

Аюр Кирвсс

Развитие оптики, электричества и магнетизма в XVIII веке

СОДЕРЖАНИЕ:

❖ **ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ЭЛЕКТРОСТАТИКЕ И МАГНИТОСТАТИКЕ.**

- Первые сведения об электричестве и магнетизме.
- Первые успехи в исследовании магнитных явлений в средние века
- Развитие учения об электричестве в XVII и XVIII веке, до изобретения Лейденской банки.
- Изобретение Лейденской банки и первые электрические приборы
- Первые шаги в практическом применении учения об электрических явлениях.
- Первые теории электричества.
- История открытия закона Кулона.
- Введение понятия потенциала в электростатику.

❖ **РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ**

- История изобретения гальванического элемента.
- Открытие электромагнетизма
- Открытие электромагнитной индукции.
- Начало развития электротехники

❖ **РАЗВИТИЕ ОПТИКИ**

- Первые шаги в развитии геометрической оптики.
- Развитие взглядов на природу света и первые открытия в области физической оптики
- Оптика Ньютона.

❖ **РАЗВИТИЕ ВОЛНОВОЙ ТЕОРИИ СВЕТА.**

- Возрождение волновой теории света
- Исследования Френеля по интерференции и дифракции света.
- Борьба за признание волновой теории света.

❖ **СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.**

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ЭЛЕКТРОСТАТИКЕ И МАГНИТОСТАТИКЕ

1. Первые сведения об электричестве и магнетизме.

Изучение электрических и магнитных явлений по-настоящему начинается только в XVIII в. Но первые сведения об этих явлениях были известны уже древним. Древние греки знали свойство натертого янтаря притягивать мелкие предметы. Само слово «электричество»ⁱ происходит от греческого слова «электрон»ⁱⁱ, что значит по-русски янтарь. Древние греки знали также, что существует особый минерал — железная руда (магнитный железняк), способный притягивать железные предметы. Залежи этого минерала находились возле города **Магнезии**. Название этого города послужило источником термина «магнит». Древние не исследовали ни электрических, ни магнитных явлений. Однако они попытались дать объяснение этим явлениям. Самое первое объяснение свойств магнита притягивать железо заключалось в том, что магниту приписывалась «душа», которая заставляла магнит притягивать железо или притягиваться к железу. При этом магнит представляли подобно живому существу. Живое существо, например собака, видит кусок мяса и стремится к нему приблизиться. Подобно этому магнит как бы видит железо и стремится к нему притянуться. Это объяснение весьма примитивно с нашей точки зрения. Однако такого рода объяснения, когда предметы неживой природы одушевлялись, были характерными для древних, которые верили в существование целого ряда богов, духов и т. д. Но в древности начала развиваться и материалистическая философия.

Философы-материалистыⁱⁱⁱ древней Греции отвергали существование духов и пытались объяснить все явления природы естественными законами. Они учили, что все тела состоят из мелких материальных неделимых частиц — атомов. По их мнению, кроме атомов и пустоты, в которой атомы движутся, ничего не существует. Все явления природы объясняются движением атомов.

Само слово «**атом**»^{iv} греческого происхождения. Оно означает «неделимый». Философы, верившие в существование атомов, из которых состоит природа, получили название атомистов. Одним из родоначальников этой философии был древнегреческий философ **Демокрит** (460 - 370 до н.э.). Философы-атомисты пытались дать объяснение электрическим и магнитным явлениям без обращения к специальным «душам» и «духам».

2. Первые успехи в исследовании магнитных явлений в средние века

В средние века изучение магнитных явлений приобретает практическое значение. Это происходит в связи с изобретением **компаса**.^v Уже в XII в. в Европе стал известен компас как прибор, с помощью которого можно определить направление на части света. О компасе европейцы узнали от арабов, которым было уже к этому времени известно свойство магнитной стрелки. Еще раньше, вероятно, такое свойство знали в Китае. Начиная с XII в. компас все шире применялся в морских путешествиях для определения курса корабля в открытом море. Практическое применение магнитных явлений приводило к необходимости их изучения. Постепенно выяснялся целый ряд свойств магнитов. В 1600 г. вышла книга английского ученого **Гильберта** «**О магните, магнитных телах и большом магните — Земле**». В ней автор описал уже известные свойства магнита, а также собственные открытия. Еще раньше узнали, что магнит всегда имеет два полюса. Они были названы по имени частей света — северный полюс и южный полюс. В числе свойств магнита Гильберт указывал на то, что одинаковые полюсы отталкиваются, а разноименные притягиваются. Гильберт предполагал, что Земля представляет собой большой магнит.

Чтобы подтвердить это предположение, Гильберт проделал специальный опыт: он выточил из естественного магнита большой шар и начал приближать к поверхности последнего магнитную стрелку, при этом эксперимент показал, что стрелка всегда устанавливается в определенном положении, так же как в компасе у поверхности Земли. Гильберт описал явление магнитной индукции, способы намагничивания железа и стали и т. д. Книга Гильберта явилась первым научным исследованием магнитных явлений.

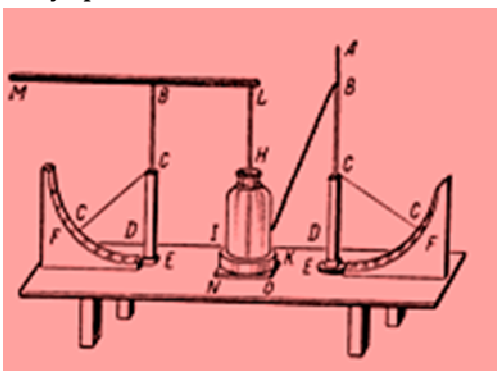
3. Развитие учения об электричестве в XVII и XVIII вв.

До изобретения **лейденской банки**^{vi} В своей книге Гильберт коснулся и электрических явлений. Нужно отметить, что хотя в то время магнетизм и электричество рассматривались как явления разной природы, тем не менее очень давно ученые заметили в них много общего. Поэтому не случайно во многих работах исследовались одновременно и магнитные и электрические явления. В частности, изучение магнетизма вызвало интерес к исследованию электрических явлений. Так было и у Гильберта. Изучая магнитные явления, что, как мы говорили, имело практический интерес, он уделил внимание и электричеству, хотя оно в то время в практике не использовалось. Гильберт открыл, что наэлектризовать можно не только **янтарь**^{vii}, но и **алмаз**^{viii}, **горный хрусталь**^{ix} и ряд других минералов. В отличие от **магнита**^x, который способен притягивать только железо (других магнитных материалов в то время не знали), наэлектризованное тело притягивает многие тела. Новый шаг к изучению электрических явлений был сделан немецким ученым **Герике**. В 1672 г. вышла его книга, в которой были описаны опыты по электричеству. Наиболее интересным достижением Герике было изобретение им «электрической машины». «Электрическая машина» представляла собой шар, сделанный из серы и посаженный на железный шест. Герике вращал этот шар и натирал его ладонью руки. Впоследствии ученый несколько раз усовершенствовал свою «машину». Несмотря на простоту прибора, Герике смог с его помощью сделать некоторые открытия. Так, он обнаружил, что легкие тела могут не только притягиваться к наэлектризованному шару, но и отталкиваться от него. В XVIII в. изучение электрических явлений пошло быстрее. В первой половине этого столетия были открыты новые факты. В 1729 г. англичанин **Грей** открыл явление электропроводности. Он установил, что электричество способно передаваться от одних тел к другим по металлической проволоке. По шелковой нити электричество не распространялось. В связи с этим Грей разделил все тела на проводники и непроводники электричества. Затем французский ученый **Дюфе**¹ спустя пять лет выяснил, что существует два рода электричества. Один вид электричества получается при натирании стекла, горного хрусталя, шерсти и некоторых других тел. Это электричество Дюфе назвал стеклянным электричеством. Второй вид электричества получается при натирании янтаря, шелка, бумаги и других веществ. Этот вид электричества Дюфе назвал смоляным. Ученый установил, что тела, наэлектризованные одним видом электричества, отталкиваются, а разными видами, — притягиваются. Впоследствии стеклянное электричество было названо положительным, а смоляное — отрицательным. Это название предложил американский ученый и общественный деятель **Франклин**^{xi}. При этом он исходил из своих взглядов на природу электричества.

¹ Шарль Франсуа Дюфе (фр. Charles Francois de Cisternay du Fay; 14 сентября 1698, Париж - 16 июля 1739, там же) — французский учёный, физик, член Парижской Академии наук.

