

## МАКСВЕЛЛ И ФИЗИКА XX ВЕКА

Опубликована 8.10.2010, № 10576

© Воронков С.С.

доцент, к.т.н

Контакт с автором: [vorss60@yandex.ru](mailto:vorss60@yandex.ru)

### Аннотация

*Проведен анализ причин создания теории относительности и квантовой механики в начале XX века и показано, что основные элементы новой теории (новой парадигмы) содержатся в работах Дж.К. Максвелла.*

В последнее время появились критические работы, предлагающие отказаться от теории относительности и квантовой механики как от ложных теорий. Но известно, что эти теории математически точно описывают процессы при релятивистских скоростях, процессы на микроуровне. Поэтому, если мы хотим перестроить теорию, то должны сохранить эти положительные качества.

XX век стремительно удаляется от нас во времени и сегодня можно попытаться оценить его научные достижения и недостатки укрупненно, глядя из XXI века. Значительным достижением XX века является выход человека в космос, открытие ядерной энергии, создание компьютера и многое другое. Но в создании, разработке новых теорий (новых парадигм) XX век необходимо считать переходным между линейными и нелинейными моделями. Наука всегда развивалась от простого к сложному. Нельзя изучать что-то сложное, не поняв более простого. Основоположником линейного подхода в науке, линейного мировоззрения является Г. Галилей, который указывал [1]: «что для получения научных выводов из опыта необходимо устранить побочные обстоятельства, мешающие получить ответ на заданный природе вопрос. Надо уметь видеть в опыте главное и отвлекаться от несущественных для данного явления фактов». В эпоху Галилея, в эпоху схоластической науки, предложенные им методы исследования (методы упрощения, линеаризации), были революционны и прогрессивны, но в XX веке они начали давать сбои. XIX век также прошел под флагом линейных моделей в науке и у некоторых ученых, таких как В. Томсон – лорд Кельвин, сформировалось впечатление, что в физике все уже сделано, остались только мелкие отделочные штрихи. В XIX веке активно развивалась математическая физика. Были сформулированы и решены задачи теплопроводности, акустики, гидродинамики, электродинамики и др. Исследованы группы дифференциальных уравнений гиперболического, параболического, эллиптического типов. Но в целом в науке господствовал линейный подход, исследовались линейные модели, линейные уравнения, к которым применимы аналитические методы решения. Большинство полученных решений линейных дифференциальных уравнений давали прекрасное совпадение с реальностью. Это укрепляло уверенность в приемлемости такого подхода, и, по существу, он перешел на уровень интуитивного. Кризис в физике на рубеже XIX-XX вв., связанный с истолкованием опытов Майкельсона-Морли и излучения абсолютно-черного тела, – это обострившиеся противоречия между линейным мышлением и нелинейным миром. Специальная теория относительности [2], разработанная А. Эйнштейном как выход из этого кризиса, закрепила линейный подход в физике и тем самым еще более удалила ее от реальности. Согласно теории относительности, законы природы инвариантны относительно преобразований Лоренца. Но вся проблема заключается в том, что преобразования Лоренца сохраняют инва-

риантными лишь линейные уравнения. Линейные уравнения описывают мир в первом приближении. Для иллюстрации воспользуемся примером из механики жидкости и газа. В линейном приближении процессы в жидкостях и газах описываются уравнениями акустики. Но если среда подвижна и амплитуды изменения параметров существенны, мы вынуждены привлекать более точные уравнения: Эйлера, Навье-Стокса, Рейнольдса и другие, учитывающие различные нелинейные эффекты. Относительно преобразований Лоренца инвариантны лишь уравнения акустики. Но что интересно, решения более сложных уравнений (Эйлера, например), полученные без привлечений преобразований Лоренца, с точностью до произвольной постоянной совпадают с решениями, полученными из уравнений акустики с привлечением преобразований Лоренца [3]. Эта аналогия подсказывает нам путь дальнейшего развития теории. Необходимо отказаться от преобразований Лоренца и в уравнениях Максвелла учесть различные нелинейные эффекты.

