \frac{s}{ac} \sin^2 \beta d\beta. \quad 14.38$$

Все движущиеся заряды проводника 1 создадут **X**-овую компоненту напряжённости поля в точке проводника 2

$$E_{2x} = \int_0^\pi dE_{xi}(\beta) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\pi}{2ac} s q_1 v_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\pi}{2ac} I. \quad 14.39$$

Ввиду того, что во всех точках проводника 2 напряжённость поля индукции одинакова, разность потенциалов на его концах, т.е. ЭДС индукции равна

$$U_i = \int_0^{L_1} E_{2x} dL = L_2 E_{2x}, \quad 14.40$$

и ЭДС индукции U_i в проводе длиной L , параллельном проводу с током, на удалении $a \ll L$

$$U_i = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\pi}{2c} \frac{L_2}{a} I. \quad 14.41$$

Для практического использования зависимость (14.41) может быть записана в системе СИ в виде

$$U_i = 47,6 \frac{L}{a} I \text{ Вольт}, \quad 14.42$$

где L – длина провода, a – расстояние между проводами в метрах, I – ток в проводе 1 в Амперах, U_i – разность потенциалов индукции на концах провода в Вольтах.

Результат (14.41), как видно, принципиально отличается от зависимости Максвелла U_{iM} , согласно которой ЭДС индукции пропорциональна скорости изменения магнитного потока Φ или производной тока по времени

$$U_{iM} = \oint_L E dL = - \frac{d\Phi}{dt} = - M_{1,2} \frac{dI_2}{dt}, \quad 14.43$$

где $M_{1,2}$ – коэффициент взаимной индукции.

Попробуем понять, почему Максвелл сделал заключение о пропорциональности ЭДС индукции скорости изменения тока. Согласно закону Ома, возникновение ЭДС индукции (14.41) в разомкнутом проводнике 2 сопровождается появлением в нём тока проводимости I_p . Этот ток приводит к поляризации провода, при которой свободные электроны притекают к положительному полюсу индуцированной ЭДС U_i , а у отрицательного полюса возникнет их дефицит. Перераспределение зарядов в проводе 2 создаёт ЭДС поляризации U_p , направленную противоположно ЭДС индукции U_i . В каждый момент времени ток поляризации I_p пропорционален действующей ЭДС U_a в проводе 2, которая равна разности ЭДС индукции и поляризации

$$I_p = \frac{1}{R_2} U_a = \frac{1}{R_2} (U_i - U_p), \quad 14.44$$

где R_2 – эффективное сопротивление провода 2.

Ток в проводнике 2 может быть выражен через электрическую ёмкость C_2 провода 2 и скорость изменения действующей ЭДС

$$I_p = C_2 \frac{d}{dt} (U_i - U_p). \quad 14.45$$

Приравнивание правых частей двух равенств, интегрирование и определение константы интегрирования приводят к зависимости действующей ЭДС

в разомкнутом проводе 2 от времени после включения тока I :

$$U_a = U_i \exp(-t/R_2 C_2) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\pi}{2c} \frac{L_2}{a} I \exp(-t/R_2 C_2), \quad 14.46$$

при этом ЭДС поляризации

$$U_p = U_a - U_i = -U_i(1 - \exp(-t/R_2 C_2)). \quad 14.47$$

Если проводник 2 составляет часть замкнутой электрической цепи, другие участки которой проходят вдали от проводника 1, то действующая ЭДС U_a (14.46) выполняет функцию источника тока, и в цепи должен течь ток индукции. Ток поляризации появляется в проводе 2 только в период отличия от нуля действующей ЭДС U_a , а не ЭДС индукции U_i , как это представил Максвелл. В отличие от ЭДС индукции, действующая ЭДС в проводнике 2 существует только в период изменения тока в проводнике 1 или при изменении относительного положения двух проводников.

В своих опытах М.Фарадей всегда измерял действующую ЭДС U_a , а Максвелл ошибочно принял её за ЭДС индукции U_i .

Несмотря на содержащуюся ошибку, уравнение Максвелла успешно используется в прикладных целях. Это может объясняться тем, что в наиболее практически важном случае быстрого синусоидального изменения тока в проводнике 1, т.е. при $T_1 \ll R_2 C_2$, ЭДС индукции представляет собой синусоиду как при зависимости (14.41), так и при выражении Максвелла (14.43). Различие следствий записей Максвелла и (14.41) содержится только в разности фаз между ЭДС индукции и ЭДС в проводнике с током.

Зависимость (14.41) предполагает совпадение фазы ЭДС индукции в проводнике 2 с ЭДС в проводнике 1, в то время как в зависимости Максвелла предполагается опережение фазы ЭДС индукции на $\frac{1}{2}\pi$.

Различие следствий зависимости Максвелла (14.43) и (14.41) наиболее чётко проявляется в случае единичного линейного изменения тока от нуля до некоторого конечного значения. Рассмотрим этот случай детально с двух позиций (Рис.14.5 А, В). В этот период происходит деполяризация проводника током проводимости обратного направления. Действующая ЭДС в проводнике 2 должна иметь форму, приведённую на Рис.14.5 А, с. При $T \gg R_2 C_2$ действующая ЭДС U_a по экспоненте спадёт от значения U_i до нуля задолго до окончания импульса U_i (Рис.14.5 А,d.). В момент окончания импульса U_i должен произойти скачок действующей ЭДС в отрицательную сторону, и в проводнике возникнет ЭДС обратного знака, равная $-U_i$, которая при $t > T$ по экспоненте спадёт до нуля с тем же значением

R_2C_2 . Следовательно,

при увеличении тока одного направления в проводнике 1 от нуля до некоторого значения действующая ЭДС в проводнике 2 независимо от значения R_2C_2 должна сформировать биполярный импульс.

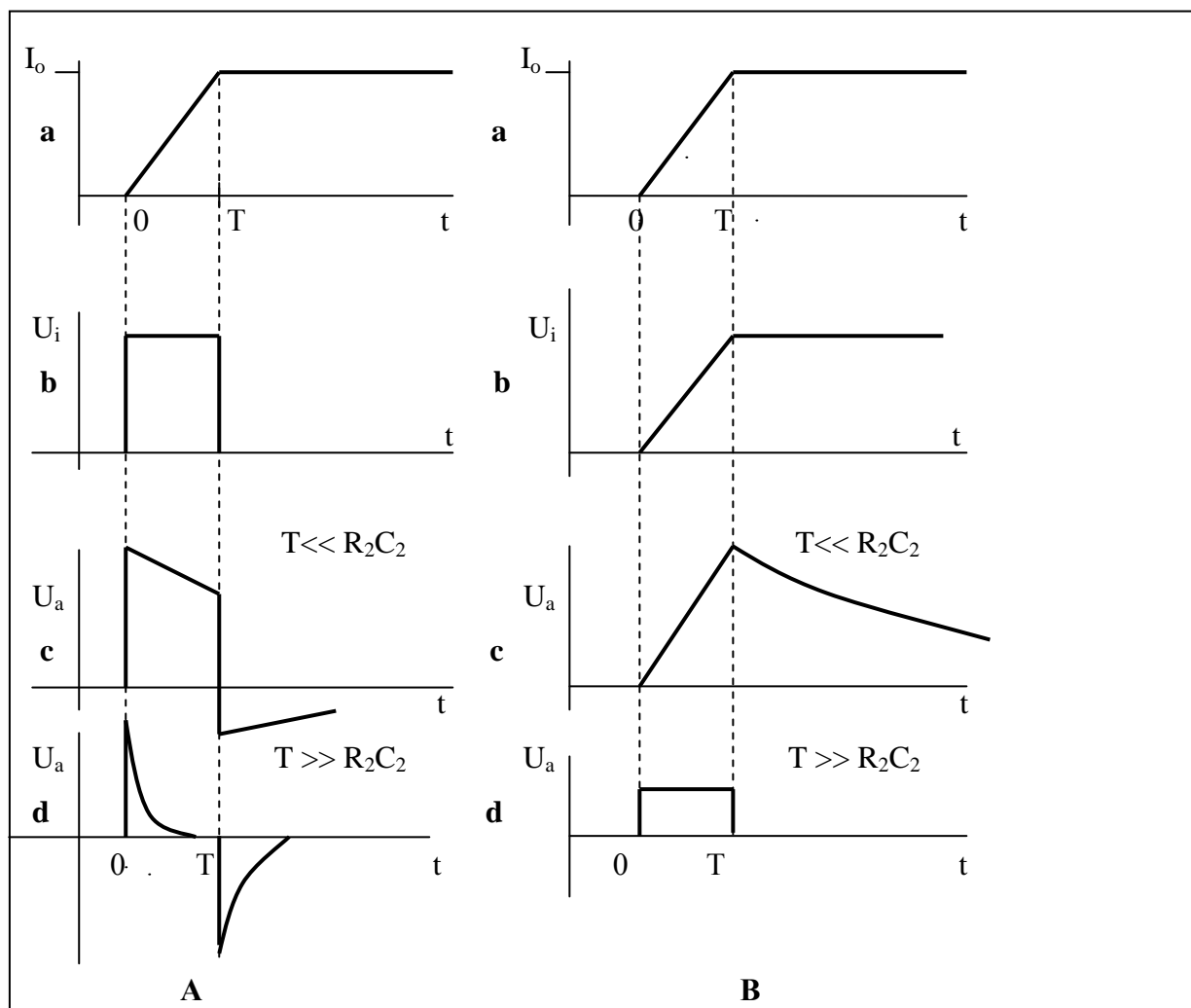


Рис. 14.5. Формы импульсов действующей ЭДС, **A** - описываемые уравнением Максвелла (14.43, **B** - зависимостью (14.41).

Действующая ЭДС и ЭДС индукции в теории Максвелла.

Пусть ток в проводнике 1 нарастает линейно от нуля до некоторого значения I_0 в течение периода T и далее не меняется. (Рис.14.5 A,a) Согласно уравнению Максвелла, на концах проводника 2 возникнет ЭДС индукции U_i (для определённости будем считать её положительной), пропорциональная производной тока по времени. При линейном изменении тока I ЭДС индукции должна иметь форму прямоугольного положительного импульса (Рис. 14.5 A,b), а ЭДС поляризации проводника U_a при $T \ll R_2C_2$ и $t < T$ - почти линейно спадать от U_i до значения

$$U_a(T) = U_i \exp(-T/R_2C_2). \quad 14.48$$

В момент T произойдёт скачок ЭДС на величину U_i в отрицательную сторону, и в проводе 2 возникнет разность потенциалов обратной полярности величиной

$$U_a = U_i \exp(-T/R_2C_2) - U_i = -U_i [1 - \exp(-T/R_2C_2)], \quad 14.49$$

которая при $t > T$ должна спадать от этого значения до нуля по экспоненте с постоянной времени R_2C_2 :

$$U_a(t > T) = -U_i [1 - \exp(-T/R_2C_2)] \exp(-t/R_2C_2). \quad 14.50$$

Действующая ЭДС и ЭДС индукции в реальной электродинамике.

Согласно (14.41), изменение ЭДС индукции $U_i(t)$ повторяет изменение тока I_1 (Рис.14.5 В, b.), т.е.

$$U_i(t) = U_{i \max} \frac{t}{T}, \quad 14.51$$

где $U_{i \max}$ - максимальное значение U_i .

При $T \ll R_2C_2$ в период $t \leq T$ экспонента в (14.46) близка к единице, и действующая ЭДС

$$U_a = U_{i \max} \frac{t}{T}. \quad 14.52$$

В период $t > T$ действующая ЭДС (Рис.14.5 В, c.)

$$U_a = U_{i \max} \exp(-t/R_2C_2). \quad 14.53$$

При

$$T \gg R_2C_2 \text{ и } t > R_2C_2$$

U_a имеет малое и мало меняющееся значение (Рис.14.5 В, d.)

$$U_a = U_{i \max} \frac{t}{T} \exp(-t/R_2C_2). \quad 14.54$$

Согласно реальной электродинамике,

при монотонном изменении тока в проводнике от нуля до некоторого максимального значения импульс действующей ЭДС в параллельном проводнике униполярна.

При увеличении тока в проводе 1 по закону, отличающемуся от линейного, изменение может быть представлено суммой его почти линейных изменений в малые промежутки времени. В этом случае при действии закона (14.41) сумма действующих ЭДС в проводнике 2 всегда будет формиро-

вать униполярный импульс действующей ЭДС. Из этого следует, что рассмотренная линейная зависимость изменения тока в проводнике 1 описывает все возможные законы его монотонного увеличения. Формы импульсов действующей ЭДС U_a в параллельном проводнике легко наблюдать с помощью схемы на рис. 14.6 и записывающей аппаратуры.

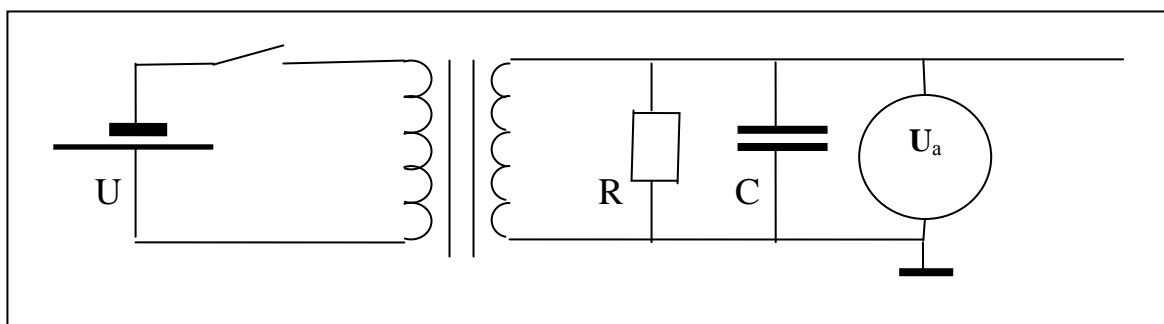


Рис.14.6 Электрическая схема при измерении действующего напряжения U_a во вторичной разомкнутой цепи с эффективными сопротивлением и ёмкостью R, C .

Осциллограммы токов при включении и выключении цепи показывают, что действующая ЭДС, возникающая в проводнике 2, всегда представляет собой униполярный импульс со спадом по экспоненте. Это свидетельствует о реализации зависимости ЭДС индукции (14.41) и ошибочности индукционного уравнения Максвелла.

Согласно (14.41), в случае, когда провод с током окружён диэлектриком, между противоположными поверхностями диэлектрика вдоль тока должна возникать разность потенциалов, которая нейтрализуется токами проводимости извне с характерным временем, определяемым диэлектрическими свойствами окружающей среды. В среде с большим удельным сопротивлением процесс компенсации ЭДС индукции током поляризации после включения постоянного тока в проводе может быть очень долгим. Это следствие может быть использовано для независимого прямого опытного наблюдения пропорциональности ЭДС индукции силе тока. Правда, прямое измерение разности потенциалов в окрестности проводника с током осуществить трудно, т.к для этого требуется вольтметр с внутренним сопротивлением, превышающим сопротивление диэлектрической среды.

Глава 15.

Неоднородность плотности пространства. Абсолютность и относительность.

Строится математический аппарат описания неоднородности пространства на основе понятия его плотности. Показывается, что у земной поверхности доля компонент пространства внеземного происхождения мала. Обосновывается неравноправность относительно движущихся систем отсчёта. Описываются эффекты движения тел в пространстве неоднородной плотности.

При доказательствах реализуемости принципа эквивалентности ОТО, т.е. постулата о кривизне пространства как причине гравитации, обычно приводятся астрофизические эффекты запаздывания прихода электромагнитных волн и их отклонения от прямолинейного распространения при проходе вблизи массивного тела, смещение перигелиев планет, изменение частот излучения атомов при их вертикальном перемещении и др. [81]. Интерпретация наблюдаемых эффектов как следствия неоднородности среды не имеет альтернативы. Вместе с тем, представление реальной электродинамики о гравитационном взаимодействии как о самой слабой компоненте трехкомпонентного центрального взаимодействия (Гл.1) не даёт основания для связывания неоднородности пространства с третьестепенной по силе компонентой поля. С точки зрения реальной электродинамики неоднородность пространства должна описываться другим параметром – градиентом его плотности. Описание неоднородности трёхмерного пространства с использованием понятия плотности эфира содержится в теориях волновой оптики Гюйгенса и Френеля, которые не потеряли своей значимости до настоящего времени. Для приведения этих теорий в соответствие с концепцией тождественности пространства и материи эфир следует отождествить с материальным пространством. Под плотностью пространства (или физического вакуума) следует понимать плотность его массы.

§ 15.1. Объёмная и линейная плотности пространства.

Для описания объёмной плотности реального пространства (РП) это пространство может быть помещено в воображаемое или реальное лабораторное пространство (ЛП) с плотностью, принятой за единичную, как если бы аквариум с водой (РП) был помещён в комнату (ЛП) (Рис.15.1). Использование понятия ЛП даёт возможность описывать и рассчитывать плотность РП извне по скорости распространения в нем электромагнитных волн, измеренной в ЛП. Относительная объёмная плотность РП может быть определена как количество объёмов РП, заключённых в единичном объёме ЛП. В этом случае относительная объёмная плотность РП определяется безразмерным числом

$$n_v = \frac{\rho_{\text{рп}}}{\rho_{\text{лп}}}, \quad 15.1$$

где $\rho_{\text{рп}}$, $\rho_{\text{лп}}$ – абсолютные плотности двух пространств.

При расчёте объёмной плотности РП в твёрдых, жидких и газообразных телах за плотность ЛП может быть принята плотность вакуума у земной поверхности, при расчёте плотности вакуума у земной поверхности за ЛП может браться плотность космической среды вдали от космических тел, плотность среды у поверхностей звёзд может определяться по смещениям известных частот излучений возбужденных атомов относительно частот, измеренных у земной поверхности или в космосе и т.д.

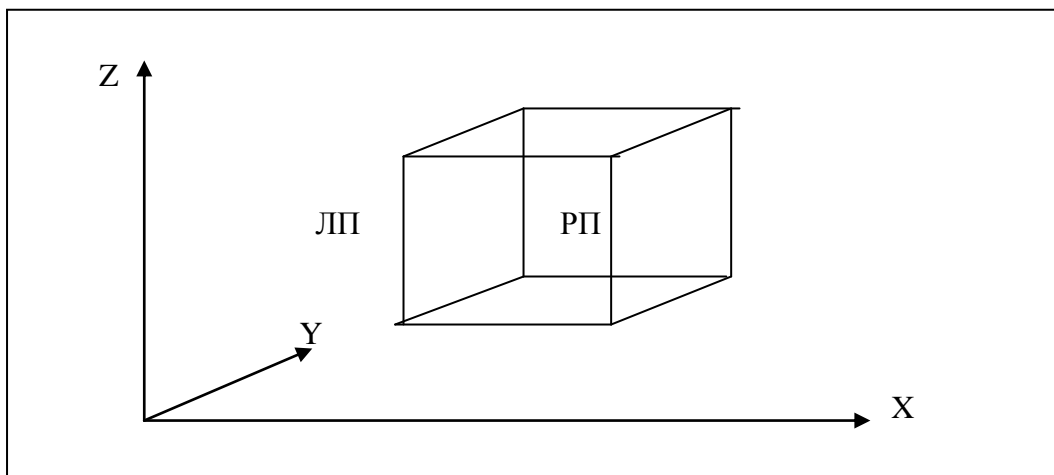


Рис.15.1 Реальное пространство РП, помещённое в лабораторное пространство ЛП.

Для приведения построений в соответствие с реальностью необходимо считать, что в единицу времени ЛП световая волна всегда пробегает фиксированное количество элементов пространства вдоль вектора распространения независимо от плотности пространства. В этом случае скорость распространения света в различных веществах, измеренная из ЛП, пропорциональна плотностям расположения элементов РП на линии распространения волны. При таком представлении измеряемым параметром является относительная линейная плотность РП. Под этим параметром нужно понимать отношение скоростей распространения света в РП и ЛП при их измерении из ЛП. Если РП формируется из элементов пространства, равномерно распределённых в объёме ЛП, то линейная плотность РП n должна быть связана с объёмной n_v условием

$$n = n_v^{1/3}. \quad 15.2$$

Если же РП сформировано из элементов, организованных в силовые линии, в которых расстояния между соседними элементами значительно меньше, чем среднее расстояние между линиями, то объёмная плотность РП должна определяться суммой плотностей потоков силовых линий, пере-

секающих некоторый объём во всех направлениях. В этом случае линейная плотность связана с объёмной зависимостью

$$n = n_v^{1/2} . \quad 15.3$$

Вблизи массивного космического тела пространство должно формироваться в основном из силовых линий, направленных радиально от тела. В этой области может проявляться анизотропия линейной плотности пространства и скорости распространения электромагнитных волн. Линейная плотность пространства в выделенной массе складывается из компоненты плотности, создаваемой внешними массами, принимаемой за единицу, и компоненты, создаваемой атомами выделенной массы n_m :

$$n = 1 + n_m . \quad 15.4$$

Присутствие внешнего пространства в ограниченной массе вещества продемонстрировано опытами Физо по изучению распространения света в движущейся воде. В опытах наблюдалось увлечение света водой с коэффициентом 0,46. Согласно реальной электродинамике, это значение свидетельствует о сравнимости в воде линейной плотности внешнего пространства у земной поверхности с линейной плотностью пространства, связанного с движущейся массой воды.

У земной поверхности должен наблюдаться радиальный от центра Земли (высотный) градиент плотности пространства. Понижение плотности с удалением от земной поверхности должно влиять на движение частиц и тел. В частности, с удалением от центра Земли должны увеличиваться собственные частоты периодических движений электронов в атомных оболочках. Такая зависимость подтверждается наблюдением смещений частот спектральных линий элементов в излучениях звёзд.

Представление о радиальном градиенте плотности пространства вблизи большой массы даёт электродинамическое объяснение эффектам отклонения от прямолинейности распространения и времени запаздывания прихода на Землю света звёзд при прохождении лучей вблизи Солнца или других массивных объектов.

§ 15.2. Неравноправие относительно движущихся систем отсчета.

Асимметризация центрального поля движущейся частицы - эффект абсолютный, не зависящий от системы отсчёта наблюдателя. Эффект может служить качественным и количественным индикатором абсолютной скорости частицы. Он позволяет выделить систему отсчёта, в которой центральное поле частицы симметрично, и, следовательно, частица может считаться

абсолютно покоящейся. Свидетельством существования приоритетного пространства у земной поверхности является необходимость абсолютизации скоростей электронов, формирующих электрические токи в проводниках в формуле Ампера, куда скорости входят в виде произведения. Движение системы отсчёта с электронами одного из токов делает силу взаимодействия проводников в этой системе равной нулю. В относительно и абсолютно движущихся системах отсчёта произведение скоростей будет различным. Таким образом, теоретические выводы и опыт свидетельствуют о том, что

записи физических законов справедливы только в приоритетной системе отсчёта, покоящейся относительно пространства, в котором выполняются измерения. У земной поверхности такая система отсчёта связана с Землей.

Неизбежность асимметризации центральных полей при абсолютном движении частиц могла быть отмечена и принята во внимание уже в конце XIX - в начале XX веков в период построения теорий относительности, когда конечность скорости распространения электромагнитных волн была надёжно установлена. К сожалению, этого не произошло. Наоборот, принцип относительности Галилея, который с достаточной точностью отвечал практическим нуждам, но содержал принципиальную ошибку, был распространён Эйнштейном на электромагнитные явления, в которых игнорировать асимметризацию центрального поля при абсолютном движении заряда было нельзя. Вместе с правильным положением, : “законы природы (если понимать не их записи) не зависят от движения системы отсчёта” [103], было постулировано очевидно ошибочное: “покой ... и равномерное движение физически равноценны” [104]. Законы природы, безусловно, не зависят от выбранной системы отсчёта, а вот их записи в неподвижной и абсолютно движущихся системах отсчёта обязательно должны быть различными ввиду деформации центрального поля при абсолютном движении его источника в приоритетном пространстве.

При непрозрачности материи для центральных полей и связанности всех элементов пространства в силовые линии объёмная плотность пространства в окрестностях некоторой точки должна определяться концентрацией протонов и электронов в радиусе экранирования их полей. С учётом ослабления полей материей зависимости плотностей силовых линий протона и электрона $N(r)$ от расстояния имеют вид

$$N_p(r) = N_{p0} r_p^2 \frac{1}{r^2} \exp[-\rho r / \alpha_g],$$

15.5

$$N_e(r) = N_{e0} r_e^2 \frac{1}{r^2} \exp[-\rho r / \alpha_e],$$

где N_{po} , N_{eo} – плотности силовых линий протона и электрона у их поверхностей, r_p , r_e – радиусы частиц, ρ – средняя плотность массы среды на прямой между частицей и точкой.

С учётом (15.5) объёмная плотность пространства ρ_o вокруг точки должна определяться суммированием плотностей силовых линий всех свободных протонов и электронов в радиусе до бесконечности. Протоны и электроны, свободные или связанные в атомы и тела, создающие своими полями пространство в некоторой точке РП, могут перемещаться с различными скоростями, поэтому состояние покоя в каждой точке должно определяться равенством нулю векторной суммы скоростей всех частиц с учётом плотностей их силовых линий в окрестности точки

$$m_p \sum_i r_i^{-2} \vec{v}_i \exp(-\rho_i r_i / \alpha_g) + m_e \sum_j r_j^{-2} \vec{v}_j \exp(-\rho_j r_j / \alpha_e) = 0, \quad 15.6$$

где первый член обозначает суммирование по всем протонам, а второй – по всем электронам всего пространства, а практически - в радиусах экранирования центральных полей.

Из (15.6) следует, что приоритетная система отсчёта, в которой тело может покоиться, сама характеризуется в каждой точке РП и ЛП некоторой скоростью, которая меняется во времени и пространстве из-за непостоянства относительного и абсолютного движения окружающих частиц и тел.

Определение покоящегося пространства (15.6) позволяет понять причину отрицательных результатов экспериментов Майкельсона - Морли конца XIX начала XX веков по обнаружению эфирного ветра у земной поверхности. Согласно выражению (15.6), приоритетная система отсчёта, в которой распространяется свет, связана в основном с массой земного шара и в незначительной мере - с массами всех других космических тел. Точка на земной поверхности вращается вместе с земным шаром и для этой точки пространство, создаваемое массой Земли, является приоритетным. Если силовые линии полей протонов Земли сохраняют при земном вращении свою ориентацию относительно звёзд, то приземное пространство должно вращаться относительно измерительного прибора в направлении, противоположном вращению Земли. Вращение пространства может быть обнаружено экспериментально. При расчётах относительного вклада различных тел космоса в скорость суммарного пространства у земной поверхности удобно принять земную компоненту объёмной плотности за единичную

$$\rho_{oe} = k_{en} M_e \frac{1}{r_e^2} = 1, \quad 15.7$$

где k_{en} – коэффициент, равный

$$k_{\text{en}} = \frac{1}{M_{\text{e}}} r_{\text{e}}^2 = 6,8 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2 \text{ кг}^{-1}. \quad 15.8$$

С учётом этого коэффициента компоненты объёмной плотности пространства ρ_0 от различных космических объектов в относительных единицах равны у поверхности Земли:

солнечная $\rho_{\text{os}} = k_{\text{en}} M_{\text{s}} \frac{1}{r_{\text{s}}^2} = 6,0 \cdot 10^{-4},$

лунная $\rho_{\text{om}} = k_{\text{en}} M_{\text{m}} \frac{1}{r_{\text{m}}^2} = 3,4 \cdot 10^{-6}, \quad 15.9$

галактическая $\rho_{\text{og}} = k_{\text{en}} M_{\text{g}} \frac{1}{r_{\text{g}}^2} = 1,7 \cdot 10^{-11},$

где $r_{\text{s}}, r_{\text{m}}, r_{\text{g}}$ – расстояния от Земли до Солнца, Луны и центра Галактики, $M_{\text{s}}, M_{\text{m}}, M_{\text{g}}$ – массы Солнца и Луны и Галактики.

Должна также существовать компонента плотности ρ_{oc} от внегалактических объектов. При суммарной объёмной плотности пространства

$$\rho_0 = \rho_{\text{oe}} + \rho_{\text{os}} + \rho_{\text{om}} + \rho_{\text{og}} + \rho_{\text{oc}} \quad 15.10$$

линейная плотность пространства (15.1) у земной поверхности в случае пространства, состоящего только из силовых линий этих объектов, равна

$$n_0 = \rho_0^{1/3} \approx 1_{\text{oe}} + \frac{1}{3} \rho_{\text{os}} + \frac{1}{3} \rho_{\text{om}} + \frac{1}{3} \rho_{\text{og}} + \frac{1}{3} \rho_{\text{oc}}. \quad 15.11$$

Скорость пространства относительно Земли в некоторой точке на земной поверхности равна векторной сумме скоростей этих объектов относительно Земли с учетом относительных величин компонент их пространств у земной поверхности

$$\vec{v} = \vec{v}_{\text{e}} + \vec{v}_{\text{s}} + \vec{v}_{\text{m}} + \vec{v}_{\text{c}}, \quad 15.12$$

где земная компонента вращения Земли

$$v_{\text{e}} = \rho_{\text{oe}} k_{\text{en}} r \omega_{\text{e}} = 4,6 \cdot 10^2 \text{ м/с},$$

солнечная $v_{\text{s}} = \frac{1}{3} \rho_{\text{os}} v_{\text{es}} = 6 \text{ м/с} \quad (v_{\text{es}} \cong 30 \text{ км/с}),$

15.13

лунная $v_{\text{m}} = \frac{1}{3} \rho_{\text{om}} v_{\text{em}} = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ м/с} \quad (v_{\text{em}} \cong 1 \text{ км/с}),$

галактическая $v_g = \frac{1}{3} \rho_{og} v_{eg} = 1,2 \cdot 10^{-6} \text{ м/с} \quad (v_{eg} \cong 220 \text{ км/с}),$

v_{es} , v_{em} , v_{eg} – скорости Солнца, Луны и центра Галактики относительно Земли.

Как видно, присутствие у поверхности Земли внеземных компонент пространства оказывается на порядки меньшим, чем ожидалось в XIX - начале XX веков при попытках измерить эфирный ветер, в частности при постановке опытов Майкельсона - Морли. Этим, с точки зрения реальной электродинамики, объясняется причина их отрицательных результатов. При уменьшении плотности пространства тел обратно пропорционально квадрату расстояния от них (15.9) точка равных плотностей пространств Земли и источника самой большой внешней компоненты, Солнца, находится на удалении 41 земного радиуса от планеты. В реальной электродинамике:

тело, движущееся в физическом пространстве, характеризуется:

- абсолютной скоростью движения относительно этого пространства,
- скоростью движения относительно других тел, находящихся в этом пространстве,
- скоростью движения вместе с собственным пространством относительно других физических пространств и находящихся в них тел.

К выводу о необходимости различать абсолютное и относительное движение пришёл в свое время Ньютон. Он писал: “Истинное абсолютное движение не может ни произойти, ни измениться иначе, как от действия сил, приложенных непосредственно к самому движущемуся телу, тогда как относительное движение тела может быть произведено и изменено без приложения к нему силы” [81].

§ 15.3. Время в реальном и лабораторном пространствах.

За естественную абсолютную единицу времени в реальном и лабораторном пространствах (в дальнейшем РП и ЛП) может быть принят временной интервал перехода возмущения от одного элемента пространства к соседнему. Для прихода к результатам, соответствующим реальности, необходимо считать, что единичный временной интервал РП не зависит от плотности расположения элементов пространства относительно ЛП, а определяется количеством элементов РП на прямой распространения возмущения. При таком постулате, находясь в РП, невозможно определить абсолютный ход времени, т.к. скорости всех процессов в РП в равной степени зависят от плотности РП, измеренной из ЛП.

Для нахождения связи между интервалами времени в РП и ЛП удобно использовать воображаемый измеритель интервалов времени в виде твёрдого стержня длиной \mathbf{D} . Будем считать, что размер стержня задаётся молекулярными связями материала конструкции и не чувствителен к изменению плотности пространства. На одном конце стержня укреплен генератор импульсов возмущения элементов пространства, а на другом – регистратор их прихода. Возмущение может быть электромагнитной волной. За единицу времени пространства РП или ЛП примем время, измеренное в этом пространстве, за которое импульс проходит дистанцию \mathbf{D} . Поместим такие одинаковые стержни один в однородное ЛП с линейной плотностью $\mathbf{n} = 1$, а другой - в РП с произвольной линейной плотностью \mathbf{n} . Сравним время прохождения импульсами дистанции \mathbf{D} при измерении времени из различных пространств. Из-за разного в общем случае количества элементов пространства, укладывающихся на длине \mathbf{D} в РП и ЛП, время Δt_r прохождения \mathbf{D} в РП, измеренное из ЛП, будет в \mathbf{n} раз больше или меньше, чем время Δt_o прохождения \mathbf{D} в ЛП, измеренное из ЛП

$$\Delta t_r = n \Delta t_o . \quad 15.14$$

Поскольку Δt_r и Δt_o являются единицами времени в РП и ЛП, равенство (15.14) определяет соотношение единиц времени в двух пространствах.

Скорости движения импульса в пространствах могут определяться при измерении из ЛП и РП. Если число элементов на длине \mathbf{D} в ЛП равно ΔN_o , а время прохождения импульса в ЛП, измеренное в ЛП, - Δt_o , то скорость c_{oo} движения импульса в ЛП, измеренная из ЛП,

$$c_{oo} = D/\Delta t_o = \lambda_o \Delta N_o / \Delta t_o = c , \quad 15.15$$

где λ_o – константа с размерностью длины, c – скорость света.

В РП число элементов на дистанции \mathbf{D} равно $\mathbf{n}\Delta N_o$, однако и единица времени пропорциональна \mathbf{n} (15.14), поэтому скорость движения импульса в РП, измеренная из РП, равна

$$c_{rr} = D/\Delta t_r = \lambda_o n \Delta N_o / n \Delta t_o = c . \quad 15.16$$

Скорость прохождения дистанции \mathbf{D} в РП, измеренная из ЛП, равна

$$c_{ro} = D/ n \Delta t_o = \lambda_o \Delta N_o / n \Delta t_o = \frac{1}{n} c . \quad 15.17$$

При движении импульса в ЛП и измерении времени из РП дистанция \mathbf{D} будет пройдена импульсом за время $\Delta t_r/n$ РП. С учётом того, что в РП

$$D = \lambda_o n \Delta N_o , \quad 15.18$$

скорость прохождения дистанции в ЛП, измеренная из РП,

$$c_{\text{ор}} = nD/\Delta t_r = \lambda_0 n^2 \Delta N_0 / n \Delta t_0 = nc. \quad 15.19$$

Из двух последних равенств следует, что при перемещении тела в РП со скоростью v_r , измеренной в РП, его скорость v_o , измеренная из ЛП, определяется соотношением

$$v_o = \frac{1}{n} v_r. \quad 15.20$$

Зависимость (15.20) позволяет определять линейную плотность РП на основе измерения из ЛП скоростей в РП электромагнитной волны или частицы при её движении заведомо инерциально по законам однородного пространства. Описанные эффекты соответствуют законам прохождения электромагнитных волн через вещество с преломлением. Сохранение скорости в пространстве нахождения без воздействия внешних сил должно наблюдаться и у частиц. При неоднородности пространства это следствие может быть использовано для проверки правильности построений.

§ 15.4. Движение тела в пространстве с поперечным градиентом плотности.

Законы классической механики выведены для пространства однородной плотности. При движении тела в пространстве неоднородной плотности должны возникать дополнительные эффекты, не описываемые этими законами. Ниже рассматривается один из них. Он должен проявляться при движении тела в пространстве с поперечным градиентом линейной плотности относительно вектора скорости. Рассмотрение удобно провести на специальном теле в виде двух гантелей, перекрещивающихся в центрах под углом 90° и жёстко связанных между собой (Рис.15.2.). На концах гантелей расположены точечные инертные массы m_1, m_2, m_3, m_4 равной величины. Перемычки гантелей не имеют массы. Удаление масс от точки пересечения перемычек равно r_0 . Массы 1,3 и их перемычка расположены на оси X , а перемычка масс 2,4 параллельна оси Y . В области $x < 0$ тело движется поступательно вдоль оси X с постоянной скоростью v_x в РП и v_x/n_o в ЛП от отрицательных значений к положительным. Линейная плотность РП отвечает зависимости

$$\begin{aligned} n(x,y,z) &= n_o = \text{const} && \text{при } x < 0, \\ n(x,y,z) &= n_o + y \frac{dn}{dy} && \text{при } x > 0, \end{aligned} \quad 15.21$$

т.е. в области $x < 0$ плотность пространства постоянна по всем осям, а в области $x > 0$ растёт в направлении оси Y с постоянным градиентом.

После перехода тела в область $x > 0$ для сохранения своих скоростей в РП по оси X массы 2 и 4 должны были бы начать двигаться с различными скоростями в ЛП: масса 2 - быстрее со скоростью v_{x2} , а масса 4 - медленнее со скоростью v_{x4} , причём

$$v_{x2} = v_x [n(x, -r_0)]^{-1} = v_x (n_0 - r_0 \frac{dn}{dy})^{-1},$$

15.22

$$v_{x4} = v_x [n(x, r_0)]^{-1} = v_x (n_0 + r_0 \frac{dn}{dy})^{-1}.$$

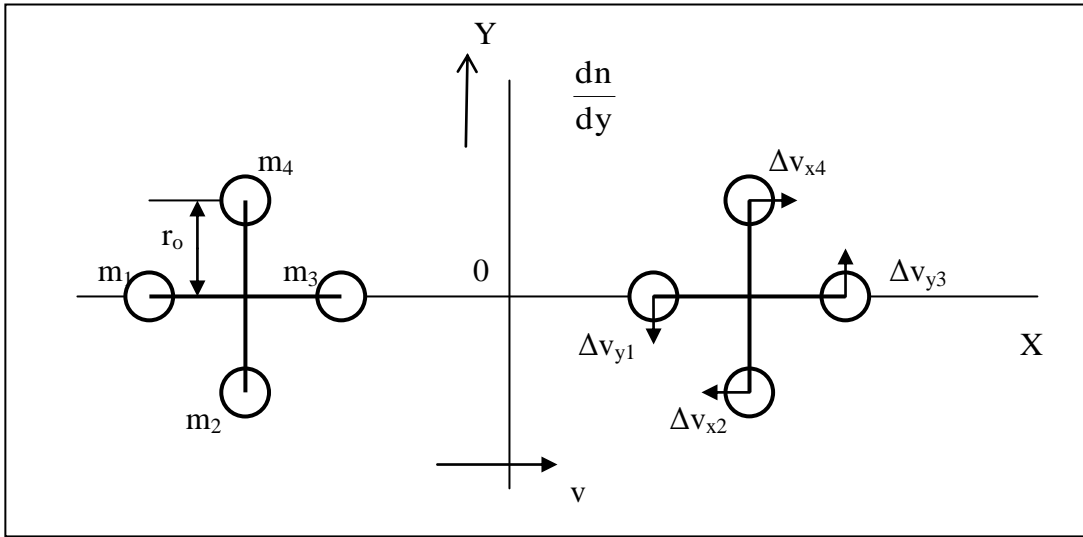


Рис. 15.2. Движение тела из области однородного пространства $x < 0$ в область пространства с поперечным градиентом плотности $x > 0$. В области $x > 0$ векторами обозначены изменения скоростей масс в РП.

Изменение скоростей масс 2 и 4 в ЛП в противоположных направлениях относительно начальной скорости центра масс v_x/n_0 означает поворот всего тела относительно оси Z против часовой стрелки. Для такого поворота массы 1 и 3 должны приобрести скорости по оси Y , равные между собой и противоположные по направлению: масса 1 – Δv_{y1} , а масса 3 – Δv_{y3} . Согласно закону действия и противодействия возникновение скоростей Δv_{y1} и Δv_{y3} масс 1 и 3 должно уравновеситься равным изменением скоростей в РП масс 2,4 по оси X : уменьшением скорости массы 2 на Δv_{x2} и увеличением скорости массы 4 на Δv_{x4} . Оставшиеся разности конечных и начальных скоростей масс 2,4 по оси X должны быть равны возникшим скоростям масс 1,3 по оси Y . Это описывается равенствами

$$\begin{aligned}
v_{x2} - v_x n_o^{-1} - \Delta v_{x2} &= v_x [n_o - r_o(dn/dy)]^{-1} - v_x n_o^{-1} - \Delta v_{x2} = \Delta v_{x2} = \Delta v_{y1}, \\
v_{x4} - v_x n_o^{-1} - \Delta v_{x4} &= v_x [n_o + r_o(dn/dy)]^{-1} - v_x n_o^{-1} - \Delta v_{x4} = \Delta v_{x4} = \Delta v_{y3}, \\
v_{x2} - v_x n_o^{-1} &= v_x [n_o - r_o(dn/dy)]^{-1} - v_x n_o^{-1} = 2 \Delta v_{x2} = 2 \Delta v_{y1}, \\
v_{x4} - v_x n_o^{-1} &= v_x [n_o + r_o(dn/dy)]^{-1} - v_x n_o^{-1} = 2 \Delta v_{x4} = 2 \Delta v_{y3}.
\end{aligned} \tag{15.23}$$

С учётом (15.22) и (15.23) разность изменений скоростей $\Delta \mathbf{v}_{x2}$ и $\Delta \mathbf{v}_{x4}$

$$\Delta v_{x2} - \Delta v_{x4} = 2v_x \frac{r_o}{n_o^2} \frac{dn}{dy} \left[1 - \frac{r_o^2}{n_o^2} \left(\frac{dn}{dy} \right)^2 \right]^{-1}. \tag{15.24}$$

Неравенство нулю правой части означает возникновение вращения тела относительно оси \mathbf{Z} . Деление (15.24) на $2r_o$ приводит к выражению угловой частоты вращения ω_z

$$\omega_z = (\Delta v_{x2} - \Delta v_{x4}) \frac{1}{2r_o} = v_x \frac{1}{n_o^2} \frac{dn}{dy} \left[1 - \frac{r_o^2}{n_o^2} \left(\frac{dn}{dy} \right)^2 \right]^{-1}. \tag{15.25}$$

Разложение в ряд выражения в квадратных скобках по малому второму слагаемому и учёт первых двух членов разложения приводит к зависимости частоты вращения тела, перемещающегося в пространстве с поперечным градиентом плотности

$$\omega_z = \omega_{za} + \omega_{z \text{ orb}}, \tag{15.26}$$

где первый член -
$$\omega_{za} = v_x \frac{1}{n_o^2} \left(\frac{dn}{dy} \right) \tag{15.27}$$

описывает угловую частоту осевого вращения,

а второй -
$$\omega_{z \text{ orb}} = v_x / r_{\text{orb}} = v_x r_o^2 \frac{1}{n_o^4} \left(\frac{dn}{dy} \right)^3 \tag{15.28}$$

- угловую частоту криволинейного движения его центра масс.

