

Густав Ми

**Курс электричества и
магнетизма**

Физика

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 53
ББК 22.3
Г96

Г96 **Густав Ми**
Курс электричества и магнетизма: Физика / Густав Ми – М.: Книга по Требо-
ванию, 2012. – 382 с.

ISBN 978-5-458-35003-7

В монографии изложены взгляды на природу электричества и магнетизма,
которые господствовали в физике того времени (начало XX века).

ISBN 978-5-458-35003-7

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2012

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2012

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

нельзя было, конечно, избѣжать нѣкоторой „предвзятости“, которая выражается въ группировкѣ фактовъ по опредѣленному плану и въ пользованіи опредѣленной терминологіей. Моя терминологія характеризуется тѣмъ, что я не боюсь употребленія словъ эфиръ или міровой эфиръ, и опредѣляю ученіе объ электричествѣ, какъ физику эфира или, *cum grano salis*, даже какъ механику эфира. Врядъ ли нужно говорить о томъ, что соотвѣтственно естественно-научному характеру этого учебника, свойства эфира предполагаются сначала совершенно неизвѣстными и постепенно выясняются читателю изъ экспериментальныхъ данныхъ. Такимъ образомъ, изложенію придана форма экспериментальнаго изученія физическихъ свойствъ эфира.

Прежде всего слѣдуетъ обратить особенное вниманіе на то обстоятельство, что понятія механики, если исключить весьма поучительныя, по моему мнѣнію, „аналогіи“, не должны быть прилагаемы къ эфиру; какъ это слѣдуетъ изъ опытныхъ данныхъ, эти понятія и не могутъ вообще къ нему прилагаться. Это — альфа и омега современныхъ взглядовъ на электромагнитныя явленія въ той формѣ, которую этимъ взглядамъ придалъ Лоренцъ. Постепенное развитіе нашего знанія постоянно все болѣе и болѣе стремится къ тому, чтобы разсматривать атомы и молекулы, какъ особенныя области эфира, а не эфиръ, какъ особый родъ матеріи. Иными словами — нашей цѣлью является сведеніе механики къ электромагнитнымъ явленіямъ и законамъ, а не сведеніе электромагнитизма къ механическимъ явленіямъ. Это я считаю труднѣйшимъ пунктомъ физики эфира. Ибо, во-первыхъ, насколько механическія явленія и законы намъ близки изъ ежедневнаго опыта, настолько же чужды всякому не-физику электромагнитныя явленія и ихъ законы, и, во-вторыхъ, становясь на эту точку зрѣнія, приходится ломать многовѣковую традицію физики, согласно которой всѣ явленія могутъ быть сведены къ явленіямъ механическимъ. Но эта ломка неизбежна; не наше усмотрѣніе, но факты, которые нынѣ даютъ экспериментальныя изслѣдованія, указываютъ намъ этотъ путь, а онъ рѣзко удаляетъ насъ отъ механистическаго міровоззрѣнія.

Еще одно обстоятельство сильно затрудняетъ общее пониманіе теоріи эфира. Эфиръ не матеріаленъ, такъ какъ подвижность, непроницаемость, короче, все то, на чемъ основывается изученіе матеріальныхъ тѣлъ, теряютъ для него всякій смыслъ. Онъ не только совершенно не осязаемъ, но вообще самъ по себѣ не воспринимаемъ.

Измѣненія состоянія матеріальныхъ тѣлъ мы воспринимаемъ потому, что вмѣстѣ съ ихъ состояніемъ измѣняются одновременно и всѣ ихъ физическія свойства; мы наблюдаемъ, напримѣръ, измѣненіе температуры по связанному съ нимъ измѣненію плотности и т. д. Для эѳира это не имѣетъ мѣста. Его физическія свойства абсолютно неизмѣнны и, въ силу этого, мы никогда не можемъ воспринять какого-либо измѣненія его состоянія. Я называю этотъ замѣчательный законъ „принципомъ наложенія (суперпозиціи)“. Изъ него слѣдуетъ, что всѣ явленія въ эѳирѣ могутъ быть изучаемы лишь по ихъ дѣйствіямъ на матеріальныя тѣла.

