

## ПОЛЕМИКА. ЛЮДИ. СОБЫТИЯ

### POLEMIC. PEOPLE. EVENTS

УДК 53  
ББК 22.3г

*Лидия Александровна Бордонская,*  
доктор педагогических наук, профессор,  
Забайкальский государственный университет,  
672039, г. Чита, ул. Александро-Заводская, 30,  
e-mail: gsbord@chitaonline.ru

*Светлана Станиславовна Серебрякова,*  
кандидат педагогических наук, доцент,  
Забайкальский государственный университет,  
672039, г. Чита, ул. Александро-Заводская, 30,  
e-mail: ssszspu@rambler.ru

#### К 150-летию создания Джеймсом Клерком Максвеллом теории электромагнитного поля

*Lydia Aleksandrovna Bordonskaya,*  
Doctor of Pedagogy, Professor,  
Transbaikal State University,  
30, Aleksandro-Zavodskaya St., Chita, Russia, 672039,  
e-mail: gsbord@chitaonline.ru

*Svetlana Stanislavovna Serebryakova,*  
Candidate of Pedagogy, Associate Professor,  
Transbaikal State University,  
30, Aleksandro-Zavodskaya Str., Chita, Russia, 672039,  
e-mail: ssszspu@rambler.ru

#### On the 150th Anniversary of James Clerk Maxwell's Theory of Electromagnetic Field

*«В истории человечества (если посмотреть на нее, скажем, через десять тысяч лет) самым значительным событием XIX столетия несомненно будет открытие Максвеллом законов электродинамики. На фоне этого важного научного открытия гражданская война в Америке в том же десятилетии будет выглядеть мелким провинциальным происшествием» [11, с. 27].*

2015 год по инициативе Генеральной Ассамблеи ООН объявлен Международным годом света и световых технологий, поскольку 2015 год является юбилейным для ряда важных вех в истории о свете. Одним из таких событий является создание в 1865 году (150 лет назад) Джеймсом Клерком Максвеллом электромагнитной теории распространения света.

Введение понятия поля как физической реальности было кардинальным шагом в развитии физики. Дж. Кл. Максвелл сумел объединить и единым образом — системой уравнений — описать бывшие до этого разрозненными электрические и магнитные явления, объединить электромагнитные и световые явления (Схема 1).



Схема 1. Теория электромагнитного поля

Создание теории электромагнитного поля было обеспечено бурным развитием электродинамики. По образному выражению И.Я. Дорфмана [3], в начале XIX с изобретения источника постоянного тока А. Вольта (1799) пошла «цепная реакция открытий»: 1820 г. — открытия Х. К. Эрстеда, А. М. Ампера, Ж. Б. Био и Ф. Савара. 1821 г. — открытие термоэлектричества (Т. И. Зеебек). 1826 г. — установление Г. Омом законов постоянного тока. 1831 г. — открытие явления электромагнитной индукции (М. Фарадей). 1832 г. — открытие явления самоиндукции (М. Фарадей, Д. Генри). 1834 г. — определение направления индукционных токов (Э. Х. Ленц) и т. д.

К моменту начала исследований Дж. Кл. Максвелла (к середине XIX века) физика электрических и магнитных явлений достигла «определенного завершения». С одной стороны, теоретические представления развились в стройную концепцию, основанную на принципе дальнего действия. С другой стороны, была ещё концепция силовых линий поля М. Фарадея (1791–1867), основанная на принципе ближнего действия. Дж. Кл. Максвелл в силовых линиях Фарадея увидел новый физический объект — поле.

Теория электромагнитного поля Дж. Кл. Максвелла отражена в основном в трёх его главных статьях. Эти статьи, по мнению исследователей творчества Максвелла [9, 12 и др.], обнаруживают постепенное развитие мыслей великого учёного об единстве электромагнитных и оптических явлений.

Первым шагом в решении поставленных задач была работа *«О фарадеевых силовых линиях» (1855–1856)*, которая представляет собой математическое обобщение исследований и идей М. Фарадея. Следует отметить, что Дж. Кл. Максвелл при выводе своих уравнений воспользовался гидродинамической аналогией: он пытается найти единые уравнения, моделирующие электродинамические величины движением несжимаемой жидкости [12]. В данной работе Дж. Кл. Максвелл впервые записывает в координатной форме уравнения поля, но только для случая электростатики и магнетизма, т. е. без тока смещения. Ток смещения — это следующий шаг учёного.