Криволинейное движение происходит по дуге с некоторым мгновенным радиусом r_{orb} , проведённым из области пространства с более высокой плотностью по оси \mathbf{Y} .

Зависимости (15.25-15.28) применимы для тел вращения относительно оси \mathbf{Z} , т.к. такие тела могут быть представлены в виде суперпозиции скрещённых гантелей. Зависимость частоты орбитального вращения (15.28) от r_o свидетельствует о возможности дифференциального движения различных слоёв жидкой массы реального тела.

Изложенное приводит к выводу о возможности перехода поступательного прямолинейного равномерного движения тела в пространстве неоднородной плотности во вращательное, криволинейное и неравномерное.

Описанный эффект может иметь отношение к осевым и орбитальным вращениям космических тел и их вариациям. В частности, предстоит выяснить, в какой степени зависимостями (15.26-15.28) можно описать наблюдаемое непостоянство периода суточного вращения Земли [63] и смещение перигелиев орбит планет. (Другой причиной смещения перигелиев планет и комет, как было показано в Гл.3, может быть g-массивность Солнца.)

Использование параметров движения тел солнечной системы даёт возможность определить закон уменьшения плотности пространства с удалением от Солнца. Смещения частот мёссбауэровского излучения позволяют измерить радиальную (высотную) зависимость плотности пространства у Земли. В наибольшей степени неоднородность пространства должна проявляться в радиальных полях атомных ядер.

Исследования по упомянутым направлениям в совокупности могут дать ответ на вопрос, как сильно реальное пространство неоднородно по плотности в различных масштабах и в каких случаях эта неоднородность должна учитываться при решении прикладных задач.

§ 15.5. Описание замкнутости трёхмерного пространства.

Пусть массы реального пространства РП сосредоточены в пределах сферы радиуса \mathbf{R}_1 лабораторного пространства ЛП с центром в $\mathbf{r}_1 = 0$ (Рис.15.3.) и распределены равномерно с постоянной объёмной плотностью ρ_v . Для определённости будем считать, что линейная плотность пространства связана с объёмной зависимостью

$$\rho_r = \rho_v^{1/2} . \quad 15.29$$

В этом случае расстояние в РП из центра сферы до её поверхности

$$R_r = \rho_v^{1/2} R_1 , \quad 15.30$$

(пространство, сформированное силовыми линиями,), а периметр круга радиусом \mathbf{R}_1

$$\begin{array}{ll} \text{в ЛП} & D_1 = 2\pi R_1 , \\ \text{в РП} & D_r = 2\pi R_r = 2\pi \rho_v^{1/2} R_1 . \end{array} \quad 15.31$$

В ЛП на расстояниях от центра $\mathbf{r}_1 > \mathbf{R}_1$ реальное пространство формируется только радиальными потоками силовых линий центральных полей масс. В этой области объёмная плотность ρ_v уменьшается от центра обратно пропорционально квадрату расстояния \mathbf{r}_1

$$\rho_v = \rho_{vo} R_1^2 \frac{1}{r_1^2}, \quad 15.32$$

а линейная

$$\rho_r = \rho_{vo}^{1/2} R_1 \frac{1}{r_1}. \quad 15.33$$

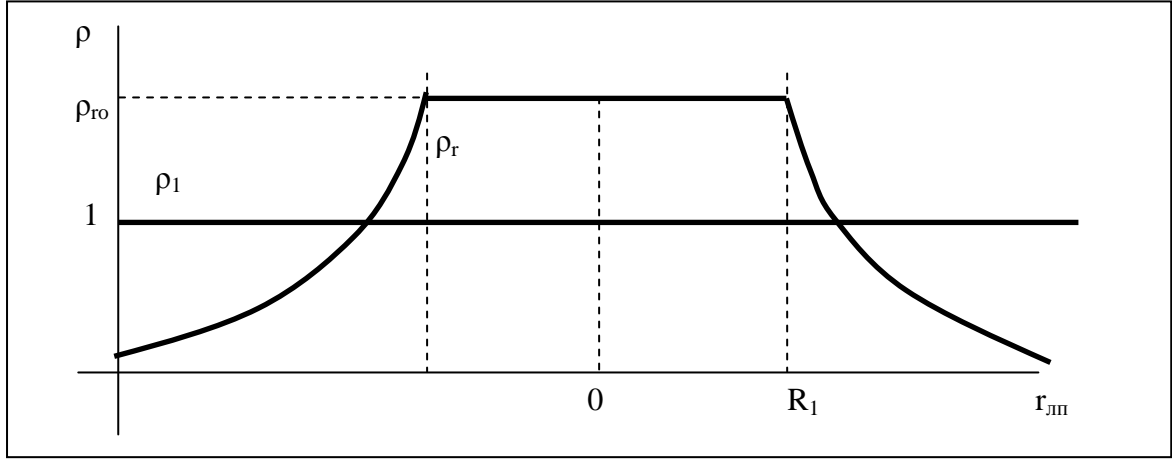


Рис.15.3. Объёмная плотность реального пространства ρ_r в лабораторном пространстве однородной плотности $\rho_1=1$.

В РП радиальное расстояние от поверхности шарового объёма радиусом R_1

$$L_r = \int_{R_1}^{r_1} \rho_r dr = \rho_{го} \ln \frac{R_1}{r_1}. \quad 15.34$$

Периметр круга радиусом $r > R_1$;

$$\text{в ЛП} \quad D_l = 2\pi r_l, \quad 15.35$$

которое при $r \rightarrow \infty$ стремится к бесконечности ($D_l \rightarrow \infty$).

$$\text{В РП} \quad D_r = 2\pi \rho_r r_1 = 2\pi \rho_{го} R_1. \quad 15.36$$

При бесконечных силовых линиях и $r_1 \rightarrow \infty$ $D_r \rightarrow \text{Const} < \infty$.

При силовых линиях конечной длины $D_r \rightarrow 0$.

Площадь поверхности сферы радиусом r в РП за пределами R_1 с учётом (15.32) на расстояниях $r \rightarrow \infty$ при бесконечных линиях

$$S_r = 4\pi \rho_r^2 r^2 = 4\pi \rho_{го}^2 R_1^2 \rightarrow \text{Const} < \infty, \quad 15.37$$

а при линиях конечной длины $S_r \rightarrow 0$.

Как видно, за пределами сосредоточения масс трёхмерное пространство может не возрастать в объёме или стягиваться в точку. Таким образом, для

объяснения неоднородности реального пространства и поведения его на бесконечности удобно пользоваться понятием его плотности в абстрактном лабораторном пространстве.

Глава 16.

Строение атома.

На гипотезе Фарадея о реальности силовых линий центрального поля строится теория радиального равновесия атома. Обосновывается существование в атоме силы отталкивания, действующей на электрон со стороны ядра на удалениях ближе стационарной электронной орбиты. Показывается, что дискретные частоты излучения атома возникают при радиальных колебательных движениях электрона, что постоянная Планка является комбинацией констант электродинамики и что лазер работает по двухуровневой схеме. [55][57][58]

Большое внимание, уделявшееся физике атома и ядра в первых декадах XX века, приводило к прогрессу в этой области. Это рассматривалось как свидетельство справедливости квантовых представлений. На протяжении десятилетий укреплялось мнение о квантовом строении законов микромира и о необходимости использования квантовых представлений при решении задач атомной и ядерной физики. Вместе с тем при анализе основополагающих постулатов квантовой теории обнаруживаются удивительная рискованность делавшихся выводов и искусственность построений. Вот пример этого.

Известно, что одним из базовых постулатов квантовой теории является соотношение неопределённости, предложенное В. Гейзенбергом. Соотношение было замыслено как решение проблемы возникновения волновой дифракционной картины при прохождении электроном барьера с двумя щелями в опытах, типа выполненных ранее Юнгом со светом. При анализе опытов обнаруживается, что не были учтены эффекты, обусловленные существованием у движущегося электрона электрического поля. При приближении к экрану и при удалении от него электрон своим полем должен был поляризовать связанные атомы и свободные электроны экрана, что должно было приводить к излучению монохроматической электромагнитной волны от плоскости экрана по движению электрона и против него. В поле этого излучения щели в экране представляли собой области отсутствия поляризации, т.е. неоднородности, на которых должна была возникать дифракция. С середины XX века поляризация экрана стала наблюдаться от заряженных частиц, движущихся вблизи плоской проводящей поверхности - эффект Смита –Парселла (Smith –Purcell).

Идея неопределённости представляла собой лишь гипотетический вариант объяснения дифракции при пролёте заряженных частиц, однако она была принята на Сольвеевском конгрессе и возведена в ранг закона природы. Это привело в дальнейшем ко многим проблемам в атомной физике, которые тормозили её развитие в течение XX века. К наиболее важным ошибочным постулатам квантовой механики следует отнести следующее её положение: “...испускаемые частоты излучения электромагнитных волн при возбуждении атома не имеют ничего общего с частотами периодических

движений электронов.” [94]. Покажем, используя классическую электродинамику, что частоты излучения, наблюдаемые при возбуждении атома, являются прямым следствием периодических движений или колебаний электронов в атомной оболочке.

§ 16.1. Образование атома водорода и водородоподобного иона.

Согласно квантовым представлениям монохроматическое излучение возбуждённых атомов происходит *во время* перехода электрона с одного энергетического уровня на другой или из свободного состояния в связанное, при этом энергия излучения W_λ равна разности потенциальных энергий состояний. В случае образования атома водорода излучённая энергия

$$W_\lambda = W_\infty - W_{U1} = h\nu_1 = -eU_1, \quad 16.1$$

где W_∞, W_{U1} – потенциальные энергии свободного и связанного электрона, h – постоянная Планка, ν_1 – частота излучения, соответствующая основному состоянию электрона в атоме водорода, U_1 – потенциал ионизации атома водорода, e – элементарный заряд.

При постулировании излучения в этом количестве кинетическая энергия электрона после достижения основного уровня в атоме водорода должна быть равной нулю и, следовательно, для описания орбитального движения электрона требуется дополнительный постулат.

В электродинамических представлениях переход электрона из свободного состояния в связанное – одноразовое неравномерно ускоренное движение. Оно не сопровождается монохроматическим излучением. Ускоренное движение до положения равновесия соответствует сплошному спектру от нулевой частоты до частоты периодического движения электрона в положении равновесия. Излучённая энергия не может быть большей относительно кинетической энергии электрона в момент достижения положения равновесия. С учётом этого можно считать, что кинетическая энергия электрона на орбите основного уровня W_{k1} с большой точностью равна потенциальной энергии уровня

$$W_{k1} = \frac{1}{2} m_e v_1^2 = -eU_1, \quad 16.2$$

где v_1 – линейная скорость электрона на орбите основного уровня атома водорода.

При незначительности энергетических потерь в период вступления в связь радиус круговой орбиты электрона в атоме водорода определяется из равенства

$$r_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e}{U_1} = 1,058 \cdot 10^{-10} \text{ м}. \quad 16.3$$

Учитывая, что частота обращения электрона на круговой орбите ν_1 связана с линейной скоростью v_1 условием

$$\nu_1 = v_1 \frac{1}{2\pi r_1}, \quad 16.4$$

а скорость, согласно (16.2), равна

$$v_1 = \left(\frac{2eU_1}{m_e}\right)^{1/2} = (4\pi\epsilon_0)^{-1/2} 2^{1/2} m_e^{-1/2} e r_1^{-1/2}, \quad 16.5$$

начальная частота вращения электрона на основном уровне атома водорода

$$\nu_1 = (4\pi\epsilon_0)^{-1/2} \pi^{-1} m_e^{-1/2} e^{-1/2} U_1^{3/2}. \quad 16.6$$

Эта частота известна как частота Ридберга **R**

$$\nu_1 = R = 3,29 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}. \quad 16.7$$

То, что электродинамическая запись (16.2) приводит к правильному значению частоты собственных периодических движений электрона, позволяет сделать следующие важные выводы:

- тепловой энергией свободного электрона, а также энергией, излучённой электроном во время перехода в связанное состояние, при расчётах энергии периодического движения связанного электрона можно пренебречь;
- монохроматическое периодическое движение электрона начинается *после* достижения им положения устойчивого равновесия (основного уровня) в атоме;
- монохроматическое излучение не может возникать при длительных круговых движениях электрона, т.к. из-за энергетических потерь орбитальная скорость и частота вращения уменьшаются. При этом спектр частот излучения становится сплошным в диапазоне от максимальной частоты начального вращения до нуля, как при излучении в период вступления электрона в связь. Согласно классической электродинамике

монохроматическое излучение электронов в атомах может возникать только при радиальных колебаниях электрона относительно положения равновесия;

- использование представления о равенстве центробежной силы и силы электростатического притяжения электрона к протону в виде

$$m_e v_1^2 \frac{1}{r_1} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} e^2 \frac{1}{r_1^2} \quad 16.8$$

приводит к собственной частоте вращения

$$\nu_1 = \frac{1}{2\pi r_1} v_1 = (4\pi\epsilon)^{-1/2} 2^{-1} \pi^{-1} e m_e^{-1/2} r_1^{-3/2}, \quad 16.9$$

то есть к

$$\nu_1 = 2^{-1/2} R, \quad 16.10$$

которая при требуемом радиусе удаления электрона от ядра r_1 (16.3) не совпадает с частотой Ридберга и, следовательно,

предположение о балансе кулоновской и центробежной сил, действующих на электрон атомной оболочки, не описывает реальности;

- образование равновесия электрона на некотором удалении от ядра означает, что в этом положении достигается минимум потенциальной энергии частицы и, следовательно,

в точке равновесия на электрон действуют радиальные электрические силы противоположного направления.

Закон сохранения энергии при захвате электрона (16.2) может быть применён и для водородоподобного иона произвольного элемента Z . При приходе электрона в основное состояние с образованием водородоподобного иона сохранение энергии записывается в виде

$$eU_z + W_z = 0, \quad 16.11$$

где
$$U_z = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} Z \frac{e}{r_z}, \quad 16.12$$

$$W_z = \frac{1}{2} m_e v_z^2, \quad 16.13$$

v_z - начальная орбитальная скорость электрона в положении равновесия, r_z - радиус равновесия в ионе номера Z .

Потенциалы отрыва U_z электрона в водородоподобных ионах выражаются через потенциал ионизации атома водорода U_1 равенством

$$U_z = Z^2 U_1, \quad 16.14$$

причём квадратичная зависимость от Z опытно прослеживается с высокой точностью по крайней мере в первых 11-и элементах периодической системы (Табл.17.5). Для объяснения такой зависимости необходимо считать, что радиус равновесия электрона r_z изменяется с номером элемента Z по закону

$$r_z = \frac{1}{Z} r_1. \quad 16.15$$

В этом случае частота начального вращения электрона в водородоподобном ионе после вступления в связь равна

$$\nu_z = \nu_z \frac{1}{2\pi r_z} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2Ze^2}{4\pi\epsilon_0 m_e r_z^3}} = Z^2 R, \quad 16.16$$

где

$$R = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2e^2}{4\pi\epsilon_0 m_e r_1^3}} \quad 16.17$$

- частота Ридберга.

Выражение (16.17) близко к выражению для плазменной частоты Ленгмюра

$$\nu_L = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{4\pi n_e e^2}{(4\pi\epsilon_0)m_e}}. \quad 16.18$$

где n_e – концентрация частиц.

Рассматривая атом водорода как частный случай плазмы с плотностью электронов

$$n_e = 1 / \left(\frac{4}{3} \pi r_1^3 \right), \quad 16.19$$

т.е. один электрон в объёме атома водорода, получим

$$\nu_{LH} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{3e^2}{(4\pi\epsilon_0)m_e r_1^3}}. \quad 16.20$$

Отличие от (16.17) может быть отнесено к условности применения к атому понятия плазмы. В то же время близость частот свидетельствует о том, что излучение с частотой Ридберга создаётся колеблющимся электроном.

§16.2. Постоянная Планка - комбинация констант электродинамики.

Кинетическая энергия периодического движения электрона в положении равновесия в атоме водорода после вступления в связь равна

$$W_{kl} = \frac{1}{2} m_e v_1^2 = 2 \pi^2 r_1^2 m_e R^2, \quad 16.21$$

или с учётом (16.11)

$$W_{kl} = (4\pi\epsilon_0)^{-2} 2 \pi^2 e^2 U_1^{-2} m_e R^2. \quad 16.22$$

Эти выражения можно записать в виде

$$W_{k1} = h_e R^2, \quad 16.23$$

где
$$h_e = 2 \pi^2 r_1^2 m_e = (4\pi\epsilon_0)^{-2} 2 \pi^2 e^2 U_1^{-2} m_e. \quad 16.24$$

Параметр h_e может быть назван электродинамическим коэффициентом при собственной частоте периодических движений электрона в положении равновесия в атоме водорода. Его значение

$$h_e = 2,01 \cdot 10^{-42} \text{ эрг } c^2 = 2,01 \cdot 10^{-49} \text{ Дж.с}^2. \quad 16.25$$

Если равенство (16.21) записать в виде

$$W_{k1} = (2 \pi^2 r_1^2 m_e R) R, \quad 16.26$$

то выражение в скобках представляет собой постоянную Планка

$$h = 6,626176 \cdot 10^{-34} \text{ Дж.с} = 6,626176 \cdot 10^{-27} \text{ эрг.с.}$$

Пользуясь зависимостями (16.2)(16.9)(16.21)(16.24), постоянную Планка можно представить различными комбинациями констант электродинамики и атомной физики:

$$\begin{aligned} h &= eU_1 / R; \\ h &= 2 \pi^2 r_1^2 m_e R; \\ h &= (4\pi\epsilon_0)^{-2} 2 \pi^2 e^2 U_1^{-2} m_e R; \\ h &= (4\pi\epsilon_0)^{-1} 2^{1/2} \pi e^{3/2} m_e^{1/2} U_1^{-1/2}. \end{aligned} \quad 16.27$$

Все параметры в правых частях равенств измеряются непосредственно или рассчитываются на основе констант электродинамики. Значение постоянной, вычисленное с их помощью, не отличается от принятого с любой точностью. Из этого следует, что:

1. процессы, происходящие в атоме водорода, описываются на основе электродинамики;
2. постоянная Планка не является фундаментальной физической константой, поскольку представляет собой комбинацию констант электродинамики и не имеет самостоятельного физического смысла;
3. в атоме водорода постоянная Планка не является коэффициентом при частоте периодических движений электрона, поскольку сама содержит в себе эту частоту.

Соотношения (16.27) позволяют повысить точность входящих в них

констант. В частности, это касается радиуса устойчивого равновесия электрона и потенциала ионизации атома водорода. Из (16.27) радиус нахождения электрона в состоянии равновесия в атоме водорода равен

$$\begin{aligned} r_1 &= (4\pi\epsilon_0)^{-1/3} 2^{-1/3} \pi^{-2/3} e^{2/3} m_e^{-1/3} R^{-2/3}, \\ r_1 &= 2^{-1/2} \pi^{-1} m_e^{-1/2} e^{1/2} U_1^{1/2} R^{-1}. \end{aligned} \quad 16.28$$

При принятых величинах констант [68]

$$\begin{aligned} e &= 4,803242 \cdot 10^{-10} \text{ ед.СГСЭ}, \\ m_e &= 9,109534 \cdot 10^{-28} \text{ г}, \\ R &= 3,28984200 \cdot 10^{15} \text{ Гц} \end{aligned} \quad 16.29$$

значение радиуса устойчивого равновесия электрона равно

$$r_1 = (1,0583542 \pm 1 \cdot 10^{-7}) \cdot 10^{-10} \text{ м}. \quad 16.30$$

Значение r_1 (16.30) равно удвоенному боровскому радиусу

$$r_B = 5,2917706 \cdot 10^{-11} \text{ м}. \quad 16.31$$

При радиусе (16.30) потенциал ионизации атома водорода может быть записан в электродинамическом виде

$$U_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} e \frac{1}{r_1}. \quad 16.32$$

Он равен $U_1 = 13,615227 \pm 4 \cdot 10^{-6} \text{ В}. \quad 16.33$

При выражаемости постоянной Планка через константы электродинамики соотношения квантовой механики теряют признак квантовомеханической принадлежности и формально становятся электродинамическими, подчиняясь её логике. Исчезает основание для утверждения о различии законов макро- и микромиров и непригодности законов электродинамики для описания атомных процессов. Становится недействительной квантовая логика и возникает необходимость в создании электродинамической теории строения атома. Ниже излагается вариант такой теории, совместимый с совокупностью главных опытных данных. Его оказывается возможным построить на представлении Фарадея о реальности силовых линий центрального поля электрона.

§ 16.3. Равновесие электрона в атоме.

К минимальным исходным требованиям к электродинамической теории атома следует отнести следующее:

- должна объясняться причина неприменимости законов Кеплера к движению электрона в атоме;
- должна объясняться дискретность спектра излучения возбужденного атома;
- должен быть предложен механизм формирования устойчивого равновесия электрона в атомной оболочке.

Этим требованиям удовлетворяет представление об электроном, колеблющемся относительно устойчивого положения равновесия в радиальном направлении.

Приведение этого представления в согласие с опытными данными оказывается возможным на основе следующих постулатов:

- центральное поле электрона состоит из конечного числа реальных силовых линий;
- вступление электрона в связь с ядром сопровождается замыканием на ядро силовых линий его поля;
- сила взаимодействия электрона с ядром пропорциональна числу силовых линий, замкнутых на ядро;
- в основном связанном состоянии электрона на ядро замкнуто максимальное количество силовых линий поля, возможно, все линии;
- каждому возбужденному состоянию электрона соответствует некоторое количество силовых линий, замкнутых на ядро;
- излучение волн при переходах электрона происходит по его силовым линиям, не замкнутым на ядро;
- при сближении электрона с ионом на расстояние, меньшее, чем основное положение равновесия, на него действует сила отталкивания. (Рис.16.1);
- отталкивание возникает вследствие возрастающей асимметрии в азимутальном распределении силовых линий поля электрона при замыкании силовых линий на ядро;
- равновесие электрона в атомной оболочке соответствует равенству кулоновской силы притяжения и силы отталкивания;
- радиус равновесия электрона в водородоподобном ионе обратно пропорционален числу протонов в ядре, то есть приблизительно номеру элемента (16.15);
- при сближении электрона с протоном до ядерных дистанций образуется нейтрон.

На количественном уровне перечисленные представления выглядят следующим образом:

Сила притяжения.

Кулоновская сила притяжения электрона к ядру элемента Z , действующая

на расстояниях r , превышающих равновесное значение r_{zo} , равна

$$F_e = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} Z e^2 \frac{1}{r^2} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} Z e^2 \frac{1}{r_{zo}^2} \frac{r_{zo}^2}{r^2} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} Z^3 e^2 \frac{1}{r_1^2} \frac{r_{zo}^2}{r^2}, \quad 16.34$$

а в равновесном состоянии, т.е. при $r = r_{zo}$

$$F_e = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} Z^3 e^2 \frac{1}{r_1^2}. \quad 16.35$$

На расстояниях, меньших r_{zo} , сила притяжения переходит в силу отталкивания.

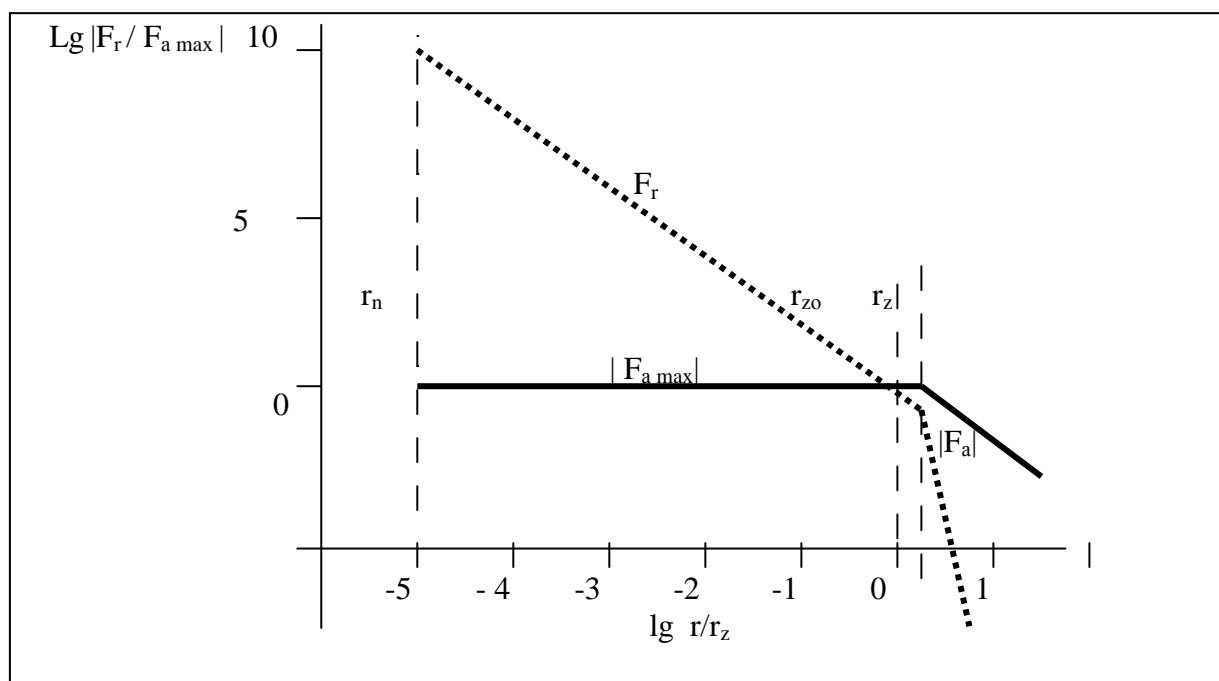


Рис.16.1. Силы притяжения и отталкивания в атоме водорода в зависимости от расстояния до ядра. r_{zo} – точка равенства сил; r_z – расстояние, на котором максимально возможное число силовых линий электрона замыкается на протон, r_n – радиус устойчивого равновесия электрона в нейтроне [58].

Сила отталкивания.

Экспериментальным подтверждением существования силы отталкивания между электроном и ядром на удалениях $r < r_z$, является ускорение электронов до высоких энергий при распаде нейтронов. Этот факт позволяет рассматривать нейтрон как протон-электронную систему, в которой электрон имеет квазиустойчивое состояние на удалении от протона, сравнимом с его радиусом. Максимальная энергия электрона при распаде нейтрона

$$W_{ne} = 782 \text{ кэВ}$$

16.36

соответствует зависимостям силы отталкивания \mathbf{F}_r и потенциала U_r по законам:

$$F_r = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} K_r e^2 \frac{1}{r^2}, \quad 16.37$$

$$U_r = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} K_r e \frac{1}{r}, \quad 16.38$$

где K_r – некоторый числовой коэффициент. При $K_r = 1$ радиус начала ускорения электрона при распаде нейтрона равен

$$r = 1,84 \cdot 10^{-15} \text{ м}, \quad 16.39$$

т.е. приблизительно удвоенному радиусу протона

$$r_p = 9,2 \cdot 10^{-16} \text{ м}. \quad 16.40$$

Потенциал ионизации атома водорода U_1 и потенциал распада нейтрона U_n связываются равенством

$$\boxed{\frac{U_1}{U_n} = \frac{r_n}{r_1}}. \quad 16.41$$

На удалениях, больших, чем радиус равновесия электрона в основном состоянии атомной оболочки ($r > r_{zo}$), сила отталкивания, действующая на электрон, должна слабнуть быстрее, чем сила притяжения, из-за уменьшения числа силовых линий, замкнутых на ядро. Равновесие электрона в водородоподобном ионе атома номера Z определяется минимумом потенциальной энергии

$$U_z = U_{\min} \quad 16.42$$

и равенством сил F_e (16.35) и F_r (16.37) на удалении r_{zo}

$$F_e = -F_r. \quad 16.43$$

В точке равновесия создаются условия для радиальных колебаний с возвращающей силой

$$F_v = F_r - F_{zo} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} Z e^2 \left(\frac{1}{r^2} - \frac{1}{r_{zo}^2} \right). \quad 16.44$$

Постоянная квазиупругой силы, направленной к точке r_{zo} , с учетом (16.16) равна

$$v_z = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{1}{m_e} \frac{dF_v}{dr} \right)^{1/2} = Z^2 \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2 K_r e^2}{4\pi\epsilon_0 r_1^3 m_e}}. \quad 16.45$$

При $K_r = 1$ выражение при Z^2 равно частоте Ридберга

$$\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2e^2}{4\pi\epsilon_0 r_1^3 m_e}} = R. \quad 16.46$$

Совпадение или близость частот колебаний (16.46) и вращения (16.17) подтверждает, что

периодическими движениями электрона в атоме могут быть как вращение, так и радиальные колебания относительно точки равновесия.

Доказательством вращения электронов является существование ферромагнитных материалов. Ферромагнетизм может быть объяснён только при допущении длительного безызлучательного или почти безызлучательного вращения электронов атомной оболочки.

§ 16.4. Переходы электрона в атоме водорода.

Представление о реальных силовых линиях, замыкающихся на ядро, позволяет развить гипотезу процессов, происходящих при вступлении электрона в связь с протоном с образованием атома водорода.

При сближении электрона с протоном некоторое количество его силовых линий замыкается на протон и возникает сила притяжения, действующая на электрон. Замкнувшиеся силовые линии электрона — это линии, расположенные под одним углом относительно прямой, соединяющей электрон с протоном. Электрон ускоряется к ядру и приходит в состояние временного равновесия на удалении, превышающем радиус основного состояния. Во время перехода электрон приобретает кинетическую энергию, которая частично преобразуется в энергию излучения с временного положения равновесия. В этом положении электрон радиально колеблется с некоторой фиксированной частотой. Излучение распространяется через свободные силовые линии. Через некоторое время новая группа свободных линий замыкается на ядро, и электрон переходит на более близкий к ядру временно равновесный уровень с более отрицательным потенциалом. Из-за большего числа силовых линий, замкнутых на протон, колебания возникают на более высокой частоте, в то время как интенсивность излучения, пропорциональная числу свободных линий, падает.

В процессе перехода из свободного состояния на основной, связанный уровень электрон пробегает промежуточные временно устойчивые состояния с возрастающими потенциалами связи и собственными частотами. Излучение с них формирует серию дискретных частот с убывающей интенсивностью из-за уменьшения числа свободных силовых линий поля элек-

трона.

В основном состоянии максимальное число силовых линий замыкается на ядро, и электрон либо продолжает некоторое время излучать при колебаниях и вращении, если имеются свободные силовые линии, либо продолжает бесконечно колебаться или вращаться с собственной частотой без излучения в случае замыкания всех линий на ядро.

В отличие от квантовомеханических представлений [109][72], в электродинамической модели уровни с большими частотами расположены ближе к основному неизлучающему (Рис.16.2.).

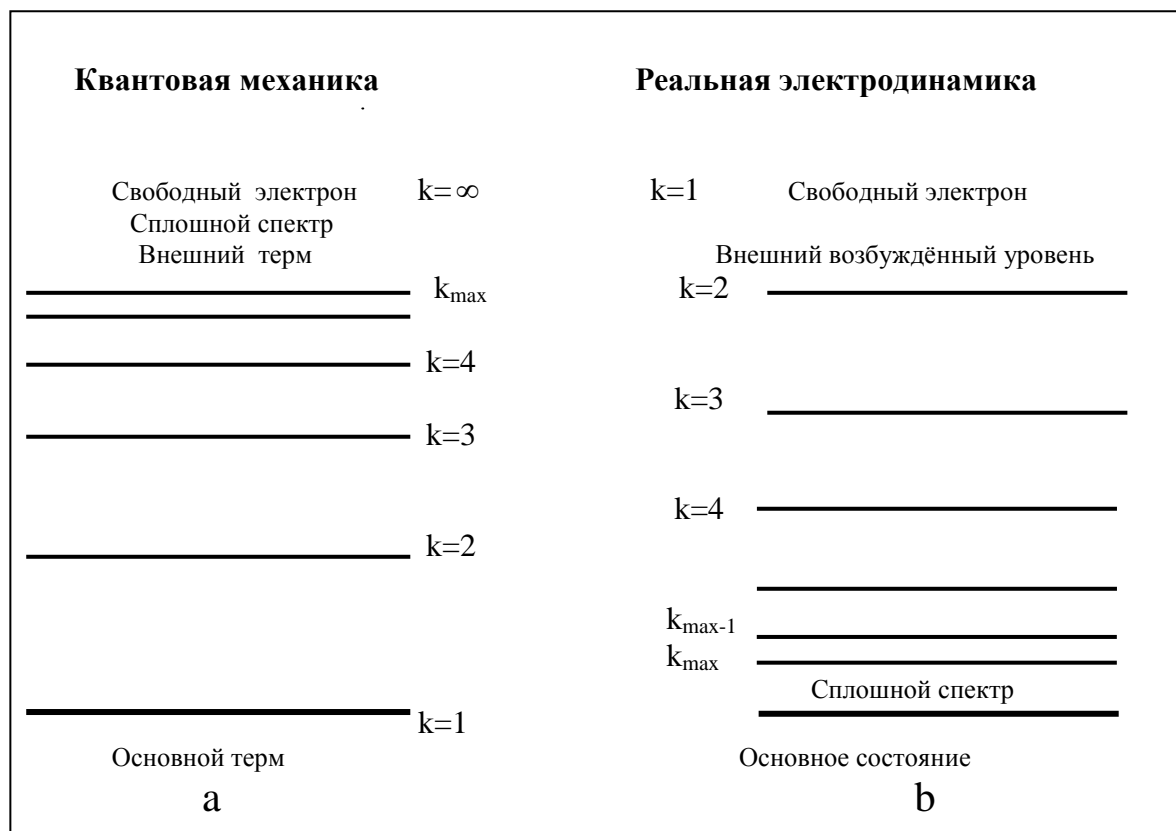


Рис.16.2. Схема расположений основных и возбуждённых уровней электрона в атоме водорода с точки зрения квантовой механики (a) и реальной электродинамики (b). k – номера возбуждённых уровней (16.51).

Соответственно, сплошной спектр расположен между наиболее высокочастотным излучающим и основным неизлучающим уровнями. При возбуждении электрона с основного уровня процесс идёт в обратном направлении: при внешнем воздействии освобождается от связи часть его силовых линий. Меньшее число замкнутых линий соответствует более удалённому положению электрона. Возбуждённый электрон переходит на этот более удалённый уровень.

Зависимость частот от уровня возбуждения может быть выражена через число замкнутых n_+ или незамкнутых n_- на ядро силовых линий, а также через радиусы равновесия электрона на k -ом возбуждённом уровне.

С учётом, что сила взаимодействия электрона с ядром пропорциональна числу замкнутых на ядро силовых линий, число линий, замыкающихся на ядро n_{+k} , обратно пропорционально квадрату радиуса из ядра до электрона, и для k -го радиуса квазиустойчивого состояния можно записать

$$n_{+k} r_k^2 = \text{const}$$

$$\text{или} \quad n_{+k} r_k^2 = n_e r_1^2. \quad 16.47$$

Зависимость частот серии Лаймана может быть записана в виде

$$\nu_k = R \frac{r_1^2}{r_k^2} = R \frac{n_{k+}}{n_e} \quad 16.48$$

$$\text{или с учётом, что} \quad n_{+k} + n_{-k} = n_e, \quad 16.49$$

$$\nu_k = R \left(1 - \frac{n_{k-}}{n_e} \right). \quad 16.50$$

Сравнение (16.50) с фактической зависимостью частот в серии Лаймана

$$\nu_k = R \left(1 - \frac{1}{k^2} \right), \quad 16.51$$

где $k = 1, 2, 3, \dots$, позволяет рассматривать (16.51) как закон, по которому в атоме водорода силовые линии электрона замыкаются на ядро или освобождаются от связи с ним. Для согласования (16.50) и (16.51) необходимо считать

$$1 - \frac{1}{k^2} = \frac{\nu_k}{\nu_1} = \left(1 - \frac{n_{k-}}{n_e} \right) = \frac{n_{k+}}{n_e} = \frac{r_1^2}{r_k^2}. \quad 16.52$$

Согласно (16.52), каждому числу замкнутых на протон силовых линий отвечает определённый радиус равновесия электрона в атоме, на котором достигается минимум потенциальной энергии. Основному уровню соответствует эффективное значение числа k_{max} . Частота колебаний на нем максимальна, однако она не излучается из-за отсутствия свободных силовых линий. Количество замкнутых на протон силовых линий связано с общим числом линий зависимостью

$$n_{k+} = n_e \left(1 - \frac{1}{k^2} \right). \quad 16.53$$

Переход электрона с основного уровня на ближайший излучающий сопровождается освобождением от связи с протоном линий в количестве

$$\Delta n_e == n_e - n_e \left(1 - \frac{1}{k_{\max}^2}\right) = n_1 \frac{1}{k_{\max}^2} = 1. \quad 16.54$$

Освобождение каждой новой группы линий вызывает переход электрона на более удалённый уровень. При этом освобождается число линий

$$\Delta n_{1,k} = n_e \frac{1}{k^2}. \quad 16.55$$

Наиболее удалённым и наименее связанным является уровень со значением $k = 2$. Переход на него с уровня с k_{\max} сопровождается освобождением числа линий

$$\Delta n = n_e - n_e \left[1 - \frac{1}{2^2}\right] = \frac{1}{4} n_e. \quad 16.56$$

Согласно (16.52), радиусы возбуждённых состояний в серии Лаймана

$$r_k = r_1 \left(1 - \frac{1}{k^2}\right)^{-1/2}. \quad 16.57$$

Максимальный радиус квазиустойчивого положения связанного электрона достигается при $k = 2$

$$r_{k2} = \left(\frac{4}{3}\right)^{1/2} r_1. \quad 16.58$$

Значение $k = 1$ соответствует переходу электрона в свободное состояние.

§ 16.5. Число силовых линий электрона, замыкающихся на протон.

Максимальная излучаемая частота определяется из условия

$$\nu_{\max} = R \left(1 - \frac{1}{k_{\max}^2}\right). \quad 16.59$$

Согласно (16.52),

$$k_{\max}^2 = \frac{n_1}{n_{\min}}, \quad 16.60$$

в котором n_{\min} - минимальное количество свободных линий перед переходом в основное состояние с k_{\max} .

Учитывая, что минимальное количество силовых линий не может быть меньше единицы, и что, следовательно,

$$n_1 \geq k_{\max}^2, \quad 16.61$$

можно оценить минимально возможное абсолютное число силовых линий у электрона. Из (16.59) следует

$$n_{e \min} = k_{\max}^2 = \frac{R}{R - v_{\max}}. \quad 16.62$$

Эта зависимость может быть выражена через длины волн

$$n_{e \min} = \frac{\lambda_{\min}}{\lambda_k - \lambda_{\min}}. \quad 16.63$$

Значение разности длин волн можно определить из сравнения измеренных волн в серии Лаймана и расчётной, на основе формулы Бальмера. Если зависимость Бальмера для серии Лаймана выполняется относительно максимальной излучающей частоты

$$v_k = v_{\max} \left(1 - \frac{1}{k^2}\right), \quad 16.64$$

то с учётом (16.26)

$$v_k = R \left(1 - \frac{1}{k_{\max}^2}\right) \left(1 - \frac{1}{k^2}\right). \quad 16.65$$

Длины волн, соответствующие этим частотам, равны

$$\lambda_k = \lambda_{\min} \left(1 - \frac{1}{k_{\max}^2}\right)^{-1} \left(1 - \frac{1}{k^2}\right)^{-1}, \quad 16.66$$

откуда

$$n_{\max} = k_{\max}^2 = \left[\frac{\lambda_k - \lambda_{\min}}{\lambda_k} - \frac{1}{k^2} \right]^{-1}. \quad 16.67$$

Расчёты на основе формулы (16.67) приведены в Табл. 16.1. Длины волн взяты из [71]. Длина волны λ_{\min} отождествлена с длиной волны основного состояния электрона в атоме водорода

$$\lambda_1 = 91,176340 \cdot 10^{-7} \text{ см}. \quad 16.68$$

Ей соответствует волновое число [17]

$$\frac{1}{\lambda_1} = 109677,576 \text{ см}^{-1}. \quad 16.69$$

При принятом значении λ_1 число силовых линий электрона, замкнутых на протон при его нахождении в основном состоянии, равно

$$n_e = (9,3 \pm 0,3) \cdot 10^4. \quad 16.70$$

Это значение соответствует числу спектральных линий в серии Лаймана

$$k_{\max} \geq n_e^{1/2} = 304 \pm 16 . \quad 16.71$$

Таблица 16.1.

k	λ_k 10^{-9} м	$\frac{\lambda_k - \lambda_1}{\lambda_k}$	n_e $\times 10^4$	$ \Delta n_e $ $\times 10^4$	k	λ_k 10^{-9} м	$\frac{\lambda_k - \lambda_1}{\lambda_k}$	n_e $\times 10^4$	$ \Delta n_e $ $\times 10^4$
1					21	91,3826	2,25710	9,55	0,30
2	121,567	0,249991	11,1	1,85	22	91,3641	2,05507	9,05	0,20
3	102,572	0,111099	8,26	0,99	23	91,3480	1,87919	8,95	0,30
4	97,2537	0,062489	9,09	0,16	24	91,3339	1,72510	9,08	0,17
5	94,9743	0,039989	9,09	0,16	25	91,3215	1,58955	9,57	0,32
6	93,7803	0,027766	8,49	0,76	26	91,3104	1,46818	9,00	0,25
7	93,0748	$2,0397 \cdot 10^{-2}$	8,96	0,29	27	91,3006	1,36100	9,31	0,06
8	92,6226	1,0968	0,021 *	-	28	91,2918	1,26473	9,28	0,03
9	92,3150	1,23345	8,94	0,31	29	91,2832	1,17064	5,43 *	
10	92,0963	$9,9891 \cdot 10^{-3}$	9,17	0,08	30	91,2768	1,10061	9,52	0,27
11	91,9352	8,25429	9,83	0,58	31	91,2703	1,02947	9,00	0,25
12	91,8129	5,08163	0,054 *	-	32	91,2645	9,65983	9,45	0,20
13	91,7181	5,91164	18,1 *	-	33	91,2592	9,07963	9,70	0,45
14	91,6429	5,09106	9,11	0,14	34	91,2543	8,54315	9,31	0,06
15	91,5824	4,43382	9,41	0,16	35	91,2499	8,06138	9,81	0,56
16	91,5329	3,89542	9,24	0,01	36	91,2458	7,61240	9,65	0,40
17	91,4919	3,44904	8,95	0,30	37	91,2420	7,19625	9,23	0,02
18	91,4576	3,07530	8,99	0,26	38	91,2385	6,81291	8,90	0,35
19	91,4286	2,75909	9,10	0,15	39	91,2353	6,46241	8,91	0,34
20	91,4039	2,48960	9,61	0,36	40	91,2324	6,14475	9,50	0,25
								$\overline{n_e} =$ 9,26	$ \overline{\Delta n_e} =$ 0,32

* - число исключено как очевидная ошибка измерения.

