

В.А. Кулигин

**ГИМН МАТЕМАТИКЕ
ИЛИ
АВГИЕВЫ КОНЮШНИ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ
ФИЗИКИ**

2014

Оглавление

Предисловие.....	3
Глава 1. Скалярный потенциал и его свойства.....	4
Глава 2. Электромагнитная масса.....	7
Глава 3. Взаимодействие.....	12
Глава 4. Причинность.....	15
Глава 5. Взаимодействие зарядов.....	27
Глава 6. Чудеса с уравнениями Максвелла.....	43
Глава 7. Копаемся в мусоре калибровок.....	49
Глава 8. Токи и заряды.....	56
Глава 9. Преобразование Галилея.....	71
Заключение.....	86

Предисловие

Идея этой книги родилась после ряда дискуссий на форумах ФИАНа. Там обсуждалась тема о наличии или отсутствии в уравнениях Максвелла мгновенного действия на расстоянии.

В дискуссии участвовало немного людей, желающих высказать свое мнение. В основном активно участвовал автор этой работы, а также его оппоненты В. Морозов и В. Онучин, которым я благодарен за полезное обсуждение.

Я не буду излагать ход дискуссий. Это не столь важно. Важно другое. У меня родилась мысль, в процессе обсуждения, посмотреть исторически на формирование уравнений Максвелла. Это было бы интересно и полезно. Материалов, полученных группой Анализ, было более, чем достаточно. Важно было найти логическую цепь, выстраивая которую можно было бы добыть интересные результаты.

На наш взгляд это сложилось, и я благодарю участников группы Анализ (Корнева М., Кулигина Г.) за поддержку идеи и помощь в подготовке материалов.

При написании рукописи я опирался на материалистический принцип кумулятивного характера знаний, на преемственность знаний. Для меня, например, оказалось очень важным и неожиданным, что принципы Н.Бора (принцип соответствия, принцип дополнительности) в их современной формулировке нацелены не на разрешение противоречий, а на то, чтобы их скрыть. Бор не единственный, кто, заблуждаясь, (в отличие от Р.Фейнмана) старался создать иллюзию физики, как целостной науки, а не как сумму различных теорий, плохо согласующихся между собой.

Математика и аналитическая механика позволили расставить идеи по своим местам. Я рад, что, в общем, получилась достаточно цельная картина не только внутренних связей в электродинамике с ее нерешенными проблемами, но и связи ее с другими разделами физики от КЭД до космологии. Важно, что было обнаружено немало ошибок, часть которых удалось исправить.

Я не буду особенно протестовать, если современную физику некоторые сравнят с «лженаукой». Это и верно, и ошибочно. Физика, как и все области знания, не есть догма. Физика это вечно продолжающийся процесс познания, процесс накопления знаний и исправления ошибок. В физике есть **Ученые**, которые продвигают науку вперед, и есть **учОные**, кто считает все выходящее за рамки учебников «лженаукой» или подменяют физическую науку фантазиями. Именно последние тормозят научный прогресс, преследуя любое инакомыслие в науке. Я полагаю, читатели сами разберутся: кто есть кто?

Автор

Глава 1. Скалярный потенциал и его свойства

- 1.1 Мгновенное действие.
- 1.2 Особенности потенциала.
- 1.3 Свойства непрерывных полей.

1.1 Мгновенное действие.

Мы будем рассматривать свойства скалярного потенциала, не придерживаясь стандартных подходов. Мы не будем предварительно вводить какие-либо гипотезы или опираться на эксперименты, чтобы подтвердить правильность наших выводов. Вся информация заложена в уравнении Пуассона для потенциала. Известно, что скалярный потенциал удовлетворяет уравнению Пуассона. Этого достаточно. Математика сама предоставит нам результаты.

Что такое результаты эксперимента? Это несколько точек на графике, через которые экспериментатор проводит отрезок кривой линии. И все. Всегда имеет место погрешность измерений, снижающая достоверность результатов. Экстраполяция, т.е. продление кривой за пределы измерений, имеет гипотетический характер. Это информация для размышления тем, кто ставит эксперимент превыше всего. Роль эксперимента мы обсудим позже.

Иное дело математическая формула. Она точна и позволяет получить много интересных следствий, не прибегая к экспериментам. Причина в том, что формула, как правило, описывает некоторую **модель** реальности, т.е. в математическом описании уже заложены основные свойства модели. Именно отсюда мы черпаем важную информацию, анализируя математическое описание модели.

Конечно, **учОные** «легко» опровергнут это, утверждая, что такая модель может противоречить эксперименту. Безусловно. Любая модель справедлива в границах своей применимости, которые определяются только посредством экспериментов. Но внутри границ применимости мы прекрасно обойдемся без эксперимента.

Итак, скалярный потенциал заряженной частицы ϕ является всегда мгновенно действующим! Знающие **учОные** сразу же обвинят нас в некомпетентности, невежестве и т.д. «Действительно, - скажут они, - ведь всем **учОным** (кроме вас, разумеется!) хорошо известно, следующее:

Пусть имеем волновое уравнение $\Delta\phi - \frac{\partial^2\phi}{\partial t^2} = -\frac{\rho}{\epsilon}$. Если $c \rightarrow \infty$, тогда имеем $\Delta\phi^* = -\frac{\rho}{\epsilon}$, т.е.

вместо волнового уравнения мы имеем уравнение Пуассона. Соответственно, решение волнового уравнения (запаздывающий потенциал ϕ) неизбежно должно переходить в решение уравнения Пуассона ϕ^* (мгновенное действие на расстоянии)».

Формальная сторона доказательства, кажется, соблюдена. Но есть «заковырка». Как известно скорость света равна $c = (\epsilon\mu)^{-1/2}$. Условие $c \rightarrow \infty$ неразрывно с хотя бы одним из условий: $\epsilon \rightarrow 0$; $\mu \rightarrow 0$. Но в этом случае вся квазистатическая электродинамика разрушается! Таким образом, с физической точки зрения предельный переход $c \rightarrow \infty$ является недопустимым.

Итак, мы утверждаем, что мгновенное действие на расстоянии *имеет место быть* в классической электродинамике! А как же с преобразованием Лоренца? Просим **учОных** не волноваться: мы уже «уговорили» преобразование Лоренца «принять в свои объятия» мгновенное действие на расстоянии [1].

1.2 Особенности потенциала.

Чтобы не возникало недоразумений, мы обязаны выполнить рутинную часть: дать некоторые определения.

Материальный объект может иметь особое **качество**, которое проявляется во взаимодействии с другими материальными объектами. Это качество – электрический заряд. Он, как известно, может быть положительным или отрицательным. Тело иногда может вовсе не обладать зарядом.

Заряженное тело в обиходе именуют «зарядом». Это терминологическая неточность, но она сложилась давно и не нам ее отменять. Важно то, что заряд без носителя существовать не может!

Покоящееся заряженное тело создает вокруг себя электростатическое поле (пропорциональное заряду), которое обладает энергетическими и силовыми свойствами. Это есть образная физическая **модель** (как отражение фрагмента реальности), позволяющая нам дать умозрительное представление (на основе аналогии) и нарисовать картину физических явлений и процессов взаимодействия.

Потенциал поля это энергетическая характеристика поля **покоящегося** заряда в некоторой точке пространства. Он численно равен работе, которую мы должны совершить, чтобы переместить пробный (единичный, положительный, точечный) заряд из бесконечности в данную точку пространства. В этом определении важны все детали.

Напряженность электрического поля неподвижного заряда в некоторой точке пространства есть силовая характеристика поля. Она численно равна силе, которая будет действовать на пробный (единичный, положительный, точечный) заряд, **покоящийся** в данной точке пространства **в системе отсчета наблюдателя**. Выделенное курсивом, как будет показано, весьма важный момент. Отсутствие слова «покоящийся» привело к противоречиям и позволило релятивистам сделать вывод об «ошибочности» классических представлений.

В физике имеет место **закон сохранения заряда**. Точечный заряд не «расползается» в пространстве, поэтому $\operatorname{div} \mathbf{v} = 0$, где \mathbf{v} есть скорость точечного заряда. Помимо этого, если покоящийся заряд вращается вокруг своей оси, вокруг него не возникает движения скалярного потенциала и, соответственно, магнитного поля.

При движении заряда поле движется только **поступательно**. При поступательном движении некоторого тела (или поля) все точки тела имеют один и тот же вектор скорости. Тело не совершает вращательного движения относительно своего центра масс.

Теперь, закончив формальную сторону, мы можем насладиться математикой.

1.3 Свойства непрерывных полей.

Рассматривая условно потенциал как некую «среду» мы можем использовать результаты механики сплошных сред [2].

Первое, что мы можем использовать – уравнение непрерывности скалярного потенциала

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + \operatorname{div} \mathbf{v} \phi = 0$$

Это известное уравнение. Мы можем ввести векторный потенциал \mathbf{A}

$$\mathbf{A} = \phi \mathbf{v} / c^2; \quad \frac{1}{c^2} \frac{\partial \phi}{\partial t} + \operatorname{div} \mathbf{A} = 0$$

Для точечного заряда все точки потенциала ϕ имеют всегда одну и ту же скорость.

Второе – мы можем использовать уравнение сохранения векторных трубок и их интенсивности. Для некоторого произвольного вектора \mathbf{a} это уравнение имеет вид:

$$\frac{\partial \mathbf{a}}{\partial t} + \mathbf{v} \operatorname{div} \mathbf{a} + \operatorname{rot}[\mathbf{a} \times \mathbf{v}] = 0$$

Если положим, что $\mathbf{a} = -\operatorname{grad} \phi$ имеем

$$\frac{\partial \operatorname{grad} \phi}{\partial t} + \mathbf{v} \Delta \phi + \operatorname{rot}[\operatorname{grad} \phi \times \mathbf{v}] = 0$$

Если мы учтем точечный характер заряда и используем для обозначений векторный потенциал, то получим следующее уравнение

$$\operatorname{rot} \mathbf{H} = \varepsilon \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + \mu \mathbf{j} \quad \text{где: } \mathbf{H} = \operatorname{rot} \mathbf{A}; \quad \mathbf{E} = -\operatorname{grad} \phi; \quad \mathbf{j} = \rho \mathbf{v}$$

При движении скалярного поля относительно неподвижного наблюдателя наблюдатель обнаружит «добавку» к напряженности поля. Эта добавка есть сторонняя ЭДС и,

соответствующая ей, напряженность стороннего поля $\mathbf{E}_{cm} = -\frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t}$. Сторонней она

является потому, что она не может быть заменена градиентом потенциала электростатического поля, т.е. она не имеет электростатического происхождения. Сторонняя ЭДС есть результат движения поля скалярного потенциала относительно покоящегося пробного заряда в системе отсчета наблюдателя.

Можно записать еще одно тождество

$$\operatorname{rot}(\mathbf{E} + \mathbf{E}_{cm}) = -\mu \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t}$$

В его справедливости можно убедиться, подставив соответствующие потенциалы. Итак, используя только математику, мы получили систему уравнений квазистатической электродинамики. Вот она:

$$\operatorname{rot} \mathbf{H} = \varepsilon \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + \mu \mathbf{j}$$

$$\operatorname{rot}(\mathbf{E} + \mathbf{E}_{cm}) = -\mu \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t}$$

$$\operatorname{div} \mathbf{E} = -\frac{\rho}{\varepsilon} \quad \text{и} \quad \operatorname{div} \mathbf{H}_{cm} = 0$$

$$\text{где: } \mathbf{E} = -\operatorname{grad} \phi \quad \mathbf{E}_{cm} = -\frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t}; \quad \mathbf{H}_{cm} = \operatorname{rot} \mathbf{A}$$

Вы можете указать отличия от обычных уравнений Максвелла? Прекрасно. Итак, используя математику как инструмент познания и сняв с физики совковую лопатой математики слой навоза, мы получили важные и интересные результаты (без каких-либо уникальных экспериментов!).

Список литературы

1. Кулигин В.А., Корнева М.В., Кулигина Г.А. Анализ ошибок и заблуждений в современной электродинамике. [ISBN-13:978-3-659-32667-7; ISBN-10: 3659326674; EAN: 9783659326677]. LAP, Berlin. 2012.
2. Кочин Н.Е. Векторное исчисление и начала тензорного исчисления, Наука, М. 1963

3. Глава 2. Электромагнитная масса

- 2.1 Закон Умова
- 2.2 Закон Умова и закон Пойнтинга
- 2.3 Уравнение баланса кинетической энергии (закон Ленца)
- 2.4 Баланс энергии элемента тока

2.1 Закон Умова

Если вы любите математику, то несомненно вы получили наслаждение. Тогда вы настоящий исследователь. Если же не получили, вы – очень **учОный**.

В предыдущей главе легко прослеживалась связь между непрерывной средой и полем скалярного потенциала. Еще в конце 19 столетия великий ученый и материалист Томсон высказал идею об электромагнитной природе материи. Для этого, как мы увидим, у него были веские основания. От решения этой проблемы был недалеко русский ученый Умов, сформулировавший свой закон сохранения энергии. Но психологический климат в науке был таков, что ученые не заметили много интересного, наплодив много ненужного, псевдонаучного мусора.

Мы дадим доказательство закона Умова для поля заряженной частицы. Итак, вновь будем наслаждаться математикой!

Доказательство.

Пусть некоторый потенциал ϕ создается источником поля с обильностью ρ/ϵ . Запишем интеграл I .

$$I = \frac{1}{2} \int \rho \frac{\partial \phi}{\partial t} dV = -\frac{\epsilon}{2} \int \Delta \phi \frac{\partial \phi}{\partial t} dV \quad (2.1.1)$$

где dV – элемент объема.

Используя теорему Гаусса, преобразуем интеграл I .

$$I = -\frac{\epsilon}{2} \oint \frac{\partial \phi}{\partial t} \text{grad} \phi \mathbf{n}^0 d\sigma + \frac{\epsilon}{4} \int \frac{\partial}{\partial t} (\text{grad} \phi)^2 dV \quad (2.1.2)$$

где: $d\sigma$ – элемент поверхности; \mathbf{n}^0 – единичная нормаль к поверхности.

С другой стороны мы можем представить уравнение (2.1.1) в следующей форме.

$$I = -\frac{\epsilon}{2} \oint [\text{grad} \phi \times [\mathbf{v} \times \text{grad} \phi]] \mathbf{n}^0 d\sigma - \frac{\epsilon}{4} \int \frac{\partial}{\partial t} (\text{grad} \phi)^2 dV \quad (2.1.3)$$

Приравнявая уравнения (2.1.2) и (2.1.3), получим после несложных перестановок:

$$\oint \mathbf{S}_u \mathbf{n}^0 d\sigma + \int \frac{\partial w_e}{\partial t} dV = 0 \quad (2.1.4)$$

где: \mathbf{S}_u – плотность потока вектора Умова

$$\mathbf{S}_u = \frac{\epsilon}{2} \left\{ -\frac{\partial \phi}{\partial t} \text{grad} \phi + [\text{grad} \phi \times [\mathbf{v} \times \text{grad} \phi]] \right\} = w_e \mathbf{v} \quad (2.1.5)$$

$w_e = \frac{\epsilon}{2} (\text{grad} \phi)^2 = \mu_e c^2$ (2.1.6) – плотность энергии поля заряда: μ_e – плотность электромагнитной массы.

Уравнение (2.1.4) есть интегральная форма закона сохранения энергии **Умова**, который был опубликован им [1] еще в 1874 для механики сплошных сред.

Очевидно уравнения (2.1.5) и (2.1.6) прекрасно соответствуют соотношениям механики Ньютона. Используя этот результат, мы можем дать корректное вычисление электромагнитной массы, которое устраняет трудности в рассмотренных ранее примерах. Полученные соотношения справедливы для зарядов **произвольной** формы.

$$m_e = \frac{1}{c^2} \int w_e dV = \int \mu_e dV; \quad \mathbf{P}_e = \frac{1}{c^2} \int \mathbf{S}_e dV; \quad \mathbf{P}_e = m_e \mathbf{v}$$

Что касается вектора Пойнтинга, то его неприменимость для подобных задач очевидна.

2.2 Закон Умова и закон Пойнтинга

Так по какой причине вектор Пойнтинга оказался непригодным для вычисления электромагнитной массы? Нам нужно «посчитать».

Пусть движущийся со скоростью \mathbf{v} заряд имеет поле \mathbf{E} . Тогда магнитное поле \mathbf{H} , создаваемое им, равно $\mathbf{H} = \epsilon \mathbf{v} \times \mathbf{E}$. В результате вектор Пойнтинга равен

$$\mathbf{S}_p = [\mathbf{E} \times \mathbf{H}] = \epsilon(\mathbf{vE}^2 - \mathbf{E}(\mathbf{vE}))$$

Если заряд движется вдоль оси x , то мы получим:

$$S_p = \epsilon \left[\left(\frac{\partial \phi}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial \phi}{\partial z} \right)^2 \right] y_x$$

Различие очевидно.

1. В потоке вектора Пойнтинга отсутствует продольная составляющая поля скалярного потенциала $\left(\frac{\partial \phi}{\partial x} \right)^2$.
2. Отсутствует коэффициент $\frac{1}{2}$ при плотности энергии поля, как требует классическая физика. Плотность энергии поля заряда, как известно, равна

$$w = \frac{\epsilon}{2} \mathbf{E}^2 = \frac{\epsilon}{2} \left[\left(\frac{\partial \phi}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial \phi}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial \phi}{\partial z} \right)^2 \right]$$

Это количественные отличия. Но есть и качественные. Поток Умова всегда связан с движением потенциала поля заряда и пропорционален скорости заряда. Поток движется синхронно с зарядом. Вектор Умова описывает конвективный перенос энергии.

Поток Пойнтинга описывает излучение (диссипацию) энергии, которая всегда уходит от источника (теряется). Излучившись, поток Пойнтинга уже не зависит от источника излучения. Скорость потока энергии излучения равна скорости света.

2.3 Уравнение баланса кинетической энергии (закон Ленца)

Теперь мы докажем другой важный результат. Мы получим уравнение баланса кинетической энергии для поля заряда. Вряд ли вызовет сомнение факт, что электромагнитное поле обладает **кинетической энергией**. Наличие электромагнитного импульса поля свидетельствует об этом. Однако мы приведем доказательство, чтобы дать полную картину явлений.

Сначала мы рассмотрим физическую модель кинетической энергии поля заряда. Если на заряд действуют внешние силы, заряд ускоряется, и кинетическая энергия поля заряда увеличивается.

Ускоренное движение заряда мы можем рассматривать как прыжок (переход) заряда из одной **сопутствующей инерциальной системы** отсчета в другую. Сопутствующая и ускоренная системы отсчета имеют равные скорости в бесконечно малом интервале времени.

Электрическое поле $\mathbf{E} = -\text{grad}\phi$ в сопутствующей системе не зависит от времени и векторный потенциал \mathbf{A} равен в ней нулю. Ускоренное движение заряда возбуждает добавочное электрическое поле \mathbf{E}' , которое обусловлено изменением векторного потенциала \mathbf{A} во времени. Это поле мы не можем рассматривать как пренебрежимо малую величину. В сопутствующей системе отсчета оно равно:

$$\mathbf{E}' = -\frac{1}{2} \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} = -\frac{\phi}{2c^2} \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} \quad (2.3.1)$$

Подчеркнем различие стороннего поля \mathbf{E}_{cm} от поля \mathbf{E}' . Стороннее поле возникает для неподвижного наблюдателя при движении заряда мимо него, а поле \mathbf{E}' рождается при ускорении заряда и воздействует на сам заряд, обуславливая электромагнитную инерцию.

Пусть плотность мощности, которая идет на ускорение точечного заряда, равна:

$$p_k = -\rho \mathbf{v} \mathbf{E}' = \mu_e \frac{\partial \mathbf{v}^2}{\partial t} \quad (2.3.2)$$

где μ_e – плотность электромагнитной массы.

Эта мощность не зависит от выбора инерциальной системы отсчета в механике Ньютона. Теперь мы должны описать эту модель математически.

Доказательство закона Ленца.

Для доказательства **закона Ленца** воспользуемся формулой Грина для векторного потенциала.

$$\int \mathbf{E} \Delta \mathbf{M} dV = \oint (\mathbf{E} \text{div} \mathbf{M} + \mathbf{E} \times \text{rot} \mathbf{M}) \mathbf{n}^0 d\sigma - \int (\text{div} \mathbf{E} \text{div} \mathbf{M} + \text{rot} \mathbf{E} \text{rot} \mathbf{M}) dV$$

где: \mathbf{E} и \mathbf{M} – вектора двух некоторых полей.

Пусть $\mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{A}}{2\partial t}$ будет полем, которое создается ускоренным зарядом, а $\mathbf{M} = \mathbf{A} / \mu$. В этом случае мы автоматически получаем уравнение баланса кинетической энергии в стандартной форме (закон сохранения энергии Ленца):

$$\text{div} \mathbf{S}_k + \frac{\partial w_k}{\partial t} + p_k = 0 \quad (2.3.3)$$

где:

$$\text{а) } p_k = -\frac{1}{2} \mathbf{j} \cdot \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} = \frac{\partial \mathbf{j} \mathbf{A}}{\partial t} \quad (2.3.4)$$

это плотность мощности, которая изменяет кинетическую энергию заряда;

$$\text{б) } w_k = \frac{1}{4\mu} [(\text{div} \mathbf{A})^2 + (\text{rot} \mathbf{A})^2] \quad (2.3.5)$$

Легко видеть, что $w_k = \frac{\mathbf{v}^2}{2c^2} \frac{\epsilon}{2} (\text{grad} \phi)^2 = \frac{w_e \mathbf{v}^2}{2c^2} = \mu_e \frac{\mathbf{v}^2}{2}$

Выражение (2.2.5) есть плотность кинетической энергии поля заряда.

$$в) \mathbf{S}_k = -\frac{1}{2\mu} \left[\frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} \operatorname{div} \mathbf{A} + \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} \times \operatorname{rot} \mathbf{A} \right] \quad (2.3.6)$$

это плотность потока кинетической энергии (плотность потока вектора Ленца).

Выражение (2.3.3) представляет собой закон сохранения, который, по сути, является математическим выражением **правила Ленца**. В следующем параграфе мы проиллюстрируем этот закон примером.

2.4 Баланс энергии элемента тока

Теперь предстоит проиллюстрировать выражение для баланса кинетической энергии на примере. В квазистатической электродинамике векторный потенциал элемента тока определяется выражением:

$$d\mathbf{A} = \mu \frac{I(t)d\mathbf{l}}{4\pi r} \quad (2.4.1)$$

Подставляя выражение (2.4.1) в уравнения (2.3.5) и (2.3.6), мы можем записать такие результаты:

1. Плотность кинетической энергии элементарного тока равна:

$$d^2 w_k = \frac{\mu}{2} \left(\frac{I(t)d\mathbf{l}}{4\pi r^2} \right)^2 \quad (2.4.2)$$

Распределение плотности кинетической энергии обладает радиальной симметрией.

2. Плотность потока кинетической энергии (вектор Ленца), окружающего элементарный ток, равна:

$$d^2 \mathbf{S}_k = \mathbf{r} \frac{\partial}{\partial t} d^2 w_k \quad (2.4.3)$$

Теперь нам следует обсудить характерные особенности плотности потока кинетической энергии $d^2 \mathbf{S}_k$.

Изменение плотности кинетической энергии $d^2 w_k$, окружающей элемент тока, связано с плотностью потока кинетической энергии $d^2 \mathbf{S}_k$. Плотность потока $d^2 \mathbf{S}_k$, в свою очередь, зависит от изменения квадрата силы тока I^2 во времени. Если величина тока (независимо от его направления) увеличивается, плотность потока кинетической энергии $d^2 \mathbf{S}_k$ **положительна** и $d^2 \mathbf{S}_k$ направлена **вдоль радиуса**. Она увеличивает энергию поля векторного потенциала, окружающего элемент тока.

Если же ток уменьшается, тогда плотность потока движется **в обратном направлении**, т.е. направлена к этому элементу тока. Поток Ленца стремится поддержать и сохранить величину тока в этом элементе. При любом изменении величины тока **потери на излучение отсутствуют**.

Заметим, что плотность потока $d^2 \mathbf{S}_k$ уменьшается в пространстве по мере удаления от элемента тока как $1/r^3$.

Когда происходит изменение тока, плотность потока кинетической энергии возникает одновременно во всех точках пространства безо всякого запаздывания, т.е. **мгновенно**.

В противовес вектору Умова, который описывает **конвективный** перенос энергии зарядом, движущимся со скоростью v , плотность потока Ленца существует только **при ускоренном движении** заряда (при изменении тока).

Электрическое поле, равное $\mathbf{E}' = -\frac{1}{2} \partial \mathbf{A} / \partial t$, определяет инерцию, т.е. величину силового **противодействия** ускорению заряда (противо-ЭДС). Мы можем рассматривать его как напряженность электрического поля (ЭДС самоиндукции).

Поток Ленца никак не может быть следствием вектора Пойнтинга хотя бы по тому, что поток Ленца описывает не только движение энергии в пространство от источника, но и обратное движение энергии к источнику, если обильность источника уменьшается. Ну как тут не похвалить математику!

Теперь нам необходимо описать взаимодействие электрических зарядов. Это можно будет сделать, когда мы «расчистим проход» в Авгиевых конюшнях теоретической физики. Очень **учОные** здесь так «наследили», что потребуется бульдозер с самосвалом.

Ниже нам придется рассмотреть не математические формулы, а модели взаимодействия и причинности, чтобы двигаться далее.

Список литературы

1. N.A. Umoff (Umov) Beweg – Gleich. d. Energie in contin. Korpern, Zeitschrift d. Math. and Phys. V. XIX, Schломilch. 1874.

Глава 3. Взаимодействие

3.1 Скорость распространения взаимодействий

3.2 Контактное взаимодействие

3.1 Скорость распространения взаимодействий

Прежде, чем переходить к дальнейшему анализу, нам необходимо определить свое отношение к мгновенному действию на расстоянии. В настоящее время существует термин «**скорость распространения взаимодействий**». Причиной его появления послужил предрассудок: для передачи характеристик взаимодействия необходим некий «посредник». Процитируем БСЭ:

*«**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ** в физике, воздействие тел или частиц друг на друга, приводящее к изменению состояния их движения. В механике Ньютона взаимное действие тел друг на друга количественно характеризуется силой. Более общей характеристикой **В.** является потенциальная энергия. Первоначально в физике утвердилось представление о том, что **В.** между телами может осуществляться непосредственно через пустое пространство, к-рое не принимает никакого участия в передаче **В.**; при этом **В.** перемещается мгновенно.... В этом состояла т.н. **концепция дальнего действия**...».*

Заметим, что взаимодействие характеризуется не «потенциальной энергией». Оно имеет две стороны, две грани: силовое взаимное влияние и энергетическое (энергия взаимодействия). Продолжим:

*«...Было **доказано**, что **В.** электрически заряженных тел осуществляется **не мгновенно** и перемещение одной заряженной частицы приводит к изменению сил, действующих на др. частицы, не в тот же момент, а лишь спустя конечное время. ... Соответственно имеется «**посредник**», осуществляющий **В.** между заряженными частицами. Этот посредник был назван электромагнитным полем. Возникла новая концепция – **концепция ближнего действия**, к-рая затем была распространена на любые другие **В.**»*

Ерничая, можно привести следующий пример. На празднике пьяный Вася «въехал» кулаком в ухо Пете. Обиженный Петя «треснул» Васю кулаком по носу. Опираясь на БСЭ, можно сделать следующие выводы:

1. «Посредниками» при «взаимодействии» Пети и Васи являются их кулаки. С их помощью «переносится» взаимодействие.
2. Скорость перемещения «посредника» (кулак) конечна и не может превышать скорость света в вакууме (как «было доказано»!).

На самом деле взаимодействие есть **процесс**, который характеризуется одновременным **взаимным** изменением характеристик состояний взаимодействующих материальных объектов. Элементарное взаимодействие локализовано в малой области пространства и существует в очень малом интервале времени. Полное взаимодействие складывается из суммы элементарных. Взаимодействие это **взаимное действие**, которое нельзя отрывать от взаимодействующих объектов.

Взаимодействие **не материальный объект**, а взаимный процесс. Оно не имеет своих параметров таких, как, например, «масса», и т. п. Это не волейбольный мяч, который «прыгает» через сетку от одной команды к другой. По этой причине говорить о «пространственной скорости распространения взаимодействия», беспредметно. «Скорость распространения взаимодействия» - **бессодержательное** понятие. Можно говорить об

интенсивности взаимодействия, о скорости течения процесса во времени, но не о «скорости его распространения».

Приведем пример. Пусть имеются два заряда. Один из зарядов начал двигаться. От него распространяется возмущение (волна). Второй заряд «почувствует» это возмущение только тогда, когда возмущение его достигнет. Существует ли взаимодействие второго заряда с этим возмущением, если это возмущение еще только *распространяется* и не достигло второго заряда? О какой «скорости распространения взаимодействий» можно говорить, если взаимодействие еще **не наступило**? Взаимодействие с волной наступит только тогда, когда возмущение достигнет второго заряда. Оно локально. Это взаимодействие заряда с подошедшей волной!

Отождествление процесса распространения волны и «распространения взаимодействия» есть следствие философской несостоятельности (философского невежества).

И последнее. Взаимодействие имеет *сущностный* объективный характер. Иными словами, **взаимодействие** не зависит от воли наблюдателя, его расположения в пространстве и т.д. Позже мы покажем точки различия между явлением и сущностью. Неумение различать эти категории в физике и в жизни породило философский махизм и физический махизм (СТО).

3.2 Контактное взаимодействие

Помимо «волновых» взаимодействий (взаимодействие заряда и волны) в физике существуют «контактные» взаимодействия. Примером может служить столкновение бильярдных шаров. При таком взаимодействии (соударении) имеет место «точечный» контакт. Нам представляется, что взаимодействия мгновенного характера тоже можно отнести к контактному типу.

Представьте себе, что с горки спускается платформа, и после разгона упруго ударяет другую, стоящую на ее пути. Такое соударение относится к «точечному» контактному типу. Теперь поместим между тележками упругую пружину. Если пружина обладает массой, то при ударе движущейся тележки по пружине вдоль пружины будет распространяться волна сжатия. Скорость этой волны будет зависеть от жесткости и массы пружины.

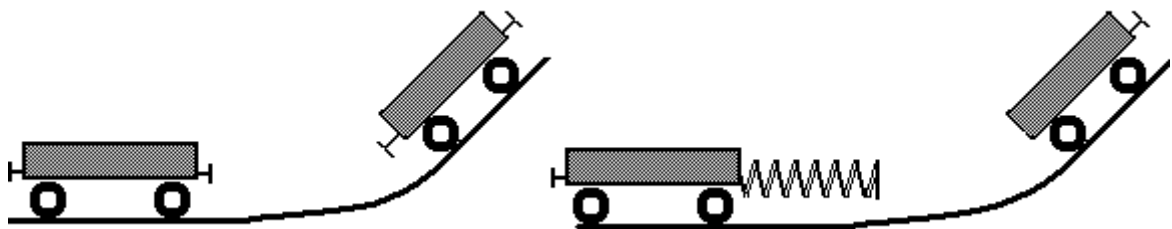


Рис. 3.1. Столкновение тележек

Допустим теперь, что масса пружины равна нулю. В пределе скорость распространения волны от движущейся тележки к неподвижной и обратно будет бесконечной. Такое соударение уже не будет «точечным», поскольку тележки разделены пружинкой. Однако взаимодействие сохранит свой контактный характер. Такое взаимодействие мы назвали контактным взаимодействием объемного типа.

Теперь можно рассмотреть случай взаимодействия электрических или гравитационных зарядов. Здесь возможны два варианта объяснения. Они зависят от того, где по нашему предположению сосредоточена электромагнитная масса. Электромагнитная масса определяется двояко:

$$m = \int \varepsilon \frac{(\text{grad}\phi)^2}{2c^2} dV \quad m = \int \frac{\rho\phi}{2c^2} dV$$

Согласно первому подходу энергия и электромагнитная масса распределены в поле, окружающем заряд. Плотность энергии взаимодействия двух зарядов равна $w = \varepsilon(\text{grad}\phi_1\text{grad}\phi_2)$. Это означает, что взаимодействие зарядов выражается через контактное взаимодействие полей этих зарядов в каждой точке пространства. В каждой такой точке имеет место точечное взаимодействие. Совокупность всех взаимодействий образует объемное взаимодействие контактного типа.

Согласно второму подходу, который поддерживается нами, электромагнитная масса сосредоточена в самом заряде. Как следствие, электрическое поле, окружающее заряд, не имеет **инерциальных** свойств и подобно безынерциальной пружине, рассмотренной ранее. Аналог этого поля – силовые линии, которые обладают упругими свойствами. Они определяют контактный характер взаимодействия электрических и гравитационных зарядов.

Глава 4. Причинность

- 4.1 Введение
- 4.2 Границы применимости
- 4.3 Диалектическая модель причинности
- 4.4 Свойства диалектической модели причинности
- 4.5 Описание, объяснение и причинность

4.1 Введение

Вопрос о причинности очень важен для обоснования мгновенных взаимодействий.