В специальной теории относительности был найден единственно-верный формально-математический подход, который, беря за основу линейные уравнения для покоящихся сред и привлекая преобразования Лоренца, позволяет получить, в некоторых частных случаях, верные решения. Но недостатком такого подхода является утрата нелинейных членов в уравнениях. В СТО за основу берутся уравнения Максвелла для покоящихся сред. У Максвелла эти уравнения более общие и они содержат нелинейные члены.

Развитие теории пошло по пути формально-математического подхода, требующего от исследователей значительных интеллектуальных усилий, но часто не дающих положительного результата. Если критически анализировать подход Эйнштейна сегодня, то следует отметить, что он был положительным на тот период, снявшим на время существующие противоречия. Видимо, подход Эйнштейна был исторически обусловлен, так как в науке в тот период доминировало линейное мышление, господствовала линейная парадигма. Мир нелинеен, попытка описать нелинейный мир линейными уравнениями приводит к искажению реальных связей в природе. Это стало ясным в конце XX века благодаря развитию прикладных наук, таких, как теория колебаний и волн, гидродинамика, синергетика и др., благодаря развитию компьютерной техники, позволяющей решать и исследовать практически любые нелинейные задачи.

Специальная теория относительности привнесла в физику формально-математический подход, и квантовая механика вынуждена была идти этим путем. Шредингер свое знаменитое уравнение постулировал на основе вариационного принципа [4]. То есть Шредингер решил обратную задачу, по известным опытным данным спектров атомов он нашел уравнение, решения которого приводят к этим спектрам, и записал его относительно произвольной функции  $\psi$ . В первой своей работе о сущности функции  $\psi$  он пишет [4]: «Довольно естественно связывать функцию  $\psi$  с некоторым колебательным процессом в атоме...». В дальнейшем, по поводу интерпретации функции  $\psi$ , среди основателей квантовой механики, возникли серьезные разногласия. В настоящее время предпочтение отдается статистической интерпретации волновой функции, хотя сам Шредингер с этой интерпретацией так и не согласился. Многие основатели квантовой механики выступали против отказа от традиционных подходов в науке. Так в [5] отмечается: «Едва ли не большинство создателей квантовой механики – Планк и Эйнштейн, де Бройль и Шредингер, Гейзенберг и Дирак, – в разное время и в разной форме возражали против отхода от классических принципов». В качестве примера приведем известную беседу основателя квантовой механики М. Планка с А.Ф. Иоффе [6], занимающимся разработкой вопросов квантовой механики. «Мы столь многим обязаны Максвеллу, что было бы неблагодарным отказаться от его теории, – говорил он молодому А.Ф. Иоффе [6]. – Попробуйте, нельзя ли добиться таких же выводов, не порывая с Максвеллом».

Шредингер надеялся вывести свое уравнение из классических уравнений электродинамики, но это ему не удалось сделать. Так, в [7] он пишет: «Есть даже некоторая надежда на то, что после этого волновое уравнение для  $\psi$  точно так же может быть получено в качестве

следствия уравнений Максвелла-Лоренца, а именно как уравнение непрерывности электричества». Естественно, следуя Шредингеру, было бы попытаться вывести уравнение Шредингера из уравнений Максвелла. Но физика XX века так вопрос не ставила, довольствуясь формально-математическим подходом.

В конце XX века произошло осознание сложности, непредсказуемости реального мира, его нелинейности. Произошла смена парадигмы науки. Прежняя парадигма, в основе которой лежали идеи специальной теории относительности и квантовой механики, исчерпала свои положительные возможности. Новая парадигма – есть парадигма нелинейности. В качестве философской основы новой парадигмы выступает принцип единства мира, согласно которому, во-первых, мир материален и в любой части мира структурные единицы материи одинаковы, и, во-вторых, в мире существует всеобщая связь вещей и процессов. Мир един и взаимосвязан, и, следовательно, теория, описывающая этот мир, также должна быть единой.