Следует учесть, что получаемый из зависимости (16.67) результат чрезвычайно чувствителен к значению λ_1 . Ошибка измеренной длины волны даже в пятом знаке способна существенно изменить расчётные значения n_{\max} и k_{\max} . Если полагать, что вся энергия электрона сосредоточена в поле

$$W_e = m_e c^2 , \quad 16.72$$

то с учётом (16.70) энергия W_{e1} , приходящаяся на одну силовую линию электрона в атоме водорода, составляет

$$W_{e1} = W_e \frac{1}{n_e} = 5,5 \text{ эВ} . \quad 16.73$$

Это равенство можно записать также в виде:

$$2,47 \frac{1}{n_e} m_e c^2 = eU_1 . \quad 16.74$$

Оно может быть проинтерпретировано как содержание в атомной оболочке электронной массы в 2,47 раз большей, чем принятая масса электрона. Ниже будет видно, что коэффициент при массе электрона с близким значением появится дважды: первый раз - при выводе аналитического выражения для расчета ионизационных потенциалов элементов (17.18), второй - как разность масс нейтрона и протона (19.4).

§ 16.6. Спектральные серии атома водорода.

При переходах электрона с основного неизлучающего уровня на возбуждённые, а также с одного возбуждённого уровня на другой, частоты излучения, согласно условию (16.52), должны принадлежать серии Лаймана. Отличие прямого перехода с одного уровня на второй от перехода на второй через промежуточный третий может состоять лишь в изменении интенсивности излучения на втором и третьем уровнях, но не в частотах.

Факт наблюдения в газе водорода других, более длинноволновых серий, в логике модели означает, что имеются атомы, в которых электроны в основном неизлучающем состоянии находятся на больших удалениях. Согласно (16.52), устойчивое равновесие электрона на более удаленной орбите может быть только при общем числе силовых линий поля меньшем, чем число (16.70). Электрон с меньшим общим числом силовых линий можно назвать *неполным*.

Реализующееся отношение частот колебаний электрона в основном состоянии в серии Лаймана ν_1 и в других сериях ν_i подчиняется условию

$$\nu_i = \nu_1 \frac{1}{k_i^2}, \quad 16.75$$

где k_i принимает значения: $k_1=1$ (серия Лаймана), $k_2=2$ (серия Бальмера), $k_3=3$ (серия Пашена), $k_4=4$ (серия Брэкета), $k_5=5$ (серия Пфунда), $k_6=6$ (серия Хэмфри).

Согласно (16.52), этим сериям соответствуют радиусы основных состояний неполных электронов

$$r_i = r_1 \left(\frac{R}{\nu_s} \right)^{1/2} = r_1 k_s = r_1, 2r_1; 3r_1; 4r_1; 5r_1 \dots \quad 16.76$$

Соответственно, отношение поперечных сечений атомов водорода с неполными электронами S_s к сечению атома с полным электроном S_1 должны быть

$$S_s / S_1 = r_i^2 / r_1^2 = k_i^2 = 4; 9; 16; 25. \quad 16.77$$

Представление о существовании атомов водорода с различными радиусами удаления электронной оболочки может быть сопоставлено с экспери-

ментально наблюдаемым различием сечений взаимодействия нейтронов с атомами орто- и параводорода в десятки раз. [111] В квантовой механике это различие считается следствием однонаправленной или противонаправленной ориентаций спинов протонов в ядрах атомов молекулы водорода.

§ 16.7. Энергия, излучаемая электроном в атоме водорода.

Если в атоме водорода электрон стартует с уровня i радиусом r_{ki} и потенциалом U_{ki} и переходит на уровень j с радиусом r_{kj} и потенциалом U_{kj} , то начальная кинетическая энергия колебаний W_{kjo} на уровне j равна разности потенциальных энергий двух уровней. С учётом (16.52)

$$W_{kjo} = \Delta W_{kij} = e(U_{ki} - U_{kj}) = eU_1 \left(\frac{n_{ki}}{n_1} - \frac{n_{kj}}{n_1} \right) = eU_1 \left(\frac{v_{ki}}{v_1} - \frac{v_{kj}}{v_1} \right). \quad 16.78$$

Учитывая, что
$$\frac{eU_1}{v_1} = h_e v_1, \quad 16.79$$

где h_e - электродинамическая постоянная (16.25), равенство упрощается к виду

$$\Delta W_{k1,2} = h_e v_1 (v_{k2} - v_{k1}). \quad 16.80$$

Это соотношение можно записать также через постоянную Планка (16.27),

$$\Delta W_{k1,2} = h(v_{k2} - v_{k1}). \quad 16.81$$

После завершения электроном перехода его кинетическая энергия колебаний или вращения $\Delta W_{k1,2}$ может полностью или частично излучиться. Начальная энергия колебаний полного электрона W_{k2o} после перехода связана с угловой ω_{k2} и циклической v_{k2} частотами, а также с начальной амплитудой колебаний A_{k2o} на уровне 2 выражением

$$W_{k2o} = \frac{1}{2} m_e A_{k2o}^2 \omega_{k2}^2 = 2 \pi^2 m_e A_{k2o}^2 v_{k2}^2. \quad 16.82$$

Из этого равенства с учётом (16.51) начальная амплитуда колебаний равна

$$A_{k2o} = r_1 R^{1/2} \frac{1}{v_{k2}} (v_{k2} - v_{k1})^{1/2}. \quad 16.83$$

Начальная интенсивность излучения на уровне 2 определяется кинетической энергией, которую приобретает электрон при переходе на него. Излучаемая энергия ослабляется за счет уменьшения амплитуды колебания по закону

$$I_2(t) = \frac{dW_{k2}}{dt} = I_{20} \exp\left(-\frac{n_{k2}}{n_1} \frac{t}{T_i}\right), \quad 16.84$$

где T_i – характерное время потери энергии на излучение, n_{k2} – число свободных силовых линий на уровне 2.

Суммарная энергия, излучённая на уровне 2, определяется начальной кинетической энергией и длительностью пребывания электрона на уровне.

§ 16.8. Электродинамическая схема работы лазера.

Согласно квантовым представлениям, когерентное излучение при переходах многих электронов может возникать только при постоянстве разности потенциалов уровней старта и финиша электрона. Ввиду этого при построении схемы работы лазера приходится считать, что после возбуждения электронов на основном уровне **A** с потенциальной энергией W_A и создания инверсной заселённости на различных уровнях **B** возврат электронов на основной происходит через некоторый единый промежуточный метастабильный уровень **C** с потенциальной энергией W_C , на который электроны переходят без излучения (Рис.16.3а.).

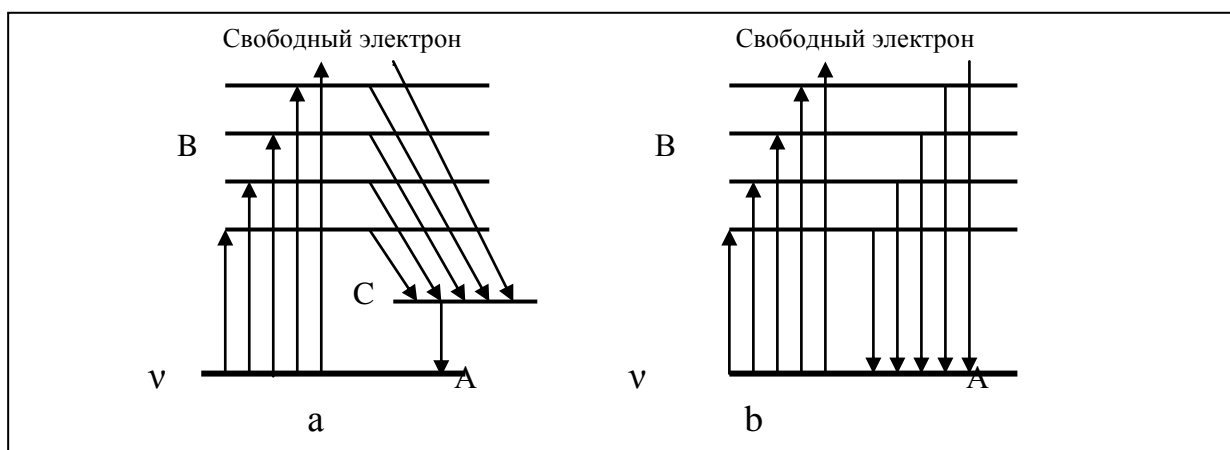


Рис.16.3. Схема электронных переходов при лазерном эффекте. а – в квантовой теории, б – в реальной электродинамике.

Предполагается, что когерентное излучение происходит при переходе электронов с уровня **C** на основной **A** и частота излучения определяется квантовым условием

$$h \nu = (W_C - W_A). \quad 16.85$$

Эта схема работы лазера известна как трёхуровневая. Она предполагает нарушение закона излучения квантовой теории.

Реальная электродинамика приводит к иному представлению о схеме работы лазера. В её логике увеличение заселённости возбуждённых уровней создается при возбуждении электронов стабильного уровня **A**. (Рис.16.3б) При возбуждении электрона часть его силовых линий освобождается от связи с ядром и электрон переходит на уровень с бóльшим радиусом. (16.57) В

зависимости от числа освобожденных линий электроны в разных атомах переходят на различные метастабильные уровни **В** или даже становятся свободными, то есть атомы могут ионизоваться. Находясь на возбужденном уровне, электрон через некоторое время вновь замыкает на ядро все свои свободные силовые линии и возвращается на основной уровень **А**. Монохроматические колебания всех электронов происходят на основном уровне с одинаковой частотой, но с различными начальными амплитудами (16.83) в зависимости от того, с каких возбужденных энергетических уровней они пришли. От разности потенциальных энергий уровней **В** и **А** зависит излученная энергия (16.81), но не частота. Электродинамическая схема, как видно, - двухуровневая. Она не нуждается в дополнительном безызлучательном переходе.

Глава 17.

Аналитическое выражение для расчёта ионизационных потенциалов.

На основе классической электродинамики выводится аналитическое выражение для расчёта ионизационных потенциалов элементов периодической системы. Из построений следует, что инертная масса электрона может быть больше принятой в 1,24 раза. [49]

Выражаемость постоянной Планка через электродинамические константы делает недействительной квантовую концепцию и восстанавливает действие законов электродинамики в атомном и ядерном масштабах. Возникает необходимость построения новой теории атома. Модель, претендующая на адекватность с реальностью, должна описывать главные опытные данные атомных взаимодействий. К таким данным относятся значения ионизационных потенциалов элементов. За столетний период существования квантовая механика не смогла создать общий метод их расчёта. Ниже показывается, что классической электродинамике с некоторыми поправками это под силу.

§ 17.1. Запись взаимодействий.

Наиболее ясно интерпретируемую информацию о взаимодействии электронов оболочки с атомным ядром содержат потенциалы отрыва самых ближних к ядру электронов. Судя по квадратичной зависимости потенциалов отрыва от номера элемента Z , на эти электроны меньше оказывают влияние другие более удалённые электроны атомной оболочки. В связи с этим построение удобно начинать с них. Для удобства дальнейшего изложения электронам присвоены номера N , которые отсчитываются от ближнего к ядру электрона, имеющего самый высокий потенциал отрыва. При такой нумерации электрон определённого номера при изменении Z элемента как бы сохраняет свою индивидуальность и в любом элементе может быть идентифицирован как самый ближний к ядру - первый, далее - второй, третий и т.д. Электрон каждого номера характеризуется набором потенциалов отрыва в различных атомах. Значения потенциалов возрастают с увеличением номера элемента. В отличие от этого потенциал ионизации Z - го элемента, относящийся к электрону N , будет отсчитываться от самого малого и обозначаться через U_{ZN} . При таком порядке отсчёта номер электрона связан с номером потенциала ионизации n в элементе Z равенством

$$n = Z - N + 1 .$$

При сопоставлении расчётных значений потенциалов ионизации с фактическими использованы данные из [70], приведённые со ссылками на работы

[1] и [64]. В квантовой механике потенциалы U_{z1} отрыва электрона в водородоподобном ионе атома Z описываются уравнением Бальмера – Ридберга:

$$U_{z1} = Z^2 \frac{1}{e} R h. \quad 17.1$$

С учётом первого эквивалента постоянной Планка (16.10) это выражение может быть записано в электродинамическом виде

$$U_{z1} = Z^2 U_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{K_1} Z^2 e_p \frac{1}{r_1}. \quad 17.2$$

Коэффициент K_1 вводится для унификации записей потенциалов отрыва других электронов. Для произвольного электрона номера N он будет обозначаться K_N . Для первого электрона

$$K_1 = 1.$$

Физический смысл этого коэффициента – ослабление поля ядра, действующего на электрон номера N электронами меньших номеров. Небольшие величины разностей потенциалов ионизации первого и второго электронов в различных атомах по сравнению с разностями потенциалов ионизации второго и третьего (Табл.17.5) могут свидетельствовать о группировке электронов в электронные слои. К наиболее близкому к ядру слою следует отнести первые два электрона. Можно представить, что оба электрона находятся в одинаковых устойчивых состояниях и имеют равные энергии связи с ядром. Различие потенциалов ионизации предпоследнего и последнего электронов в атомах может отражать неравенство условий их отрыва: предпоследний электрон при удалении взаимодействует с ядром и с последним остающимся электроном, в то время как последний электрон – только с ядром. В случае неподвижных или синхронно вращающихся электронов минимум потенциальной энергии системы, ядро – два электрона, достигается при симметричном расположении электронов относительно ядра, при котором расстояние между электронами равно удвоенному расстоянию до ядра. При несинхронном вращении электронов один электрон для другого представляется сферическим облаком с центром в ядре. В этом случае среднее расстояние между двумя электронами может быть принято равным расстоянию электрона до ядра. В общем случае потенциал отрыва электрона 2 в атоме элемента Z может быть записан в виде

$$U_{z,2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} D_r \frac{1}{K_1} \left(Z^2 \frac{e_p}{r_1} - \frac{1}{k_r} Z \frac{e_e}{r_1} \right) = D_r \frac{1}{K_1} Z U_1 \left(Z - \beta \frac{1}{k_r} \right), \quad 17.3$$

где

$$\beta = |e_e / e_p|$$

- отношение величин зарядов электрона и протона, \mathbf{D} – коэффициент, формально описывающий возможное увеличение расстояния между электронами вследствие их взаимного отталкивания ($0 \leq \mathbf{D} \leq 1$), \mathbf{k}_r – коэффициент, отражающий расстояние между электронами. Оно равно либо удвоенному расстоянию до ядра при покоящихся или синхронно вращающихся электронах ($\mathbf{k}_r = 2$), либо расстоянию до ядра при независимо вращающихся электронах ($\mathbf{k}_r = 1$). Второй член в скобках описывает взаимодействие между вторым электроном и ядром с учётом, что поле протона частично нейтрализовано полем первого электрона.

В предположении принадлежности второго электрона к первому слою и равенства энергий связи обеих частиц значение коэффициента $\mathbf{K}_2 = \mathbf{K}_1$. В этом случае разность последнего и предпоследнего (17.3) ионизационных потенциалов в атоме элемента \mathbf{Z}

$$\Delta U_1 = U_{z,1} - U_{z,2} = \frac{1}{K_1} U_1 Z \left[Z (D_r - 1) - \frac{1}{k_r} D_r \beta \right]. \quad 17.4$$

При несущественности изменения дистанции между электронами за счёт взаимного отталкивания коэффициент \mathbf{D}_r в (17.4) равен единице. В этом случае зависимость становится линейной

$$\Delta U_1 = U_{z,1} - U_{z,2} = \frac{1}{K_1} U_1 Z \beta \frac{1}{k_1}. \quad 17.5$$

В приближении (17.5) разность потенциалов ионизации, записанная для $(\mathbf{Z} - 1)$ – го элемента, равна:

$$\Delta U_2 = U_{z-1,1} - U_{z-1,2} = \frac{1}{K_1} U_1 (Z - 1) \beta \frac{1}{k_r}. \quad 17.6$$

Разность (17.5) и (17.6)

$$\Delta_{1,2} = \Delta U_1 - \Delta U_2 = \frac{1}{K_1} U_1 \beta \frac{1}{k_r}. \quad 17.7$$

Зависимость (17.7) позволяет оценить абсолютные величины зарядов электрона и протона по опытным данным о потенциалах ионизации двух ближних к ядру электронов в первых 11 элементах, у которых эти потенциалы измерены. В случае неподвижных или синхронизированных в движениях двух первых электронов

$$\beta = 2 K_1 U_1^{-1} \Delta_{1,2}, \quad 17.8$$

а при независимом движении частиц

$$\beta = K_1 U_1^{-1} \Delta_{1,2} . \quad 17.9$$

Для расчёта заряда протона запишем разность последних потенциалов (т.е. потенциалов отрыва первого электрона) Z -го и $(Z-1)$ -го элементов:

$$\Delta U_3 = U_{z,1} - U_{z-1,1} = \frac{1}{K_1} U_1 [Z^2 - (Z-1)^2] . \quad 17.10$$

Аналогичная разность этих потенциалов, записанная для $(Z-1)$ -го и $(Z-2)$ -го элементов будет

$$\Delta U_4 = U_{z-1,1} - U_{z-2,1} = \frac{1}{K_1} U_1 [(Z-1)^2 - (Z-2)^2] . \quad 17.11$$

Разность (17.10) и (17.11) равна

$$\Delta_{3,4} = \Delta U_3 - \Delta U_4 = 2 \frac{1}{K_1} U_1 = 2 \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{r_1} \frac{1}{K_1} e_p , \quad 17.12$$

откуда заряд протона

$$e_p = 4\pi\epsilon_0 \frac{1}{2} K_1 r_1 \Delta_{3,4} . \quad 17.13$$

Для проверки расчёта построим пятую разность значений ионизационных потенциалов: предпоследнего потенциала Z -го и последнего потенциала $(Z-1)$ -го элементов

$$\Delta U_5 = U_{z,2} - U_{z-1,1} = \frac{1}{K_1} U_1 [(Z)^2 - Z\beta - \frac{1}{k_1} (Z-1)^2] \quad 17.14$$

и шестую: предпоследнего потенциала $Z-1$ -го и последнего потенциала $Z-2$ -го элементов

$$\Delta U_6 = U_{z-1,2} - U_{z-2,1} = \frac{1}{K_1} U_1 [(Z-1)^2 - (Z-1) \frac{1}{k_1} \beta - (Z-2)^2] . \quad 17.15$$

Разность выражений (17.14) и (17.15) равна: при неподвижных или синхронно вращающихся электронах

$$\Delta_{5,6} = \Delta U_5 - \Delta U_6 = \frac{1}{K_1} U_1 (2 - \frac{1}{2} \beta) , \quad 17.16$$

а при их несинхронизованном движении

$$\Delta_{5,6} = \Delta U_5 - \Delta U_6 = \frac{1}{K_1} U_1 (2 - \beta) . \quad 17.17$$

§ 17.2. Вычисления и результаты.

Применим записи взаимодействий к известным потенциалам ионизации первых двух электронов в атомах элементов 1-11. (Табл.17.5)

Разности потенциалов первого и второго электронов в атомах имеют значения: 29,82 ; 46,80 ; 63,81 ; 80,83 ; 97,85 ; 114,9 ; 132,0 ; 148,0 ; 164,8 ; 181,7 Вольт. С точностью не хуже 2% этот ряд представляет собой линейную зависимость от Z . В пределах этой точности коэффициент в (17.4)

$$D_r = 1.$$

Согласно классической электродинамике, в случае симметричного расположения электронов ближней оболочки относительно ядра энергия их взаимодействия в этих элементах должна была бы варьироваться в пределах 5 - 25 %, а при независимом вращении электронов – в два раза больше. Факт выполнения линейности зависимости (17.4) не укладывается в классические представления о величине заряда электрона, но согласуется с представлением реальной электродинамики о том, что

интенсивность центрального поля электрона в m_p/m_e раз слабее интенсивности поля протона. (Табл.1.2.)

Вычисленные на основе опытных данных значения параметров $\Delta_{1,2}$, $\Delta_{3,4}$ и $\Delta_{5,6}$ в Вольтах приведены в Табл. 17.1.

Таблица 17.1

Z	1,2,3	2,3,4	3,4,5	4,5,6	5,6,7	6,7,8	7,8,9	8,9,10	9,10,11	Среднее значение
$\Delta_{1,2}$	16,90	17,01	17,02	17,02	17,05	17,09	16,00	16,80	16,90	$16,8 \pm 0,21$
$\Delta_{3,4}$	27,20	27,23	27,23	27,24	27,26	27,32	26,39	27,72	27,80	$27,3 \pm 0,52$
	27,19	27,21	27,24	27,25	27,25	27,49	26,91	27,70	27,23	
$\Delta_{5,6}$	10,23	10,21	10,21	10,22	10,23	10,20	10,40	10,90	10,33	$10,32 \pm 0,14$

Эти значения соответствуют следующим эффективным величинам зарядов протона (17.13) и электрона (17.8), (17.9):

- заряд протона (17.13):

$$e_p = (1,60 \pm 0,03) \cdot 10^{-19} \text{ Кл} = (1,00 \pm 0,03) e ,$$

т.е. совпадает с классической величиной;

эффективный заряд электрона:

- в предположении неподвижности или синхронного движения двух

ближних к ядру электронов (14.8)

$$e_{es} = -2\beta e = -2,48 e ; \quad 17.18$$

где $\beta = 1,24$,

а при независимом движении электронов (17.9)

$$e_{es} = -\beta e = -1,24 e . \quad 17.19$$

При этих эффективных значениях заряда электрона опытная величина параметра $\Delta_{5,6}$ совпадает с расчётным (17.16) и (17.17)

$$\Delta_{5,6} = 10,33 \text{ Вольт.}$$

С точки зрения классической и реальной электродинамик потенциал ионизации второго электрона отражает воздействие на второй электрон поля ядра, ослабленное первым, более близким электроном. Из-за относительно более слабого потока электронного поля силы взаимодействия двух ближних к ядру электронов должны быть незначительными по сравнению с силой взаимодействия каждого электрона с ядром.

Для выбора из двух полученных эффективных значений заряда электрона (1,24 e или 2,48 e) рассмотрим атом $Z = 3$ (литий). В нём электрон 3 во втором слое является единственным. Второй слой образуется на удалении не менее, чем r_1 от ядра. Об этом свидетельствует низкое значение первого потенциала ионизации в атоме лития. В то же время с учетом зависимости (17.5) в этом элементе электроны 1 и 2 находятся на расстоянии от ядра примерно в 3 раза меньшем, чем электрон 3. Ввиду этого при покоящихся или вращающихся вокруг ядра электронах расстояние между третьим и первыми двумя сравнимо с расстоянием электрона 3 до ядра. Расстояние (17.5) для третьего электрона может быть записано в виде

$$r_3 = K_3 \frac{1}{Z} r_1 , \quad 17.20$$

где K_3 в отличие от K_1 может быть не равным 1. С учётом (17.20) выражение для потенциала отрыва электрона 3 приобретает вид

$$U_{z,3} = \frac{1}{K_3} U_1 Z (Z - \beta_3) , \quad 17.21$$

где $\beta_3 = \beta_1 + \beta_2 \simeq 2\beta$. 17.22

Коэффициент β_3 описывает два электронных облака зарядов с центром в ядре. Из выражения (17.21) видно, что все потенциалы ионизации электрона 3 могут быть отрицательными только при

$$\beta_3 < Z = 3.$$

Из этого следует, что коэффициент β одного электрона не может быть 2,48, и, следовательно, близкие 2 электрона не вращаются синхронно, оставаясь на противоположных сторонах от ядра, а формируют заряженные сферические концентрические слои. Для определения значения коэффициента K_3 можно использовать равенство (17.21), в котором, согласно (17.22), $\beta_3 = 2,48$

$$K_3 = \frac{U_1}{U_{3,3}} Z(Z - \beta_3) = \frac{13,60}{5,390} 3(3 - 2,48) = 3,936.$$

Значение K_3 и (17.22) позволяют записать с помощью (17.21) потенциалы ионизации третьего электрона. (Табл.17.2)

Таблица 17.2.

Z	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$U_{изм}$	5,390	18,206	37,90	64,476	97,863	138,08	185,14	239,1	299,7	367,2	441,9
$U_{расч.}$	5,390	21,00	43,53	72,97	109,3	152,6	202,4	259,8	323,8	394,7	472,5
$\Delta_z U$	0	2,79	5,63	8,49	11,44	13,8	17,3	20,1	24,1	27,5	30,1
$\Delta U_{z+1} - \Delta U_z$		2,84	2,86	2,71	2,95	3,50	2,8	4,0	3,4	2,6	

Между расчётными и измеренными значениями наблюдается расхождение, увеличивающееся пропорционально $Z-3$. Расхождение соответствует дополнительной отталкивающей силе или ослаблению притягивающей силы, действующей на электрон 3. Введение в (17.21) дополнительного члена, описывающего этот эффект, приводит к зависимости потенциалов отрыва третьего электрона от номера элемента в виде

$$U_{z3} = U_1 \frac{1}{K_3} Z(Z - \beta_3) - C_3(Z-3), \quad 17.23.$$

где C_3 - постоянный коэффициент для электрона 3.

Использование этого выражения позволяет при значениях параметров $K_3=3,969$, $\beta_3 = 2,4756$ и $C_3 = 2,6852$ В, снизить расхождение между расчётными и измеренными величинами до долей процента (Табл. 17.3).

Таблица 17.3.

Z	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$U_{\text{изм}}$	5,390	18,206	37,90	64,476	97,863	138,08	185,14	239,1	299,7	367,2	441,9
$U_{\text{расч}}$	5,390	18,208	37,87	64,404	97,780	138,01	185,09	239,03	299,82	367,46	442

Использование зависимости (17.23) для расчёта потенциалов отрыва электрона 2

$$U_{z2} = U_1 \frac{1}{K_2} Z (Z - \beta_2) - C_2(Z-2) \quad 17.24$$

с константами $K_2 = 0,997$, $C_2 = 2,316$ В и $\beta_2 = 1,099$ также приводит к хорошему соответствию с фактическими значениями (Табл.17.4).

Таблица 17.4.

Z	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$U_{\text{изм}}$	24,580	75,619	153,85	259,298	391,986	551,925	739,114	953,8	1196,4	1464,7	1761,23
$U_{\text{расч}}$	24,580	75,478	153,66	259,118	391,860	551,885	739,192	953,78	1195,6	1464,8	1761,23

С компонентой ослабления центрального притяжения выражение для определения ионизационного потенциала электрона номера N в элементе Z обобщается к виду

$$U_{Z,N} = U_1 \frac{1}{K_N} Z (Z - \beta_N) - C_N (Z - N), \quad 17.25$$

где U_1 – потенциал ионизации атома водорода, а K_N , β_N и C_N – константы электрона N . По смыслу коэффициент β_N равен сумме изменений параметра при увеличении номера электрона от 1 до N

$$\beta_N = \sum_{i=1}^N \Delta\beta_i \quad \text{или} \quad \beta_N = N \overline{\Delta\beta} \quad 17.26$$

где $\overline{\Delta\beta}$ – среднее изменение значения коэффициента с увеличением номера электрона на единицу.

Эмпирический подбор констант в (17.25) для каждого электрона позволяет привести расчётные потенциалы ионизации элементов периодической таблицы в соответствие с измеренными с отклонениями не более 2 % для электронов до 46 номера и с несколько большими – для более высоких номеров (Табл. 17.5). В колонках обозначены номера потенциалов ионизации в Вольтах. Верхние значения – измеренные [69], нижние – рассчитанные, кроме первого и последнего, принятых равными измеренным.

Наибольшие отклонения расчётных значений потенциалов от фактических наблюдаются у электронов номеров 46 – 50. Остаются неизвестными значения потенциалов электронов с 55 по 68.

Таблица 17.5.

Z Эле- мент	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅	U ₆	U ₇	U ₈	U ₉	U ₁₀	U ₁₁
1 H	13,595 13,600										
2 He	24,580 24,580	54,403 54,400									
3 Li	5,390 5,390	75,619 75,478	122,42 122,40								
4 Be	9,320 9,320	18,206 18,208	153,85 153,66	217,66 217,60							
5 B	8,296 8,296	25,149 25,184	37,92 37,87	259,298 259,118	340,13 340,00						
6 C	11,264 11,264	24,376 24,458	47,864 47,904	64,476 64,404	391,986 391,860	489,84 489,60					
7 N	14,54 14,54	29,605 29,645	47,426 47,484	77,45 77,46	97,863 97,780	551,925 551,885	666,83 666,40				
8 O	13,614 13,614	35,146 35,208	54,934 54,937	77,394 77,392	113,873 113,864	138,08 138,01	739,114 739,192	871,12 870,40			
9 F	17,418 17,418	34,98 35,16	62,646 62,708	87,23 87,13	114,214 114,180	157,117 157,111	185,139 185,09	935,8 * 953,78	1101,8 1101,6		
10 Ne	21,559 21,559	41,07 41,08	63,5 63,64	97,16 97,23	126,4 126,8	157,91 157,85	207,2 207,20	239,1 239,03	1195,4 1195,6	1360,2 1360,0	
11 Na	5,138 5,138	47,29 47,46	71,8 71,7	98,88 99,01	138,6 138,56	172,36 172,34	208,444 208,398	264,2 264,14	299,7 299,82	1464,7 1464,8	1646,4 1645,6
12 Mg	7,644 7,644	15,03 15,40	78,2 80,30	109,29 109,23	141,23 141,27	186,8 186,8	225,31 225,32	265,957 265,83	328,0 327,92	367,2 367,46	1761,2 1761,2
13 Al	5,984 5,980	18,823 19,135	28,44 28,82	119,96 120,07	153,77 153,70	190,42 190,41	241,8 241,94	285,13 285,31	330,1 330,14	398,6 398,54	441,9 441,96
14 Si	8,149 8,149	16,34 16,49	33,46 33,77	45,13 45,39	166,73 166,77	205,11 205,12	246,41 246,43	304,0 303,97	351,83 352,00	401,3 401,33	476,0 476,0
15 P	10,55 10,55	19,65 19,96	30,156 30,28	51,354 51,576	65,007 65,12	220,414 220,400	263,31 263,46	309,3 309,34	372,8 372,88	425,46 425,77	479,4 479,4
16 S	10,357 10,357	23,4 23,62	34,8 34,98	47,29 47,10	72,5 72,52	88,0 88,00	280,99 280,96	328,4 328,74	378,95 379,14	448,5 448,70	506,4 506,4
17 Cl	13,01 13,01	23,80 24,08	39,9 39,95	53,3 53,23	67,8 67,68	96,6 96,63	114,2 114,04	348,5 348,45	400,3 400,96	455,3 455,82	531,4 531,4
18 Ar	15,755 15,755	27,62 28,07	40,90 40,98	59,79 59,56	75,0 74,69	91,3 91,30	123,9 123,9	143,4 143,24	422,6 422,9	479,0 480,11	539,5 539,5
19 K	4,339 4,339	31,81 32,30	45,90 46,26	61,1 61,10	82,6 82,44	99,4 99,36	117,9 118,4	154,3 154,3	176,0 175,6	503,8 504,2	566,2 566,2
20 Ca	6,111 6,111	11,87 14,44	51,21 51,82	67,3 67,6	84,39 84,41	109 108,6	127,9 127,25	143,3 148,4	187,9 187,9	211,3 211,10	592,5 592,6
21 Sc	6,56 6,56	12,89 17,60	24,75 28,11	73,9 74,51	91,8 92,08	111,1 110,92	139 138,0	159,2 158,35	180,2 181,8	224,9 226,63	249,76 249,76

22 Ti	6,83 6,83	13,57 18,43	28,14 32,71	43,24 45,357	99,8 100,18	119 119,7	141 140,38	172 170,76	193,1 192,67	216,9 218,5	264,5 264,5
23 V	6,74 6,74	14,65 18,87	29,31 33,93	48 51,48	65,2 66,18	128,9 128,9	151 150,47	173,7 173,57	206 206,76	230,2 230,2	256,3 256,0
24 Cr	6,764 6,764	16,49 19,67	30,95 34,78	49,6 53,20	73,2 73,93	90,6 90,59	161,1 160,63	185 184,39	209 209,7	246 246	- 270,9
25 Mn	7,432 7,432	15,64 18,89	33,69 36,46	52 54,59	76,1 76,2	100 100,00	119,24 118,57	196,4 195,42	221 221,45	249 249	- 288,4
26 Fe	7,896 7,896	16,18 21,17	30,64 34,87	57,1 57,11	78 78,28	102,92 102,09	130 129,75	151,1 150,31	234,4 233,24	262 261,66	290,3 291,15
27 Co	7,86 7,86	17,05 22,45	33,49 38,50	53 54,73	83,5 81,61	106 105,85	133 133,38	163 163,17	185,9 185,28	276,9 274,1	305 305
28 Ni	7,633 7,633	18,15 23,04	36,16 40,52	56 59,40	78 78,45	110 109,97	136 137,32	168 167,6	200 200,24	224 224	318 318
29 Cu	7,724 7,724	20,29 23,37	36,83 41,70	58,9 62,14	82 83,88	106 106,04	140 142,19	169 172,66	206 205,45	241 241	- 266,3
30 Zn	9,391 9,391	17,96 18,67	39,70 42,65	62 63,86	86 87,2	112 111,95	142 137,5	177 178,2	212 211,9	247 247	- 285,4
31 Ga	6,00 6,00	20,51 20,87	30,7 31,58	64,2 65,45	90 89,50	118 116,0	144 143,59	174 172,82	218 218,21	255 255	- 292,4
32 Ge	7,88 7,88	15,93 16,44	34,21 34,54	45,7 46,47	93,4 91,80	113 118,62	148 148,2	177 178,81	212 212,0	262 262	- 302,0
33 As	9,81 9,81	18,7 18,67	28,3 28,91	50,1 50,38	62,9 63,31	127,5 121,6	150 151,62	182 183,9	218 217,61	274 255	- 309,7
34 Se	9,75 9,75	21,5 21,79	32,0 31,72	42,9 43,40	68,3 68,39	82,1 82,12	155 155,1	187 187,34	223 223,2	260 260	- 301,8
35 Br	11,84 11,84	21,6 21,99	35,9 35,90	47,3 47,02	59,7 59,23	88,6 88,56	103,0 102,9	193 192,0	228 226,93	266 266	- 305,9
36 Kr	13,966 13,966	24,56 24,31	36,9 36,30	52,5 52,14	64,7 64,56	78,5 78,49	111,0 110,91	126 125,6	234 232,5	270 270	- 312,3
37 Rb	4,176 4,176	27,56 27,60	39,3 39,32	52,6 52,70	71 70,47	84,4 84,35	99,2 99,08	136 135,43	150 151,4	277 276	- 316,6
38 Sr	5,692 5,692	11,026 10,98	43,6 43,66	57,1 56,88	71,6 71,19	90,8 90,94	106 106,39	122,3 121,69	162 162,13	177 177	- 324
39 Y	6,38 6,38	12,23 13,40	20,5 20,92	61,8 62,18	77 77,0	93 91,78	116 113,50	129 130,67	146,2 146,34	191 191	-
40 Zn	6,835 6,835	12,92 15,29	24,11 24,71	33,97 33,98	82,3 83,16	99,4 99,69	116 114,45	139 138,2	154 157,21	173 173	-
41 Nb	6,88 6,88	13,9 16,28	28,1 27,19	38,3 38,78	49,5 50,18	110,4 106,61	124 124,93	141 139,2	165 165,08	186 186	-
42 Mo	7,131 7,131	15,72 17,32	29,6 28,81	46,4 42,10	61,2 55,88	67 69,50	131 132,5	153 152,73	167 166,56	194 194	-
43 Te	7,23 7,23	14,87 17,30	31,9 30,84	43 44,46	59 60,03	76 76,03	94 91,95	161 160,88	183 183,09	195 195	-
44 Ru	7,36 7,36	16,6 18,28	30,3 26,67	46,5 47,49	63 63,24	81 81,00	100 99,21	119 117,52	192 191,71	216 216	-
45 Rh	7,46 7,46	15,92 18,98	32,8 32,46	45,6 46,97	67 67,27	85 85,15	105 104,98	126 125,45	147 146,2	225 225	-
46	8,33	19,42	33,4	48,8	66	90	110	132	155	178	-

Pd	8,33	20,07	33,84	49,80	66,50	90,18	110,19	131,98	154,72	178	
47 Ag	7,574	21,48	36,10	52	70	89	116	139	162	187	-
	7,574	20,57	35,92	51,97	70,29	89,15	116,21	138,35	162,00	187	
48 Cd	8,991	16,904	44,5	55	73	94	115	146	170	195	-
	8,991	19,04	36,59	55,03	73,33	93,93	114,93	145,36	169,64	195	
49 In	5,785	18,86	28	58	77	98	120	144	178	204	-
	5,785	21,40	32,31	56,45	77,39	97,96	120,72	143,83	177,64	204	
50 Sn	7,332	14,63	30,7	46,4	81,1	103	126	150	176	213	-
	7,332	20,73	34,93	47,39	80,14	103,02	125,84	150,66	175,87	213	
51 Sb	8,54	16,7	24,8	44,1	63,8	107,6	132	157	184	211	-
	8,54	16,85	36,48	49,56	64,30	107,66	131,90	156,98	183,76	211	
52 Te	9,01	18,8	30,6	37,9	66	83	137,1	164	192	220	-
	9,01	19,16	28,25	53,14	65,62	83,00	139,0	164,00	191,36	220	
53 I	10,44	19,0	31,4	41,7	71	83	104	169,9	200	229	-
	10,44	19,2	31,54	41,58	70,70	82,96	103,52	174,2	199,38	229	
54 Xe	12,127	21,2	32,1	45,5	57	89	102	126	204,7	238	-
	12,127	21,35	31,41	45,81	56,83	89,17	101,56	125,86	213,2	238	
55 Cs	3,893	25,1	34,6	45,5	62	74	108	122	150	256	-
		23,50	34,26	45,64	61,97	74,02	108,54	121,62	150,01	256	
56 Ba	5,210	10,01	37	48,8	62	80	93	106**	144	158	-
			36,87	49,19	61,88	80,01	93,13	128,8	142,77	158	
57 La	5,61	11,43	19,17	52	66	80	100	114	151	165	-
				52,288	66,12	80,14	99,95	114,17	150,0	165	
58 Ce	6,91	12,3	19,5	36,7	70	85	100	122	137	172	-
					69,70	85,07	100,41	121,77	137,15	172	
59 Pr	5,76	-	-	-	-	89	106	122	146	162	-
						89,134	106,04	122,70	145,49	162	
60 Nd	6,31	-	-	-	-	-	110	128	147	171	-
							110,58	129,02	147,0	171	
61 Pm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
62 Sm	5,6	11,2	-	-	-	-	-	-	161	181	-
									159,51	181	
63 Eu	5,67	11,24	-	-	-	-	-	-	-	187	-
										187	
64 Gd	6,16	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
65 Tb	6,74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
66 Dy	6,82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
67 Ho	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
68 Er	6,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
69 Tm	6,14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6,14										
70 Yb	6,26	12,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6,26	12,59									
71 Lu	6,15\	14,7	19	-	-	-	-	-	-	-	-

Lu	6,15	13,03	21,17								
72	5,5	14,9	21	31	-	-	-	-	-	-	-
Hf	5,5	13,98	22,20	32,11							
73	7,88	16,2	22,3	33,1	45	-	-	-	-	-	-
Ta	7,88	14,27	24,05	33,75	45,35						
74	7,98	17,7	24,1	35,4	48	61	-	-	-	-	-
W	7,98	16,40	25,29	36,42	47,68	60,90					
75	7,87	16,6	26	37,7	51	64	79	-	-	-	-
Re	7,87	14,73	27,32	38,60	51,10	64,80	78,74				
76	8,7	17	25	40	54	68	83	99	-	-	-
Os	8,7	16,89	26,60	40,72	54,16	68,00	82,67	98,88			
77	9,2	17,0	27	39	57	72	88	104	121	-	-
Ir	9,2	18,21	28,29	39,6	56,60	72,00	87,38	103,74	121,31		
78	8,96	18,54	28,5	41,1	55	75	92	109	127	146	-
Pt	8,96	19,12	30,16	42,12	55,04	74,95	92,1	108,98	127,19	146	
79	9,223	20,5	30,5	43,5	58	73	96	114	133	153	-
Au	9,223	20,07	31,40	44,58	58,38	72,93	95,76	114,46	132,88	153	
80	10,434	18,761	34,21	46	61	77	94	120	139	159	-
Hg	10,434	18,40	33,58	46,36	61,48	77,06	93,27	119,05	139,1	159	
81	6,106	20,42	29,8	50,7	64	81	98	116	145	166	-
Ti	6,106	20,40	29,37	49,55	63,88	80,85	98,18	116,06	144,82	166	
82	7,415	15,03	31,93	42,3	69,73	84	103	122	142	173	-
Pb	7,415	15,05	32,13	42,12	68,00	83,97	102,69	121,70	141,30	173	
83	7,287	19,3	25,6	45,3	56	94,42	107	127	148	169	-
Bi	7,287	16,53	25,60	45,64	55,29	88,88	106,62	127,00	147,69	169	
84	8,2	19,4	27,3	38	61	73	112	132	154	176	-
Po	8,2	17,59	27,56	37,75	60,92	72,98	112,24	131,84	153,79	176	
85	9,2	20,1	29,3	41	51	78	91	138	160	183	-
At	9,2	18,32	29,61	40,30	51,58	77,98	91,05	138,05	159,63	183	
86	10,745	20,4	29,4	43,8	55	67	97	111	166	190	-
Rn	10,745	19,78	30,11	43,36	54,80	67,01	96,83	110,91	166,33	190	
87	3,98	22,5	33,5	43	59	71	84	117	133	197	-
Fr	3,98	21,54	32,12	43,63	58,83	71,09	84,07	117,45	132,56	197	
88	5,277	10,144	34,3	46,4	58,5	76	89	103	140	156	-
Ra	5,277	10,45	34,25	46,28	58,87	76,02	89,16	102,76	139,84	156	
89	6,89	11,5	-	49	62	76	95	109	123	164	-
Ac		11,5		48,85	62,25	75,836	94,94	109,00	123,08	164	
90	6,95	11,5	20,0	28,7	65	80	94	115	130	145	-
Th			20,0	28,7	65,33	80,04	94,52	115,57	130,62	145	
91	-	-	-	-	-	84	100	115	138	154	-
Pa						83,71	99,63	114,69	137,93	154	
92	6,2	-	-	-	-	-	104	121	137	126 ***	-
U							104	121	137	162	

* - опечатка, по-видимому должно быть 953,8. ** - опечатка, истинное значение неясно.

