

Мах Эрнст

**Учение об электричестве и
магнетизме в элементарном
изложении**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 82-3
ББК 84-4
381

Э81 **Эрнст М.**
Учение об электричестве и магнетизме в элементарном изложении / Мах Эрнст – М.:
Книга по Требованию, 2023. – 166 с.

ISBN 978-5-519-95760-1

ISBN 978-5-519-95760-1

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2023
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2023

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 первоизданном 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.

ВВЕДЕНИЕ.

Основанія ученія объ абсолютной системѣ единицъ.

Основные и производныя единицы.

Для измѣренія каждой изъ встрѣчающихся въ физикѣ величинъ можно выбрать произвольную единицу; но можно построить систему единицъ такъ, что онѣ будутъ находиться другъ отъ друга въ извѣстной зависимости, при чемъ придется выбрать нѣкоторыя единицы произвольно и на нихъ уже строить всю систему остальныхъ единицъ. Оказывается возможнымъ логически вывести всѣ единицы въ опредѣленной зависимости другъ отъ друга, если произвольно выбрать три единицы. Эти три единицы называются *основными*, всѣ же остальные, зависящія отъ нихъ *производными*, единицами. Система единицъ, выведенная изъ трехъ произвольныхъ единицъ такимъ образомъ, чтобы въ формулахъ, связывающихъ между собою величины, исчезли коэффициенты пропорциональности, называется *абсолютною системою единицъ*. Три основныя единицы можно выбрать какія угодно не только по своему роду, но еще и по абсолютной величинѣ и сообразно выбору ихъ получится опредѣленная абсолютная система единицъ; мы однако будемъ разсматривать только ту систему, въ которой условно принимаются за основныя единицы—единицы длины, времени и массы и при томъ за единицу длины—сантиметръ, массы—граммъ *) и времени—секунда. Эту абсолютную систему единицъ принято для краткости называть C.G.S. системою, т. е. системою, основанною на единицахъ длины, массы и времени и спеціально на сантиметрѣ, граммѣ и секундѣ.

Теперь постараемся послѣдовательно получить изъ принятыхъ нами основныхъ единицъ производныя единицы для величинъ, встрѣчающихся въ механикѣ, руководясь при этомъ, какъ мы уже сказали, стремленіемъ,

*) Единица массы граммъ есть масса кубическаго сантиметра воды при 4°C., а граммъ, французская единица вѣса—вѣсъ того же объема воды.

чтобы въ формулахъ, связывающихъ величины между собою и служащихъ для опредѣленія численнаго значенія одной изъ величинъ по заданнымъ численнымъ значеніямъ остальныхъ, коэффициенты пропорціональности исчезли, т. е. сдѣлались равными единицѣ.

1) *Скорость*. Возьмемъ формулу для скорости v въ равномерномъ движеніи, выражающую, что скорость эта прямо пропорціональна пройденному пространству и обратно пропорціональна времени, въ теченіи котораго это пространство пройдено:

$$v = C \frac{l}{t},$$

гдѣ t —время, въ теченіи котораго было пройдено пространство l , а C —коэффициентъ пропорціональности. Чтобы $C = 1$, можно выбрать произвольно только единицы для двухъ величинъ, при чемъ единица для третьей величины уже этимъ выборомъ опредѣляется; но въ данномъ случаѣ единицы для l и t уже выбраны именпо сантиметръ и секунда; поэтому *C. G. S. единицею скорости есть та скорость, съ которою тѣло за одну секунду, двигаясь равномерно, проходитъ одинъ сантиметръ.*

2) *Ускореніе*. Формула для ускоренія w въ равнопеременномъ движеніи имѣетъ видъ:

$$w = C \frac{v}{t},$$

гдѣ v есть измѣненіе скорости за время t . Разсуждая подобно предыдущему и принимая во вниманіе, что единица для t уже выбрана, а для v только что опредѣлена въ п. 1, найдемъ что *C. G. S. единица ускоренія есть такое ускореніе, при которомъ скорость черезъ каждую секунду измѣняется на C. G. S. единицу скорости.*

3) *Сила*. Формула, служащая для опредѣленія единицы силы есть:

$$f = C. m. w,$$

гдѣ f —сила, m —масса, на которую эта сила дѣйствуетъ, w —ускореніе, сообщаемое силою f массѣ m . Разсуждая подобно предыдущему, найдемъ: *C. G. S. единица силы есть такая сила, которая, дѣйствуя на массу граммъ, сообщаетъ ей C. G. S. единицу ускоренія. Эта единица называется дина.*

4) *Работа*. Опредѣляя единицу работы изъ формулы:

$$a = C. f. l,$$

гдѣ a —работа, произведенная силой f , на разстояніи l (при чемъ на-

правленіе силы совпадаетъ съ направленіемъ движенія), найдемъ: *C. G. S. единица работы есть работа одного дина при перемѣщеніи точки приложенія по направленію силы, равнома одному сантиметру*; эта *C. G. S.* единица работы называется эргъ.