Эти особенности физики эѳира въ недавнее время дали поводъ многимъ физикамъ высказаться за упраздненіе самаго термина „эѳиръ“, такъ какъ слишкомъ уже вошло въ привычку соединять съ этимъ словомъ представленіе о чемъ-то матеріальномъ. Удобнѣе было бы вмѣсто термина „эѳиръ“ употреблять слова вакуумъ или пустота. Нельзя отрицать того, что такая терминологія до нѣкоторой степени оказывается подходящею и, во всякомъ случаѣ, исключаетъ всякія недоразумѣнія механическаго характера. Однако, она заставляетъ насъ думать, что мы имѣемъ дѣло съ чѣмъ-то совершенно лишеннымъ положительнаго содержанія, въ то время какъ относительно нематеріальной міровой субстанціи все-таки можно высказать нѣсколько весьма общихъ положительныхъ сужденій. Вся эта субстанція совершенно однообразна и неизмѣнна; ея поведеніе подчиняется весьма простымъ и яснымъ законамъ зависимости, которыя, повидимому, совершенно точно выражаются простыми математическими формулами уравненіями Максвелла. Въ этомъ заключается рѣзкое различіе между этой субстанціей и осязаемой матеріей, сложная и запутанная природа которой не можетъ быть точно математически описана. Но очевидная простота физическихъ свойствъ пустоты, я думаю, никакимъ словомъ не выражается такъ кратко и полно, какъ стариннымъ греческимъ названіемъ „эѳиръ“; и, если, изъ-за механистическихъ злоупотребленій послѣдняго времени, это названіе обезцѣнилось, то не слѣдуетъ его отвергать совершенно, но нужно попытаться вернуть ему его прежнее значеніе. Подобнымъ образомъ развѣ то, что мы въ электроннѣй теоріи мыслимъ подъ словомъ „атомъ“, не является рѣзко отличнымъ отъ упругихъ билліардныхъ шаровъ механистическаго періода?...

Теорія относительности въ той формѣ, которую ей придавъ

Минковскій (Minkowski), приводитъ къ заключенію, что физическій міръ собственно является четырехмѣрнымъ, и что существуетъ одна только форма воспріятія четырехъ измѣреній, — именно пространство - время. Но отсюда нельзя заключать, что понятіе пустого пространства само по себѣ, безъ четвертаго измѣренія времени, не будетъ имѣть никакого смысла. Наоборотъ, намъ часто приходится попрежнему пользоваться понятіемъ о трехмѣрныхъ тѣлахъ. До сихъ поръ, по крайней мѣрѣ, никто еще не пошелъ такъ далеко, чтобы утверждать, что понятіе объ атомѣ, по этой теоріи, лишено всякаго смысла. Но если мы должны мыслить атомы, то мы должны также мыслить и „пустоту“ между ними, принимающую участіе во всѣхъ физическихъ процессахъ въ мірѣ атомовъ, и въ которой атомы представляютъ лишь особенныя ея области. Если попытаться уяснить себѣ процессы, происходящіе въ электромагнитной волнѣ (съ ними читатель этой книги встрѣчается, напримѣръ, въ § 423) безъ представленія о пустотѣ или эфирѣ, то становится очевиднымъ, что безъ этого представленія обойтись нельзя.

Къ послѣдовательному изложенію современнаго ученія объ электричествѣ должно относиться также чисто электрическое опредѣленіе единицъ мѣръ. Отъ старой механистической эпохи мы унаслѣдовали тяжелый балластъ въ видѣ двухъ такъ называемыхъ абсолютныхъ системъ мѣръ, которыя пригодны только для затемненія существеннаго и затрудняютъ переходъ къ новой электромагнитной точкѣ зрѣнія. Притомъ въ практикѣ онѣ давно уже вышли изъ употребленія. Мы знаемъ, что электромагнитныя измѣренія мы не должны сводить на массу, длину и время, но что мы безусловно должны, кромѣ длины и времени, пользоваться двумя независимо другъ отъ друга опредѣляемыми электрическими основными единицами. Проще всего за эти единицы взять электрическій зарядъ и электрическое напряженіе. Естественной единицей заряда является эквивалентный зарядъ, къ измѣренію котораго сводится опредѣленіе кулона. Единица напряженія можетъ быть естественно связана съ тѣмъ свойствомъ іоновъ, что они обладаютъ опредѣленною упругостью растворенія въ водѣ. На этомъ основывается построеніе нормальнаго элемента и опредѣленіе вольта. Магнитныя измѣренія чрезвычайно просто могутъ быть приведены къ измѣреніямъ электрическимъ; при этомъ получаютъ объ магнитныя единицы число амперъ-витковъ и вольтъ-секунда. Практическая система единицъ не только