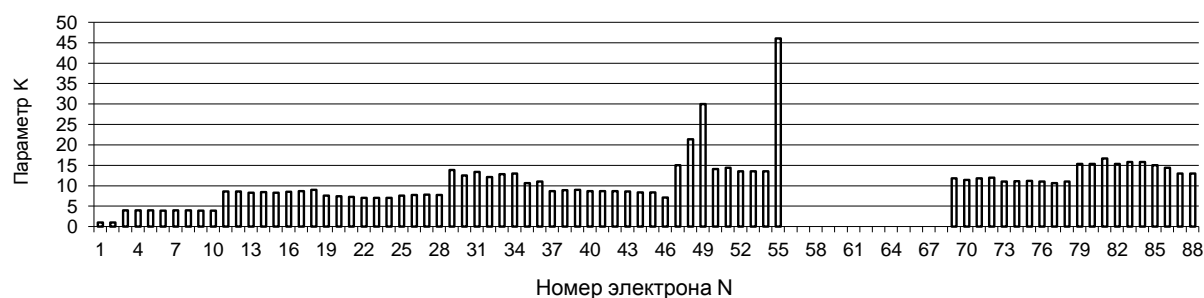
*** - опечатка, должно быть 162.

В Табл. 17.6 приведены значения коэффициентов K_N , C_N , β_N , с помощью

которых выполнены вычисления. В среднем числовые значения β_N совпадают с номерами элементов. Из этого следует, что изменение этого коэффициента при переходе к следующему элементу в среднем равно единице. Для оценки характера изменения коэффициентов K_N , C_N их значения представлены графически на Рис. 17.1 и 17.2.

Таблица 17.6.

N	K_N	C_N	β_N	N	K_N	C_N	β_N	N	K_N	C_N	β_N
1	1	0	0	26	7,7	33,443	25,828	51	14,4	38,79	50,820
2	0,997	2,316	1,099	27	7,8	33,933	26,833	52	13,5	43,369	51,828
3	3,969	2,685	2,476	28	7,7	35,750	27,846	53	13,5	43,705	52,804
4	3,974	3,573	3,319	29	13,85	18,772	28,729	54	13,5	44,261	53,777
5	3,953	6,160	4,517	30	12,53	22,464	29,712	55	46 ?	-	54,76 ?
6	3,930	7,732	5,457	31	13,4	22,235	30,809	69	11,83	74,219	68,922
7	3,946	8,982	6,397	32	12,1	26,538	31,781	70	11,43	77,781	69,925
8	3,950	11,088	7,507	33	12,83	24,35	32,719	71	11,8	75,306	70,924
9	3,922	12,941	8,442	34	13,00	24,69	33,725	72	12,0	74,043	71,933
10	3,925	14,360	9,378	35	10,63	33,95	34,735	73	11,0	83,144	72,912
11	8,62	9,137	10,704	36	11,05	32,33	35,684	74	11,1	83,910	73,912
12	8,62	9,661	11,596	37	8,70	52,70	36,928	75	11,20	83,42	74,913
13	8,30	12,891	12,719	38	8,94	51,50	37,906	76	11,0	85,838	75,907
14	8,46	12,883	13,638	39	9,00	51,74	38,891	77	10,6	90,370	76,907
15	8,30	13,867	14,570	40	8,70	54,86	39,890	78	11,05	86,298	77,906
16	8,49	14,178	15,595	41	8,7	55,426	40,892	79	15,3	62,030	78,869
17	8,65	14,017	16,513	42	8,7	57,242	41,891	80	15,3	62,179	79,853
18	8,95	13,198	17,424	43	8,63	58,476	42,893	81	16,7	57,936	80,907
19	7,6	25,93	18,872	44	8,36	61,762	43,897	82	15,3	64,692	81,898
20	7,43	27,297	19,832	45	8,36	62,397	44,898	83	15,8	62,087	82,898
21	7,30	29,48	20,832	46	7,10	78,014	45,905	84	15,8	63,187	83,886
22	7,00	32,964	21,840	47	15,0	32,224	46,882	85	15,0	67,551	84,880
23	7,05	33,661	22,848	48	21,40	19,07	47,705	86	14,4	71,471	85,868
24	7,03	36,533	23,854	49	30	7,943	48,735	87	13	85,959	86,956
25	7,6	33,076	24,834	50	14,1	39,869	49,847	88	13	86,852	87,942

Рис.17.1 Зависимость значений параметра K_N от номера электрона.

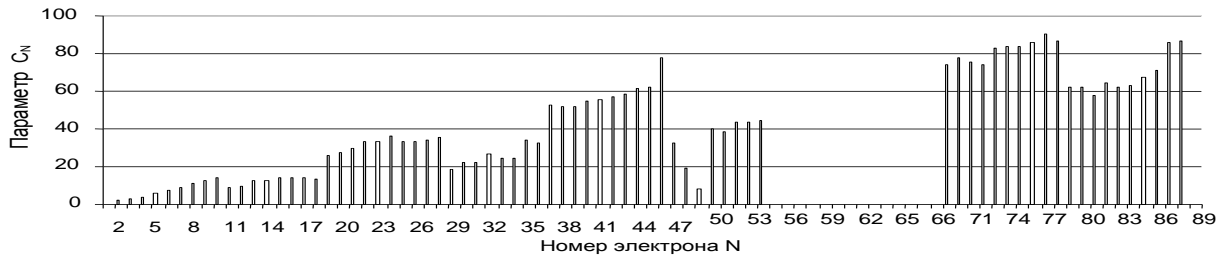


Рис.17.2. Зависимость значений параметра C_N от номера электрона.

Эмпирическая зависимость (17.25) нуждается в объяснении. Предстоит понять физический смысл коэффициентов K_N , C_N , β_N и их зависимости от Z . Предстоит также вывести аналитическую зависимость, которая позволит рассчитывать первые ионизационные потенциалы элементов. Для построения полной электродинамической теории атома по-видимому окажется необходимым использовать параметры f , s .

Глава 18.

Структура и устойчивость атомного ядра.

Показывается, что ядерные силы - это силы электростатического взаимодействия протонов с поляризованными нейтронами и что ядро состоит из альфа – кластеров. Обосновывается вероятность приблизительного равенства протонов и нейтронов во всех ядрах. Из расчётов следует, что излучение Мёссбауэра создаётся внутренними электронами атомной оболочки, а частота 511 кГц имеет ядерное происхождение. [50].

§ 18.1. Ядерное взаимодействие как взаимодействие протона с поляризованным нейтроном.

В настоящее время доминирует мнение, что ядерные силы являются особыми, не сводящимися ни к одному из известных в физике типу взаимодействий [111]. Основным аргументом этого считается короткодействие сил, другим – эффект их насыщения, заключающийся в том, что в ядре нуклон взаимодействует с ограниченным числом других нуклонов. Экспериментально это проявляется в линейной зависимости энергии связи ядер, приходящейся на один нуклон, от массового числа, а также в наибольшей устойчивости нуклонов в ядре гелия - в альфа-частице.

Использование квантовой теории на ядерных расстояниях не привело к решению проблемы устойчивости, несмотря на широкое использование её логического и математического аппарата. [6] Выражаемость постоянной Планка через константы электродинамики (16.27) показывает, что на основе квантовых представлений удовлетворительного решения в принципе не могло быть.

В условиях свободы от ограничений квантовой концепции и классической электродинамики возникает возможность рассмотреть следующие электродинамические варианты модели нейтрона:

- протон и электрон (или два электрона) - шарики. Электрон вращается вокруг протона на расстоянии порядка 10^{-15} м ;
- протон – шарик, электрон (или два электрона) - покоящийся или вращающийся сферический слой радиусом $\sim 10^{-15}$ м;

Для построения электродинамической теории равновесия ядра достаточно предположить, что при приближении нейтрона к протону или к другому нейтрону его электронная оболочка деформируется, в результате чего нейтрон становится электрическим диполем, а при соседстве с двумя нуклонами - мультиполем более высокого порядка. В этом предположении поляризованное состояние нейтрона в изотопах водорода, в гелии 3 и в нейтронной паре может быть схематически представлено следующим образом (Рис.18.1):

а – нейтрон вдали от источников полей. Частица точно симметрична;

b – нейтрон в дейтоне. Нейтрон поляризован в поле протона. Протон нейтрона и внешний протон занимают максимально удаленные позиции, а центр электронной оболочки нейтрона смещается к внешнему протону;

c – нейтрон в гелии 3. Электронная оболочка нейтрона деформирована и имеет форму эллипсоида вращения. Протон нейтрона расположен в центре. Внешние протоны располагаются симметрично по большой оси эллипсоида;

d – спаренные нейтроны. Сила протон – электронного взаимодействия больше протон-протонного.

Ниже будет видно, что спаривание нейтронов уверенно наблюдается в виде увеличения энергии отрыва нейтронов от ядер, чётных по нейтронам. Покажем, что при поляризации нейтрона в поле протона силовое взаимодействие двух частиц ограничивается коротким расстоянием и что ядерные силы могут считаться силами Ван-дер-Ваальса ядерного масштаба.

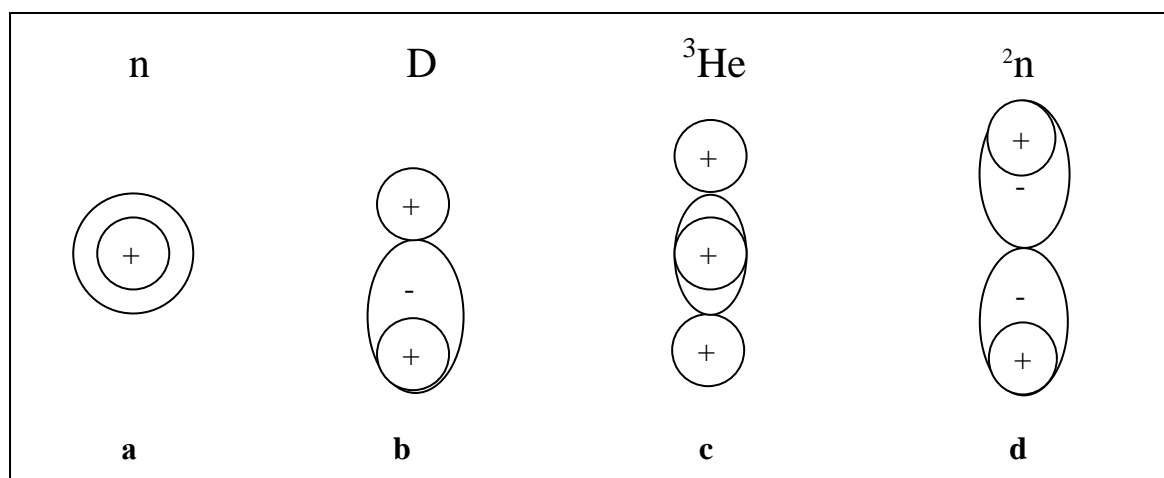


Рис.18.1. Предполагаемые относительные расположения электрона и протона в свободном нейтроне (a), в дейтоне (b), в ядре гелия 3 (c) и в паре нейтронов (d).

Будем считать, что величина индуцированного диполя нейтрона пропорциональна напряжённости внешнего поля E_p

$$D_n = e \Delta r = k E_p, \quad 18.1$$

где k - коэффициент с размерностью куба расстояния, Δr – длина диполя, e – элементарный заряд.

Учитывая, что напряжённость поля протона

$$E_p = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} e_p \frac{1}{r^2}, \quad 18.2$$

где r – расстояние между протоном и нейтроном, сила взаимодействия центрального поля протона с индуцированным диполем нейтрона

$$F_{np} = -2 D_n E_p \frac{1}{r_o} = - \frac{1}{4\pi\epsilon_o} 2ke^2 \frac{1}{r^5} . \quad 18.3$$

Обратная зависимость силы от расстояния в пятой степени достаточна для объяснения короткодействия ядерных сил. Соответствующая этому выражению энергия связи протона с нейтроном зависит от дистанции расположения по закону

$$W_{pn} = \int_{r_o}^{\infty} F_{pn} dr = \frac{1}{2} \frac{1}{4\pi\epsilon_o} k e_p^2 \frac{1}{r_o^4} . \quad 18.4$$

Радиальная сила взаимодействия двух поляризующихся нейтронов представляет собой силу взаимодействия двух диполей, изменяющихся в зависимости от расстояния

$$F_{nn} = (E_n + E_d) 2D_n \frac{1}{r_o} , \quad 18.5$$

где E_n - напряжённость центрального поля одного взаимодействующего нейтрона в точке расположения второго; E_d - напряжённость поля индуцированного диполя нейтрона в точке расположения другого. Выражая поле нейтрона $E_n + E_d$ через поле протона

$$E_n + E_d = KE_p , \quad 18.6$$

где K – безразмерный коэффициент меньше единицы, силу взаимодействия можно записать в виде

$$F_{nn} = - \frac{1}{4\pi\epsilon_o} 2kK e_p^2 \frac{1}{r_o^5} . \quad 18.7$$

Как видно, нейтрон – нейтронное электростатическое взаимодействие также имеет радиально короткодействующий характер. Ниже для достижения согласия с опытными данными при расчётах энергий легких ядер до ядра гелия будет принято, что расстояние между двумя нуклонами равно некоторому значению, зависящему только от Z ядра:

$$r_z = r_o \cdot \frac{1}{Z} \quad 18.8$$

Зависимость (18.8) распространяет закономерность уменьшения расстояния электрона атомной оболочки до ядра с ростом номера элемента (16.15) на ядерный масштаб.

Представление о деформируемости электронной оболочки нейтрона позволяет представить суммы энергий связи нуклонов в ядрах самых легких элементов: ${}^2\text{H}$, ${}^3\text{H}$, ${}^3\text{He}$, ${}^4\text{He}$ и в нейтронной паре ${}^2\text{n}$. Предполагаемое распо-

ложение нуклонов в некоторых легких ядрах схематически изображено на Рис.18.2.

Дейтон. D , 2_1H . Энергия связи протона с нейтроном в ядре (**a**)

$$W_D = W_{pn}. \quad 18.9$$

Ядро трития. T , 3_1H . В ядре трития ввиду предполагаемого притягивающего характера взаимодействия нейтронов их следует представить контактирующими между собой (**b**). Суммарная энергия связей ядра W_T складывается из энергии связи протона с двумя нейтронами и двух нейтронов между собой:

$$W_T = (2W_D + W_{nn}). \quad 18.10$$

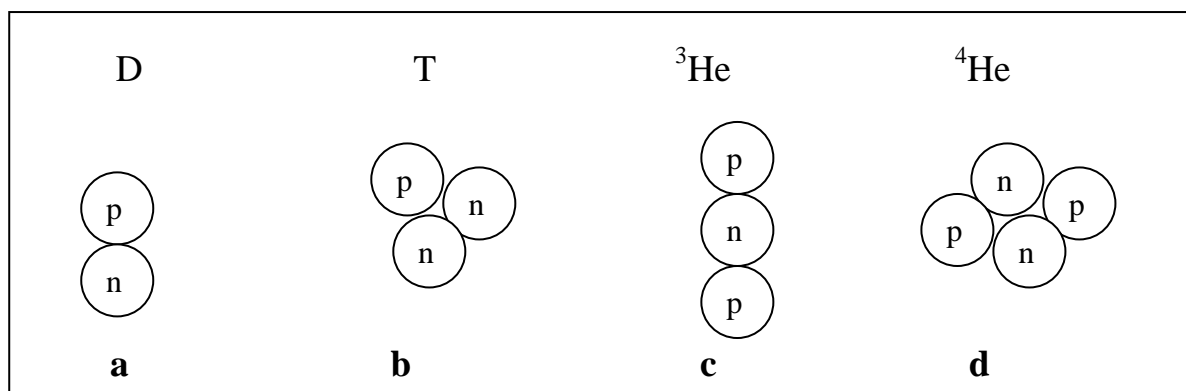


Рис.18.2 Вероятные взаимные расположения нуклонов в ядрах дейтерия, трития, гелия 3 и гелия 4.

Ядро гелия 3. 3_2He . Суммарная энергия связей W_{He3} складывается из энергии связи нейтрона с двумя протонами и энергии взаимодействия протонов. Учитывая отталкивание между протонами, их следует представить по разные стороны от нейтрона, т.е. на расстоянии $2r_z$ между собой (**c**). Ввиду того, что расстояния между взаимодействующими нуклонами обратно пропорциональны Z (18.8), энергия всех связей удваивается

$$W_{He3} = Z_{He3} (2W_D - W_{pp}) = 2 (2W_D - \frac{1}{2} W_{ppo}), \quad 18.11$$

где W_{ppo} – потенциальная энергия электростатического отталкивания протонов, находящихся на расстоянии r_0 (18.8).

Ядро гелия 4. 4_2He . Расположение нуклонов, отвечающее минимуму потенциальной энергии, изображено на Рис.18.2,d. Протоны находятся на максимально возможном удалении друг от друга без потери контакта с обоими нейтронами, в то время как нейтроны контактируют между собой и с протонами ядра. Суммарная энергия связей

$$W_{\text{He4}} = 2 (4W_D + W_{\text{nn}} - W_{\text{pp}}). \quad 18.12$$

При данном расположении нуклонов расстояние между центрами протонов

$$r_{\text{pp}} = 3^{1/2} r_z. \quad 18.13$$

Потенциальная энергия их электростатического отталкивания

$$W_{\text{pp}} = 3^{-1/2} W_{\text{ppo}}. \quad 18.14$$

В ряду ядер ^2H , ^3H , ^3He , ^4He минимальная энергия отрыва нейтрона растёт, что позволяет считать, что при поступлении в ядро энергии извне возбуждаются все нуклоны, и минимальная энергия, затрачиваемая на отрыв одного из них, определяется суммарной энергией связей ядра. В этом предположении в выполненных ниже расчетах в легких ядрах до альфа-частицы энергия отрыва нейтрона W_n равна суммарной энергии связей всех нуклонов.

Спаренные нейтроны. ^2_0n . Прямых данных об энергии связи двух нейтронов нет, поэтому в первом приближении будем считать, что она равна разности суммарной энергии связи ядра трития и удвоенной энергии связи нуклонов в дейтоне:

$$W_{\text{nn}} = W_T - 2W_D. \quad 18.15$$

§ 18.2. Количественные построения ядер до ^4He .

Измеренные значения энергий отрыва нейтрона от ядер равны [76]

дейтон	$W_D = 2,224 \text{ Мэв};$	18.16
ядро трития	$W_T = 6,257 \text{ Мэв};$	
ядро гелия 3	$W_{\text{He3}} = 7,718 \text{ Мэв};$	
ядро гелия 4	$W_{\text{He4}} = 20,577 \text{ Мэв}.$	

Спаренные нейтроны ^2_0n . Расчётное значение

$$W_{\text{nn}} = W_T - 2W_D = 6,257 - 4,448 = 1,809 \text{ Мэв}. \quad 18.17$$

Расстояние между нуклонами.

Среднее расстояние между центрами контактирующих нуклонов r_0 можно получить из выражения энергии связи гелия 3 (18.11)

$$2(2W_{\text{np}} - \frac{1}{2} W_{\text{ppo}}) = W_{\text{He3}}. \quad 18.18$$

В предположении, что

$$W_{\text{ppo}} = 4W_{\text{np}} - W_{\text{He3}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} e_p^2 \frac{1}{r_0},$$

расстояние между центрами протонов в ядре гелия

$$r_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} e^2 \frac{1}{4W_{\text{np}} - W_{\text{He3}}} = 1,22 \cdot 10^{-15} \text{ м.} \quad 18.19$$

На этом расстоянии энергия отталкивания протонов

$$W_{\text{ppo}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} e_p^2 \frac{1}{r_0} = 1,18 \text{ МэВ.} \quad 18.20$$

С помощью (18.20) выражение (18.12) позволяет вычислить суммарную энергию связей нуклонов в ядре ${}^4\text{He}$ и сравнить результат с опытным значением (18.16):

$$W_{\text{He4}} = 2(4W_D + W_{\text{nn}} - 3^{1/2} W_{\text{ppo}}) = 20,05 \text{ МэВ.} \quad 18.21$$

Близость результата к измеренному значению может свидетельствовать о реальности принятых исходных представлений о механизме равновесия нуклонов в ядре. Энергия отрыва нейтрона от протона в дейтоне 2,224 МэВ соответствует расстоянию между центром протона и отрицательно заряженной оболочкой поляризованного нейтрона

$$r_{\text{pn}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} 2 \frac{e^2}{W_D} = 1,29 \cdot 10^{-15} \text{ м.} \quad 18.22$$

§ 18.3. Структура ядер с массовым числом $A > 4$.

В целом непротиворечие расчётов экспериментальным данным позволяет применить теорию к более тяжёлым ядрам. Опытные значения энергии отрыва нейтрона W_n от ядер элементов периодической системы показывают, что

- с ростом Z после ${}^4\text{He}$ эта энергия испытывает максимумы и минимумы значений, причём

- наивысшие значения наблюдаются у ядер элементов с чётным количеством нейтронов и равным или бóльшим количеством протонов: ${}^8\text{Be}$, ${}^{12}\text{C}$, ${}^{16}\text{O}$, ${}^{24}\text{Mg}$, ${}^{28}\text{Si}$, ${}^{32}\text{S}$, ${}^{36}\text{Ar}$, ${}^{40}\text{Ca}$, ${}^9\text{B}$, ${}^{13}\text{N}$, ${}^{14}\text{O}$, ${}^{17}\text{F}$, ${}^{18}\text{Ne}$, ${}^{19}\text{Na}$, ${}^{21}\text{Na}$, ${}^{22}\text{Mg}$;

- наименьшие значения W_n имеют ядра с чётным количеством протонов и бóльшим числом нейтронов: ${}^9\text{Be}$, ${}^{10}\text{Be}$, ${}^{11}\text{Be}$, ${}^{13}\text{C}$, ${}^{14}\text{C}$, ${}^{15}\text{C}$ и т.д.;

- в ядрах, чётных по Z , значения W_n выше при чётном количестве избыточных нейтронов, чем в ядрах с их нечётным числом. В ядрах, нечётных по

Z , закономерность противоположная: W_n выше при нечётном количестве избыточных нейтронов.

Эти опытные данные приводят к следующим представлениям о структуре ядра и его свойствах:

1. Из факта, что первое пиковое значение W_n достигается в ядре ${}^4\text{He}$ и в дальнейшем лишь примерно повторяется, следует, что с ростом числа протонов в ядрах периодически достигается минимум потенциальной энергии. То, что он достигается при равном и чётном количестве протонов и нейтронов, может объясняться тем, что с ростом номера Z ядра между максимумами W_n происходит достройка следующей альфа-частицы, причём новая альфа-частица не начинает формироваться до тех пор, пока не достроена предыдущая. Совокупность опытных данных приводит к выводу, что

атомные ядра состоят из целых и одной недостроенной альфа-частиц, сохраняющих свою индивидуальность.

2. Условие на расстояние между нуклонами (18.8) в ядре действует только при построении альфа-частицы, т.е. распространяется только на ядра ${}^2\text{H}$, ${}^3\text{H}$, ${}^3\text{He}$. Эти ядра можно рассматривать как недостроенные или неполные ядра гелия 4. Тип межнуклонного взаимодействия, когда действует условие (18.2), может быть назван *элементарным*.

3. Все более тяжёлые ядра, начиная с $Z > 2$, состоят из некоторого количества целых альфа-частиц и кластеров ${}^1\text{n}$, ${}^2\text{n}$, p , ${}^2\text{H}$, ${}^3\text{H}$, ${}^3\text{He}$. Все альфа-частицы и легкие кластеры связаны в двух или трёхмерные структуры. Возможные варианты связи представлены на Рис. 18.3. Взаимодействие кластеров отличается от элементарного неприменимостью условия (18.8) при расчёте суммарной энергии связей ядра. Этим связям может быть оставлено название *ядерные*.

4. Мультипольный характер электрических связей нуклонов, альфа-частиц и кластеров объясняет причину ограниченности числа нуклонов, с которыми взаимодействует каждый нуклон ядра, и вытекающую из этого линейную зависимость суммарной энергии связей ядра от массового числа.

5. Минимальная энергия отрыва нейтрона от ядра с $Z > 2$ определяется энергией всех его связей с альфа-частицей или с лёгким кластером.

6. Наблюдаемая зависимость W_n от Z во всём ряду ядер естественно объясняется тем, что чётные по Z ядра с равным количеством нейтронов и протонов состоят только из альфа-частиц. Если в таких ядрах есть избыточные нейтроны, то они все спарены, кроме последнего нечётного. При нечётном количестве избыточных нейтронов W_n определяется энергией отрыва неспаренного нейтрона. При чётном числе избыточных нейтронов в энергию W_n дополнительно входит энергия связи спаренных нейтронов.

7. Ядро с избыточным количеством протонов помимо альфа-частиц может содержать протон, дейтрон или тритий.

На основе изложенных представлений о структуре ядра в Табл. 18.1 изображены возможные кластерные составы ядер лёгких элементов до $Z=12$, а также результаты расчётов и опытные данные минимальной энергии отрыва нейтрона от ядра.

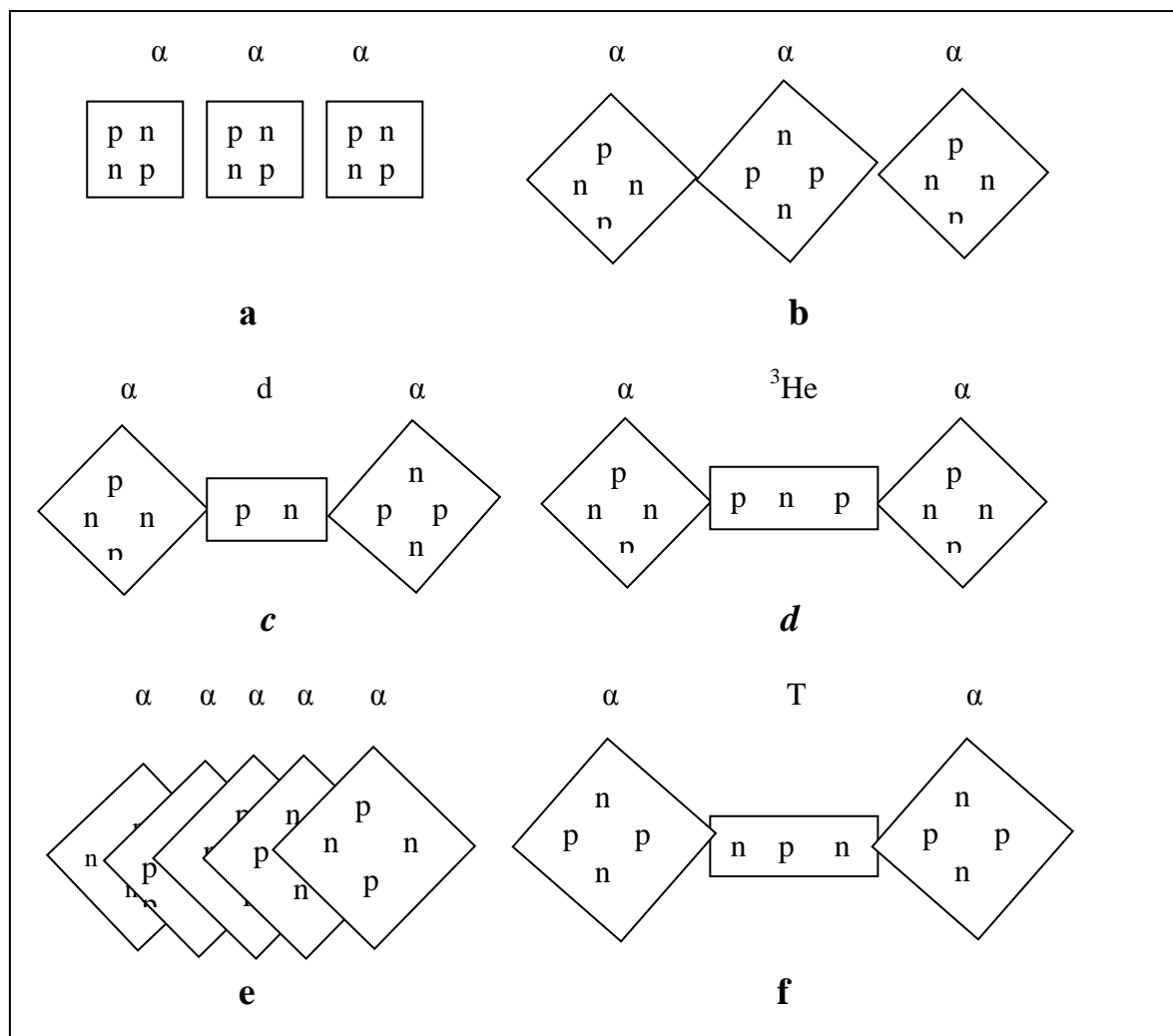


Рис. 18.3 Варианты объединения альфа-частиц в атомное ядро. **p** – протон, **n** – нейтрон.

В колонках таблицы:

2 - элемент, 3 - атомный номер ядра, 4 - массовое число, 5 - кластерный состав, 6 - возбуждаемый кластер, 7 - разрушаемые связи, 8 - расчётные значения минимальной энергии отрыва нейтрона W_n , 9 - опытные значения энергии отрыва нейтрона. [113] [119] [120] [139]

Из приведённых данных видно, что изотопы, имеющие вне кластеров α или $\alpha + T$ парные нейтроны, всегда имеют относительно более высокие значения W_n по сравнению с изотопами с нечётным количеством избыточных нейтронов (№ 6–7, 10–12, 15–17, 21–27, 31–39, 45–52, 56–64, 70–73, 78–88, 94–103, 108–119). Это может рассматриваться как свидетельство спа-

ривания нейтронов и дополнительного расхода энергии на разрыв связи в нейтронной паре или как удвоение связи с другими кластерами.

Таблица 18.1.

№	Элемент	Z	A	Кластерный состав ядра	Возбуждаемый кластер	Вариант разрушаемых Связей Мэв	W_n Расчет Мэв	W_n , Опыт Мэв
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	n	0	2	2n	2n	W_{nn}	1,809	-
2	H	1	2	p + n	D	W_{pn}	2,224 *	2,224
3		1	3	p + 2n	T	$2 W_{pn} + W_{nn}$	6,257 *	6,257
4	He	2	3	2p + n	3He	$2(2W_{pn} - \frac{1}{2} W_{pp})$	7,718 *	7,718
5		2	4	α	α	$2(4W_{pn} + W_{nn} - 3^{-1/2} W_{pp})$	20,05	20,577
6		2	5	$\alpha + n$	n	W_r	1,809	-0,956
7		2	6	$\alpha + {}^2n$	2n	$W_{nn} + W_r$	1,809	1,867
8	Li	3	6	$\alpha + D$	D	$2W_{pn}$	4,45	5,665
9		3	7	$\alpha + T$	T	$W_T + W_{pn}$	8,48	7,249
10		3	8	$\alpha + T + n$	n	W_{nn}	1,809	2,033
11		3	9	$\alpha + T + {}^2n$	2n	$2W_{nn}$	3,62	4,063
12		3	10	$\alpha + T + {}^2n + n$	n	W_r	1,809	0,321
13	Be	4	7	$\alpha + {}^3He$	3He	$W_{He3} + W_{pn}$	10,0	10,676
14		4	8	2α	α	$W_\alpha + W_r$	20,05	18,896
15		4	9	$2\alpha + n$	n	W_{rnn}	1,809	1,665
16		4	10	$2\alpha + {}^2n$	2n	$2W_{pn} + W_{nn}$	6,257	6,812
17		4	11	$2\alpha + {}^2n + n$	n	W_{nn}	1,809	0,504
18	B	5	9	$2\alpha + p$	α	W_α	20,05	18,575
19		5	10	$2\alpha + D$	D	$W_D + 2W_{pn} + 2W_{nn}$	10,3	8,440
20		5	11	$2\alpha + T$	T	$W_T + 2W_{pn}$	10,07	11,456
21		5	12	$2\alpha + T + n$	n	W_{pn}	2,224	3,37
22		5	13	$2\alpha + T + {}^2n$	2n	$W_{nn} + W_{pn}$	4,03	4,878
23		5	14	$2\alpha + T + {}^2n + n$	n	$\frac{1}{2} W_{nn}$	0,90	0,973
24		5	15	$2\alpha + T + 2{}^2n$	2n	$\frac{1}{2} (W_{nn} + W_{pn})$	2,02	2,761
25		5	17	$2\alpha + T + 3{}^2n$	2n	$\frac{1}{3} (W_{nn} + W_{pn})$	1,34	1,45
26		5	19	$2\alpha + T + 4{}^2n$	2n	$\frac{1}{4} (W_{nn} + W_{pn})$	1,00	0,971
27	C	6	9	$\alpha + {}^3He + 2p$	3He	$W_{He3} + 2W_{pn} + 2W_{pp}$	14,32	14,25
28		6	10	$2\alpha + 2p$	α	$W_\alpha + 2W_{pp}$	22,53	21,286
29		6	11	$2\alpha + {}^3He$	3He	$W_{He3} + 2W_{pn}$	12,16	13,092
30		6	12	3α	α	$W_\alpha + W_r$	20,17	18,720
31		6	13	$3\alpha + n$	n	$2 W_{pn}$	4,45	4,937
32		6	14	$3\alpha + {}^2n$	2n	$2(W_{nn} + W_{pn})$	8,07	8,176
33		6	15	$3\alpha + {}^2n + n$	n	W_{nn}	1,809	1,218
34		6	16	$3\alpha + 2{}^2n$	2n	$W_{nn} + W_{pn}$	4,03	3,956
35		6	17	$3\alpha + 2{}^2n + n$	n	$\frac{1}{2} W_{nn}$	0,9	0,995
36		6	18	$3\alpha + 3{}^2n$	2n	$W_{nn} + W_{pn}$	4,03	4,19
37		6	19	$3\alpha + 3{}^2n + n$	n	$\frac{1}{3} W_{nn}$	0,6	0,24
38		6	20	$3\alpha + 4{}^2n$	2n	$W_{nn} + \frac{3}{4} W_{pn}$	3,47	3,27
39		6	22	$3\alpha + 5{}^2n$	2n	W_{nn}	1,809	1,47
40	N	7	11	$2\alpha + 3p$	α	$W_\alpha + 3W_{pp}$	23,59	22,47
41		7	12	$2\alpha + {}^3He + p$	3He	$W_{He3} + 2W_{pn} + W_{pp}$	13,35	9,9

42		7	13	$3\alpha + p$	α	$W_{\alpha} + W_{pp}$	21,35	20,326
43		7	14	$3\alpha + D$	D	$W_D + 2(W_{pn} + W_{nn})$	10,3	10,553
44		7	15	$3\alpha + D + p$	D	$W_D + 2(W_{pn} + W_{nn})$	10,29	10,834
45		7	16	$3\alpha + T + n$	n	W_{pn}	2,224	2,500
46		7	17	$3\alpha + T + {}^2n$	2n	$2W_{nn} + W_{pn}$	5,84	5,884
47		7	18	$3\alpha + T + {}^2n + n$	n	W_{pn}	2,224	2,821
48		7	19	$3\alpha + T + 2{}^2n$	2n	$2W_{nn} + W_{pn}$	5,84	5,33
49		7	20	$3\alpha + T + 2{}^2n + n$	n	W_{pn}	2,224	2,161
50		7	21	$3\alpha + T + 3{}^2n$	2n	$W_{nn} + W_{pn}$	4,03	4,61
51		7	22	$3\alpha + T + 3{}^2n + n$	n	W_{nn}	1,809	1,2
52		7	23	$3\alpha + T + 4{}^2n$	2n	$2W_{nn}$	3,62	2,5
53	O	8	13	$2\alpha + {}^3He + 2p$	3He	$W_{He3} + 2(W_{pn} + W_{pp})$	15,78	17,0
54		8	14	$3\alpha + 2p$	α	$W_{\alpha} + 2W_{pp}$	22,53	23,18
55		8	15	$3\alpha + {}^3He$	3He	$W_{He3} + 2W_{pn}$	12,20	13,22
56		8	16	4α	α	$W_{\alpha} + W_r$	>20,05	15,669
57		8	17	$4\alpha + n$	n	$2W_{pn}$	4,45	4,142
58		8	18	$4\alpha + {}^2n$	2n	$3W_{nn} + W_{pn}$	7,65	8,048
59		8	19	$4\alpha + {}^2n + n$	n	$W_{nn} + W_{pn}$	4,03	3,956
60		8	20	$4\alpha + 2{}^2n$	2n	$2(W_{nn} + W_{pn})$	8,07	7,608
61		8	21	$4\alpha + 2{}^2n + n$	n	$2W_{nn}$	3,62	3,81
62		8	22	$4\alpha + 3{}^2n$	2n	$2(W_{nn} + W_{pn})$	8,07	6,85
63		8	23	$4\alpha + 3{}^2n + n$	n	W_{nn}	1,809	2,75
64		8	24	$4\alpha + 4{}^2n$	2n	$W_{nn} + W_{pn}$	4,03	3,67
65	F	9	15	$3\alpha + 3p$	α	$W_{\alpha} + 3W_{pp}$	23,71	24,9
66		9	16	$3\alpha + {}^3He + p$	3He	$W_{He3} + 2W_{pn} + W_{pp}$	13,34	14,2
67		9	17	$4\alpha + p$	α	$W_{\alpha} + W_{pp}$	21,35	16,80
68		9	18	$4\alpha + D$	D	$W_{pn} + 2(W_{nn} + W_{pn})$	10,3	9,141
69		9	19	$4\alpha + T$	T	$W_T + 2W_{pn}$	10,7	10,442
70		9	20	$4\alpha + T + n$	2n	W_T	6,257	6,599
71		9	21	$4\alpha + T + {}^2n$	2n	$3W_{pn} + W_{nn}$	8,48	8,102
72		9	22	$4\alpha + T + {}^2n + n$	2n	W_{pn}	2,224	5,234
73		9	23	$4\alpha + T + 2{}^2n$	2n	$W_{nn} + W_{mp}$	4,03	7,531
74	Ne	10	17	$3\alpha + {}^3He + 2p$	3He	$W_{He3} + 2W_{pe} + 2W_{pp}$	14,59	15,57
75		10	18	$4\alpha + 2p$	α	$W_{\alpha} + W_r$	20,05	19,25
76		10	19	$4\alpha + {}^3He$	3He	$W_{He3} + 2W_{pn}$	12,2	11,63
77		10	20	5α	α	W_{α}	20,05	16,86
78		10	21	$5\alpha + n$	n	$2W_{pn}$	4,45	6,76
79		10	22	$5\alpha + {}^2n$	2n	$2(W_{pn} + W_{nn})$	8,07	10,36
80		10	23	$5\alpha + {}^2n + n$	n	$W_{pn} + W_{nn}$	4,03	5,20
81		10	24	$5\alpha + 2{}^2n$	2n	$2(W_{pn} + W_{nn})$	8,07	8,86
82		10	25	$5\alpha + 2{}^2n + n$	n	$2W_{pn}$	4,48	4,18
83		10	26	$5\alpha + 3{}^2n$	2n	$2W_{pn} + W_{nn}$	6,26	5,581
84		10	27	$5\alpha + 3{}^2n + n$	n	W_{nn}	1,809	1,41
85		10	28	$5\alpha + 4{}^2n$	2n	$2W_{nn}$	3,62	3,86
86		10	29	$5\alpha + 4{}^2n + n$	n	W_{nn}	1,809	1,37
87		10	30	$5\alpha + 5{}^2n$	2n	$2W_{nn}$	3,62	3,87
88		10	32	$5\alpha + 6{}^2n$	2n	W_{nn}	1,809	1,67
89	Na	11	19	$4\alpha + 3p$	α	W_{α}	20,05	20,44

90		11	20	$4\alpha + {}^3\text{He} + p$	${}^3\text{He}$	$W_{\text{He3}} + 2W_{\text{pn}} + W_{\text{pp}}$	14,45	14,16
91		11	21	$5\alpha + p$	α	W_{α}	20,05	17,10
92		11	22	$5\alpha + D$	D	$W_D + 2(W_{\text{nn}} + W_{\text{pn}})$	10,03	11,07
93		11	23	$5\alpha + D + p$	D	$W_D + 2(W_{\text{nn}} + W_{\text{pn}}) + W_{\text{pn}}$	12,25	12,42
94		11	24	$5\alpha + T + n$	T	$2(W_{\text{pn}} + W_{\text{nn}})$	8,07	6,69
95		11	25	$5\alpha + T + {}^2\text{n}$	${}^2\text{n}$	$2(W_{\text{pn}} + W_{\text{nn}}) + W_{\text{nn}}$	9,87	10,49
96		11	26	$5\alpha + T + {}^2\text{n} + n$	n	$2W_{\text{pn}} + W_{\text{nn}}$	6,257	5,61
97		11	27	$5\alpha + T + 2{}^2\text{n}$	${}^2\text{n}$	$2(W_{\text{pn}} + W_{\text{nn}})$	8,07	6,75
98		11	28	$5\alpha + T + 2{}^2\text{n} + n$	n	$W_{\text{pn}} + W_{\text{nn}}$	4,03	3,52
99		11	29	$5\alpha + T + 3{}^2\text{n}$	${}^2\text{n}$	$2 W_{\text{nn}}$	4,03	4,42
100		11	30	$5\alpha + T + 3{}^2\text{n} + n$	n	$2/3 (W_{\text{pn}} + W_{\text{nn}})$	2,68	2,17
101		11	31	$5\alpha + T + 4{}^2\text{n}$	${}^2\text{n}$	$2W_{\text{nn}}$	3,62	3,96
102		11	32	$5\alpha + T + 4{}^2\text{n} + n$	n	W_{pn}	2,224	2,47
103		11	33	$5\alpha + T + 5{}^2\text{n}$	${}^2\text{n}$	W_{nn}	1,809	0,37
104	Mg	12	21	$4\alpha + {}^3\text{He} + 2p$	${}^3\text{He}$	$W_{\text{He3}} + 2W_{\text{pn}} + 2W_{\text{pp}}$	14,53	14,73
105		12	22	$5\alpha + 2p$	α	W_{α}	20,05	19,38
106		12	23	$5\alpha + {}^3\text{He}$	${}^3\text{He}$	$W_{\text{He3}} + 2W_{\text{pn}}$	12,16	13,15
107		12	24	6α	α	W_{α}	20,05	16,53
108		12	25	$6\alpha + n$	n	$2(W_{\text{pn}} + W_{\text{nn}})$	8,07	7,33
109		12	26	$6\alpha + {}^2\text{n}$	${}^2\text{n}$	$2(W_{\text{pn}} + W_{\text{nn}}) + W_{\text{nn}}$	9,88	11,09
110		12	27	$6\alpha + {}^2\text{n} + n$	n	$2 (W_{\text{pn}} + W_{\text{nn}})$	8,07	6,443
111		12	28	$6\alpha + 2{}^2\text{n}$	${}^2\text{n}$	$2(W_{\text{pn}} + W_{\text{nn}}) + W_{\text{nn}}$	9,88	8,503
112		12	29	$6\alpha + 2{}^2\text{n} + n$	n	$2W_{\text{nn}}$	3,62	3,71
113		12	30	$6\alpha + 3{}^2\text{n}$	${}^2\text{n}$	$2W_{\text{pn}} + W_{\text{nn}}$	6,25	6,29
114		12	31	$6\alpha + 3{}^2\text{n} + n$	n	W_{nn}	1,809	2,41
115		12	32	$6\alpha + 4{}^2\text{n}$	${}^2\text{n}$	$1,5 W_{\text{pn}} + W_{\text{nn}}$	5,14	5,64
116		12	33	$6\alpha + 4{}^2\text{n} + n$	n	W_{nn}	1,809	2,08
117		12	34	$6\alpha + 5{}^2\text{n}$	${}^2\text{n}$	$W_{\text{nn}} + W_{\text{nn}}$	4,03	4,77
118		12	35	$6\alpha + 5{}^2\text{n} + n$	n	W_{nn}	1,809	2,7
119		12	36	$6\alpha + 6{}^2\text{n}$	${}^2\text{n}$	$W_{\text{pn}} + W_{\text{nn}}$	4,03	3,47

*Опытное значение.