4. Изобретение лейденской банки и первые электрические приборы

Очень важным шагом в развитии учения об электричестве было изобретение лейденской банки, т.е. электрического конденсатора². **Лейденская банка**^{xii} была изобретена почти одновременно немецким физиком **Клейстом** и голландским физиком Мушенбруком в 1745 — 1746 гг. Своё название она получила по имени города Лейдена, где **Мушенбрук** впервые проделал с ней опыты по изучению электрических явлений. Мушенбрук так описывал своё изобретение в письме к французскому ученому **Реомюру**^{xiii}: «Хочу сообщить Вам новый, но ужасный опыт, который не советую повторять. Я занимался изучением электрической силы, для этого я повесил на двух шелковых голубых нитях железный ствол, получающий электричество от стеклянного шара, который быстро вращался вокруг оси и натирался руками. На другом конце висела медная проволока, конец которой был погружен в стеклянный круглый сосуд, заполненный наполовину водой, который я держал в правой руке; левой же рукой я пытался извлекать из электрического ствола искру. Вдруг моя правая рука была поражена ударом с такой силой, что все тело содрогнулось, как от удара молнии. Несмотря на то что сосуд, сделанный из тонкого стекла, не разбивается и кисть руки обычно не смещается при таком потрясении, тем не менее локоть и все тело поражаются столь страшным образом, что я не могу выразить словами, я думал, что пришел конец». Вскоре лейденская банка была усовершенствована: внешнюю и внутреннюю поверхность стеклянного сосуда стали обклеивать металлической фольгой. В крышку банки вставляли металлический стержень, который сверху заканчивался металлическим шариком, а нижний конец стержня при помощи металлической цепочки соединялся с внутренней обкладкой. Лейденская банка является обычным конденсатором.



Когда внешнюю обкладку ее заземляют, а металлический шарик соединяют с источником электричества, то на обкладках банки скапливается значительный электрический заряд и при ее разряде может протекать значительный ток. Получение больших зарядов с помощью лейденской банки значительно способствовало развитию учения об электричестве, так как это стимулировалось эволюцией развития человечества на планете

Земля! Прежде всего усовершенствовалась аппаратура для исследования электрических явлений, в частности электрические машины. Это были, как и первая машина Герике, такие устройства, в которых электрический заряд получался в результате натирания стеклянного или эбонитового диска кожей или другими подобными материалами. **Затем появился первый электроизмерительный прибор — электрометр.** Его история начинается с электрического указателя, созданного Рихманом вскоре после изобретения лейденской банки. Этот прибор состоял из металлического прута, к верхнему концу которого подвешивалась льняная нить определенной длины и веса. При электризации прута нить отклонилась. Угол отклонения нити измерялся с помощью шкалы, прикрепленной к стержню и разделенной на градусы. В последующее время были изобретены различной конструкции электрометры. Так, например, электрометр, созданный итальянцем Беннетом, имел два золотых листочка, повешенных в стетслянный сосуд. При электризации листочки расходились. Будучи снабжен шкалой, такой

² Конденсатор — система из двух и более электродов (обычно в форме пластин, называемых обкладками), разделённых диэлектриком, толщина которого мала по сравнению с размерами обкладок. Такая система обладает взаимной ёмкостью и способна сохранять электрический заряд.

прибор мог измерять, как тогда говорили, «электрическую силу». Но что такое «электрическая сила», этого еще никто не знал, т.е. неизвестно было, какую физическую величину измеряет этот прибор. Данный вопрос был выяснен значительно позже.

5. Первые шаги в практическом применении учения об электрических явлениях

Хотя учение об электрических явлениях начало играть существенную роль в практической жизни лишь начиная с середины XIX в., тем не менее первые попытки практического применения электричества относятся уже к середине XVIII в. После изобретения лейденской банки, когда ученые смогли наблюдать сравнительно большие искры при электрическом разряде, возникла мысль об электрической природе **молнии**^{xiv}. Известный американский ученый и общественный деятель **Бенджамин Франклин**^{xv} (1706 — 1790) высказал эту идею в письме в Лондонское королевское общество в 1750 г. В этом письме он объяснял также, как можно проверить высказанное предположение. Он предлагал поставить на башню будку, на крышу которой вывести железный шест. Помещенный внутри будки человек в случае грозы мог бы извлекать из шеста электрические искры.

Содержание письма Франклина стало известно во Франции. О нем узнал француз Далибар, который в мае 1752 г. проделал опыт, о котором писал Франклин. У себя в саду, возле Парижа, Далибар установил высокий железный шест, изолировав его от земли. В то время когда собиралась гроза, он попробовал извлечь электрические искры из шеста. Опыт удался.

Действительно, Далибару удалось получить электрические искры. В том же году, летом, Франклин в Америке проделал похожий опыт. Вместе со своим сыном он запустил змей во время грозы. Когда нить, которой был привязан змей, намочила, то из нее можно было извлекать электрические искры.

Франклину даже удалось зарядить при этом лейденскую банку. После того как об опытах Франклина стало известно в Петербурге, подобными же опытами занялись русские академики **Рихман**³ и **Ломоносов**⁴. Они устроили более удобную установку для изучения атмосферного электричества, названную громовой машиной. Громовая машина представляла собой заостренный железный шест, установленный на крыше дома. От железного шеста в дом шла проволока. Конец этой проволоки был соединен с электрическим указателем, т.е. с простейшим электрометром, изобретенным Рихманом. С громовой машиной и Рихман и Ломоносов проделали много опытов. Ломоносов открыл, что электрические заряды в атмосфере появляются не только во время грозы, но и без нее. На основе своих опытов Ломоносов создал первую научную теорию образования электричества в атмосфере. Летом 1753 г. случилось несчастье. Собиралась гроза, и Рихман пришел к своей громовой машине, чтобы наблюдать электрические разряды. Вдруг в комнате появилась шаровая молния произошел электрический разряд — и ученый был убит. Впечатлением от трагической смерти Рихмана немедленно воспользовалось духовенство в целях борьбы с безбожием. Попы и монахи стали

³ **Рихман Георг Вильгельм** (1711 - 6 августа 1753) — русский физик, первый исследователь электричества в России. Спорил в своих исследованиях с Ломоносовым. Создал первый вольтметр. Погиб от шаровой молнии при исследовании электричества "электрическим указателем" (прибором-прообразом электроскопа), который не был заземлен, после чего в России временно запретили исследования электричества.

⁴ **Ломоносов, Михаил Васильевич** — первый русский учёный-естествоиспытатель мирового значения, поэт, заложивший основы современного русского литературного языка, художник, историк, поборник развития отечественного просвещения, науки и экономики, основоположник молекулярно-кинетической теории.

распространять мысль о том, что Рихман был наказан богом за дерзкие опыты. После того как была выяснена электрическая природа грозы возникла идея устройства громоотвода для предохранения зданий от пожаров в результате попадания в них молнии. Громоотводы быстро вошли в практику. Это было первое практическое применение учения об электрических явлениях.

Оно способствовало развитию научных исследований по электричеству вообще. Следует отметить, что духовенство и позже враждебно относилось к исследованиям атмосферного электричества и к использованию громоотводов, полагая, что защита от ударов молний — безбожное занятие. Второй попыткой использования электричества для практических целей было применение его для лечения болезней. Как мы видели выше, уже Мушенбрук, описывая изобретение лейденской банки, обратил внимание на сильное и необычное действие электрического разряда на человека. Вскоре этим действием заинтересовались врачи. Возникла мысль о том, что в живом организме существуют электрические токи, которые играют в нем какую-то важную роль. Вместе с этим пришло убеждение о возможности применения электричества для лечения болезней. С этой целью стали производить опыты по электризации людей, пропусканию через тело человека электрического тока и т. д. Был написан ряд книг по исследованию действия электричества на организм человека. В качестве примера можно указать на книгу **Марата**, известного деятеля французской революции, врача по специальности. Он написал в 1783 г. «Трактат о медицинском электричестве», который был удостоен специальной премии. Однако все такие исследования в то время не привели к каким-либо положительным практическим результатам. Действительное применение электричества для лечения болезней началось гораздо позже. Но такие исследования сыграли большую роль в усилении интереса к исследованиям электрических явлений вообще.

Больше того, как мы увидим ниже, именно исследование влияния электричества на живой организм привело к открытию итальянским врачом Гальвани так называемого гальванического электричества. История применения электрических явлений в медицине очень интересна тем, что она показывает, как новые открытия в области физических наук бывают вызваны задачами других наук (в данном случае медицины).

6. Первые теории электричества

Вместе с ускорившимся развитием опытного исследования электрических явлений возникают и теории этих явлений. Конечно, еще до середины XVIII в. существовали некоторые соображения о природе электричества. Но они были весьма примитивными. В большинстве случаев электрические действия объяснялись наличием вокруг заряженных тел неких электрических атмосфер. В середине XVIII в. появляются уже более содержательные теории электрических явлений. Эти теории можно разделить на две основные группы.