Философская категория «причинность», как и связанный с ней принцип причинности, восходит к основополагающему принципу диалектического материализма о всеобщей связи и взаимной обусловленности явлений материального мира. Содержание категории «причинность» может быть раскрыто через содержание и конкретизацию взаимной связи исходных философских категорий «причина» и «следствие» (причинно-следственное отношение).

Как известно, раскрытие содержания и конкретизация понятий должны опираться на ту или иную конкретную модель взаимной связи понятий. Модель, объективно отражая определенную сторону связи, имеет границы применимости, за пределами которых ее использование ведет к ложным выводам, но в границах своей применимости она должна обладать не только образностью, наглядностью и конкретностью, но и иметь эвристическую ценность.

Многообразие проявлений причинно-следственных связей в материальном мире обусловило существование нескольких моделей причинно-следственных отношений. Исторически сложилось так, что любая модель этих отношений может быть сведена к одному из двух основных типов моделей или их сочетанию.

- a Модели, опирающиеся на **временной** подход (эволюционные модели). Здесь главное внимание акцентируется на временной стороне причинно-следственных отношений. Одно событие — «причина» — порождает другое событие — «следствие», которое во времени отстает от причины (запаздывает). Запаздывание — отличительный признак **эволюционного** подхода. Причина и следствие взаимно обусловлены. Однако ссылка на порождение следствия причиной (генезис), хотя и законна, но привносится в определение причинно-следственной связи как бы со стороны, извне. Она фиксирует внешнюю сторону этой связи, не захватывая глубоко сущности. Эволюционный подход развивался Ф. Бэконом, Дж. Миллем и др. Крайней полярной точкой эволюционного подхода явилась позиция Юма. Юм игнорировал генезис, отрицая объективный характер причинности, и сводил причинную связь к простой регулярности событий.
- b Модели, опирающиеся на понятие «**взаимодействие**» (структурные или диалектические модели). Смысл названий мы выясним позже. Главное внимание здесь уделяется взаимодействию как источнику причинно-следственных отношений. В роли причины выступает само взаимодействие. Большое внимание этому подходу уделял Кант, но наиболее четкую форму диалектический подход к причинности приобрел в работах Гегеля. Из современных советских философов этот подход развивал Г. А. Свечников [1], который стремился дать материалистическую трактовку одной из структурных моделей причинно-следственной связи.

Существующие и используемые в настоящее время модели различным образом вскрывают механизм причинно-следственных отношений, что приводит к разногласиям и создает основу для философских дискуссий. Острота обсуждения и полярный характер точек зрения свидетельствуют об их актуальности [2].

Выделим некоторые из дискутируемых проблем.

- a Проблема **одновременности** причины и следствия. Это основная проблема. Одновременны ли причина и следствие или разделены интервалом времени? Если причина и следствие одновременны, то почему причина порождает следствие, а не наоборот? Если же причина и следствие неодновременны, может ли существовать «чистая» причина, т. е. причина без следствия, которое еще не наступило, и «чистое» следствие, когда действие причины кончилось, а следствие еще продолжается? Что происходит в интервале между причиной и следствием, если они разделены во времени, и т. д.?
- b Проблема **однозначности** причинно-следственных отношений. Порождает ли одна и та же причина одно и то же следствие или же одна причина может порождать любое следствие из нескольких потенциально возможных? Может ли одно и то же следствие быть порожденным любой из нескольких причин?
- c Проблема **обратного воздействия** следствия на свою причину.
- d Проблема **связи причины, повода и условий**. Могут ли при определенных обстоятельствах причина и условие меняться ролями: причина стать условием, а условие — причиной? Какова объективная взаимосвязь и отличительные признаки причины, повода и условия?

Решение этих проблем зависит от выбранной модели, т. е. в значительной степени от того, какое содержание будет заложено в исходные категории «причина» и «следствие». Дефиниционный характер многих трудностей проявляется, например, уже в том, что нет единого ответа на вопрос, что следует понимать под «причиной». Одни исследователи под причиной мыслят материальный объект, другие [3]—явление, третьи [4]— изменение состояния, четвертые — взаимодействие и т. д.

К решению проблемы не ведут попытки выйти за рамки модельного представления и дать общее, универсальное определение причинно-следственной связи. В качестве примера можно привести следующее определение:

«Причинность — это такая генетическая связь явлений, в которой одно явление, называемое причиной, при наличии определенных условий неизбежно порождает, вызывает, приводит к жизни другое явление, называемое следствием» [5].

Это определение формально справедливо для большинства моделей, но, не опираясь на модель, оно не может разрешить поставленных проблем (например, проблему одновременности) и потому имеет ограниченную теоретико-познавательную ценность.

Решая упомянутые выше проблемы, большинство авторов стремятся исходить из современной физической картины мира и, как правило, несколько меньше внимания уделяют гносеологии. Между тем, на наш взгляд, здесь существуют две проблемы, имеющие принципиальное значение: проблема удаления элементов антропоморфизма из понятия причинности и проблема не причинных связей в естествознании. Суть первой проблемы в том, что причинность как объективная философская категория должна иметь объективный характер, не зависящий от познающего субъекта и его активности. Суть второй проблемы: признавать ли причинные связи в естествознании всеобщими и универсальными или считать, что такие связи имеют ограниченный характер и существуют связи не причинного типа, отрицающие причинность и ограничивающие пре-

дела применимости принципа причинности? Мы считаем, что принцип причинности имеет всеобщий и объективный характер и его применение не знает ограничений.

Итак, два типа моделей, объективно отражая некоторые важные стороны и черты причинно-следственных связей, находятся в известной степени в противоречии, поскольку различным образом решают проблемы одновременности, однозначности и др., но вместе с тем, объективно отражая некоторые стороны причинно-следственных отношений, они должны находиться во взаимной связи. Наша первая задача — выявить эту связь и уточнить модели.

4.2 Границы применимости

Попытаемся установить границу применимости моделей эволюционного типа. Причинно-следственные цепи, удовлетворяющие эволюционным моделям, как правило, обладают свойством транзитивности [6]. Если событие А есть причина события В (В—следствие А), если, в свою очередь, событие В есть причина события С, то событие А есть причина события С. Если $A \rightarrow B$ и $B \rightarrow C$, то $A \rightarrow C$. Таким способом составляются простейшие причинно-следственные цепи. Событие В может выступать в одном случае причиной, в другом — следствием. Эту закономерность отмечал Ф. Энгельс:

«... причина и следствие суть представления, которые имеют значение, как таковые, только в применении к данному отдельному случаю: но как только мы будем рассматривать этот отдельный случай в общей связи со всем мировым целым, эти представления сходятся и переплетаются в представлении универсального взаимодействия, в котором причины и следствия постоянно меняются местами; то, что здесь или теперь является причиной, становится там или тогда следствием и наоборот» (т. 20, с. 22).

Свойство транзитивности позволяет провести детальный анализ причинной цепи. Он состоит в расчленении конечной цепи на более простые причинно-следственные звенья. Если $A \rightarrow C$, то $A \rightarrow B_1, B_1 \rightarrow B_2, \dots, B_N \rightarrow C$. Но обладает ли конечная причинно-следственная цепь свойством бесконечной делимости? Может ли число звеньев конечной цепи N стремиться к бесконечности?

Опираясь на закон перехода количественных изменений в качественные, можно утверждать, что при расчленении конечной причинно-следственной цепи мы столкнемся с таким содержанием отдельных звеньев цепи, когда дальнейшее деление станет бессмысленным. Заметим, что бесконечную делимость, отрицающую закон перехода количественных изменений в качественные, Гегель именовал «**дурной бесконечностью**».

Переход количественных изменений в качественные возникает, например, при делении куска графита. При разъединении молекул вплоть до образования одноатомного газа химический состав не меняется. Дальнейшее деление вещества без изменения его химического состава уже невозможно, поскольку следующий этап — расщепление атомов углерода. Здесь с физико-химической точки зрения количественные изменения приводят к качественным.

В приведенном выше высказывании Ф. Энгельса отчетливо прослеживается мысль о том, что в основе причинно-следственных связей лежит не самопроизвольное волеизъявление, не прихоть случая и не божественный перст, а универсальное взаимодействие. В природе нет самопроизвольного возникновения и уничтожения движения, есть взаимные переходы одних форм движения материи в другие, от одних материальных объектов к другим, и эти переходы не могут происходить иначе, чем через посредство взаимодействия материальных объектов. Такие переходы, обусловленные взаимодействием, порождают новые явления, изменяя состояние взаимодействующих объектов.

Взаимодействие универсально и составляет основу причинности. Как справедливо отмечал Гегель, «взаимодействие есть причинное отношение, положенное в его полном развитии» [7]. Еще более четко сформулировал эту мысль Ф. Энгельс:

*«Взаимодействие — вот первое, что выступает перед нами, когда мы рассматриваем движущуюся материю в целом с точки зрения теперешнего естествознания <...> Так естествознанием подтверждается то ... что взаимодействие является истинной **causa finalis** вещей. Мы не можем пойти дальше познания этого взаимодействия именно потому, что позади его нечего больше познавать»* (т. 20, с. 546).

4.3 Диалектическая модель причинности

Поскольку взаимодействие составляет основу причинности, рассмотрим взаимодействие двух материальных объектов, схема которого приведена на рис. 2.1. Данный пример не нарушает общности рассуждений, поскольку взаимодействие нескольких объектов сводится к парным взаимодействиям и может быть рассмотрено аналогичным способом.

Нетрудно видеть, что при взаимодействии оба объекта одновременно воздействуют друг на друга (взаимность действия). При этом происходит изменение состояния каждого из взаимодействующих объектов. Нет взаимодействия — нет изменения состояния [8]. Поэтому изменение состояния какого-либо одного из взаимодействующих объектов можно рассматривать как частное следствие причины — взаимодействия. Изменение состояний всех объектов в их совокупности составит полное следствие.

Очевидно, что такая причинно-следственная модель **элементарного звена** эволюционной модели принадлежит классу структурных (диалектических). Следует подчеркнуть, что данная модель не сводится к подходу, развивавшемуся Г. А. Свечниковым, поскольку под следствием Г. А. Свечников, по словам В. Г. Иванова, понимал «...изменение одного или всех взаимодействовавших объектов или изменение характера самого взаимодействия, вплоть до его распада или преобразования» [9]. Что касается изменения состояний, то это изменение Г. А. Свечников относил к не причинному виду связи.

Итак, мы установили, что эволюционные модели в качестве элементарного, первичного звена содержат структурную (диалектическую) модель, опирающуюся на взаимодействие и изменение состояний. Несколько позже мы вернемся к анализу взаимной связи, этих моделей и исследованию свойств эволюционной модели. Здесь нам хотелось бы отметить, что в полном соответствии с точкой зрения Ф. Энгельса смена явлений в эволюционных моделях, отражающих объективную реальность, происходит не в силу простой регулярности событий (как у Д. Юма), а в силу обусловленности, порожденной взаимодействием (генезис). Поэтому хотя ссылки на порождение (генезис) и привносятся в определение причинно-следственных отношений в эволюционных моделях, но они отражают объективную природу этих отношений и имеют законное основание.

Вернемся к структурной модели. По своей структуре и смыслу она превосходно согласуется с первым законом диалектики — законом единства и борьбы противоположностей, если интерпретировать:

- **единство** — как существование объектов в их взаимной связи (взаимодействии);
- **противоположности** — как взаимоисключающие тенденции и характеристики состояний, обусловленные взаимодействием;
- **борьбу** — как взаимодействие;
- **развитие** — как изменение состояния каждого из взаимодействующих материальных объектов.

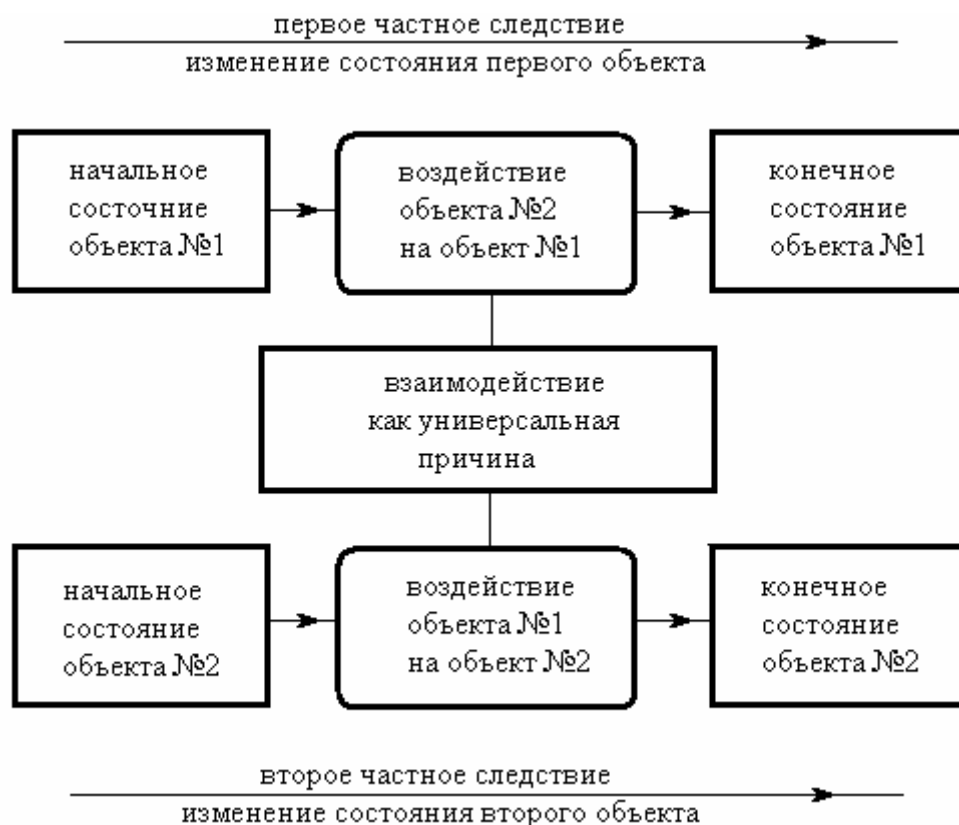


Рис. 4.1 Структурная (диалектическая) модель причинности

Поэтому структурная модель, опирающаяся на взаимодействие как причину, может быть названа также **диалектической** моделью причинности. Из аналогии структурной модели и первого закона диалектики следует, что причинность выступает как отражение объективных диалектических противоречий в самой природе, в отличие от субъективных диалектических противоречий, возникающих в сознании человека. Структурная модель причинности есть отражение объективной диалектики природы.

Рассмотрим пример, иллюстрирующий применение структурной модели причинно-следственных отношений. Таких примеров, которые объясняются с помощью данной модели, можно найти достаточно много в естественных науках (физике, химии и др.), поскольку понятие «взаимодействие» является основополагающим в естествознании.

Возьмем в качестве примера упругое столкновение двух шаров: движущегося шара А и неподвижного шара В. До столкновения состояние каждого из шаров определялось совокупностью признаков C_a и C_b (импульс, кинетическая энергия и т. д.). После столкновения (взаимодействия) состояния этих шаров изменились. Обозначим новые состояния C'_a и C'_b . Причиной изменения состояний ($C_a \rightarrow C'_a$ и $C_b \rightarrow C'_b$) явилось взаимодействие шаров (столкновение); следствием этого столкновения стало изменение состояния каждого шара.

Как уже говорилось, эволюционная модель в данном случае малопригодна, поскольку мы имеем дело не с причинной цепью, а с элементарным причинно-следственным звеном, структура которого не сводится к эволюционной модели. Чтобы показать это, проиллюстрируем данный пример объяснением с позиции эволюционной модели: *«До столкновения шар А покоился, поэтому причиной его движения является шар В, который ударил по нему»*. Здесь шар В выступает причиной, а движение шара А — следствием. Но с тех же самых позиций можно дать и такое объяснение: *«До столкновения шар В двигался равномерно по прямолинейной траектории. Если бы не шар А, то характер*

движения шара В не изменился бы». Здесь причиной уже выступает шар А, а следствием — состояние шара В. Приведенный пример показывает:

- а определенную субъективность, которая возникает при применении эволюционной модели за пределами границ ее применимости: причиной может выступать либо шар А, либо шар В; такое положение связано с тем, что эволюционная модель выхватывает одну частную ветвь следствия и ограничивается ее интерпретацией;
- б типичную гносеологическую ошибку. В приведенных выше объяснениях с позиции эволюционной модели один из однотипных материальных объектов выступает в качестве «активного», а другой — в качестве «страдательного» начала. Получается так, будто один из шаров наделен (по сравнению с другим) «активностью», «волей», «желанием», подобно человеку. Следовательно, только благодаря этой «воле» мы и имеем причинное отношение.

Подобная гносеологическая ошибка определяется не только моделью причинности, но и образностью, которая присуща живой человеческой речи, и типичным психологическим переносом свойств, характерных для сложной причинности (о ней мы будем говорить ниже) на простое причинно-следственное звено. И такие ошибки весьма характерны при использовании эволюционной модели за пределами границ ее применимости. Они встречаются в некоторых определениях причинности. Например: *«Итак, причинность определяется как такое воздействие одного объекта на другой, при котором изменение первого объекта (причина) предшествует изменению другого объекта и необходимым, однозначным образом порождает изменение другого объекта (следствие)»* [10]. Трудно согласиться с таким определением, поскольку совершенно не ясно, почему при взаимодействии (взаимном действии!) объекты должны деформироваться не одновременно, а друг за другом? Какой из объектов должен деформироваться первым, а какой вторым (проблема приоритета)?

4.4 Свойства диалектической модели причинности

Рассмотрим теперь, какие качества удерживает в себе структурная модель причинности. Отметим среди них следующие: **объективность, универсальность, непротиворечивость, однозначность.**

Объективность причинности проявляется в том, что взаимодействие выступает как объективная причина, по отношению к которой взаимодействующие объекты являются **равноправными**. Здесь не остается возможности для антропоморфного истолкования.

Универсальность обусловлена тем, что в основе причинности всегда лежит **взаимодействие**. Причинность универсальна, как универсально само взаимодействие.

Непротиворечивость обусловлена тем, что, хотя причина и следствие (взаимодействие и изменение состояний) совпадают во времени, они отражают **различные стороны** причинно-следственных отношений. Взаимодействие предполагает пространственную связь объектов, изменение состояния — связь состояний каждого из взаимодействующих объектов во времени.

Помимо этого структурная модель устанавливает **однозначную связь** в причинно-следственных отношениях независимо от способа математического описания взаимодействия. Более того, структурная модель, будучи объективной и универсальной, не предписывает естествознанию ограничений на характер взаимодействий. **В рамках данной модели справедливы и мгновенное далеко- или близкодействие, и взаимодействие с любыми конечными скоростями.** Появление подобного ограничения в определении причинно-следственных отношений явилось бы типичной метафизической догмой, раз и навсегда постулирующей характер взаимодействия любых систем, навязывая физике и другим наукам натурфилософские рамки со стороны философии, либо ограничило пределы

применимости модели настолько, что польза от такой модели оказалась бы весьма скромной.

Здесь уместно было бы остановиться на вопросах, связанных с **конечностью скорости распространения взаимодействий**. Вопрос о содержании этого термина мы обсудим позже.

Рассмотрим пример. Пусть имеются два неподвижных заряда. Если один из зарядов начал двигаться с ускорением, то электромагнитная волна подойдет ко второму заряду с запаздыванием. Не противоречит ли данный пример структурной модели и, в частности, свойству взаимности действия, поскольку при таком взаимодействии заряды оказываются в неравноправном положении? Нет, не противоречит. Данный пример описывает не простое взаимодействие, а **сложную** причинную цепь, в которой можно выделить три различных звена.

1. **Взаимодействие первого заряда с объектом**, который вызывает его ускорение. Результат этого взаимодействия — изменение состояния источника, воздействовавшего на заряд, и, в частности, потеря этим источником части энергии, изменение состояния первого заряда (ускорение) и появление электромагнитной волны, которая излучилась первым зарядом при его ускоренном движении.
2. **Процесс распространения** электромагнитной волны, излученной первым зарядом (**распространение взаимодействия?**).
3. **Процесс взаимодействия второго заряда с электромагнитной волной**. Результат взаимодействия — ускорение второго заряда, рассеяние первичной электромагнитной волны и излучение электромагнитной волны вторым зарядом.

В данном примере мы имеем два различных взаимодействия, каждое из которых укладывается в структурную модель причинности. Таким образом, структурная модель превосходно согласуется как с классическими, так и с релятивистскими теориями, а конечная скорость распространения взаимодействий не является принципиально необходимой для структурной модели причинности.

Касаясь структурной модели причинности, отметим, что ей не противоречат реакции распада и синтеза объектов. В этом случае между объектами либо разрушается относительно устойчивая связь как особый вид взаимодействия, либо такая связь образуется в результате взаимодействия.

Поскольку квантовые теории (равно как и классические) широко используют категории «взаимодействие» и «состояние», то структурная модель принципиально применима и в этой области естествознания. Встречающиеся иногда трудности обусловлены, на наш взгляд, тем, что, обладая хорошо развитым математическим формализмом, квантовые теории еще недостаточно полно развиты и отточены в плане понятийной интерпретации. Марио Бунге [11] пишет, например, об интерпретации ψ -функции:

«Одни относят функцию ψ к некоторой индивидуальной системе, другие — к некоторому действительному или потенциальному статистическому ансамблю тождественных систем, третьи рассматривают ψ -функцию как меру нашей информации, или степень уверенности относительно некоторого индивидуального комплекса, состоящего из макросистемы и прибора, или же, наконец, просто как каталог измерений, производимых над множеством идентично приготовленных микросистем».

Такое многообразие вариантов истолкования ψ -функции затрудняет строгую причинную интерпретацию явлений микромира. Это одно из свидетельств того, что квантовые теории находятся в стадии становления и развития и не достигли уровня внутренней завершенности, свойственной классическим теориям.

Но о проблемах становления квантовых теорий свидетельствует не только интерпретация ψ -функции. Хотя релятивистская механика и электродинамика на первый взгляд представляются законченными теориями, более глубокий анализ показывает, что по ряду причин эти теории также не избежали противоречий и внутренних трудностей. Например, в электродинамике существуют проблема электромагнитной массы, проблема реакции излучения заряда и др. Неудачи в попытках разрешения этих проблем в рамках самих теорий в прошлом и бурное развитие теорий микромира породили надежду, что развитие квантовых теорий поможет ликвидировать трудности. А до тех пор они должны восприниматься как неизбежное «зло», с которым так или иначе приходится мириться, и ждать успехов от квантовых теорий.

В то же время квантовые теории сами столкнулись со многими проблемами и противоречиями. Любопытно заметить, что часть этих трудностей имеет «классическую» природу, т. е. досталась «по наследству» от классических теорий и обусловлена их внутренней незавершенностью. Получается «порочный круг»: разрешение противоречий классических теорий мы возлагаем на квантовые теории, а трудности квантовых определяются противоречиями классических.

Со временем надежда на способность квантовых теорий устранить противоречия и трудности в теориях классических стала угасать, но до сих пор интерес к разрешению противоречий классических теорий в рамках их самих все еще остается на втором плане.

Таким образом, трудности, встречающиеся иногда при объяснении явлений микромира с позиции причинности, имеют объективное происхождение и объясняются особенностями становления квантовых теорий, но они не являются принципиальными, запрещающими или ограничивающими применение принципа причинности в микромире, в частности применение структурной модели причинности.

Причинность и взаимодействие всегда взаимосвязаны. Если взаимодействие обладает свойствами всеобщности, универсальности и объективности, то столь же универсальны, всеобщы и объективны причинно-следственные связи и отношения. Поэтому в принципе нельзя согласиться с утверждениями Бома, что при описании явлений микромира можно в одних случаях опираться на философский индетерминизм, в других — придерживаться принципа причинности [12].

Мы считаем глубоко ошибочной мысль В. Я. Перминова о том, что «*понятие дополненности указывает путь примирения (!) детерминизма и индетерминизма*» [13], независимо от того, относится эта мысль к философии естествознания или к конкретной естественнонаучной теории. Путь примирения материалистической точки зрения с позицией современного позитивизма в данном вопросе есть эклектика, есть отрицание объективной диалектики. В. И. Ленин подчеркивал, что «*вопрос о причинности имеет особенно важное значение для определения философской линии того или другого новейшего «изма»...*» (т. 18, с. 157). И путь становления квантовых теорий лежит не через отрицание или ограничение, а через утверждение причинности в микромире.

4.5 Описание, объяснение и причинность

Структура научных теорий естествознания и функции научных теорий прямо или косвенно связаны с причинным объяснением явлений материального мира. Если обратиться к структурной модели причинности, то можно выявить два характерных момента, две важные стороны, которые так или иначе связаны с функциями научных теорий.

Первая касается описания причинных связей и отвечает на вопрос: как, в какой последовательности? Ей соответствует любая ветвь частного следствия, связывающая обусловленные состояния. Она дает не только **описание** перехода объекта из одного состояния в другое, но описывает и охватывает всю причинную цепь как

последовательность связанных и обусловленных состояний, не вдаваясь глубоко в сущность, в источник изменения состояний звеньев цепи.

Вторая сторона отвечает на вопрос: почему, по какой причине? Она, напротив, дробит причинно-следственную цепь на отдельные элементарные звенья и дает объяснение изменений состояний, опираясь на взаимодействие. Это **объясняющая** сторона.

Две эти стороны прямо связаны с двумя важными функциями научной теории: объясняющей и описательной. Поскольку принцип причинности лежал, и будет лежать в основе любой естественнонаучной теории, теория всегда будет выполнять эти две функции: описание и объяснение [14].

Однако не только в этом проявляется методологическая функция принципа причинности. Внутреннее структурирование самой теории также связано с этим принципом. Возьмем, к примеру, классическую механику с ее тремя традиционными разделами: кинематикой, динамикой и статикой. В кинематике силовые взаимодействия не рассматриваются, а идет **описание** (физическое и математическое) видов движения материальных точек и материальных объектов. Взаимодействие подразумевается, но оно отходит на второй план, оставляя приоритет описанию сложных связанных движений через характеристики их состояний. Разумеется, этот факт не может служить поводом для классификации кинематики как не причинного способа описания, поскольку кинематика отражает эволюционную сторону причинно-следственных отношений, связывающих различные состояния.

Динамика — теоретический раздел, который включает в себя полное причинно-следственное описание и объяснение, опираясь на структурную модель причинно-следственных отношений. В этом смысле кинематика может считаться подразделом динамики.

Особый интерес с точки зрения причинности представляет статика, в которой следственные цепи вырождены (отсутствуют), и мы имеем дело только со связями и взаимодействиями статического характера. В отличие от явлений объективной реальности, где не существует абсолютно устойчивых систем, статические задачи — идеализация или предельный случай, допустимый в частнонаучных теориях. Но принцип причинности справедлив и здесь, поскольку не только решать статические задачи, но и понять сущность статики без применения «принципа виртуальных перемещений» или родственных ему принципов невозможно. «Виртуальные перемещения» непосредственно связаны с изменением состояний в окрестности состояния равновесия, т. е., в конечном счете, с причинно-следственными отношениями.

Рассмотрим теперь электродинамику. Иногда ее отождествляют только с уравнениями Максвелла. Это неверно, поскольку уравнения Максвелла описывают поведение волн (излучение, распространение, дифракцию и т. д.) при заданных граничных и начальных условиях. Они не включают в себя описание взаимодействия как взаимного действия. Принцип причинности привносится вместе с граничными и начальными условиями (запаздывающие потенциалы). Это своеобразная «кинематика» волновых процессов, если подобное сравнение позволительно. «Динамику», а с ней и причинность, вносит уравнение движения Лоренца, описывающее силовые стороны взаимодействия. Именно связь уравнений Максвелла и уравнения движения Лоренца обеспечивает достаточно полное причинно-следственное описание явлений электромагнетизма. Подобные примеры можно было бы продолжить. Но и приведенных достаточно, чтобы убедиться, что причинность и ее структурная модель находят отражение в структуре и функциях научных теорий.

4.6 Эволюционная модель причинности

Если в начале нашей работы мы шли от эволюционной модели причинности к структурной, то теперь предстоит обратный путь от структурной модели к эволюционной. Это необходимо, чтобы правильно оценить взаимную связь и отличительные особенности эволюционной модели.

Уже в неразветвленной линейной причинно-следственной цепи мы вынуждены отказаться от полного описания всех причинно-следственных отношений, т. е. не учитываем некоторые частные следствия. Структурная модель позволяет неразветвленные линейные причинно-следственные цепи свести к двум основным типам.

- a **Объектная** причинная цепь. Образуется тогда, когда мы выделяем какой-либо материальный объект и следим за изменением его состояния во времени. Примером могут служить наблюдения за состоянием броуновской частицы, или за эволюциями космического корабля, или за распространением электромагнитной волны от антенны передатчика до антенны приемника.
- b **Информационная** причинная цепь. Появляется, когда мы следим не за состоянием материального объекта, а за некоторым информирующим явлением, которое в процессе взаимодействий различных материальных объектов связано последовательно во времени с различными объектами. Примером может служить передача устной информации с помощью эстафеты и т. п.

Все линейные неразветвленные причинные цепи сводятся к одному из этих двух типов или к их комбинации. Такие цепи описывают с помощью эволюционной модели причинности. При эволюционном описании взаимодействие остается на втором плане, а на первый план выходит материальный объект или индикатор его состояния. В силу этого главное внимание сосредоточивается на описании последовательности событий во времени. Поэтому данная модель получила название **ЭВОЛЮЦИОННОЙ**.

Линейная неразветвленная причинная цепь сравнительно легко поддается анализу с помощью сведения ее к совокупности элементарных звеньев и анализа их посредством структурной модели. Но такой анализ не всегда возможен.

Существуют сложные причинные сети, в которых простые причинно-следственные цепочки пересекаются, ветвятся и вновь пересекаются. Это приводит к тому, что применение структурной модели делает анализ громоздким, а иногда и технически невозможным.

Помимо этого нас часто интересует не сам внутренний процесс и описание внутренних причинно-следственных отношений, а начальное воздействие и его конечный результат. Подобное положение часто встречается при анализе поведения сложных систем (биологических, кибернетических и др.). В таких случаях детализация внутренних процессов во всей их совокупности оказывается избыточной, ненужной для практических целей, загромождающей анализ. Все это обусловило ряд особенностей при описании причинно-следственных отношений с помощью эволюционных моделей. Перечислим эти особенности.

1. При эволюционном описании причинно-следственной сети полная причинная сеть **огрубляется**. Выделяются главные цепи, а несущественные отсекаются, игнорируются. Это значительно упрощает описание, но подобное упрощение достигается ценой потери части информации, ценой утраты однозначности описания.
2. Чтобы сохранить однозначность и приблизить описание к объективной реальности, отсеченные ветви и причинные цепи заменяются совокупностью **условий**. От того, насколько правильно выделена основная причинная цепь и насколько полно

учтены условия, компенсирующие огрубление, зависят полнота, однозначность и объективность причинно-следственного описания и анализа.

3. **Выбор** той или иной причинно-следственной цепи в качестве **главной** определяется во многом целевыми установками исследователя, т. е. тем, между какими явлениями он хочет проанализировать связь. Именно целевая установка заставляет выискивать главные причинно-следственные цепи, а отсеченные заменять условиями. Это приводит к тому, что при одних установках главную роль выполняют одни цепи, а другие заменяются условиями. При других установках эти цепи могут стать условиями, а роль главных будут играть те, что раньше были второстепенными. **Таким образом, причины и условия меняются ролями.**
4. **Условия** играют важную роль, связывая объективную причину и следствие. При различных условиях, влияющих на главную причинную цепь, следствия будут различными. Условия как бы создают то русло, по которому течет цепь исторических событий или развитие явлений во времени. Поэтому для выявления глубинных, сущностных причинно-следственных отношений необходим тщательный анализ, учет влияния всех внешних и внутренних факторов, всех условий, влияющих на развитие главной причинной цепи, и оценка степени влияния.
5. Эволюционное описание основное внимание уделяет не взаимодействию, а **связи событий** или явлений во времени. Поэтому содержание понятий «причина» и «следствие» изменяется, и это весьма важно учитывать. Если в структурной модели **взаимодействие** выступает **истинной** causa finalis — конечной причиной, то в эволюционной — **действующей** причиной (causa activa) становится **явление или событие.**
6. **Следствие** также меняет свое содержание. Вместо связи состояний материального объекта при его взаимодействии с другим в качестве следствия выступает некоторое событие или явление, замыкающее причинно-следственную цепь. В силу этого причина в эволюционной модели всегда **предшествует** следствию. В указанном выше смысле причина и следствие в эволюционной модели могут выступать как **однокачественные** явления, с двух сторон замыкающие причинно-следственную цепь. **Следствие** одной цепи может явиться **причиной** и началом другой цепи, следующей за первой во времени. Это обстоятельство обуславливает свойство транзитивности эволюционных моделей причинности.