В опытных данных наблюдаются эффекты, нуждающиеся в качественной и количественной интерпретации, в частности:

- понижение значения W_n непарного нейтрона с увеличением в изотопе числа нейтронных пар (10-12, 15-17, 21-23, 31-33-35-37, 47-49-51, 57-59-61-63, 70-72, 80-82-84-86, 96-98-100, 110-112-114-116);

- рост значения W_n с увеличением числа протонов вне альфа-частиц или пары $\alpha + {}^3\text{He}$ (14-18-28-40, 30-42-54-65, 56-67-75-89, 77-91-105) (13-27, 41-53, 55-66-74, 76-90-104), 110-112-114-116);

- рост значения W_n с увеличением числа протонов вне альфа-частиц или пары $\alpha + {}^3\text{He}$ (14-18-28-40, 30-42-54-65, 56-67-75-89, 77-91-105) (13-27, 41-53, 55-66-74, 76-90-104);

- понижение величины W_n с ростом Z в ядрах, имеющих только альфа-частицы (5-14-30-56-77-107).

Кластерные составы, представленные в колонке 5, и разрушаемые связи из колонки 7 следует рассматривать только как гипотетический вариант, показывающий возможность в будущем количественного согласования теории с опытом. Модель ядра допускает её воспроизведение в макромасштабе. Это может быть полезным при уточнении относительных расположений кластеров и нуклонов.

§ 18.4. Предел устойчивости атомных ядер.

Альфа-частичная модель ядра позволяет обосновать наблюдаемую ограниченность сверху номеров стабильных элементов периодической системы. Из опытов известно, что все элементы периодической системы имеют изотопы, неустойчивые относительно различных типов распада или захвата. При распаде ядра из него могут испускаться электрон, протон, нейтрон, альфа – частица. Испускаться может также электрическая или гравитационная волна. Поглощаться может ближний электрон из атомной оболочки. Однако, начиная с элемента 84, при естественных процессах начинает преобладать альфа – распад и деление ядер. Альфа-частичная модель допускает электродинамическую интерпретацию этого факта.

В ядрах всех номеров на альфа-частицу как на главный составной элемент ядра должна действовать кулоновская сила F_z со стороны протонов всех других альфа-частиц и лёгких кластеров. Эта сила направлена на разрыв связей альфа-частицы с соседними частицами. При малых Z ядра кулоновская сила взаимного отталкивания не превосходит силы притяжения связей альфа-частиц $F_{\alpha\alpha}$. Однако при некотором критическом значении Z_{cr} силы должны стать равными

$$F_{zcr} = F_{\alpha\alpha} . \quad 18.23$$

В предположении, что альфа-частица связана с соседними кластерами протон - нейтронными связями и что при плотной упаковке частиц ядро больших Z имеет форму сферы, условие (18.23) для альфа-частицы, находящейся на поверхности, может быть записано в виде

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} 2(Z_{cr}-2)e^2 \frac{1}{r_z^2} = N_{pn} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r_{np}^2} , \quad 18.24$$

где r_z - радиус ядра, $N_{\alpha\alpha}$ - число протон-нейтронных связей альфа-частицы с соседними альфа-частицами, $r_{\alpha\alpha}$ – расстояние между протоном одной и нейтроном другой взаимодействующих альфа-частиц.

Оценим реальность достижения равенства (18.24) расчётом эффективно-го объёма V_α , занимаемого альфа - частицей. В конфигурации, представленной на Рис. 18.2, объём альфа - частицы при радиусах протона и нейтрона

$$r_p = 8,6 \cdot 10^{-15} \text{ м}, \quad r_n = 1,84 \cdot 10^{-15} \text{ м} \quad 18.25$$

и коэффициенте упаковки сфер $k_{pn} = 0,5$ равен

$$V_\alpha = \frac{1}{k_{pn}} (2V_p + 2V_n) = 1,2 \cdot 10^{-43} \text{ м}^3. \quad 18.26$$

где V_p, V_n – объёмы протона и нейтрона соответственно.

Из (18.24) объём ядра

$$V_z = \frac{4}{3} \pi r_z^3 = \frac{4}{3} \pi \left(2 \frac{Z_{cr} - 2}{N_{\alpha\alpha}} \right)^{3/2} r_{\alpha\alpha}^3, \quad 18.27$$

а объём, приходящийся на одну альфа-частицу,

$$V_\alpha = 2 \frac{V_z}{Z} = \frac{8}{3} \pi \frac{1}{Z} \left(2 \frac{Z_{cr} - 2}{N_{\alpha\alpha}} \right)^{3/2} r_{\alpha\alpha}^3. \quad 18.28$$

При возможных дистанциях между взаимодействующими нуклонами и числе связей на одну альфа-частицу на поверхности

$$r_{\alpha\alpha} = 2r_p = 1,84 \cdot 10^{-16} \text{ м} \quad \text{и} \quad N_{\alpha\alpha} = 4 \quad 18.29$$

объём V_α ядра 84 равен

$$V_\alpha = 1,6 \cdot 10^{-43} \text{ м}^3. \quad 18.30$$

Из сравнимости величин (18.30) и (18.26) следует, что описанное электростатическое взаимодействие альфа-частицы с другими частицами ядра может отвечать действительности, и что силами взаимного отталкивания альфа-частиц можно объяснить ограниченность сверху числа стабильных элементов периодической системы Менделеева. Из данной оценки следует также, что альфа-частицы в ядре расположены плотно, например, как в варианте е на Рис.18.3. Различие расчётных объёмов может быть следствием несферичности реальных ядер.

§ 18.5. Эффект Мёссбауэра.

Выражаемость постоянной Планка через константы электродинамики (16.27) делает недействительной квантовомеханическую интерпретацию резонансного поглощения и излучения электромагнитных волн атомами без отдачи, известного как эффект Мёссбауэра. Возникает необходимость в электродинамической интерпретации эффекта.

При объяснении эффекта квантовая теория исходит из предположения, что частица при взаимодействии с фотоном испытывает отдачу. В её логике, после взаимодействия фотон должен обладать меньшей энергией и, сле-

довательно, частотой. Такое понижение частот при взаимодействии волн с электронами внешних оболочек подтверждается опытно и известно как эффект Комптона. Это следствие не позволяет рассматривать электроны электронной оболочки как источники частот Мёссбауэра, поскольку эти электроны не представляются жёстко связанными по всем степеням свободы.

Совпадение мёссбауэровских частот поглощения и излучения означает массивность или чрезвычайно жёсткую связанность переизлучающей частицы с другими частицами значительно большей массы. В квантовой логике такой большой массой может быть только ядро.

При решении задачи переизлучения фотона частицами ядра квантовая теория оперирует энергиями. Частота излучённого фотона описывается равенством

$$h\nu_{\text{out}} = h\nu_{\text{in}} - W_r \quad 18.31$$

где ν_{in} , ν_{out} частоты падающего и излучённого фотонов, W_r – энергия отдачи ядра.

В реальной электродинамике частоты излучённых волн определяются собственными частотами колебаний частиц относительно положения равновесия. Колебаться могут нуклоны и кластеры ядра, а также все электроны атомной оболочки. Монохроматичность излучения, ширина линии и значение собственной частоты излучения отражают степень закрепощённости частицы в движениях относительно положения равновесия и величину возвращающей силы. Толщина линии обратно пропорциональна возвращающей силе и, следовательно, излучаемой собственной частоте. Частоты излучения и связанность со всем атомом должны возрасти с уменьшением радиуса устойчивого равновесия электрона. Одновременное действие отталкивающей и притягивающей сил, действующих на внутренние электроны со стороны ядра, а также воздействие на них внешних электронных слоёв позволяют ожидать бóльшую закрепощённость электронов внутренних слоёв по сравнению с внешними. В такой модели атома электроны внутренних слоёв способны быть источниками высокомонохроматичного излучения.

Определение принадлежности источника мёссбауэровского излучения к ядру или к электронной оболочке оказывается возможным на основе данных о повторяемости частот в атомах разных Z . Согласно альфачастичной модели, в ядре могут колебаться: протон, нейтрон, а также кластеры 2n , D , T , ${}^3\text{He}$, ${}^4\text{He}$. Им могут соответствовать семь собственных частот. Наличие повторяющейся частоты излучения в атомах разных Z может означать присутствие в их ядрах одинаково связанного нуклона или кластера.

Повторяемость частот излучений в атомах разных Z является признаком принадлежности колеблющейся частицы или кластера к ядру.

И наоборот, различие мёссбауэровских частот в разных атомах должно рассматриваться как свидетельство принадлежности излучателя к атомной оболочке, в которой собственные частоты колебаний электронов всегда различны (Табл. 17.5).

Обратимся к фактам. В спектрах излучения многих атомов периодической системы наблюдается по крайней мере одна многократно повторяющаяся частота. Она соответствует квантовомеханическим представлениям об энергии фотона

$$W_e = h\nu = 511 \text{ кэВ.} \quad 18.32$$

Излучение с этой частотой интерпретируется либо как захват ядром ближнего к нему электрона, либо как аннигиляция электрона с позитроном, испускаемым ядром.

В реальной электродинамике энергия электромагнитной волны определяется не только частотой, но и амплитудой (13.5), поэтому квантовомеханическое выражение связи энергии с частотой (18.15) неприемлемо. Для определения источника излучения необходимо оперировать измеренными частотами. Частота, соответствующая энергии 511 кэВ, равна

$$\nu_{511} = \frac{W_e}{h} = 1,23 \cdot 10^{20} \text{ с}^{-1}. \quad 18.33$$

Эта частота наблюдается в 153 -х изотопах элементов в интервале значений $Z = 6 - 84$ [74]. Излучающие изотопы представлены в Табл.18.2.

В таблице: атомный номер Z элемента (колонка 1), атомные веса A всех его изотопов (колонка 2) и атомные веса $A(\nu_{511})$ изотопов, в которых наблюдается излучение с частотой ν_{511} (колонка 3).

Из представленных данных видно, что

- в лёгких ядрах с $Z \leq 8$ предполагаемый захват электрона наблюдается в изотопах, в которых число нейтронов в ядре меньше числа протонов;
- в ядрах с $8 < Z \leq 26$ число нейтронов в ядрах сравнивается с числом протонов;
- при $Z > 26$ число нейтронов начинает превышать число протонов, и превышение увеличивается с ростом Z .

Излучение с частотой ν_{511} в лёгких ядрах хорошо согласуется с представлением о том, что оно возникает при захвате ядром ближнего электрона из атомной оболочки. Захваченный электрон используется ядром для образования недостающего нейтрона, необходимого для строительства новой альфа-частицы. Дефицит нейтронов в ядрах номеров $Z \leq 10$, излучающих на частоте ν_{511} , даёт основание для предположения о сохранении той же причины захвата электрона и в более тяжёлых ядрах, т.е. что в тяжёлых ядрах, излучающих эту частоту, также имеется дефицит нейтронов

$$\frac{A-Z}{Z} < 1.$$

18.34

Таблица 18.2.

Z	A	A(v ₅₁₁)	Z	A	A(v ₅₁₁)	Z	A	A(v ₅₁₁)
1	2	3	1	2	3	1	2	3
6	9-16	10	29	58-68	59,60	52	107-134	115,117
7	12-18	12,13	30	60-72	61-63,65	53	117-139	117-122, 124
8	13-20	14,15	31	63-76	64,65,68	54	118-144	118,121
9	17,22	17,18	32	65-78	65-68	55	123-142	125-128
10	17-24	18,19	33	69-81	69-71,74	56	125-143	-
11	20-26	22	34	70-85	71,73	57	126-143	126,128,130,132
12	20-28	23	35	74-89	74-76,78	58	129-148	133
13	24-30	24,25,26	36	74-94	74,79	59	134-149	135-140
14	25-32	26,27	37	79-94	79,80,82	60	137-151	137,139,140
15	28-34	28,29,30	38	80-95	83	61	141-154	142
16	29-38	30,31	39	82-96	85,86	62	140-156	142,143
17	32-40	32-34,36	40	84-98	87,89	63	142-160	143,144,146,148,150
18	33-42	35	41	88-100	89	64	145-162	145
19	32-47	37,38	42	88-105	88,89,91	65	147-164	148,150
20	37-50	39	43	92-107	92,93,94	66	149-167	150
21	40-50	40,42	44	94-108	95	67	151-170	154-157,162
22	41-51	-	45	97-110	99,100	68	152-172	157,158
23	46-54	46,48	46	99-115	-	69	153-176	-
24	48-56	-	47	103-117	103,104,106	70	154-177	-
25	50-58	52	48	103-119	103,105,107	71	155-180	167
26	52-61	52,53	49	106-124	106,108,110,112	72	157-183	-
27	54-63	55,56	50	108-132	111	73	172-183	172,174
28	56-67	57	51	112-135	112,113,115-118, 120	81	191-210	191
						84	192-218	206

Оценим источники излучений мёссбауэровских частот, используя классическую формулу для частот колебаний (16.17). При колебаниях относительно эффективной точки равновесия в нейтроне электрон должен был бы излучать на частоте

$$\nu_e = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2e^2}{4\pi\epsilon_0 r_n^3 m_e}}, \quad 18.35$$

где r_n - радиус нейтрона.

При радиусе равновесия электрона в нейтроне (16.39)

$$r_n = 1,84 \cdot 10^{-15} \text{ м}$$

собственная частота колебаний электрона должна была бы быть

$$\nu_{en} = 4,54 \cdot 10^{22} \text{ с}^{-1}, \quad 18.36$$

т.е. в 370 раз больше, чем ν_{511} (18.33). Из этого можно заключить, что

частота ν_{511} не может излучаться колеблющейся электронной оболочкой нейтрона.

Роль электрона при возникновении излучения на частоте ν_{511} может заключаться в возбуждении колебаний ядерного кластера после захвата электрона. В Табл.18.3 приведены расчёты собственных частот колебаний ν_c четырёх ядерных кластеров: **D**, **T**, ^3He , ^4He и отдельного протона ядра при взаимодействии с альфа-частицей ядра в предположении возможности применения для них выражения частот колебаний (18.35)

$$\nu_c = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2Z_1Z_2e^2}{4\pi\epsilon_0 r^3 m}}, \quad 18.37$$

где r - расстояние между центрами кластеров, Z_1, Z_2 - числа элементарных зарядов в кластерах, m – суммарная инертная масса рассматриваемого кластера.

Таблица 18.3.

Кластер	Z_1, Z_2	m в m_p	r в 10^{-15} м	ν_c в 10^{20} Гц	$\frac{\nu_c - \nu_{511}}{\nu_{511}}$	$\frac{r_{511} - r}{r_{511}}$
1	2	3	4	5	6	7
α -частица	2, 2	4	6,84	1,48	0,20	0,11
^3He	2, 2	3	7,84	1,39	0,13	0,08
T	1, 2	3	6,10	1,43	0,16	0,10
D	1, 2	2	6,10	1,75	0,42	0,21
p	1, 2	1	4,68	3,69	2,00	0,52

В колонках таблицы:

- 1 - кластер, взаимодействующий с альфа-частицей,
- 2 - номера Z взаимодействующих кластеров,
- 3 - инертная масса кластера в массах протона,
- 4 - расчётное расстояние между центрами кластеров,
- 5 - расчётная частота собственных колебаний кластера,
- 6 - относительное отклонение расчётной частоты от ν_{511} ,
- 7 - отклонение расчётного расстояния между центрами кластеров от нужного для совпадения частот.

Расстояние между центрами кластеров принято в предположении их контакта при радиусах протона и нейтрона

$$r_p = 1.10 \cdot 10^{-15} \text{ м}, \quad r_n = 1,84 \cdot 10^{-15} \text{ м}. \quad 18.38$$

Принято также, что в ядрах с дефицитом нейтронов причастность нейтрона или кластера 2n к излучению на частоте ν_{511} маловероятна. Из таблицы видно, что собственные частоты всех кластеров и протона по порядку величины совпадают с частотой (18.33). Для полного совпадения частот

расстояния между кластерами должны быть больше на десятые доли принятой величины. Возможные взаимные положения кластеров при контакте с альфа-частицей представлены на Рис.18.4.

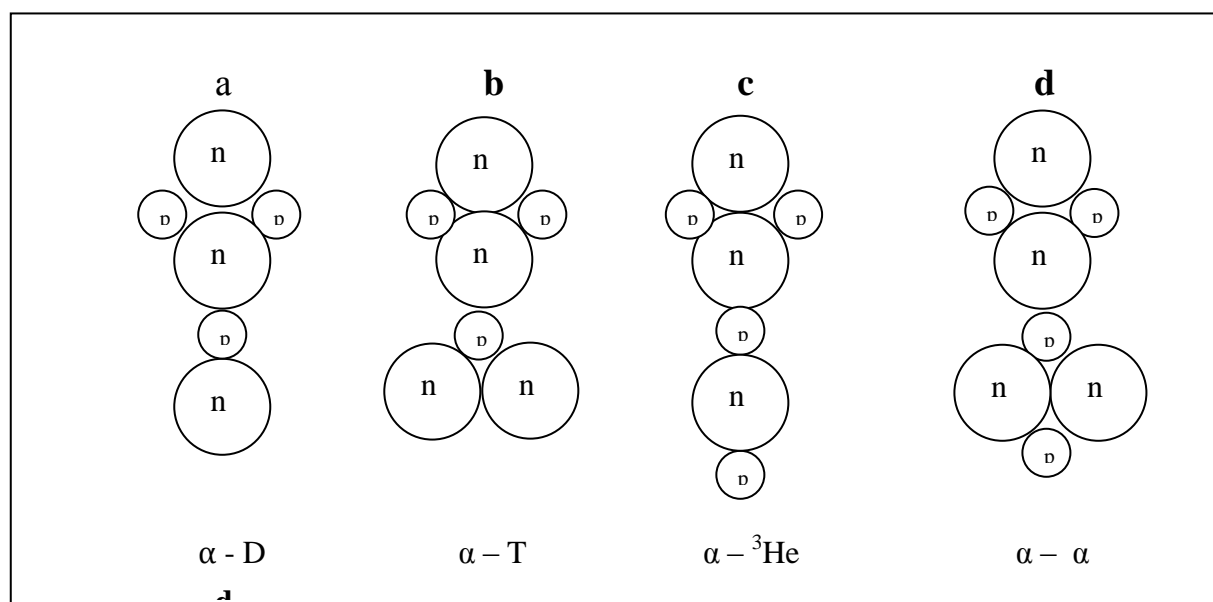


Рис. 18.4. Предполагаемые относительные положения лёгких кластеров при взаимодействии с альфа-частицей: дейтона (a), ядра трития (b), ядра ${}^3\text{He}$ (c) и альфа-частицы (d).

Ядра элементов, в которых наблюдается излучение, содержат разные лёгкие кластеры, а также отдельные нейтроны и протоны, не входящие в альфа-частицы. Единственным кластером, присутствующим во всех излучающих ядрах, является альфа-частица. Это позволяет предположить, что

излучение на частоте ν_{511} возникает при колебаниях ядерной альфа-частицы как целого.

Неполное совпадение расчётной и фактической частот излучения альфа-частицей может быть обусловлено тем, что при расчётах нейтроны приняты сферическими, в то время как на самом деле они могут быть деформированы поляризацией.

Обратимся теперь к частотам излучения, которые в настоящее время относят к эффекту Мёссбауэра, т.е. характеризуются сверхвысокой монохроматичностью и источниками которых считаются атомные ядра.

Данные об излучениях на частотах Мёссбауэра представлены в Табл.18.4. В колонках таблицы приведены:

2 - изотопы, в которых наблюдается излучение [77];

3 - энергии W_M , которые приписываются фотонам излучения Мёссбауэра;

4 - значения частот Мёссбауэра ν_M , восстановленные по формуле (18.33);

5 - частоты ν_{1z} электрона 1, рассчитанные по формуле (16.46);

- 6 - опытные значения частот края поглощения атомных оболочек ν_a [73];
 7 - отклонение частот Мёссбауэра от частот электрона 1 в основных состояниях в единицах ν_{1z} ;
 8 - разность собственной частоты электрона 1 и частоты края поглощения ν_a в единицах собственной частоты .

Таблица 18.4.

№ n/n	Элемент, изо- топ	W_M кэВ	ν_M 10^{18} Гц	ν_{1z} 10^{18} Гц	ν_a 10^{18} Гц	$\frac{\nu_M - \nu_{1z}}{\nu_{1z}}$	$\frac{\nu_{1z} - \nu_a}{\nu_{1z}}$
1	2	3	4	5	6	7	8
	$^{23}_{11}\text{Na}$	-	-	0,40	0,26		0,35
1	$^{40}_{19}\text{K}$	29,4	7,11	1,188	0,87	4,97	0,27
2	$^{57}_{26}\text{Fe}$	14,41 136,4	3,48 33,0	2,22 2,22	1,72	0,57 13,9	0,22
3	$^{61}_{28}\text{Ni}$	67,4	16,29	2,58	2,02	5,31	0,22
4	$^{67}_{30}\text{Zn}$	93,0	22,47	2,96	2,34	6,59	0,21
5	$^{73}_{32}\text{Ge}$	67,0	16,19	3,37	2,69	3,80	0,20
6	$^{83}_{36}\text{Kr}$	9,3	2,24	4,26	3,47	-0,48	0,18
7	$^{99}_{44}\text{Ru}$	90,0	21,75	6,37	5,36	2,41	0,16
8	$^{107}_{47}\text{Ag}$	93	22,48	7,27	6,18	2,09	0,15
9	$^{119}_{50}\text{Sn}$	23,875	5,77	8,22	7,07	-0,30	0,14
10	$^{121}_{51}\text{Sb}$	37,15	8,98	8,56 0,137	7,38	0,05	0,14
11	$^{125}_{52}\text{Te}$	35,48	8,57	8,90	7,70	-0,04	0,13
12	$^{127}_{53}\text{I}$	57,6	13,92	9,24	8,03	0,51	0,13
13	$^{129}_{53}\text{I}$	27,75	6,71	9,24	8,03	-0,28	0,13
14	$^{129}_{54}\text{Xe}$	39,58	9,57	9,59	8,38	0,04	0,13
15	$^{133}_{55}\text{Cs}$	80,99	19,57	9,95	8,71	0,94	0,12
16	$^{141}_{59}\text{Pr}$	145,43	35,15	11,45	10,16	2,07	0,11
17	$^{149}_{62}\text{Sm}$	22	5,32	12,65	11,33	-0,58	0,10
18	$^{151}_{63}\text{Eu}$	21,6	5,22	13,06	11,77	-0,60	0,10
19	$^{153}_{63}\text{Eu}$	97,43 103,18	23,55 24,94	13,06 13,06	11,77	0,80 0,91	0,10
20	$^{155}_{64}\text{Gd}$	60,0	14,50	13,47 0,096	12,18	0,08	0,096
21	$^{155}_{64}\text{Gd}$	86,5	20,90	13,47	12,18	0,55	0,096
22	$^{156}_{64}\text{Gd}$	88,97	21,50	13,47	12,18	0,60	0,096
23	$^{158}_{64}\text{Gd}$	79,51	19,55	13,47	12,18	0,45	0,096
24	$^{159}_{65}\text{Tb}$	58	14,02	13,90	12,62	0,01	0,092
25	$^{160}_{66}\text{Dy}$	86,8	20,98	14,33	13,03	0,46	0,091
26	$^{161}_{66}\text{Dy}$	25,65 74,58	6,20	14,33	13,03	-0,57	0,091
27	$^{166}_{68}\text{Er}$	80,6	18,02	15,21	-	0,18	-
28	$^{169}_{69}\text{Tm}$	8,41	2,03	15,66	14,38	-0,87	0,082

29	$^{170}_{70}\text{Yb}$	84,26	20,36	16,12	14,87	0,26	0,077
30	$^{177}_{72}\text{Hf}$	112,96	27,30	17,05 0,075	15,77	0,60	0,075
31	$^{181}_{73}\text{Ta}$	6,25	1,51	17,53	16,33	-0,91	0,068
32	$^{182}_{74}\text{W}$	100,1	24,19	18,01	16,82	0,34	0,066
33	$^{183}_{74}\text{W}$	46,48 99,08	11,23 23,94	18,01	16,82	-0,38 0,33	0,066
34	$^{184}_{74}\text{W}$	111,2	26,88	18,01	16,82	0,49	0,066
35	$^{186}_{74}\text{W}$	122,5	29,61	18,01	16,82	0,64	0,066
36	$^{187}_{75}\text{Re}$	134,24	32,44	18,51	17,28	0,75	0,066
37	$^{186}_{76}\text{Os}$	137,2	33,16	19,00	17,89	0,74	0,058
38	$^{188}_{76}\text{Os}$	155,03	37,47	19,00	17,89	0,98	0,058
39	$^{191}_{77}\text{Ir}$	129,4	31,27	19,51	18,49	0,60	0,052
40	$^{193}_{77}\text{Ir}$	73	17,64	19,51	18,49	-0,10	0,052
41	$^{105}_{78}\text{Pt}$	98,8 129	23,88 31,18	20,02	19,01	0,19 0,56	0,050
42	$^{197}_{79}\text{Au}$	77,3	18,68	20,53	19,57	-0,09	0,047
43	$^{238}_{92}\text{U}$	44,7	10,80	27,85	28,13	-0,61	-0,010
44	$^{237}_{93}\text{Np}$	59,54	14,39	28,45	28,74	-0,50	-0,010

Из приведённых данных следует, что среднее отклонение частот Мёссбауэра от частоты электрона 1 в единицах этой частоты равно

$$\frac{1}{n} \sum_n \left| \frac{\Delta v_n}{v_n} \right| = 0,47. \quad 18.39$$

В 40 элементах периодической системы частоты Мёссбауэра находятся в пределах одного значения собственной частоты электрона 1 (Рис.18.5.), в то время, как абсолютные значения собственной частоты электрона 1 увеличиваются с ростом Z в 24 раза. Аномально большие отклонения мёссбауэровской частоты от собственной частоты ближнего к ядру электрона (больше, чем в два раза) наблюдаются лишь в восьми элементах: $^{40}_{19}\text{K}$, $^{57}_{26}\text{F}$, $^{61}_{28}\text{Ni}$, $^{67}_{30}\text{Zn}$, $^{73}_{32}\text{Ge}$, $^{99}_{44}\text{Ru}$, $^{107}_{47}\text{Ag}$, $^{141}_{59}\text{Pr}$ (Рис.18.6.). Вероятность случайного совпадения частот мала. Статистика даёт основание заключить, что

излучение на частотах, относимых к эффекту Мёссбауэра, возникает при периодических движениях ближнего к ядру электрона электронной оболочки.

Атом железа имеет две частоты. Одна из них входит в основную группу, а вторая имеет самое большое отклонение относительно расчётной. Абсолютное значение аномальной частоты равно

$$\nu_{\text{Fe}} = 2,89 \cdot 10^{19} \text{ с}^{-1}.$$

18.40

Эта частота в 13 раз больше собственной частоты электрона 1 в атоме железа и в 4,25 раз меньше ν_{511} . Такая частота могла бы создаваться, например, группой кластеров ядра.

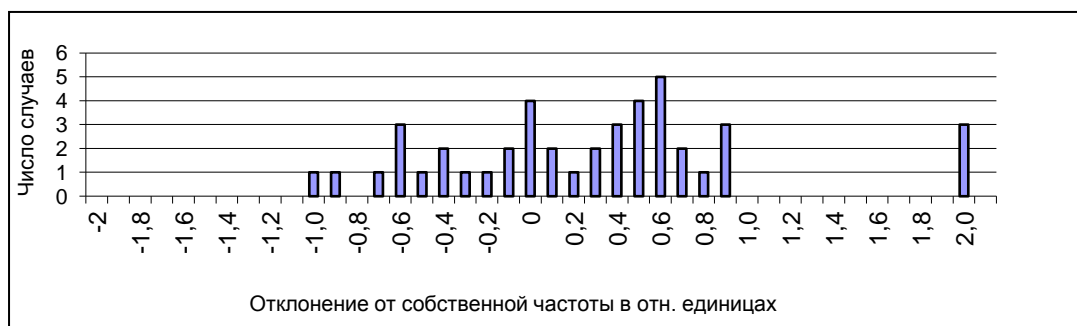


Рис. 18.5. Группировка сорока частот Мёссбауэра вблизи собственных частот электронов водородоподобных ионов.

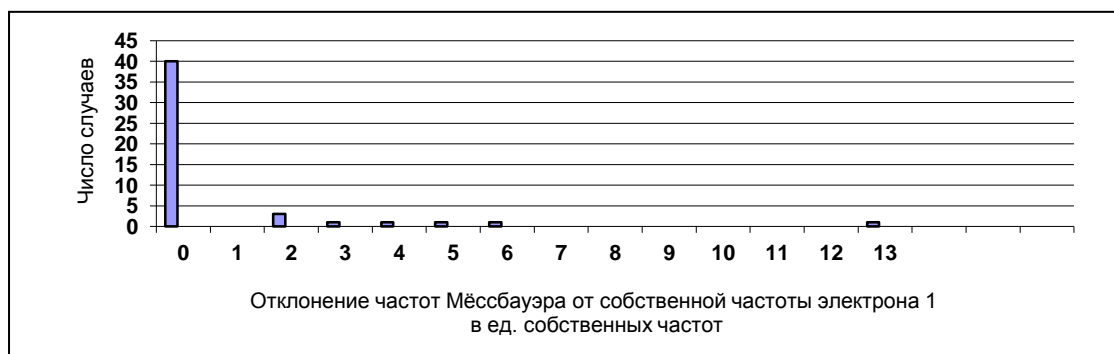


Рис. 18.6. Распределение мёссбауэровских частот всех элементов относительно собственных частот ближнего к ядру электрона.

Вероятность случайного совпадения частот мала. Статистика даёт основание заключить, что

излучение на частотах, относимых к эффекту Мёссбауэра, возникает при периодических движениях ближнего к ядру электрона электронной оболочки.

Атом железа имеет две частоты. Одна из них входит в основную группу, а вторая имеет самое большое отклонение относительно расчётной. Абсолютное значение аномальной частоты равно

$$\nu_{\text{Fe}} = 2,89 \cdot 10^{19} \text{ с}^{-1}.$$

18.40

Эта частота в 13 раз больше собственной частоты электрона 1 в атоме железа и в 4,25 раз меньше ν_{511} . Такая частота могла бы создаваться, например, группой кластеров ядра.

§ 18.6. О соотношении чисел протонов и нейтронов в ядрах.

В альфачастичной модели число протонов в ядре должно быть примерно равно числу нейтронов. В её логике различие чисел нуклонов в ядрах может создаваться лишь одним лёгким кластером и/или несколькими нейтронами, не входящими в альфа-частицы. О приблизительном равенстве числа протонов и нейтронов в ядре свидетельствует факт захвата электрона 1 ядром только при превышении в нём числа протонов относительно числа нейтронов в лёгких ядрах.

Оценим, в какой степени представление о равенстве чисел нуклонов в ядре можно согласовать с фактом заметного снижения отношения заряда ядра к его массе с ростом номера элемента.

В условиях непрозрачности протона для поля электрона рост числа нуклонов в ядре с ростом Z и близкое взаимное расположение нуклонов должны приводить к взаимному экранированию протонов по параметру s и к уменьшению суммарной площади поверхности, на которую воздействует внешнее электрическое поле – поле электронов (Рис.18.7).

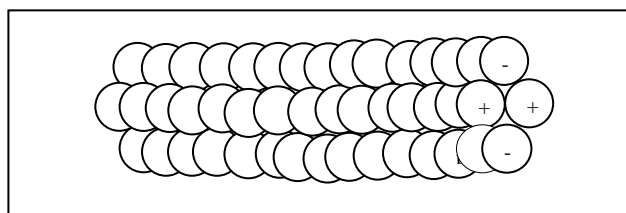


Рис.18.7. Эффективная площадь поверхности ядра s_z , на которую действует внешнее электростатическое поле, меньше суммы площадей поверхностей нуклонов.

Снижение площади взаимодействия ядра s_z с внешним электрическим полем эквивалентно уменьшению суммарного заряда Q_z ядра с ростом Z по сравнению с суммой зарядов Ze_p далеко разнесённых протонов:

$$Q_z < Ze_p. \quad 18.41$$

В отличие от этого инертные массы ядер, определяющиеся потоками полей протонов (включая протоны, входящие в нейтроны), т.е. параметром f ядра, практически не изменяются, т.к. ослабление полей протонов нуклонами и электронами происходит с коэффициентом ослабления гравитационного поля протона (3.20). В итоге отношение заряда к инертной массе ядра с равным количеством протонов и нейтронов при взаимодействии с внеш-

ними электрическим или магнитным полями должно уменьшаться с ростом Z , что наблюдается в реальности.

Понижение отношения заряда по параметру s к инертной массе в ядрах с ростом Z до настоящего времени интерпретируется как результат преимущественного роста в ядрах числа нейтронов. В классической электродинамике такая интерпретация естественно вытекает из постулата об абсолютной прозрачности материи для поля. Следствием постулата является принцип суперпозиции зарядов (иногда его называют даже законом), т.е. принцип независимости суммарного заряда кластера от взаимного расположения составляющих его частиц. Для ядра он записывается в виде

$$Q_z = Ze_p. \quad 18.42$$

При таком постулате отношение заряда к массе ядра номера Z равно

$$\frac{Q_z}{m_z} = \frac{Ze_p}{(2Z + N_{n+})m_p}, \quad 18.43$$

где m_z , m_p - инертные массы ядра, протона и нейтрона, N_{n+} - превышение числа нейтронов в ядре относительно числа протонов.

При взаимном экранировании протонов в ядре по параметру s для внешнего поля и приблизительном равенстве числа протонов и нейтронов отношение заряда к инертной массе должно быть записано в виде

$$\boxed{\frac{Q_z}{m_z} \approx \frac{Q_z}{2Zm_p}}, \quad 18.44$$

$$\text{где} \quad Q_z < Ze_p \quad \text{и} \quad Z \cong \frac{1}{2}A, \quad 18.45$$

Q_z – реализующийся заряд по параметру s при взаимодействии ядра с внешним электрическим полем,

Z – число протонов или нейтронов в ядре, A – атомный вес ядра.

В произвольном ядре число избыточных нейтронов N_n из (18.43) соответствует значению Q_z из (18.44), при котором выполняется равенство

$$\frac{Ze_p}{(2Z + N_n)m_p} = \frac{Q_z}{2Zm_p}, \quad 18.46$$

откуда

$$\frac{Q_z}{m_z} = \frac{1}{2} \frac{Q_z}{Zm_p} = \frac{1}{2} \frac{e_p}{m_p} \left(1 + \frac{1}{2} \frac{N_n}{Z}\right)^{-1} = \frac{1}{2} \frac{e_p}{m_p} K_z, \quad 18.47$$

где K_z – коэффициент, описывающий дефект заряда ядра по параметру s .

Он уменьшает своё значение с ростом Z

$$K_z = \frac{Q_z}{Ze_p} = (1 + \frac{1}{2} \frac{N_n}{Z})^{-1}. \quad 18.48$$

Расчётные значения коэффициента K_z представлены в Табл. 18.5.

Таблица 18.5.

Z	A	N_n	K_z		Z	A	N_n	K_z		Z	A	N_n	K_z
1	1	0	1		36	80-84	8-12	0,878		71	175	33	0,811
2	4	0	1		37	85-87	11-13	0,860		72	176-180	32-36	0,809
3	6,7	0 - 1	0,923		38	86-88	10 -12	0,873		73	180-181	34-35	0,809
4	8,9	0 - 1	0,941		39	89	11	0,876		74	182-184	34-36	0,809
5	10,11	0 – 1	0,952		40	90-92	10-12	0,879		75	185-187	35-37	0,806
6	12,13	0 - 1	0,960		41	93	11	0,882		76	186-199	34-37	0,811
7	14,15	0 - 1	0,965		42	94-97	10-13	0,879		77	191-193	37-39	0,802
8	16-18	0 - 1	0,970		43	97-99	11-13	0,877		78	190-196	34-40	0,808
9	19	1	0,947		44	98-102	10-14	0,880		79	197	38	0,806
10	20-22	0 - 2	0,952		45	103	13	0,874		80	198-202	38-42	0,800
11	23	1	0,956		46	104-108	12-16	0,868		81	203-205	41-43	0,794
12	24-26	0 - 2	0,960		47	107-109	13-15	0,870		82	204-208	40-44	0,796
13	27	1	0,963		48	110-112	14-16	0,865		83	209	43	0,794
14	28-30	0-2	0,965		49	113-115	15-17	0,870		84	210-214	42-46	0,796
15	31	1	0,968		50	114-120	14-20	0,855		85	210-215	40-45	0,800
16	32-34	0-2	0,970		51	121-123	19-21	0,836		86	212-218	40-46	0,800
17	35,37	1-3	0,958		52	122-126	18-22	0,839		87	219-223	45-49	0,785
18	38,40	2-4	0,923		53	127	21	0,835		88	220-224	44-48	0,792
19	39-41	1-3	0,950		54	128-132	20-24	0,831		89	225-227	47-49	0,788
20	42-44	2-4	0,930		55	133	23	0,827		90	226-230	46-50	0,789
21	45	3	0,933		56	134-138	24-28	0,811		91	231	49	0,788
22	46-50	2-6	0,917		57	138-139	24-25	0,823		92	232-236	48-52	0,786
23	50,51	4-5	0,911		58	140-142	24-26	0,822		93	237	49	0,791
24	52-54	4-6	0,906		59	141	23	0,837		94	238-244	50-56	0,780
25	55	5	0,909		60	142-146	22-26	0,833		95	241-243	51-53	0,785
26	56-58	4-6	0,912		61	145-147	23-25	0,836		96	240-246	48-54	0,790
27	59	5	0,915		62	147-150	23-25	0,838		97	247	53	0,785
28	60-64	4-8	0,903		63	151-153	25-27	0,829		98	248-252	50-52	0,793
29	63-65	5-7	0,906		64	154-158	26-30	0,820		99	253-254	55-56	0,781
30	66-68	6-8	0,895		65	159	29	0,818		100	250-258	50-58	0,787
31	69-71	7-9	0,885		66	160-164	28-32	0,815		101	252-258	50-58	0,789
32	70-74	6-10	0,889		67	165	31	0,812		102	260-264	56-60	0,779
33	75	9	0,880		68	166-168	30-32	0,814		103	265	59	0,777
34	76-78	8-10	0,883		69	169	31	0,816					
35	79-81	9-11	0,875		70	170-174	30-34	0,814					

В таблице:

- столбец 2 - наиболее статистически весомые изотопы,
- столбец 3 - принятое число избыточных нейтронов,
- столбец 4 - значение коэффициента K_z .