Объ измѣреніи единицъ.

Абсолютныя величины производныхъ единицъ очевидно зависятъ отъ абсолютныхъ величинъ основныхъ единицъ и подъ *измѣреніемъ* производной единицы подразумѣваютъ символическое выраженіе, показывающее родъ этой зависимости. Пусть напр. Λ представитъ собою абсолютную величину какой-нибудь производной единицы, а L , M и T —такими же величинами основныхъ единицъ: длины, массы и времени. Тогда формула

$$(\text{Измѣреніе } \Lambda) = L M^{3/2} T^{-2}$$

показываетъ, что абсолютная величина единицы Λ прямо-пропорціональна: первой степени абсолютной величины единицы длины, степени $3/2$ абсолютной величины единицы массы и обратно пропорціональна квадрату абсолютной величины единицы времени. Символь $L M^{3/2} T^{-2}$ называется измѣреніемъ единицы Λ .

Легко усмотрѣть, что абсолютныя величины единицъ паходится въ такой зависимости между собою, какая существуетъ между соотвѣтствующими измѣряемыми величинами въ силу формулы, связывающей эти послѣднія величины и на положеніи въ каковой формулѣ коэффиціента пропорціональности равнымъ единицѣ послѣдовать самый выборъ производной единицы.

На основаніи сказаннаго будемъ имѣть:

$$(\text{Измѣреніе ед. скор.}) = L T^{-1} \dots \dots \dots (1)$$

Точно также

$$(\text{Измѣреніе ед. ускор.}) = (\text{ед. скор.}) T^{-1} \dots \dots (2)$$

но, на основаніи (1), единица скорости прямо пропорціональна единицѣ длины и обратно пропорціональна единицѣ времени; поэтому изъ (1) и (2) получимъ:

$$(\text{Измѣр. ед. ускор.}) = L T^{-2} \dots \dots \dots (3).$$

Разсуждая подобно предыдущему, найдемъ:

$$(\text{Измѣр. ед. силы}) = L M T^{-2} \dots \dots \dots (4) \text{ и}$$

$$(\text{Измѣр. ед. работы}) = L^2 M T^{-2} \dots \dots \dots (5).$$

Символы, стоящіе въ правой части равенствъ: 1, 3, 4 и 5, служатъ также и для обозначенія самой единицы. Въмѣсто того, чтобы писать:

$f = 10$ (ед. силы въ системѣ футъ, дециграмъ, минута)
пишутъ:

$$f = 10 [(\text{футъ}) (\text{децигр.}) (\text{минута})^{-1}]$$

Или въмѣсто того, чтобы писать:

$$a = \frac{1}{3600} (\text{С. Г. С. единицъ работы})$$

пишутъ:

$$a = \frac{1}{3600} (\text{см.}^2 \text{ гр. сек.}^{-2}) \dots \dots \dots (6)$$

Такое обозначеніе единицъ особенно выгодно, какъ мы сейчасъ увидимъ, въ случаѣ перехода отъ одной системы единицъ къ другой.

О переходѣ отъ одной системы единицъ къ другой.

Покажемъ на частномъ примѣрѣ, какъ дѣлается этотъ переходъ. Пусть работу a равенства 6) требуется выразить не въ С. Г. С. ед. работы, а въ единицахъ работы такой системы, въ которой за основныя единицы приняты: миллиметръ, миллиграмъ и минута. Поставивъ въ выраженіи 6) въ символѣ единицы работы вмѣсто сантиметра равные ему 10 миллиметровъ, вмѣсто грамма равные ему 1000 миллиграммовъ и вмѣсто секунды равную ей $\frac{1}{60}$ минуты, получимъ:

$$a = \frac{1}{3600} \left[(10 \text{ мм.})^2 (1000 \text{ милл.гр.}) \left(\frac{1}{60} \text{ мин.} \right)^{-2} \right]$$

Если будемъ теперь временно разсматривать символъ, заключенный въ скобки [], какъ алгебраическое сочетаніе дѣйствительныхъ величинъ, то можемъ написать:

$$a = \frac{1}{3600} \frac{10^2 \cdot 1000}{60^{-2}} [\text{мм.}^2 \text{ милл.гр. мин.}^{-2}] \text{ или}$$

$$a = 100000 (\text{мм.}^2 \text{ милл.гр. мин.}^{-2})$$

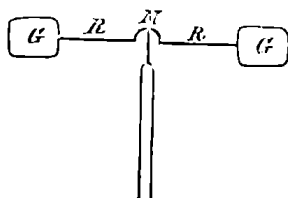
Въ послѣднемъ равенствѣ то, что заключено въ скобки, слѣдуетъ опять разсматривать, какъ символъ единицы работы въ требуемой системѣ единицъ.