Мы здесь коснулись только главных особенностей и отличительных признаков эволюционной модели. Структурная модель причинности может успешно использоваться для сравнительно простых причинных цепей и систем. В реальной практике приходится иметь дело и со сложными системами. Вопрос о причинно-следственном описании поведения сложных систем практически всегда опирается на эволюционную модель причинности.

Итак, мы рассмотрели два типа моделей, отражающих причинно-следственные отношения в природе, проанализировали взаимную связь этих моделей, границы их применимости и некоторые особенности. Проявление причинности в природе многообразно и по форме, и по содержанию. Вполне вероятно, что этими моделями не исчерпывается весь арсенал форм причинно-следственных отношений. Но как бы ни были разнообразны эти формы, причинность всегда будет обладать свойствами объективности, всеобщности и универсальности. В силу этого принцип причинности выполнял и всегда будет выполнять важнейшие мировоззренческие и методологические функции в современном естествознании и философии естествознания. Многообразие форм проявления причинно-следственных отношений не может служить поводом для отказа от материалистического принципа причинности или утверждений об ограниченной его применимости.

Заканчивая исследование проблемы причинно-следственных отношений, мы можем сказать, что мгновенные взаимодействия не противоречат диалектической (структурной) модели причинности. Мы можем без боязни использовать модели, опирающиеся на мгновенные (контактные) взаимодействия, тем более что вся механика Ньютона уже более 200 лет успешно опирается на них. На диалектическую модель опираются все парные взаимодействия в природе.

Список литературы:

1. См., напр.: Свечников Г. А. Причинность и связь состояний в физике. М., 1971; Он же. Диалектико-материалистическая концепция причинности // Современный детерминизм: Законы природы / Под ред. Г. А. Свечникова и др. М., 1973. С. 125, и др.
2. См., напр.: Тюхтин В. С. Отражение, системы, кибернетика. М., 1972; Уемов А. И., Остапенко С. В. Причинность и время // Современный детерминизм: Законы природы. С. 214; Оруджев З. М., Ахундов М. Д. Временная структура причинной связи // Филос. науки. 1969. № 6. С. 63; Жаров А. М. Временное соотношение причины и следствия и неопределенность // Там же. 1984. № 3. С. 89.
3. Кузнецов И. В. Избранные труды по методологии физики. М., 1. 975.
4. Материалистическая диалектика: В 5 т. Т. 1: Объективная диалектика / Под общ. ред. Ф. В. Константинова и В. Г. Марахова; Отв. ред. Ф. Ф. Вяккерев. М., 1981. С. 212.
5. Кузнецов И. В. Указ. соч. С. 237.
6. О парадоксах «нетранзитивности» см.: Налетов Н. З. Причинность и теория познания. М., 1975.
7. Гегель Г. В. Ф. Энциклопедия философских наук: В 3 т. Т. 1: Наука логики. М., 1974. С. 335.
8. Под термином «состояние» мы понимаем количественную и качественную определенность самодвижения объекта. Другие определения см.: Старжинский В. П. Понятие «состояние» и его методологическая роль в физике. Минск, 1979.
9. Иванов В. Г. Причинность и детерминизм. Л., 1974.
10. Материалистическая диалектика. Т. 1. С. 213.
11. Бунге М. Философия физики. М., 1975. С. 99.
12. Бом Д. Причинность и случайность в современной физике. М., 1959.
13. Перминов В. Я. Проблема причинности в философии и естествознании. М., 1979. С. 209.
14. См., напр.: Никитин Е. П. Объяснение — функция науки. М., 1970.

Глава 5. Взаимодействие зарядов.

- 5.1. Предварительные замечания
 - 5.2. Взаимодействие двух зарядов
 - 5.3. Взаимодействие заряда и проводника с током
 - 5.4 Работа и сила
 - 5.5 Примеры ошибок
 - 5.6 «Конвективный потенциал»
 - 5.7 Объяснение «появления» вращающего момента
 - 5.8 Взаимодействие двух проводников
 - 5.9 Парадокс Тамма
 - 5.10 Механика взаимодействующих частиц
- Заключение
- Приложение А. Законы сохранения

5.1. Предварительные замечания

В предыдущих главах нам пришлось основательно «прокопать проход» в философии физики, чтобы обосновать необходимость и плодотворность введения в физике мгновенного действия на расстоянии. Это не математика. Математика только «скелет» физической модели. От того, какими «связками и мышцами» мы снабдим этот «скелет», будет зависеть модель, точнее, физическая интерпретация свойств модели и явлений, описываемых моделью. «Связки и мышцы» не падают с неба сами. Их формирует наше миропонимание, наш взгляд на устройство мира, т.е. мировоззрение.

Мировоззренческих (философских) систем много, поэтому много различных вариантов объяснений явлений. С этим мы столкнемся в следующей главе. А сейчас мы вернемся к взаимодействию и насладимся математикой.

Обращает на себя внимание **подобие** законов квазистатической электродинамики для инерциальных зарядов, подчиняющихся закону Кулона, и закона всемирного тяготения Ньютона. Рассматривая в этой Главе взаимодействие зарядов, мы будем постоянно иметь в виду эту **аналогю**. Те выводы, которые будут получены для квазистатической электродинамики, можно использовать и для небесной механики (хотя бы в области малых скоростей).

В стандартных учебниках нерелятивистское выражение функции Лагранжа для взаимодействий зарядов **выведено небрежно** (например [1], [2] и т.д.). Классическая функция Лагранжа, отвечающая за взаимодействие и вытекающая из релятивистского формализма, записывается **учОными** следующим образом [1]:

$$L_{эз} = ceu_i A_i \approx -e\phi + evA \quad (5.1.1)$$

Можно **предположить**, что этот «вывод» есть, по сути, элементарная подгонка, чтобы получить формулу Лоренца для взаимодействия двух **нерелятивистских** зарядов. Чтобы показать ошибку, мы распишем выражение (5.1.1).

$$L_{12} = ce_1 u_{i1} e_2 u_{i2} / 4\pi\epsilon r_{12} = ce_1 e_2 u_{12} / 4\pi\epsilon r_{12} \quad (5.1.2)$$

где $u_{12} = u_{i1} u_{i2}$ есть **истинный скаляр**, инвариантный относительно преобразования Лоренца. При $v \ll c$ мы получим

$$u_{12} \approx -[1 + (\mathbf{v}_1 - \mathbf{v}_2)^2 / 2c^2] = -[1 - \mathbf{v}_1 \mathbf{v}_2 / c^2 + (v_1^2 + v_2^2) / 2c^2]$$

Члены суммы в скобках (правая часть (5.1.3)), удовлетворяют условию

$$e_1 e_2 (v_1^2 + v_2^2) / 8\pi\epsilon^2 r_{12} \ll m_1 v_1^2 / 2 + m_2 v_2^2 / 2 \quad (5.1.4)$$

Возможно, это послужило им основанием, чтобы пренебречь квадратичными членами в (5.1.2), чтобы получить выражение (5.1.1). В этом случае мы действительно можем «получить» формулу Лоренца вида

$$\mathbf{F} = e\mathbf{E} + e\mathbf{v} \times \mathbf{B};$$

Но это **подгонка** (фальсификация, если хотите), которая оказала негативное влияние на развитии физики. Помимо некорректного математического результата в физику одновременно вошла ошибка в объяснении зарядовых взаимодействий: при взаимодействии работа и сила перестали быть инвариантными величинами не только относительно преобразования Лоренца, но и относительно преобразования Галилея.

5.2. Взаимодействие двух зарядов

Мы исправим ошибки в описании взаимодействия инерциальных зарядов пока в рамках Ньютоновской механики. Напомним, что главным условием, наложенным на лагранжиан взаимодействия, является инвариантность лагранжиана относительно преобразования Галилея. Лагранжиан взаимодействия должен зависеть от **относительного расстояния** между зарядами и от **относительной скорости** их движения.

Запишем общую форму лагранжиана взаимодействия зарядов: $L_{\text{вз}} = -e_1 e_2 f(v_{12}^2 / c^2) / 4\pi\epsilon r_{12}$

где: $f(v_{12}^2 / c^2)$ может быть $\sqrt{1 + (v_{12} / c)^2}$, или $\text{ch}(v_{12} / c)$, или $1 / \sqrt{1 - (v_{12} / c)^2}$ и т.д.

Относительная скорость v_{12} равна $v_{12} = |\mathbf{v}_1 - \mathbf{v}_2|$. Современная техника позволяет экспериментально установить вид функции $f(v_{12}^2 / c^2)$ как для малых, так и для больших скоростей. Но физикам это не интересно.

Запишем интеграл действия:

$$S = \iint \left[\frac{m_1 v_1^2}{2} - \frac{e_1 e_2}{4\pi\epsilon r_{12}} f\left(\frac{v_{12}^2}{c^2}\right) + \frac{m_2 v_2^2}{2} \right] dt \quad (5.2.1)$$

Для удобства анализа и простоты выкладок мы ограничимся малыми относительными скоростями. Распространение выводов для больших скоростей не представляет принципиальных трудностей. Запишем интеграл действия S при $v \ll c$.

$$S \approx \int \left(m_1 \frac{v_1^2}{2} - \frac{e_1 e_2}{4\pi\epsilon r_{12}} \left[1 + \frac{(\mathbf{v}_1 - \mathbf{v}_2)^2}{2c^2} \right] + m_2 \frac{v_2^2}{2} \right) dt \quad (5.2.2)$$

Как мы видим, это выражение соответствует формуле (5.1.3). Можно придать выражению (5.2.2) стандартный вид

$$S \approx \int \left(m_1 \frac{v_1^2}{2} - e_1 \phi_2 - \frac{1}{2} e_1 \mathbf{v}_{12} \mathbf{A}_2 + m_2 \frac{v_2^2}{2} \right) dt \quad (5.2.3)$$

где: $\mathbf{v}_{12} = \mathbf{v}_1 - \mathbf{v}_2$; $\mathbf{A}_2 = \phi_2 \mathbf{v}_{12} / c^2$ это векторный потенциал, воздействующий на заряд e_1 , который создается зарядом e_2 , движущимся относительно заряда e_1 .

Из интеграла действия (5.2.3) следует уравнение движения для первого заряда при условии, что заряд e_2 как бы «заморожен» (\mathbf{R}_2 и \mathbf{v}_2 постоянны).

$$m_1 \frac{d\mathbf{v}_1}{dt} = -e_1 \text{grad}\phi_2 - e_1 \frac{\partial \mathbf{A}_2}{2\partial t} - \frac{1}{2} e_1 (\mathbf{v}_1 - \mathbf{v}_2) \times \text{rot}\mathbf{A}_2 \quad (5.2.4)$$

Уравнение движения второго заряда можно получить тем же путем.

$$m_2 \frac{d\mathbf{v}_2}{dt} = -e_2 \text{grad}\phi_1 - e_2 \frac{\partial \mathbf{A}_1}{2\partial t} - \frac{1}{2} e_2 (\mathbf{v}_2 - \mathbf{v}_1) \times \text{rot}\mathbf{A}_1 \quad (5.2.5)$$

где: $\mathbf{A}_1 = \phi_1(\mathbf{v}_2 - \mathbf{v}_1)/c^2$

Кажется, что множитель 1/2 в выражении (5.2.5) противоречит современной точке зрения. Однако прямых экспериментов по прямой проверке взаимодействия двух зарядов при малых скоростях $v \ll c$ не велось. Мы рассмотрим ниже взаимодействие заряда с током и покажем правильность наших выкладок.

Выражения (5.2.4) и (5.2.5) являются инвариантными относительно преобразования Галилея. Взаимодействие зарядов не зависит от выбора наблюдателем инерциальной системы. Третий принцип Ньютона (действие равно противодействию) всегда выполняется $\mathbf{F}_{12} = -\mathbf{F}_{21}$.

5.3. Взаимодействие заряда и проводника с током

Мы будем считать, что отдельно взятые положительные и отрицательные заряды проводника много больше свободного заряда q , и не будем учитывать его влияние на проводник. В точке, где движется заряд q , положительный заряд проводника создает потенциал ϕ_1 , а отрицательный – потенциал ϕ_2 как показано на рис. 5.1. Проводник квазинейтрален, т.е. суммарный скалярный потенциал вне проводника равен нулю $\phi_1 + \phi_2 = 0$.

Запишем функцию Лагранжа, учитывая, что он равен сумме лагранжианов взаимодействия заряда с положительными и отрицательными зарядами проводника.

$$L = \frac{mv^2}{2} - q\phi_1 \left[1 + \frac{(\mathbf{v}_1 - \mathbf{v})^2}{2c^2}\right] - q\phi_2 \left[1 + \frac{(\mathbf{v}_2 - \mathbf{v})^2}{2c^2}\right] \quad (5.3.1)$$

Учитывая квазинейтральность проводника, мы можем записать функцию Лагранжа в следующем виде:

$$L = \frac{mv^2}{2} + q\phi_1 \frac{(\mathbf{v}_1 - \mathbf{v}_2)(\mathbf{v} - \frac{(\mathbf{v}_1 + \mathbf{v}_2)}{2})}{c^2} \quad (5.3.2)$$

Можно выражению (5.3.2) придать стандартный вид после введения следующих обозначений:

$\mathbf{A} = \frac{\phi_1(\mathbf{v}_1 - \mathbf{v}_2)}{c^2}$ - векторный потенциал проводника в точке заряда q ;

$\mathbf{v}_0 = (\mathbf{v}_1 + \mathbf{v}_2)/2$ - скорость базовой системы отсчета;

$\mathbf{v}_r = \mathbf{v} - \mathbf{v}_0$ - скорость движения заряда q в базовой системе.

Базовая система отсчета это инерциальная система, в которой положительные заряды (ионы) проводника и электроны проводимости движутся **с равными скоростями в противоположные стороны**. Это своеобразный «центр инерции» зарядов проводника. Выражение (5.3.2) можно теперь записать в «стандартной» форме.

$$L = \frac{mv^2}{2} + q\mathbf{v} \cdot \mathbf{A}$$

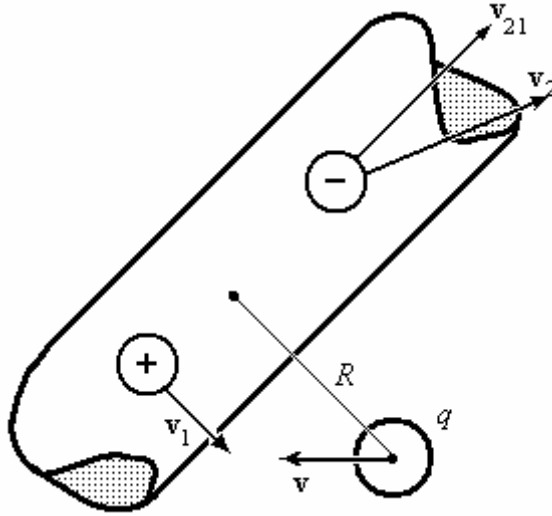


Рис. 5.1 Обозначения: \mathbf{v}_1 - скорость положительных зарядов проводника (ионов); \mathbf{v}_2 - скорость электронов проводимости проводника; \mathbf{v} - скорость свободного заряда; $\mathbf{v}_{21} = \mathbf{v}_2 - \mathbf{v}_1$ - средняя скорость электронов проводимости в проводнике.

Известно, что средняя скорость электронов проводимости в проводнике ($\mathbf{v}_1 - \mathbf{v}_2$) это весьма малая величина. Поэтому потенциал ϕ_1 практически есть функция $(\mathbf{R} - \mathbf{v}_0 t) \approx (\mathbf{R} - \mathbf{v}_1 t)$. Другими словами, мы можем считать, что базовая система отсчета проводника связана с самим проводником. Принимая это во внимание, можно записать уравнение движения заряда, в правой части которого имеется сила Лоренца

$$m \frac{d\mathbf{v}}{dt} = -q \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} + q(\mathbf{v} - \mathbf{v}_0) \times \text{rot} \mathbf{A} \quad (5.3.3)$$

Выражение (5.3.3) может быть записано в другой форме

$$m \frac{d\mathbf{v}}{dt} = q\mathbf{E}' - q \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} + q\mathbf{v} \times \text{rot} \mathbf{A}$$

где $\mathbf{E}' = -\mathbf{v}_0 \times \text{rot} \mathbf{A} = -\mathbf{v}_0 \times \mathbf{B}$

Это известный результат преобразования магнитного поля с помощью преобразования Лоренца, примененного для заряда, движущегося в базовой системе отсчета. В базовой системе, как было сказано, положительные и отрицательные заряды проводника имеют одинаковую скорость, но движутся в противоположных направлениях. Система отсчета заряда движется относительно базовой системы со скоростью \mathbf{v}_0 [2], [3].

Вернемся к выражению (5.3.3) и заменим в нем векторный потенциал скалярным

$$m \frac{d\mathbf{v}}{dt} = q \text{grad} \phi_1 \frac{(\mathbf{v}_1 - \mathbf{v}_2)(\mathbf{v} - \mathbf{v}_0)}{c^2} \quad (5.3.4)$$

Из (5.3.4) следует, что заряды не взаимодействуют с проводником, если:

$\mathbf{v}_1 - \mathbf{v}_2 = 0$; тривиальный случай отсутствия тока в проводнике;

$\mathbf{v} - \mathbf{v}_0 = 0$; заряд покоится в базовой системе отсчета проводника;

$(\mathbf{v}_1 - \mathbf{v}_2)(\mathbf{v} - \mathbf{v}_0) = 0$, но $\mathbf{v}_1 - \mathbf{v}_2 \neq 0$ и $\mathbf{v} - \mathbf{v}_0 \neq 0$; точечный заряд движется в базовой системе перпендикулярно проводнику. Если бы мы рассматривали сферический протяженный заряд, то при таком движении он бы начал вращение.

Обычно средняя скорость электронов проводимости является маленькой. Поэтому возможно приближенно полагать, что базовая система отсчета проводника связана с проводником. Если движущийся заряд пересекает силовые линии магнитного поля, то на заряд действует сила. Если же заряд покоится в базовой системе, то магнитные силы отсутствуют.

Мы можем распространить понятие «Базовая система отсчета» на замкнутые контуры с током, на электромагнитны и магниты. У магнита, электромагнита и т.д. есть свои базовые системы отсчета.

Например, токовое кольцо создает магнитное поле. Такое кольцо можно сравнить с магнитом. Если кольцо вращается или движется, тогда магнитное поле вращается или движется вместе с кольцом (магнитом). В системе отсчета наблюдателя движение магнитного поля производит электрическое поле. Это важный аспект для понимания сути магнитных взаимодействий [4], [5].

5.4 Работа и сила

Выясним теперь содержание понятий «сила» и «работа». Неправильная интерпретация этих понятий рождает парадоксы и ошибки при объяснении явлений электродинамики. Особенно много таких ошибок при объяснении магнитных явлений. Мы их рассмотрим в следующей главе (Глава 7).

Понятию «сила» можно дать в классической механике следующее определение:

«Сила – это свойство материального объекта (источника данного свойства), которое проявляется при взаимодействии материальных объектов и приводит к изменению состояния взаимодействующих объектов (импульс, траектория и др.)».

Отметим, что сила это **свойство** объекта, а не некий материальный объект. «Голой» силы, т.е. силы без источника (как свойства без объекта) не бывает. Сила всегда имеет свой источник. Источниками сил могут быть самые разнообразные материальные объекты: заряд со своим полем, электромагнитная волна, которая несет с собой свое свойство – силовую характеристику, т.е. напряженность своего поля и т.д.

Сила проявляется только во **взаимодействии**, т.е. во взаимном действии. Взаимность действия в классической механике отражается **третьим принципом Ньютона**. Для проявления силы необходимы, по крайней мере, два объекта, которые должны взаимодействовать.

Очень важно, что сила зависит только от **относительных величин**: скоростей и расстояний. Положение субъекта-наблюдателя **не влияет** на силу взаимодействия. Как нами ранее было установлено, сила инвариантна относительно преобразования Галилея.

Работа является второй стороной (энергетической характеристикой) взаимодействия. Дадим следующее определение:

«Работа – объективная количественная характеристика качественного изменения движения материи, характеризующая энергетическую сторону взаимодействия».

Отметим, что работа связана не с движением объекта относительно наблюдателя, т.е. не с самим движением в системе отсчета наблюдателя, а с **качественным измерением** движения, рассматриваемым в **любой** фиксированной инерциальной системе отсчета. Качественное изменение движения в широком смысле есть переход одного вида энергии в другой, от одного материального объекта к другому.

Работа – объективное понятие. Работа определяется в механике **относительным** движением материальных объектов и не зависит от положения наблюдателя. Это свойство определяет **инвариантность работы** относительно преобразования Галилея, т.е. независимость работы от волевого выбора наблюдателем инерциальной системы отсчета. Ниже мы рассмотрим примеры, чтобы объяснить характерные ошибки интерпретации.

5.5 Примеры ошибок

Пример 1. Рассмотрим два взаимодействующих тела. Уравнения движения этих тел имеют вид:

$$m_1 \frac{d\mathbf{v}_1}{dt} = \mathbf{F}_{12} \quad \text{и} \quad m_2 \frac{d\mathbf{v}_2}{dt} = \mathbf{F}_{21} \quad (5.5.1)$$

Вычислим дифференциал работы.

$$dA = \mathbf{F}_{12}(\mathbf{v}_1 - \mathbf{v}_2)dt = \mathbf{F}_{12}d\mathbf{R}_{12} = \mathbf{F}_{21}d\mathbf{R}_{21} \quad (5.5.2)$$

Работа, которую совершает каждая частица, равна

$$dA_1 = \frac{m_2}{m_1 + m_2} \mathbf{F}_{12} d\mathbf{R}_{12} \quad dA_2 = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \mathbf{F}_{12} d\mathbf{R}_{12} \quad (5.5.3)$$

Выражения (5.5.3) не зависят от выбора инерциальной системы отсчета. Часто в учебниках можно встретить следующее выражение для работы, совершаемой телами:

$$d\tilde{A}_1 = \mathbf{F}_{12} \mathbf{v}_1 dt \quad \text{и} \quad d\tilde{A}_2 = \mathbf{F}_{21} \mathbf{v}_2 dt \quad (5.5.4)$$

Выражение (5.5.4) можно рассматривать как стандартную ошибку. Сила всегда является **свойством** взаимодействующего тела. Это свойство ошибочно **отрывают** от частицы и превращают в некую самостоятельную субстанцию, которая **покоится** в системе отсчета наблюдателя.

В результате такого подхода появляется «**работа**», которая зависит от субъективного выбора наблюдателем инерциальной системы отсчета (Аиртуальная работа). Ее нельзя рассматривать как реальную, действительную работу [3].

Пример 2. В учебниках можно прочитать, что

$$dA = d \frac{mv^2}{2} = e\mathbf{v}\mathbf{E}dt \quad (5.5.5)$$

Мы должны ограничить использование этого выражения следующим условием.

Выражение (5.5.5) справедливо только при условии, что источник поля **E покоится** в системе отсчета наблюдателя. В общем случае выражение (5.5.5) неверно, поскольку в нем не учитывается движение источника электрического поля.

5.6 «Конвективный потенциал»

Это тоже пример ошибки. Описание «конвективного» потенциала приведено в учебнике [3]. Пусть заряды покоятся. Кулоновские силы двух неподвижных зарядов уравновешены механическими силами. Наблюдателю, который движется мимо зарядов с постоянной скоростью, будет казаться, что на заряды действует момент сил.

Итак, цитируем объяснение в [3]:

«Два электрона, движущихся параллельно друг другу с одинаковой скоростью u , взаимодействуют между собой. Сила взаимодействия определяется выражением для силы Лоренца...

$$\mathbf{F} = e(\mathbf{E} + \mathbf{u} \times \mathbf{B})$$

...после преобразования...

$$\mathbf{F} = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon} \nabla \left(\frac{1 - u^2/c^2}{s} \right) = -\nabla \psi$$

... Функция

$$\psi = \frac{e^2(1 - u^2/c^2)}{4\pi\epsilon s}$$

называется конвективным потенциалом...».

Обращаем ваше внимание на то, что конвективный потенциал является мгновенно действующим. Далее [3]:

«Сила \mathbf{F}_2 , с которой электрон e_1 , находящийся в точке (x_1, y_1, z_1) , действует на электрон e_2 , находящийся в точке (x_2, y_2, z_2) , должна быть перпендикулярна поверхности эллипсоида

$$s = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + \left(1 - \frac{u^2}{c^2}\right) [(y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2]}$$

ибо последняя является эквипотенциальной поверхностью...

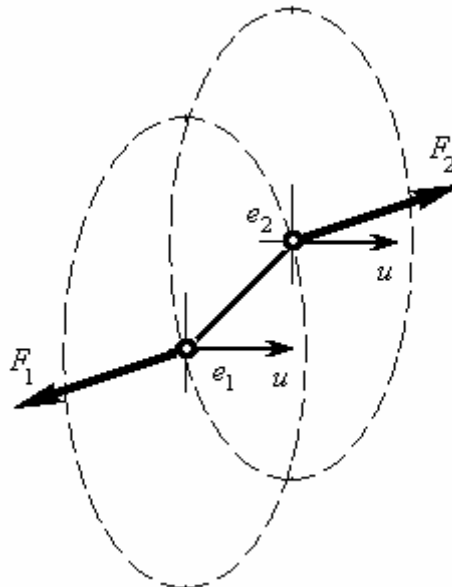


Рис. 5.2

...Таким образом, за исключением случаев, когда линия, соединяющая электроны, параллельна или перпендикулярна к направлению движения, силы действия и противодействия не коллинеарны».

Здесь, видимо, также опечатка, поскольку силы коллинеарные, но не лежат на одной прямой. Естественно, что появляется вращающий момент (рис. 5.2). Заметим, что [3]:

«...для наблюдателя, движущегося с зарядами, заряды не представляют собой элементов тока. Поэтому взаимодействие между ними будет чисто кулоновским».

Итак, [3]:

«Вращательный момент, предсказываемый теорией, реально существует для наблюдателя, движущегося относительно зарядов со скоростью \mathbf{u} . Он мог бы быть измерен, если бы не нужно было учитывать механические соображения. Мы уже указывали, что представление о «жестком» стержне несовместимо с теорией относительности Положение полностью аналогично тому, которое было при рассмотрении равновесия рычага – вращательный момент компенсируется приростом момента импульса. Во всяком случае, равновесие есть свойство, инвариантное относительно преобразований Лоренца».

Ясно, что здесь мы имеем дело не с объяснением физического явления, а с декларацией об «инвариантности» равновесия в любой инерциальной системе отсчета («Во всяком случае, равновесие есть свойство, инвариантное относительно преобразований Лоренца» [3]). Это пример некорректного объяснения из-за неправильного понимания сути модели взаимодействия электрических зарядов. Нобелевский лауреат Р. Фейнман (А отличие от многих *учОных!*) не скрывал трудности и не стеснялся говорить о таких проблемах в своих книгах.

5.7 Объяснение «появления» вращающего момента

Мы сейчас не будем рассматривать формализм релятивистских формул. Мы будем интересоваться только ошибкой объяснения. Ошибка обусловлена существующим определением напряженности поля.

В зарубежных учебниках можно прочесть [6]: “*The electric field intensity is defined as the force per unit positive charge that would be experienced by a stationary point charge, or «test charge», at a given location in the field:*

$$\mathbf{E} = \mathbf{F} / q_i”.$$

Такое же определение принято и у нас: *Напряженность электрического поля в данной точке пространства численно равна силе, действующей на единичный положительный точечный заряд (пробный заряд).*

Однако приведенные определения не полны и, следовательно, они *ошибочны*. Пробный заряд должен *покоиться* в точке $A(x, y, z)$, где измеряется поле (система отсчета наблюдателя). **Это весьма важно!** Об этом мы уже говорили в Главе 1. Если заряд движется через точку $A(x, y, z)$ со скоростью \mathbf{u} , тогда на заряд будет действовать другая сила $\mathbf{F}' \neq \mathbf{F}$.

По этой причине объяснение в [3] содержит ошибку. Автор приписывает *движущемуся* заряду силу, которая действовала бы на **неподвижный** заряд. Как следствие мы вычисляем вращающий момент, который *не существует* в реальности. Напомним, что сила инвариантна относительно преобразования Галилея. Дадим **свое** определение напряженности электрического поля \mathbf{E}

Определение. *Напряженность электрического поля (в данной точке пространства и в данный момент времени) есть силовая характеристика этого поля, численно равная силе, действующей на единичный, положительный, точечный заряд (т.е. на **пробный заряд**), **покоющийся** в этой точке, и имеющая направление, совпадающее с направлением вектора силы.*

Это определение корректно.

Во-первых, философская сторона определения - «**силовая характеристика**» - позволяет нам не воспринимать напряженность как самостоятельный вид материи. Она выражает **свойство** электромагнитного поля. Заметим, что «**энергетической характеристикой**» электрического поля является потенциал (А том числе и конвективный), поскольку он определяется через понятие «**работа**». Сила есть одно из **свойств** волны или заряженного материального тела.

Во вторых, мы хотим обратить внимание на появление в определении понятия «напряженность» слова «**покоящийся**». Дело в том, что в данный момент времени в данной точке пространства мы можем «поместить» в исследуемое поле **движущийся** единичный заряд. Естественно, что на него со стороны поля будет действовать уже **другая** сила (= будет измерена **другая** напряженность поля), отличная от той, которая действовала бы на **покоящийся** заряд.

Приведем пример. Пусть мы имеем однородное магнитное поле магнита, **покоящегося** в нашей системе отсчета. Если пробный заряд **покоится**, то на него магнитное поле не будет воздействовать, т.е. напряженность стороннего электрического поля, действующего на пробный единичный заряд, равна нулю. Но если заряд движется со скоростью **v** относительно магнита, то в соответствии с формулой Лоренца на него будет действовать сила и существовать, пропорциональная ей напряженность электрического поля

$$\mathbf{E} = \mathbf{F} / e = \mathbf{v} \times \mathbf{B}$$

Рассмотрим теперь случай, когда этот магнит со своим полем перемещается с постоянной скоростью **u** в нашей системе отсчета, а заряд покоится. Иногда можно встретить утверждения, что и в данном случае на покоящийся заряд магнитное поле не будет воздействовать. При этом сторонники такой точки зрения «кивают» на приведенную выше формулу Лоренца. Действительно, если скорость заряда равна нулю, то и сила (напряженность стороннего электрического поля) должна быть равной нулю. Но это ошибочная точка зрения.

Движущееся магнитное поле порождает напряженность электрического поля, равную

$$\mathbf{E}' = -\mathbf{u} \times \mathbf{B}$$

Эта напряженность создает силу, которая будет воздействовать на **покоящийся** в нашей инерциальной системе отсчета заряд. Под ее воздействием свободный заряд начнет двигаться ускоренно, т.е. совершать работу.

Теперь, опираясь на определение напряженности электрического поля, мы можем дать непротиворечивое объяснение «конвективному потенциалу».

Итак, обратимся к рис. 7.2 и рассмотрим напряженность поля, создаваемую первым зарядом e_1 , которая существует в той точке пространства, где в данный момент находится движущийся заряд e_2 . Для этой цели (А соответствии с определением понятия «напряженность электрического поля») мы поместим в данную точку пространства в момент времени, соответствующий пролету второго заряда, **неподвижный** пробный заряд.

Естественно, что на этот **неподвижный** заряд будет действовать сила, определяемая формулой Лоренца. Но будет ли действовать та же сила на **движущийся** заряд? Ответ на этот вопрос должен быть в общем случае **отрицательным**. На движущийся заряд будет действовать **другая** сила, отличная от той, которую мы измерили с помощью неподвижного пробного заряда.

Взаимодействие в механике Ньютона имеет **объективный** характер. Оно не может зависеть от волевого выбора наблюдателем инерциальной системы отсчета.

5.8 Взаимодействие двух проводников

Рассмотрим взаимодействие двух проводников с токами. Проводник мы можем представить в виде ионной решетки положительных зарядов и электронов проводимости. Пусть первый проводник (т.е. его положительная ионная решетка) движется со скоростью v_1 , а второй проводник движется со скоростью v_3 , как показано на рис. 7.3.

Функция Лагранжа определяется суммой парных взаимодействий положительных и отрицательных зарядов двух проводников. Выделим во втором проводнике объем dV . В этом проводнике ρ_3 и ρ_4 – это плотности положительных и отрицательных зарядов соответственно. Пусть в этом объеме положительные заряды первого проводника создают потенциал ϕ_1 , а отрицательные – ϕ_2 .

Мы рассматриваем оба проводника как квазинейтральные системы: $\rho_3 + \rho_4 = 0$; $\phi_1 + \phi_2 = 0$.