Из таблицы и графика видно, что значение коэффициента K_z изменяется в пределах 1 - 0,78, а кажущееся абсолютное число избыточных нейтронов в тяжёлых элементах достигает 60.

В модели атомного ядра с равным количеством протонов и нейтронов возможно выполнение одного из следующих двух условий:

- 1) атомный вес элемента соответствует принятым значениям,

$$A_z = Z + (A_z - Z) = N_p + N_n, \quad 18.49$$

- 2) атомный номер элемента Z совпадает с фактическим количеством протонов N_p в ядре.

$$Z = N_p.$$

В первом варианте предположение об отсутствии избыточных нейтронов в ядре автоматически требует признания большего количества в нём протонов. В тяжёлых ядрах числа протонов должны заметно превышать атомные номера элементов:

$$N_p > N_a.$$

Во втором варианте превышение числа нейтронов над числом протонов – эффект кажущийся. Он создаётся за счёт уменьшения суммарной площади поверхностей всех протонов на, которую воздействует внешнее поле, по сравнению с суммой площадей далеко разнесённых протонов.

В этом случае атомные веса элементов предстают завышенными и должны быть приведены в соответствие с требованием равенства чисел протонов и нейтронов в ядрах

$$N_n = N_p = Z.$$

При реализации первого варианта электрическое поле ядра должно быть заметно более интенсивным по сравнению с определяемым на основе классических представлений. Оно должно приводить к повышению собственных частот периодических движений ближних к ядру электронов в основном состоянии, в частности, электрона 1, относительно частот, определяемых по формуле

$$\nu_{1z} = Z^2 R, \quad 18.50$$

где R – частота Ридберга.

Качественно такой эффект наблюдается. Он прослеживается по частотам границ сплошного спектра поглощения, которые по мере роста Z приближаются снизу к расчётным собственным частотам ближнего к ядру электро-

на (18.50), а при $Z > 90$ становятся даже больше них. Значения обеих частот, а также их разность в единицах собственных частот ν_{1z} , приведены в Табл.18.5, начиная с натрия, для которого эта разность составляет

$$\Delta\nu_{\text{Na}} / \nu_{\text{Na}} = 0,35. \quad 18.51$$

Частота края сплошного спектра поглощения принципиально не может быть выше частоты основного состояния электрона 1, поэтому, если полагать, что во всех элементах обе частоты отстоят друг от друга на фиксированную относительную величину, то наблюдаемое приближение частоты края поглощения к расчётному значению ν_{1z} с ростом Z означает повышение реализующейся собственной неизлучающейся частоты электрона 1 относительно (18.50). Для ядер с $Z > 90$ относительное превышение реализующейся собственной частоты электрона 1 относительно (18.50) должно быть больше (18.51).

Из формулы для собственной частоты колебания типа (18.37) эффективное значение Z_r ядра, которое может создавать такое частотное превышение, определяется условием

$$Z_r > \left(\frac{\nu_{1z}}{R} \right)^{1/2} = Z (1+0,35)^{1/2}. \quad 18.52$$

Зависимость (18.52) может быть записана в более общем виде

$$Z_r = \left(\frac{\nu_{1z}}{R} \right)^{1/2} = Z (1+ k_z)^{1/2}, \quad 18.53$$

где k_z –коэффициент, характеризующий каждый изотоп.

Различие между коэффициентами K_z (18.45) и k_z , как видно, состоит в том, что первый описывает изменение параметра s_z ядра, а второй – параметра f_z его поля. Из (18.53) следует выражение для значения коэффициента

$$k_z = \left(\frac{A}{2Z} \right)^2 - 1. \quad 18.54$$

Например, для урана 232 значение k_z , обеспечивающее равенство количества протонов и нейтронов,

$$k_{92} = 0,59. \quad 18.55$$

Наиболее точного равенства числа протонов и нейтронов в ядре можно ожидать в наиболее стабильных изотопах, а отклонения от него в обе стороны - в менее стабильных. Характер кажущегося увеличения избыточных нейтронов в ядре с ростом Z представлен на Рис. 18.8.

§ 18.7. Увеличение заряда ядра при поляризации нейтрона.

При близком расположении протона и нейтрона возникает ещё один эффект, который не может быть описан дефектом параметра s ядра. Эффект состоит в том, что потенциал ионизации дейтерия выше потенциала ионизации обычного водорода. Потенциалы ионизации дейтерия и водорода равны:

$$U_D = 14,9 \text{ В}; \quad U_H = 13,6 \text{ В}. \quad 18.56$$

Относительное превышение потенциала дейтерия составляет

$$\frac{U_D - U_H}{U_H} = 9,6 \cdot 10^{-2} \quad 18.57$$

С точек зрения обеих электродинамик, более высокий потенциал ионизации дейтерия означает, что положительный заряд ядра дейтерия больше.

В классической электродинамике, в которой материя для поля абсолютно прозрачна и выполняется принцип суперпозиции зарядов относительное расположение зарядов не имеет значения. Изменений величины общего заряда и потенциала ядра не происходит.

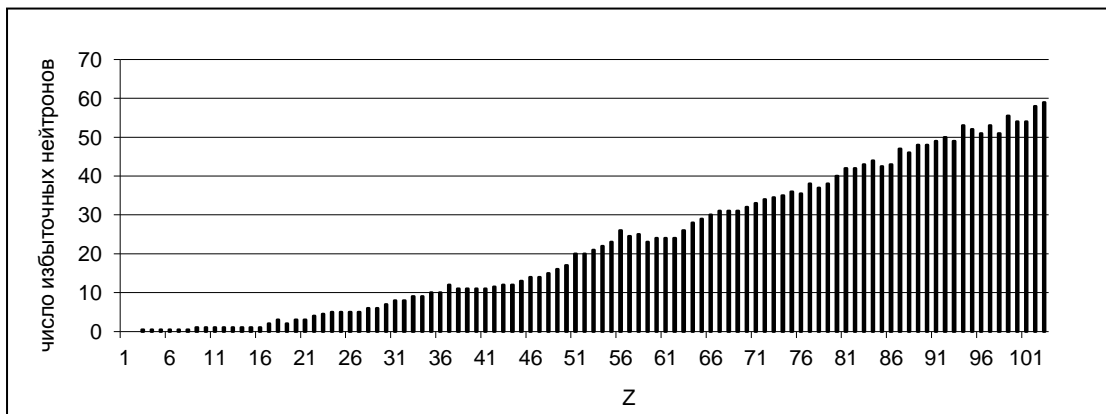


Рис. 18.8. Предполагаемое число избыточных нейтронов в наиболее стабильных изотопах в зависимости от Z элемента.

В реальной электродинамике факт более высокого потенциала ионизации дейтерия означает, что нейтрон в ядре становится слегка положительно заряженным по параметру f . К положительному заряджению нейтрона в ядре дейтерия способны приводить 1) ослабление поля его электрона внешним протоном, 2) поляризация нейтрона в поле внешнего протона и пребывание ядра дейтерия в состоянии, изображённом на Рис.18.1 **б**. Электронное облако нейтрона сдвинуто в сторону внешнего протона и в большей степени локализуется между двумя протонами. При такой деформации нейтрона экранирование электронного поля усилено его собственным протоном. В

итоге суммарный заряд ядра Q_D становится более положительным на некоторую нейтронную добавку Δe_n

$$Q_D = e_p + \Delta e_n . \quad 18.58$$

Потенциал ионизации дейтерия увеличивается до значения

$$U_D = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} e_p \left(1 + \frac{\Delta e_n}{e_p}\right) \frac{1}{r_D} , \quad 18.59$$

где r_D – радиус орбиты электрона атомной оболочки дейтерия.

Предполагая приближение радиуса устойчивого положения электрона атомной оболочки по закону (16.14), потенциал ионизации дейтерия должен быть

$$U_D = \left(1 + \frac{\Delta e_n}{e_p}\right)^2 U_H = Z_D^2 U_H , \quad 18.60$$

где
$$Z_D = \left(1 + \frac{\Delta e_n}{e_p}\right).$$

Из (18.60) добавочный положительный заряд ядра дейтерия

$$\Delta e_n = e_p \left(\frac{U_D}{U_H}\right)^{1/2} - 1 = 4,67 \cdot 10^{-2} e . \quad 18.61$$

Соответственно, дейтерию следует приписать атомный номер

$Z_D = 1,0467 .$

18.62

В ядрах других атомов возникновение добавочных зарядов за счёт ослабления электронных полей нейтронов также должно приводить к повышению потенциалов ионизации. Из-за этого

атомный номер атома должен отличаться от целого числа.

Частота собственных колебаний электрона 1 в элементе Z должна отражать реальный сумарный заряд ядра Z_r в единицах заряда протона по параметру f

$$\nu_z = R Z_r^2 , \quad 18.63$$

§ 18.8. О структуре электронной оболочки.

Ввиду невозможности использования квантовой механики для описания атома возникает необходимость в построении новой теории, в которой могло бы найти объяснение полуэмпирическое выражение для расчёта ионизационных потенциалов (17.25) с учётом механизм взаимодействия зарядов

в параметрах **f,s**. Богатая информация о строении атомных оболочек содержится в характеристиках химических соединений элементов. В частности видно что в периодах 2-5 таблицы Менделеева просматривается стройная математическая закономерность увеличения числа электронов в оболочках (Табл.18.6). Вместе с тем виден и её дефект: рядом с периодом 1, состоящим из двух элементов, не хватает аналогичного второго, как это наблюдается в последующих периодах 2-3 и 4-5. Дефект может быть устранён, если к атомам отнести нейтрон и связанную пару нейтронов.

Таблица 18.6.

Период	Число элементов в периоде	Z элемента начала периода	Z элемента конца периода
1	2	3	4
1	$2 = 1^2 \times 2$	1 (H)	2 (He)
2	$8 = 2^2 \times 2$	2 (Li)	10 (Ne)
3	$8 = 2^2 \times 2$	11 (Na)	18 (Ar)
4	$18 = 3^2 \times 2$	19 (K)	36 (Kr)
5	$18 = 3^2 \times 2$	37 (Rb)	54 (Xe)
6	$32 = 4^2 \times 2$	55 (Cs)	86 (Rn)
7		87 (Fr)	

Для приведения электронной системы к более стройному виду достаточно добавить в таблице нейтронный период, обозначив его номером 0, и закончив последний период 7 номером элемента 118. (Табл.18.7).

Таблица 18.7.

Период	Число элементов в периоде	Z элемента начала периода	Z элемента конца и периода
1	4	2	3
0	$2 = 1^2 \times 2$	0 (n)	0 (² n)
1	$2 = 1^2 \times 2$	1 (H)	2 (He)
2	$8 = 2^2 \times 2$	3 (Li)	10 (Ne)
3	$8 = 2^2 \times 2$	11 (Na)	18 (Ar)
4	$18 = 3^2 \times 2$	19 (K)	36 (Kr)
5	$18 = 3^2 \times 2$	37 (Rb)	54 (Xe)
6	$32 = 4^2 \times 2$	55 (Cs)	86 (Rn)
7	$32 = 4^2 \times 2$	87 (Fr)	118

По повторяющимся числам элементов в периодах 0-1, 2-3, 4-5, 6-7 пары периодов можно рассматривать как два полуцикла заполнения сдвоенной оболочки, причём под первой частью первого цикла следует понимать электронную оболочку нейтрона.

При реально электродинамическом механизме воздействия поля ядра на электронную оболочку число электронов в атоме может не быть равным числу протонов в ядре.

Глава 19.

Стабильность нейтрона.

Показывается, что вне атомного ядра нейтрон возможно стабилен. Наблюдение в потоках нейтронов энергичных электронов со сплошным спектром энергий может объясняться возникновением при распаде тяжёлых элементов неустойчивых протон-электронных пар.

§ 19.1. Характеристики нейтрона.

Большие периоды полураспада многих изотопов элементов периодической системы свидетельствует о том, что находясь в атомном ядре, нейтрон стабилен. В то же время считается, что вне ядра нейтрон распадается. Основанием для этого является наблюдение в нейтронных потоках энергичных электронов. Предполагаемая изменчивость поведения выделяет нейтрон из всех известных элементарных частиц. Необычность свойств нейтрона усиливается тем, что кинетические энергии электронов распада образуют сплошной спектр значений с максимумом частоты событий ближе к малым энергиям.

К характеристикам нейтрона вне ядра можно отнести:

- поток нейтронов практически не чувствителен к внешнему электрическому полю. Это позволяет считать, что электрический заряд частицы по параметру s близок к нулю;
- имеются сообщения о чувствительности нейтрона к гравитационному полю;
- принятая инертная масса нейтрона

$$m_n = 1,674927211 \cdot 10^{-27} \text{ кг} ; \quad 19.1$$

- с учётом принятых инертной массы протона

$$m_p = 1,672621637 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \quad 19.2$$

- и классической инертной массы электрона

$$m_e = 9,109382215 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \quad 19.3$$

соотношение инертных масс трёх частиц может быть записано в виде

$$m_n = m_p + 2,53 m_e ; \quad 19.4$$

- в сильно неоднородном поперечном магнитном поле поток нейтронов разделяется на два (Рис 19.1); [143]
- нейтрону приписывается собственный магнитный момент величиной

$$\mu_n = 1,91304273 \text{ яд. магнетона} = 9,66 \cdot 10^{-27} \text{ Дж/Тл}; \quad 19.5$$

- собственный дипольный электрический момент нейтрона меньше, чем два элементарных заряда, разделённых расстоянием [75]

$$d < 5 \cdot 10^{-23} \text{ м}; \quad 19.6$$

- считается, что нейтрон вне ядра распадается со временем полураспада

$$\tau = 885 \text{ с}; \quad 19.7$$

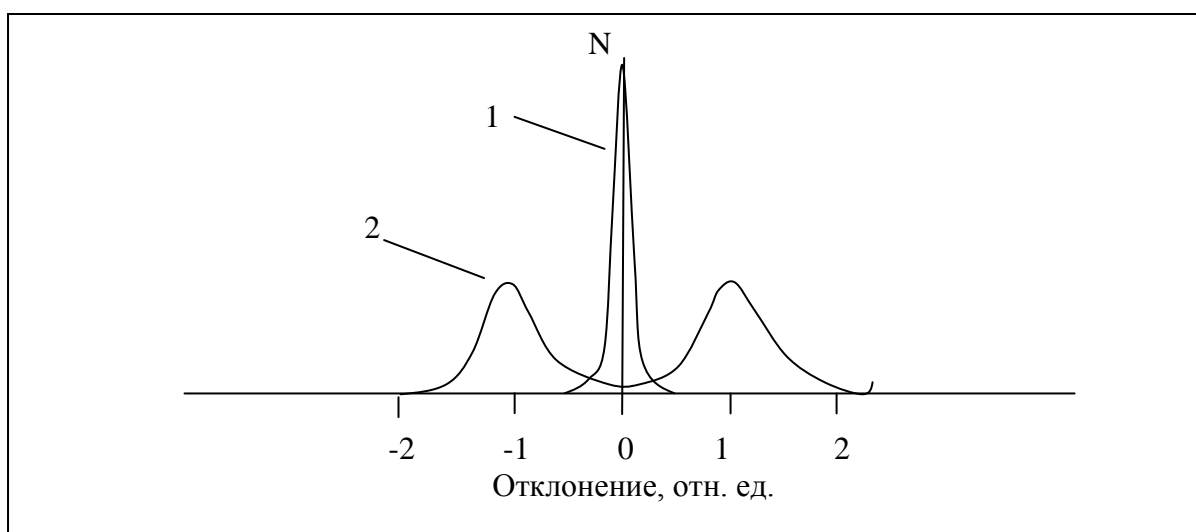


Рис. 19.1. Раздвоение моноэнергичного мононаправленного пучка нейтронов при приложении сильного неоднородного поперечного магнитного поля. 1 - поток без поперечного поля, 2 —поток при приложении поля с градиентом.

- частицами распада считаются электрон, протон и некоторый третий участник, названный антинейтрино, природа и характеристики которого до конца не установлены;

- электроны распада образуют сплошной спектр (Рис.19.2) с максимальным значением

$$W_{ke} = 782,42 \pm 0,05 \text{ кэВ} \quad 19.8$$

и максимальной частотой испускания электронов в районе 200 кВ.

Безуспешность попыток объяснения ускорения электрона до больших энергий при распаде нейтрона на основе классической электродинамики и квантовой механики привела к введению особого типа взаимодействия, названного слабым.

Ввиду выражаемости постоянной Планка через константы электродинамики процесс распада нейтрона нуждается в неклассическом описании. Реальная электродинамика предлагает свой вариант интерпретации процесса и фактов. При этом она поднимает следующие вопросы:

1) Действительно ли вне ядра нейтрон распадается?

- 2) Если распадается, то почему стабилен в ядре?
- 3) Почему энергии электронов распада большие и разные?
- 4) Действительно ли, что в распаде участвует третий объект?
- 5) Что такое антинейтрино, если существует?

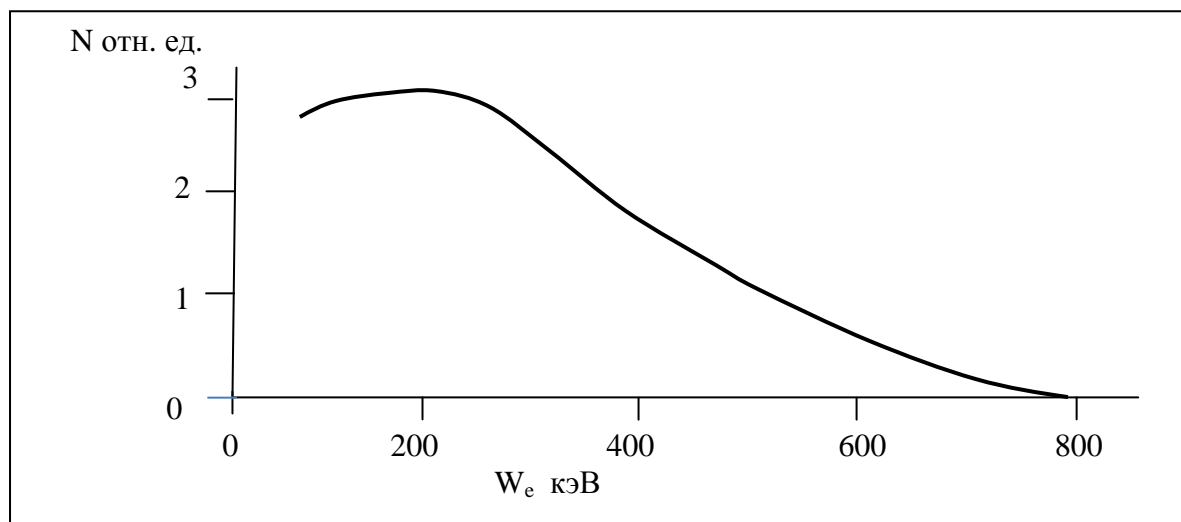


Рис. 19.2. Дифференциальный спектр числа электронов при распаде нейтронов от их энергий в относительных единицах.

§ 19.2. Распад нейтрона в классической электродинамике.

В условиях недействительности требований, налагаемых квантовой механикой на микропроцессы и микрообъекты перестаёт действовать квантовый запрет на модель нейтрона Резерфорда в виде протона с внешней электронной оболочкой [35]. Модель Резерфорда удовлетворительно согласуется с рядом прямо наблюдаемых характеристик нейтрона. В частности она отвечает факту чрезвычайно малого собственного дипольного электрического момента нейтрона. Модель допускает деформацию электронной оболочки и дипольную поляризацию нейтрона во внешних неоднородных полях, в том числе при сближении с протоном, атомным ядром, электроном или другим нейтроном. Способность поляризоваться предполагает увеличение эффективного сечения взаимодействия пролетающего нейтрона с источником поля при уменьшении скорости относительного движения. Такая зависимость наблюдается при движении нейтронов в веществе вне резонансных значений их энергий.[78]

Раздвоение пучка нейтронов в неоднородном поперечном магнитном поле на две одинаковых противоположно отклонённых компоненты означает, что в нейтронной оболочке электрон (или электроны) вращается. В логике реальной электродинамики вращение частиц электронной оболочки имеет тепловое происхождение с максвелловским распределением по линейным скоростям. В неполяризованном потоке нейтронов вектора магнитных мо-

ментов электронов ориентированы равномерно по всем направлениям. Взаимодействие всех магнитных моментов с внешним неоднородным поперечным магнитным полем приводит к отклонениям нейтронов в противоположные поперечные стороны с квазимагвелловской формой отклонённых пучков.

С точки зрения классической электродинамики у электрона нет причины для приобретения большой кинетической энергии при распаде нейтрона. Формально фактическое значение максимальной энергии электрона распада можно получить, используя соотношение для полной энергии частицы

$$W = mc^2, \quad 19.9$$

полагая, что сумма кинетических энергий электрона W_{keo} и протона W_{kpo}

$$W_{ko} = W_{keo} + W_{kpo}$$

при распаде связана с полными энергиями нейтрона W_n , протона W_p и связанного электрона W_e равенствами

$$W_{ko} = W_n - W_p - W_e,$$

$$W_{ko} = (m_n - m_p - m_e) c^2. \quad 19.10$$

Подстановка величин в правой части (19.10) приводит к суммарной максимальной кинетической энергии двух частиц после распада

$$W_{ko} = 783,4 \text{ кэВ}. \quad 19.11$$

В классической электродинамике распад нейтрона с энергичными электронами не описывается. С её точки зрения, ввиду противоположной заряженности электрона и протона энергии распада не могут быть результатом электрического взаимодействия. В то же время при существовании силы отталкивания между протоном и электроном с кулоновской зависимостью от расстояния, максимальная кинетическая энергия протона после распада W_{kpo} была бы равна

$$W_{kpo} \simeq \frac{m_e}{m_p} W_{keo} = 426 \text{ эВ}, \quad 19.12$$

а электрона

$$W_{keo} = W_{ko} - W_{kpo} = 782,97 \text{ кэВ}, \quad 19.13$$

т.е. близка к измеряемой (19.8).

Однако для объяснения сплошного спектра энергий электронов распада постулата об отталкивании протона и электрона на близких расстояниях недостаточно. Возникает необходимость в постулировании существования третьего участника распада волны или частицы. Для сохранения баланса

энергий (19.10) энергия этого участника W_v должна быть величиной переменной, определяемой из условия

$$W_n - W_p - W_e = W_{kp} + W_{ke} + W_v. \quad 19.14$$

Опыты показывают, что в лабораторном масштабе третий участник не проявляется и во взаимодействие с частицами не вступает. Из этого делается вывод, что он обладает чрезвычайно высокой проникающей способностью, которая соответствует почти полной для него прозрачности материи. Картина распада не может считаться квантовой или классической электродинамической. Представление о нейтроне как о комбинации протона и одного электрона не объясняет фактическую разность инертных масс нейтрона и протона (19.4).

19.3. Распад нейтрона в реальной электродинамике.

Реальная электродинамика открывает дополнительные возможности при интерпретации процесса распада. С учётом данных об электро-не, получаемых из расчётов ионизационных потенциалов атомов (Гл.17) она допускает, что

- масса электрона больше классической или даже что нейтрон содержит два электрона;
- на ядерных расстояниях между электроном и протоном действует сила отталкивания кулоновского типа.

Для объяснения причины появления в потоке нейтронов быстрых электронов с размытым спектром энергий можно представить следующую картину деления атомного ядра. При разрушении массивного ядра возникают тяжёлые, средние и лёгкие ядра элементов, альфа-частицы, протоны и нейтроны. Учитывая заряженность ядра, следует ожидать, что наибольшие кинетические энергии будут приобретать положительно заряженные фрагменты, в то время как нейтроны – минимальные. Кинетическую энергию, сравнимую с энергией положительно заряженных фрагментов ядерного распада, нейтрон не может приобрести даже после столкновения с ними, т.к. вблизи ядра все частицы имеют малые кинетические энергии. Измерения показывают, что при делении тяжёлых ядер энергии нейтронов имеют приблизительно максвелловское распределение со средним значением около 2 МэВ. На распад приходится от одного до трёх нейтронов, а содержание низкоэнергичных (тепловых) нейтронов составляет единицы процентов. Это даёт основание для следующего объяснения процесса, происходящего при распаде ядра.

После разрушения тяжёлого ядра на осколках деления немедленно начинают создаваться более лёгкие атомы. Они формируются за счёт захвата заряженными фрагментами электронов из электронной оболочки. Быстрые

нейтроны возникают из протонов распада. При вступлении протонов в связь с электронами возникают связанные протон-электронные квазиустойчивые кластеры ядерных размеров. Из-за абсолютной непрозрачности протона для поля электрона такой квазиустойчивый кластер может содержать один электрон или больше.

Из модели нейтрона в виде протона, окружённого электронным облаком, следует, что в непосредственной близости от протона для электрона (или электронов) имеется по крайней мере один стабильный уровень, при заполнении которого образуется стабильный нейтрон. Помимо этого на больших удалениях от этого уровня существует набор квазистабильных уровней или термов с различными энергиями связи, аналогичных набору неустойчивых термов возбуждённых электронов атомной оболочки. С учётом действия отталкивательной силы между протоном и электроном электрон, покидающий квазистабильный терм ускоряется от протона. При захвате протонами электронов на ядерные квазистабильные термы возникает спектр квазиустойчивых протон-электронных кластеров с различными энергиями связи и с различными временами жизни связанных систем. Потеря равновесия электронами в разных неустойчивых термах приводит к их ускорению от протона до наблюдаемых различных кинетических энергий распада. Совокупность имеющихся опытных данных позволяет предположить, что в искусственно создаваемом нейтронном потоке всегда присутствуют две компоненты:

1. стабильная компонента - нейтроны, сформированные из протона и одного или двух электронов на стабильном уровне;
2. нестабильная компонента – неустойчивые протон-электронные пары или триады, сформировавшиеся из протона и электрона (или электронов), захваченного на один из нестабильных уровней.

Неустойчивые протон-электронные кластеры через некоторое время распадаются. Чем больше радиус квазистабильного терма, тем меньше энергия связи электрона с протоном, выше вероятность распада системы, меньше время жизни кластера и кинетическая энергия электрона распада.

Данное представление подтверждается большей частотой регистрации электронов распада с относительно малыми кинетическими энергиями (Рис.19.1). Максимальное число регистрируемых электронов приходится на энергию 100 -200 кэВ, т.е. на четвертую – восьмую часть от максимальной. Можно ожидать, что квазиустойчивые протонные термы дискретны и число их конечно. В этом случае спектр кинетических энергий электронов должен быть также дискретным. Обнаружение дискретности величин кинетических энергий электронов распада может стать подтверждением реальности существования протонных квазистабильных термов.

В условиях непрозрачности протона для электронного поля один электрон может не обеспечивать условие электрической нейтральности нейтрона для внешнего поля по параметру s со всех направлений. С учетом этого нейтрон может быть представлен в виде протона со сферической обо-

лочкой, сформированной из двух электронов (Рис.19.3.а). Возможные неустойчивые расположения протона и двух электронов изображены на Рис.19.3 b,c,d. С учетом предполагаемых инертных масс двух электронов

$$2 m_e = 2\beta m_e = -(2,48 \pm 0,05).m_e \quad 19.15$$

масса нейтрона (19.4) может быть записана в виде

$$m_n = m_p + 2m_e . \quad 19.16$$

Оценим возможную величину магнитного момента нейтрона на наиболее простых для этого конфигурациях **c** и **d**. Представим, что магнитный момент формируется двумя электронами, синхронно вращающимися на ядерных удалениях в одной плоскости, оставаясь на противоположных сторонах протона. Магнитный момент нейтрона в этом случае

$$\mu_n = I_{ef} S_n = 2 \beta e_{ef} v_e \pi r_n^2 / 2 \pi r_n = \beta e_{ef} v_e r_n = \beta e_{ef} \left(\frac{W_e}{2\beta m_e} \right)^{1/2} r_n . \quad 19.17$$

I_{ef} – ток, создаваемый электронами по параметру **f**, S_n – площадь, описываемая электронами; β – коэффициент (17.19), v_e – линейная скорость вращения, W_n – кинетическая энергия двух вращающихся электронов, e_{ef} – заряд электрона по параметру **f**, r_n – радиус орбиты вращения.

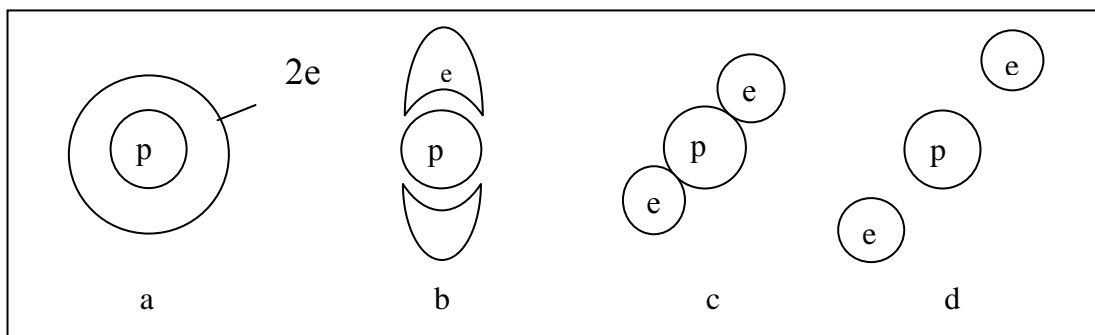


Рис.19.3. Варианты расположения и форм электронов в нейтроне. а – стабильный нейтрон, b, c, d – квазистабильные триады.

Фактическая величина магнитного момента нейтрона (19.5) будет достигаться при значении радиуса предположительно стабильного уровня (16.39)

$$r_n = 1,84 \cdot 10^{-15} \text{ м} \quad 19.18$$

и суммарной орбитальной кинетической энергии двух электронов

$$W_e = 8,32 \cdot 10^{-5} \text{ эВ}$$

что соответствует температуре $T = \frac{2}{3k} W_e = 0,64 \text{ } ^\circ\text{K}$

Для того, чтобы кинетическая энергия распада большинства электронов была в 4 раза меньше максимального значения 782 кэВ (Рис. 19.1), радиус орбиты электрона должен быть во столько же раз больше значения (19.18). При двух электронах в дополнительном участнике распада нет необходимости, однако участие дополнительных участников распада всё же неизбежно, т.к. ускорение частиц должно сопровождаться излучением волн полей электрона и протона. С учётом предполагаемой большой, но принципиально конечной проникающей способности антинейтрино, его можно было бы отождествить с волной, бегущей по силовой линии поля протона, т.е. по линии гравитационного поля, коэффициент ослабления которой по порядку величины близок к измеренной проникающей способности антинейтрино (3.20).

В Гл.1 было заключено об ускорениях частиц под действием только внешнего поля. Этот вывод косвенно подтверждается расчётом длины волны, излучаемой протоном при образовании атома водорода в космосе (22.13). В случае действия этого неклассического следствия протон отдачи при распаде протон – электронной пары на ядерных дистанциях должен получать импульс движения

$$m_p v_p = \frac{m_e}{m_p} m_e v_e. \quad 19.19$$

Максимальная энергия протонов распада должна быть

$$W_p = \left(\frac{m_e}{m_p}\right)^3 W_e. \quad 19.20$$

При максимальной энергии электрона 782 кэВ это составляет

$$W_{p\max} = 1,28 \cdot 10^{-4} \text{ эВ}. \quad 19.21$$

В отличие от этого при равенстве действия и противодействия протона и электрона по собственным полям максимальная энергия протона распада должна быть:

при одном электроне с классической массой

$$W_{p\max} = \frac{m_e}{m_p} W_e = 426 \text{ эВ}, \quad 19.22$$

а с эффективной массой βm_e

$$W_{p\max} = 1,2 \frac{m_e}{m_p} W_e = 510 \text{ эВ}. \quad 19.23$$

При последовательном испускании двух электронов энергия протона отдачи должна варьироваться и может достигать удвоенного значения от (19.19)(19.20). Этот вариант возможно подтверждается сообщением о наблюдении протонов отдачи с энергией до 800 эВ [144].

Представление о стабильности нейтрона вне ядра устраняет необъяснимую переменность времени жизни частицы. Нейтрон предстаёт третьей стабильной частицей ядерного масштаба во вселенной.

Стабильные нейтроны могут сколь угодно долго существовать вне атомных ядер и присутствовать в веществах в связанном состоянии с атомами с энергиями связи значительно меньшими, чем энергии ионизации атомов. Теоретически нейтроны могут организовываться в кластеры микро и макромасштабов.

Нейтроны, находящиеся в веществах вне ядер, можно освобождать с незначительными затратами энергии и использовать для ядерного синтеза с целью получения дешёвой энергии.

Глава 20.

Торможение тела собственным полем.

Показывается, что при конечной скорости распространения электромагнитных волн должна существовать сила торможения, действующая на частицу или тело со стороны собственного центрального поля. Оценивается значение коэффициента торможения макротела. Представление об асимметризации центрального поля при движении частицы позволяет предвидеть ряд эффектов, касающихся механики.

§ 20.1. Деформация поля при движении тела с постоянной скоростью.

При равномерном абсолютном движении тела силовые линии центрального поля остаются прямыми, но меняют угол наклона относительно вектора скорости. Распределение силовых линий в пространстве становится неравномерным по азимутам. Число линий уменьшается в полусфере, обращённой в сторону движения, и увеличивается в задней полусфере.

При абсолютном покое тела его центральное поле точно симметрично и потенциальная энергия поля W_{vm} минимальна. При абсолютном движении тела потенциальная энергия его поля возрастает. Это означает, что должна существовать сила F_{vm} , пропорциональная градиенту энергии в поле скоростей, стремящаяся привести тело в состояние с минимальной энергией, т.е. в состояние абсолютного покоя. Эта сила всегда направлена против вектора скорости, т.е. является тормозящей

$$F_{vm} = -k_{vm} \frac{dW_{vm}}{dv}, \quad 20.1$$

где k_{vm} - коэффициент с размерностью частоты (назовем его коэффициентом торможения тела собственным полем).

Потенциальная энергия W_{vm} центрального поля электрически нейтрального тела с массой m при его движении с абсолютной скоростью v определяется работой по ускорению тела от абсолютного покоя до движения со скоростью v

$$W_{vm} = A = \int_0^x F_{vm} dx = \int_0^t m \frac{dv}{dt} v dt = \int_0^v m v dv = \frac{1}{2} m v^2. \quad 20.2$$

Как видно, она равна кинетической энергии.

Абсолютно движущееся тело может быть остановлено внешней силой, однако оно должно снижать свою скорость и без этого, т.к. деформированные силовые линии поля тела должны стремиться к минимуму потенциальной энергии и, следовательно, должна возникать сила торможения. При скорости тела, существенно меньшей, чем скорость света, сила, действующая на тело со стороны собственного поля (20.1), может быть записана в виде

$$F_{vm} = -k_{vm} \frac{d}{dv} \frac{1}{2} m_b v^2 ,$$

или

$$F_{vm} = -k_{vm} m_b v . \quad 20.3$$

где k_{vm} – коэффициент с размерностью частоты.

§ 20.2. Значение коэффициента торможения собственным полем равномерно движущегося тела.

Из-за постоянного действия тормозящей силы со стороны собственного поля тело, движущееся без внешних сил, через конечное время должно прийти в состояние абсолютного покоя. Это следствие позволяет оценить значение коэффициента силы торможения тела полем. Если рассматривать тормозящую силу собственного поля как обычную внешнюю силу, то к телу можно применить второй закон механики и записать, согласно (20.3),

$$k_{vm} m_b v = m_b \frac{dv}{dt} , \quad 20.4$$

откуда

$$k_{vm} = \frac{1}{v} \frac{dv}{dt} . \quad 20.5$$

Из (20.5) видно, что наиболее сильное абсолютное замедление должно наблюдаться при больших абсолютных скоростях. К объектам, в наибольшей степени удовлетворяющим этому требованию, относятся космические тела.

Для оценки значения коэффициента торможения пригодно как поступательное, так и вращательное движение. Второе имеет преимущество, т.к. абсолютную скорость с большой точностью можно измерять периодом вращения. Для случая вращающегося космического тела выражение (20.5) может быть приведено к более удобному виду. После умножения и деления равенства на радиус вращения каждого элемента массы коэффициент может быть выражен через угловую скорость Ω и замедление вращения $d\Omega$

$$k_{vm} = \frac{1}{\Omega} \frac{d\Omega}{dt} , \quad 20.6$$

или через период вращения T и его вековое увеличение ΔT

$$k_{vm} = \frac{1}{T_v^2} \Delta T_v . \quad 20.7$$

Под действием тормозящей силы тело должно увеличивать периоды вращения. Это следствие может быть применено, в частности, к Земле.

Известно, что суточное вращение планеты непостоянно. Период вращения циклически меняется в сторону увеличения и уменьшения. Эти вариации наложены на вековое увеличение периода суточного вращения [63]. Вековое увеличение суточного периода вращения при осреднении за 309 лет оценивается [127] в

$$\Delta T_v = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ с в } 100 \text{ лет,}$$

а за период 3000 лет [126][137]

$$\Delta T_v = 2,3 \cdot 10^{-3} \text{ с в } 100 \text{ лет.} \quad 20.8$$

Если считать, что наблюдаемое вековое замедление вращения обусловлено действием тормозящей силы со стороны собственного центрального поля Земли, то подстановка в (20.7) величины (20.8) как более репрезентативной по длительности взятого периода, приводит к значению коэффициента торможения порядка

$$k_{vm} \leq 2,3 \cdot 10^{-22} \text{ с}^{-1}. \quad 20.9$$

Знак неравенства должен быть поставлен ввиду возможности замедления вращения за счет других механизмов.

Значение коэффициента (20.9) относится к макротелам. Возможность его использования для элементарных заряженных частиц нуждается в прямой опытной проверке.

§ 20.3. Коэффициент деформации поля ускоряющегося тела.

В условиях конечной скорости распространения электромагнитных волн и, следовательно, информации на периферии поля о положении центра ускорения тела сопровождается искривлением силовых линий.

Из того, что силовые линии частицы при равномерном движении прямолинейны, следует, что силовая линия поля обладает способностью восстанавливать свою прямолинейность после прекращения ускорения. Это означает, что при ускорении частицы со стороны поля действует сила, направленная против вектора ускорения, стремящаяся восстановить прямолинейность линий.

Если тело движется по оси Y , а силовые линии расположены по оси X , то тормозящая сила F_a направлена по оси Y и описывается зависимостью

$$F_y = k_a m_b \frac{d^2 y}{dx^2}, \quad 20.10$$

где k_a – коэффициент с размерностью квадрата скорости.

Если по оси X информация о положении частицы распространяется со скоростью света, то вторая производная по координате в (20.10) может быть выражена через вторую производную по времени

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{d^2y}{dt^2} \frac{1}{c^2}. \quad 20.11$$

Как видно, для перехода от (20.10) к обычной записи закона ускорения

$$F_y = m_b \frac{d^2y}{dt^2} \quad 20.12$$

необходимо считать $k_a = c^2$, т.е. зависимость (20.10) должна записываться в виде

$$F_a = m_b c^2 \frac{d^2y}{dx^2}. \quad 20.13$$

В этой зависимости вторая производная описывает изгиб силовой линии, поэтому коэффициент при ней характеризует количество силовых линий и их реакцию на изгиб. В g -немассивном теле, т.е. в теле, размеры L которого удовлетворяют условию

$$L \ll \alpha_g / \rho,$$

внутренняя энергия складывается из энергий протонов и электронов

$$m_b c^2 = N_p n_p k_p + N_e n_e k_e, \quad 20.14$$

где N_p, N_e - число протонов и электронов в теле (нейтрон рассматривается как комбинация протона и электрона); n_p, n_e - числа силовых линий у протона и электрона; k_p, k_e - коэффициенты деформации одной силовой линии соответственно у протона и электрона с размерностью энергии.

В предположении, что в атоме водорода

$$N_p n_p k_p \gg N_e n_e k_e,$$

$$\text{коэффициент} \quad k_p = \frac{1}{n_p} m_{pf} c^2 = \frac{1}{n_e} m_{ef} c^2 = 5,5 \text{ эВ}. \quad 20.15$$

Можно отметить, что если принять массу электрона согласно (17.18)

$$m_{ef} = 2\beta m_e = 2.48 m_e,$$

$$\text{то} \quad k_p = \frac{1}{n_e} m_{ef} c^2 = 13,6 \text{ эВ}. \quad 20.16$$

Не ясно, имеет ли это значение отношение к энергии ионизации атома водорода или это случайное совпадение.

Из (20.13) следует, что кривизна силовых линий частицы или тела пропорциональна приложенной к ним силе. Если тело свободно, то оно ускоряется, создавая кривизну силовых линий, при которой сила торможения равна приложенной силе. Если тело неподвижно, то поля атомов тела деформируются при сжатии до достижения равенства приложенной силы и возвратной силы сжатия. В любом случае

сила является мерой искривления и числа силовых линий центральных полей атомов.

Глава 21.

Оценка соотношений квантовой механики.

Квантовомеханические уравнения анализируются с учётом выражаемости постоянной Планка через константы электродинамики. Излагается электродинамическая интерпретация волн де Бройля и фотоэффекта. Показывается невозможность существования у электрона магнитного момента и спина принятых значений, а также некорректность уравнения Шредингера и вывода Эйнштейном выражения Планка для спектра излучения тела.

§ 21.1. Соотношение неопределённости Гейзенберга.

Соотношение неопределённости было предложено Гейзенбергом для объяснения дифракции электромагнитных волн при пролете электроном экрана с двумя близко расположенными щелями. Создатели квантовой концепции заключили, что микрочастица, демонстрирующая волновые эффекты, не может иметь одновременно точно измеряемых импульса и координаты. Со временем этот постулат стал интерпретироваться как отсутствие у электрона определённой траектории [18]. Возникали даже сомнения в выполнении закона причинности.[98]

Соотношение неопределённости Гейзенберга было записано в виде

$$\Delta p \Delta x \sim h, \quad 21.1$$

где Δp , Δx – неопределённости импульса и координаты движущейся частицы.