Первая группа — это теории электрических явлений, основанные на **принципе дальнего действия**.^{xvi}

Вторая группа — это теории, в основу которых положен принцип **близкого действия**.^{xvii}

Остановимся сначала на развитии теории дальнего действия, которая получила в XVIII в. почти всеобщее признание. Основоположниками теории дальнего действия были Франклин и петербургский академик **Эпинус**^{xviii}. Франклин еще в 40-х г. XVIII в. построил теорию электрических явлений. Он предположил, что существует особая электрическая материя, представляющая собой некую тонкую, невидимую жидкость. Частицы этой материи обладают свойством отталкиваться друг от друга

и притягиваться к частицам обычной материи, т.е. к частицам вещества, по современным понятиям. Электрическая материя присутствует в телах в определенных количествах, и в этом случае ее присутствие не обнаруживается. Но если в теле появляется избыток этой материи, то тело электризуется положительно; наоборот, если в теле будет недостаток этой материи, то тело электризуется отрицательно. Название («положительное и отрицательное электричество», которое так и осталось в науке, принадлежит Франклину. Электрическая материя, по Франклину, состоит из особо тонких частиц, поэтому она может проходить сквозь вещество. Особенно легко она проходит через проводники. Из теории Франклина следует очень важное положение о сохранении электрического заряда. Действительно, для создания, например, отрицательного заряда на каком-либо теле нужно от него отнять некоторое количество электрической жидкости, которая должна перейти на другое тело и образовать там положительный заряд такой же величины. После соединения этих тел электрическая материя вновь распределится между ними так, чтобы эти тела стали электрически нейтральными. Это положение Франклин демонстрировал на опыте. Два человека стоят на смоляном диске (для изоляции их от окружающих предметов и земли). Один человек натирает стеклянную трубку. Другой касается этой трубки пальцем и извлекает искру. Оба человека теперь оказываются наэлектризованными: один — отрицательным электричеством, другой — положительным. Но при этом их заряды равны по абсолютной величине.

После соприкосновения люди потеряют свои заряды и станут электрически нейтральными. Теория Франклина была развита Францем Эпинусом (1724 — 1802). При этом Эпинус как бы брал за образец теорию тяготения Ньютона. Ньютон предположил, что между всеми частицами обычных тел действуют дальнедействующие силы. Эти силы центральные, т.е. они действуют по прямой, соединяющей частицы. Эпинус же предполагает, что между частицами электрической материи также действуют центральные дальнедействующие силы. Только силы тяготения являются силами притяжения, силы же, действующие между частицами электрической материи, — силами отталкивания. Кроме того, между частицами электрической материи и частицами обычного вещества, так же как и у Франклина действуют силы притяжения. И эти силы аналогично силам тяготения являются дальнедействующими и центральными. Далее Эпинус подобно Ньютону говорит, что введенные им силы нужно признать как факт и что в настоящее время нельзя объяснить, каким образом они действуют через пространство. Придумывать же необоснованные гипотезы он не желает. Здесь он полностью копирует Ньютона. Эпинус идет дальше, сравнивал силы тяготения и электрические силы. Он предполагает, что силы, действующие между частицами электрической материи, «изменяются обратно пропорционально квадрату расстояния. Так можно предполагать с некоторым правдоподобием, ибо в пользу такой зависимости, по-видимому, говорит аналогия с другими явлениями природы». Эта предполагаемая аналогия и дает возможность Эпинусу построить теорию электрических явлений. Одной из интересных его работ было исследование электрической индукции. Эпинус показал, что если к проводнику приблизить заряженное тело, то на проводнике появляются электрические заряды. При этом сторона его, к которой подносят заряженное тело, электризуется зарядом противоположного знака.

И наоборот, на удаленной части проводника образуется заряд того же знака, что и на поднесенном теле. Если убрать заряженное тело, то проводник снова становится незаряженным. Но если проводник может быть разделен на две части в присутствии заряженного тела, то получатся два проводника, заряженные

разноименными зарядами, которые останутся и при удалении индуцирующего заряда. Эпинус подтвердил и закон сохранения электрического заряда. Он писал: «Если я хочу в каком-либо теле увеличить количество электрической материи, я должен неизбежно взять ее вне его и, следовательно, уменьшить ее в каком-либо другом теле».

Одновременно с теорией электрических явлений, основанной на представлении о дальнодействии, появляются теории этих явлений, в основе которых лежит принцип близкодействия. Одним из родоначальников этой теории можно считать Ломоносова. Ломоносов был противником теории дальнодействия. Он считал, что тело не может действовать на другие мгновенно через пустое или заполненное чем-либо пространство. Он полагал, что электрическое взаимодействие передается от тела к телу через особую среду, заполняющую все пустое пространство, в частности и пространство между частицами, из которых состоит «весомая материя», т.е. вещество. Электрические явления, по Ломоносову, следует рассматривать как определенные микроскопические движения, происходящие в эфире. То же самое относится и к магнитным явлениям. На точке зрения близкодействия в теории электричества и магнетизма стоял и другой петербургский академик — **Л. Эйлер^{xix}**. В середине XVIII в., как и Ломоносов, он выступил за теорию близкодействия. Он предполагал существование эфира, движением и свойствами которого объяснял наблюдаемые электрические явления. Однако теоретические представления Ломоносова и Эйлера в то время не могли получить развития.

Вскоре был открыт **закон Кулона^{xx}**. Он был по своей форме таким же, как и закон всемирного тяготения, и, естественно, его понимание было таким же, как и понимание закона тяготения. Таким образом, закон Кулона был воспринят как доказательство теории дальнодействия. После открытия закона Кулона теория дальнодействия совсем вытесняет теорию близкодействия. И только в XIX в. Фарадей возрождает теорию близкодействия. Однако ее всеобщее признание начинается со второй половины XIX в., после экспериментального доказательства теории Максвелла.

7. История открытия закона Кулона

Основной закон электростатики — закон Кулона — это закон о взаимодействии точечных электрических зарядов, был открыт Кулоном в 1785 г.

Проведя большое количество опытов с металлическими шариками, Шарль Кулон дал такую формулировку закона:

Сила взаимодействия двух точечных неподвижных заряженных тел в вакууме прямо пропорциональна произведению модулей зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.

Важно отметить, что для того, чтобы закон был верен, необходимы:

точечность зарядов — то есть расстояние между заряженными телами много больше их размеров, их неподвижность. Иначе уже надо учитывать возникающее магнитное поле движущегося заряда.

В векторном виде закон записывается следующим образом:

$$\vec{F}_{12} = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r_{12}^2} \vec{r}_{12}$$

где \vec{F}_{12} — сила, с которой заряд 1 действует на заряд 2;
 q_1, q_2 — величина зарядов

\vec{r}_{12} ; — радиус-вектор (вектор, направленный от заряда 1 к заряду 2, и равный, по модулю, расстоянию между зарядами — r_{12});
 k — коэффициент пропорциональности.

Коэффициент k

В СГСЭ единица измерения заряда выбрана таким образом, что коэффициент $k = 1$ и, как правило, опускается.

В СИ $k \approx 8,987742438 \cdot 10^9$ Н·м²/Кл² (или Ф·1·м) и записывается следующим

образом:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

где $\epsilon_0 \approx 8.854187817 \cdot 10^{-12}$ Ф/м — электрическая постоянная.

В однородном изотропном веществе в знаменатель формулы добавляется диэлектрическая проницаемость среды ϵ .

В СГСЭ

$$k = \frac{1}{\epsilon}$$

В СИ

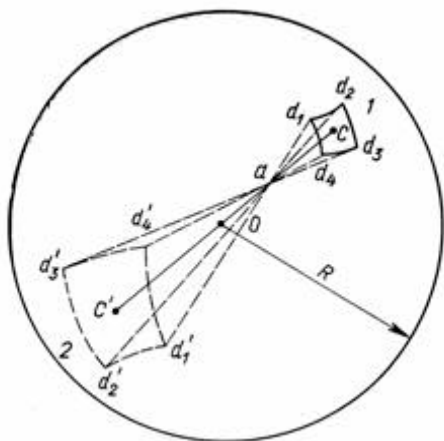
$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon}$$

Хотя⁵ закон был установлен французским физиком Кулоном в 80-х гг. XVIII в. Однако история его открытия начинается раньше. Эта история показывает один из путей, по которому развивается физика, — путь применения аналогии, о котором мы упоминали выше. Мы видели, что Эпинус уже догадывался о том, что сила взаимодействия между электрическими зарядами обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. И эта догадка возникла на основе некоторой аналогии между силами тяготения и электрическими силами. Но аналогия не является доказательством. Вывод из аналогии всегда требует проверки. Опираясь только на аналогию, можно прийти и к неверным результатам. Эпинус не проверил справедливость данной аналогии, и поэтому его высказывание имело только предположительный характер. Иначе поступил английский ученый **Генри Кавендиш**^{xxi} (1731 — 1810). Он также исходил из аналогии между силами тяготения и силами электрического взаимодействия. Но он пошел дальше, нежели Эпинус, и проверил на опыте выводы, вытекающие из нее. Дадим представление об исследовании, выполненном Кавендишем. Было известно, что если взять полый шар с равномерно распределенной массой, т.е. с постоянной плотностью, то сила тяготения действующая внутри шара на какую-либо массу, будет равна нулю.