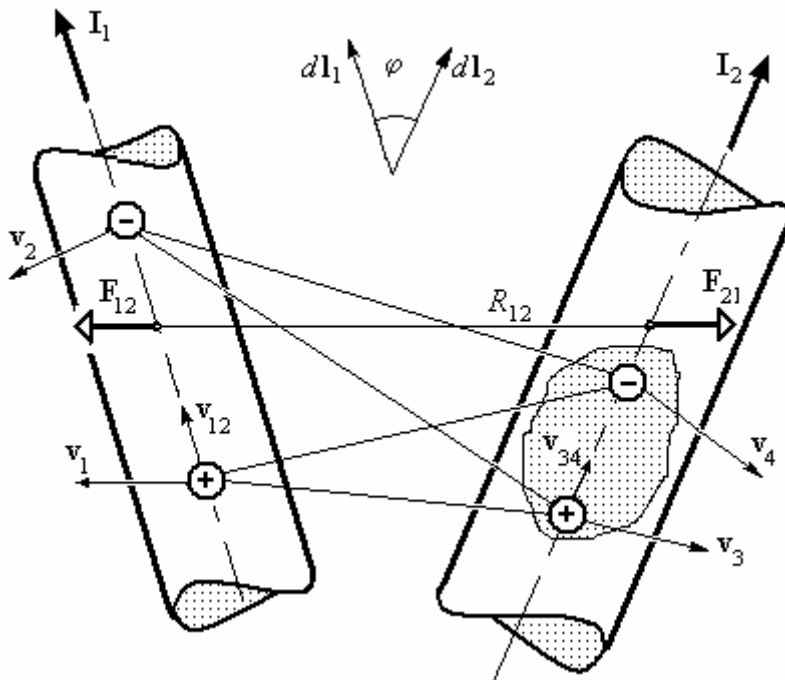


Рис. 5.3. Обозначения на рисунке 2 следующие: v_1 – скорость положительных зарядов проводника 1; v_2 – средняя скорость отрицательных зарядов проводника 1; v_3 – скорость положительных зарядов проводника 2; v_4 – средняя скорость отрицательных зарядов проводника 2; $v_{21} = v_2 - v_1$ – средняя скорость движения отрицательных зарядов в проводнике 1 относительно положительных; $v_{43} = v_4 - v_3$ – средняя скорость движения отрицательных зарядов в проводнике 2 относительно положительных.

Плотность лагранжиана взаимодействия равна

$$\begin{aligned} \Lambda &= -\frac{\phi_1 \rho_3}{c^2} \left(1 + \frac{(v_1 - v_3)^2}{2c^2}\right) - \frac{\phi_1 \rho_4}{c^2} \left(1 + \frac{(v_1 - v_4)^2}{2c^2}\right) - \\ &- \frac{\phi_2 \rho_3}{c^2} \left(1 + \frac{(v_2 - v_3)^2}{2c^2}\right) - \frac{\phi_2 \rho_4}{c^2} \left(1 + \frac{(v_2 - v_4)^2}{2c^2}\right) = \\ &= \frac{\phi_1 v_{12}}{c^2} \rho_3 v_{34} = \mathbf{j} \mathbf{A} \end{aligned} \quad (5.8.1)$$

где: $\mathbf{j} = \rho_3 v_{34} = \rho_4 v_{43}$ – плотность тока в проводнике 2; $\mathbf{A} = \phi_1 v_{12} / c^2 = \phi_2 v_{21} / c^2$ – векторный потенциал, создаваемый проводником 1 в объеме dV проводника 2.

Мы видим, что плотность функции Лагранжа совпадает с известной функцией. Однако это только внешнее сходство. Вид функции (5.8.1) является следствием полной компенсации кулоновских потенциалов в квазинейтральных системах. Это не релятивистский эффект. Выражение (5.8.1) **инвариантно относительно преобразования Галилея**.

Для получения функции Лагранжа необходимо (5.8.1) проинтегрировать по всему объему, содержащему проводники.

$$L = \int \mathbf{j} \mathbf{A} dV \quad (5.8.2)$$

Пусть длины проводников dl_1 и dl_2 и размеры их поперечных сечений s_1 и s_2 малы по сравнению с расстоянием R_{12} между этими проводниками. Тогда мы можем векторный потенциал первого проводника записать в известной форме:

$$\mathbf{A} = \frac{\mu}{4\pi} \frac{I_1 d\mathbf{l}_1}{R_{12}} \quad (5.8.3)$$

где: I_1 – ток, протекающий через поперечное сечение первого проводника, $I_1 = \int \rho_2 \mathbf{v}_{21} ds$.

Подставим выражение (5.8.3) в формулу (5.8.2).

$$L = \int \frac{\mu}{4\pi} \mathbf{j} \frac{I_1 d\mathbf{l}_1}{R_{12}} dV \quad (5.8.4)$$

Объем dV маленький. Векторный потенциал \mathbf{A} можно считать постоянным в этом объеме. С учетом этого выражение (5.8.4) принимает окончательный вид

$$L = \frac{\mu}{4\pi} \frac{I_1 d\mathbf{l}_1}{R_{12}} \int \mathbf{j} dV = \frac{\mu}{4\pi} \frac{(I_1 d\mathbf{l}_1 I_2 d\mathbf{l}_2)}{R_{12}} \quad (5.8.5)$$

где $I_2 = \int \rho_4 \mathbf{v}_{43} ds_2$.

Отметим, что выражение (5.8.5) инвариантно относительно преобразования Галилея.

Теперь мы можем, опираясь на (5.8.5), рассмотреть взаимодействие двух бесконечно малых проводников с токами, т.е. взаимодействие двух элементарных токов.

Чтобы выяснить особенности взаимодействия элементарных токов, запишем интеграл действия, опираясь на (5.8.5):

$$S = \int L dt = \int \frac{\mu}{4\pi} \frac{(I_1 d\mathbf{l}_1 \cdot I_2 d\mathbf{l}_2)}{R_{12}} dt \quad (5.8.6)$$

Варьировать мы можем только две величины \mathbf{R}_{12} – расстояние между двумя проводниками и ϕ_{12} – угол взаимной ориентации элементов тока.

Будем варьировать \mathbf{R}_{12} при постоянном угле ϕ_{12} .

$$\begin{aligned} \delta S &= \delta \int \frac{\mu}{4\pi} \frac{(I_1 d\mathbf{l}_1 \cdot I_2 d\mathbf{l}_2)}{R_{12}} dt = \frac{\mu}{4\pi} \int (I_1 d\mathbf{l}_1 \cdot I_2 d\mathbf{l}_2) \delta \left(\frac{1}{R_{12}} \right) dt = \\ &= \int \frac{\mu}{4\pi} \frac{(I_1 d\mathbf{l}_1 \cdot I_2 d\mathbf{l}_2)}{R_{12}^3} \mathbf{R}_{12} \delta \mathbf{R}_{12} dt = \int \mathbf{F}_{12} \delta \mathbf{R}_{12} dt = 0 \end{aligned}$$

Отсюда следует, что

$$\mathbf{F}_{12} = \frac{\mu}{4\pi} \frac{(I_1 d\mathbf{l}_1 \cdot I_2 d\mathbf{l}_2)}{R_{12}^3} \mathbf{R}_{12} = -\mathbf{F}_{21} \quad (5.8.7)$$

Как мы видим, Третий принцип Ньютона выполняется.

Будем варьировать угол взаимной ориентации элементов тока ϕ_{12} при неизменном расстоянии \mathbf{R}_{12}

$$\begin{aligned}\delta S &= \int \frac{\mu}{4\pi} \delta \left(\frac{I_1 d\mathbf{l}_1 \cdot I_2 d\mathbf{l}_2}{R_{12}} \right) dt = \int \frac{\mu I_1 I_2}{4\pi R_{12}} ([d\mathbf{l}_1 \times \delta\phi_{12}] d\mathbf{l}_2) dt = \\ &= - \int \frac{\mu I_1 I_2}{4\pi R_{12}} ([d\mathbf{l}_1 \times d\mathbf{l}_2] \delta\phi_{12}) dt = \int \mathbf{M}_{21} \delta\phi_{12} dt = - \int \mathbf{M}_{12} \delta\phi_{12} dt = 0\end{aligned}$$

Отсюда следует, что

$$\mathbf{M}_{21} = \frac{\mu}{4\pi} \frac{[I_1 d\mathbf{l}_1 \times I_2 d\mathbf{l}_2]}{R_{12}} = -\mathbf{M}_{12} \quad (5.8.8)$$

Результаты (5.8.7) и (5.8.8) **полностью описывают явления**, связанные с взаимодействием двух элементарных токов. Третий принцип Ньютона не нарушается.

Правильность полученного вывода можно подтвердить, используя выражение для силы Лоренца при отсутствии электростатических кулоновских сил.

$$\mathbf{F}_{12} = -q_2 \frac{\partial \mathbf{A}_1}{\partial t} + q_2 \mathbf{v}_2 \times \text{rot} \mathbf{A}_1 \quad (5.8.9)$$

Вычислим значения

$$\begin{aligned}\mathbf{A}_1 &= \frac{\phi_1 \mathbf{v}_1}{c^2} = \mu \frac{q_1 \mathbf{v}_1}{4\pi R_{12}} \quad q_2 \frac{\partial \mathbf{A}_1}{\partial t} = q_2 \frac{\mathbf{v}_1}{c_2} \frac{\partial \phi_1}{\partial t} = - \frac{\mu}{4\pi R_{12}^3} q_1 \mathbf{v}_1 (q_2 \mathbf{v}_2 \mathbf{R}_{21}) \\ q_2 \mathbf{v}_2 \times \text{rot} \mathbf{A}_1 &= - \frac{\mu}{4\pi R_{12}^3} q_2 \mathbf{v}_2 \times [\mathbf{R}_{21} \times q_1 \mathbf{v}_1]\end{aligned}$$

Подставляя эти выражения в (5.8.9), получим

$$\mathbf{F}_{12} = - \frac{\mu \mathbf{R}_{21} (q_1 \mathbf{v}_1 q_2 \mathbf{v}_2)}{4\pi R_{12}^3} = -\mathbf{F}_{21} \quad (5.8.10)$$

По своей форме полученное выражение соответствует выражению (5.8.10).

Действительно, если $q_1 \mathbf{v}_1$ соответствует $I_1 d\mathbf{l}_1$, а $q_2 \mathbf{v}_2$ соответствует $I_2 d\mathbf{l}_2$, то придем к выражению (5.8.7), что и требовалось показать.

Современная физика эксплуатирует некорректный закон Био-Саварра. Разве формулы (5.8.7) и (5.8.8), описывающие взаимодействие проводников с токами не вызывают эстетическое наслаждение своей красотой и изяществом? Посмотрите пример в следующем параграфе.

5.9 Парадокс Тамма

Существующая в современной литературе [7] асимметрия формулы Био-Саварра в ряде случаев приводит к нарушению Третьего закона Ньютона. Это видно из современной записи выражений для сил:

$$\mathbf{F}_{21} = \frac{\mu}{4\pi} \frac{I_1 d\mathbf{l}_1 \times [\mathbf{R}_{12} \times I_2 d\mathbf{l}_2]}{R_{12}^3}; \quad \mathbf{F}_{12} = \frac{\mu}{4\pi} \frac{I_2 d\mathbf{l}_2 \times [\mathbf{R}_{21} \times I_1 d\mathbf{l}_1]}{R_{12}^3} \quad (5.8.1)$$

В общем случае $\mathbf{F}_{12} \neq \mathbf{F}_{21}$. Пример подобного нарушения приведен в [7], а рисунок из этой работы воспроизведен ниже.

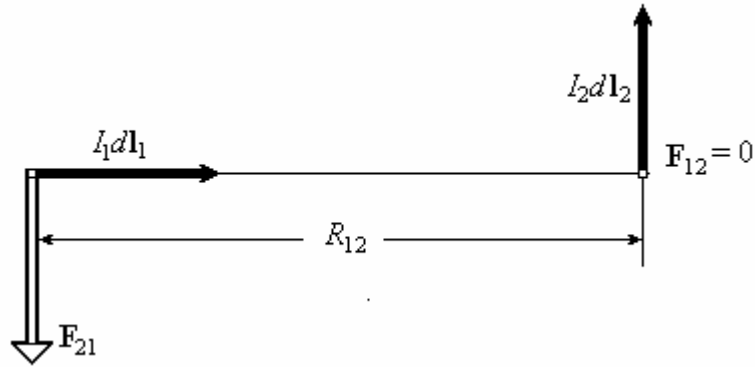


Рис. 5.4

На рис. 7.4 показано, что второй элемент тока воздействует на первый с силой \mathbf{F}_{21} , отличной от нуля, а сам не испытывает никакого воздействия со стороны первого элемента тока.

Полученные нами соотношения (5.8.7) и (5.8.8) устраняют асимметрию закона Ампера. На элементы токов будет действовать только вращающий момент (5.8.8).

5.10 Механика взаимодействующих частиц

Рассмотрим замкнутую систему, состоящую из большого числа заряженных частиц, взаимодействующих между собой. Пусть эти частицы локализованы в некотором объеме V_0 .

Мы используем для построения функции Лагранжа выражение (5.2.4). Мы обобщаем это выражение, взяв общую форму лагранжиана взаимодействия. Для i и k частиц запишем следующую функцию Лагранжа

$$L_{ik}^* = m_i \frac{v_i^2}{2} + L_{ik}(R_{ik}; v_{ik}) + m_k \frac{v_k^2}{2}; \quad L_{ik} = L_{ki}; \quad L_{ii} = 0 \quad (5.10.1)$$

Общий вид функции действия для замкнутой консервативной системы можно записать в следующем виде:

$$S = \int \sum_{i=1}^N \left[\frac{m_i v_i^2}{2} + \sum_{k>i} L_{ik}(R_{ik}; v_{ik}) \right] dt \quad (5.10.2)$$

Изучим свойства системы, описываемой действием (5.5.1). Прежде всего, найдем уравнение движения для i -той частицы. Для этого найдем вариацию действия δS и обратим ее в нуль. Варьировать подинтегральное выражение мы будем при следующих условиях: мы будем менять координату i -той частицы \mathbf{R}_i , полагая t и координаты других частиц фиксированными (постоянными). В результате мы получим следующую систему уравнений движения:

$$\frac{dm_i \mathbf{v}_i}{dt} = \sum_{k=1}^N \left(\frac{\partial L_{ik}}{\partial \mathbf{R}_{ik}} - \frac{d}{dt} \frac{\partial L_{ik}}{\partial \mathbf{v}_{ik}} \right) = \sum_{k=1}^N \mathbf{F}_{ki} \quad (5.10.3)$$

где: $\delta \mathbf{R}_{ik} = \delta \mathbf{R}_i - \delta \mathbf{R}_k = \delta \mathbf{R}_i$ поскольку $\delta \mathbf{R}_k$ постоянна;

$\delta \mathbf{v}_{ik} = \delta \mathbf{v}_i - \delta \mathbf{v}_k = \delta \mathbf{v}_i$, поскольку $\delta \mathbf{R}_k$ постоянна;

$$\mathbf{F}_{ki} = \frac{\partial L_{ik}}{\partial \mathbf{R}_{ik}} - \frac{d}{dt} \frac{\partial L_{ik}}{\partial \mathbf{v}_{ik}} = -\mathbf{F}_{ik} \quad (5.10.4)$$

Из (5.10.4) видно, что третий принцип Ньютона выполняется, т.е. действие **всегда** равно противодействию. Более того, сила \mathbf{F}_{ki} оказывается инвариантной относительно преобразования Галилея, поскольку зависит от относительных величин \mathbf{v}_{ik} и \mathbf{R}_{ik} .

Ниже мы обсудим содержание понятий «сила» и «работа», а сейчас найдем работу, совершаемую, i – частицей.

Умножим (5.10.3) на $\mathbf{v}_i dt$

$$dK_i = d \frac{m_i v_i^2}{2} = \sum_{k=1}^N \mathbf{F}_{ki} \mathbf{v}_i dt \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (5.10.4)$$

Это дифференциал кинетической энергии частицы при ее взаимодействии с другими частицами при условии, что все остальные частицы покоятся. Просуммируем (5.10.4) по индексу i .

$$\begin{aligned} dK &= \sum_{i=1}^N dK_i = \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^N \mathbf{F}_{ki} \mathbf{v}_i dt = \\ &= \sum_{i=1}^N \sum_{k>i}^N \mathbf{F}_{ki} (\mathbf{v}_i - \mathbf{v}_k) dt = \sum_{i=1}^N \sum_{k>i}^N \mathbf{F}_{ki} d\mathbf{R}_{ik} dt \end{aligned} \quad (5.10.5)$$

Соотношение (5.10.5) показывает, что изменение кинетической энергии всех взаимодействующих частиц системы равно работе всех сил. Величина dK инвариантна относительно преобразования Галилея, т.е. не зависит от выбора инерциальной системы отсчета.

Время t можно рассматривать как четвертую координату частиц. Мы можем варьировать и эту координату. Наложим условие при варьировании t : положение i - частицы фиксировано ($\mathbf{R}_i = \text{const}$; $\mathbf{v}_i = 0$), а все остальные частицы перемещаются, но взаимодействуют только с i - частицей. Такое взаимодействие описывается следующей частной функцией Лагранжа

$$L_i = \frac{m_i v_i^2}{2} + \sum_{k=1}^N L_{ik}(R_{ik}; \mathbf{v}_{ik}); \quad L_{ii} = 0 \quad (5.10.6)$$

Найдем вариацию этой функции Лагранжа

$$\delta L_i = \frac{dL_i}{dt} \delta t = \delta \left[\frac{m_i v_i^2}{2} + \sum_{k=1}^N L_{ik}(R_{ik}; \mathbf{v}_{ik}) \right] = \frac{d}{dt} \sum_{k=1}^N L_{ik} \delta t \quad (5.10.7)$$

При выводе последнего выражения мы учли, что i – частица покоится. Продолжим преобразование, воспользовавшись уравнением движения для k - частицы (5.10.3)

$$\begin{aligned} \delta L_i &= \frac{dL_i}{dt} \delta t = \left[\sum_{k=1}^N \left(\frac{\partial L_{ik}}{\partial \mathbf{R}_{ki}} \mathbf{v}_k + \frac{\partial L_{ik}}{\partial \mathbf{v}_{ki}} \frac{d\mathbf{v}_k}{dt} \right) \right] \delta t = \\ &= \left\{ \frac{d}{dt} \sum_{k=1}^N \frac{\partial L_{ik}}{\partial \mathbf{v}_{ki}} \mathbf{v}_k \right\} \delta t + \left\{ \sum_{k=1}^N \left[\frac{\partial L_{ik}}{\partial \mathbf{R}_{ki}} - \frac{d}{dt} \frac{\partial L_{ik}}{\partial \mathbf{v}_{ki}} \right] \right\} \mathbf{v}_k \delta t = 0 \end{aligned} \quad (5.10.8)$$

Перенесем полную производную в левую часть

$$\frac{dE_i}{dt} = \frac{d}{dt} \left\{ L_i - \sum_{k=1}^N \frac{\partial L_{ik}}{\partial \mathbf{v}_{ki}} \frac{\partial L_{ik}}{\partial \mathbf{v}_{ki}} \mathbf{v}_k \right\} = - \sum_{k=1}^N \mathbf{F}_{ik} \mathbf{v}_k \quad (5.10.9)$$

Выражение (5.10.9) – это изменение потенциальной энергии i – частицы при ее взаимодействии с другими частицами, при условии что i – частица покоится, а остальные

частицы перемещаются и взаимодействуют только с ней. Суммируя (5.10.9) по индексу i , получим полное изменение потенциальной энергии всех взаимодействующих частиц.

$$\begin{aligned} dE &= \sum_{i=1}^N dE_i = - \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^N \mathbf{F}_{ik} \mathbf{v}_k dt = - \sum_{i=1}^N \sum_{k>i}^N \mathbf{F}_{ik} (\mathbf{v}_k - \mathbf{v}_i) dt = \\ &= - \sum_{i=1}^N \sum_{k>i}^N \mathbf{F}_{ik} d\mathbf{R}_{ki} \end{aligned} \quad (5.10.10)$$

Как и (5.10.5) соотношение (5.10.10) инвариантно относительно преобразования Галилея. Оно выражается через работу всех сил, действующих на частицы замкнутой системы. Поэтому величину dA , равную $dA = dK = -dE$, мы назовем дифференциалом работы, а саму величину A – работой. Законы сохранения приведены в Приложении А.

Таким образом, мы исправили ошибки и показали, что взаимодействие зарядов не противоречит механике Ньютона. Принцип причинной связи не нарушается, как показано в предыдущей главе и в [8]. Рассмотренные особенности взаимодействия зарядов изменяют объяснение некоторых явлений в физике плазмы (например, теорию пинч-эффекта). Однако это вне рамок книги.

Заключение

Я надеюсь, что читатель получил истинное наслаждение изящным математическим формализмом и ясной моделью взаимодействия зарядов. Ошибки и фальсификации в существующей теоретической физике мы оставляем на совести современных **учОных** и их учителей.

Приложение А. Законы сохранения

Запишем теперь законы сохранения, вытекающие из (5.10.2). Мы не будем воспроизводить промежуточные результаты, поскольку существуют стандартные способы получения законов сохранения (первых интегралов), изложенные в любом учебнике по теоретической механике.

1. Из инвариантности функции Лагранжа относительно преобразования Галилея следует, что **центр инерции замкнутой системы**, определяемый выражением

$$\mathbf{R}_c = \sum_{i=1}^N m_i \mathbf{R}_i / \sum_{i=1}^N m_i, \quad (A.7.1)$$

движется относительно наблюдателя **с постоянной скоростью**

$$\mathbf{v}_c = \frac{d\mathbf{R}_c}{dt} = \sum_{i=1}^N m_i \mathbf{v}_i / \sum_{i=1}^N m_i. \quad (A.7.2)$$

2. **Закон сохранения энергии.** В силу того, что функция Лагранжа не зависит явно от времени (инвариантна относительно преобразования $t = t' + t_0$, где $t_0 = \text{const}$) имеет место закон сохранения энергии:

$$E = \sum_{i=1}^N \frac{m_i v_i^2}{2} + \sum_{i=1}^N \sum_{k>i}^N \left(\frac{\partial L_{ik}}{\partial \mathbf{v}_{ik}} \mathbf{v}_{ik} - L_{ik} \right) \quad (A.7.3)$$

3. **Закон сохранения импульса** вытекает из инвариантности функции Лагранжа относительно преобразования $\mathbf{R} = \mathbf{R}' + \mathbf{R}_0$, где $\mathbf{R}_0 = \text{const}$.

$$\mathbf{P} = \sum_{i=1}^N \frac{\partial L}{\partial \mathbf{v}_i} = \left(\sum_{i=1}^N m_i \mathbf{v}_i + \sum_{k=1}^N \frac{\partial L_{ik}}{\partial \mathbf{v}_i} \right) = \sum_{i=1}^N m_i \mathbf{v}_i \quad (A.7.4)$$

4. **Закон сохранения момента импульса.** Из инвариантности функции Лагранжа относительно вращений пространственных координат $\mathbf{R} = \mathbf{R}_0 + [\mathbf{R}_0 \times d\phi]$, где \mathbf{R}_0 – постоянен, а $d\phi$ – угол поворота, следует закон сохранения момента импульса

$$\mathbf{M} = \sum_{i=1}^N \left([m_i \mathbf{R}_i \times \mathbf{v}_i] + \sum_{k>i}^N [\mathbf{R}_{ik} \times \frac{\partial L_{ik}}{\partial \mathbf{v}_{ik}}] \right) \quad (\text{A.7.5})$$

Уравнения движения, законы сохранения, выражение для сил, работы **инвариантны относительно преобразования Галилея**. Они не зависят от выбора инерциальной системы отсчета и отражают сущность процессов взаимодействия.

Список литературы:

1. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Теория поля. ГИФФМЛ, М. 1960.
2. J. Jackson, Classical Electrodynamics, Wiley, New York (1963).
3. W. Panofsky & M. Phillips, Classical electricity and Magnetism Wesley Publishing Co. Inc., Cambridge, MA: Addison-Wesley, USA, (1961)
4. М.В. Корнева, В.А. Кулигин, Г.А. Кулигина. Магнитные парадоксы и их объяснение. <http://www.twirpx.com/file/292739/>
5. М.В. Корнева, В.А. Кулигин, Г.А. Кулигина. Анализ классической электродинамики и теории относительности. <http://n-t.ru/tp/ns/ak.pdf>
6. R.F. Feynman, R.B. Leighton, M. Sands. The Feynman Lectures on Physics. V. 1, ADDISON-WESLEY PUBLISHING COMPANY, INC. 1963.
7. И.Е. Тамм. Основы теории электричества. – М.: ГИТТЛ, 1954.
8. В.А. Кулигин. Причинность и взаимодействие в физике. // Детерминизм и современная физика. Воронеж, ВГУ, 1986. (См. также: <http://n-t.ru/tp/ns/pvf.htm>).

Глава 6. Чудеса с уравнениями Максвелла

6.1 Об эксперименте, теории и практике

6.2 Максвелл и его уравнения

6.1 Об эксперименте, теории и практике

Всему свое время. Вот и нам пришло время побеседовать о теории, эксперименте и практическом использовании теоретических результатов. Есть старый афоризм: «Нет ничего практичнее хорошей теории». Конечно, теории могут быть на разном уровне завершенности. Но не это главное. Я считаю теорию научной, если установлена четкая и однозначная связь между самой теорией, ее экспериментальным подтверждением и практическим использованием. Об этом и поговорим.

Когда я был еще «зеленым» аспирантом, мне приходилось ездить на различные научные конференции, семинары и т.д. На одной из Межвузовских Конференций меня поселили в студенческом общежитии вместе с пожилым кандидатом наук по физике твердого тела. В комнате мы жили вдвоем и познакомились. Москвич, СНС работал в одном из институтов РАН.

Однажды вечером, как обычно, мы сели ужинать. Он поделился своей проблемой измерения мгновенной частоты при импульсной генерации СВЧ колебаний твердотельным прибором. Я предложил ему свой интерференционный метод измерения мгновенной частоты. Идея метода ему понравилась, и он достал из чемоданчика бутылку коньяка. Выпили, закусили.

«Почему ты не защитишься?» - спросил он.

«Проблемы с публикацией статей».

И тут он рассказал мне про своего коллегу. Тот, опираясь на квантово-механические представления, вывел формулу и написал статью. Трижды посылал в редакции журналов. Там тянули время и отказывали. Результат в статье был интересный, но рецензенты и редакция... Тогда он изменил название статьи, добавил параграф об эксперименте (с описанием установки и методики измерений), который он, конечно, не проводил. Поставил на расчетной кривой «экспериментальные точки», соблюдая Гауссово распределение ошибок, и послал. Через 4 месяца статья была опубликована!

«Вот так иногда «подтверждают теорию экспериментом»» - засмеялся он. «А если его уличат в обмане?» – недоумевал я

«Пустое! Кто станет проверять (искать приборы, тратить время)! Ну, пусть проверит и найдет расхождение. Это всегда можно объяснить различным качеством образцов и неучтенными условиями эксперимента...». «Теперь он уже доктор! – закончил он – Ты не всегда доверяй «научным» статьям и авторитетам. Можно даже в «толстом» журнале «напороться» на халтуру. А у тебя какие дела сегодня?»

Я рассказал ему случай на Конференции. На секции председательствовал чл.-корр Л.А. Вайнштейн. Он сидел в вальяжной позе в мягком кресле впереди, нога на ногу. Выступал молодой человек, докладывая о приближенных методах расчета рабочих параметров магнетрона. Тема эта была интересна и для меня. Главная мысль доклада была проста: грубые методы расчета режима работы дают гораздо более близкие к экспериментам результаты, чем опирающиеся на существующие теории. Он нарисовал мелом на доске магнетрон, электронные «спицы» и привел объяснение нового подхода.

Вайнштейн спросил его о теории Капицы по этой проблеме и получил ответ: теория Капицы «работает» весьма плохо. Вайнштейн подумал и задал вопрос: «А что это у вас там за «глиста» нацарапана?» - Он пальцем показал на спицу.

Зал заржал. Докладчик покраснел, но продолжал отвечать на вопросы. Меня этот случай покорило. Я знал неплохие работы Вайнштейна (книга «Электромагнитные волны», книги и статьи по дифракции). Но я от него такого «рулета» не ожидал!

« Ты еще молод и идеализируешь науку. Общество остается одинаковым во всех своих «отсеках»: в медицине, в армии, в судебной системе, в образовании, в науке и т.д. Поэтому не удивляйся, если какой-то «ученый» будет уличен во взяточничестве и т.п. Все мы люди» – заметил он резонно.

В тот вечер он мне много рассказал о «кухне» РАН, о том, как туда «протискиваются», как кандидаты в РАН обхаживают тех от кого зависит голосование. « Вот и твой Вайнштейн хочет стать академиком. В теории дифракции он «исчерпал себя», поэтому и взялся за магнетроны. Шефом у него П. Капица, который скажет свое веское авторитетное слово, и Вайнштейна примут в академики!»

Так потом и случилось.

« Не идеализируй ни научное сообщество, ни его «достижения».- говорил он. - Сколько в науке людей беспринципных, которые «подгоняют» свою точку зрения и результаты под «общепризнанное», только чтобы получить выгоду ... Для них «наука» это способ «вспорхнуть» вверх к деньгам, славе, власти. Но есть в РАН и очень умные Ученые».

Я иногда вспоминаю такие уроки. К примеру, был «гений математики» Б. Березовский (олигарх). Сколько он (при своей скарденности) «отстегнул баксов» для улаживания членов Комиссии, чтобы «просклизнуть» в академики? Тогда это было поветрием. Все политики и олигархи вдруг ринулись подавать заявления на конкурс в РАН в погоне за академическими званиями. Юмористы предлагали: чтобы успешно перевести науку на «самоокупаемость» нужно сдавать в аренду звание «академик», скажем, на три года за деньги. Потом за деньги «продлять» действие звания. Наука получит хороший куш. Противники возражали: «Бесполезно. Все равно все разворуют!»

Подобных познавательных встреч было у меня немало. Однажды к нам на кафедру пришел подполковник. Он представился. Военпред. Работает на предприятии в другом городе. Скоро на пенсию. Хочет устроиться работать у нас по хоз.договору после ухода на пенсию. Квартира есть, т.к. семья живет в нашем городе.

Он оказался умным грамотным специалистом. Зав. кафедрой положительно отнесся к предложению. Мы поговорили и договорились, что несколько бракованных СВЧ изделий он перешлет нам для создания лабораторного практикума и проведения исследований.

Так я попал в командировку на оборонное предприятие. Приборы хоз. назначения отобрали, посылку оформили быстро. В обеденный перерыв мы сидели в столовой и разговаривали. Меня интересовала проблема конструирования и производства промышленных магнетронов. – Это просто – сказал военпред, - я тебя познакомлю с главным конструктором изделия. Умный человек!

После перерыва он привел меня в кабинет конструктора и познакомил. Мы разговорились. От него я много узнал для себя нового. Главный конструктор поступил в университет и закончил его во время войны. На фронт его не взяли из-за дефекта ноги. Он сильно хромотал. Техникой СВЧ начали заниматься в связи с развитием радиолокации в конце войны. Теория приборов еще только начала развиваться. Был известен лишь принцип работы и были американские образцы. Их пытались копировать. Пробоем оказалось много: нарушался вакуум при нагреве прибора («газила» нагретая медь), разваливались катоды из-за сильной вторичной эмиссии.

Он рассказал, что они тогда довольно много работали и экспериментировали (даже ночевали в лаборатории). Постепенно набрали порядочный опыт создания таких приборов. «А как с теорией приборов М-типа?» – спросил я.

«Теории пригодной нет. Даже иногда нет теоретического объяснения наблюдаемых эффектов, хотя в журналах описаны модели работы: однопоточная, двух-поточная и т.д. - ответил он, - практической пользы от них никакой. Эти теории нужны соискателям, аспирантам для защиты. Ты посмотри: сколько народу защищает диссертации! А ведь только единицы вносят вклад в производство и науку. Остальные получают «вклад в свою зарплату» от государства».

Прошел не один десяток лет, но хорошей теории здесь так и не было создано. Несмотря на это, конструкторы создают хорошие приборы, опираясь на опыт, интуицию и чутье. И эти приборы работают, не считаясь с «правильными» теориями. Вот вам и «подтверждение» тезиса; «Практика – критерий истины». А если бы была хорошая теория? Метод «ползучего эмпиризма» (метод проб и ошибок) дает для производства пока много больше, чем существующие «теории».

Одна из причин в том, что у *учОных* нет желания и стимула пересматривать существующие гипотезы и модели, исправлять ошибки в теориях, искать новые объяснения явлений. Во-первых, это *Работа*, а во вторых, они достигли «потолка» и всякую попытку ревизии физики они рассматривают как покушение на свой авторитет! Кому из них будет приятно напяливать «штаны первокурсника», чтобы изучать новые идеи, прощаясь со старыми знаниями, и терять «научный авторитет» (+ госнадбавки и конкуренты)?

Теперь об эксперименте. Здесь мы будем говорить о фундаментальных экспериментах. Такие эксперименты являются «узловыми», поскольку изменяют наше миропонимание в изучаемой области. Эксперимент сам не появляется. Его придумывают люди, опираясь на свои знания и необходимость проверить и уточнить понимание особенностей изучаемого фрагмента природы.

Существуют два вида экспериментов: качественный и количественный.