При постоянной Планка в статусе фундаментальной мировой константы соотношение выглядело вполне приемлемым по крайней мере по размерностям по обе стороны равенства. В нем постоянная Планка имела смысл предела неопределённости. Без физической константы справа соотношение Гейзенберга теряет фундаментальность. Подстановка вместо постоянной Планка любого её электродинамического эквивалента из (16.27), например, первого, делает соотношение очевидно необъяснимым, т.к. неопределённость начинает зависеть от параметров атома водорода:

$$\Delta p \Delta x \sim \frac{W_1}{v_1}. \quad 22.2$$

С точки зрения классической электродинамики пролёт электрона через щель сопровождается поляризацией материала экрана под действием поля частицы и излучает электромагнитные волны в направлении движения и против него. С учётом этого в соотношении неопределённости в качестве объяснения присутствия волн нет необходимости.

§ 21.2. Волна де Бройля и корпускулярно-волновой дуализм.

Зависимость длины волны λ_v свободной частицы от её массы m и скорости движения v , было записано де Бройлем в виде

$$\lambda_v = \frac{h}{mv}. \quad 21.3$$

Замена постоянной Планка на константы электродинамики через второе выражение из (16.27) приводит (21.3) в случае электрона к зависимости

$$\lambda_{ve} = \frac{h}{m_e v} = 2\pi^2 r_1^2 R \frac{1}{v} = \frac{1}{2} \lambda_1 \frac{v_1^2}{cv}, \quad 21.4$$

а в случае протона

$$\lambda_{vp} = \frac{h}{m_p v} = 2\pi^2 r_1^2 R \frac{1}{v} \frac{m_e}{m_p} = \frac{1}{2} \lambda_1 \frac{m_e}{m_p} \frac{v_1^2}{cv} \quad 21.5$$

где λ_1 – длина электромагнитной волны, соответствующая основному состоянию электрона в атоме водорода.

Появление в выражениях параметров конкретного атома противоречит квантовому представлению о том, что (21.3) описывает волну свободной частицы. Кроме этого, обнаруживается, что в этом выражении для электрона волна не зависит от массы, в то время как в выражении для протона начинают присутствовать массы сразу двух частиц.

Для того, чтобы понять причину дефектности соотношения (21.3), достаточно вспомнить применённый де Бройлем метод [88].

Исходными уравнениями, из которых получено (21.3), являются выражение для внутренней энергии частицы

$$W_m = mc^2 \quad 21.6$$

и квантовомеханическое выражение для энергии фотона

$$W_w = \frac{hc}{\lambda_c}, \quad 21.7$$

в которых m – масса частицы, λ_c – длина электромагнитной волны, c – скорость света.

Сущность идеи корпускулярно-волнового дуализма выразилась в записи равенств так, чтобы получилось соотношение (21.3), которое, по мысли автора, должно было описывать длину волны движущейся частицы. Для этого одна степень скорости света в (21.6) была заменена на скорость движения частицы v , а длина λ_c электромагнитной волны, движущейся со скоростью света в (21.7), – на длину λ_v волны, движущейся со скоростью

частицы:

$$W_m = m c^2 \rightarrow W_w = m v^2, \quad 21.8$$

$$\frac{hc}{\lambda_c} \rightarrow \frac{h\nu}{\lambda_v}. \quad 21.9$$

После этого равенство приводило к (21.3) .

$$W_m = W_w \quad 21.10$$

Рассмотрим возможность использования зависимости (21.3) для частиц. Замена в (21.3) постоянной Планка на ее электродинамический эквивалент, например, во втором варианте (16.27) приводит к выражению энергии электромагнитной волны в виде

$$W_w = 2 \pi^2 r_1^2 m_e v_1 v. \quad 21.11$$

Две частоты в (21.11) соответствуют двум скоростям в (21.4). Присутствие частоты основного состояния атома водорода не позволяет считать выражение описывающим свободную частицу. Выражение (21.11) приобретает физический смысл только тогда, когда две частоты равны

$$v = v_1. \quad 21.12$$

В этом случае оно совпадает с (16.21) и описывает кинетическую энергию связанного электрона в атоме водорода. Из абсурдности (21.11) следует, что

формула де Бройля не отражает движения свободной частицы и не имеет физического смысла.

Проблема формирования электромагнитных волн при прохождении частиц через вещество должна быть пересмотрена.

§ 21.3. Уравнение Шрёдингера.

В квантовой теории уравнение Шрёдингера рассматривается как обобщение зависимости де Бройля на случай наличия силовых полей [96]. Вот как характеризует уравнение Шпольский [101]: "хотя уравнение Шрёдингера в некоторых случаях удовлетворяется периодическими решениями, никаких реальных волн, распространяющихся в физической среде, оно не описывает."

То, что обобщение формулы де Бройля, претендующей на описание реальных интерферирующих волн, приводит к уравнению, которое их больше не описывает, уже странно. Шпольский поясняет: "Поведение свободного электрона описывается плоской волной де Бройля, но физический

смысл имеет только квадрат амплитуды этой волны, очевидно, равный квадрату модуля комплексной ψ - функции, удовлетворяющей уравнению Шредингера”.

Объяснения, почему амплитуда волны, претендующая на описание свободного электрона, не имеет физического смысла, из теории не следует. Уравнение Шрёдингера для свободной частицы в форме, не зависящей от времени, записывается в виде

$$\Delta\psi + \frac{8\pi^2 m_e}{h^2} W_e \psi = 0, \quad 21.13$$

где W_e – кинетическая энергия частицы, m_e – масса электрона.

Замена постоянной Планка, например, на третий эквивалент из (16.27) приводит к выражению

$$\Delta\psi + \frac{1}{r_1^2} \frac{W_e}{eU_1} \psi = 0, \quad 21.14$$

где, как и ранее, r_1 – радиус равновесия электрона в атоме водорода.

Уравнение, претендующее на описание движения свободной частицы, начинает содержать два параметра атома водорода. Уравнение не переходит в какое – либо известное электродинамическое соотношение. В принципе оно могло бы описывать некоторые колебания, однако при свободном движении электрона непонятно, о каких колебаниях может идти речь. Кроме того, присутствие в уравнении параметра конкретного атома не совместимо с исходным утверждением о свободном движении. Из этого следует, что

уравнение Шрёдингера не имеет физического смысла.

§ 21.4. Внешний фотоэффект.

Внешний фотоэффект, или эффект выхода электронов за пределы тела под воздействием внешних электромагнитных волн, был записан Эйнштейном в 1906 г. в виде баланса энергий

$$W_e = h\nu - W_b, \quad 21.15$$

где

$$W_b = eU_b,$$

W_e – кинетическая энергия фотоэлектрона после выхода с поверхности тела, $h\nu$ – энергия падающей волны, eU_b - работа электрона по преодолению разности потенциалов на поверхности тела.

Энергия волны была записана пропорционально первой степени её час-

тоты. Этим давалось понять, что фотоэффект рассматривается как квантовомеханический процесс. После замены в (21.15) постоянной Планка на первый электродинамический эквивалент из (16.27) зависимость приобретает вид

$$W_k = eU_1 \frac{\nu}{\nu_1} - W_b. \quad 21.16$$

Присутствие в записи двух частот и параметра конкретного элемента означает, что теория фотоэффекта нуждается в пересмотре.

§ 21.5. Магнитный момент электрона и магнетон Бора.

Необходимость в понятии спина появилась в результате применения закона Кеплера при определении радиуса орбиты электрона в атоме водорода. Равенство центростремительной и центробежной сил приводило к радиусу равновесия

$$r = 2^{-1/2} r_1, \quad 21.17$$

где r_1 – радиус основного состояния электрона в атоме водорода (16.30). Вращение электрона на этом удалении от протона с частотой Ридберга R в атоме водорода соответствовало величине магнитного момента

$$\mu_e = I_{\text{orb}} = \frac{1}{2} e \pi r_1^2 R, \quad 21.18$$

где I – кольцевой ток электрона, s_{orb} – описываемая при вращении электрона площадь, R – постоянная Ридберга.

В этом выражении магнитный момент в два раза меньше того, который следует из закона сохранения энергии при вступлении электрона в связь. Понятие магнитного момента электрона было призвано восполнить недостающую половину. В квантовой механике эта половина получила название магнетона Бора. Она определяется выражением

$$\mu_e = \frac{eh}{4\pi m_e}. \quad 21.19$$

Подстановка в это выражение первого эквивалента постоянной Планка из (16.27) и учёт равенства

$$eU_1 = 2 m_e \pi^2 R^2 r_1^2 \quad 21.20$$

приводит, согласно (16.21), к величине (21.18), т.е. восполняет недостающую половину магнитного момента. Электродинамическое значение радиуса основного состояния электрона в атоме водорода r_1 (16.30) соответствует магнитному моменту орбитального движения электрона

$$\mu_e = I \pi r_1^2 = e \pi r_1^2 R, \quad 21.21$$

которое в два раза больше, чем (21.18). Это значение устраняет необходимость в понятии магнитного момента электрона. Кроме того, при радиусе электрона, близком к радиусу протона

$$r_e \cong r_p = 1.10^{-15} \text{ м},$$

для создания магнитного момента величиной (21.20) электрон должен был бы вращаться вокруг своей оси с частотой

$$\nu_s > 10^{10} R = 3.10^{25} \text{ с}^{-1},$$

т.е. на 10 порядков большей, чем частота Ридберга. При такой частоте вращения точки экватора электрона развивали бы линейную скорость

$$v = 2\pi r_e \nu_s \sim 1.9.10^{13} \text{ см/с},$$

то есть в 600 раз превышающую скорость света. Такой результат нуждается в обосновании.

§ 21.6. Спин электрона.

Аналогично может быть оценен момент импульса электрона, или, как принято называть его в квантовой механике, спин. Считается, что в магнитном поле проекция спина на вектор поля может принимать значения

$$\mu_{em} = \pm \frac{1}{4\pi} h. \quad 21.22$$

Равенство (21.22) производит впечатление фундаментальности, поскольку момент импульса выражается непосредственно через предполагаемую физическую константу. После замены постоянной Планка на первый электро-динамический эквивалент равенство приобретает вид

$$\mu_{em} = \pm \frac{1}{4\pi} \frac{eU_1}{R}. \quad 21.23$$

После выражения энергии ионизации атома водорода через частоту вращения электрона на основной орбите (16.21)

$$eU_1 = 2m_e \pi^2 R^2 r_1^2, \quad 21.24$$

зависимость (21.23) может быть записана в форме

$$\mu_{em} = \pm \frac{1}{2} m_e \pi r_1^2 R . \quad 21.25$$

Разность значений моментов импульса в состояниях электрона с противоположно направленными спинами относительно внешнего магнитного поля равна удвоенному значению (21.24)

$$\Delta\mu_{em} = m_e \pi r_1^2 R . \quad 21.26$$

Согласно электродинамике, момент импульса электрона, вращающегося на орбите радиусом r_1 с частотой Ридберга, равен

$$\mu_{em} = m_e v r_1 = 2 m_e \pi r_1^2 R , \quad 21.27$$

т.е. только в два раза больше (21.25). Вращение электрона с частотой R , приводящее к моменту импульса (21.25), должно было бы происходить на орбите с радиусом

$$r = \frac{1}{\sqrt{2}} r_1 .$$

Такой радиус в 10^4 раза больше радиуса электрона.

Для того, чтобы момент импульса величиной (21.22) создавался массой электрона, вращающейся вокруг своей оси, необходимо, чтобы частота вращения электрона была на 10 порядков больше частоты Ридберга.

Приведенные оценки позволяют заключить, что

спин и магнитный момент, приписываемые в квантовой механике электрону в связанном или свободном состоянии, не отражают реальности.

§ 21.7. Магнитный момент протона и ядерный магнетон.

Протону в квантовой механике приписывается магнитный момент, равный

$$\mu_p = 2,79 \frac{eh}{4\pi m_p} , \quad 21.28$$

где m_p – масса протона.

Замена постоянной Планка на первый эквивалент из (16.27) приводит к выражению

$$\mu_p = 2,79 \frac{m_e}{m_p} \frac{1}{2} e R \pi r_1^2 . \quad 21.29$$

Для оценки этого соотношения можно применить электродинамическое выражение магнитного момента вращающегося объёмно заряженного шара

$$(4.3) \text{ в виде} \quad \mu_p = \frac{2}{5} e_p \pi r_p^2 \nu_p. \quad 21.30$$

Для создания магнитного момента (21.26) частота осевого вращения протона радиусом $r_p = 8,4 \cdot 10^{-16}$ м должна была бы быть

$$\nu_p = \frac{5}{2} \frac{\mu_p}{e_p \pi r_p^2} = 7,0 \cdot 10^{22} \text{ с}^{-1}. \quad 21.31$$

Если бы протон представлял собой токовое кольцо, то частота вращения кольца была бы

$$\nu_p = \frac{\mu_p}{e_p \pi r_p^2} = 4 \cdot 10^{22} \text{ с}^{-1}. \quad 21.32$$

О таких частотах ничего не известно. При частоте (21.32) линейная скорость на экваторе протона достигала бы $1,3 \cdot 10^{10}$ см, т.е. была бы ниже скорости света. Такой магнитный момент принципиально возможен.

§ 21.8. Эффект Комптона.

Эффект Комптона заключается в наблюдении более длинной электромагнитной волны, распространяющейся от электрона после его взаимодействия с падающей электромагнитной волной определённой частоты. Зависимость частоты рассеянной волны ν_ϕ от угла ϕ , под которым наблюдается рассеяние, записывается в виде

$$\nu_d = \nu \left[1 + \frac{h\nu}{m_e c^2} (1 - \cos \phi) \right]^{-1} \quad 21.33$$

где ν – частота падающей волны.

Замена постоянной Планка в выражении на любой электродинамический эквивалент приводит к очевидно абсурдной зависимости эффекта от параметров атома водорода.

Подвергать сомнению существование эффекта понижения частоты волн после прохождения через слой материи нет оснований. Ввиду этого необходимо считать, что

эффект Комптона не имеет отношения к квантовой механике.

Формула может быть сохранена, если вместо $h\nu$ записать энергию волны w_ν . В этом случае формула может считаться электродинамической, а энергия волны – зависящей от частоты и амплитуды (13.2). При неквантовой интерпретации эффекта Комптона можно учесть, что взаимодействующий

электрон может ускоряться в электрическом поле волны в направлении её распространения, а рассеянные волны более низкой частоты являются колебаниями силовых линий поля электрона. Электрон, движущийся в направлении внешней волны, должен излучать, согласно эффекту Допплера, на пониженной частоте, зависящей от приобретённой скорости. Такая интерпретация эффекта согласуется с формулой обратного эффекта Комптона - эффекта повышения частот рассеянных волн (волн поля электрона) при воздействии электромагнитных волн на высокоэнергичные электроны, движущиеся навстречу. Формула обратного Комpton - эффекта не содержит постоянной Планка и, следовательно, является электродинамической

$$\nu = \frac{4}{3} \nu_0 \frac{W_e}{m_e c^2} . \quad 21.34$$

где W_e – кинетическая энергия электрона.

§ 21.9. Квантовые статистики.

Согласно квантовой механике, различные элементарные частицы и фотоны подчиняются различным видам статистик, отличающихся от классической Максвелла - Больцмана. При этом имеется в виду прежде всего выполнение соотношения неопределённости, которое для ансамбля частиц записывается в виде

$$\Delta x \Delta y \Delta z \Delta p_x \Delta p_y \Delta p_z \sim h^3 , \quad 21.35$$

где x, y, z, p_x, p_y, p_z координаты и импульсы частиц по трем осям. В квантовой теории в фазовом пространстве, удовлетворяющем неравенству (21.35), частицы считаются тождественными. (С точки зрения электродинамики, тождество частиц не определено или понимается как равенство.) Это отличает квантовые статистики от электродинамической. На основе зависимости (21.35) построены две статистики: Бозе-Эйнштейна и Ферми – Дирака. Первая предназначена для описания бозонов, т.е. частиц со спином, равным \hbar/π (фотоны), а вторая - для фермионов, т.е. частиц со спином $\hbar/2\pi$ (к ним относят электроны, протоны и нейтроны). Функция распределения частиц, общая для классической и двух квантовомеханических статистик, записывается в виде [110]

$$f \sim [\exp(\frac{W-\mu}{kT}) + \delta]^{-1}, \quad 21.36$$

где W – энергии частиц, μ - некоторый химический потенциал частиц в системе, δ - постоянная, принимающая значения в электродинамике - 0, в квантовой механике для бозонов -1, для фермионов +1.

При $\mu = -1$ функция приводит к эмпирическому выражению Планка для

излучения абсолютно чёрного тела. После замены постоянной Планка на любой электродинамический эквивалент неравенство (21.35) становится очевидно абсурдным.

§ 21.10. Выражение Планка для излучения абсолютно чёрного тела.

Зависимость объёмной спектральной плотности излучения абсолютно чёрного тела ρ_ν от частоты ν было записано Планком в виде [92]

$$\rho_\nu = \frac{8\pi h \nu^3}{c^3} \frac{1}{\exp(h\nu/kT) - 1}, \quad 21.37$$

где k - постоянная Больцмана, T - абсолютная температура, ν - частота излучаемых волн, ρ_ν - число свободных собственных колебаний частиц, приходящееся на единичный интервал частот в единичном объёме.

Выражение удовлетворительно описывает распределение плотности энергии излучения абсолютно чёрного тела по частотам, однако замена постоянной Планка на любой электродинамический эквивалент из (16.27) приводит к появлению в выражении параметров атома водорода. Например, при замене на первый эквивалент зависимость приобретает вид

$$\rho_\nu = 8\pi \frac{eU_1 \nu^3}{\nu_1 c^3} \frac{1}{\exp(eU_1 \nu/kT\nu_1) - 1}. \quad 21.38$$

Зависимостью от параметров атома водорода формула Планка начинает проявлять свою эмпиричность. Возникает необходимость в пересмотре теории излучения. Чтобы понять, почему в выражении Планка появляются параметры атома водорода, обратимся к истории его создания.

К началу XX века теории излучения развивались на представлении о существовании эфира с практически бесконечным эффективным числом степеней свободы [34][89]. Были известны следующие факты и закономерности, касавшиеся проблемы излучения:

- Закон Кирхгофа. Согласно этому закону тело испускает длины волн, которые способно и поглощать. Из этого делался вывод о независимости распределения энергии в спектре излучения любого нагретого тела от молекулярного состава.
- Формула Рэля – Джинса. Формула удовлетворительно описывала излучение тела в области низких частот, но приводила к бесконечности при интегрировании по всему спектру.
- Формула Вина. Формула позволяла описывать распределение энергии в высокочастотной части спектра, включая максимум, зависящий от температуры, однако приводила к количественному расхождению в области малых частот.

- Требование Вина для формулы, претендующей на описание спектра излучения в области малых частот. Согласно этому требованию, формула должна удовлетворять зависимости [91]

$$\rho_\nu d\nu = \nu^3 F(\nu/T) d\nu. \quad 21.39$$

- Была построена кинетическая теория газов, в которой использовался принцип равномерного распределения энергий по степеням свободы частицы.

Выражение (21.37) было найдено Планком в 1900 году эмпирически. При получении формулы автор использовал представление Рэлея о стоячих волнах в модели абсолютно чёрного тела с отражающими стенками. Этим объясняется появление постулата об энергии осциллятора ϵ , 2ϵ , 3ϵ , кратной некоторой начальной величине, которая была записана в виде

$$\epsilon = h\nu. \quad 21.40$$

По мнению Планка, постоянная h была обычным коэффициентом при частоте, нуждавшимся в объяснении в рамках электродинамики [12][92]. Построения рассматривались им как рабочие, позволившие найти нужную зависимость. В двух предельных случаях высоких и низких частот полученное выражение переходило в зависимость Вина или Рэлея – Джинса. Коэффициент h имел размерность действия. Фундаментальный физический смысл в коэффициенте Планка был усмотрен его коллегами. отождествление же планковского коэффициента, предназначавшегося вначале лишь для описания излучения тел, с коэффициентом, действительным при описании электронных переходов в водородоподобных ионах

$$h = eU_H / R, \quad 21.41$$

произошло, по-видимому, лишь в 1913 г., когда Нильс Бор предложил модель атома и сформулировал условия атомных переходов. Теперь, когда очевидно, что постоянная Планка представляет собой комбинацию электродинамических констант, видно, что нет оснований для отождествления двух коэффициентов.

Коэффициент h , записанный М. Планком в выражении для плотности излучения, и постоянная h из (16.27), используемая для описания переходов электронов в атомных оболочках, - принципиально различные величины.

Для объективной оценки математического выражения Планка для излучения абсолютно чёрного тела приведём его вывод, предложенный Эйнштейном [95]. В основе вывода лежит принцип детального равновесия, согласно которому при термодинамическом равновесии каждому процессу

можно противопоставить ему обратный, причём число прямых и обратных процессов в единицу времени должно быть одинаково.

Рассматривается равновесная система из атомов и излучения. Число атомов в нижнем, невозбуждённом состоянии с энергией E_1 равно N_1 , а в более верхнем, возбуждённом - с энергией E_2 – N_2 . Атомы излучают и поглощают электромагнитное излучение, совершая в первом случае переходы $2 \rightarrow 1$ (излучение), а во втором $1 \rightarrow 2$ (поглощение). В силу принципа детального равновесия статистическое равновесие между процессами испускания и поглощения наступает тогда, когда число переходов $2 \rightarrow 1$ в единицу времени равно числу переходов $1 \rightarrow 2$. Переходы с испусканием переходят либо спонтанно, либо индуцированно. Полная вероятность тех и других принимается $A_{21} + B_{21}\rho_v$, а среднее число переходов в единицу времени равно

$$dZ_{21} = (A_{21} + B_{21}\rho_v)N_2. \quad 21.42$$

Вероятность переходов с поглощением равна $B_{21}\rho_v$ и, соответственно, среднее число переходов $1 \rightarrow 2$ в единицу времени есть

$$dZ_{12} = B_{12}\rho_v N_1. \quad 21.43$$

При равновесии число переходов с излучением и поглощением равно

$$dZ_{21} = dZ_{12}, \quad 21.44$$

$$\text{поэтому} \quad (A_{21} + B_{21}\rho_v)N_2 = B_{12}\rho_v N_1, \quad 21.45$$

$$\text{откуда} \quad \frac{N_2}{N_1} = \frac{B_{12}\rho_v}{A_{21} + B_{21}\rho_v}. \quad 21.46$$

Так как равновесие имеет статистический характер, то отношение N_2/N_1 чисел атомов в верхнем и нижнем состояниях может быть выражено при помощи распределения Больцмана, согласно которому, если система может находиться в состояниях с дискретным рядом энергий E_1, E_2, \dots, E_m , то вероятность находиться в системе в состоянии с энергией E_m есть

$$W_m = -C \exp(-E_m/kT), \quad 21.47$$

где C – постоянная, которая нормируется таким образом, чтобы вероятность иметь атому какое-либо из возможных значений энергии равнялась единице. В общем случае формула Больцмана имеет вид

$$W_m = -C g_m \exp(-E_m/kT), \quad 21.48$$

где g_m – статистический вес уровня, поэтому из общих статистических соображений для верхнего и нижнего уровней

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{g_2}{g_1} \frac{\exp(-E_2/kT)}{\exp(-E_1/kT)}. \quad 21.49$$

Сравнивая (21.46) и (21.49), получаем

$$\frac{B_{12}\rho_\nu}{A_{12} + B_{21}\rho_\nu} = \frac{g_2}{g_1} \frac{\exp(-E_2/kT)}{\exp(-E_1/kT)}, \quad 21.50$$

откуда
$$\rho_\nu = \frac{A_{21}g_2}{B_{12}g_1 \exp(E_2 - E_1)/kT - B_{21}g_2}, \quad 21.51$$

или с учётом частот Бора
$$E_2 - E_1 = h\nu \quad 21.52$$

$$\rho_\nu = \frac{A_{21}g_2}{B_{12}g_1 \exp(h\nu/kT) - B_{21}g_2}. \quad 21.53$$

Для определения коэффициентов **A** и **B** использованы следующие предельные условия:

$$T \rightarrow \infty \quad \text{или} \quad h\nu \ll kT. \quad 21.54$$

При этом плотность ρ_ν должна стремиться к бесконечности, т.е. знаменатель – к нулю. Из этого следует

$$g_1 B_{12} = g_2 B_{21}. \quad 21.55$$

При условии (21.54) должна быть справедлива формула Рэля – Джинса

$$\rho_\nu = \frac{8\pi h \nu^2}{c^3} kT. \quad 21.56$$

Принимая во внимание (21.55), можно переписать (21.53) в виде

$$\rho_\nu = \frac{g_2 A_{21}}{g_1 B_{12}} \frac{1}{\exp(h\nu/kT) - 1}. \quad 21.57$$

При условии (21.54) в первом приближении

$$\exp(h\nu/kT) \cong 1 + \frac{h\nu}{kT}, \quad 21.58$$

поэтому (21.57) приблизительно равно

$$\rho_\nu = \frac{g_2 A_{21}}{g_1 B_{12}} \frac{kT}{h\nu}. \quad 21.59$$

Сравнивая с формулой Рэля-Джинса (21.56), получаем

$$\frac{g_2 A_{21}}{g_1 B_{12}} = \frac{8\pi h \nu^3}{c^3}, \quad 21.60$$

и (21.56) принимает вид формулы Планка

$$\rho_\nu = \frac{8\pi h \nu^3}{c^3} \frac{1}{\exp(h\nu/kT) - 1}. \quad 21.61$$

Конец вывода. Обратим внимание на следующее.

1. Излучение абсолютно чёрного тела рассматривается как следствие излучения электронов при дискретных переходах между энергетическими уровнями. Такие переходы электронов реализуются только в атомной оболочке. Они сопровождаются излучением на дискретных частотах, разных для каждого элемента. Ввиду этого спектры излучения тел с разным атомным составом должны различаться, т.е. детального равновесия на всех частотах излучения принципиально не может быть.

2. Энергии, отвечающие условию (21.54), при которых возможно приближение (21.58) и получение формулы Рэля - Джинса, т.е. при температурах $T < 10^3$ °К, должны быть меньше долей эВ. В этом диапазоне энергий спектр излучения сплошной, на который накладываются лишь отдельные дискретные линии. Примером может служить спектр Солнца, с которым выражение Планка приблизительно совместимо только в длинноволновой части. Получается, что вывод, построенный на представлении о дискретных атомных переходах, приводит к выражению, которое справедливо только для описания сплошного спектра, не имеющего отношения к процессам атомного возбуждения.

Противоречия вывода, а также возникновение в выражении Планка параметров атома водорода при замене постоянной Планка на её электродинамический эквивалент (21.38) позволяют заключить, что

вывод Эйнштейна формулы Планка некорректен. Выражение Планка остаётся эмпирическим. Требуется электродинамическая теория, приводящая к аналитическому выражению, описывающему сплошной спектр излучения.

Глава 22. Излучение тела.

Излагается электродинамический вариант описания теплового излучения тел. Выводится аналитическое выражение, описывающее спектр излучения. Показывается, что сплошное излучение создаётся электронами, не связанными в атомы, а мощность теплового излучения атомов тела сравнительно мала.

§ 22.1. Независимость сплошного спектра излучения тела от атомного состава.

Теория излучения тел, отражающая реальность, должна отвечать на главный вопрос, который остался открытым в электродинамической теории конца XIX века, а позднее - в квантовомеханической концепции: почему сплошной спектр излучения тел не зависит от атомного состава вещества. Реальная электродинамика приводит к следующему решению проблемы.

В условиях предполагаемой неполной нейтральности атомов излучающее макротело всегда содержит три сорта частиц – три потенциальных источника излучения:

- атомные ядра,
- электроны атомных оболочек,
- электроны, свободные в пределах тела, компенсирующие неполную нейтральность атомов.

При нагревании макротела ядра атомов разных элементов должны колебаться с разными собственными частотами. Электроны атомных оболочек при возбуждении излучают на собственных дискретных частотах, не одинаковых в различных элементах периодической системы. Единственный сорт частиц, чей спектр излучения практически не зависит от атомного состава вещества тела, являются электроны, не связанные с конкретными атомами, т.е. свободные в пределах тела. Эти электроны излучают при ускорениях во время соударений с атомами, создавая сплошной спектр частот. Из этого прямо следует, что

непрерывный спектр излучения нагретого твёрдого, жидкого или газообразного тела создаётся электронами, свободными в пределах тела.

§ 22.2. Отношение мощностей излучения атомов и электронов.

К заключению о неучастии атомов в создании теплового спектра излучения можно прийти, оценивая мощности потоков энергии волн, сопровождающих ускорение атомов и свободных электронов при соударениях. Согласно (13.2), средняя линейная плотность энергии электромагнитных волн вдоль всех силовых линий частицы с массой **m**

равна

$$\frac{dW_w}{dx} = \frac{W_w}{\lambda} = 8\pi^2 A^2 m \frac{v^3}{c},$$

где A – амплитуда, W_w – энергия одной волны.

Волновая энергия, распространяющаяся от одной частицы в единицу времени по всем силовым линиям, т.е мощность всего её потока энергии, равна

$$P = \frac{dW_w}{dt} = c \frac{dW_w}{dx} = 8\pi^2 A^2 m v^3. \quad 22.1$$

Амплитуды A электромагнитных волн, распространяющихся от атома и электрона во время соударения обратно пропорциональны их инертным массам

$$\frac{A_e}{A_a} = \frac{m_a}{m_e}. \quad 22.2$$

Учитывая, что частицу ускоряет только внешнее поле, отношение ускорений электрона a_e и атома a_a (1.39)

$$\frac{a_e}{a_a} = \frac{f_a}{f_e} \frac{m_a}{m_e} = \frac{m_a^2}{m_e^2} = \left(\frac{m_a}{m_e}\right)^2. \quad 22.3$$

При упругом столкновении двух частиц их ускорения меняются от нуля до некоторого максимального значения и обратно. Ввиду этого движение электромагнитной деформации по силовой линии эквивалентно распространению волн с непрерывным спектром частот от нуля до некоторого максимума.

Отношение максимальных частот, идущих от электрона ν_e и атома ν_a , равно отношению максимальных ускорений и, следовательно, действующих на них внешних сил и обратно пропорционально отношению их инертных масс. Согласно Табл. 1.2, отношение максимальных частот

$$\frac{\nu_{emax}}{\nu_{amax}} = \frac{a_e}{a_a} = \frac{f_a}{f_e} \frac{m_a}{m_e} = \left(\frac{m_a}{m_e}\right)^2. \quad 22.4$$

Отношение мощностей излучений (22.1) ускоряющихся электронов и атомов при упругом столкновении с учетом (22.2)(22.3)(22.4)

$$\boxed{\frac{P_e}{P_a} = \left(\frac{m_a}{m_e}\right)^9}. \quad 22.5$$

При таком соотношении мощностей излучением атомными ядрами при столкновениях атомов со свободными электронами можно пренебречь.

§ 22.3. Частоты излучений иона и электрона при формировании атома.

Отношение максимальных частот (22.4) остается справедливым и в слу-

чае неупругого столкновения электрона с ионом, завершающегося формированием связанной системы. Частным случаем такого события является образование атома водорода. При сближении противоположно заряженных частиц их ускорения возрастают до некоторых максимальных значений. Соответственно увеличиваются и эффективные частоты сплошного спектра излучения. После возникновения связанной системы максимальные ускорения и частоты остаются собственными колебаниями частиц.

В случае неупругого столкновения электрона с полностью ионизированным ядром с атомным номером Z и атомным весом A_a заряд атома равен Ze , а его инертная масса

$$m_a = A_a m_p. \quad 22.6$$

С учётом, что на частицу воздействует только внешнее поле, ускорение атома под силой воздействия поля электрона равно

$$a_a = \frac{F_e}{m_a} = \frac{f_e Z s_p}{A_a m_p} \frac{1}{r_z^2}, \quad 22.7$$

а ускорение электрона в поле ядра

$$a_e = \frac{F_a}{m_e} = \frac{Z f_p s_e}{m_e} \frac{1}{r_z^2}. \quad 22.8$$

Отношение собственных частот атомного ядра и электрона при

$$|s_p| = |s_e|, \quad f_p = k_{fp} m_p, \quad f_e = k_{fe} m_e, \quad k_{fp} = k_{fe} \quad (\text{Табл.1.2.})$$

$$\frac{\nu_a}{\nu_e} = \frac{a_a}{a_e} = \frac{1}{A_a} \left(\frac{m_e}{m_p} \right)^2. \quad 22.9$$

Соответственно, отношение длин волн, излучаемых ядром и электроном,

$$\frac{\lambda_{az}}{\lambda_{e1}} = A \left(\frac{m_p}{m_e} \right)^2. \quad 22.10$$

В случае формирования атома водорода длина волны от колебания протона равна

$$\lambda_{pH} = \left(\frac{m_p}{m_e} \right)^2 \lambda_{e1}, \quad 22.11$$

где $\lambda_{e1} = 91,176 \cdot 10^{-7}$ см – длина волны электрона, соответствующая частоте Ридберга $R = 3.29 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$.

Длина волны протона атома водорода при классическом значении массы электрона m_e

$$\lambda_{pH} = 30 \text{ см.}$$

Это значение недалеко от экспериментально наблюдаемого излучения в космосе на волне 21,1 см, которое ассоциируется с присутствием водорода [38]. Наиучшее приближение к опытной величине достигается с учётом абсолютного заряда электрона (17.19) и следующей из этого его абсолютной массы (отношение заряда к массе электрона величина опытная)

$$m_{ef} = \gamma m_e, \quad 22.12$$

Подстановка значения m_{ef} в (22.10) приводит к выражению для длин волн, излучённых протоном при формировании атома водорода,

$$\lambda_{pH} = \left(\frac{m_p}{m_{ef}}\right)^2 \lambda_{e1} = \frac{1}{\gamma^2} \left(\frac{m_p}{m_e}\right)^2 \lambda_{e1}. \quad 22.13$$

Значение $\lambda_p = 21,1$ см.

соответствует величине $\gamma = 1,22$.

§ 22.4. Сплошной спектр теплового излучения тел.

Представление о том, что сплошное излучение в видимом и прилегающих к нему диапазонах создаётся электронами, свободными в пределах тела, просто решает вопрос о причине независимости спектра от молекулярного состава тела: при участии в излучении свободных частиц одного сорта тепловые спектры излучения всех тел заведомо одинаковы и имеют сплошной характер распределения по частотам. Переходы электронов, принадлежащих конкретным атомам при возбуждении атомов, создают свой спектр излучения. Он состоит из дискретных фраунгоферовых частот, различных у каждого атома.

Для выполнения закона Кирхгофа о равенстве излучательной и поглощательной способности тел достаточно считать, что

поглощение энергии падающего теплового излучения осуществляется электронами, свободными в пределах тела.

Построение электродинамической зависимости, количественно описывающей спектр излучения нагретого тела, оказывается возможным с учётом, что мощность теплового излучения, приходящаяся на единичный интервал частоты (спектральная плотность излучения) в окрестности любой частоты спектра:

- пропорциональна концентрации свободных электронов тела;
- пропорциональна ускорениям этих электронов при столкновениях с ато-

мами;

- пропорциональна частоте столкновений электронов с атомами.

В этом случае спектральная плотность излучения ρ_ν может быть описана произведением трёх зависимостей:

- распределения свободных электронов в теле по ускорениям F_a ;
- распределения этих электронов по частотам соударений с атомами F_f ;
- концентрации этих электронов в зависимости от температуры тела F_n :

$$\rho_\nu \sim F_a F_f F_n . \quad 22.14$$

Зависимость F_a .

Максимальная частота излучения при упругом столкновении электрона с атомом пропорциональна его максимальному ускорению и, следовательно, скорости электрона между соударениями. Это может быть записано в виде

$$v_e = k_a \nu , \quad 22.15$$

где k_a – некоторый коэффициент с размерностью длины.

Поскольку энергия электромагнитной волны пропорциональна квадрату частоты (13.2), то основная доля излучаемой энергии при столкновении сосредоточена в окрестности максимального ускорения. Если для электрона связь кинетической энергии с абсолютной температурой T определяется равенством

$$\frac{1}{2} m_e v_e^2 = \frac{3}{2} kT, \quad 22.16$$

где k – постоянная Больцмана,

то учёт (22.15) и (22.16) функция распределения электронов по максимальным частотам излучений ν с точностью до некоторого числового коэффициента описывается максвелловской функцией распределения по скоростям v_e

$$\frac{dn}{dv_e} \sim n_e \left(\frac{m_e}{2\pi kT} \right)^{3/2} 4\pi v_e^2 \exp \left(- \frac{m_e v_e^2}{kT} \right) , \quad 22.17$$

где n_e – концентрация электронов.

После замены в экспоненте скорости на частоту излучения, согласно (22.15), функция приобретает вид

$$F_\nu = n_e \left(\frac{m_e}{2\pi kT} \right)^{3/2} 4\pi k_a^2 \nu^2 \exp \left(- k_a^2 \frac{m_e \nu^2}{kT} \right) . \quad 22.18$$

Зависимость F_f .

Частота соударений электрона с атомами f_c в общем не совпадает с частотой излучения, однако она тоже пропорциональна скорости электрона между соударениями. Ввиду этого распределение электронов по частотам соударений также должно описываться максвелловским распределением

электронов по скоростям с точностью до некоторого другого коэффициента k_f с размерностью длины

$$v_e = k_f f_c. \quad 22.19$$

С учётом (22.15) связь между частотами излучения и соударения

$$f_c = \frac{k_a}{k_f} v. \quad 22.20$$

Замена скорости в максвелловском распределении (22.17) на частоту соударения и затем с учётом (22.11) на частоту излучения приводит к выражению, совпадающему с (22.18). Произведение двух функций оказывается равным квадрату выражения (22.18)

$$F_a F_f = n_e^2 \left(\frac{m_e}{2\pi kT} \right)^3 16\pi^2 k_a^4 v^4 \exp(-2k_a^2 \frac{m_e v_e^2}{kT}). \quad 22.21$$

Зависимость F_n .

Известно, что при повышении температуры тела плотность тока термоэлектронной эмиссии I_s с поверхности проводника растёт. В диапазоне температур до 10^3 °C рост описывается эмпирической зависимостью Ричардсона – Дешмана

$$I_s = A_R T^2 \exp(-e\phi_0/kT), \quad 22.22$$

где A_R – мало меняющаяся величина, $e\phi_0$ – эффективная работа выхода электрона с поверхности.

В Табл.22.1 приведена одна из реализующихся зависимостей формулы для катода с работой выхода 1,4 эВ [70]. Из таблицы видно, что с ростом абсолютной температуры в 6,4 раза эмиссия возрастает на 12 порядков. Такое увеличение невозможно объяснить изменением максвелловского распределения фиксированного числа электронов. С высокой вероятностью, выражение (22.22) описывает процесс освобождения электронов, не принадлежащих конкретным атомам, от связи с неионизированными атомами.

Таблица 22.1

$T, \text{ } ^\circ\text{C}$	160	200	230	260	300	350	390	460	530	630	730	850	1030
$j, \text{ A/cm}^2$	10^{-9}	10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	1	10	10^2	10^3

С учётом этого зависимость концентрации свободных электронов в теле от температуры, т.е. функция F_n по виду может быть близкой к (22.22).

Представление о существовании потенциалов сродства атомов к электронам позволяет считать, что когда температура тела низка, большая часть электронов, не входящих в атомные оболочки, связана с атомами малыми

потенциалами и не участвует в тепловом движении. С ростом температуры в диапазоне до 10^3 °С значительная часть электронов от связи освобождается, что описывается зависимостью (22.22).

С учётом выражений (22.21) и (22.22) зависимость спектральной плотности излучения ρ_ν (22.14) приобретает вид

$$\rho_\nu \sim A_R^2 n_e^2 \left(\frac{m_e}{2\pi kT} \right)^3 16\pi^2 k_a^4 \nu^4 \exp \left\{ -\frac{1}{kT} [2k_a^2 m_e \nu^2 + e\phi_c] \right\}. \quad 22.23$$

Сгруппировав все константы в одну

$$B = A_R^2 \left(\frac{m_e}{2\pi k} \right)^3 16\pi^2 k_a^4, \quad 22.24$$

выражение (22.23) можно представить в виде

$$\rho_\nu \simeq B \nu^4 \frac{1}{T^3} n_e^2 \exp \left[-\frac{1}{kT} (K\nu^2 + e\phi_c) \right], \quad 22.25$$

где

$$K = 2m_e k_a^2.$$

Согласно (22.25), в области малых частот плотность излучения зависит от частоты по закону Рэлея – Джинса

$$\rho_\nu \sim \nu^4, \quad 22.26$$

т.е. так же, как получается из формулы Планка (21.37) после разложения в ней экспоненты в ряд по малому параметру $h\nu/kT$. В области же больших частот ход ρ_ν определяется экспонентой, т.е. близка к зависимости Вина.

Выражение (22.25) содержит два параметра, **B** и **K**, с помощью которых оно может быть приведено в количественное соответствие с фактическим распределением плотности излучения в областях больших и малых частот. При температурах, удовлетворяющих условию

$$kT < e\phi_c, \quad 22.27$$

потенциалы сродства предполагают переход свободных электронов в связанное состояние с потерей степеней свободы. Выражение (22.25) позволяет записать плотность мощности интегрального излучения нагретого тела **p** в виде

$$p = \int_0^\infty \rho_\nu d\nu = \int_0^\infty B n_e^2 \frac{\nu^4}{T^3} \exp \left(-\frac{1}{kT} (K\nu^2 + e\phi_c) \right) d\nu. \quad 22.28$$

В этом выражении концентрация свободных электронов при низких температурах растёт с повышением температуры по некоторому степенному или экспоненциальному закону

$$n_e \sim T^n, \quad n_e \sim \exp T. \quad 22.29$$

Растёт и максимальная частота соударений, приблизительно по закону

$$\nu^2 \sim T. \quad 22.30$$

С учётом этого может объясняться экспериментально наблюдаемая зависимость плотности мощности интегрального излучения Стефана – Больцмана

$$P \simeq \sigma_e T^4 \quad 22.31$$

В отличие от квантовомеханического выражения (21.61) зависимость (22.25) описывает сплошной спектр излучения во всём диапазоне частот. Квантовомеханическое выражение коэффициента σ_e в зависимости (22.31) [68]

$$\sigma_{sb} = \frac{\pi^2 k^4}{60 \hbar^3 c^2} \quad 22.32$$

не может отвечать реальности, т.к. после замены постоянной Планка на константы электродинамики в нём возникают параметры атома водорода, что противоречит представлению о независимости коэффициента от атомного состава вещества.