оказывается наиболѣе подходящей къ употребляемымъ въ дѣйствительности измѣрительнымъ методамъ, но она также прекрасно выясняетъ и теоретическія зависимости между измѣряемыми величинами. Насколько она превосходитъ искусственныя старыя системы мѣръ, выясняется, напримѣръ, при установленіи формулъ измѣреній производныхъ единицъ. Насколько эти формулы запутаны, непонятны и потому трудны для пользованія въ такъ называемыхъ абсолютныхъ системахъ мѣръ, настолько же ясны и просты онѣ въ практической системѣ, которую можно было бы также назвать естественной системой мѣръ. Чтобы установить связь съ единицами механики, достаточно замѣтить, что произведеніе вольтъ $\times$ кулонъ имѣетъ измѣреніе энергіи.

Такъ какъ предлагаемая книга имѣетъ характеръ элементарнаго введенія въ ученіе объ электричествѣ, то я мало вниманія обращалъ на то, какихъ авторовъ я цитировалъ. Главное вниманіе я обращалъ на то, чтобы возможно глубже ввести читателя въ область фактовъ, а имена авторовъ приводятся мною, до нѣкоторой степени, въ видѣ случайныхъ примѣровъ. Во многихъ случаяхъ авторы названы по ничтожнымъ поводамъ, тогда какъ въ нѣкоторыхъ болѣе важныхъ случаяхъ авторъ не упоминается. Вопросовъ о приоритетѣ я старался не касаться.

Густавъ Ми.

Грейфсвальдъ, 1910 г.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

Электростатика

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ОБЩІЯ СВОЙСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКАГО ПОЛЯ

ПРИЗНАКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКАГО ПОЛЯ.

1. Если мы приложимъ другъ къ другу два разнородныя тѣла (напримѣръ, руку и стеклянную пластинку) и потремъ ихъ одно о другое, чтобы получить возможно лучшее соприкосновеніе ихъ поверхностей, то, разъединивъ снова оба тѣла, мы, вообще говоря, обнаружимъ, что они приобрѣли свойство въ любомъ положеніи приводить окружающее ихъ пространство въ особое, опредѣленное состояніе. Если мы приблизимъ потертую рукою стеклянную пластинку къ легкимъ бумажнымъ обрѣзкамъ, кусочкамъ пробки и тому подобнымъ легкимъ предметамъ, лежащимъ на столѣ, то окажется, что эти легкія тѣла стремятся передвинуться къ стеклу, преодолевая инерцію и силу тяжести. Мы видимъ, такимъ образомъ, что пространство, окружающее стеклянную пластинку, приобрѣло особое свойство, заключающееся въ томъ, что находящееся въ этомъ пространствѣ легкое тѣло испытываетъ какое-то вліяніе, побуждающее его двигаться въ опредѣленномъ направленіи (къ стеклянной пластинкѣ). Такое вліяніе мы называемъ, какъ извѣстно, силою.

Нѣчто подобное каждый, конечно, наблюдалъ въ дѣтствѣ, когда на его глазахъ кусочки бумаги или нитки притягивались, какъ бы влекомые какой-то таинственной силой, къ потертой о куртку эбонитовой ручкѣ для перьевъ или сургучной палочкѣ. Еще лучше удастся такой опытъ, если эбонитовую палочку потереть о кошачій мѣхъ.