Качественный эксперимент имеет целью дать ответ на вопросы: «Да или Нет»? Существует или не существует то или иное явление в рамках теоретических представлений экспериментатора или ожидаемый характер поведения исследуемой закономерности? При этом экспериментатор может опираться на строгую теорию или же на свои интуитивные соображения. Исходя из цели, он подбирает приборы, выбирает методику проведения эксперимента, прикидывает вероятность результатов и возможное влияние условий эксперимента на результат. И, все же, любой результат такого эксперимента не может полностью (на 100%) опровергнуть или же подтвердить гипотезу, подлежащую проверке.

Количественный эксперимент имеет целью измерить количественную величину измеряемого эффекта или характер изменения величины эффекта от условий поведения эксперимента. Здесь все то, что используется при проведении качественных экспериментов. Есть лишь одно отличие: исследуемый эффект (закономерность) уже существует, известен (хотя бы теоретически). Необходимо определить количественные отношения.

Качественный эксперимент это открытие нового в понимании, это расширение или установление границ применимости теоретических представлений. Примерно ту же роль иногда могут выполнять результаты ОКРов и НИРов. Хотя они имеют иное целевое назначение, при их проведении могут быть обнаружены новые явления фундаментального характера. Конечно, такие результаты должны фиксироваться исследователями и изучаться. Часто их просто «списывают» на «некорректность» методики, «ошибки»

измерений или погрешности при изготовлении образца и т.д. И они «пропадают» на долгое время.

Все это общеизвестно. Мне хотелось бы обратить внимание на следующую сторону. Ни один эксперимент не проводится без теоретической (количественной или качественной) поддержки. Именно теоретические предпосылки служат исходными условиями выбора методики измерений, образцов, приборного инструментария и т.д.

Но вот вы провели измерения и получили результат (экспериментальные точки, кривые и т.д.). На этом ваш эксперимент не заканчивается. Все измерения будут «мусором», если они не будут иметь научного объяснения. Это вновь теоретическая работа. Вот почему правы те философы, которые утверждают, что «чистого эксперимента» не существует; *любой эксперимент «нагружен» теорией!* И так, от самого эксперимента остались только цифры (экспериментальные точки).

Поэтому не эксперимент является «высшим судьей научной теории», а наше миропонимание, если оно позволяет корректно объяснить результаты эксперимента. Еще раз хочу заметить, что эксперимент не может служить однозначным подтверждением теории. Как писал мудрый Н.Бор, на N фундаментальных экспериментах можно построить множество теорий, которые объясняют эти эксперименты, но могут находиться в противоречии между собой! И это верно.

Сейчас науке важно решить «проблему выбора» объективной научной теории из множества разных гипотез. Как это помогло бы уберечь науку от излишних «рысканий», от потерь времени и средств при поисках научной истины!

6.2 Максвелл и его уравнения

Теперь пришло время исследовать уравнения Максвелла. Обобщая известные к тому времени законы электричества, Максвелл записал следующую систему уравнений, которая в современной форме имеет вид:

$$\begin{aligned} \operatorname{rot} \mathbf{H} &= \mathbf{j}; & \operatorname{div} \mathbf{H} &= 0; \\ \operatorname{rot} \mathbf{E} &= -\dot{\mathbf{K}} \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t}; & \operatorname{div} \mathbf{E} &= -\frac{\dot{\Gamma}}{\dot{\Gamma}} \end{aligned} \quad (6.2.1)$$

Как пишут историки, чтобы получить конечный результат, Максвелл ввел ток смещения в первое уравнение. $\mathbf{j}_{cm} = \dot{\Gamma} \mathbf{E} / \partial t$. Введение этого тока было продиктовано

необходимостью соблюдения закон сохранения заряда. Благодаря ему поля \mathbf{E} и \mathbf{H} стали удовлетворять волновым уравнениям и превратились в запаздывающие поля, которые распространяются со скоростью света в вакууме.

Можно себе представить, сколько душевных мучений пришлось ему, воспитанному на ньютоновской (английской!) школе мгновенного действия на расстоянии, пережить прежде, чем он решился опубликовать свои уравнения. Напомним их

$$\begin{aligned} \operatorname{rot} \mathbf{H} &= -\varepsilon \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + \mathbf{j}; & \operatorname{div} \mu \mathbf{H} &= 0; \\ \operatorname{rot} \mathbf{E} &= -\mu \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t}; & \operatorname{div} \varepsilon \mathbf{E} &= -\frac{\rho}{\varepsilon} \end{aligned} \quad (6.2.2)$$

Максвелл видел волновой характер полей \mathbf{E} и \mathbf{H} . Это его беспокоило до конца жизни.

Попробуем, опираясь на математику, отыскать варианты решения, которые тогда по объективным причинам Максвелл мог не увидеть.

Если бы Максвелл ввел ток смещения, образованный только полем скалярного потенциала $\mathbf{j}_{cm} = -\varepsilon \partial \operatorname{grad} \phi / \partial t$, он смог бы иначе решить проблему. В этом случае система

уравнений приобрела бы «стороннее поле \mathbf{E}_{cm} », и Максвелл получил систему уравнений квазистатики. Эту систему мы описали в конце Главы 1.

Но в те времена потенциалы почти не использовались. Считалось, что они не имеют физического смысла. Такое отношение к потенциалам имеет место у многих ученых и в настоящее время. Но, как показывает практика, всякая величина, введенная в физику, должна иметь физический смысл (не быть бессмысленной!).

Если идти новым путем, уравнения «теряют» возможность описать поперечную электромагнитную волну. Существование подобных волн обнаружил экспериментально позже Г.Герц (качественный эксперимент!), а практическое применение этих волн в настоящее время достигло широкого размаха. Конечно, получить уравнения квазистатики из уравнений Максвелла *невозможно*, как мы отметили в самом начале. Исключая \mathbf{E} или \mathbf{H} в уравнениях Максвелла, мы получаем волновые уравнения для электрического и магнитного поля.

$$\operatorname{rot}\operatorname{rot}\mathbf{H} + \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \mathbf{H}}{\partial t^2} = \mu \mathbf{j}; \quad \operatorname{rot}\operatorname{rot}\mathbf{E} + \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} = \mu \operatorname{rot} \mathbf{j}$$

Чтобы получить уравнения квазистатики, мы должны устремить скорость света к бесконечности. Мы не можем устремлять к нулю ни диэлектрическую, ни магнитную проницаемость, чтобы получить бесконечную скорость света. Об этой стороне медали, видимо, сам Максвелл догадывался, но промолчал!

УчОные того времени так и не поняли, что они «потеряли» описание квазистатических явлений, но обрели описание волновых явлений. Конечно, квазистатические явления (мгновенное действие на расстоянии) существуют. Они математически корректно описаны и подтверждены достаточно полно экспериментально.

При «изменении» уравнений мы обязаны сохранить квазистатические и волновые процессы. Введем потенциалы следующим обозначения:

$$\mathbf{E} = -\operatorname{grad}\phi; \quad \mathbf{E}_{cm} = -\frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t}; \quad \mathbf{E}^* = -\frac{\partial \mathbf{A}^*}{\partial t} \quad (6.2.3)$$

$$\mathbf{H}_{cm} = \operatorname{rot}\mathbf{A}; \quad \mathbf{H}^* = \operatorname{rot}\mathbf{A}^*; \quad \mathbf{A}_{ct} = \phi \mathbf{v} / c^2$$

В них символ «*» обозначает запаздывающий потенциал электромагнитной волны и запаздывающие поля, а индекс «*cm*» относится к сторонним величинам: потенциалу, электрическому и магнитному полю, как и ранее.

Мы получаем две группы уравнений после разделения уравнений.

Первая группа:

$$\operatorname{rot}\mathbf{H}_{cm} = \varepsilon \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + \mu \mathbf{j}; \quad \operatorname{div} \mu \mathbf{H}_{cm} = 0$$

$$\operatorname{rot}(\mathbf{E} + \mathbf{E}_{cm}) = -\mu \frac{\partial \mathbf{H}_{cm}}{\partial t}; \quad \operatorname{div} \mathbf{E} = -\frac{\rho}{\varepsilon} \quad (6.2.4)$$

Она полностью совпадает с группой уравнений квазистатики в Главе 1.

Вторая группа состоит из одного однородного волнового уравнения:

$$\operatorname{rot}\operatorname{rot}\mathbf{A}^* + \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \mathbf{A}^*}{\partial t^2} = 0 \quad (6.2.5)$$

Оно не содержит источников поля в правой части. Волновые процессы подтверждены экспериментально только с *качественной* стороны, несмотря на широкое применение их

на практике. Пусть вас не удивляет отсутствие источников в правой части уравнения (6.2.5) для запаздывающего векторного потенциала, описывающего поперечную электромагнитную волну. Это свидетельство **неполноты уравнений Максвелла**. Мы не имеем всех данных для полного описания **источников** волновых процессов (электрические или магнитные токи и заряды). Поэтому мы не будем здесь предлагать свое решение, свою «правую часть». Мы обсудим в следующей главе *возможные подходы* для ее описания.

УчОные обычно не интересуются работами, публикуемыми в интернете. А зря! В этих работах немало интересного. В частности можно найти работы, в которых, например, экспериментально зафиксировано, что структура электромагнитных полей вблизи диполя Герца отличается от теоретической и т.д.

Теперь мы можем вернуться к современной интерпретации уравнений электродинамики, изложенной в учебниках. Это весьма интересно, поучительно и приблизит нас к цели.

Глава 7. Копаемся в мусоре калибровок

- 7.1 Калибровочная инвариантность
- 7.2 Плотность функции Лагранжа для электромагнитного поля
- 7.3 Уравнения Максвелла в калибровке Лоренца
- 7.4 Тензор энергии-импульса и законы сохранения
- 7.5 Условие отсутствия продольных волн
- 7.6 Кулоновская калибровка

7.1 Калибровочная инвариантность

Мгновенное действие на расстоянии не устранимо ни из электродинамики, ни из теории тяготения. Мы не будем показывать ошибочность получения кулоновской калибровки и калибровки Лоренца. Формально доказательство выглядит правильным. Однако оно имеет следующие допущения, которые незаконны.

1. Доказательство (явно или скрыто) опирается на единственность решения задачи Коши для уравнений Максвелла. Следовательно, при заменах полей электромагнитными потенциалами мы должны формулировать и преобразовывать соответствующие начальные условия для потенциалов. Этого не делается.
2. Как мы показали, мгновенное действие на расстоянии в уравнениях Максвелла устранить невозможно. Поэтому как скалярный, так и векторный потенциалы необходимо представлять в виде суммы функционально различных частей (мгновенно действующий потенциал плюс запаздывающий потенциал). В «доказательствах» функциональное различие потенциалов отсутствует.

Заметим, что в учебнике Ландау и Лифшица «Теория поля» вы не найдете упоминания о кулоновской калибровке, хотя она широко пользуется. Но есть правильное замечание о градиентной инвариантности.

Ниже мы рассмотрим кулоновскую калибровку и калибровку Лоренца и познакомимся с их различием и особенностями. Как и ранее, математика будет нашим проводником.

7.2 Плотность функции Лагранжа для электромагнитного поля

Мы начнем с калибровки Лоренца. Эта калибровка интересна тем, что расчеты антенно-фидерных систем пока наиболее полно отвечают экспериментальным результатам. В [1] дано «последовательное» изложение основ электродинамики. Кажется, что оно представляет собой логически стройную конструкцию. Но это только на первый взгляд. Можно заметить много некорректностей (фальсификаций), ошибок, неточностей. Недаром физик и философ М.Бунге написал, что учебники Ландау написаны в духе раннего логического позитивизма. Это означает, что все трудности «спрятаны» за квази-логическое (иногда с фальсификациями) изложение.

Например, приводится «допотопное» доказательство теоремы Пойнтинга, хотя существуют строгие правила аналитической механики, пользуясь которыми можно четко решить ту же задачу (а), из дивергенции тензора энергии-импульса электромагнитного поля не вытекают законы сохранения, как того требует математика (б) и т.д. Мы сослались на учебник Ландау, хотя во всех без исключения подобных учебниках то же самое (компиляция с вариациями).

Подойдем с позиции аналитической механики к калибровке Лоренца. Запишем выражение для плотности функции Лагранжа для электромагнитного поля

$$\begin{aligned} \Lambda &= [-(F_{ik})^2/4 + \text{fK} A_i] / \text{fK} \\ &= -[(\partial A_k / \partial x_i)^2 - 2\partial A_k / \partial x_i \cdot \partial A_i / \partial x_k + (\partial A_i / \partial x_k)^2] / 4\text{fK} - j_i A_i / \text{fK} \end{aligned} \quad (7.2.1)$$

Поскольку функция Лагранжа определена неоднозначно, преобразуем выражение (7.2.1) и придадим ему иную форму, используя интеграл действия

$$S = \int \Lambda d\Omega = \int \frac{1}{\mu} [-\frac{1}{4} (F_{ik})^2 + \mu j_i A_i] d\Omega \quad (7.2.2)$$

где: $d\Omega = dx_1 dx_2 dx_3 dx_4$; $j_k = c\rho u_k$ – 4-вектор плотности тока; $u_k = dx_k/ds$ – 4-вектор скорости; ρ – плотность пространственного заряда.

Напомним, что уравнения непрерывности $\partial A_k / \partial x_k = 0$ и $\partial j_k / \partial x_k = 0$ являются самостоятельными условиями, которые наложены на поля и токи.

Раскроем подынтегральное выражение, преобразуем и проинтегрируем по частям

$$\begin{aligned} S &= \int \frac{1}{\mu} [-\frac{1}{2} (\frac{\partial A_i}{\partial x_k})^2 + \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial x_k} (A_i \frac{\partial A_k}{\partial x_i}) + \mu j_i A_i] d\Omega = \\ &= \int \frac{1}{\mu} [-\frac{1}{2} (\frac{\partial A_i}{\partial x_k})^2 + \mu j_i A_i] d\Omega + \int \frac{1}{2\mu} A_i \frac{\partial A_k}{\partial x_i} dS_k \end{aligned} \quad (7.2.4)$$

Во втором интеграле конечного выражения (7.2.4) пределами интегрирования является бесконечность, где при интегрировании по координатам поле исчезает. При интегрировании по времени начальные и конечные точки варьирования фиксированы, и там вариация интеграла равна нулю. Следовательно, последний интеграл в выражении (7.2.4) обращается в нуль. Таким образом, получаем новое выражение для плотности функции Лагранжа

$$\Lambda = -\frac{1}{2\text{fK}} (\frac{\partial A_i}{\partial x_k})^2 + j_i A_i \quad (7.2.5)$$

Выражение (7.2.5) полностью эквивалентно выражению (7.2.1). Такая форма функции Лагранжа упоминается в [2]. По аналогии можно записать еще одну форму плотности функции Лагранжа, эквивалентную предыдущим.

$$\Lambda = -\frac{1}{2\text{fK}} (\frac{\partial^2 A_i}{\partial x_n^2}) A_i + j_i A_i \quad (7.2.6)$$

Выражения (7.2.5) и (7.2.6) дают одинаковую форму записи уравнений Максвелла в калибровке Лоренца.

7.3 Уравнения Максвелла в калибровке Лоренца

Теперь мы можем получить «уравнения движения», т.е. уравнения для нахождения потенциалов электромагнитного поля, порожденных 4-вектором тока j_k . Для этого запишем выражение для интеграла действия, которое будем варьировать.

$$\delta S = \int [-\frac{1}{\mu} \frac{\partial A_i}{\partial x_k} \frac{\partial \delta A_i}{\partial x_k} + j_i \delta A_i] d\Omega \quad (7.3.1)$$

Интегрируя по частям, получим

$$\delta S = -\frac{1}{\mu} \int \left(\frac{\partial A_i}{\partial x_k} \delta A_i \right) dS_k + \int \frac{1}{\mu} \left[\frac{\partial^2 A_i}{\partial x_k^2} + \mu j_i \right] \delta A_i d\Omega = 0 \quad (7.3.2)$$

Первый интеграл по гиперповерхности S_k обращается в нуль по тем же причинам, что и последний интеграл в выражении (7.2.4). Таким образом, мы получаем окончательное выражение для уравнений

$$\frac{\partial^2 A_i}{\partial x_k^2} = -\mu j_i, \quad (7.3.3)$$

к которым следует добавить, как уже говорилось, уравнения непрерывности для 4-потенциала поля и 4-плотности тока:

$$\partial A_k / \partial x_k = 0 \text{ и } \partial j_k / \partial x_k = 0 \quad (7.3.4)$$

Система уравнений (7.3.3) – (7.3.4) представляет собой уравнения Максвелла в калибровке Лоренца. В векторной записи уравнения имеют вид:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \mathbf{A}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \mathbf{A}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \mathbf{A}}{\partial z^2} - \frac{\partial^2 \mathbf{A}}{\partial (ct)^2} = -\mu \mathbf{j}; \quad \operatorname{div} \mathbf{A} + \frac{1}{c^2} \frac{\partial \phi}{\partial t} = 0; \\ \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} - \frac{\partial^2 \phi}{\partial (ct)^2} = -\frac{\rho}{\varepsilon}; \quad \operatorname{div} \mathbf{j} + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0 \end{aligned} \quad (7.3.5)$$

Таким образом, новое выражение для плотности лагранжиана приводит к **правильным** уравнениям электродинамики (уравнения Максвелла в калибровке Лоренца).

7.4 Тензор энергии-импульса и законы сохранения

Аналитическая механика дает способ построения тензора энергии-импульса по заданной функции Лагранжа. Способ описан в [1]. Тензор энергии-импульса равен

$$T_{ik} = \delta_{ik} \Lambda - \sum_l \frac{\partial A_l}{\partial x_i} \frac{\partial \Lambda}{\partial x_k} \quad (7.4.1)$$

где $\Lambda = -(\partial A_i / \partial x_k)^2 / 2\mu$

Вычисления дают следующий результат

$$T_{ik} = \frac{1}{\mu} \frac{\partial A_l}{\partial x_i} \frac{\partial A_l}{\partial x_k} - \frac{1}{2\mu} \delta_{ik} \left(\frac{\partial A_l}{\partial x_i} \right)^2 \quad (7.4.2)$$

Нетрудно заметить, что тензор энергии-импульса симметричен $T_{ik} = T_{ki}$. Известно, что 4-дивергенция этого тензора для свободного пространства (когда поля рассматриваются за пределами источников) равна нулю, $\partial T_{ik} / \partial x_k = 0$.

Из этого выражения вытекают законы сохранения энергии и импульса электромагнитной волны. Мы запишем результаты для **свободного от источников полей пространства**.

Закон сохранения плотности потока \mathbf{S} электромагнитного поля волны

$$\frac{\partial \mathbf{S}}{\partial t} + \frac{1}{c^2} \operatorname{grad} w = 0 \quad (7.4.3)$$

Закон сохранения плотности энергии w электромагнитного поля волны

$$\operatorname{div} \mathbf{S} + \frac{\partial w}{\partial t} = 0 \quad (7.4.4)$$

где:

$$\mathbf{S} = -\frac{1}{\mu} \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} \operatorname{div} \mathbf{A} - \frac{1}{\mu} \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} \times \operatorname{rot} \mathbf{A} + \varepsilon (\operatorname{grad} \phi \frac{\partial \phi}{\partial t}) \quad (7.4.5)$$

$$w = \frac{1}{2\mu} [(\operatorname{div} \mathbf{A})^2 + (\operatorname{rot} \mathbf{A})^2 + (\frac{\partial \mathbf{A}}{\partial ct})^2] - \frac{\varepsilon}{2} [(\operatorname{grad} \phi)^2 + (\frac{\partial \phi}{\partial ct})^2] \quad (7.4.6)$$

Мы получили **обобщенные** законы сохранения энергии-импульса Пойнтинга, которые описывают не только закон сохранения плотности энергии электромагнитной волны, но и закон сохранения плотности потока. Обратите внимание как просто и изящно (не «топорно») доказывается закон сохранения энергии-импульса в общем виде.

Представим векторный потенциал \mathbf{A} в виде суммы вихревого \mathbf{A}_1 и безвихревого \mathbf{A}_2 потенциалов. $\mathbf{A} = \mathbf{A}_1 + \mathbf{A}_2$

Из полученных соотношений следуют весьма интересные выводы.

Во-первых, в общем случае уравнения Максвелла в калибровке Лоренца описывают три различных вида потоков. Это очевидно, поскольку уравнения Максвелла в калибровке Лоренца описываются векторным и скалярным волновыми уравнениями.

Первый поток энергии есть известный поток **поперечных** электромагнитных волн,

описываемый вектором Пойнтинга. Его плотность равна $\mathbf{S}_1 = -\frac{1}{\mu} \frac{\partial \mathbf{A}_1}{\partial t} \times \operatorname{rot} \mathbf{A}_1 = \mathbf{E} \times \mathbf{H}$, где

\mathbf{E} и \mathbf{H} **вихревые** составляющие электромагнитных полей!

Второй поток – поток **продольных** электрических волн векторного потенциала \mathbf{A}_2 . Его

плотность равна $\mathbf{S}_2 = -\frac{1}{\mu} \frac{\partial \mathbf{A}_2}{\partial t} \operatorname{div} \mathbf{A}_2$.

Третий поток – поток **продольных** волн, образованный скалярным потенциалом ϕ с

плотностью потока $\mathbf{S}_3 = \varepsilon \frac{\partial \phi}{\partial t} \operatorname{grad} \phi$.

Во вторых, плотность энергии и плотность потоков \mathbf{S}_1 и \mathbf{S}_2 , образованных векторным потенциалом \mathbf{A} , **положительны**, а плотность энергии и плотность потока \mathbf{S}_3 , созданного скалярным потенциалом ϕ , **отрицательны**. Это отнюдь не новый факт. Об этом знают специалисты по квантовой теории поля, но этот факт, как обычно, **мало известен физикам**, которые специализируются в других направлениях. Здесь логический позитивизм *утилит* истину. Именно по этой причине сохраняется «допотопное» доказательство вектора Пойнтинга.

В третьих, из выражений (7.4.3) и (7.4.4) вытекает новое интересное следствие. В свободном пространстве плотности потоков и плотности энергий должны удовлетворять **волновому** уравнению, т.е. плотность потока и плотность энергии тоже являются запаздывающими, подобно потенциалам полей электромагнитной волны.

$$\frac{\partial^2 \mathbf{S}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \mathbf{S}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \mathbf{S}}{\partial z^2} - \frac{\partial^2 \mathbf{S}}{\partial (ct)^2} = 0; \quad \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} - \frac{\partial^2 w}{\partial (ct)^2} = 0 \quad (7.4.7)$$

Это означает, что решение некоторых задач, например, по дифракции волн, связанных с решением векторных волновых уравнений, можно свести к тем же задачам, но описываемым волновым уравнением для скалярной плотности энергии w . Иными словами, в принципе иногда можно уменьшить громоздкость вычислений при решении подобных задач.

В четвертых, полученные результаты нетрудно распространить на любые волновые процессы, описываемые волновым уравнением. Мы получили законы сохранения для электромагнитных волн в свободном пространстве. Закон сохранения энергии Пойнтинга можно обобщить при наличии источников полей. Результаты занесены в Таблицу 1.

В пятых, предельный переход от волновых явлений к явлениям квазистатическим принципиально **невозможен** из-за отрицательной энергии поля скалярного потенциала. Одновременно **невозможно** решить проблему электромагнитной массы в рамках запаздывающих потенциалов.

Эти принципиально новые результаты меняют многое в понимании явлений электродинамики. Они позволяют избавиться от заблуждений и предрассудков. Теперь, как мы полагаем, вам понятно, по какой причине предпочитают излагать «топорный» вывод Пойнтинга, а не вывод на основе аналитической классической механики?

Таблица 7.1. Энергетические компоненты волновых полей

<p>Поперечные волны векторного потенциала</p>		
$\mathbf{S}_1 = -\frac{1}{\mu} \frac{\partial \mathbf{A}_1}{\partial t} \times \text{rot} \mathbf{A}_1$	$w_1 = \frac{1}{2\mu} [(\text{rot} \mathbf{A}_1)^2 + \left(\frac{\partial \mathbf{A}_1}{\partial ct}\right)^2]$	$p_1 = -\mathbf{j}_1 \frac{\partial \mathbf{A}_1}{\partial t}$
<p>Продольные волны векторного потенциала</p>		
$\mathbf{S}_2 = -\frac{1}{\mu} \frac{\partial \mathbf{A}_2}{\partial t} \text{div} \mathbf{A}_2$	$w_2 = \frac{1}{2\mu} [(\text{div} \mathbf{A}_2)^2 + \left(\frac{\partial \mathbf{A}_2}{\partial ct}\right)^2]$	$p_2 = -\mathbf{j}_2 \frac{\partial \mathbf{A}_2}{\partial t}$
<p>Продольные волны скалярного потенциала</p>		
$\mathbf{S}_3 = \varepsilon \frac{\partial \phi}{\partial t} \text{grad} \phi$	$w_3 = -\frac{\varepsilon}{2} [(\text{grad} \phi)^2 + \left(\frac{\partial \phi}{\partial ct}\right)^2]$	$p_3 = \rho \frac{\partial \phi}{\partial t}$

7.5 Условие отсутствия продольных волн

Продольные волны не были обнаружены экспериментами. Очевидно, что продольные волны не будут существовать, если не будет источников, возбуждающих эти волны. Для решения этой задачи нам необходимо рассмотреть правую часть уравнений Максвелла в калибровке Лоренца для потенциалов \mathbf{A}_2 и ϕ , создающих **продольные** волны. Запишем для анализа необходимые уравнения.

$$\Delta \mathbf{A}_2 - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \mathbf{A}_2}{\partial t^2} = -\mu \mathbf{j}_2; \quad (7.5.1) \quad \text{rot} \mathbf{A}_2 = 0; \quad \text{rot} \mathbf{j}_2 = 0;$$

$$\Delta \phi - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \phi}{\partial t^2} = -\frac{\rho}{\varepsilon}; \quad (7.5.2) \quad \text{div} \mathbf{A}_2 + \frac{1}{c^2} \frac{\partial \phi}{\partial t} = 0 \quad (7.5.3)$$

Используем здесь идею Ландау Л.Д. [1] о возможности исключения одного из четырех уравнений (см. гл. 3, параграф 18, «Градиентная инвариантность», стр. 66). Например,

можно исключить уравнение для скалярного потенциала, чтобы привести два волновых уравнения (7.3.5) к одному векторному.

Для этой цели продифференцируем выражение для \mathbf{A}_2 по времени, возьмем градиент от выражения для скалярного потенциала ϕ , а затем сложим результаты. Получим выражение для продольного электрического поля \mathbf{E}_L

$$\begin{aligned} \Delta \mathbf{E}_L - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \mathbf{E}_L}{\partial t^2} &= \Delta \left(-\frac{\partial \mathbf{A}_2}{\partial t} - \text{grad} \phi \right) - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \left(-\frac{\partial \mathbf{A}_2}{\partial t} - \text{grad} \phi \right) = \\ &= \mu \frac{\partial \mathbf{j}_2}{\partial t} + \frac{1}{\varepsilon} \text{grad} \rho \end{aligned} \quad (7.5.4)$$

Итак, электрическое поле, обуславливающее продольные волны вектора \mathbf{E}_L , описывается выражением (7.5.4). В правой части имеются источники продольного электрического поля.

Чтобы поле $\mathbf{E}_L = 0$, необходимо, чтобы источники этого поля отсутствовали, т.е.

$$\mu \frac{\partial \mathbf{j}_2}{\partial t} + \frac{1}{\varepsilon} \text{grad} \rho = 0. \quad (7.5.5)$$

Помимо этого, мы можем использовать уравнение непрерывности для безвихревого компонента тока

$$\text{div} \mathbf{j}_2 + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0 \quad (7.5.6)$$

Оба условия (7.5.5) и (7.5.6) приводят к следующим конечным волновым уравнениям

$$\Delta \mathbf{j}_2 - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \mathbf{j}_2}{\partial t^2} = 0 \quad \Delta \rho - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \rho}{\partial t^2} = 0 \quad (7.5.7)$$

Мы обнаружили интересный факт: **отсутствие продольных** волн будет иметь место тогда и только тогда, когда плотность зарядов и плотность безвихревого компонента тока удовлетворяют волновому уравнению, т.е. являются «запаздывающими» или же «опережающими»!

Это означает, что такие заряды должны перемещаться со скоростью света, т.е. они, по-видимому, не должны иметь инерции! Токи и заряды это интересный вопрос, который мы рассмотрим позже.

Математика точно отвечает на все вопросы. Она позволит нам расставить точки над i !

Во-первых, энергия поля скалярного потенциала в калибровке Лоренца **отрицательна!** Именно по этой причине в квантовой электродинамике стараются избегать использование калибровки Лоренца, а предпочитают иметь дело с кулоновской калибровкой..

Во вторых, проблема электромагнитной массы не имеет решения в рамках запаздывающих потенциалов. Поэтому мы видим подлог. Специалисты замалчивают эти факты, «подсовывают» «топорный» способ доказательства теоремы Пойнтинга, а также применение вектора Пойнтинга за пределами границ ее применимости.

В третьих, мы познакомились с необычными токами. Их существование противоречит электронной проводимости металлов. К этим токам мы вернемся.

7.6 Кулоновская калибровка

Кулоновская калибровка противоречит современным представлениям об отсутствии мгновенного действия на расстоянии. Калибровка содержит мгновенно действующий скалярный потенциал и запаздывающий векторный потенциал. Интересно

проиллюстрировать, какую ложь (навоз!) могут выдать **учОные**, объясняя существование мгновенно действующего скалярного потенциала в кулоновской калибровке. Автор [3], например, пишет:

«... Наряду с калибровкой Лоренца, иногда, (особенно в квантовой теории поля) пользуются другой, так называемой кулоновской калибровкой, при которой

$$\operatorname{div}\mathbf{A} = 0$$

При этой калибровке уравнения для потенциалов ...приобретают вид

$$\Delta\mathbf{A} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \mathbf{A}}{\partial t^2} - \operatorname{grad} \frac{\partial\phi}{\partial ct} = -\frac{4\pi}{c} \mathbf{j}; \quad \Delta\phi = -4\pi\rho$$

При кулоновской калибровке скалярный потенциал ϕ определяется распределением зарядов так, как будто бы они покоились. Само собой разумеется, напряженности поля \mathbf{E} и \mathbf{H} , найденные из решений уравнений для потенциалов с кулоновской калибровкой и калибровкой Лоренца совпадают...»

Сама по себе кулоновская калибровка эклектична, противоречива. В ней скалярный потенциал мгновенно действующий. Здесь автор хочет обмануть математику! В свою очередь, магнитное поле, которое создает движущийся заряд, является запаздывающим, не связанным с движением скалярного потенциала! Дать логическое объяснение явлениям квазистатики в рамках кулоновской калибровки невозможно.

Решение об излучении диполя Герца в калибровке Лоренца является традиционным. Мы пытались в течение нескольких лет найти решение этой задачи в научной периодике, с использованием кулоновской калибровки. Такого решения мы не обнаружили ни в отечественной периодике, ни в зарубежных научных журналах! Опять нарушение логики, обман и фальсификации.

Авторы «Теории поля» и «Электродинамики сплошных сред» Ландау и Лифшиц, видимо, понимали суть вопроса. Чтобы скрыть проблему, они в своих учебниках пишут о «градиентной» инвариантности. Они даже не упоминают о кулоновской калибровке, хотя постоянно прибегают к ней, лишь вскользь упоминая о калибровочной инвариантности.

Эта несуразная кулоновская калибровка используется в квантовой электродинамике. Именно она рождает «квантовую запутанность» и «запутанность» самих теоретиков. Сколько разделов физики микромира придется из-за этого пересматривать!

Вот мы «почистили» от хлама вопросы о калибровках. Математика оказалась точным и незаменимым инструментом. Как тут не восхититься ее возможностями!?

Список литературы:

1. Л.Д. Ландау, Е.М Лифшиц. Теория поля. - М.: ГИФФМЛ. 1960.
2. Ахиезер А.И., Берестецкий В.Б. Квантовая электродинамика. - М.: Наука. 1969.
3. Левич В.Г. - Курс теоретической физики (в 2-х томах). Том 1. – М.: Наука. 1969

Глава 8. Токи и заряды

- 8.1 Излучение инерциального заряда
- 8.2 В поисках решения
- 8.3 Токи проводимости
- 8.4 «Рождение» заряда
- 8.5 Некирхгофовские цепи
- 8.6 Предполагаемый вариант

8.1 Излучение инерциального заряда

Теперь перед нами стоит непростая задача выяснить: что является источником, порождающим электромагнитную волну? Излучает ли ускоренный электрон, как это следует из современных учебников?

Обратимся к независимым экспериментальным исследованиям. Крупные *учОные* не допускают опубликование результатов, противоречащих учебникам, в «толстых научных журналах». Об этих исследованиях можно прочитать только в сборниках трудов настоящих исследователей и Ученых. Вот что пишет Ю.К. Сахаров [1] об исследовании излучения свободного электрона:

«Ускорение, которое испытывают электроны у катода электронной пушки кинескопа современного телевизора, на два порядка превышают максимальные нормальные ускорения в циклических ускорителях, но излучение в рентгеновском диапазоне вблизи телевизоров не наблюдается....»