⁵ Примерно за 11 лет до Кулона закон взаимодействия зарядов был открыт Г.Кавендишем, однако результат не был опубликован и долгое время оставался неизвестным.

Сам Кулон занимался исследованием кручения нитей и изобрел крутильные весы. Он открыл свой закон, измеряя с помощью них силы взаимодействия заряженных шариков.

Это следует из простых соображений. Попробуем их понять.



Представим себе очень тонкий шаровой слой, образованный двумя очень близкими сферами, имеющими один и тот же центр. Пусть, например, радиус внешней сферы будет R , а толщина слоя d . Плотность материала, из которого состоит шаровой слой — ρ .

Определим силу тяготения, действующую со стороны нашего слоя на материальную точку, помещенную внутри него в какой-то точке a .

Для этой цели проведем через точку a и центр O прямую. Эта прямая пересечет внешнюю сферу в двух точках C и C' . Построим теперь на поверхности сферы вокруг точки C очень маленький четырехугольник 1, настолько маленький, что его можно рассматривать как плоский квадрат. Обозначим углы этого квадрата d_1, d_2, d_3, d_4 . Пусть его площадь S , объем соответствующего элемента шарового слоя V . Проведем затем прямые линии через точку a и точки d_1, d_2, d_3, d_4 . Эти прямые пересекут сферу вторично в точках d_1, d_2, d_3, d_4' . Соединив эти точки, мы получим второй четырехугольник 2, который также можно будет рассматривать как плоский квадрат. Пусть его площадь будет S' , а соответствующий элемент объема шарового слоя будет V' . Легко видеть, что сила тяготения, действующая на массу m , помещенную в точке a , со стороны элементов шарового слоя V и V' , будет равна нулю. Действительно, массы этих элементов будут относиться как площади квадратов S и S' . В свою очередь, площади квадратов S и S' будут прямо пропорциональны квадратам их сторон, следовательно, прямо пропорциональны квадратам расстояний этих элементов до точки a — Ca и $C'a$. Таким образом, силы тяготения, действующие на массу со стороны элементов 1 и 2, будут прямо пропорциональны квадратам расстояний этих элементов до точки a .

Но с другой стороны, эти силы по закону всемирного тяготения должны быть, наоборот, обратно пропорциональны квадратам расстояний этих элементов до точки a . Учитывая, что силы, действующие со стороны противоположных элементов, имеют противоположные направления, приходим к выводу, что сумма этих сил должна быть равна нулю. Отсюда сейчас же следует и общий вывод о равенстве нулю силы тяготения, действующей на массу, помещенную внутри шарового слоя. Действительно, ведь мы можем весь шаровой слой разбить на маленькие элементы, подобные элементам 1. И для любого элемента всегда найдется другой элемент, действие которого на массу будет прямо противоположным. В результате этого сила тяготения, действующая внутри шарового слоя на массу, будет равна нулю. Таков результат, к которому мы пришли. Нужно только подчеркнуть, что этот результат справедлив для случая, когда сила обратно пропорциональна именно квадрату расстояния. Если бы сила была пропорциональна расстоянию в другой степени, такого результата мы бы не получили. Полученный вывод мы можем сейчас же перенести на случай электрических сил. Представим себе опять тонкий шаровой слой, на поверхности

которого равномерно распределен электрический заряд. Поместим внутрь этого слоя другой заряд. Если сила взаимодействия между зарядами обратно пропорциональна квадратам расстояний между ними, то по аналогии с п сила, действующая на него со ст по шаровому слою, будет равна нулю. Если поместить внутрь слоя второй такой же заряд того же знака, то они будут отталкиваться друг от друга и двигаться в противоположные стороны. Кавендиш в 70-х гг. XVIII в. проделал такой опыт. Он взял заряженный металлический шар и поместил его внутрь полого металлического шара, образованного двумя полушариями. Внешний полый шар сначала был не заряжен. Затем внутренний шар тонкой проволокой соединялся с внешним шаром, для чего было сделано в последнем маленькое отверстие. Через некоторое время полушария разъединяли и освобождали внутренний шар. После этого соединяли его с электроскопом. Что показывал электроскоп? Если правильно предположение, что силы взаимодействия между зарядами (в данном случае силы отталкивания) обратно пропорциональны квадрату расстояния между ними, то электроскоп покажет отсутствие заряда. Действительно, как только внутренний шар соединяли проволокой с полушариями, так сейчас же электричество начинало перетекать с шара по проволоке на полушария, равномерно распределяясь на них.

Ведь между зарядами, находящимися на таре, действовала сила отталкивания, но пока шар изолирован, заряды не могли его покинуть. Попав же на внешний шар, заряды равномерно распределялись на его поверхности, и их действие на заряд, находящийся внутри шара, прекращалось. Перетекание зарядов с внутреннего шара на внешний будет происходить до тех пор, пока они все не покинут внутренний шар. Отсюда Кавендиш и сделал вывод о том, что силы взаимодействия между электрическими зарядами обратно пропорциональны квадрату расстояния между ними. Таким образом, мы должны сказать, что Кавендиш первым экспериментально установил закон взаимодействия электрических зарядов. Однако он не обнаружил своего открытия. И эта работа оставалась при его жизни неизвестной. О ней узнали гораздо позже, только в середине прошлого столетия, после того как Максвелл опубликовал ее. Конечно, к этому времени она имела уже чисто исторический интерес. Не зная об исследованиях Кавендиша, французский ученый Шарль Кулон (1736 — 1806) в 80-х гг. XVIII в. проделал ряд опытов и установил основной закон электростатики, получивший его имя. Кулон установил, во-первых, что сила взаимодействия между точечными зарядами обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Эта сила будет силой отталкивания, если заряды одноименные, и силой притяжения, если заряды разноименные. Во-вторых, Кулон ввел понятие количества электричества и определил, что сила взаимодействия между зарядами пропорциональна их величине. Кулон также экспериментально исследовал силы взаимодействия между магнитами.

На основании данных эксперимента и полагая, что наряду с электрическими существуют и магнитные заряды, Кулон пришел к заключению, что силы взаимодействия между магнитными зарядами или магнитными массами также обратно пропорциональны квадрату расстояния между ними. В связи с этим закон Кулона для взаимодействия магнитов стали выражать как закон взаимодействия между магнитными массами m_1 и m_2 в виде формулы: В последующем, уже в XIX в. выяснилось, что магнитных зарядов не существует. Но законом Кулона для

магнитов $F \sim \frac{m_1 m_2}{r^2}$ продолжали пользоваться, хотя ему уже придавали иной смысл, нежели тот, который вкладывал в него Кулон.

8. Введение понятия потенциалов электростатику

Открытие закона Кулона было очень важным шагом в развитии учения об электричестве и магнетизме. Это был первый физический закон, выражающий количественные соотношения между физическими величинами в учении об электричестве и магнетизме. С помощью этого закона можно было решать задачи о нахождении сил, действующих на заряды со стороны других зарядов, как угодно расположенных в пространстве. Если это были точечные заряды, то подобные задачи решались сразу непосредственным применением закона Кулона. Если же заряды распределялись в телах непрерывно по объему или по поверхности, то нужно было ввести понятие объемной или поверхностной плотности зарядов. Именно когда заряды непрерывно распределялись по объему, то плотность заряда ρ определялась величиной Dq/DV , где DV — элемент объема, а Dq — заряд, находящийся в этом объеме, совсем так же, как определяется плотность вещества в случае неравномерного распределения масс в теле. Аналогично и поверхностная плотность заряда σ определяется по формуле: $\sigma = Dq/DS$, где DS — элемент поверхности, а Dq — заряд, приходящийся на этот элемент поверхности. Далее, для определения сил, действующих на заряженные тела в случае непрерывного распределения зарядов, поступали аналогично тому, как поступали в теории тяготения для случая непрерывно распределенных масс.

Объем или поверхность рассматриваемых тел разбивали на элементы объема или элементы поверхности и для взаимодействия зарядов, находящихся в этих элементах объема или на этих элементах поверхности, применяли непосредственно закон Кулона, поскольку такие заряды можно было считать точечными. Однако такого рода задачи не представляли большого интереса. Гораздо более интересными и важными были задачи, в которых требовалось определить распределение зарядов на проводниках. Такова, например, задача о распределении электричества на проводнике заданной формы. Имеется проводник заданной формы. Ему сообщают определенный электрический заряд. Нужно найти, как распределится этот заряд на проводнике и какова будет «электрическая сила» в пространстве, окружающем этот проводник. Мы сказали «электрическая сила»), а не напряженность электрического поля потому, что еще ни понятия поля, ни понятия напряженности не было. Говорили о силе, которая действует на заряд, помещенный в какую-либо точку пространства. Для решения этой задачи сразу применять закон Кулона нельзя, потому что распределение зарядов неизвестно. Как же поступить в этом случае? Уже Кулон наметил путь решения этой задачи.