Вторая работа Дж. Кл. Максвелла *«О физических силовых линиях» (1861–1862)* — центральная в создании теории электромагнитного поля. В ней вводится понятие тока смещения как тока, обусловленного поляризацией молекул среды под действием электрического поля, представляется система уравнений для электромагнитного поля, рассматривается вопрос взаимосвязи между оптическими и электромагнитными явлениями.

Введение тока смещения было важнейшим достижением теории электромагнитного поля Максвелла и «теоретическим открытием первостепенной важности». Максвелл записывает выражение для плотности тока смещения (зависимость его величины от скорости изменения электрического поля); получает выражение для магнитного поля полного тока — зависимость величины магнитного поля от плотности тока проводимости (скорости движения зарядов) и плотности тока смещения (скорости изменения электрического поля), что оказывается совместимым с уравнением непрерывности.

Касаясь вопроса связи между оптическими и электромагнитными явлениями, Максвелл определённо не утверждает, что распространяющиеся электромагнитные возмущения и есть свет. Он ограничивается только выводом, что в описанной им среде могут распространяться поперечные волны и скорость их распространения равна скорости света.

В работе *«Динамическая теория электромагнитного поля» (1865)* Дж. Кл. Максвелл освобождает математические результаты от «механических деталей» и выводит теорию из уравнений без каких-либо ссылок на модель.

В ней заложены основы теории электромагнитного поля, дано понятие «электромагнитное поле». «Электромагнитное поле — это та часть пространства, которая содержит в себе и окружает тела, находящиеся в электрическом или магнитном состоянии» [10, с. 253].

Идея тока смещения — центральная идея теории электромагнитного поля Максвелла. С использованием понятия тока смещения Дж. Кл. Максвелл даёт полную систему уравнений — знаменитую электродинамическую систему уравнений, в которой нашло отражение всё то, что было тогда известно из теории электромагнетизма.

Заключительная часть работы посвящена электромагнитной теории света. Анализ уравнений позволил Максвеллу установить, что должны существовать импульсы или волны, которые свободно распространяются в пространстве. Комбинируя уравнения электромагнитного поля, Максвелл получает волновое уравнение для вектора магнитной индукции, а из него следует существование электромагнитных волн, распространяющихся в простран-

стве с некоторой скоростью. Электродинамика практически была построена. Окончательно она была оформлена в знаменитом двухтомном «Трактате об электричестве и магнетизме».



Схема 2. Утверждение, дальнейшее развитие и распространение теории Максвелла

«Трактат об электричестве и магнетизме» (1873) – это фундаментальная работа, в которой Дж. Кл. Максвелл подводит итог исследованиям по электричеству и магнетизму, излагает теорию электрических и магнитных явлений на основе представлений об электромагнитном поле и делает ряд существенных добавлений. Подробно в «Трактате» Максвелл излагает вопросы электромагнитной теории света. Он показывает, что электрические и магнитные волны должны быть поляризованы во взаимно перпендикулярных плоскостях, а свет должен оказывать давление. Получая и исследуя далее волновое уравнение, учёный вновь приходит к выводу, что скорость света определяется электрической и магнитной постоянными среды.

Новым интересным вопросом, исследованным Дж. Кл. Максвеллом, был вопрос о давлении света. Рассматривая процесс распространения электромагнитных волн в веществе, он показывает, что волны должны оказывать на вещество давление и указывает на возможность проверки этого теоретического вывода на эксперименте. Учёный подсчитывает и величину этого давления.

Теория электромагнитного поля прошла сложный путь утверждения, дальнейшего развития и распространения, связанный с именами экспериментаторов и теоретиков разных

стран, с новыми открытиями в области физики, с широким спектром практических приложений (Схема 2).

Успехи теории электромагнитного поля в единообразном объяснении известных явлений и в предсказании новых идей привели к тому, что электродинамика к концу XIX века стала ведущей отраслью физического знания и возникли новые представления о мире с точки зрения физической науки, новая картина мира — электромагнитная картина мира.