В циклических ускорителях, по мнению автора, источником синхротронного излучения являются не сами заряженные частицы, но возбуждаемые ими атомы газа (азот, аргон), часть которых неизбежно остается в камере прибора после его промывки и вакуумирования. (При разряжении 10^{-13} мм. рт. ст.

в 1 см^3 содержится 4000 атомов газа)....»

Таблица 8.1

Циклические ускорители		W	R	Ускорение $a_n = v^2/R$	s	Наблюдаемое излучение
		(ГэВ)	(м)	(м/сек ²)		
Место установки	Дубна	10	36	$2,5 \cdot 10^{15}$	1	Мягкий рентген $\nu \geq 10^{18} \text{ сек}^{-1}$
	Серпухов	76	236	$3,8 \cdot 10^{14}$	0,15	
	Женева	400	1100	$8,1 \cdot 10^{13}$	0,03	

..... Однако элементарный расчет показывает, что СИ (синхротронное излучение) не может являться следствием нормального ускорения частиц, так как последнее на ускорителях различного диаметра варьируется на два порядка и более, что показано в приведенной ниже таблице, тогда как параметры СИ на всех ускорителях достаточно близки».

В таблице, приведенной выше, величина $s = a_n/a_n(\text{дубна})$ есть отношение нормального ускорения электрона в упомянутых ускорителях к нормальному ускорению электрона в ускорителе в Дубне. Это отношение меняется в 30 раз, но излучение не меняется.

8.2 В поисках решения

Итак, следуя современной интерпретации уравнений Максвелла, мы имеем две модели источников излучения электромагнитных волн. Первая модель (калибровка Лоренца) использует источник «безынерциальные заряды и токи». Во второй модели имеет место полевой источник излучения. Запаздывающий вихревой векторный потенциал кулоновской калибровки порождается токами проводимости и изменением во времени поля скалярного потенциала. Он порождает поперечную электромагнитную волну.

Попытки рассчитать задачу об излучении диполя Герца с бесконечно тонким излучающим проводником (аналог той же задачи в калибровке Лоренца) окончилась неудачно. Решение сводилось к расходящимся интегралам. Иными словами, кулоновская калибровка (которая широко используется в КЭД!) оказалась «недееспособной»!

И вот, что интересно. С одной стороны, калибровка Лоренца не способна описать квазистатические явления электродинамики. С другой стороны, в рамках этой калибровки превосходно решаются задачи современной теории антенн, теории распространения и излучения электромагнитных волн. Причем, правая часть волнового уравнения достаточно удачно вписывается в эти задачи.

Возвратимся к результатам Главы 6. Выпишем уравнение для векторного потенциала \mathbf{A}^* поперечной электромагнитной волны.

$$\text{rot rot } \mathbf{A}^* + \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \mathbf{A}^*}{\partial t^2} = 0 \quad [\mathbf{j}] \quad (8.2.1).$$

Видимо, связь этого поперечного векторного потенциала с соответствующим потенциалом калибровки Лоренца отнюдь не случайна. И эту калибровку можно принять как исходную в поисках правой части выражения (8.2.1).

8.3 Токи проводимости

Хорошо известна теория электромагнитной проводимости Друде. Под действием продольного поля электроны проводимости ускоряются и набирают скорость. Далее, испытывая неупругое столкновение с атомом кристаллической решетки, они теряют часть своей кинетической энергии, которая нагревает проводник. Средняя скорость электронов в металле порядка миллиметров в минуту. Это довольно инерциальные и «медленные» носители заряда.

Так как же при такой скорости и инерции электронов проводимости граничные условия для электромагнитных волн на поверхности металла выполняются практически мгновенно?

Рассмотрим граничные условия на поверхности металлов. $\rho_{\text{нов}} = (\mathbf{n}^0 \mathbf{E}); \quad \mathbf{j}_{\text{нов}} = [\mathbf{H} \times \mathbf{n}^0],$

Поверхностная плотность заряда и поверхностная плотность тока безо всякой инерции меняется с полями **синхронно!**

Возникает вопрос о природе безынерциальных зарядов и токов. Одно из предположений содержало мысль, что «безынерциальные заряды» это электроны, по какой-то причине «потерявшие» свои инерциальные свойства в результате взаимодействия с ионной решеткой. Однако такая гипотеза имеет трудности.

Рассмотрим длинный тонкий проводник, вдоль которого распространяется электромагнитная волна (ТЕМ тип). Проводник это квазинейтральная система. В ней при отсутствии источников напряжения и тока средняя сумма плотности положительных и отрицательных зарядов равна нулю $\rho_+ + \rho_- = 0$ (значки говорят о соответствующих одноименных зарядах).

Пусть безынерциальные электроны создают синусоидальный ток вдоль проводника, ориентированного вдоль оси z . Положительные ионы неподвижны. Возникают области, где поле направлено от проводника (избыток положительных зарядов, как показано на рис. 11.2) и к проводнику (избыток отрицательных зарядов). Выделим поверхностный слой, в котором движутся заряды. Результирующая поверхностная плотность зарядов σ в этом случае равна

$$\sigma = \sigma_+ + \sigma_- [1 + \sin(\omega t - kz)] = \sigma_- \sin(\omega t - kz)$$

Это точно соответствует знакопеременному электрическому полю E , перпендикулярному поверхности проводника, поскольку вектор напряженности пропорционален поверхностной плотности заряда и направлен перпендикулярно поверхности.

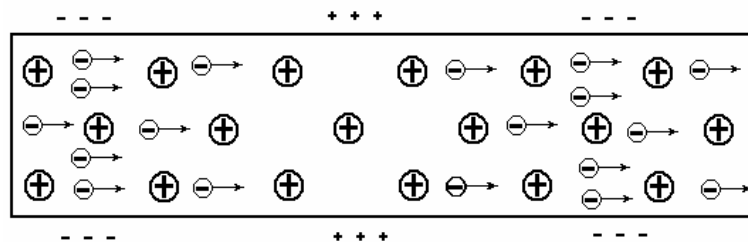


Рис. 8.1 Движение электронов в проводнике

Теперь запишем выражение для поверхностной плотности тока τ

$$\begin{aligned} \tau &= \sigma v = \tau_+ + \tau_- [1 + \sin(\omega t - kz)] = \\ &= \sigma_+ v_+ + \sigma_- v_- [1 + \sin(\omega t - kz)] = \sigma_- v_- [1 + \sin(\omega t - kz)] \end{aligned}$$

где: v_+ и v_- скорости соответствующих зарядов.

Поскольку положительные ионы неподвижны ($v_+ = 0$), ток будет определяться только движением отрицательных зарядов. Как нетрудно заметить, этот переменный ток должен иметь **переменную** и **постоянную** составляющие.

Соответственно, магнитное поле, окружающее проводник, тоже должно иметь **постоянную** и **переменную** составляющие при прохождении переменного тока. А это противоречит опыту, поскольку постоянное магнитное поле не возникает при переменном токе, и оно экспериментально не обнаруживается.

Таким образом, гипотеза о безынерциальных «электронах» отпадает. В создании поверхностного тока должны участвовать как **положительные**, так и **отрицательные** безынерциальные заряды. *Это очень важный вывод.* Оказывается, что помимо

инерционных электронов проводимости в проводниках может существовать новый вид переносчиков тока!

Мы не открыли нового. Эти токи известны, но никто из *учОных* не хочет акцентировать внимание на них!

Пример. В линиях передач токи создаются за счет движения **избыточных** зарядов, т.е. зарядов, не скомпенсированных зарядами противоположного знака проводника. Рассмотрим движение избыточных зарядов в коаксиальной линии, изображенной на рис. 8.2. Диаметр внутреннего проводника коаксиальной линии равен b , а внешнего проводника равен a .

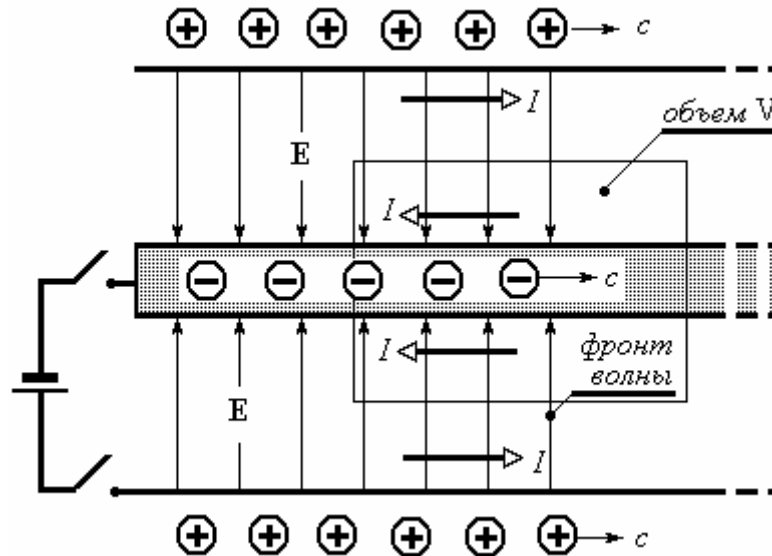


Рис. 8.2

Заряды и токи в такой линии связаны с полями. Чтобы вычислить скорость движения избыточных зарядов, воспользуемся выражением

$$v = I / (dq / dz) \quad (8.3.1)$$

v - скорость движения зарядов - равна отношению тока, проходящего через поперечное сечение проводника, к величине линейной плотности заряда, движущегося в проводнике.

Вычислим избыточный заряд, приходящийся на отрезок dz центрального проводника коаксиальной линии.

$$dq = 2\pi b \epsilon E_r(b) dz \quad (8.3.2)$$

где $E_r(b)$ – напряженность поля на поверхности внутреннего проводника.

Ток вдоль внутреннего проводника равен

$$I = 2\pi b H_\varphi(b) \quad (8.2.3)$$

где $H_\varphi(b)$ – напряженность магнитного поля на поверхности внутреннего проводника.

Величины напряженностей полей связаны соотношением $E_r(b) = \sqrt{\mu/\epsilon} H_\phi(b)$. Таким образом, скорость движения избыточного заряда равна скорости света

$$v = I / (dq / dz) = c. \quad (8.3.4)$$

Это же следует из теоремы Гаусса. Выделим объем V внутри (рис. 8.2) и рассмотрим количество **избыточных** зарядов, втекающих в этот объем, через поперечное сечение. Легко найти, что скорость перемещения этих зарядов равна скорости света.

Из уравнений следует, что избыточные поверхностные заряды q , создающие поверхностные токи I , движутся вдоль коаксиальной линии с **постоянной скоростью, равной скорости света!** Эта скорость неизменна. Заряды не могут ускоряться или замедляться под действием каких-либо сил. Они **не имеют инерциальных свойств**. Масса покоя этих зарядов **равна нулю**. Мы еще раз хотим повторить, что **единственным** источником этих зарядов служит источник внешнего постоянного напряжения.

Описанные выше токи и заряды не являются чем-то новым. Любой учебник, описывающий распространение волн в волноводах, коаксиальных линиях и т.д., содержит упоминание о поверхностных зарядах и токах.

Существование безинерциальных зарядов и токов – не гипотеза. Вся современная теория антенно-фидерных систем подтверждает их существование. Они постоянно фигурируют в математических выкладках ученые и инженеров-разработчиков. Именно безинерциальные токи, а не электроны проводимости отвечают **за излучение электромагнитных волн** и их поперечный характер. Необходимо отбросить предрассудки и догмы современных представлений и опереться на логику и здравый смысл.

Итак, помимо электронно - ионной и дырочной проводимостей появился новый вид проводимости. Нужно *осознать, принять* этот факт и изучить его.

8.4 «Рождение» заряда

Мы установили, что электрон обладает электромагнитной массой. Она обусловлена мгновенным действием на расстоянии. Но, возможно, запаздывающие потенциалы помогут пролить свет на природу безинерциальных зарядов и токов? Назовем такие заряды «виртуальными» и проведем их испытание.

Пусть виртуальный заряд представляет собой сферу, на поверхности которой равномерно распределен заряд с поверхностной плотностью $\rho = q / 4\pi a^2$, где a – радиус сферы. Заряд неподвижен. Уравнение для потенциала поля виртуального заряда имеет вид:

$$\Delta\phi - \frac{\partial^2\phi}{c^2\partial t^2} = -\frac{q}{4\pi\epsilon a^2} \delta(r - a) \quad (8.4.1)$$

Потенциал при $r = 0$ должен быть ограничен. Допустим, что виртуальный заряд рождается в начальный момент времени ($t = 0$). Для решения волнового уравнения мы должны задать начальные условия. Начальные условия выберем нулевые.

Здесь существуют два предрассудка, которые нам необходимо показать. Во-первых, есть убеждение, что уравнения Максвелла не способны описывать «рождение» зарядов. Оно достаточно прочно укоренилось в сознании тех, кто профессионально занимается проблемами электродинамики.

Однако наличие «начальных условий» опровергает этот факт. Волновое уравнение описывает потенциалы, начиная с момента времени $t = 0$. Правая часть волнового уравнения (в силу этого) для $t < 0$ тождественно равна нулю. Все процессы до момента

времени $t = 0$ «сжаты и запечатлены» именно в начальных условиях. Таким образом, процесс «появления» («рождения») заряда не противоречит математическому описанию.

Во вторых, процесс «рождения» одиночного заряда противоречит закону сохранения зарядов. Покажем, что линейность уравнений Максвелла позволяет обойти этот факт. Рассмотрим два тонких соосных заряженных цилиндра, вставленных друг в друга, как показано на рис. 8.3. В силу того, что равномерно распределенные по поверхности заряды имеют противоположные знаки и равны по величине, поле вне этих цилиндров (исключая краевые эффекты) наблюдаться не будет.

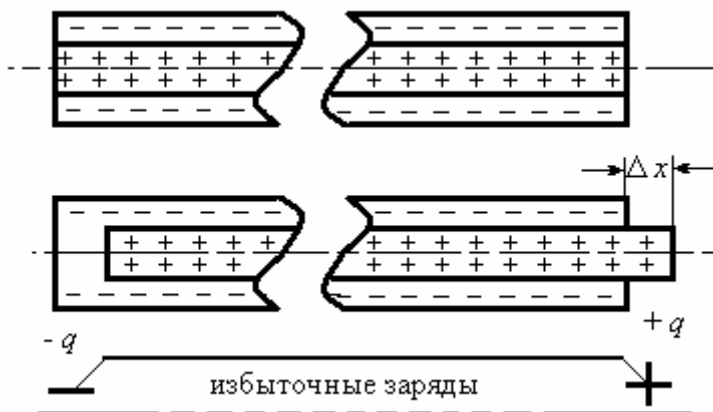


Рис. 8.3

Теперь сдвинем один цилиндр вдоль общей оси на очень небольшое расстояние Δx . Тогда слева на краю системы появится «избыточный» заряд отрицательного знака, а справа – положительный заряд, равный по величине отрицательному. Таким образом, в соответствии с законом сохранения заряда мы получили на большом расстоянии друг от друга два разноименных заряда.

Уравнения Максвелла в калибровке Лоренца являются линейными дифференциальными уравнениями. По этой причине мы можем использовать для описания появления потенциалов полей зарядов принцип суперпозиции. Другими словами, мы можем дать раздельное описание «рождения» каждого из зарядов и описание потенциала каждого из этих двух зарядов. Ниже мы это сделаем для положительного заряда. Потенциалы отрицательного заряда могут быть описаны аналогичным образом.

Мы не будем описывать процедуру решения. Описываемый уравнением (8.4.1) потенциал равен сумме двух потенциалов (рис. 2.3), один из которых движется от a в бесконечность вдоль радиуса, а второй - к центру и, отразившись от начала координат с потерей фазы на π (жесткий «кern»), движется от центра, вычитаясь из первого при $r > a$ (рис. 8.4). Потенциал ϕ при $r > a$ является запаздывающим.

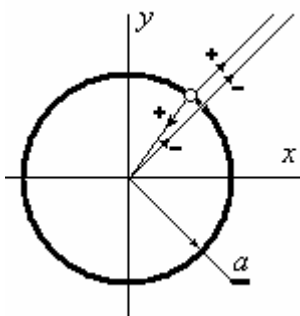


Рис. 8.4

Для точечного виртуального заряда (при $a \rightarrow 0$) потенциал имеет вид ($r > 0$):

$$\phi = \frac{q}{4\pi\epsilon r} \eta(ct - r); \quad \text{где } \eta(\xi) = \begin{cases} 1 & \xi \geq 0 \\ 0 & \xi < 0 \end{cases} \quad (8.4.2)$$

Теперь можно отнести момент «рождения» заряда, например, в бесконечно удаленное время. Потенциал заряда по величине будет постоянным, не зависящим от времени. Это не означает, что потенциал «статичен». В каждые последующие друг за другом бесконечно малые промежутки времени от заряда «отпочковываются» тонкие слои потенциала и уносятся друг за другом в бесконечность, убывая обратно пропорционально расстоянию от заряда r^{-1} .

В силу того, что результирующий потенциал заряда представляет собой **разность** прямого и отраженного от «керна» запаздывающего потенциала, говорить о наличии потока Пойнтинга, связанного с движением потенциалов не имеет смысла.

Запишем теперь суммарную (кинетическую + потенциальную) плотность энергии такого заряда.

$$w = \frac{1}{2\mu} [(\text{div}\mathbf{A})^2 + (\text{rot}\mathbf{A})^2 + \left(\frac{\partial\mathbf{A}}{\partial ct}\right)^2] - \frac{\epsilon}{2} [(\text{grad}\phi)^2 + \left(\frac{\partial\phi}{\partial ct}\right)^2]$$

Учитывая, что для равномерно движущегося заряда $\mathbf{A} = \phi\mathbf{v} / c^2$, получим

$$w = -\frac{1}{2} [\text{grad}^2\phi - \left(\frac{\mathbf{v}}{c} \text{grad}\phi\right)^2] (1 - v^2 / c^2)$$

Во-первых, электромагнитная масса у такого заряда отрицательна.

Во вторых, полная плотность энергии стремится к нулю при $v \rightarrow c$.

Странная частица. Вариант с запаздывающими потенциалами не проходит для электромагнитной массы! Он не пригоден и для теории тяготения!

8.5 Некирхгофовские цепи

Всем известны законы Кирхгофа для замкнутых электрических цепей.

Первый закон гласит: «Алгебраическая сумма токов подходящих к узлу равна нулю».

Второй закон Кирхгофа гласит: «В любом замкнутом контуре сложной электрической цепи сумма ЭДС и падений напряжений на элементах равна нулю».

Из первого и второго закона следует, что ток в *неразветвленной* ветви электрической цепи один и тот же в любом сечении этой ветви. Цепи, которые не удовлетворяют этим условиям, называются «некирхгофовскими».

Составим теперь цепь из генератора, двух соединительных проводов и двух металлических тел (уединенные емкости), изображенную на рис. 8.5.

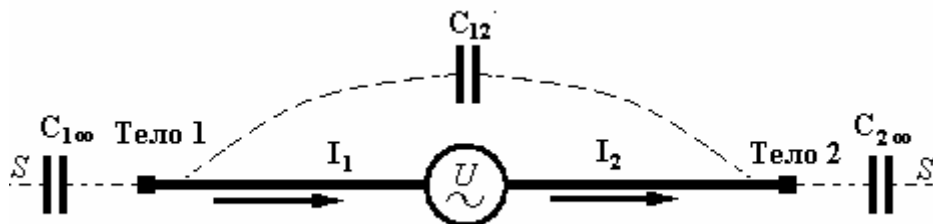


Рис. 8.5

Это аналог диполя Герца. При наличии переменного напряжения в источнике U в ветвях разомкнутой цепи будет течь ток. Эту цепь можно заменить эквивалентной схемой замещения, изображенной на рис. 8.5. На этой схеме $C_{1\infty}$ и $C_{2\infty}$ - уединенные емкости первого и второго тела, C_{21} – взаимная емкость между этими телами (конденсатор).

Если считать бесконечно удаленную поверхность S проводником, то разомкнутую цепь мы *как бы* свели к замкнутой кирхгофской цепи. Однако такой вывод ошибочен. Замкнутой кирхгофской цепью служит последовательное соединение элементов: тело 1 – проводник – генератор U – проводник – тело 2 – емкость C_{12} – тело 1. Если емкость C_{12} мала и ею можно пренебречь, то оставшаяся часть схемы представляет собой **некирхгофскую** цепь, подчиняющуюся своим волновым законам.

В такой цепи ток в различных сечениях проводов между телами 1 и 2 будет различен. Это принципиально отличает такие цепи от кирхгофских цепей. Ветви, уходящие от источника, могут быть несимметричными.

8.6 Эксперимент Авраменко [2]

Итак, 5.08.90 в одной из лабораторий МЭИ был продемонстрирован эксперимент, схема которого изображена на рис. 8.6. Были приглашены маститые профессора и *учОные*.

В экспериментальную установку входил машинный генератор **1** мощностью до 100 кВт, генерирующий напряжение с частотой 8 кГц. Этот машинный генератор питал первичную обмотку трансформатора Тесла **2**.

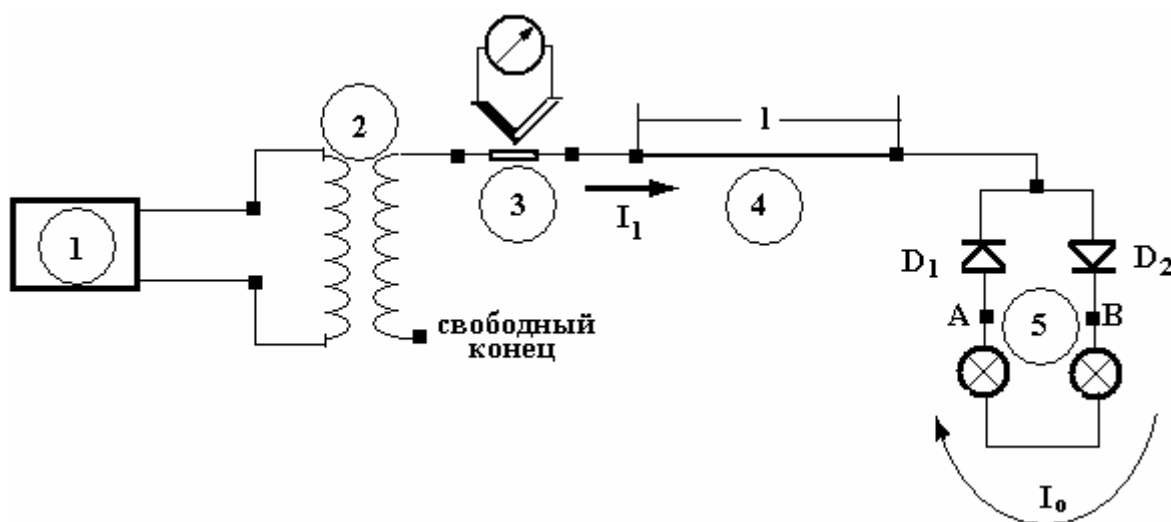


Рис. 8.6

Один конец вторичной обмотки был свободен (ни к чему не подключен, как показано на рис. 8.1). Ко второму концу были подсоединены последовательно следующие элементы: термоэлектрический миллиамперметр **3**, тонкий вольфрамовый провод **4** (длина провода 2,75 м, диаметр 15 мкм) и “вилка Авраменко” **5**.

Вилка Авраменко представляет собой замкнутый контур, содержащий нагрузку и два последовательно соединенных диода, у которых общая точка подсоединена к описанной ранее цепи. Нагрузкой служили несколько подсоединенных лампочек накаливания.

По этой разомкнутой цепи Авраменко смог передать от генератора к нагрузке (лампам накаливания) электрическую мощность порядка 1300 Вт. Электрические лампочки ярко светились.

Профессора с интересом наблюдали эксперимент и ... *пожелали автору дальнейших успехов*. Представляю, как был рад этому пожеланию автор! А что бы вы пожелали Комиссии на месте автора? ... Правильно! Я тоже так считаю.

Казалось бы, явление Авраменко легко объяснимо. Схема содержит уединенную емкость, образованную диодами, лампами накаливания и соединяющими их проводами. При положительном полу периоде напряжения через диод D_1 в эту цепь течет зарядный ток. И потенциал уединенной емкости возрастает. При отрицательном полу периоде напряжения эта емкость разряжается через диод D_2 , приобретая новую величину потенциала. Зарядно-разрядный ток I_0 имеет всегда одно направление и его величины достаточно, чтобы поддерживать на лампах накаливания в вилке Авраменко среднюю мощность 1300 Вт.

Ток I_1 в цепи, соединяющей конец обмотки трансформатора Тесла с вилкой Авраменко, должен быть близок или приблизительно равен по величине току I_0 . Если, например, нагрузка вилки Авраменко представляет собой параллельное соединение 6-ти двухсотваттных ламп накаливания, то зарядно зарядный ток I_0 будет приблизительно равен 6 А. Соответственно, такой же примерно величины должен был бы быть и ток I_1 .

Однако такое объяснение противоречит следующему факту. Термоэлектрический миллиамперметр **3** зафиксировал очень малую величину тока I_1 ($I_1 \approx 2$ мА!), а тонкий вольфрамовый провод **4** даже не нагрелся! Именно это обстоятельство послужило главной причиной трудности объяснения результатов эксперимента Авраменко.

Приведем некоторые выводы, сделанные Авраменко и его коллегами на основании этих исследований.

1. Ток I_0 в вилке Авраменко **линейно увеличивается** с ростом частоты (диапазон измерений 5 – 100 кГц) и практически линейно возрастает с ростом напряжения генератора при постоянной частоте. Это свидетельствует о **емкостном** характере электрической цепи. Магнитное поле в проводнике, соединяющем вилку Авраменко с генератором, не было практически обнаружено (весьма мало!).
2. Ток I_1 был **очень мал** по сравнению с током I_0 и практически не обнаруживался ни тепловым, ни магнитоэлектрическим измерителем тока. По этой причине наличие в соединительной цепи (трансформатор Тесла – вилка Авраменко) последовательно соединенных резисторов (до нескольких десятков МОм), конденсаторов и индуктивностей оказывало чрезвычайно малое ослабляющее действие на ток I_0 в вилке Авраменко.

Объяснение эксперимента Авраменко можно объяснить наличием стоячих волн в цепи. Падающая волна тока из безынерциальных зарядов подходит к точке B вилки Авраменко и разветвляется. Волна $I_{1\text{прои}}$, проходящая через диод D_1 (как показано на рис. 8.7), вызывает появление тока I_0 из электронов проводимости. Эти электроны будут двигаться, в конечном счете, к диоду D_2 и проходить через него. Волна же будет заряжать уединенную емкость C_∞ . Другая часть волны, подходя к точке B и диоду D_2 , будет отражаться, и лишь малая ее часть $I_{2\text{прои}}$ дойдет до уединенной емкости C_∞ .

Отраженная от уединенной емкости волна разветвится. Одна ее часть $I_{2\text{отп}}$ пройдет через диод D_2 , вызывая движение электронов проводимости и поддерживая ток I_0 . Другая, отразившись от диода D_1 , вновь вернется обратно к уединенной емкости и от нее к диоду D_2 . Миллиамперметр будет показывать ток I_0 .

Здесь мы предлагаем задачку для читателей. Миллиамперметр в вилке Авраменко показывает ток I_0 . Если мы теперь любой из диодов заменим коротко замыкающей перемычкой, то постоянный ток через прибор должен практически прекратиться, поскольку сопротивление прибора и перемычки весьма малы

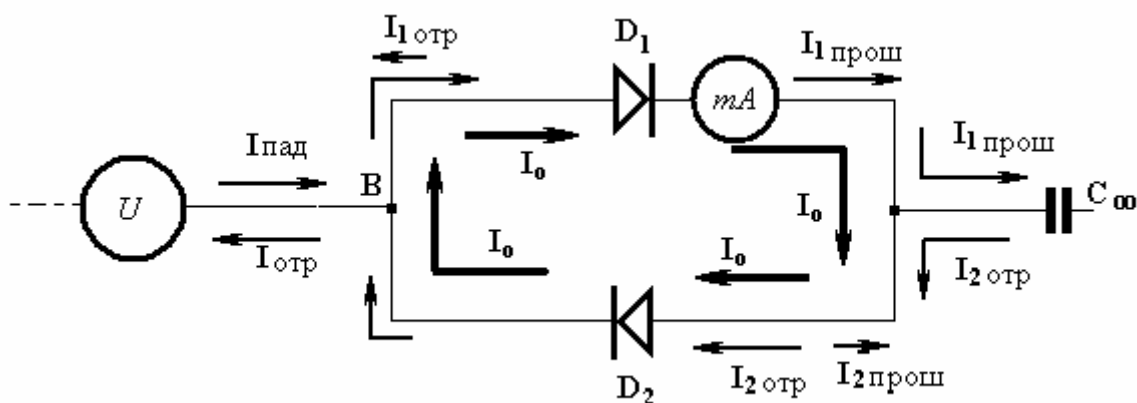


рис. 8.7

Оказывается, что показания прибора не будут нулевыми. Прибор при любом варианте будет показывать ток, точно равный $I_0/2$. Почему? Какие процессы происходят в n/n переходе диода? Почему он так работает? Заметим, что эффект слабо зависит от частотных свойств диодов (ВЧ или НЧ).

8.6 Предполагаемый вариант

На основании анализа токов мы можем предположить, что уравнения квазистатической электродинамики (6.2.4) сохраняются, а в правой части уравнения (6.2.5) должны стоять безинерциальные токи. Повторим, что ученым еще предстоит экспериментально изучить природу этих токов и определить условия, когда они возникают и существуют.

Непосредственно, как установлено исследованиями Сахарова (параграф 8.1), ускоренный свободный электрон не излучает электромагнитных волн. Мы не будем рассматривать современное некорректное решение воздействия излучаемой ускоренным зарядом волны на движение зарядом. Результат подобного «решения» известен: «самоускорение» свободного электрона!

Излучение зарядом электромагнитной волны это потеря им своей кинетической или потенциальной энергии. Мы не будем строить гипотез о взаимодействии заряда и волны в свободном пространстве. В практических задачах заряженные частицы взаимодействуют с полем, образованным безинерциальными зарядами (замедляющие системы, волноводы, резонаторы и т.д.). Безинерциальные заряды являются посредниками при преобразовании кинетической энергии заряда в электромагнитную волну и обратно. В какой форме это происходит, еще предстоит выяснить. Все определяется структурой и физикой безинерциальных зарядов: представляют ли они собой частицы без инерции или же они есть особое (возбужденное) состояние проводящих границ и т.д.?

Ниже мы приведем **пример** из механики, где вводится функция Релея для определения реакции излучения шарика при взаимодействии с неограниченной струной. Он показывает, **как** следует подходить к решению задач с диссипацией энергии.

Пример.

Рассмотрим маленький шарик массой m (материальная точка), который закреплен на бесконечной натянутой струне. Этому шарика с помощью молоточка сообщается импульс p . Начальная скорость шарика равна V_0 . От удара шарик начнет движение, и вместе с ним будут распространяться две поперечные волны, бегущие по оси x в разные стороны от шарика, как показано на рис. 8.8.

Для смещения струны от положения равновесия необходима энергия. Кинетическая энергия шарика постепенно расходуется на изменение положения элементов струны, скорость шарика уменьшается, и он постепенно останавливается. При этом струна стремится к своему *асимптотическому пределу*.

Опишем процесс математически.

Уравнение движения шарика:

$$m \frac{\partial V}{\partial t} = -F \quad (8.6.1)$$

где U – смещение шарика; $V = \partial U / \partial t$ – скорость шарика; F – сила, действующая на шарик со стороны струны.

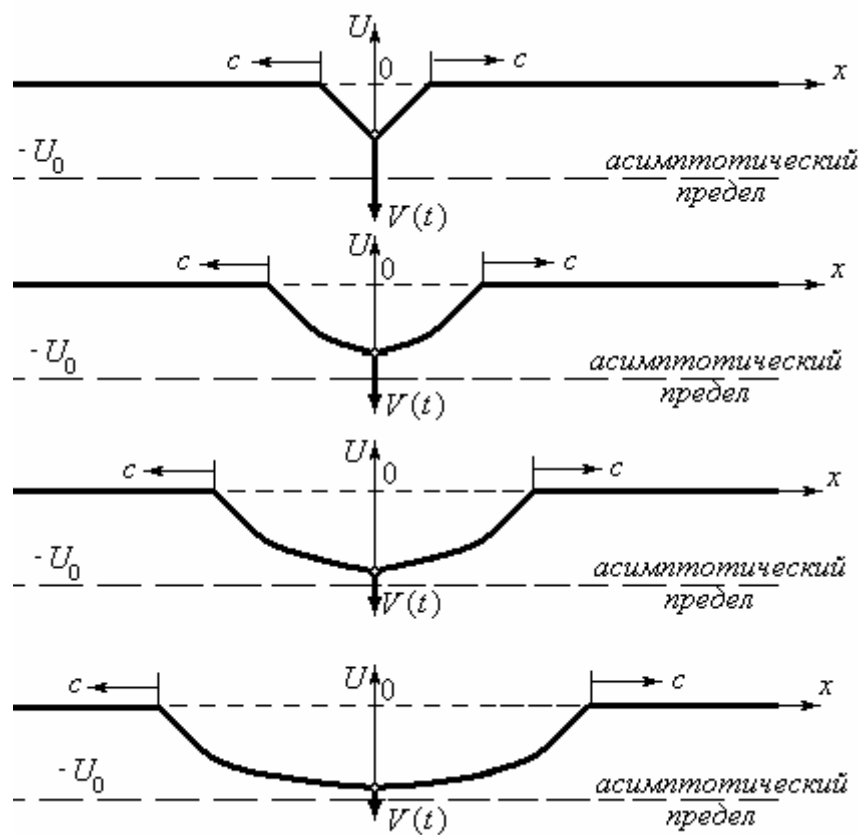


Рис 8.8 Распространение волн при движении шарика.