Каким образом, в каком виде в теории должно выражаться единство мира, единство природы? Природа, естественный мир, существует сама по себе, независимо от человека и в ней нет разделений на дисциплины, области знаний, такие как классическая механика, квантовая механика, релятивистская механика, электродинамика и др. Эти разделения при изучении природы создал человек. Поэтому естественно ожидать, что существуют общие уравнения, описывающие все процессы в природе, а уравнения классической, квантовой, релятивистской механики, электродинамики являются частными, предельными случаями этих общих уравнений. Эти уравнения приводятся в [8] и я назвал их уравнениями динамики вакуума. Они представляют собой нелинейное обобщение уравнений электродинамики Максвелла для вакуума, дополненные уравнением непрерывности и формулой для скорости света. В этой статье я не буду выписывать все уравнения, что бы ни загромождать изложение. Желющие могут познакомиться с ними в моих работах. Здесь мы рассмотрим те идеи, которые привели к уравнениям динамики вакуума. Эти идеи содержатся в работах Дж. К. Максвелла. Вначале перечислим эти идеи и затем кратко их рассмотрим:

1. Признание мировой среды.
2. Электричество.
3. Ток смещения.
4. Физическое строение эфира.
5. Векторный потенциал.
6. Электрический заряд.
7. Форма записи уравнений Максвелла и нелинейные члены.

## 1. Признание мировой среды

Не случайно два труда двух великих ученых Ньютона [9] и Максвелла [10] заканчиваются размышлениями о мировой среде. Вот что пишет Максвелл: «Следовательно, все эти теории ведут к понятию среды, в которой имеет место распространение, и если мы примем эту среду как гипотезу, я думаю, она должна занять выдающееся место в наших исследованиях и следует попытаться построить мысленное представление ее действия во всех подробностях; это и являлось моей постоянной целью в настоящем трактате». В XX веке Эйнштейн [2] отказался от «светоносного эфира», что лишило физику материальной основы. Максвелл в разных местах своих работ называет мировую среду по-разному: «так называемый вакуум», эфир, электромагнитная среда. Подчеркнем: электромагнитная среда, а не электромагнитное поле – как в физике XX века. Под электромагнитной средой Максвелл понимает среду, в которой происходят все электромагнитные процессы. В XX веке эту среду проигнорировали и ввели понятие электромагнитное поле [11]: «особая форма материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между электрически заряженными частицами». Здесь появляется замкнутый логический круг, из которого физика XX века так и не смогла вырваться. Электромагнитное поле определяют как особую форму материи, посредством которой осу-

ществляется взаимодействие между электрически заряженными частицами, а электрический заряд определяют как источник электромагнитного поля.

## 2. Электричество

Что понимается под электричеством в работах Максвелла? Вот что пишет Максвелл [10]: «Возведя электричество, как мы это сделали, в ранг физической величины, не следует слишком спешить с утверждением, что оно является или не является веществом, или же что оно является или не является формой энергии, или же что оно относится к какой-либо известной категории физических величин». И далее: «Но есть еще одно соображение, оправдывающее наше утверждение, что электричество как физическая величина, равнозначная полной электризации тела, не является, подобно теплоте, формой энергии. Наэлектризованная система обладает определенной величиной энергии, и эта энергия может быть найдена умножением количества электричества в каждой части системы на другую физическую величину, называемую Потенциалом этой части системы, и вычислением полусуммы этих произведений. Величины «Количество электричества» и «Потенциал» будучи перемноженными друг на друга, образуют величину «энергия». Поэтому невозможно, чтобы электричество и энергия были величинами одного типа, так как электричество – лишь один из факторов, определяющих энергию; другим фактором является «Потенциал».

Энергия, являющаяся произведением этих факторов, может рассматриваться также как произведение различных других пар величин, таких как

(сила)×(расстояние, на котором действует сила),  
(масса)×(действие тяготения на определенном перепаде высот),  
(масса)×(половина квадрата скорости),  
(давление)×(объем жидкости, вводимый в сосуд при этом давлении),  
(химическое сродство)×(химическое изменение, измеряемое числом электрохимических эквивалентов, входящих в соединение).

Если бы нам удалось получить ясное механическое представление о природе электрического потенциала, то в сочетании с представлением об энергии это позволило бы нам определить ту физическую категорию, к которой следует отнести «Электричество».