Он установил, что электрический заряд располагается только на поверхности проводника, но с различной поверхностной плотностью.

При этом, как уже было ясно, «электрические силы», действующие внутри проводника, должны быть равны нулю. Этот принцип положил в основу разработанной им теории распределения зарядов по проводнику французский ученый **Пуассон**^{xxii} в начале XIX в. Пуассон (так же как и Кулон) считал в противоположность мнениям Франклина и Эпинуса, что существуют две электрические жидкости (положительное и отрицательное электричество). Частицы одной и той же жидкости отталкиваются, а разных — притягиваются. Силы притяжения и отталкивания определяются законом Кулона. В незаряженном состоянии в теле имеются равные количества электричества обоих знаков. Они распределены равномерно и не обнаруживают себя. Тело приобретает электрический заряд, если ему сообщается дополнительное количество электричества того или иного знака. В проводниках электрические частицы передвигаются свободно, в непроводниках их передвижение затруднено. Если проводящему электричество телу сообщают электрический заряд, то

электрические частицы, отталкиваясь друг от друга, будут стремиться к поверхности проводника. И так как проводник окружен непроводящим воздухом, то электричество будет скапливаться тонким слоем на его поверхности. Этот процесс пойдет до тех пор, пока все частицы электрической материи не соберутся на поверхности. И в этом случае электрические силы внутри проводника станут равными нулю, какими они были и до того, как проводнику сообщили электрический заряд. Равенство нулю «электрической силы» внутри проводника является главным условием, на основе которого можно решать задачу о распределении электрического заряда в проводнике. И так как этот заряд располагается на его поверхности, то определяют поверхностную плотность электричества на этом проводнике. Пользуясь указанным принципом, Пуассон решает задачу о распределении плотности электрического заряда на проводниках, имеющих форму шара, эллипсоида, двух соприкасающихся шаров. Что касается распределения заряда на поверхности шара, то эта задача решается сразу, исходя из симметрии фигуры. Действительно, ведь все точки поверхности шара совершенно одинаковы, и нет никакого основания для того, чтобы в какой-либо точке плотность электрического заряда отличалась бы от его плотности в другой точке, поэтому мы приходим к заключению, что электрический заряд распределяется с равномерной плотностью по всей поверхности шара.

Решая задачи на распределение электричества по поверхности проводников, Пуассон пришел к мысли ввести некоторую функцию, зависящую от координат, которая облегчала бы решение задач. Она замечательна тем, что принимает постоянное значение на поверхности проводника. Изучил свойства этой функции и широко применил ее для решения задач на распределение электрических зарядов английский ученый **Грин**⁶, который и назвал эту функцию потенциальной. Впоследствии же она получила наименование потенциала электрического поля. Грин выяснил, что физический смысл имеет не сама эта функция, а разность ее значений для различных точек пространства. В различных точках проводника значение функции всегда одинаково. Говоря современным языком, поверхность проводника является эквипотенциальной поверхностью. Помимо Грина, теорию потенциала разрабатывал немецкий математик **К.Ф. Гаусс**^{xxiii}. Понятие потенциала электрического поля непосредственно связано с понятием потенциальной энергии. Действительно, потенциал в данной точке равен потенциальной энергии, которой обладает единичный положительный заряд, помещенный в эту точку.

При этом значение потенциала, так же как и потенциальной энергии, определяется с точностью до произвольной постоянной. В связи с этим следует говорить не о потенциале данной точки, а о разности потенциалов между двумя точками (или потенциале данной точки относительно потенциала другой выбранной точки). Потенциал, так же как и потенциальная энергия, определяется работой, производимой электрическими силами при перемещении заряда в пространстве. Именно разность потенциалов двух точек электрического поля равна взятой с обратным знаком работе поля по перемещению единичного заряда из одной точки в другую.

⁶ Основание электростатики положили работы Кулона (хотя за десять лет до него такие же результаты, даже с ещё большей точностью, получил Кавендиш. Результаты работ Кавендиша хранились в семейном архиве и были опубликованы только спустя сто лет); найденный последним закон электрических взаимодействий дал возможность **Грину**, Гауссу и Пуассону создать изящную в математическом отношении теорию. Самую существенную часть электростатики составляет теория потенциала, созданная **Грином** и Гауссом. Очень много опытных исследований по электростатике было произведено Рисом [1] книги которого составляли в прежнее время главное пособие при изучении этих явлений.

РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ

1. История изобретения гальванического элемента

Важнейшим шагом вперед в развитии учения об электрических и магнитных явлениях было изобретение первого источника постоянного тока — гальванического элемента. История этого изобретения начинается с работ итальянского врача Луиджи Гальвани (1737 — 1798), относящихся к концу XVIII в. Гальвани интересовался физиологическим действием электрического разряда. Начиная с 80-х гг. XVIII столетия, он предпринял ряд опытов для выяснения действия электрического разряда на мускулы препарированной лягушки. Однажды он обнаружил, что при проскакивании искры в электрической машине или при разряде лейденской банки мускулы лягушки сокращались, если к ним в это время прикасались металлическим скальпелем. Заинтересовавшись наблюдаемым эффектом, Гальвани решил проверить, не будет ли оказывать такое же действие на лапки лягушки атмосферное электричество. Действительно, соединив один конец нерва лапки лягушки проводником с изолированным шестом, выставленным на крыше, а другой конец нерва с землей, он заметил, что во время грозы время от времени происходило сокращение мускулов лягушки. Затем Гальвани подвесил препарированных лягушек за медные крюки, зацепленные за их спинной мозг, около железной решетки сада.

Он обнаружил, что иногда, когда мышцы лягушки касались железной ограды, происходило сокращение мускулов. Причем эти явления наблюдались и в ясную погоду. Следовательно, решил Гальвани, в данном случае уже не гроза является причиной наблюдаемого явления. Для подтверждения этого вывода Гальвани проделал подобный опыт в комнате. Он взял лягушку, у которой спинной нерв был соединен с медным крюком, и положил ее на железную дощечку. Оказалось, что когда медный крючок касался железа, то происходило сокращение мускулов лягушки. Гальвани решил, что открыл «животное электричество», т.е. электричество, которое вырабатывается в организме лягушки. При замыкании нерва лягушки посредством медного крюка и железной дощечки образуется замкнутая цепь, по которой пробегает электрический заряд (электрическая жидкость или материя), что и вызывает сокращение мускулов. Открытием Гальвани заинтересовались и физики и врачи. Среди физиков был соотечественник Гальвани Алессандро Вольта. (1745 — 1827). Вольта повторил опыты Гальвани, а затем решил проверить, как будут себя вести мускулы лягушки, если через них пропустить не («животное электричество»), а электричество, полученное каким-либо из известных способов. При этом он обнаружил, что мускулы лягушки так же сокращались, как и в опыте Гальвани. Проведя такого рода исследования, Вольта пришел к выводу, что лягушка является только («прибором»), регистрирующим протекание электричества, что никакого особого «животного электричества» не существует.

Почему же все-таки в опыте Гальвани мускулы лягушки регистрируют протекание электрического разряда? Что является в данном случае источником электричества? Вольта предположил, что причиной электричества является контакт двух различных металлов. Нужно отметить, что уже Гальвани заметил зависимость силы судорожного сжатия мускулов лягушки от рода металлов, образующих цепь, по которой протекает электричество. Однако Гальвани не обратил на, то серьезного внимания. Вольта же, наоборот, усмотрел в нем возможность построения новой теории. Не согласившись с теорией («животного электричества»), Вольта выдвинул теорию «металлического электричества». По этой теории причиной гальванического электричества является соприкосновение различных

металлов. В каждом металле, считал Вольта, содержится электрическая жидкость (флюид), которая, когда металл не заряжен, находится в покое и себя не проявляет. Но если соединить два различных металла, то равновесие электричества внутри них нарушится: электрическая жидкость придет в движение. При этом электрический флюид в некотором количестве перейдет из одного металла в другой, после чего равновесие вновь восстановится. Но в результате этого металлы наэлектризуются: один — положительно, другой — отрицательно. Эти соображения Вольта подтвердил на опыте. Ему удалось показать, что действительно при простом соприкосновении двух металлов один из них приобретает положительный заряд, а другой отрицательный. Таким образом, Вольта открыл так называемую контактную разность потенциалов. Вольта проделывал следующий опыт. На медный диск, прикрепленный к обыкновенному электроскопу вместо шарика, он помещал такой же диск, изготовленный из другого металла и имеющий рукоятку. Диски при наложении в ряд приходили в соприкосновение. В результате этого между дисками появлялась контактная разность потенциалов (по терминологии Вольта, между дисками возникала «разность напряжений»). Для того чтобы обнаружить «разность напряжений», появляющуюся при соприкосновении различных металлов, которая, вообще говоря, мала (порядка 1В), Вольта поднимал верхний диск и тогда листочки электроскопа заметно расходились. Это вызывалось тем, что емкость конденсатора, образованного дисками, уменьшалась, а разность потенциалов между ними во столько же раз увеличивалась.