Здесь нет необходимости использовать полную производную, которая совпадает с частной производной, поскольку частица точечная.

Уравнение движения струны [2]:

$$T_0 \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} = \rho \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} - F\delta(x) \quad (8.6.2)$$

где: T_0 – натяжение струны; ρ – линейная плотность массы струны.

Для смещения струны от положения равновесия необходима энергия. Кинетическая энергия шарика постепенно расходуется на изменение положения элементов струны,

скорость шарика уменьшается, и он постепенно останавливается. При этом струна стремится к своему *асимптотическому пределу* (см. рис. 8.8).

Интересно отметить, что механический импульс шарика преобразуется в механический импульс струны и уносится в обе стороны вдоль струны перпендикулярно движению шарика. Возникает поток энергии, направленный от точки взаимодействия вдоль струны.

Уравнение движения струны можно привести к виду

$$c^2 \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} - f\delta(x),$$

где: $c^2 = T_0 / \rho$ - квадрат скорости распространения волны; $f = F / \rho$ - плотность силы, отнесенная к плотности массы струны. По аналогии с теорией длинных линий можно параметр $(T_0 \rho)^{-1/2}$ назвать «волновым сопротивлением» струны.

Можно решить эти уравнения «в лоб» (см. [2], Задача № 9, стр. 80). Мы будем исходить из закона сохранения энергии, поскольку это нагляднее.

Шарик. Изменение скорости шарика происходит по экспоненциальному закону, поэтому можно предположить, что сила F пропорциональна скорости движения заряда.

$$m \frac{\partial V}{\partial t} = m \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} = -F = -\lambda \frac{\partial U}{\partial t}, \quad (8.6.3)$$

где λ - некоторая постоянная (диссипативный множитель Релея).

Решение для вертикальной координаты шарика имеет вид

$$U = -U_0(1 - e^{-\lambda t/m}) \quad (8.6.4)$$

Начальная скорость, импульс и кинетическая энергия шарика соответственно равны

$$V_0 = -\lambda U_0 / m;$$

$$P = \lambda U_0 e^{-\lambda t/m} = m V_0 e^{-\lambda t/m}; \quad W_k = \frac{U_0^2 \lambda^2}{2m} e^{-2\lambda t/m} = \frac{V_0^2 m}{2} e^{-2\lambda t/m}$$

Струна. Рассмотрим теперь энергетические соотношения для струны и определим параметр λ . Мы будем исходить из того, что точка соприкосновения шарика со струной изменяет свое положение U . Соответственно, соседние точки ($x \neq 0$) будут определяться следующими выражениями

$$U = -U_0 [1 - e^{-\lambda(t-x/c)/m}] (1 - \eta(t-x/c)) \quad x > 0 \quad \eta(\xi) = \begin{cases} 1 & \xi > 0 \\ 0 & \xi < 0 \end{cases}$$

$$U = -U_0 [1 - e^{-\lambda(t+x/c)/m}] \eta(t+x/c) \quad x < 0$$

Подсчитаем энергию струны, учитывая симметричность ее распределения

$$W_c = \int_0^{ct} \left[T_0 \left(\frac{\partial U}{\partial x} \right)^2 + \rho \left(\frac{\partial U}{\partial t} \right)^2 \right] dx = \rho U_0^2 \lambda^2 \frac{c}{\lambda m} (1 - e^{-2\lambda t/m}) =$$

$$= \rho V_0^2 \frac{cm}{\lambda} (1 - e^{-2\lambda t/m}) \quad (8.6.5)$$

Сложим энергии струны и шарика. Учитывая закон сохранения энергии, найдем величину параметра λ .

$$\lambda = 2c\rho = 2\sqrt{T_0\rho} \quad (8.6.6)$$

Здесь мы подобрали λ так, чтобы энергия не зависела от времени. Проверим теперь закон сохранения импульса. Суммарный импульс шарика и возбужденных элементов струны не должен зависеть от времени. Действительно

$$-U_0\lambda e^{-\lambda t/m} - 2\int_0^{ct} \rho \frac{\partial U(x;t)}{\partial t} dx = -2c\rho U_0 e^{-\lambda t/m} - 2c\rho U_0 (1 - e^{-\lambda t/m}) =$$

$$= 2c\rho U_0 = mV_0 = const \quad (8.6.7)$$

Величина силы зависит только от параметров струны и скорость шарика

$$F = \dot{p} = \frac{\partial U}{\partial t} = -2\sqrt{\rho T_0} V_0 e^{-\lambda t/m} \quad (8.6.8)$$

Итак, кинетическая энергия механического движения шарика преобразуется в волновую энергию струны, распространяющуюся от шарика. Аналогично можно рассмотреть случай, когда волна в струне воздействует на закрепленный шарик. Между электроном (ионом) и электромагнитной волной есть **посредник!**

И вновь мы обращаемся с благодарностью к математике. Строгая наука, не допускающая халтуры!

8.7 Продольные волны Коробейникова-Тесла

Сейчас наиболее прозорливые исследователи вновь вернулись к экспериментам, проведенным более 100 лет назад Н. Тесла. Процитируем [4]:

« В 1889 г. Н. Тесла при попытке воспроизвести опыты Герца (1887 г.) обнаружил существование специфической формы энергии, которая переносилась в пространстве без каких-либо видимых посредников и обладало огромной проникающей способностью, не свойственной открытым Герцем электромагнитным волнам [9] .. В его устройстве, названном впоследствии трансформатором Тесла, обнаружился эффект неожиданной и доселе неизвестной трансформации напряжения, на порядки превышавшей коэффициент трансформации в обычных электромагнитных повышающих трансформаторах, а также множество других неизвестных ранее явлений...»

Автор работы [4] отмечает следующие особенности энергии, которую Н. Тесла назвал «радиантной», проявилась в её особенностях. Некоторые из них мы приведем из [4]:

- «Будучи очень похожей на свет, эти излучения распространяются со сверхсветовыми скоростями (если судить по времени огибания ими земного шара)».

- «Представляя собой колебательную форму энергии, радиантная энергия, тем не менее, она обладает свойствами, которых обычные поперечные электромагнитные колебания не имеют».
- «В отличие от световых волн эти излучения обладают огромной проникающей способностью».
- «Излучение нейтрально по отношению к зарядам и магнитному полю».
- «Обычные лампы накаливания, будучи присоединенным к источнику одним контактом, способны вызвать свечение, подобное по яркости дуговой лампе».
- «Трансформация напряжения в трансформаторе Тесла происходит иначе, чем для электромагнитной энергии (не пропорционально числу ампервитков)».
- «В катушках трансформатора Тесла, как и в шунтированной цепочке ламп накаливания наблюдалось «фракционирование» потока энергии: электроны двигались преимущественно через шунт (меньшее сопротивление), а радиантный ток – через лампы (наибольшее сопротивление)».

Эти особенности во многом напоминают открытие В.И. Коробейникова. Цитируем [5]: «Ниже описывается эксперимент, который в буквальном смысле «ломает» сложившиеся в электродинамике положения. В эксперименте в качестве передатчика использовалась типовая портативная радиостанция «Беркут-603». Диаграмма направленного действия ее штыря (антенны) хорошо известна и напоминает диаграмму направленности диполя Герца. Как и в диполе Герца антенна радиостанции не может излучать или принимать электромагнитный сигнал, идущий вдоль антенны. Это явление описывается в учебниках, а на радиоэлектронных факультетах университетов такие диаграммы направленности снимают в лабораторных работах.

Однажды мне пришлось продемонстрировать своему другу (классному специалисту в области радиосвязи) следующий «фокус». Я подключил в качестве приемной антенны для снятия диаграммы направленности медную «таблетку». На фотографии, приведенной ниже (см. рис. 11.10), показаны радиостанция «Беркут-603» и приемная антенна – медная «таблетка», соединенная с приемником, которые использовались в эксперименте.

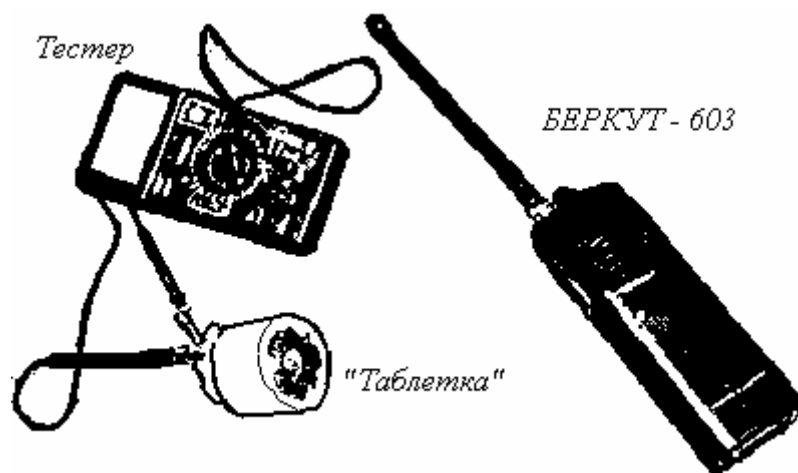


Рис. 8.9. Приборы, использовавшиеся при эксперименте. Слева антенна «таблетка», справа «Беркут-603»

Произошло «чудо». С помощью медной «таблетки» диаграмма направленности радиостанции изменилась! Новая диаграмма направленности радиостанции, которая была экспериментально снята с использованием «таблетки», принципиально отличалась от известного «бублика», приводимого в учебниках! Она напоминала две соединенные «капли», ориентированные перпендикулярно экваториальной плоскости антенны (т.е. вдоль штыря) как представлено на рис. 11.11.

Этот результат поверг моего друга буквально в шок. Конечно, «таблетка» не могла изменить диаграмму направленности радиостанции. Значит, помимо привычного электромагнитного поля антенна радиостанции излучает в пространство еще какое-то поле, которое уловила медная «таблетка»! Это поле излучается вдоль антенны передатчика «БЕРКУТ-603», обладает иными свойствами, и на него не реагируют обычные приемные антенны типа диполя Герца».

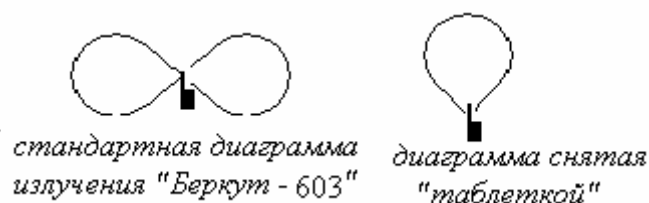


Рис. 8.10.

Обратите внимание на то, что описания В.И. Коробейникова [5] и [4] очень близки и свидетельствуют об излучении **продольных волн**, природа которых еще не установлена. Близкие результаты описаны в работе [11]:

«Спустя сто лет профессор К. Мейл воспроизвел опыты Теслы с использованием миниатюрной лабораторной установки. Он утверждает, что с ее помощью можно обнаружить необычные явления, которые объясняются наличием электроскалярных (продольных) волн:

- реакцию передатчика на наличие приемника;
- передачу электромагнитного сигнала со скоростью, в 1,5 раза превышающую скорость света;
- неэффективность клетки Фарадея при защите от электроскалярных волн;
- возможность беспроводной передачи электрической энергии».

Это направление ждет своих Максвеллов.

Список литературы:

1. 1. Ю.К. Сахаров. Противоречия в современной концепции излучения заряженных частиц и строения атома. // Проблемы пространства, времени, тяготения. (IV Международная конференция 16-21.09.1996). С.-П.: Политехника. 1997.
2. Н.Е. Заев. Сверхпроводники инженера Авраменко. Техника Молодежи, №1, М., 1991. (См. также <http://vkns.narod.ru/myst/tm191.html>)
3. А.Н. Тихонов, А.А. Самарский. Уравнения математической физики. ГИТТЛ, М. 1953.
4. В. Эткин. О радиантной энергии_ <http://www.sciteclibrary.ru/texts/rus/stat/st4831.pdf>
5. В.И. Коробейников. Новый вид электромагнитного излучения? 2005. <http://n-t.ru/tp/ns/ak.pdf>

Глава 9. Преобразование Галилея

- 9.1 В начале 20 века
- 9.2 Преобразование Галилея (Стандартный подход)
- 9.3 Параметрическое преобразование Галилея
- 9.4 Способы отображения
- 9.5 Классическая абберация света
- 9.6 Система отсчета наблюдателя.
- 9.7 Система отсчета источника
- 9.8 Криволинейное движение.
- 9.9 «Внутренней кривизны» пространства не существует!
Следствия.

9.1 В начале 20 века

В начале 20 века А. Пуанкаре, рассматривая принцип относительности Галилея, предложил обобщить его на все известные физические процессы. Это разумное предложение противоречило уравнениям классической электродинамики. Решение конфликта было предложено А. Эйнштейном, который выдвинул гипотезу о том, что поскольку уравнения Максвелла инвариантны относительно преобразования Лоренца (а не относительно преобразования Галилея), то все физические законы должны подчиняться преобразованию Лоренца.

И вновь мы обратимся к математике. Она подсказывает, что уравнения Максвелла инвариантны относительно второго преобразования Галилея (параметрического). С параметрическим преобразованием мы познакомимся ниже. А сейчас обратимся к мировоззренческим проблемам, чтобы отгородиться от ошибок. Нам необходимо обозначить причину постоянства скорости света в вакууме.

Равноправные системы отсчета. Это проблема, которая связана с взаимодействием, с движением материи в пространстве, с физическими процессами и явлениями. Корни ее лежат в ньютоновской механике, уравнения движения (взаимодействия) которой и законы сохранения, как мы убедились на явлениях квазистатической электродинамики, оказались *инвариантны относительно преобразования Галилея*. Это фундаментальный принцип физики.

Эфир. Понятие эфира участвует во многих конкурирующих со СТО теориях. Согласно гипотезам разных авторов эфир, имеет различную структуру: газоподобный, жидкий, твердотельный, кристаллический и т.д. Помимо эфира существует вещество, субстанция, т.е. материальная среда и материальные объекты. Чем они отличаются от «эфира»?

Начнем с того, что назовем **веществом** (субстанцией) все то, что имеет выделенную (**абсолютную**) систему отсчета, связанную с этой субстанцией. Например, такую (собственную) систему отсчета имеет любое твердое тело. Материальная **среда** состоит из элементарных материальных частиц, связанных друг с другом. Каждая такая частица также имеет свою абсолютную систему отсчета. Мы можем ввести абсолютные системы отсчета для локальных объемов, если среда газообразная или жидкая.

В большинстве современных теорий мы встречаем эфир, который имеет, подобно субстанциональным средам, **абсолютную** систему отсчета. В этом случае он ничем, кроме

специфических свойств, не отличается от материальной среды. Наличие абсолютной системы отсчета роднит такой «эфир» и обычные среды. Здесь нужно отдавать себе отчет, что номенклатура (т.е. ведение особого термина - «эфир») не меняет сути. Среда так и будет средой. В этом смысле среда и такой эфир подобны друг другу.

Однако распространение электромагнитных волн, независимость скорости распространения этих волн от выбора инерциальной системы отсчета и другие качества этих волн приводят к мысли, что эфир все же существует. Это *другой* эфир, с другими свойствами. Обратите внимание, что такому эфиру нельзя приписать **абсолютную** систему отсчета. Его свойства **не зависят от выбора инерциальной системы отсчета**.

Изложенное обстоятельство может объяснить неизменность скорости света в разных инерциальных системах отсчета, интерференционные и другие явления, связанные со светом. Есть альтернативный подход к объяснению постоянства скорости света. По мнению некоторых авторов, свет (электромагнитные волны) есть особая субстанция, особый вид материи, скорость распространения которой постоянна во всех инерциальных системах. Таковы два подхода, объясняющих постоянство скорости света в вакууме. Пока ни один из подходов не имеет преимуществ.

9.2 Преобразование Галилея (Стандартный подход)

Оказывается, что в рамках преобразования Галилея можно найти альтернативное преобразование, которое сохраняет скорость света неизменной в любой инерциальной системе отсчета. Такое преобразование мы назвали *параметрическим преобразованием Галилея*. Рассмотрим прежде стандартный подход к преобразованию Галилея.

Пусть имеется инерциальная система отсчета K_0 , в которой покоится источник $q\delta(\mathbf{R}_0; t)$. Этот источник S создает потенциал U . Потенциал источника описывается волновым уравнением

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x_0^2} + \frac{\partial U^2}{\partial y_0^2} + \frac{\partial U^2}{\partial z_0^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 U}{\partial t_0^2} = q\delta(\mathbf{R}_0; t) \quad (9.2.1)$$

В системе отсчета K_0 4-координаты $x_0; y_0; z_0; ct_0$ являются независимыми друг от друга.

Рассмотрим теперь, что будет регистрировать движущийся наблюдатель, который покоится в системе K . В его системе отсчета 4-координаты $(x; y; z; ct)$ также являются независимыми друг от друга.

Обе системы отсчета движутся друг относительно друга со скоростью V , и их связывает традиционное преобразование Галилея

$$x_0 = x - Vt; \quad y_0 = y; \quad z_0 = z; \quad ct_0 = ct \quad (9.2.2)$$

Из выражения (9.2.2) следует, что x_0 зависит от t . Таким образом, имеем известный результат преобразования уравнения (9.2.1)

$$\left(1 - \frac{V^2}{c^2}\right) \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial U^2}{\partial y^2} + \frac{\partial U^2}{\partial z^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} + 2 \frac{V}{c^2} \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial t} = q\delta(\mathbf{R} - \mathbf{V}t; t) \quad (9.2.3)$$

Проиллюстрируем процесс распространения волны при традиционном преобразовании Галилея. Пусть источник покоится в системе K_0 . Источник излучает световые импульсы

через равные промежутки времени. Мы будем видеть концентрические сферические поверхности, радиус которых растет во времени $R_n = c(t - t_n)$, где R_n есть радиус сферы, излученной в момент времени t_n .

В системе отсчета K источник движется относительно наблюдателя со скоростью V . Наблюдатель увидит набор расширяющихся **концентрических сфер**, которые движутся мимо него. **Общий** центр этих сфер перемещается со скоростью V , как показано на рис.9.1.

Ситуацию, изображенную на рис.9.1, можно ассоциировать с взрывом. В начальный момент точечный источник взорвался, и от него во все стороны разлетаются со скоростью света некие частицы. В системе отсчета, связанной с движущимся наблюдателем, расширяющийся сферический фронт и центр взрыва будут синхронно перемещаться относительно наблюдателя N со скоростью V . Скорость волнового фронта волны зависит от направления распространения. Она равна векторной сумме скорости света c и скорости V .

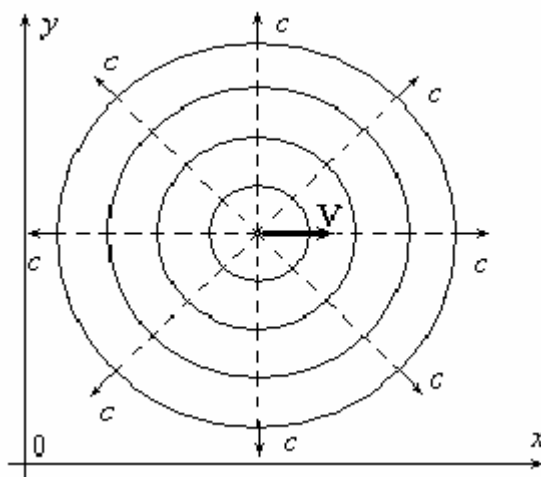


Рис.9.1

9.3 Параметрическое преобразование Галилея

Вернемся к той же задаче. Поскольку ученые «не обнаружили» это преобразование, мы рассмотрим его подробно. Существует преобразование, которое описывает смещение одной оси координат относительно другой. Например, $x' = x - a$. Три другие независимые переменные двух инерциальных систем отсчета связаны неизменным соотношением

$$y = y'; \quad z = z'; \quad t = t' \quad (9.3.1)$$

Эти переменные **не зависят** от преобразования. Здесь число a есть параметр смещения оси x' относительно оси x . Ничего не изменится, если параметр a будет зависеть от t , т.е.

$$x' = x - a(t).$$

Итак, при новом подходе мы учитываем **единство времени** в сравниваемых системах отсчета и также **единство координат** y и z . Как уже говорилось, координаты y , z и время t в двух системах отсчета одинаковы. Теперь мы имеем формальное право, записать выражение (9.2.1) в новой системе отсчета

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x'^2} + \frac{\partial U^2}{\partial y^2} + \frac{\partial U^2}{\partial z^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} = q\delta(\mathbf{R}'; t) \quad (9.3.2)$$

Нам необходимо осуществить преобразование только одной переменной x , т.е. $x' = x - a(t)$. Пусть $a(t) = Vt$. Здесь произведение Vt выступает как независимый от x и x' параметр сдвига. Частные производные потенциала U по x теперь вычисляются достаточно просто.

$$\frac{\partial U}{\partial x'} = \frac{\partial U}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial x'} = \frac{\partial U}{\partial x}; \quad \frac{\partial^2 U}{\partial (x')^2} = \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \quad (9.3.3)$$

Таким образом, выражение (9.3.2) в новой инерциальной системе принимает окончательный вид

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial U^2}{\partial y^2} + \frac{\partial U^2}{\partial z^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} = q\delta(\mathbf{R} - \mathbf{V}t; t) \quad (9.3.4)$$

Повторяем, что преобразовывать выражение (9.3.2) по другим координатам и времени **не нужно**. Этот результат необходимо проиллюстрировать.

Пусть, как и в предыдущем случае, точечный источник излучает короткие световые импульсы через равные промежутки времени. Если наблюдатель покоится в системе отсчета, связанной с источником, то картина процесса будет такая же, как и при традиционном преобразовании.

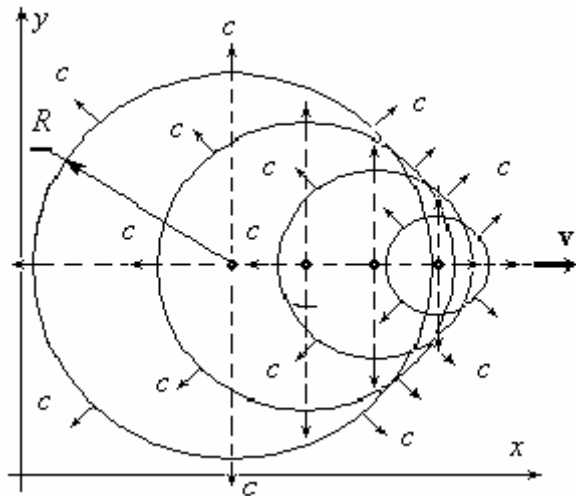


Рис.9.2

Если же источник движется относительно наблюдателя ($v > c$), то в момент излучения в системе отсчета, связанной с наблюдателем, световой поток будет распространяться со скоростью света в виде сфер, равномерно расширяющихся **от точек излучения** (рис.9.2). В отличие от предыдущего случая центр каждой сферы будет *неподвижен* в системе отсчета наблюдателя, но сам источник S будет перемещаться со скоростью V . Радиус сферы в системе отсчета наблюдателя равен $R = ct$

Легко видеть, что стандартный вариант и параметрический вариант описывают *различные* модели распространения волновых процессов.

9.4 Способы отображения

В физике существуют два вида отображений характеристик материальных объектов в систему отсчета наблюдателя.

1. **Классическое отображение.** Еще в школе, решая физические задачи механики, мы привыкли к тому, что положение тела в пространстве в данный момент времени отображается мгновенно (без каких либо искажений). Такое отображение опирается на мгновенную передачу информации. Классическое отображение никогда и ни у кого не вызывало подозрений в некорректности, хотя оно фактически опирается на *принцип мгновенного действия на расстоянии*.
2. **Отображение с помощью световых лучей.** Отображение с помощью световых лучей существует параллельно классическому способу. Оно имеет свои особенности. Свет (электромагнитные волны), как известно, способен переносить и передавать информацию. Однако эта информация в отличие от мгновенного отображения может восприниматься с искажениями. Искажения связаны с относительным движением источника и наблюдателя. Параметрическое преобразование описывает такой способ отображения информации.

Эти способы отображения не являются взаимоисключающими. Они *взаимосвязаны*. Всегда можно перейти от одного способа описания к другому, от мгновенного отображения к отображению с помощью световых лучей и обратно.

Особенность параметрического преобразования в том, что оно отображает механическое перемещение объектов с помощью световых лучей и дает отображение, опираясь на принцип постоянства скорости света во всех инерциальных системах. Это обстоятельство обуславливает определенные искажения при отображении наблюдаемых объектов и явлений.

Отображение с помощью световых лучей пространственных отрезков и интервалов времени из одной инерциальной системы отсчета в другую имеет **кинематический характер**. Оно не связано с реальным изменением отображаемых объектов.

Сопоставляя системы отсчета движущегося наблюдателя и неподвижного источника света, мы можем выделить **базовую** систему отсчета. Это такая система отсчета, в которой световой источник *неподвижен*. Для наблюдателя, покоящегося в базовой системе отсчета, отсутствует эффект Доплера, абберация света и другие явления. Параметры, измеренные в базовой системе отсчета, являются *эталоном* (стандартами), с которыми мы сравниваем те же параметры в движущейся системе отсчета. Мы будем **помечать индексом «0»**.

Наблюдаемые изменения (искажения), возникающие при отображении, когда наблюдатель переходит из системы отсчета, связанной с источником света, в другую систему, относятся к **явлениям**, т.е. к отображению реальности с некоторыми искажениями. Например, наблюдаемое изменение темпа времени есть явление, т.е. *искаженное отображение* интервала времени из *базовой* системы в систему отсчета движущегося наблюдателя (например эффект Доплера).

9.5 Классическая абберация света

Представьте себе, что вы смотрите в зеркало и видите предметы, расположенные за спиной. Вы знаете, что видимые в зеркале предметы представляют мнимое изображение действительных предметов. С мнимыми изображениями мы встречаемся в школе.

Телескопы, микроскопы, лупа – все эти приборы основаны на использовании **мнимого изображения**.

Однако с мнимым изображением мы можем столкнуться и без приборов. Ночью, рассматривая на темном небе звезду, мы забываем, что свет от нее идет к нам миллионы лет. За это время звезда успеет сместиться, и мы будем видеть ее мнимое изображение. Сама звезда в момент наблюдения невидима наблюдателю, т.е. будет находиться **в другом месте пространства**.

Угол между направлением на видимое положение звезды (мнимое изображение) и направлением на ее действительное положение называется **углом абберации**. Явление звездной абберации возникает только при наличии относительного движения между наблюдателем и наблюдаемым объектом. Такое относительное движение искажает видимое изображение движущегося объекта. Возникают другие явления, например, эффект Доплера (искажение интервалов времени), искажение некоторых размеров движущегося объекта. Искажение видимых размеров обусловлено изменением направления фронта волны из-за относительного движения. **Все эти искажения относятся к наблюдаемому (мнимому) изображению**. Возникают они благодаря конечной скорости распространения света. **Реальный объект при наблюдении не испытывает никаких искажений**.

Итак, пусть наблюдатель N движется относительно источника света S со скоростью V , как показано на рис.9.3. Базовая система отсчета источника S (в которой покоится источник света) есть (x_0, y_0, z_0, t_0) .

В момент излучения светового импульса источником S наблюдатель будет находиться в точке N^* . В этот момент расстояние между наблюдателем N^* и источником S будет равно $R = N^*S$ (мгновенное отображение).

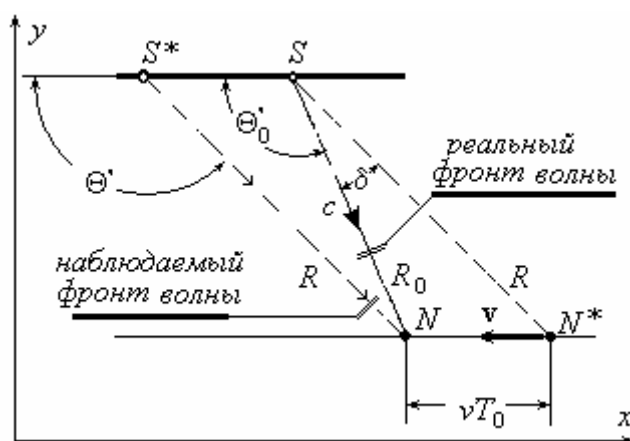


Рис.9.3. v – скорость движения наблюдателя относительно источника; S^* - мнимое изображение источника в момент приема светового сигнала; S – действительное положение источника в тот же момент времени; R – расстояние, измеренное наблюдателем в момент приема сигнала; R_0 – действительное расстояние между источником и наблюдателем в момент приема сигнала наблюдателем.

В точке N световой импульс и наблюдатель встречаются. Из-за движения наблюдателя направление фронта световой волны этот наблюдатель будет воспринимать *искаженным*. Воспринимаемый наблюдателем фронт не будет перпендикулярен направлению SN . Наблюдаемый фронт будет перпендикулярен линии SN^* . Видимое положение S^* строится на продолжении лучей из точки N .

Это интересный и важный факт. Поскольку наблюдатель воспринимает фронт волны в искаженном виде (повернутым), он «достраивает» объект с его характеристиками, *продолжая лучи перпендикулярно фронту*. Это не субъективный, а объективный факт. То же делает и измерительный прибор, связанный с наблюдателем.

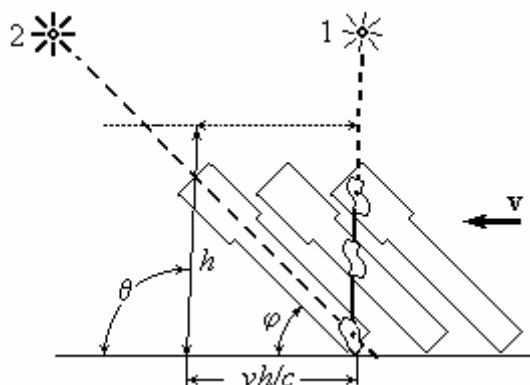


Рис.9.4

Релятивистское объяснение aberrации на этом этапе ничем не отличается от приведенного выше (см. рис.9.4 из Википедии). Действительное положение звезды в момент наблюдения соответствует точке «1» на рис.9.4. Это мгновенное отображение положения наблюдателя и звезды. Однако наблюдатель будет видеть звезду в точке «2». Это мнимое изображение реального объекта «1».

Итак, мы убедились, что наблюдатель имеет дело с двумя объектами: с **действительным объектом** (*сущность*) и с его **мнимым изображением** (*явление*). Это важное обстоятельство релятивисты обходят. Действительное положение объекта описывается с помощью мгновенного отображения, а мнимое – с помощью достроенных световых лучей.

Перейдем теперь в систему отсчета наблюдателя (рис.9.5). Здесь мы также имеем дело с явлением aberrации. Свет от источника S^* , идущий под углом Θ к оси x , будет распространяться к наблюдателю конечное время. За время этого распространения источник переместится со скоростью V в новое положение S . Таким образом, в момент приема светового сигнала источник будет находиться уже в другом месте по отношению к наблюдаемому исследователем положению. Наблюдатель, принимая световой сигнал в точке N , «достраивает» световой луч в точку S^* . Он будет видеть мнимое изображение S^* .

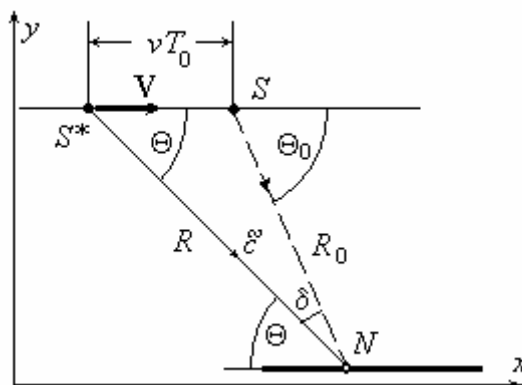


Рис.9.5 Явления, происходящие в системе отсчета наблюдателя.

Таким образом, имеются два эквивалентных объяснения явления абберации, связанных с системами отсчета наблюдателя и источника света. Но оба они опираются на существование *реального* объекта и его *мнимого* отображения.