В XX веке для количества электричества в системе СИ используется единица измерения [Кл] – Кулон, для измерения электрического потенциала используется единица измерения [В] – Вольт. Но Максвелл пытался получить механическое представление о природе электрического потенциала. В природе не существует различий между механическими и электрическими величинами, эти различия создал человек.

## 3. Ток смещения

Важной отличительной особенностью теории Максвелла является введение в уравнения электродинамики электрического смещения и тока смещения. «Если электродвижущая сила воздействует на проводящую среду, – пишет Максвелл [10], – она вызывает в ней ток, если же среда не проводящая или диэлектрическая, то ток не может длительно по ней течь, но электричество смещается в среде в направлении электродвижущей напряженности, причем величина этого смещения зависит от величины напряженности, так что при увеличении или уменьшении электродвижущей напряженности в том же отношении увеличивается или уменьшается электрическое смещение. Изменение электрического смещения, очевидно, представляет собой электрический ток. Однако этот ток может существовать лишь пока меняется смещение, а так как смещение не может превосходить определенного значения, не вызывая пробоя, то ток не может идти неограниченно долго в одном направлении, подобно току проводимости». Далее Максвелл отмечает: «Чем бы ни являлось электричество, и что

бы мы ни понимали под движением электричества явление, называемое электрическим смещением, представляет собой движение электричества в том же смысле, в каком и перенос определенного количества электричества по проволоке является движением электричества. Единственное отличие заключается в том, что в диэлектрике имеется сила, называемая нами электрической упругостью, действующая против электрического смещения и заставляющая электричество возвращаться назад при устранении электродвижущей силы, тогда как в проводниках эта электрическая упругость непрерывно преодолевается, так что устанавливается истинный ток проводимости и сопротивление зависит не от полного количества электричества, смещенного со своего положения равновесия, а от количества электричества, пересекающего сечение проводника в заданное время». Таким образом, по Максвеллу ток проводимости отличается от тока смещения лишь тем, что в диэлектриках имеется «электрическая упругость», действующая против электрического смещения.

Из рассуждений Максвелла вытекает, что принципиальных различий между электричеством в проводнике и электричеством в диэлектрике – вакууме, нет. Различие заключается в их состоянии. В проводнике электричество под действием электрической напряженности перемещается, в то время как в диэлектрике электричество подвержено действию электрической упругости и может только смещаться. Но раз электрический ток в проводниках представляет собой движение электронов, то не является ли электрическое смещение в вакууме смещением тех же электронов?

Введение электрического смещения и тока смещения в уравнения Максвелла позволило описать электромагнитные волны. Свет также представляет собой электромагнитные волны, распространяющиеся на огромные расстояния от звезд, галактик, метagalactic. Следовательно, по Максвеллу все пространство заполнено средой, в которой происходят электрические смещения.

В физике XX века вектор электрического смещения  $\mathbf{D}$ , который в уравнениях Максвелла играет фундаментальную роль, получил новое название – электрическая индукция. Понятие электрическое смещение не вписывается в физику XX века, и было переименовано.

#### 4. Физическое строение эфира

Вопрос о строении эфира Максвелл рассматривает в статье [12]: «Каково строение эфира? Молекулярное оно или эфир непрерывен? Мы знаем, что эфир передает поперечные колебания на весьма большие расстояния без чувствительной потери энергии путем рассеяния. Молекулярная среда, движущаяся при условии, что группа соседних друг другу молекул остается группой соседних друг другу молекул и во все время движения, способна передавать колебания без большого рассеяния энергии, но если движение таково, что группы молекул не просто слегка изменяются в конфигурации, но совершенно разбиваются, так что составляющие их молекулы переходят в новые типы группировок, то при переходе от одного типа группировок к другому энергия правильных колебаний рассеивается в энергию хаотических движений, которую мы называем теплотой. Следовательно, нельзя допустить, что строение эфира подобно строению газа, в котором молекулы находятся всегда в состоянии хаотического движения, ибо в такой среде поперечное колебание на протяжении одной длины волны ослабляется до величины менее чем одна пятисотая начальной амплитуды. Если эфир имеет молекулярное строение, то группировка молекул должна сохранять один и тот же тип и конфигурация групп должна только слегка изменяться во время движения».