Но открытие контактной разности потенциалов между различными металлами еще не могло объяснить опытов Гальвани с лягушками. Нужны были дополнительные предположения. Составим обычную замкнутую цепь проводников из разных металлов. Несмотря на то что между этими металлами возникает разность потенциалов, постоянного течения электричества по цепи не получается. Это сразу понятно для простейшего случая двух металлов. Возьмем, например, два куска медной и цинковой проволоки и соединим их концы. Тогда одна из них (цинковая) зарядится отрицательным электричеством, а медная — положительным. Если теперь соединить и другие концы этих проволок, то и в этом случае второй конец цинковой проволоки будет электризоваться отрицательно, а соответствующий конец медной проволоки положительно. И постоянного течения электричества в цепи не получится. Но в опыте Гальвани соединялись не только металлы. В цепь включались и мышцы лягушки, содержащие и себе жидкость. Вот в этом и заключается все дело — решил Вольта. Он предположил, что все проводники следует разбить на два класса: проводники первого рода — металлы и некоторые другие твердые тела и проводники второго рода — жидкости. При этом Вольта решил, что разность потенциалов возникает только при соприкосновении проводников первого рода. Такое предположение объясняло опыт Гальвани.

В результате соприкосновения двух различных металлов нарушается равновесие в них электричества. Это равновесие восстанавливается в результате того, что металлы соединяются через тело лягушки. Таким образом электрическое равновесие все время нарушается и все время восстанавливается, значит, электричество все время движется. Такое объяснение опыта Гальвани неверно, но оно натолкнуло Вольта на мысль о создании источника постоянного тока — гальванической батареи. И вот в 1800 г. Вольта построил первую гальваническую батарею — Вольтов столб. Вольтов столб состоял из нескольких десятков круглых серебряных и цинковых пластин, положенных друг на друга. Между парами пластин были проложены картонные кружки, пропитанные соленой водой. Такой прибор служил источником непрерывного электрического тока. Интересно, что в

качестве довода о существовании непрерывного электрического тока Вольта опять-таки привлекал непосредственные ощущения человека. Он писал, что если крайние пластины замкнуты через тело человека, то сначала, как и в случае с лейденской банкой, человек испытывает удар и покалывание. Затем возникает ощущение непрерывного жжения, «которое не только не утихает, — говорит Вольта, — но делается все сильнее и сильнее, становясь скоро невыносимым, до тех пор пока цепь не разомкнется». Изобретение Вольтова столба — первого источника постоянного тока — имело огромное значение для развития учения об электричестве и магнетизме. Что же касается объяснения действия этого прибора Вольта, то оно, как мы видели, было ошибочным. Это вскоре заметили некоторые ученые. Действительно, по теории Вольта получалось, что с гальваническим элементом во время его действия не происходит никаких изменений. Электрический ток течет по проволоке, нагревает ее, может зарядить лейденскую банку и т. д., но сам гальванический элемент при этом остается неизменным. Но такой прибор является не чем иным, как вечным двигателем, который, не изменяясь, производит изменение в окружающих телах, в том числе и механическую работу. К концу XVIII в. среди ученых уже широко распространилось мнение о невозможности существования вечного двигателя. Поэтому многие из них отвергли теорию действия гальванического элемента, придуманную Вольта. В противовес теории Вольта была предложена химическая теория гальванического элемента. Вскоре после его изобретения было замечено, что в гальваническом элементе происходят химические реакции, в которые вступают металлы и жидкости.

Правильная химическая теория действия гальванического элемента вытеснила теорию Вольта. После открытия Вольтова столба ученые разных стран начали исследовать действия электрического тока. При этом совершенствовался и сам гальванический элемент. Уже Вольта наряду со «столбом» стал употреблять более удобную чашечную батарею гальванических элементов. Для исследования действий электрического тока стали строить батареи со все большим и большим числом элементов. Наиболее крупную батарею в самом начале XIX в. построил русский физик Василий Владимирович Петров (1761 — 1834) в Петербурге. Его батарея состояла из 4200 цинковых и медных кружков. Кружки укладывались в ящик горизонтально и разделялись бумажными прокладками, пропитанными нашатырем. Батарея Петрова была описана им в его книге («Известия о Гальвани-Вольтовых опытах», вышедшей в России в 1803 г. Первые шаги в изучении электрического тока относились к его химическим действиям. Уже в том же году, в котором Вольта изобрел гальваническую батарею, было открыто свойство электрического тока разлагать воду. Вслед за этим было произведено разложение электрическим током растворов некоторых солей.

В 1807 г. английский химик Дэви путем электролиза расплавов едких щелочей открыл новые элементы: калий и натрий. Исследование химического действия тока и выяснение химических процессов, происходящих в гальванических элементах, привело ученых к разработке теории прохождения электрического тока через электролиты. Вслед за изучением химического действия тока ученые обратились к его тепловым и оптическим действиям. Наиболее интересным результатом этих исследований в самом начале XIX в. было открытие электрической дуги Петровым. Открытие, сделанное Петровым, было забыто. Многие, особенно иностранные, ученые о нем не знали, так как книга Петрова была написана на русском языке. Поэтому, когда Дэви в 1812 г. снова открыл электрическую дугу, его стали считать автором этого открытия. Наиболее важным событием, приведшим вскоре к новым представлениям об электрических и

магнитными явлениями, было открытие магнитного действия электрического тока. К изложению истории этого открытия мы и переходим.

2. Открытие электромагнетизма

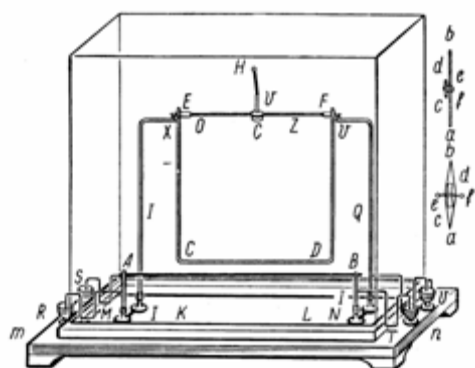
В XVIII в. электричество и магнетизм считались хотя и похожими, но все же имеющими различную природу явлениями. Правда, были известны некоторые факты, указывающие на существование как будто бы связи между магнетизмом и электричеством, например намагничение железных предметов в результате ударов молнии. Больше того, Франклину удалось как будто бы намагнитить кусок железа с помощью разряда лейденской банки. Все-таки известные факты не позволяли уверенно утверждать, что между электрическими и магнитными явлениями существует связь. Такую связь впервые обнаружил датский физик Ханс Кристиан Эрстед (1777 — 1851) в 1820 г. Он открыл действие электрического тока на магнитную стрелку. Интересна история этого открытия. Идем о связи между электрическими и магнитными явлениями Эрстед высказал еще в первом десятилетии XIX в. Он полагал, что в явлениях природы, несмотря на все их многообразие, имеется единство, что все они связаны между собой. Руководствуясь этой идеей, он поставил перед собой задачу выяснить на опыте, в чем эта связь проявляется. Эрстед открыл, что если над проводником, направленным вдоль земного меридиана, поместить магнитную стрелку, которая показывает на север, и по проводнику пропустить электрический ток, то стрелка отклоняется на некоторый угол. После того как Эрстед опубликовал свое открытие, многие физики занялись исследованием этого нового явления. Французские ученые Био и Савар постарались установить закон действия тока на магнитную стрелку, т.е. определить, как и от чего зависит сила, действующая на магнитную стрелку, когда она помещена около электрического тока.