І. Объ электричествѣ.

Электрическое состояніе.

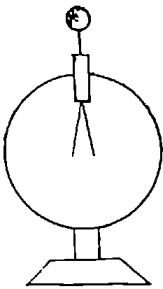
§ 1. Очень многія тѣла получаютъ послѣ тренія способность притягивать легкіе предметы. Съ явленіемъ этимъ были знакомы уже въ древности (Фалесъ Милетскій). Палочка сургуча, натертая сукномъ, притягиваетъ золотыя листочки (фиг. 1), поддерживаемыя стеклянной трубочкой RR, вращающейся на остріѣ N. Герике впервые замѣтилъ, что въ данномъ случаѣ послѣ прикосновенія происходитъ отталкиваніе между G и сургучемъ, а золотыя листочки въ свою очередь получаютъ способность притягивать легкія тѣла. И такъ работой тренія можно привести тѣла въ своеобразное состояніе (электрическое), въ которомъ они сами получаютъ способность производить работу, выражающуюся, какъ полагалъ Дюфа (Du Fay), притяженіемъ неэлектризованныхъ и отталкиваніемъ наэлектризованныхъ тѣлъ. Это состояніе можетъ быть передано однимъ тѣломъ другому, но только на счетъ состоянія перваго. Если къ этому еще присовокупить наблюдаемое при этомъ явленіи перескакиваніе искръ, то легко понять, какъ могло возникнуть представленіе о существованіи въ каждомъ тѣлѣ нѣкотораго количества неизвѣстнаго (переносимаго) вещества, обуславливающаго это состояніе, т. е. представленіе объ электрической жидкости. Франклинъ, напримѣръ, говоритъ объ электрическомъ огнѣ, заряжаетъ лейденскія банки веществомъ молніи и т. д.

Фиг. 1.



Электроскопъ.

Фиг. 2.

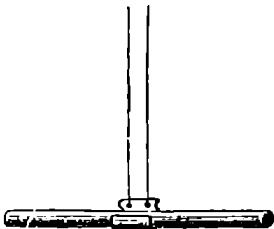


§ 2. Если тѣло устроено такимъ образомъ, что оно легко обнаруживаетъ свое электрическое состояніе, то его называютъ электроскопомъ. Удобную и простую форму представляетъ электроскопъ съ золотыми листочками (фиг. 2). Если коснуться шарика его наэлектризованнымъ тѣломъ, то вслѣдствіе взаимнаго отталкиванія золотые листочки разойдутся.

Два рода электричества.

§ 3. Стержень, подвѣшенный свободно (фиг. 3), сначала притягивается наэлектризованнымъ стержнемъ, а затѣмъ уже отталкивается имъ.

Фиг. 3.



Стержень изъ роговаго каучука, потертый лисьимъ мѣхомъ, отталкивается отъ такого-же стержня, потертаго тѣмъ же способомъ. Если потереть стеклянный стержень амальгамированной кожей, то онъ отталкивается отъ другаго стекляннаго стержня, потертаго подобнымъ же образомъ.

Фактами этими подтверждается положеніе Дюфа (§ 1). Но когда Дюфе пожелалъ доказать общность своего положенія большимъ рядомъ разнообразныхъ опытовъ, его поразило открытіе, что потертый смоляной стержень (изъ роговаго каучука) притягивался потертымъ стекляннымъ стержнемъ. Вслѣдствіе того Дюфе былъ принужденъ допустить: 1) что существуетъ два рода электричества, стеклянное и смоляное и что 2) однородныя электричества отталкиваются, а разнородныя притягиваются.

Какъ при помощи натертаго стержня изъ роговаго каучука, такъ точно и стекляннымъ потертымъ стержнемъ можно *зарядить* электроскопъ, т. е. заставить равойтись золотые листочки его. Но при помощи перваго заряда возможно также уничтожить второй. Такимъ образомъ эти два электрическія состоянія (или вещества) относятся другъ къ другу, какъ

положительныя и отрицательныя величины. Одно и то же тѣло, потертое различными тѣлами, можетъ обнаружить то одинъ, то другой родъ электричества. Поэтому въ настоящее время уже не говорятъ объ электричествахъ стекла и смолы, но только о положительномъ и отрицательномъ электричествахъ.