В конце XIX века было установлено, что «молекулой» электричества является электрон. Как показал Максвелл, принципиальных различий между электричеством в проводнике и электричеством в диэлектрике – вакууме, нет. Различие заключается в их состоянии. В проводнике электричество под действием электрической напряженности перемещается, в то время как в диэлектрике электричество подвержено действию электрической упругости и может только смещаться. Но раз электрический ток в проводниках представляет собой дви-

жение электронов, то не является ли электрическое смещение в вакууме смещением тех же электронов?

Из вышеприведенных рассуждений Максвелла следует, что мировая среда – эфир состоит из электронов, в которой электроны сохраняют ближний порядок, то есть это действительно сплошная непрерывная среда, плотность которой равна плотности электрона

$$\eta = \frac{m_e}{V_e}, \quad (1)$$

где  $m_e = 0,911 \cdot 10^{-30}$  кг – масса электрона,  $V_e$  – объем электрона.

В XX веке идею о том, что вакуум состоит из электронов, высказал Дирак [13]. «Я попытаюсь, – пишет Дирак, – описать новое представление о физическом вакууме. Согласно этим новым представлениям, вакуум не является пустотой, в которой ничего не находится. Он заполнен колоссальным количеством электронов, находящихся в состоянии с отрицательной энергией, которое можно рассматривать как некий океан».

## 5. Векторный потенциал

Максвелл при записи уравнений электродинамики широко использовал векторный  $\mathbf{A}$  и скалярный  $\phi$  потенциалы [10]. В разных местах трактата [10] Максвелл называет векторный потенциал  $\mathbf{A}$  электромагнитным импульсом в точке, надо полагать, по аналогии с механическим импульсом. Но окончательно физический смысл векторного и скалярного потенциалов в XX веке так и не был установлен, что предстоит еще сделать.

Максвелл магнитную индукцию  $\mathbf{B}$  определял через векторный потенциал  $\mathbf{A}$  [10]

$$\mathbf{B} = \text{rot } \mathbf{A}, \quad (2)$$

где  $\mathbf{A}$  – векторный потенциал.

Анализируя природу магнетизма, Максвелл приходит к следующему выводу [10]: «Я думаю, что у нас есть хорошие основания полагать, что какое-то явление вращения имеет место в магнитном поле; в этом вращении участвует большое число очень маленьких порций вещества, вращающихся каждая вокруг своей собственной оси, причем эта ось параллельна направлению магнитной силы, и вращения этих вихрей зависят одно от другого, будучи связаны посредством некоторого механизма».

Количественно вращение в сплошной подвижной среде определяется циркуляцией скорости  $\text{rot } \mathbf{V}$ . Связывая магнитную индукцию  $\mathbf{B}$  с вращением в физическом вакууме, примем, что

$$\mathbf{B} = \text{rot}(\eta \cdot \mathbf{V}), \quad (3)$$

где  $\eta$  – коэффициент,  $\mathbf{V}$  – скорость физического вакуума.

Из сравнения (2) и (3) видно, что для векторного потенциала мы принимаем

$$\mathbf{A} = \eta \cdot \mathbf{V}. \quad (4)$$

Что представляет собой коэффициент  $\eta$  в выражении (4)?

Выпишем уравнение Максвелла для напряженности  $\mathbf{E}$  электрического поля в виде

$$\mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t}. \quad (5)$$

Найдем силу  $\mathbf{F}$ , действующую на электрон в электрическом поле, подставляя (4) в (5) и учитывая, что заряд электрона постоянный и отрицательный

$$\mathbf{F} = -e \cdot \mathbf{E} = \frac{\partial(e \cdot \eta \cdot \mathbf{V})}{\partial t}, \quad (6)$$

где  $e$  – заряд электрона.