Мы видимъ, такимъ образомъ, что натертая мѣхомъ эбонитовая палочка приводитъ окружающее пространство въ особое состояніе, о наличности котораго мы судимъ по сопровождающему его дѣйствию особыхъ силъ на расположенныя въ этомъ пространствѣ малыя тѣла. Мы можемъ назвать такія тѣла индикаторами для этого состоянія пространства. Я не могу не упомянуть о томъ, что существуютъ

еще и другіе весьма разнообразныя индикаторы, и всѣ они употребляются при различныхъ обстоятельствахъ для научныхъ изслѣдованій этого состоянія. Такъ, напримѣръ, кусокъ стекла или иного прозрачнаго тѣла, будучи помѣщенъ въ пространство, находящееся въ этомъ состояніи, становится въ незначительной степени двупреломляющимъ; кусокъ кварца (или другого кристалла) подвергается въ такомъ пространствѣ весьма малой деформаци. Наблюденія этихъ явленій, конечно, гораздо болѣе затруднительны, чѣмъ всѣмъ извѣстныя наблюденія надъ силовымъ дѣйствіемъ на легкія тѣла. На индикаторахъ послѣдняго рода мы поэтому и остановимся при дальнѣйшихъ, болѣе тщательныхъ изслѣдованіяхъ.

Методы изслѣдованія пространства, находящагося въ особенномъ состояніи, которое мы, какъ это общепринято, будемъ называть электрическимъ состояніемъ, можно для наглядности сравнить съ методами, помощью которыхъ изслѣдуется тепловое состояние какой-либо части пространства. При этомъ также помѣщаются въ изслѣдуемое мѣсто извѣстные индикаторы, называемые термоскопами или термометрами. На одномъ термоскопѣ наблюдаются измѣненія объема (какъ, напримѣръ, на обычномъ ртутномъ термометрѣ), на другомъ — измѣненія цвѣта, на третьемъ — измѣненія электрическаго сопротивленія и т. д. Всѣ наблюдаемыя измѣненія характеризуютъ вполне опредѣленно изслѣдуемое тепловое состояние.

Индикаторы для электрическаго состоянія носятъ названіе электроскоповъ. Существуютъ, напримѣръ, электроскопы оптическіе, электроскопы, дѣйствіе которыхъ основано на деформаци кристалла; мы будемъ въ послѣдующемъ пользоваться исключительно только легкимъ тѣломъ, наблюдая дѣйствіе на него нѣкоторой силы. Это и есть обычный электроскопъ. Можно воспользоваться, напримѣръ, шарикомъ изъ бузиновой сердцевины или листочкомъ алюминія, подвѣшеннымъ на нити, и т. п.

Ту часть пространства, въ которой электроскопъ любого рода указываетъ на наличность электрическаго состоянія, называютъ электрическимъ полемъ.

НОСИТЕЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКАГО ПОЛЯ.

2. Прежде всего естественно является вопросъ о томъ, можетъ ли электрическое состояніе имѣть мѣсто во всякой части пространства, независимо отъ того, какого рода вещество ее заполняетъ,

или же необходимымъ условіемъ для возникновенія электрическаго состоянія является присутствіе воздуха. Если, поднося натертую эбонитовую палочку къ подвѣшенному бузинному шарикъ, мы наблюдаемъ, что шарикъ къ ней притягивается, то отсюда мы можемъ заключить, что шарикъ находится въ электрическомъ полѣ эбонитовой палочки. Чѣмъ ближе мы поднесемъ эту палочку, тѣмъ больше будетъ сила поля въ томъ мѣстѣ, гдѣ находится шарикъ, и тѣмъ дальше онъ отклонится отъ своего начальнаго положенія равновѣсія. Если мы теперь помѣстимъ между эбонитовой палочкой и шарикомъ большую стеклянную или эбонитовую пластинку, то мы убѣдимся, что никакого измѣненія вслѣдствіе этого не произойдетъ: шарикъ укажетъ на такую же интенсивность электрическаго состоянія, какъ и раньше. Слѣдовательно, такого рода плотная преграда не задерживаетъ возбуждаемаго эбонитовой палочкой электрическаго поля, и электрическое состояніе проникаетъ черезъ нее насквозь. Отсюда мы можемъ заключить, что и самая пластинка, составляющая преграду, заполнена электрическимъ полемъ, такъ какъ иначе двѣ части поля, на которыя оно дѣлится этой пластинкой, не могли бы находиться въ закономерной связи между собою; а наличность такой связи мы можемъ установить, если будемъ эбонитовую палочку передвигать въ различныхъ направленіяхъ съ одной стороны преграды и наблюдать соотвѣтствующія измѣненія положенія бузиннаго шарика съ другой стороны ея.