Они установили, что сила, действующая на магнитный полюс (на конец длинного магнита) со стороны прямолинейного проводника с током, направлена перпендикулярно к кратчайшему расстоянию от полюса до проводника и модуль ее обратно пропорционален этому расстоянию. Познакомившись с работой Био и Савара, Лаплас заметил, что для расчета «магнитной» силы, т.е. говоря современным языком, напряженности магнитного поля, полезно рассматривать действие очень малых отрезков проводника с током на магнитный полюс. Из измерений Био и Савара следовало, что если ввести понятие элемента проводника dl , то сила dF , действующая со стороны этого элемента на полюс магнита, будет пропорциональна $dF \sim (dl/r^2)\sin\alpha$, где dl — элемент проводника, а α — угол, образованный этим элементом и прямой, проведенной из элемента dl в точку, в которой определяется сила, а r — кратчайшее расстояние от магнитного полюса до линии, являющейся продолжением элемента проводника.

$$\Delta H = k \frac{I \Delta l}{r^2} \sin \alpha$$

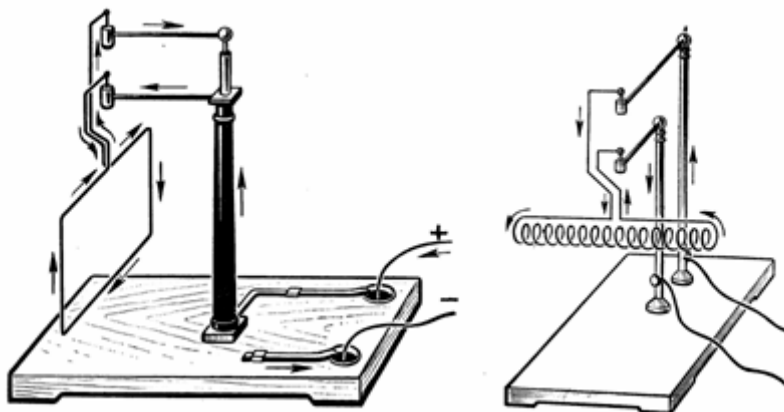
После того как было введено понятие силы тока и напряженности магнитного поля, этот закон стали записывать так: где ΔH — напряженность магнитного поля, I — сила тока, а k — коэффициент, зависящий от выбора единиц, в которых измеряются эти величины. В международной системе единиц СИ этот коэффициент равен $1/4\pi$. Новый важнейший шаг в исследовании электромагнетизма был сделан французским ученым Андре Мари Ампером (1775 — 1836) в 1820 г. Раздумывая над открытием Эрстеда, Ампер пришел к совершенно новым идеям. Он предположил, что магнитные явления вызываются взаимодействием электрических токов. Каждый магнит представляет собой систему замкнутых электрических токов, плоскости которых перпендикулярны оси магнита.

Взаимодействие магнитов, их притяжение и отталкивание объясняются притяжением и отталкиванием, существующими между токами.



Земной магнетизм также обусловлен электрическими токами, которые протекают в земном шаре. Эта гипотеза требовала, конечно, опытного подтверждения. И Ампер проделал целую серию опытов для ее обоснования. Первые опыты Ампера заключались в обнаружении сил, действующих между проводниками, по которым течет электрический ток. Опыты показали, что два прямолинейных проводника с током, расположенные параллельно друг другу, притягиваются, если токи в них имеют одинаковое направление, и отталкиваются, если направление токов противоположно. Ампер показал также, что виток с током и спиралевидный проводник с током (соленоид) ведут себя как магниты. Два таких проводника притягиваются и отталкиваются подобно двум магнитным стрелкам. Свои первые сообщения о результатах опытов Ампер с, делал на заседаниях Парижской академии наук осенью 1820 г. После этого он занялся разработкой теории взаимодействия проводников, по которым течет электрический ток. Ампер решил в основу теории взаимодействия токов положить закон взаимодействия между элементами токов. Нужно отметить, что Ампер говорил уже не просто о взаимодействии элементов проводников, как Био и Савар, а о взаимодействии элементов токов, так как к тому времени уже возникло понятие силы тока. И это понятие ввел сам Ампер. Следуя взглядам того времени о подобии элементарных сил силам тяготения, Ампер предположил, что сила взаимодействия между элементами двух токов будет зависеть от расстояния между ними и должна быть направлена по прямой, соединяющей эти два элемента. Проведя большое число опытов по определению взаимодействия токов в проводниках различной формы и по-разному расположенных друг относительно друга, Ампер в конце концов определил искомую силу. Подобно силе тяготения она оказалась обратно пропорциональной квадрату расстояния между элементами электрических токов. Но в отличие от силы тяготения ее значение зависело еще и от относительной ориентации элементов токов. Формулу, которую получил Ампер, мы приводить не будем.

Она оказалась неверной, потому что он заранее предположил, что сила взаимодействия между элементами токов должна быть направлена по прямой, соединяющей эти элементы. На самом же деле эта сила направлена под углом к этой прямой. Однако вследствие того что Ампер проводил опыты с замкнутыми постоянными токами, он получал при расчетах по своей формуле правильные результаты. Оказывается, что для замкнутых проводников формула Ампера приводит к тем же результатам, что и исправленная впоследствии формула, выражающая силу взаимодействия между элементами токов, которая по-прежнему носит название закона Ампера.



3. Открытие электромагнитной индукции

Следующим важным шагом в развитии электродинамики после опытов Ампера было открытие явления электромагнитной индукции. Открыл явление электромагнитной индукции английский физик Майкл Фарадей (1791 — 1867). Фарадей, будучи еще молодым ученым, так же как и Эрстед, думал, что все силы природы связаны между собой и, более того, что они способны превращаться друг в друга. Интересно, что эту мысль Фарадей высказывал еще до установления закона сохранения и превращения энергии. Фарадей знал об открытии Ампера, о том, что он, говоря образным языком, превратил электричество в магнетизм. Раздумывая над этим открытием, Фарадей пришел к мысли, что если «электричество создает магнетизм», то и наоборот, «магнетизм должен создавать электричество». И вот еще в 1823 г. он записал в своем дневнике: «Обратить магнетизм в электричество». В течение восьми лет Фарадей работал над решением поставленной задачи. Долгое время его преследовали неудачи, и, наконец, в 1831 г. он решил ее — открыл явление электромагнитной индукции. **Во-первых**, Фарадей обнаружил явление электромагнитной индукции для случая, когда катушки намотаны на один и тот же барабан. Если в одной катушке возникает или пропадает электрический ток в результате подключения к ней или отключения от нее гальванической батареи, то в другой катушке в этот момент возникает кратковременный ток. Этот ток обнаруживается гальванометром, который присоединен ко второй катушке. **Во-вторых** Фарадей установил также наличие индукционного тока в катушке, когда к ней приближали или удаляли от нее катушку, в которой протекал электрический ток. Наконец, **третий случай** электромагнитной индукции, который обнаружил Фарадей, заключался в том, что в катушке появлялся ток, когда в нее вносили или же удаляли из нее магнит. Открытие Фарадея привлекло внимание многих физиков, которые также стали изучать особенности явления электромагнитной индукции. На очереди стояла задача установить общий закон электромагнитной индукции. Нужно было выяснить, как и от чего зависит сила индукционного тока в проводнике или от чего зависит значение электродвижущей силы индукции в проводнике, в котором индуцируется электрический ток. Эта задача оказалась трудной. Она была полностью решена Фарадеем и Максвеллом позже в рамках развитого ими учения об электромагнитном поле. Но ее пытались решить и физики, которые придерживались обычной для того времени теории дальнего действия в учении об электрических и магнитных явлениях. Кое-что этим ученым удалось сделать. При этом им пошло открытое петербургским

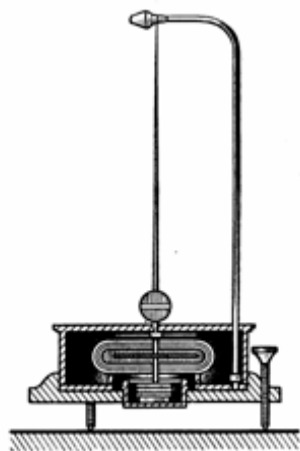
академиком Эмилием Христиановичем Ленцем (1804 — 1865) правило для нахождения направления индукционного тока в разных случаях электромагнитной индукции. Ленц сформулировал его так: «Если металлический проводник движется поблизости от гальванического тока или магнита, то в нем возбуждается гальванический ток такого направления, что если бы данный проводник был неподвижным, то ток мог бы обусловить его перемещение в противоположную сторону; при этом предполагается, что покоящийся проводник может перемещаться только в направлении движения или в противоположном направлении».

Это правило очень удобно для определения направления индукционного тока. Им мы пользуемся и сейчас, только оно сейчас формулируется несколько иначе, с упреждением понятия электромагнитной индукции, которое Ленц не использовал. Но исторически главное значение правила Ленца заключалось в том, что оно натолкнуло на мысль, каким путем подойти к нахождению закона электромагнитной индукции. Дело в том, что в этом правиле устанавливается связь между электромагнитной индукцией и явлением взаимодействия токов.

Вопрос же о взаимодействии токов был уже решен Ампером. Поэтому установление этой связи на первых порах дало возможность определить выражение электродвижущей силы индукции в проводнике для ряда частных случаев. В общем виде закон электромагнитной индукции, как мы об этом сказали, был установлен Фарадеем и Максвеллом.