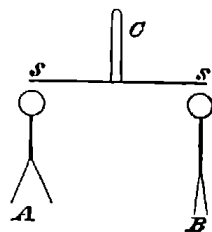
Изъ наблюдений (Ватсона, Фрапклина и Дюфэ) выяснилось, что изъ двухъ взаимно трущихся тѣлъ одно электризуется всегда положительно, другое отрицательно и при томъ такъ, что оба состоянія уничтожаютъ другъ друга при соединеніи зарядовъ. Поэтому, придерживаясь только что упомянутого представленія, мы должны допустить, что положительное и отрицательное электричество образуется всегда въ одинаковыхъ количествахъ.

Проводники и непроводники.

§ 4. Стекланный стержень только въ потертомъ мѣстѣ приходитъ въ электрическое состояніе. Но если прикоснуться наэлектризованнымъ тѣломъ къ одному концу металлическаго стержня, подвѣшеннаго на шелковинкахъ или удерживаемаго стеклянною ручкой, то тотчасъ-же и другой конецъ послѣдняго приходитъ въ электрическое состояніе. И такъ металлы имѣютъ свойство передавать электрическое состояніе отъ одной частицы къ другой, стекло же этимъ свойствомъ не обладаетъ (Грей).

Поставимъ заряженный электроскопъ (фиг. 4) А рядомъ съ такимъ-же незаряженнымъ В. Если соединимъ шарики стержнемъ S съ стеклянной ручкой C, то зарядъ тотчасъ-же раздѣлится между А и В, если только стержень S сдѣланъ изъ металла. Если же онъ стеклянный, то зарядъ останется въ А. Если зарядимъ А положительно, а В отрицательно до одинаковаго отклоненія золотыхъ листочковъ, то при соединеніи А и В металлическимъ стержнемъ листочки тотчасъ-же сходятся.

Фиг. 4.



На основаніи сказаннаго металлы называются проводниками, стекло же и другія подобныя ему въ этомъ отношеніи тѣла—непроводниками, или изоляторами.

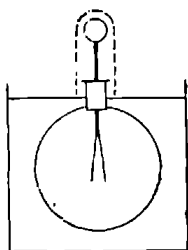
Имѣются хорошіе проводники, дурные проводники и полупроводники (дерево, бумага). Плавящееся стекло—проводникъ, а ледъ при -20° Ц.—изоляторъ. Только что отколотый кусокъ слюды представляетъ проводникъ, но по прошествіи нѣкотораго времени дѣлается непроводникомъ.

Заряженіе съ поверхности.

§ 5. Ле-Монье (Le Monnier) нашелъ, что полый внутри проводникъ и массивный одинаковой съ первымъ формы и величины, при одинаковой затратѣ работы на наэлектризованіе каждаго изъ нихъ, заряжаются одинаково сильно. Отсюда опъ вывелъ заключеніе, что электрическій зарядъ распространяется лишь по поверхности. Если представить себѣ зарядъ подвижнымъ и частицы его взаимно отталкивающимися, то можно а priori предвидѣть, что частицы удалятся на возможно далекое разстояніе, то есть, что зарядъ накопится на поверхности тѣла.

Берутъ небольшой чувствительный электроскопъ (фиг. 5) и укрѣп-

Фиг. 5.



ляютъ его въ цилиндрическомъ стеклянномъ сосудѣ. Электроскопъ продолжаетъ быть чувствительнымъ даже въ томъ случаѣ, если наполнимъ сосудъ водою. Но если мы надѣнемъ металлическій колпакъ (обозначенный пунктиромъ), то золотые листочки будутъ находиться внутри проводника (вода+колпакъ+золотые листочки). Въ этомъ случаѣ отъ патертаго стержня изъ роговаго каучука можно получить перескакиваніе искры къ электроскопу и обратно извлечь таковую изъ электроскопа, причемъ золотые листочки каждый разъ останутся въ покой, что и доказываетъ отсутствіе электричества во внутреннихъ частяхъ проводника, каковыми частями служатъ въ этомъ опытѣ золотые листочки.