Примечание. Чтобы избежать трудностей в понимании дальнейших выкладок, рассмотрим пример. Пусть один футболист **стоит** на поле с мячом, а второй пробегает на расстоянии с постоянной скоростью. Первый футболист дает второму пас мячом. Вопрос: какое расстояние пролетел мяч от первого футболиста до второго?

Ответ не зависит от выбора инерциальной системы отсчета. Расстояние от точки удара по мячу до точки приема мяча инвариантно. Обратите внимание, что это расстояние равно расстоянию от первого игрока до второго **в момент приема мяча** вторым футболистом (а не в момент паса!). Это очень важный момент и мы всегда будем к нему возвращаться при объяснении. Если это непонятно, необходимо вернуться и прочитать это примечание еще и еще раз.

9.6 Система отсчета наблюдателя.

Запишем уравнения, связывающие величины для разных инерциальных систем. Геометрические связи изображены на рисунке 9.6. На этом рисунке N – покоящийся в собственной системе отсчета наблюдатель; S_0 – положение светового источника в момент излучения светового импульса; S – положение светового источника в момент приема светового импульса наблюдателем; R_0 – расстояние до светового источника в момент излучения светового импульса; R – расстояние до светового источника в момент приема светового импульса наблюдателем. Скорость V постоянна.

$$\mathbf{R}_0 = \mathbf{R} - \mathbf{V}t \quad (9.6.1)$$

Это уравнение пространственной связи для двух инерциальных систем отсчета (9.6.1).

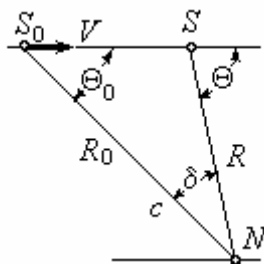


Рис. 9.6

Запишем уравнения в развернутом виде для системы отсчета наблюдателя (рисунок 5.6).

$$\begin{aligned} R_0 \cos \Theta_0 &= R \cos \Theta + VT_0; & T_0 &= R_0 / c; \\ R_0 \sin \Theta_0 &= R \sin \Theta \end{aligned} \quad (9.6.2)$$

Из (9.6.2) вытекают следующие соотношения для углов:

$$\sin\Theta = \frac{\sin\Theta_0}{\sqrt{1 - 2\frac{V}{c}\cos\Theta_0 + (\frac{V}{c})^2}}; \quad (9.6.4)$$

$$\cos\Theta = \frac{\cos\Theta_0 - V/c}{\sqrt{1 - 2\frac{V}{c}\cos\Theta_0 + (\frac{V}{c})^2}};$$

$$\cos\Theta_0 = \frac{V}{c}(\sin\Theta)^2 + \cos\Theta\sqrt{1 - (\frac{V}{c}\sin\Theta)^2} \quad (9.6.5)$$

$$\sin\Theta_0 = \left[-\frac{V}{c}\cos\Theta + \sqrt{1 - (\frac{V}{c}\sin\Theta)^2} \right] \sin\Theta \quad (9.6.6)$$

Выражения (9.6.5) и (9.6.6) ограничены неравенством $-\arcsin(V/c) \leq \Theta_0 \leq \arcsin(V/c)$.

Здесь мы будем рассматривать явления только для небольших скоростей $V < c$.

Нетрудно видеть, что эффект Доплера равен

$$f = f_0 / n_g = f_0 / \sqrt{1 - 2\frac{V}{c}\cos\Theta_0 + (\frac{V}{c})^2} \quad (9.6.7)$$

Здесь

$$n_g = \sin\Theta_0 / \sin\Theta = \sqrt{1 - 2\frac{V}{c}\cos\Theta_0 + (\frac{V}{c})^2}$$

коэффициент искажений явления при параметрическом преобразовании.

Интересно отметить, что основные соотношения, обуславливающие искажения (искажение наблюдаемых расстояний, эффект Доплера и др.), связаны этим коэффициентом

$$\frac{R}{R_0} = \frac{v}{V} = \frac{f}{f_0} = \frac{1}{n_g}$$

где: v - наблюдаемая скорость движения источника; R_0 - видимое (наблюдаемое) расстояние до источника **в момент излучения**; R - расстояние между источником S и наблюдателем N **в момент приема** t_{rec} .

Существует критический угол наблюдения

$$\Theta_{cr} = \arccos \frac{V}{2c} \quad (9.6.8)$$

Угол абберации определяется выражением

$$\text{tg}\delta = \frac{V}{c} \sin\Theta_0 / [1 - \frac{V}{c}\cos\Theta_0] \quad (9.6.9)$$

9.7 Система отсчета источника

Запишем уравнения в развернутом виде для системы отсчета наблюдателя (рис. 9.7).

$$\begin{aligned} R \cos \Theta &= R_0 \cos \Theta_0 + VT_0; & T_0 &= R_0 / c; \\ R \sin \Theta &= R_0 \sin \Theta_0 \end{aligned} \quad (9.7.1)$$

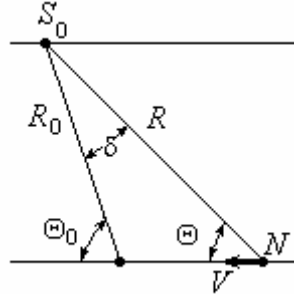


Рис. 9.7

Из (9.7.2) вытекают следующие соотношения для углов:

$$\sin \Theta = \frac{\sin \Theta_0}{\sqrt{1 - 2 \frac{V}{c} \cos \Theta_0 + \left(\frac{V}{c}\right)^2}}; \quad (9.7.3)$$

$$\cos \Theta = \frac{\cos \Theta_0 - V/c}{\sqrt{1 - 2 \frac{V}{c} \cos \Theta_0 + \left(\frac{V}{c}\right)^2}};$$

$$\cos \Theta_0 = \frac{V}{c} (\sin \Theta)^2 + \cos \Theta \sqrt{1 - \left(\frac{V}{c} \sin \Theta\right)^2} \quad (9.7.4)$$

$$\sin \Theta_0 = \left[-\frac{V}{c} \cos \Theta + \sqrt{1 - \left(\frac{V}{c} \sin \Theta\right)^2} \right] \sin \Theta \quad (9.7.5)$$

Результаты (9.7.3) – (9.7.5) соответствуют результатам (9.6.4) – (9.6.6). Инерциальные системы равноправны! Поэтому мы имеем аналогичные результаты.

$$\frac{R}{R_0} = \frac{f}{f_0} = \frac{1}{n_g} \quad (9.7.6)$$

где: R - расстояние между источником S и наблюдателем N **в момент приема** t_{rec} .

Изменения ракурса. Явление изменения ракурса движущегося источника. С явлением изменения направления наблюдаемого фронта волны прямо связано явление изменения ракурса наблюдаемого источника.

В системе отсчета источника лучи к наблюдателю распространяются под углом Θ_0 . Благодаря относительному движению наблюдатель будет воспринимать фронт волны так, как будто лучи подходят к нему под углом Θ (рис. 9. 7).

Из-за этого наблюдаемый объект будет казаться для него повернутым на угол аберрации, Это явление, поскольку мы говорим о мнимом изображении. Сам объект не меняет свою форму и не поворачивается.

9.8 Криволинейное движение.

Поступательное движение. Параметрический характер преобразования позволяет обобщить это преобразование для произвольного поступательного движения

$$\mathbf{R}' = \mathbf{R}(t) = \mathbf{R}_0(t) - \mathbf{a}(t) \quad (9.8.1)$$

где $\mathbf{a}(t)$ некоторый вектор, зависящий от времени.

Произвольное движение светового источника. Параметрическое преобразование пространственных векторов не затрагивает время t . Поэтому мы можем сделать второе обобщение, т.е. распространить параметрическое преобразование, если наблюдатель покоится, для произвольного движения источника света

$$x'_{\text{н}} = b_{\text{нн}\lambda}(t)x_{\text{т}\lambda} - a_{\text{н}}(t) \quad \det|b_{\text{нн}\lambda}| = 1 \quad (9.8.2)$$

где $b_{\text{нн}\lambda}$ есть матрица вращения.

Следует повторить, что частные производные вычисляются стандартным способом без учета времени. Заметим, что параметрическое преобразование Галилея не изменяет длин отрезков R и сохраняет неизменным угол δ между векторами $\mathbf{R}(t)$ и $\mathbf{R}_0(t)$.

Произвольное движение наблюдателя. Если мы заменим время t на время $-t$, то автоматически направление вектора скорости светового потока изменит свое направление на противоположное направление, а мгновенная скорость относительного движения тоже изменит свой знак. Это означает, что движущийся криволинейно наблюдатель может исследовать эффекты, если источник **неподвижен**, и имеет для анализа расчетный математический аппарат (9.8.2), который легко можно трансформировать и использовать в условиях данной задачи. Можно предположить, что в этих задачах наблюдаемые явления будут одинаковы.

Связь расстояний. Рассмотрим поступательное криволинейное движение светового источника относительно наблюдателя. Наблюдатель покоится в инерциальной системе отсчета (рис. 9.8).

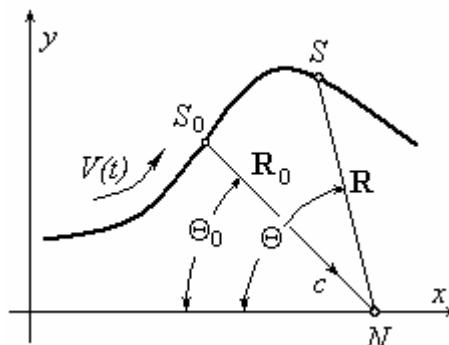


Рис. 9.8

Световой источник S движется по единственной траектории $\mathbf{R}(t)$. Расстояния $\mathbf{R}(t)$ и $\mathbf{R}_0(t)$ связывают наблюдателя N со световым источником в различные моменты времени. Поэтому для $V < c$ мы можем записать соотношение

$$R(t) = R_0[t - R_0(t) / c] \quad (9.8.3)$$

Это обычное алгебраическое уравнение с отклоняющимся аргументом, весьма удобное в астрономии. **Видимое** расстояние *в момент приема* наблюдателем светового сигнала $\mathbf{R}_0(t)$ это расстояние до реального положения светового источника $\mathbf{R}(t)$ *в момент излучения*, т.е. в момент времени $t - R_0(t) / c$ (*запаздывание*). Зная реальное движение, например, планеты мы можем вычислить параметры наблюдаемого движения этой планеты (отклонения наблюдаемой скорости от реальной скорости движения в фиксированной точке траектории и т.д.). Также просто может быть вычислен угол абберации и коэффициент искажений

$$\cos \delta = \frac{\mathbf{R}(t)\mathbf{R}_0(t)}{R(t)R_0(t)} \quad \text{и} \quad n_g = R_0(t) / R(t)$$

Обсуждение

Итак, мы рассмотрели параметрическое преобразование. Уравнения Максвелла сохраняют свою форму при переходе наблюдателя из одной инерциальной системы отсчета в другую при параметрическом преобразовании Галилея. Скорость света во всех инерциальных системах отсчета оказывается *неизменной*.

1. Поскольку параметрическое преобразование является альтернативным преобразованием по отношению к преобразованию Лоренца, *необходимы эксперименты*, чтобы сделать правильный выбор.
2. Параметрическое преобразование Галилея имеет ряд преимуществ. Например, параметрическое преобразование имеет *простой математический формализм* и позволяет легко рассчитывать и объяснять физические явления. Мы надеемся, что приведенные результаты будут полезны астрономам и астрофизикам.

Математика – прекрасный рабочий инструмент, которым *учОные* не умеют толком пользоваться!

Математика нам много помогла. Теперь наша очередь помочь математике. Необходимо исправить ошибку в одном определении. Ниже мы сделаем это.

9.9 «Внутренней кривизны» пространства не существует!

Понятия: точка, длина, радиус кривизны и т.д. это чисто *геометрические* понятия. Нам, например, не нужно знать природу исследуемых объектов, когда мы измеряем расстояние между точками. Мы можем измерять расстояние между телами или между зарядами и т.д. Аналогичное свойство имеют понятия «кривизна» или «радиус кривизны» пространства. Они не зависят от «природы» кривизны. Физическое содержание (природа) этого понятия есть лишь «обрамление», интерпретация математического формализма. Есть в физике понятие «внутренняя кривизна» пространства. Оно не корректно, и мы это покажем.

9.9.1 Относительная кривизна.

Нас сейчас будет интересовать математическая сторона вопроса. Размерность пространства не играет принципиальной роли. Мы ради наглядности и удобства мы ограничимся трехмерным пространством. Итак, пусть будут два евклидовых пространства: $E(x; y; z)$ и $H(u; v; w)$. Пространства E и H различны и не связаны друг с другом.

Теперь мы предположим, что наблюдатели устанавливают соответствие между обоими пространствами. Линейная связь нам не интересна. Предположим для простоты, что связь между точками пространств E и H *однозначная и нелинейная*.

$$u = f_u(x; y; z); \quad v = f_v(x; y; z); \quad w = f_w(x; y; z) \quad (9.9.1)$$

$$x = F_x(u; v; w); \quad y = F_y(u; v; w); \quad z = F_z(u; v; w) \quad (9.9.2)$$

Эта связь не является «преобразованием координат». Например, мы можем отобразить пространство H в некоторый замкнутый объем V пространства E (криволинейный объем). Здесь легко прослеживается некоторая аналогия с конформным преобразованием в теории комплексного переменного.

Выберем в пространстве H некоторую плоскость (например, $u = const$). Эта плоскость будет иметь в пространстве E кривую поверхность. Кривыми могут оказаться другие плоскости пространства H в пространстве E . Иными словами, пространство H будет отображаться в пространстве E как *криволинейное* пространство. Это очень важный момент! Мы можем изучать свойства отображения пространства H только в евклидовом пространстве E .

Действительно, мы изучаем кривую линию в *евклидовом* пространстве. Но эту кривую можно представить как результат пересечения двух криволинейных поверхностей. Криволинейную поверхность мы исследуем в *евклидовом* пространстве. Аналогично, криволинейный объем или криволинейное пространство (континуум криволинейных непересекающихся поверхностей) мы тоже исследуем в *евклидовом* пространстве. Например, кривизну глобуса мы измеряем в *евклидовом* пространстве аудитории.

Теперь о космологии и ОТО. Физики не вводят евклидово пространство $H(u; v; w)$ со своими объектами и уравнения связи (9.9.1) и (9.9.2). Они феноменологически строят в *евклидовом* (!) пространстве E метрический тензор и тензор кривизны и исследуют свойства построенной конструкции.

Компоненты построенного тензора кривизны выражается через координаты E -пространства [т.е.: $H(f_u; f_v; f_w) = H(x; y; z)$]. По этой причине *кажется*, что он описывает «внутреннюю кривизну» пространства E . Эта *иллюзия* является застарелой ошибкой. На самом деле пространство E так и осталось *евклидовым пространством*. Метрический тензор описывает отображение пространства H в пространстве E .

Итак, теоретики строят криволинейную конструкцию в евклидовом пространстве, а потом заявляют, что наше пространство «криволинейно»! Нонсенс! Мы в своем евклидовом пространстве E можем измерить кривизну пространства H . Но если мы перейдем в пространство H , то оно будет для нас евклидовым. Пространство E нам станет для нас криволинейным. Интерпретация в математике это философский вопрос математики. Не пугайтесь.

Отсюда следует, что утверждение: «**тензор кривизны описывает внутреннюю метрику нашего пространства**» (БСЭ) - есть глубокое заблуждение. Наше евклидово E пространство осталось евклидовым. Вычисленная кривизна не является «*внутренней кривизной*» пространства E . Она принадлежит отображению пространства H в пространстве E . Более того, «внутреннюю кривизну» нашего пространства (кривизну

одной области пространства относительно другой его области) мы *не можем* определить *принципиально!*

Итак, мы нашли ошибку, которая появилась более **двух столетий** назад (*задолго до рождества А. Эйнштейна*). Даже Лобаческий не понимал этого. Он предлагал построить триангуляционные вышки и, измерив углы с помощью световых лучей, определить кривизну нашего пространства.

Исправление важно не только для математики. Исправление ошибки имеет большое прикладное значение. Например, некоторые физические теории стали заложниками этой ошибки (например, *космологические теории, ОТО* и др.). Ошибку необходимо исправить! Для математики это приведет к *некоторому изменению интерпретации* (объяснений), но не изменит математический формализм дифференциальной геометрии. Заметим, что результаты можно распространить на n -мерный пространственно-временной континуум.

9.9.2 Иллюстрация нового варианта интерпретации.

Пусть в евклидовом пространстве E живут люди. Пусть в евклидовом пространстве N живут гуманоиды. Люди видят в N кривые дороги, по которым кривые гуманоиды ездят на кривых машинах. Это есть объективное явление. Гуманоиды наблюдают кривоногих людей, которые криво движутся по кривым дорожкам и исчезают в «черных дырах». Это тоже явление.

Явление есть искаженная **проекция** (отображение) реальности (сущности) в систему наблюдателя. Например, мы рассматриваем предмет, используя лупу. Наблюдаемый размер предмета больше истинного. Это иллюзия или явление (проекция). Проекция могут быть получены разными путями. Например, можно использовать физический способ (световые лучи), математический способ (скорость света бесконечная) и т.д.

Мы в своем евклидовом пространстве E можем измерить кривизну пространства N . Но если мы перейдем в пространство N , то оно будет для нас евклидовым. Пространство E нам станет для нас криволинейным. Интерпретация определений в математике это философский вопрос математики. Не пугайтесь.

Предположим теперь, что есть пространство M , и мы находимся в этом пространстве. Кривизна есть **геометрическое** понятие. Можно ли, имея карандаш, циркуль и линейку, установить: криволинейно ли это пространство M ? Сможем ли мы установить кривизну одной области пространства относительно другой его области? Ответ на этот вопрос только отрицательный. Таких методов в математике не существует.

Для нас это пространство всегда будет евклидовым. ***Не существует математических и физических методов измерения «внутренней кривизны» пространства.*** Кривизну можно обнаружить только по отношению к другому (опорному) пространству E , которое является евклидовым. Но это будет **относительная** кривизна пространства M , т.е. та кривизна пространства M , которая будет наблюдаться, если мы находимся в пространстве E . Находясь в самом пространстве M , мы кривизны пространства M не обнаружим.

Следствия.

1. Пространство, в котором мы находимся, *всегда* для нас является евклидовым. Поэтому физические явления любой природы мы **должны** описывать **в рамках классического времени и евклидова пространства**. Это очень важный вывод. Он возвращает нас к материализму 18-19 веков.
2. Изменение в определении понятия «кривизна» пространства не влечет количественных изменений. Поэтому соответствие теоретических результатов физическим экспериментальным данным должно сохраниться. Меняется лишь **концептуальное содержание** объяснений.

3. Необходимо внести поправки в учебники по дифференциальной геометрии.

Приведем пример. В Physics-Online.ru

(http://www.physics-online.ru/php/paper.phtml?jrnid=null&paperid=18056&option_lang=eng).»
появился такой рекламный ролик:

«Как за полчаса изменился мир» (Андрей Линде, Борис Штерн): *«Через полтора месяца выйдет электронная, а через два с лишним — бумажная книга Бориса Штерна под названием «Прорыв за край мира». Ее научный редактор — академик РАН Валерий Рубаков, технический и всякий прочий редактор — Максим Борисов, собеседники: Андрей Линде, Владимир Лукаш, Вячеслав Муханов, Валерий Рубаков, Алексей Старобинский. Последние пятеро известны любому землянину, интересующемуся современной космологией. Некоторые из них являются реальными претендентами на Нобелевскую премию по теории космологической инфляции, которая, по твердому убеждению автора книги, будет присуждена еще при жизни нынешнего поколения читателей.*

«Кривое» ли наше пространство? Ваша точка зрения?

Заключение

Выше мы установили фундаментальный результат: *время для всех инерциальных систем едино, а трехмерное пространство является общим для этих систем.*

Материалистическое миропонимание вновь возвращается в современную физику. Это означает, что все явления материального мира мы обязаны рассматривать только в рамках классической концепции пространства и времени.

Уходит в небытие истории теории «черных дыр», «очень темной материи», «Большущего взрыва» и т.д. Все это останется в памяти как пример догматизма, схоластики и «голового» теоретизирования. Просмотрите публикации в интернете: сколько там «подтверждений» и «опровержений» теоретических домыслов! А все из-за одной ошибки в математике и сомнительной гипотезе об эквивалентности масс.

Теперь мы могли бы по аналогии с параметрическим преобразованием Галилея дать новую интерпретацию модифицированного преобразования Лоренца, в которой *время едино, а евклидово пространство общее для всех систем.* Удивительный факт: все парадоксы (логические противоречия, которыми до сих пор пичкают студентов) при этом исчезают, а картина явлений становится ясной и непротиворечивой!

А приложения? Вот одно из них: реальная скорость материальных частиц в рамках модифицированного преобразования Лоренца может *превышать* скорость света! Это объясняет причину появления g -множителя в современной теории циклических ускорителей, и позволяет дать ему физическую интерпретацию. Множитель g показывает: во сколько раз реальная скорость частиц превышает скорость света в вакууме! Тех, кто заинтересуется, мы отсылаем к следующей работе [1].

Теория ускорителей частиц ошибочна! Это же можно сказать и о квантовых теориях. И все из-за неверной интерпретации, из-за отхода от материализма в вопросе о пространстве и времени. Но *учОные* убеждены в своей правоте. Они настойчиво требуют средства на создание новых гигантских ускорителей. У них один лозунг: «Вперед! К Нобелевским Премиям!». Именно к «премиям», а не к поиску научной Истины (к сожалению). И совсем не важно, что их теории ошибочны. Как утверждал Пуанкаре: «Не Природа открывает свои законы ученым, а ученые навязывают свои законы Природе!».

Обозначим крупными мазками свою историческую версию. В конце 19 века исторически сложилась напряженная обстановка: войны, социальные конфликты, революционное движение. Ученые открывали новые явления, которым необходимо было дать объяснение. Старые материалисты уже не могли с этим справиться (по возрасту, например). Нетерпеливая молодежь рвалась в бой.

Именно в этот момент в среду молодых ученых начало проникать позитивистское мировоззрение («наука – сама себе философия»). Материалистические каноны, например кумулятивный характер развития науки (преемственность, сменяющих друг друга теорий), были отвергнуты. Их сменили новые: «Научная истина относительна; теории умирают только тогда, когда умирают их апологеты». Революционная молодежь науки кричала: «Громи классическую физику! Дашь новую науку!». Как писал об этом Ленин: «физики, увы, не знали диалектики развития науки!».

Лоренц гордо писал примерно следующее: «То, что осталось от классической физики после создания теории относительности, представляло собой еще здание, по сравнению с тем, что осталось от нее после создания квантовых теорий!». Дальше – больше. Но все имеет свой конец. Начали выявляться внутренние противоречия модных теорий. Нарастала критика содержания СТО и основ квантовых теорий. Ставших старыми (отмирающими) «Апологетов» это начало страшить: новое поколение ученых могло

отбросить результаты их трудов, как ошибочные построения. Это мнение имело свое основание.

И вот в мире началась «борьба в науке». Критические статьи перестали принимать для опубликования в «толстых журналах», Негласно была запрещена критика теории относительности, а с несогласными вели борьбу. Прочитую кусочек из книги [2]:

"Возьмём хотя бы постановление президиума Академии Наук СССР о том, чтобы "не рассматривать никакие посягательства на теорию относительности", принятое в то время (Плюрализм и мифы, Л.Г., 8 февраля 1990 года). Фактически ставилась "вне закона" любая критика теории относительности. В частности, физические журналы отклоняли без рассмотрения критические статьи в адрес теории относительности.

Как пишет, например, П. Л. Капица, в редакции журнала экспериментальной и теоретической физики "такие статьи даже не рассматриваются как явно антинаучные". (П. Л. Капица. Эксперимент, теория, практика. М. 1974, с 201). Лысенко об охране своей теории такого рода постановлением АН СССР мог только мечтать!

Не дошли лысенковцы и до идеи использования в борьбе с инакомыслящими психиатрии. Релятивисты же это средство применяли весьма широко. Так В. А. Бронштейн, констатируя, что "есть довольно большая группа гипотезоманов, специализирующихся на "опровержении" теории относительности" сообщает: "Любопытно, что выявлению психопатопараноиков способствуют научные учреждения, куда они обращаются со своими "открытиями". Так, только за один 1966 год Отделение общей и прикладной физики АН СССР помогло медикам выявить 24 параноика" (В. А. Бронштейн. Беседы о космосе и гипотезах. М., 1968, с 198). Сколько всего людей было направлено "научными учреждениями" в психиатрические диспансеры, подвергнуто принудительному диагнозу и лечению за десятилетия такой практики, можно судить по 1966 году..." ».

Это у нас. А что там (за бугром)? История та же но в меньшем масштабе. Автор статьи «Radar Testing of the Relative Velocity of Light in Space» Б. Уоллес [3] тоже на год был посажен в психушку за слишком ретивые нападки на СТО.

Теперь процитируем одного из профессоров философии: «Уже цитированный М. Чапек (один из махровых зарубежных противников материализма – Прим. В.К.) предостерегает от злоупотребления тем, что он называет нашим «ньютоново-евклидовым» подсознанием, корни которого лежат в филогенетическом сознании людей. Это сознание слишком упрямо, чтобы его можно было бы заменить голым мастерством математического формализма. «Задача эпистемолога в современной физике, – пишет Чапек, – немного похожа на задачу психоаналитика: обнаружить остатки классического мышления за словесными отрицаниями и отказами... Дело, следовательно, состоит не только в том, чтобы изгнать «ньютоново-евклидово» подсознание, но и в том, чтобы заменить его «квантово-релятивистским» подсознанием». С упорством, достойным лучшего применения, современные **учОные** вдавливают в головы студентов «квантово-релятивистское подсознание»!

Мы написали выше о нарушении преемственности научных знаний. **УчОные** сразу же возразят: «А как же быть с принципом соответствия Н.Бора!?!». Бор сформулировал этот принцип (как и «принцип дополнительности»), чтобы сгладить противоречия между позитивизмом и материализмом, чтобы «затушевать» противоречия между новыми и классическими теориями. Его принцип касается только **математического формализма**

(пределный переход от новой теории к старой теории). Это лишь *необходимое*, но *недостаточное* условие.

Но физика это не только математика. Она оперирует терминами и понятиями, содержащими физический смысл. Поэтому игнорируя «**концептуальное**» соответствие физических терминов принцип вводит ученых в заблуждение. Причина в том, что при смене теорий содержание терминов практически не меняется. Если дополнить «принцип соответствия математического формализма теорий» Бора принципом концептуального соответствия, то обнаруживается противоречивость и нарушение кумулятивного характера роста знаний. Таким образом, принцип соответствия Бора это ширма, скрывающая противоречия.

«Научная борьба» с инакомыслием это единственный способ сохранить логически противоречивые современные теории. После перестройки были созданы «форумы», главной целью которых было: «Выпустить пар» из критиков любыми средствами, вплоть до личных оскорблений. О.И. Перова опубликовала статью «Темные игры в физике» [4]. Как отреагировали на нее настоящие **учОные**! Оскорбления, мат, угрозы и т.д.

Интересна в этом отношении судьба А.А. Денисова автора книги «Мифы теории относительности» [5]. После издания книги академик В.Л. Гинзбург обрушился с оскорблениями на проф.А. Денисова. В прессе и на страницах УФН он требовал «исключить его из депутатов и лишить его звания доктора технических наук» за то, что тот «не знает» теорию относительности!

Но В.Л. Гинзбург на этом не остановился. Он инициировал создание «Комиссии по борьбе с лженаукой». Председателем был выбран Э. Кругляков. Гинзбург остался «кукловодом». Как пишут [6] :

«Чтобы оградить СТО от критики, Президиум РАН принял решение создать Комиссию по борьбе с лженаукой и фальсификацией научных исследований. Главная цель Комиссии – объявить исследования «новоявленных» ученых «лженаучными». В ответ на это в Интернете было опубликовано много статей, в которых работа Комиссии была поставлена на одну доску с работой небезызвестной «Святой Инквизиции», а Гинзбурга начали сравнивать с Торквемадой.

Получив мощный отпор со стороны «неофициальной науки» Комиссия приняла решение «переориентироваться» и включить в свою сферу критику астрологии, критику паранормальных явлений, экстрасенсов, нетрадиционную медицину. Это несколько ослабило отрицательное отношение к работе Комиссии со стороны общественности.

Слабость позиций Комиссии следует из высказывания Э. Круглякова: «Только мы знаем, что научно, а что лженаучно». Для разделения научных и лженаучных гипотез (или теорий) должны быть объективные критерии, на основании которых будет выноситься суждение о научности. Но таких критериев (кроме кивков на свой «авторитет» и титулы) члены комиссии предложить не смогли. В этом беда и тех, кто выдвигает новые гипотезы. Убеждение в собственной правоте не есть признак «правильности». Но игнорировать их критику существующих в современных теориях противоречий, как это делают представители РАН, не разумно» .

Действительно, лозунг, выдвинутый Гинзбургом и неоднократно озвученный Кругляковым, гласил: “*Есть мировая наука, а все, что не вписывается в ее критерии – это лженаука*”. Так и представляешь себе Кабинет, в котором сидят Члены Комиссии. Это убеленные сединами старцы (маститые **учОные**), которые уже исчерпали потенциал своего научного потенциала и могут заниматься только проверкой.

Круглый стол, а вокруг стеллажи с фолиантами, энциклопедиями, справочниками, учебниками... Они читают новые работы Ученых и сравнивают с «Мировой наукой». Если произведение «не вписывается», они ставят штамп «лженаука».

Такая рутинная работа **учОных** «старцев-инквизиторов» не всегда устраивает. Им нужна видимость деятельности. Они выбирают себе жертву и начинают ее «тиранить» на страницах журналов и газет (делая вид, что они «радеют» за государственные кошельки!). Вместо научной дискуссии они организуют травлю. Сколько имен ими было «освистано»: Акимов, Шипов, Уруцкий, Петрик и т.д. «Кто на новенького»? Даже если эти ученые ошибались, дискуссия позволила бы выяснить научную истину без балаганских выступлений в СМИ. Но им нужна реклама их «деятельности»! «Комиссия» - тормоз развития творчества в России.

Все это результаты позитивизма в философии науки. Необходимо материалистическое мировоззрение. Почему? По той причине, что материализм невозможен без честности, добросовестности, принципиальности, ответственности. Это обязательные качества Ученого. Но дело также и в следующем. Ученый не только «двигает науку вперед», он обучает и является воспитателем студентов. От того, какими людьми, с какими нравственными качествами, а не только с какими знаниями, выйдут выпускники ВУЗов, зависит многое. Такими будут педагоги в школах. А именно от детей, от их воспитания зависит будущее страны.

В СССР при ВНИГПЭ был Отдел открытий. Худо-бедно, но он выполнял свою функцию. В РФ закрыли этот отдел. Вместо него РАН создала безответственную «Комиссию по борьбе...». Почему бы не упразднить эту Комиссию за ненужностью? Ведь можно создать Отдел по регистрации новых гипотез и экспериментально открытых неизвестных явлений при РАН. Есть Интернет, где возможно широкое обсуждение, на основе которого Комиссия Отдела будет выносить свое решение. Это важно по двум причинам. Во-первых, моральная поддержка авторов и научное обсуждение результатов. Во вторых, утверждение Государственного приоритета того или иного открытия.

Вот, пожалуй, и все. А что дальше? Дальше удаление кулоновской калибровки из квантовых теорий, пересмотр планетарной модели атома, элиминация логически противоречивого «корпускулярно-волнового дуализма», ревизия КЭД и т.д. Математика как инструмент есть. Берем совковую лопату математики и чистим, чистим, чистим...

Список литературы:

1. М.В. Корнева, В.А. Кулигин, Г.А. Кулигина. «Ошибки, заблуждения и предрассудки в современной электродинамике», (<http://www.sciteclibrary.ru/texts/rus/stat/st4898.pdf>). 2012.
2. Ф. М. Канарёв "Продолжаешь верить или решил проверить?" Издательство КЭЦРО, Краснодар, 1992.
3. В. Wallace «Radar Testing of the Relative Velocity of Light in Space»? Spectroscopy Letters, 2(12), 1969).
4. О.И. Перова «Темные игры в физике». (<http://bourabai.ru/articles/dark-games.htm>)
5. А.А. Денисов «Мифы теории относительности», Вильнюс, ЛитНИИ НТИ, 1989.
6. <http://www.moscowuniversityclub.ru/services/messages.asp?forumId=0&topicId=4424>

Дополнительная литература

1. А. Сухотин. Парадоксы науки. М.: Молодая гвардия, 1980.
2. В. Карцев. Приключения великих уравнений. М.: Знание, 1986.
3. В.А. Кулигин, М.В. Корнева, Г.А. Кулигина. Анализ ошибок и заблуждений в современной электродинамике. [ISBN-13:978-3-659-32667-7; ISBN-10: 3659326674; EAN: 9783659326677]. LAP, Berlin. 2013.