### Список литературы

1. Гернек Ф. Джеймс Клерк Максвелл. Новое учение об электромагнетизме и свете // Гернек Ф. Пионеры атомного века. М.: Прогресс, 1974. С. 37–53.
2. Джеймс Клерк Максвелл. Статьи и речи. М.: Наука, 1968. 422 с.
3. Дорфман Я. Г. Всемирная история физики (с начала XIX до середины XX вв.). М.: Наука, 1979. 317 с.
4. Дуков В.М. Электродинамика (история и методология макроскопической электродинамики). М.: Высшая школа, 1975. 248 с.
5. Зельдович Я. Б., Хлопов М.Ю. Пути электромагнитной теории // Квант. 1988. № 2. С. 2–8.
6. Карцев В. П. Приключения великих уравнений. М.: Знание, 1970. 320 с.
7. Карцев В. П. Максвелл. М.: Молодая гвардия, 1974. 336 с.
8. Кирсанов В. С. Достояние всего мира. К 150-летию со дня рождения Дж. К. Максвелла // Природа. 1981. № 6. С. 84–93.
9. Левин М. Л., Миллер М.А. Максвелловский «Трактат об электричестве и магнетизме» // Успехи физических наук. 1981. Т.135. В.3. С. 425–440.
10. Максвелл Дж. К. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля / пер. З. А. Цейтлина; под ред. П.С. Кудрявцева. М.: Гостехиздат, 1952. 688 с.
11. Фейнман Р. Лейтон Р. Сэндз М. Фейнмановские лекции по физике. Т. 5. М: Мир, 1966. 296 с.
12. Шапиро И. С. К истории открытия уравнений Максвелла // Успехи физических наук. 1972. Т. 108. Вып.2. С. 319–333.
13. Эйнштейн А. Влияние Максвелла на развитие представлений о физической реальности // Джеймс Клерк Максвелл. Статьи и речи. М.: Наука, 1968. С. 243–247.

### References

1. Gernek F. Dzheims Klerk Maksvell. Novoe uchenie ob elektromagnetizme i svete // Gernek F. Pionery atomnogo veka. M.: Progress, 1974. S. 37–53.
2. Dzheims Klerk Maksvell. Stat'i i rechi. M.: Nauka, 1968. 422 s.
3. Dorfman Ya. G. Vsemirnaya istoriya fiziki ( s nachala XIX do serediny XX vv.). M.: Nauka, 1979. 317 s.
4. Dukov V.M. Elektrodinamika (istoriya i metodologiya makroskopicheskoi elektrodinamiki). M.: Vysshaya shkola, 1975. 248 s.
5. Zel'dovich Ya. B., Khlopov M. Yu. Puti elektromagnitnoi teorii // Kvant. 1988. № 2. S. 2–8.

6. Kartsev V. P. Priklyucheniya velikikh uravnenii. M.: Znanie, 1970. 320 s.
7. Kartsev V. P. Maksvell. M.: Molodaya gvardiya, 1974. 336 s.
8. Kirsanov V. S. Dostoyanie vsego mira. K 150-letiyu so dnya rozhdeniya Dzh. K. Maksvella // Priroda. 1981. № 6. S. 84–93.
9. Levin M. L., Miller M.A. Maksvellovskii «Traktat ob elektrichestve i magnetizme» // Uspekhi fizicheskikh nauk. 1981. T.135. V.3. S. 425–440.
10. Maksvell Dzh. K. Izbrannyye sochineniya po teorii elektromagnitnogo polya / per. Z. A. Tseitlina; pod red. P.S. Kudryavtseva. M.: Gostekhizdat, 1952. 688 s.
11. Feinman R. Leiton R. Sendz M. Feinmanovskie lektsii po fizike. T. 5. M: Mir, 1966. 296 s.
12. Shapiro I. S. K istorii otkrytiya uravnenii Maksvella // Uspekhi fizicheskikh nauk. 1972. T. 108. Vyp.2. S. 319–333.
13. Einshtein A. Vliyanie Maksvella na razvitie predstavlenii o fizicheskoi real'nosti // Dzheims Klerk Maksvell. Stat'i i rechi. M.: Nauka, 1968. S. 243–247.

*Статья поступила в редакцию 18.05.2015*