Но совершенно иное окажется, если мы вмѣсто стеклянной или эбонитовой пластинки помѣстимъ между натертой эбонитовой палочкой и шарикомъ большой металлическій листъ. Въ этомъ случаѣ шарикъ остается въ своемъ обычномъ положеніи равновѣсія, т. е. уже не находится въ электрическомъ полѣ. Ниже мы будемъ еще имѣть случаи убѣдиться, что стекло, эбонитъ и многія другія твердыя тѣла могутъ въ теченіе продолжительнаго времени заключать въ себѣ электрическое поле; металлы же такимъ свойствомъ не обладаютъ.

Жидкія тѣла также могутъ быть заполнены электрическимъ полемъ. Если погрузить подвѣшенный алюминіевый листокъ въ сосудъ съ керосиномъ, то натертая эбонитовая палочка будетъ его также хорошо притягивать, какъ если бы онъ висѣлъ въ воздухѣ.

Мы можемъ отсюда вывести слѣдующее заключеніе: чтобы въ опредѣленной части пространства могло возникнуть электрическое

состояніе, не представляется необходимымъ, чтобы въ ней находился только воздухъ или иной газъ; могутъ въ ней находиться также многія твердыя и жидкія тѣла. Но существуютъ и такія опредѣленныя тѣла — къ ихъ числу прежде всего принадлежатъ металлы, — въ которыхъ мы не можемъ, по крайней мѣрѣ, съ помощью современныхъ средствъ, получить электрическаго поля.

ПУСТОТА ИЛИ ЭФИРЪ.

3. Для изученія электрическаго состоянія имѣть особенное значеніе опытъ съ безвоздушнымъ пространствомъ (пустотою). Помѣстимъ подвѣшенный бузинный шарикъ подъ колоколъ воздушнаго

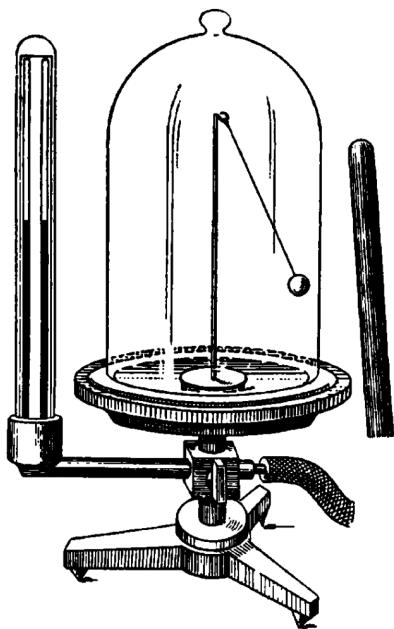


Рис. 1. Электрическое поле въ пустотѣ.

насоса (рис. 1) и будемъ наблюдать его отклоненія при приближеніи къ нему натертой эбонитовой палочки. Если затѣмъ эвакуировать пространство подъ колоколомъ, то можно замѣтить, что наблюдавшіяся до эвакуаціи отклоненія при этомъ совершенно не измѣнились. Наличие воздуха или его отсутствіе являются, какъ можно отсюда заключить, обстоятельствами совершенно безразличными для возникновения электрическаго поля. Даже при наиболѣе совершенной эвакуаціи, какая въ настоящее время только достижима при помощи лучшихъ насосовъ, это заключеніе вполне сохраняетъ силу. Слѣдовательно, электрическое состояніе принадлежитъ къ числу такихъ явленій, которыя, подобно свѣтовымъ, могутъ

имѣть мѣсто въ частяхъ пространства, совершенно лишенныхъ вѣсомой матеріи, въ пустотѣ. Позже мы изучимъ еще одно подобное состояніе, тѣсно связанное съ электрическимъ, именно — магнитное состояніе.

Ученіе объ электрическомъ и магнитномъ состояніяхъ пустоты до нѣкоторой степени аналогично ученію о состояніяхъ натяженія и движенія упругой и вѣсомой матеріи, однимъ словомъ, аналогично