§ 22.5. Электродинамическая интерпретация эффектов дуализма.

Электродинамический подход при интерпретации результатов опытов по наблюдению волновых эффектов при пролёте частиц через экран с двумя щелями приводит к следующим представлениям.

Центральное поле движущейся частицы как волна возмущения пространства. Центральное электрическое поле движущейся частицы может рассматриваться как возмущение пространства в виде его поляризации и, возможно, плотности, действующее в пределах некоторого радиуса r_q . Эффекты воздействия движущегося возмущения на частицы и атомы материальной среды определяются интенсивностью центрального поля частицы и поляризационными свойствами среды.

Возмущение всегда перемещается со скоростью частицы. Вдоль и поперёк траектории движения возмущение имеет размер d , равный удвоенному радиусу r_q действия поля частицы.

$$d = 2r_q. \quad 22.33$$

При движении частицы со скоростью v её поле воздействует на неподвижный атом в течение времени

$$\Delta t = \frac{d}{v}. \quad 22.34$$

Возмущение поляризует среду за счет смещения электронов проводимости и поляризации атомов. В частности, при приближении частицы к экрану материя экрана поляризуется в одном направлении от плоскости, а при удалении частицы после её прохождения через отверстие - в противоположном. Это означает, что в период прохождения частицы через экран формируется электромагнитная волна длиной λ_c с периодом порядка (22.34), так что

$$\lambda_c \simeq c \Delta t = d \frac{c}{v}. \quad 22.35$$

Если частица проходит через сплошной экран на прицельном расстоянии r_q от центра атома, то средняя длина, на которой действует возмущение, с учётом всех возможных прицельных расстояний может быть описана некоторым коэффициентом k_a . С этим коэффициентом средняя длина зоны воздействия на атом

$$\bar{d} = k_a \lambda_v = 2k_a r_q. \quad 22.36$$

Значение коэффициента k_a может быть определено из условия наиболее вероятного прицельного расстояния x в круге радиусом r_q . Из условия равенства площадей круга радиусом x и разности площадей кругов радиусом r_q и x

$$\pi x^2 = \pi r_q^2 - \pi x^2 \quad 22.37$$

средний прицельный радиус

$$x = k_a r_q = 2^{-1/2} r_q, \quad 22.38$$

поэтому коэффициент

$$k_a = 2^{-1/2}. \quad 22.39$$

С учётом этого в (22.36) средняя длина отрезка траектории, на котором производится воздействие движущейся частицы на неподвижные атомы,

$$\bar{d} = 2^{1/2} r_q, \quad 22.40$$

и, соответственно, длина возникающей электромагнитной волны

$$\boxed{\bar{\lambda}_c = 2^{1/2} r_q \frac{c}{v}.} \quad 22.41$$

В выражениях (22.41) и де Бройля (21.3) общим является только скорость частицы в знаменателе. При приближении заряженной частицы к экрану и при последующем удалении от него материя экрана поляризуется. Последовательная поляризация и деполяризация экрана должны создавать две электромагнитные макроволны, сложенные из многих почти синфазных микроволн и распространяющиеся в противоположных направлениях от

плоскости экрана - по движению частицы и против него. Тонкие щели в экране являются областями, не генерирующими волн. Они как макронеоднородности должны приводить к дифракции и интерференции волн, идущих в обе стороны от экрана. В квантовомеханической теории корпускулярно - волнового дуализма распространения волны против движения частицы не предполагается. Из близости выражения (22.41) к выражению де Бройля следует, что

за волны де Бройля принимаются электромагнитные волны, образуемые поляризованным экраном при пролёте через него заряженной частицы.

Согласно (22.41), отношение длин электромагнитных волн, испускаемых протоном и электроном при равных скоростях их движения, равно отношению радиусов воздействия полей \mathbf{r}_{qp} и \mathbf{r}_{qe} . Если считать, что отношение этих радиусов равно отношению потоков напряжённостей полей частиц, то согласно зависимостям реальной электродинамики, (Табл.1.2.) отношение потоков напряжённости полей протона и электрона равно отношению их инертных масс. Ввиду этого отношение длин волн (22.41) для протона и электрона, перемещающихся с одинаковыми скоростями, должно быть

$$\frac{\lambda_p}{\lambda_e} = \frac{r_{qp}}{r_{qe}} = \frac{f_p}{f_e} = \frac{m_p}{m_e}. \quad 22.42$$

Этот результат противоположен квантовомеханическому положению, вытекающему из зависимости де Бройля (21.3) при равенстве скоростей частиц. Выражение (22.41) относится и к нейтрону. В модели нейтрона Резерфорда радиус действия центрального поля между протоном и электроном может быть принят равным эффективному радиусу нейтрона r_{qn} . В этом случае при движении нейтрона со скоростью v_n эффективная длина волны воздействия на атомы среды

$$\bar{\lambda}_n = 2^{1/2} r_{qn} \frac{c}{v_n}. \quad 22.43$$

Это соотношение допускает проверку. Например, известно, что при скорости нейтронов

$$v_n = 2,2 \cdot 10^5 \text{ см/с}$$

длина электромагнитной волны равна [97].

$$\lambda_{nc} = 1,8 \cdot 10^{-8} \text{ см.}$$

Подстановка этих значений в (22.43) позволяет оценить радиус действия поля протона в нейтроне

$$r_{qn} = 2^{-1/2} \overline{\lambda_n} \frac{v_n}{c} = 9,3 \cdot 10^{-16} \text{ м.} \quad 22.44$$

Это значение согласуется с представлениями Резерфорда о нейтроне как о протоне с внешней электронной оболочкой.

§ 22.6. Фотоэффект в реальной электродинамике.

При построении теории фотоэффекта необходимо учитывать следующие характеристики фотоэмиссии [108]:

- величина фототока насыщения пропорциональна интенсивности электромагнитного излучения, падающего на поверхность тела;
- для каждого вещества существует своя минимальная частота волн (красная граница), выше которой начинает проявляться эмиссия электронов;
- максимальная энергия фотоэлектронов пропорциональна частоте волн;
- максимальная энергия фотоэлектронов не зависит от интенсивности излучения.

Наиболее важная причина, из-за которой подход классической электродинамики не удовлетворил физиков начала XX века, состояла в том, что теория не могла объяснить последнего пункта.

Покажем, что представление о реальных силовых линиях электрона позволяет объяснить характеристики фотоэмиссии, не выходя за пределы электродинамики. Согласно реальной электродинамике, электрон может выйти за пределы тела при наличии у него некоторого минимального импульса, нормального к поверхности, позволяющего преодолеть потенциал связи электрона с окружающими атомами на поверхности. В общем случае необходимый импульс электрон может приобрести при хаотическом тепловом движении или в результате взаимодействия с падающей электромагнитной волной, распространяющейся по реальной силовой линии.

Электродинамическая зависимость кинетической энергии фотоэлектрона W_e после преодоления потенциала U_b от переданной ему части или всей энергии W_v электромагнитной волны с частотой ν должна быть записана в виде

$$W_e = W_v - eU_b. \quad 22.45$$

В общем случае волновое возмущение, распространяющееся по силовой линии от источника, может быть поперечным по двум осям и продольным по оси распространения. Для объяснения фотоэффекта достаточно допустить, что волна, распространяющаяся по силовой линии, проходя через вещество, может передать электрону, свободному в пределах тела и находящемуся вблизи поверхности, всю энергию или некоторую часть. Если увеличение интенсивности падающего излучения происходит за счёт роста числа колеблющихся электронов в источнике при неизменной частоте и ам-

плитуде колебаний, то увеличивается число силовых линий, переносящих волновую энергию, но не энергия, переносимая каждой волной. При воздействии электромагнитного потока увеличивается число электронов в облучаемом теле, которым передается энергия волн.

Увеличение энергии электрона при заданной частоте волн возможно в двух случаях:

- когда увеличивается амплитуда волны,
- когда на электрон воздействуют одновременно и синфазно несколько волн.

Передача волной электрону импульса, произвольного наклона к поверхности, эквивалентна передаче ему всей или части волновой энергии, что может быть описано коэффициентом $k_d \leq 1$. В общем случае кинетическая энергия фотоэлектрона после выхода из тела определяется выражением (22.45), в котором энергия падающей электромагнитной волны W_v , согласно (13.4),

$$W_v = 4 k_d \frac{1}{n_e} \left(\frac{A}{r_1} \frac{v}{v_1} \right)^2 eU_1, \quad 22.46$$

A – амплитуда поперечной волны, v – частота падающих волн, n_e – число силовых линий у электрона.

Интенсивность потока фотоэлектронов должна зависеть также от угла прихода электромагнитных волн относительно плоскости поверхности материала и от плоскости поляризации волны.

в представлениях традиционной физики и реальной электродинамики.

	Традиционные представления	Представления реальной электродинамики
1	Электростатическое и гравитационное поля принципиально различны.	Электростатическое и гравитационное поля являются компонентами единого центрального поля
2	Гравитационное поле является следствием кривизны пустого пространства	Гравитационное поле является следствием несовпадения состояний нейтральности тела относительно протонов и электронов.
3	Магнитное поле - это самостоятельное, нецентральное поле	Магнитное поле - это центральное электрическое поле движущегося заряда.
4	Ядерные силы – особые, не сводящиеся к известным типам сил.	Ядерные силы – силы электростатического взаимодействия протонов с поляризованными нейтронами.
5	Слабое взаимодействие - самостоятельное, не сводящееся к другим взаимодействиям.	Слабое взаимодействие – следствие действия центральной силы отталкивания между протоном и электроном на близких расстояниях.
6	Сила центрального взаимодействия определяется произведением тождественных параметров: зарядов или масс .	Сила центрального взаимодействия частиц определяется произведением разных параметров поля и частицы.
7	Интенсивности центральных полей протона и электрона равны.	Интенсивности центральных полей протона и электрона пропорциональны их инертным массам.
8	Материя прозрачна для электростатического и гравитационного полей.	Материя не прозрачна для центральных статических полей.
9.	Значения зарядов абсолютны и постоянны. Они не зависят от внешних условий.	Значения и знаки зарядов относительны. Они зависят от плотности заряда среды.
10	Электричество сред и тел описывается законом Кулона и уравнением Пуассона без ограничений на масштаб .	Электричество сред и тел описывается уравнениями, учитывающими принцип близкого действия и непрозрачность материи для центрального поля.
11	Космическая среда и космические тела не содержат избыточных объёмных зарядов.	Космическая среда и космические тела (планеты, Солнце) содержат объёмные заряды.
12	Электродинамическое равновесие тела со средой устанавливается при равенстве нулю его заряда.	Электродинамическое равновесие тела со средой достигается при равенстве отношений плотностей зарядов и масс в теле и среде.
13	Заряд Земли – поверхностный. Земля с атмосферой и Солнце не содержат избыточных зарядов.	Земля и Солнце электрически заряжены в объеме. Заряд Солнца меняет знак каждые 11 лет.
14	Цикличность Солнца- следствие внутренних процессов.	Цикличность процессов на Солнце - следствие внешних процессов.
15	Магнитные поля Земли, Солнца, планет – следствие действия гидро-	Магнитные поля Земли, Солнца планет – следствие их объёмного заряжения.

	магнитного динамо.	
16	Протоны в космосе ускоряются при взаимодействии с изменяющимися магнитными полями.	Протоны в космосе ускоряются в квазистатическом электрическом поле.
17	Атомы элементов нейтральны и в космосе не ускоряются.	Атомы элементов имеют остаточные заряды и в космосе ускоряются.
18	Ненулевая температура космического водорода ($\sim 3,7^\circ\text{K}$) является следствием Большого Взрыва.	Ненулевая температура газа водорода в космосе является следствием ускорения атомов водорода в квазистатическом электрическом поле Галактики.
19	Энергия, излучаемая Солнцем и звёздами, восполняется энергией термоядерных реакций в недрах.	Энергия, излучаемая Солнцем и звёздами, восполняется через галактические волны плотности заряда.
20	Чёрные дыры – это объекты со сверхплотной массой.	Чёрные дыры – это ещё не вспыхнувшие растущие космические тела.
21	Тёмная материя – это непонятая материя.	Тёмная материя - это космос со средней плотностью массы.
22	Атмосферное электричество порождается метеорологическими процессами, т.е. является их следствием.	Атмосферное электричество – это следствие электрического взаимодействия Земли с космосом. Метеорологические процессы являются следствием электрического состояния атмосферы.
23	Причиной потеплений и похолоданий на Земле является парниковый эффект.	Вариации климата на Земле являются следствием изменения характеристик галактических волн плотности заряда..
24	Главной антропогенной причиной современного потепления атмосферы является рост концентрации CO_2 .	Главной антропогенной причиной современного потепления атмосферы является инъекция в атмосферу ионов с сетей ЛЭП и при горении.
25	Магнитосфера наполняется электронами через ее разомкнутые силовые линии «хвоста». Объёмный заряд магнитосферы равен нулю.	Приток в магнитосферу электронов происходит через радиальный ток Земля –космос. Магнитосфера содержит меняющийся избыточный заряд.
26	Ускорение ионов в зоне полярных сияний обусловлено действием гидромагнитного динамо в магнитосфере.	Ускорение ионов в зоне полярных сияний происходит вследствие потери магнитными оболочками эквипотенциальности при их деформации в солнечном ветре.
27	Нагрев земных недр осуществляется теплом ядерных реакций в земной массе и гидроагнитным динамо	Нагрев земных недр осуществляется токами суточного перераспределения заряда земной массы.
28	Шаровая молния является плазменным образованием.	Шаровая молния - газовая кристаллическая структура, в которой ионы разделены диполями молекул воды.
29	Атомы при релаксации испускают сгустки энергии - фотоны	При релаксации атомы испускают волны, распространяющиеся по реальным силовым линиям.
30	ЭДС индукции - это проявление свойств электромагнитного поля	ЭДС индукции – это проявление центрального поля движущихся зарядов.

31	ЭДС индукции пропорциональна скорости изменения силы тока в проводе.	ЭДС индукции пропорциональна силе тока в проводе.
32	Уравнения физики могут быть записаны в унитарной форме, пригодной для любой относительно движущейся системы отсчёта. Скорость света одинакова в любой системе отсчёта.	Записи физических законов действительны только в системе отсчёта, покоящейся в реальном пространстве. Унитарных записей законов для любых систем отсчёта не существует. Скорость света – константа в реализующемся пространстве.
33	Движение часимц со скоростью, превышающей скорость света, невозможно.	Движение частиц со скоростью, превышающей скорость света, возможно.
34	Временная ось четырёхмерного пространства - времени равноправна с пространственными.	Пространство и время - понятия различные. Пространство трёхмерно. Время отражает инерционные свойства элементов пространства.
35	Неоднородность пространства описывается коэффициентами Римана-Кристоффеля в неевклидовой геометрии Римана.	Неоднородность пространства описывается параметрами плотности и поляризуемости материальной среды.
36	Атомные процессы и состояния электрона в атоме определяются квантовыми условиями.	Атомные процессы и состояния электрона в атоме описываются классической электродинамикой с учётом конечности числа силовых линий его центрального поля.
37	Дискретность частот излучений атомов – отражение квантовой природы микромира.	Дискретность частот излучений атомов - следствие конечности числа силовых линий поля электрона.
38	Постоянная Планка является универсальной константой, на которой строится физика микромира	Постоянная Планка представляет собой комбинацию констант электродинамики.
39	Физика атома и микромира описывается квантовыми уравнениями Гейзенберга, Шредингера, де Бройля, Эйнштейна и другими.	Физика атома и микромира описывается уравнениями электродинамики с учётом реальности и конечного числа силовых линий центрального поля.
40	Монохроматическое излучение происходит во время перехода электрона между атомными уровнями. Частота излучения определяется разностью энергий уровней и не имеет ничего общего с частотой периодического движения электрона в атоме.	Монохроматическое излучение начинается после завершения электроном перехода между атомными уровнями. Частота излучения определяется частотой колебаний электрона на основном уровне.
41	Терм атома водорода $n = 2$ является самым внутренним, а $n = \infty$ - самым внешним. Число термов бесконечно.	Терм атома водорода $n = 2$ является самым внешним, а $n = n_{\max}$ - самым внутренним. Число термов конечно.
42	Положение и импульс электрона в атомной оболочке вычисляется с неопределённостью. Все электроны	Положения электронов в атомной оболочке могут определяться точно. Электроны могут покоиться, колебаться или вращаться.

	вращаются.	
43	Лазер работает по трёхуровневой квантовомеханической схеме.	Лазер работает по двухуровневой электродинамической схеме.
44	Нейтрон вне ядра нестабилен.	Нейтрон вне ядра стабилен.
45	Излучение тела создаётся электронами при переходах в атомных оболочках, т.е. дискретно. Спектральная плотность излучения описана формулой Планка	Излучение создаётся свободными электронами с максвелловским распределением по скоростям. Спектр сплошной. Описывается с учётом роста концентрации электронов с температурой..
46	Дифракция и интерференция волн при пролёте частиц через экран – свидетельство их корпускулярно - волнового дуализма.	Дифракция и интерференция волн при пролёте частиц через экран - следствие поляризации экрана в поле движущейся частицы.
47	При движении частицы возникает волна, описываемая квантовой зависимостью Де Бройля. Волна движется со скоростью частицы.	При движении частицы возникают две волны: одна – создаётся полем частицы и движется с ее скоростью, вторая – электромагнитная, создаваемая полями поляризованных атомов экрана.
48	Ядро представляет собой ансамбль нуклонов, связанных обменными силами Юкавы.	Ядро представляет собой ансамбль альфа-частиц связанных диполь - ионными или диполь – дипольными взаимодействиями.
49	Без внешних сил тело движется с постоянной скоростью.	Без внешних сил тело движется с замедлением, создаваемым силой собственного деформированного поля.
50	Поле движущейся частицы точно симметрично. Увеличение инертной массы движущейся частицы описывается формулой Лоренца. Значение массы может увеличиваться до бесконечности.	Поле движущейся частицы асимметрично. В деформированном поле изменяются поперечная и продольная инертные массы. Инертные массы всегда конечны.

Таблица физических констант, использованных в тексте.

Параметр		Значение в СИ	Единица в СИ	Значение в СГСЭ	Единица в СГСЭ
Скорость света	c	$2,99792458 \cdot 10^8$	м.с ⁻¹	$2,99792458 \cdot 10^{10}$	см.с ⁻¹
Элементарный заряд	e	$1,6021892 \cdot 10^{-19}$	Кулон	$4,803242 \cdot 10^{-10}$	ед. СГСЭ
Масса протона	m _p	$1,6726485 \cdot 10^{-27}$	кг	$1,6726485 \cdot 10^{-24}$	г
Радиус протона	r _p	$8,4184 \cdot 10^{-16}$	м	$8,4184 \cdot 10^{-14}$	см
Масса нейтрона	m _n	$1,6749543 \cdot 10^{-27}$	кг	$1,6749543 \cdot 10^{-27}$	г
Масса электрона	m _e	$9,109534 \cdot 10^{-31}$	кг	$9,109534 \cdot 10^{-28}$	г
Электрич. постоянная	ε ₀	8,854187817	Ф/м	1	ед. СГСЭ
Потенц. ионизации Н	U _н	13,61	Вольт	$4,537 \cdot 10^{-2}$	Ед. СГСЭ
Постоянная Планка	h	$6,626176 \cdot 10^{-34}$	Дж.с	$6,626176 \cdot 10^{-27}$	эрг.с
Частота Ридберга	R	$3,28984200 \cdot 10^{15}$	Гц	$3,28984200 \cdot 10^{15}$	Гц
Число Авогадро	N	$6,0220943 \cdot 10^{26}$	кмоль ⁻¹	$6,0220943 \cdot 10^{23}$	моль ⁻¹
Постоянная Больцмана	k _B	$1,380662 \cdot 10^{-23}$	Дж/град	$1,380662 \cdot 10^{-16}$	эрг/град
Магнитон Бора	μ _B	$9,274078 \cdot 10^{-24}$	Дж. /Тл	$9,274078 \cdot 10^{-21}$	эрг/ Гс
Магн.мом. электрона	μ _e	$9,284832 \cdot 10^{-24}$	Дж./Тл	$9,284832 \cdot 10^{-21}$	эрг/Гс
Ядерный магнетон	μ _n	$5,050824 \cdot 10^{-27}$	Дж./Тл	$5,050824 \cdot 10^{-24}$	эрг/Г ¹
Магн.момент протона	μ _p	$1,4106171 \cdot 10^{-26}$	Дж./Тл	$1,4106171 \cdot 10^{-23}$	эрг/Гс
Радиус Бора	r _B	$5,2917706 \cdot 10^{-11}$	м	$5,2917706 \cdot 10^{-9}$	см
Гравитационная пост.	G	$6,67428 \cdot 10^{-11}$	н.м ² .кг ⁻²	$6,67428 \cdot 10^{-8}$	дин.см ² .г ⁻²
Стефана –Больцмана к.	σ _{sb}	$5,67032 \cdot 10^{-8}$	Вт.м ⁻² К ^{о-4}	$5,67032 \cdot 10^{-5}$	г.с ⁻³ К ^{о-4}
Солнце					
Гравитирующая масса	M _s	$1,989 \cdot 10^{30}$	кг	$1,989 \cdot 10^{33}$	г
Радиус	r _s	$6,9598 \cdot 10^8$	м	$6,9598 \cdot 10^{10}$	см
Солн. пост. излучения		1370	Вт/м ² у Зем.	$1,37 \cdot 10^6$	эрг/см ² с
Плотность массы	ρ _s	$1,4 \cdot 10^3$	кг.м ³	1,4	г.см ⁻³
Период вращения	T _{sd}	29 суток у полю		29 суток	
Период Солн.. цикла	T _c	$7 \cdot 10^8$ (22,4 лет)	с	$7 \cdot 10^8$	с
Темпер.у поверхн. эфф	T _s ^о	~5.8.10 ³	°К	~5.8.10 ³	°К
Температ. фотосферы	T _s ^о	5.10 ³	°К	~5.10 ³	°К
Темпер. в солн. пятне	T _s ^о	4.6.10 ³	°К	4.6.10 ³	°К
Напр. магн. поля у пов.		~ 79,4	А/м	~ 1 (СГСМ)	Э (СГСМ)
Скорость на орбите		3.10 ⁵	м.с ⁻¹	3.10 ⁷	см.с ⁻¹
Земля. Масса	M _e	$5,977 \cdot 10^{24}$	кг	$5,975 \cdot 10^{27}$	г
Радиус	r _e	$6,378 \cdot 10^6$	м	$6,378 \cdot 10^8$	см
Плотность массы	ρ _e	$5,517 \cdot 10^3$	кг.м ⁻³	5,517	г .см ⁻³
Период вращения		$8,64 \cdot 10^4$	с	$8,64 \cdot 10^4$	с
Магнитный момент	μ _e	$8,3 \cdot 10^{22}$	А.м ²	$8,3 \cdot 10^{25}$ (СГСМ)	ед. СГСМ
Скорость орб. движения	v _e	$3 \cdot 10^4$	м.с ⁻¹	$3 \cdot 10^6$	см.с ⁻¹
Юпитер. Масса	M _J	$1,9 \cdot 10^{27}$	кг	$1,9 \cdot 10^{30}$	г
Радиус	r _J	$7,14 \cdot 10^7$	м	$7,14 \cdot 10^9$	см
Плотность массы	ρ _J	$1,24 \cdot 10^3$	кг.м ⁻³	1,24	г.см ⁻³
Период осевого вращен.	T _{jd}	$3,43 \cdot 10^7$	с	$3,43 \cdot 10^7$	с
Спутник Ио Б. полюсы орбиты	r _{olo}	$4,215 \cdot 10^8$	м	$4,215 \cdot 10^{10}$	см
Период обр. сидерич.	T _c	$1,52905 \cdot 10^5$	с	$1,52905 \cdot 10^5$	с
Орбит. Скорость ср.	v _{Io}	$1,7334 \cdot 10^4$	м с ⁻¹	$1,7334 \cdot 10^6$	см с ⁻¹
Ближайшая звезда Расстояние от Солнца		$4 \cdot 10^{16}$	м	$4 \cdot 10^{18}$	см
Галактика, Расст. от Солнца до ц.Г. Полуоси ядра, большая малая		$3 \cdot 10^{20}$ (9,74 кпс) $7,4 \cdot 10^{19}$ (2,4 кпс) $4,6 \cdot 10^{19}$ (1,5 кпс)	м м м	$3 \cdot 10^{22}$ $7,4 \cdot 10^{21}$ $4,6 \cdot 10^{21}$	см см см

Литература.

1. Аллен К.У. Астрофизические величины. Изд. Иностран. литература, 1960.
2. Бриллюэн Л. Новый взгляд на теорию относительности. - М.: Изд. "Мир". 1972. 142 с.
3. Бернал Дж. Наука в истории общества. - М.: Ин. Лит. 1956. С. 418.
4. Брандт Дж., Ходж П. Астрофизика солнечной системы. - М.: Мир, 1967. С. 127, 151.
5. Будыко М.И. Атмосфера Земли. / В кн.: Физическая энциклопедия. Т.1. 1988. - М.: Сов. энциклопедия. С.133.
6. Вильдермут К., Тан.Я. Единая теория ядра. - М.: Мир, 1980, 502 с.
7. Всехсвятский С.К. Природа и происхождение комет и метеорного вещества. - М.: Изд. Просвещение, 1967, 184 с.
8. Галактики. /В кн. Физика космоса. Под ред. С.Б. Пикельнера. - М.: Изд. Сов. Энциклопедия, 1976. С.80-98.
9. Гейзенберг В. Физика и философия. - М.: Наука, 1989, с.77.
10. Wilson O.C. Chromospheric variations in main - sequence stars. The Astrophysical J. 1978, Dec.1, 226, 379-396.
11. Деннис. А. Изменение погоды засевом облаков. - М.: «Мир». 1983. С.32.
12. Дорфман Я.Г. Всемирная история физики. - М.: Наука, 1979. С.184
13. Дорфман Я.Г. Всемирная история физики. - М.: Наука, 1979. С.253.
14. Красногорская Н.В. Электричество нижних слоев атмосферы и методы его измерения. - Л.: Гидрометеиздат, 1972. С.98.
15. Там же. С.147-149.
16. Креплин Р., Уокер А. Рентгеновское излучение солнечного спектра. В кн.: Поток энергии Солнца и его изменения. Под ред. О.Уайта. - М.: «Мир», 1980. С.47– 49.
17. Кэй Дж., Леби Т. Таблицы физических и химических постоянных. - М.: Физматлит., 1962. С.211.
18. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. - М.: Физматлит., 1963. С.14.
19. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. Т.2. - М.: Физматлит., 1960. С. 84.
20. Там же, с.111.
21. Лившиц М.А. Солнце. / Физика космоса. Под ред. С.Б.Пикельнера. - М.: 1976. Изд. Сов. Энциклопедия, 43-61.
22. Лободин Т.В. Определение средней напряженности электрического поля атмосферы для земного шара. Труды ГГО, 1977, вып. 350, 126 – 131.
23. Логунов А.А. Теория классического гравитационного поля. УФН, 1995, т.165, №2, 187-203.
24. Льюис М. История физики. - М.: «Мир». 1970. (Mario Gliozzi. Storia della fisica, V2. Toronto, 1965. С.43.
25. Там же. С. 140
26. Там же С. 150.
27. Там же. С. 210.
28. Там же С. 211
29. Там же. С. 248.
30. Там же. С. 265.
31. Там же. С. 276.
32. Там же. С. 286.
33. Там же. С. 314.
34. Там же. С. 335.
35. Там же. С. 433.
36. Мазин И.П., Шмидт С.М. Облака: строение и физика образования. - Л.: Гидромет-

издат.1983. 279 с.

37. Манеев А.К. К критике обоснования теории относительности.-Минск. Изд. АН.1960. 83 с. 31.
38. Мартынов Д.Я. Курс общей астрофизики.-М.: Наука,1971. С. 310-339.
39. Митчелл мл., Дж. М., Стоктон Ч.У., Меко Д.М. Доказательство 22-летнего ритма засух в западной части США, связанных с солнечным циклом Хейла начиная с XVII в. В кн. Солнечно – земные связи, погода и климат. -М.: Мир, 1982, 152 – 171.
40. Паркинсон У. Введение в геомагнетизм. – М.: Мир.1986. С.119.
41. Патенты РФ № 2060639, 1990 г; № 2034315, 1991 г. Устройства для создания объемного заряда в атмосфере.
42. Патент РФ. № 2198484, 2003. Устройство для ослабления воздействия воздушных линий электропередач на атмосферу.
43. Патент РФ № 2036577, 1995 г. Способ защиты территории от циклонов.
44. Патент РФ 2107428, 1998. Способ изменения температуры воздуха атмосферы.
45. Паули В. Теория относительности. – М.: Наука, 1983, 336 с.
46. Похмельных Л.А. О механизме регенерации положительных зарядов земной атмосферы. // В кн. Анализ современных задач в точных науках. –М.: Изд. УДН.1973. 149 –158.
47. Похмельных Л.А. Электричество Земли и Солнца, тепловой баланс земной атмосферы как следствие волн плотности заряда в космосе. Сб. ВИНТИ “Проблемы окружающей среды и природных ресурсов” ISSN 0235-5019, 2001, №10, 2-17.
48. Похмельных Л.А. Электростатика и гравитация как различные проявления общего центрального взаимодействия стабильных элементарных частиц. Ж. Прикл. физ., 2002, №1, С.24-31.
49. Похмельных Л.А. Аналитическое выражение для расчета ионизационных потенциалов элементов периодической системы. Ж. Прикл. физ., 2002, № 1, 5-24.
50. Похмельных Л.А., Парфенова Ю.Л. Ядерные силы как проявление электростатического взаимодействия нуклонов. Ж. Прикл. физ., 2002, № 4, 24-37.
51. Похмельных Л.А. Ослабление электростатического и гравитационного полей материей некоторые следствия. Ж. Прикл. физ., 2003, №1, 19-26.
52. Похмельных Л.А. Атмосферное электричество как проявление электрического взаимодействия Земли и Солнца с космосом. Ж. Прикл. физ., 2003, № 4, 34-43.
53. Похмельных Л.А. Соотношения электростатики с учетом ослабления электростатического поля материей. Ж. Прикл. физ., 2003, № 6, 38 – 45.
54. Похмельных Л.А. Магнетизм как проявление динамической компоненты центрального взаимодействия зарядов. Ж. Прикл. физ., 2004, №2, 11-19.
55. Похмельных Л.А. Выражение постоянных квантовой механики через константы электродинамики и нековановая модель атома водорода. Ж. Прикл. физ., 2005, №1, 21-30.
56. Похмельных Л.А. Эффекты неоднородности пространства и конечной скорости распространения электромагнитных волн.// Ж.Прикл. физ., 2005, №4, 22-31.
57. Похмельных Л.А. Атомная физика и квантовая механика в условиях выражаемости постоянной Планка через константы электродинамики. Сб. ВИНТИ ISSN 0235 – 5019. Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. 2006, № 6, 36-55.
58. Похмельных Л.А. Варианты выражения постоянной Планка через константы электродинамики и модель атома с колеблющимся электроном. Ж. Прикл. физ., 2006, №4, 10-18.
59. Похмельных Л.А. Способ измерения объемного заряда газа. Авт. свид. СССР.1982. № 930096.
60. Похмельных Л.А. Газовый кристалл и шаровая молния. // В сб.: Проблемы окружа-

- ющей среды и природных ресурсов. ВИНТИ. ISSN. 0235-5019. 2003, №2, 20-31.
61. Похмельных Л.А. Устройство для измерения вариаций плотности объемного заряда в среде. Авт. свид. СССР. 1982. № 999178.
 62. Салам А. Унификация сил. В сб. Фундаментальная структура материи. -М.: Мир, 1984. С. 173-203.
 63. Сидоренков Н.С. Атмосферные процессы и вращение Земли. -С.-П.: Гидрометеоиздат. 2002. 366 с.
 64. Справочник химика. Под ред. Б. П. Никольского, т.1, Изд.3, Л., Изд. Химия, 1971. С.171
 65. Стыро Б.И., Орлова Н.В. Об определении размеров частиц аэрозолей, полученных в сухом обеспыленном воздухе при распаде радона. Физика атмосферы и океана. 1971, т. VII, № 8, 917.
 66. Сыроватский С.И. Космические лучи.// Сб. Физика космоса. Под ред. С.Б. Пикельнера. Изд. Сов. энциклопедия. -М.: 1976, с.280.
 67. Таблицы физических величин. Под ред. И.К. Кикоина. -М.: Атомиздат. 1976, с.21.
 68. Там же. С. 31-32.
 69. Там же, С. 419.
 70. Там же. С. 445.
 71. Там же. С. 652.
 72. Там же. С. 654.
 73. Там же. С. 797 -798
 74. Там же. С. 825 -865
 75. Там же. С. 883
 76. Там же. С. 891.
 77. Там же. С. 876
 78. Там же. С. 905
 79. Там же. С. 996
 80. Физика космоса. Под ред. С.Б.Пикельнера, изд. Сов. энциклопедия. -М.: 1976, с.354.
 81. Франкфурт У.И. Специальная и общая теория относительности. -М.: Наука, 1968, с.35.
 82. Там же с.131-256.
 83. Там же с.183-184.
 84. Фельдман У., Асбридж Дж., Бейм С., Гослинг Дж. Солнечные плазма и магнитные поля. / В кн. Поток энергии Солнца и его измерения. -М.:Изд. Мир, 1980, 377- 412.
 85. Фрёлих К. Современные измерения солнечной постоянной // Поток энергии Солнца и его измерения. Под. Ред. О. Уайта. -М.:Мир, 1980. С.110-127.
 86. Чалмерс Дж. Атмосферное электричество. -Л.: Гидрометеоиздат, 1974. С. 149-175.
 87. Там же. С. 187.
 88. Там же. С. 374.
 89. Шпольский Э.В. Атомная физика. Т.1. -М.: Физматлитиздат. 1963, с.266.
 90. Там же. С. 273.
 91. Там же. С. 286.
 92. Там же. С. 289.
 93. Там же. С. 292.
 94. Там же. С. 294.
 95. Там же. С. 315.
 96. Там же. С. 439, 485.
 97. Там же. С. 459.
 98. Там же. С. 475.
 99. Там же. С. 479.

100. Там же. С. 482.
101. Там же. С. 489.
102. Эдди Дж. Интегральный поток солнечной энергии. / В кн.: Поток энергии Солнца и его изменения. Под ред. О. Уайта. -М.: «Мир», 1980, с. 32-36.
103. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. Т.1.-М.: Изд. Наука,1965, с.175.
104. Там же, с. 397-398.
105. Эрстед Г.Х. Опыты относящиеся к действию электрического конфликта на магнитную стрелку. В кн.: А.М. Ампер. Электродинамика, Л. 1954.
106. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике. -М.: Наука, Физматлит, 1996. С. 243
107. Там же. С 285.
108. Там же. С. 425.
109. Там же. С. 451.
110. Там же. С. 479.
111. Там же. С. 516.
112. Там же. С. 526 - 537.
113. Ajzenberg-Selove F. Nuclear physics (North Holland Publishing Co.Amsterdam), A490, 1(1988); A506,1(1990); A523,1(1991); A475,1(1987)
114. Berdyugina S.V., Usoskin I.G. Persistent active longitudes in sunspot activity: Sun-as-a star approach. In: Stars as Suns: Activity, Evolution, and Planets, IAU Symp. 219. 2004. Eds. A. Benz, A. Dupree. p. 128.
115. Bricard J. Action of radioactivity and pollution upon parameters of atmospheric electricity. Proc.of Third Intern. Conf. on Atmospheric and Space Electricity, Montreux, Switzerland, 1963./Problems of atmospheric and space electricity. Elsevier Publ. Co., Amsterdam – London - New York.1965, p. 82 .
116. Bruce C.E.R. The extension of atmospheric to space electricity. Proc. of Third Intern. Conf. on Atmospheric and Space Electricity, Montreux, Switzerland, 1963./ Problems of atmospheric and space electricity. Elsevier Publ. Co., Amsterdam – London - New York. 1965, pp. 576-586.
117. Klark J.F. The fair-weather atmospheric electric potential and its gradient. В кн.: L.G. Smith (Editor), Recent Advances in Atmospheric Electricity. Pergamon, Oxford, 1958, p.61-73.
118. Cox A. Geomagnetic reversals. Science, 1969, № 163, 237 – 245.
119. Endt P.M. Energy levels of A = 21-44 Nuclei. Nuclear physics, 1990, A521,1.Supplement, Nuclear physics 1988, A633,1.
120. Evaluated Nuclear Structure Data File (ENSDF) – a computer file of evaluated experimental nuclear structure data maintained by the National Nuclear Data Center, Brookhaven National Laboratory (file as of August, 1999).
121. Fewes A.P., Henshaw D.L., Wilding R.J., Keitch P.A. Corona ions from powerlines and increased exposure to pollutant aerosols. J.Radiant. biolo. 1999, V.75, No12, 1523-1531.
122. Greet C. Dijkhuis, Convectron N.V. A bibliography of ball lightning research 1970-1999 Terneuzen. Netherland.
123. Hubbins D.Theories of the geomagnetic and solar dynamos. Rev. Geophys. Space Phys. 1974. V12. 137.
124. Hatakeyama H. Atmospheric electricity research in the far east. / Problem of atmospheric And space electricity. Elsevier Publishing Co. Amsterdam – London - New York. 1965. p.17.
125. Jens C., Zorn J., George E., Chamberlain G., Vernon W., Hughes V. Experimental limits

- for the electro - proton charge difference and for the charge of the neutron. Phys. Rev. 1963.V.129. №6. 2566 – 2576.
126. Newton R.R. Ancient astronomical observations and acceleration of the Earth and Moon. // London: John Hopkins Press. 1970. 309 p.
 127. Morrison L.V. Rotation of the Earth from A.D.1663-1972 and the constancy of G.Nature, 1973, V.241, N5391, 519-520.
 128. Pokhmelnikh L.A. Geo - cosmic electric relations in electrostatic with E-field screening by matter./ Proceed. of I-st Int. Cong. on Geo-Cosmic Relations.Amsterdam.1989./ Geo-cosmic relations; the earth and its macro–environment. Pudoc. Wageningen. 1990. P. 327-335.
 129. Pokhmelnikh L.A. Theoretical problems of weather modification by ions.WMO Workshop on measurements of cloud properties for forecasts of weather and climate. Mexico City. 1997. 350- 352.
 130. Pudovkin M.,Veretenenko S. Cloudy decrease associated with Forbush decreases of Galactic cosmic rays. J. Atm. Terr. Phys., 1995, 57, 1349-1355.
 131. Sabert O.Jr., Grady B.N. Electrostatic precipitation. Marce Dekker Inc.NewYork - Basel. P.29-30.
 132. Sagalyn R.C., Faucher G.F. Aircraft investigation of the large ion contentand conductivity of the atmosphere and their relation to the meteorological factors. J.Atmosph. Ter. Phys., 1954,V.5, 253-272.
 133. Sapsford H.B. Influence of pollution on potential gradient in Apia. Terr. Magn. Atmos. Electr. 1937, 86, 399 - 405.
 134. Schonland B. F. G. Atmospheric electricity. 1953, 2nd Ed., Methuen,London. P. 95.
 135. Shaw J. Rapid changes in the magnitude of the archaeomagnetic field. Geophys. J. Roy. Astro. Soc., 1979, 58, 107 –116.
 136. Silberg P.A. A review of ball lightning.// Proc. of Third Intern. Conf. on Atmospheric and Space Eletricity. 1963. P.120.
 137. Stephenson F. R. Historical eclipses and earth’s rotation. Cambridge: Cambridge Univ.
 138. Swensmark H, Friis-Christensen.Variation of cosmic ray flux and global cloud coverage – a missing link in solar-climate relationship. J. Atmos. Solar Terr. Phys., 1997, 59, 1225.
 139. Tilley D.R., at al. Nuclear physics, A474,1(1987); A541,1(1992); A564,1 (1993). Endt P.M.Energy Levels of A= 21 – 44. Nuclei. Nuclear physics, A521, 1(1990). Supplement, Nuclear physics A633,1(1998).
 140. Tinsley B.A., Brown G.M., Sherrer P.H. J. Geophys. Res., 1989, V94, ND12. P.14783.
 141. Wilson C.T. The maintenance of the Earth’s electric charge. Observatory.1922, V.45, 122.
 142. Кропф А., Паул Н. Zs.Phys.,1974, V. 267, 129 .
 143. Ерозолимский Б.Г. Бета распад нейтрона. УФН, 1975, т.116, вып.1, 145-164.
 144. Григорьев В.К., Гришин А.П., Владимирский В.В., Николаевский Е.С.,Жарков Д.П., Ядерная Физика, 1967, 6, 329.
 145. Pollak H.N., Hurter S.J,Jonson J.R. Heat flow from the Earth’s interior. Reviews of Geophysics, 1993, 31(3), 267 – 280.
 146. Mühleisen R. Die luftelektrischen Elemente im Großstadtbereich. Z.Geophys. 1953, 29, 142-160.
 147. Похмельных Л.А. Экспериментальное исследование электризации воды и 0,5 нормального раствора NaCl при испарении. Труды ЦАО “Активные воздействия на облака и туманы”. Выпуск 142. –М.: Гидрометеиздат. 1980. 121-128.

Литературно-художественное издание

Лев.Александрович Похмельных

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОШИБКИ В ФИЗИКЕ
И РЕАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИКА**

Текст публикуется в авторской редакции

Сдано в набор 30.07.2012
Гарнитура «Таймс»
Формат 60X84/16. Бумага офсетная
Тираж 500 экземпляров. Заказ 368.

Отпечатано в ООО «ИПЦ “Маска”»
Москва, Научный проезд 20.
Тел.(495) 510-32-98
www.maska.su , info@maska.su