С другой стороны, сила, действующая на электрон массой  $m_e$ , определится по второму закону Ньютона

$$\mathbf{F} = \frac{\partial(m_e \cdot \mathbf{V})}{\partial t}. \quad (7)$$

Сравнивая (6) и (7), найдем выражение для коэффициента  $\eta$

$$\eta = \frac{m_e}{e}. \quad (8)$$

Векторный потенциал, являющийся в физике XX века вспомогательной величиной, в концепции Максвелла играл фундаментальную роль. Максвелл называет этот вектор электромагнитным импульсом в точке по аналогии с механическим импульсом. Действительно, принятое нами выражение для векторного потенциала (4) с учетом (8)

$$\mathbf{A} = \frac{m_e}{e} \cdot \mathbf{V} \quad (9)$$

фактически является механическим импульсом электрона, отнесенным к его электрическому заряду  $e$ .

## 6. Электрический заряд

Максвелл считал заряд элементарной частицы понятием вспомогательным, временным. Так в [10] он отмечает: «...теория молекулярных зарядов может рассматриваться как некоторый метод, помогающий нам запомнить множество фактов, относящихся к электролизу. Однако кажется крайне невероятным, что мы сохраним в какой-либо форме теорию молекулярных зарядов после того, как придём к пониманию истинной природы электролиза, ибо тогда у нас будут надёжные основания, на которых можно построить верную теорию электрических токов и тем самым избавиться от этих предварительных теорий».

Что понимается под электрическим зарядом в физике XX века? Электрический заряд, это [11]: «источник электромагнитного поля, связанный с материальным носителем; внутренняя характеристика элементарной частицы. Электрический заряд дискретен: существует минимальный элементарный электрический заряд, которому кратны все электрические заряды частиц и тел». Отрицательным элементарным электрическим зарядом обладает электрон  $e = 1,6021892(46) \cdot 10^{-19}$  Кл. Электрический заряд элементарной частицы возведен в ранг физического свойства. Но что это за свойство, которое может изменять свой знак? У Максвелла по этому поводу есть интересное рассуждение [12]: «Между физическими величинами есть такие, которые способны изменять свой знак, и есть такие, которые не могут изменять знака. Так, перемещение в одну сторону совершенно противоположно равному перемещению в обратную сторону. Такие величины служат мерами не вещества, а всегда процессов, имеющих место в веществе». И первоначально под зарядом тела понималось то, что оно получало в

процессе заряджания. По Франклину [1], электричество, которое получается путем увеличения количества электрической материи в теле, называется положительным, а то, которое получается путем ее уменьшения, отрицательным. Но, перенеся свойство, способность макротел быть заряженными на элементарные частицы, мы не добавили ясности, а только все усложнили. Эта проблема точно подмечена в работах Шаляпина [14]: «Нетрудно заметить, что при введении терминов "электрическая жидкость" и "заряд" в отношении электрона и других микрочастиц появляется явное как логическое, так и семантическое противоречие, поскольку макроскопическое свойство многих тел, а именно, способность "заряжаться" были перенесены на отдельный электрон. При этом "заряд" приобрел некую реальность вне зависимости от материальных объектов. Получается так, что любое тело, а в равной степени и электрон можно зарядить "зарядом". Здесь явно просматривается неверное использование русского языка, поскольку зарядить материальный объект можно чем угодно, но только не зарядом».

Необходимо ответить на вопрос: почему электрический заряд дискретен и имеет минимальное значение? Ответ вытекает из наших вышеприведенных рассуждений: мировая среда – эфир, физический вакуум состоит из электронов. При заряджании тел, при добавлении в тело, например, одного электрона вокруг тела изменяется электрическое поле (напряженность, электрический потенциал), то есть вокруг тела, по Максвеллу, возникают напряжения в мировой среде. Причиной напряжений являются изменившиеся параметры мировой среды внутри тела: объема, удельного объема, плотности. Дискретность заряда обусловлена конечным объемом электрона, то есть заряд электрона пропорционален его объему.