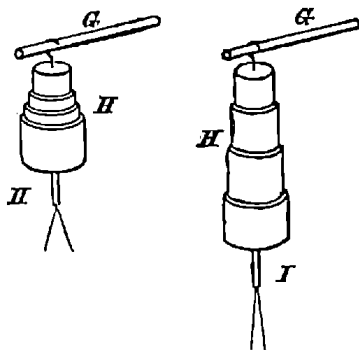
При увеличеніи поверхности одного и того-же проводника напряженіе заряда нѣкоторой опредѣленной части его замѣтно уменьшается, что замѣчается по уменьшающемуся отклоненію золотыхъ листочковъ электроскопа при послѣдовательномъ вытягиваніи помощью стекляннаго стержня G (фиг. 6) ряда входящихъ другъ въ друга металлическихъ цилиндровъ, посаженныхъ concentрически на стержнѣ электроскопа.

Благодаря основному свойству однородных зарядовъ, выступающихъ части какого нибудь проводника (острія) зарядятся сильнѣе прочихъ. Поэтому то острія способствуютъ скорѣйшему разряженію въ окружающія тѣла. (Гордопъ, Франклипъ).

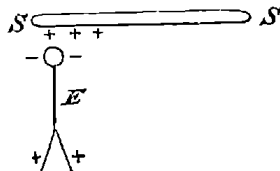
Индукція.

§ 6. Золотые листочки электроскопа Е (фиг. 7) расходятся, если приблизиться къ нему съ наэлектризованнымъ стержнемъ S, не касаясь

Фиг. 6.



Фиг. 7.



самого прибора. При удаленіи стержня S золотые листочки опять опадаютъ, а это означаетъ, что зарядъ листочковъ долженъ былъ уничтожиться равнымъ, но противоположнымъ по знаку зарядомъ (другихъ частей электроскопа).

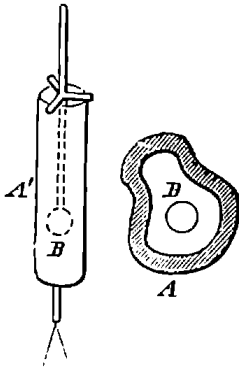
Благодаря тому, что равные, но противоположные по знаку заряды не могутъ зарядить тѣло, можно себя представить, что наэлектризованное тѣло обладаетъ одновременно равными противоположными зарядами, которые, на основаніи закона Дюфа (§ 3), при приближеніи наэлектризованнаго тѣла, какъ это показано на фиг. 7, разъединяются, причемъ разноименное электричество движется на встрѣчу къ тѣлу, одноименное же удаляется. Это явленіе, замѣченное Греемъ, называется индукціей наэлектризованнаго тѣла на пенаэлектризованное.

Если ввести внутрь закрытаго со всѣхъ сторонъ (или почти со всѣхъ сторонъ) проводника A, напр. въ глубокой сосудъ A', наведенный

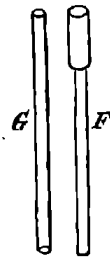
на электроскопъ (фиг. 8), заряженный (напр. $+q$) проводникъ В, не касаясь А, то на внешней сторонѣ появляется одноименное электричество, а на внутренней сторонѣ разноименное. Эти заряды равны между собою, ибо золотые листочки сходятся при удаленіи В. Величина и распределение внѣшняго заряда не зависитъ отъ положенія В внутри А: при перемѣщеніи В въ сосудѣ листочки остаются раздвинутыми на одинъ и тотъ же уголъ. Тоже самое имѣетъ мѣсто, если тѣломъ В коснуться А. Если послѣ того выпнуть В (незаряженное по § 5), то отклоненіе останется встакъ безъ измѣненія. Отсюда видно, что при посредствѣ В уничтожается противоположный зарядъ внутренней поверхности сосуда, причемъ одноименный зарядъ наружной остается безъ измѣненія. Оба заряда были слѣдовательно по величинѣ равны заряду въ В (опытъ Фарадея).

Конечъ G (фиг. 9) стекляннаго стержня натирается кускомъ

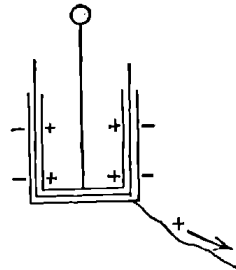
Фиг. 8.



Фиг. 9.



Фиг. 10.



амальгамированной кожи, насаженнымъ на концѣ того же стекляннаго стержня F. Какъ G, такъ и F, введенные въ А, даютъ одинаковое отклоненіе золотыхъ листочковъ. Введенные одновременно они никакого отклоненія не производятъ. При треніи образовались слѣдовательно равныя, но противоположныя по знаку заряды (§ 3).

Лейденская банка.

§ 7. Явленія въ лейденской банкѣ, открытой случайно при электризаціи воды въ бутылкѣ (фиг. 10) (Клейстъ, Мушенбрэкъ), были объяснены