Сравнивая (1) и (8) найдём соотношение между зарядом и объёмом электрона

$$e_{\text{Кл}} = V_e m^3, \quad (10)$$

то есть заряд в 1 Кл соответствует объёму мировой среды [8]

$$k_Q = \frac{V_e}{e} = \frac{3,76 \cdot 10^{-47}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 2,35 \cdot 10^{-28} \text{ м}^3 / \text{Кл}. \quad (11)$$

Аналогия между электродинамикой и гидродинамикой подсказывает, что постоянный электрический ток в проводнике тождествен объёмному расходу мировой среды через этот проводник. Действительно, зная заряд  $Q$ , прошедший через сечение проводника площадью  $S$ , с учетом (11), объем мировой среды  $V$  определится

$$V = k_Q \cdot Q. \quad (12)$$

Рассматривая заряд  $Q$ , прошедший через сечение проводника в единицу времени, получим

$$\bar{V} = k_Q I, \quad (13)$$

где  $I$  – сила тока,  $\bar{V}$  – объёмный расход мировой среды.

Для удельных величин, отнесенных к площади  $S$  сечения проводника, учитывая, что принятое направление тока [15] противоположно направлению движения электронов, в общем случае будем иметь

$$\mathbf{V} = -k_Q \cdot \mathbf{j}, \quad (14)$$

где  $\mathbf{V}$  – среднерасходная скорость мировой среды в проводнике,  $\mathbf{j}$  – плотность тока.

Рассмотрим, что представляет собой объёмная плотность электрического заряда. По определению



$$d\rho = \frac{dQ}{V} = \frac{dV}{k_Q \cdot V} = \frac{dv}{k_Q \cdot v} = -\frac{d\eta}{k_Q \cdot \eta}. \quad (15)$$

Здесь  $\rho$  – объемная плотность электрического заряда,  $Q$  – заряд,  $V$ ,  $v$ ,  $\eta$  – объем, удельный объем, плотность мировой среды соответственно.

Из (15) следует, что заряд связан с изменением объема и, соответственно, плотности мировой среды.

В чем заключается природа, сущность отрицательного и положительного зарядов? Избыток электронов внутри тела приводит к увеличению плотности мировой среды, что соответствует отрицательному заряду. Недостаток электронов внутри тела приводит к уменьшению плотности мировой среды, что соответствует положительному заряду.

Из наших рассуждений вытекает, что мировая среда – сжимаема. Действительно, выпишем уравнение непрерывности для токов проводимости [10]

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div} \mathbf{j} = 0. \quad (16)$$

С учетом (14) и (15) уравнение (16) перепишется

$$-\frac{1}{k_Q \cdot \eta} \frac{\partial \eta}{\partial t} - \frac{1}{k_Q} \operatorname{div} \mathbf{V} = 0, \quad (17)$$

или

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \eta \cdot \operatorname{div} \mathbf{V} = 0. \quad (18)$$

Учитывая, что мировая среда подвижна (в ней возможно электрическое смещение и вращение, в проводниках – поступательное движение), используя переменные Эйлера, заменим в (18) частную производную - полной. Окончательно получим уравнение

$$\frac{d\eta}{dt} + \eta \cdot \operatorname{div} \mathbf{V} = 0, \quad (19)$$

представляющее собой уравнение непрерывности для мировой среды.

Уравнение непрерывности является одним из основных уравнений, описывающих динамические процессы в мировой среде – физическом вакууме.

Полученный коэффициент  $k_Q$ , выражение (11), устанавливающий соотношение между зарядом и объемом электрона позволяет пересчитать все электрические величины в механические единицы измерения. Так, например, найдем, чему соответствует электрический потенциал  $\phi$ , выраженный в Вольтах, в механических единицах измерения

$$[\phi] = [V] = \left[ \frac{\text{Вт}}{\text{А}} \right] = \left[ \frac{\text{Дж/с}}{\text{Кл/с}} \right] = \left[ \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} \right] = \frac{1}{k_Q} \left[ \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{м}^3} \right] = \frac{1}{k_Q} \left[ \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \right] = \frac{1}{k_Q} [\text{Па}] \quad (20)$$

Соотношение (20) устанавливает связь между потенциалом, выраженным в Вольтах, и механическим напряжением, выраженным в Паскалях.

## 7. Форма записи уравнений Максвелла и нелинейные члены

Максвелл при записи уравнений электродинамики широко использовал векторный  $\mathbf{A}$  и скалярный  $\phi$  потенциалы [10]. Более широкое признание получила форма записи уравнений электродинамики в переменных напряженностей  $\mathbf{E}$  и  $\mathbf{H}$ , данная Герцем и Хевисайдом. Векторный и скалярный потенциалы в физике XX века рассматриваются как вспомогательные математические потенциалы, облегчающие решение системы дифференциальных уравнений.

В теории относительности за основу берутся уравнения Максвелла для покоящихся сред. У Максвелла эти уравнения более общие, и они содержат нелинейные члены. Так уравнение для напряженности электрического поля у Максвелла в современных обозначениях выглядит [10]

$$\mathbf{E} = \frac{1}{c} \cdot \mathbf{V} \times \mathbf{B} - \frac{1}{c} \cdot \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} - \text{grad } \phi, \quad (21)$$

$$\mathbf{B} = \text{rot } \mathbf{A}, \quad (22)$$

где:  $\mathbf{E}$  – напряженность электрического поля;  $\mathbf{B}$  – магнитная индукция;  $\mathbf{V}$  – скорость контура или системы отсчета;  $c$  – скорость света в вакууме;  $\mathbf{A}$  – векторный потенциал;  $\phi$  – скалярный потенциал.

Первый член в правой части уравнения (21), по существу, представляет конвективную производную от векторного потенциала и является нелинейным членом.

Необходимо вернуться к форме записи уравнений электродинамики, используемой самим Максвеллом относительно векторного и скалярного потенциалов с учетом нелинейных членов в уравнениях.

### Выводы:

- В конце XX века произошло осознание сложности, непредсказуемости реального мира, его нелинейности. Произошла смена парадигмы науки. Прежняя парадигма, в основе которой лежали идеи специальной теории относительности и квантовой механики, исчерпала свои положительные возможности. Новая парадигма – есть парадигма нелинейности.
- Показано, что основные элементы новой парадигмы содержатся в работах Дж. К. Максвелла.

### Литература

1. Кудрявцев П.С. Курс истории физики. – М.: Просвещение, 1982. – 448 с.
2. Эйнштейн А. К электродинамике движущихся тел. – Собрание научных трудов, т. 1. – М.: Наука, 1965, с. 7-35.
3. Воронков С.С. Электродинамика Максвелла как единая теория поля. – Псков: Пск. политехн. ин-т, 1999. – 100 с. Электронный вариант работы представлен на сайте: <http://vorss60.narod.ru>
4. Шредингер Э. Квантование как задача о собственных значениях. Первое сообщение. – Избранные труды по квантовой механике. – М.: Наука, 1976, с. 9-20.
5. Власов А. Д. Атом Шредингера. – УФН, 1993, N 2, с. 97-104.
6. Планк М. Единство физической картины мира. Сборник статей. – М.: Наука, 1966. – 287 с.
7. Шредингер Э. Об отношении квантовой механики Гейзенберга – Борна – Иордана к моей. – Избранные труды по квантовой механике. – М.: Наука, 1976, с. 56-74.

8. Воронков С.С. Общая динамика. – Псков: Квадрант, 2008. – 155 с. Электронный вариант работы представлен на сайте: <http://vorss60.narod.ru>
9. Ньютон И. Математические начала натуральной философии. – М.: Наука, 1989. – 688 с.
10. Максвелл Дж. К. Трактат об электричестве и магнетизме. В двух томах, т. I, II. – М.: Наука, 1989.
11. Физический энциклопедический словарь. М.: Сов. энциклопедия, 1984. – 994 с.
12. Максвелл Дж. К. Эфир. С. 195-209. В сборнике «Речи и статьи». – М. – Л.: Изд-во техн.-теор. л-ры, 1940. – 227 с.
13. Дирак П. Электроны и вакуум. – М.: Знание, 1957. – 15 с.
14. Шаляпин А.Л. Наиболее типичные ошибки в современной физике, 2008. Электронный вариант работы представлен на сайте: [http://lit.lib.ru/s/shaljapin\\_a\\_l/text\\_0020.shtml](http://lit.lib.ru/s/shaljapin_a_l/text_0020.shtml)
15. Кухлинг Х. Справочник по физике. – М.: Мир, 1982. – 520 с.