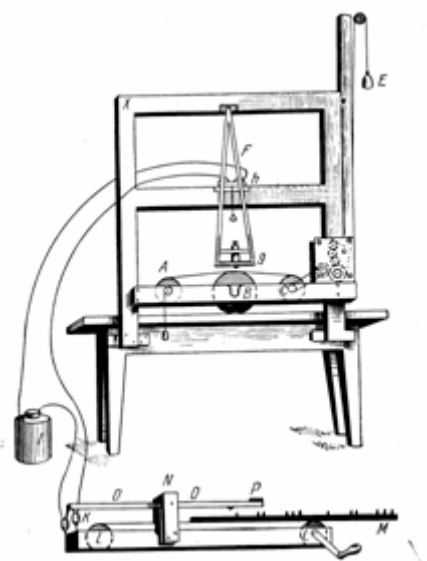
4. Начало развития электротехники

Вместе с развитием и успехами учения об электромагнитных явлениях появляется новая область техники — электротехника. Прежде всего возникает электрический



телеграф. Первый электромагнитный телеграф был изобретен русским изобретателем П. Л. Шиллингом в 1832 г. Телеграф Шиллинга состоял из передающего и принимающего устройств, соединенных несколькими проводами. В приемном аппарате имелось шесть так называемых мультипликаторов. Каждый мультипликатор представлял собой проволочную катушку, внутри которой находилась магнитная стрелка, подвешенная на нити. К нити вне катушки прикреплялась еще одна магнитная стрелка, направление полюсов которой было противоположным направлению полюсов первой стрелки. Такая система называется астатической, она употребляется для того, чтобы исключить действие на стрелки магнитного поля Земли. Помимо этого, к каждой нити был прикреплен кружок, стороны которого были окрашены в черный и белый цвета. Когда в катушку мультипликатора поступал электрический ток определенного направления, то на стрелку, находящуюся внутри катушки, действовала пара сил. Стрелка поворачивалась, вместе с ней поворачивался и кружок, показывая белую или черную сторону.

На приемном аппарате находилось шесть мультипликаторов, соединенных проводниками с передающими аппаратами: Передающий аппарат имел соответствующее число клавишей и источник электрического тока — гальваническую батарею. При нажатии определенной клавиши ток посылался по проводам в соответствующий мультипликатор, в котором стрелки и кружок поворачивались в нужном направлении. Таким образом осуществлялась передача сигналов. Из сочетания черных и белых кружков была разработана условная азбука. Телеграф Шиллинга употреблялся для практических целей. С его помощью осуществлялась связь между Зимним дворцом и зданием министерства путей сообщения в Петербурге. Вскоре появились и другие телеграфные аппараты, отличающиеся от аппарата Шинлинга.



В 1837 г. американец Морзе сконструировал более удобный телеграфный аппарат. В телеграфе Морзе при замыкании ключа электрический ток поступал в обмотку электромагнита, который притягивал висящий маятник с закрепленным на конце карандашом. При этом конец карандаша касался бумажной ленты, непрерывно передвигающейся с помощью специального механизма в горизонтальном направлении перпендикулярно плоскости качания маятника. Замыкание ключа на короткое время давало на бумажной ленте изображение точки, а на более длительное — тире. С помощью комбинаций точек и тире Морзе разработал специальный телеграфный код — азбуку Морзе. В 1844 г. Морзе построил первую телеграфную линию в Америке между Вашингтоном и Балтиморой. С этого времени началось широкое применение вершенной конструкции.

Вслед за применением электричества для связи изобретательская мысль начинает работать над задачей использования его в качестве движущей силы. Уже в 30-х гг. XIX в. появляются изобретения различных электродвигателей. Первый электродвигатель, применяемый для практических целей, был изобретен в 1834 г. петербургским академиком Б. С. Якоби (1801 — 1874).

В 1838 г. этот двигатель был применен для приведения в движение лодки, которая плавала по Неве со скоростью 2 км/ч. Предлагались и другие конструкции электрических двигателей. Однако, так же как и двигатель Якоби, они были неудобны для практики и не получали широкого применения. Только во второй половине XIX в. в результате работ ряда ученых и изобретателей появился электродвигатель, который начал широко применяться в технике. Одновременно с электродвигателем начались попытки конструирования генераторов электрического тока. Первые практически пригодные генераторы электрического тока также появились только во второй половине XIX в. Значительную роль в деле усовершенствования генераторов сыграло применение электричества для освещения. Начало применения электричества для освещения относится к 60-м гг. прошлого столетия, когда дуговая лампа (т. е. электрическая дуга) была установлена на маяках. Но применение этих ламп встречало большие трудности. Дело в том, что дуговую лампу нужно было непрерывно регулировать, так как концы угольных электродов сгорали, расстояние между ними увеличивалось, в результате этого цепь разрывалась и дуга затухала. Русский изобретатель Павел Николаевич Яблочков (1847 — 1894) много думал над усовершенствованием таких

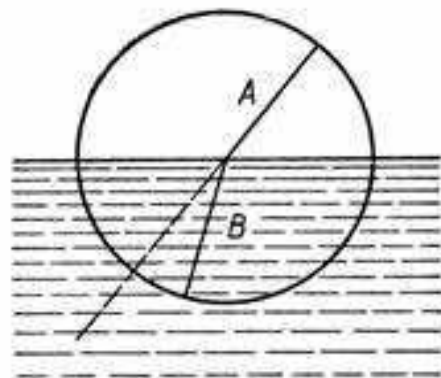
дуговых ламп и пришел к новому и оригинальному решению этой проблемы. Вместо обычного расположения угольных электродов в дуговой лампе, при котором расстояние между ними менялось по мере их сгорания, Яблочков расположил их параллельно рядом, а между ними поместил изолирующую прокладку, которая сгорала вместе с углем. Эта конструкция получила название свечи Яблочкова. В 1876 г. Яблочков взял патент на свое изобретение, и оно быстро получило распространение. «Русский свет» (так называли изобретение Яблочкова) засиял на улицах, площадях, в помещениях многих городов Европы, Америки и даже Азии. «Из Парижа, — писал Яблочков, — электрическое освещение распространилось по всему миру, дойдя до дворца шаха Персидского и до дворца короля Камбоджи»). С начала 80-х гг. появилась лампа накаливания. Первым изобретателем лампы накаливания был русский инженер А. Н. Лодыгин (1847 — 1923). Одна из конструкций лампы Лодыгина представляла собой стеклянный баллон, внутри которого в вакууме между двумя медными стержнями помещался угольный стержень. Уже в 1873 г. Лодыгин демонстрировал освещение своими лампами одной из улиц Петербурга. В 1874 г. Лодыгин получил за свое изобретение Ломоносовскую премию Академии наук. В 1879 г. американский изобретатель Эдисон создал удачную конструкцию лампы накаливания, и вскоре она получила распространение во всем мире. Использование электричества для связи, в качестве движущей силы, для освещения явилось стимулом создания электрических генераторов, изобретения трансформаторов и т. д. Появившаяся вместе с этим новая область техники — электротехника во второй половине XIX в. приобрела важное практическое значение. Все убаыстряющееся развитие электротехники приводит к необходимости совершенствования измерительной аппаратуры. Конструируются и непрерывно совершенствуются гальванометры, амперметры, вольтметры, магазины сопротивлений, конденсаторы и т. д. Все это, конечно, оказывает сильное положительное влияние на развитие научных исследований в области электромагнетизма, и развитие этой области физических наук идет все более быстрыми темпами.

РАЗВИТИЕ ОПТИКИ

1. Первые шаги в развитии геометрической оптики

В оптике, так же как и в механике, первые шаги были сделаны уже в древности. Тогда были открыты два закона геометрической оптики: закон прямолинейного распространения света и закон отражения света. К познанию этих законов древние пришли, вероятно, очень давно. Опыт повседневной жизни: наблюдение тени, перспективы, применение метода визирования при измерении земельных площадей и при астрономических наблюдениях — приводил древних, во-первых, к понятию луча света, а во-вторых, к понятию прямолинейного распространения света. Наблюдая затем явление отражения света, в частности, в металлических зеркалах, которые хорошо были известны в то время, древние пришли к пониманию закона отражения света. Указанные два закона были описаны знаменитым греческим ученым Евклидом, жившим в III в. до нашей эры. С помощью этих законов Евклид объяснил целый ряд наблюдаемых явлений и, в частности, явлений отражения света от плоских и даже сферических зеркал. Исследованием отражения света плоскими и сферическими зеркалами занимался другой знаменитый ученый древности — Архимед, живший также в III в. до нашей эры. Он знал свойство вогнутого сферического зеркала собирать световые лучи в

фокусе. Об этом сообщается в сочинениях ученых древности: Архимед знал, «почему вогнутые зеркала, помещенные против солнца, зажигают подложенный трост». Архимеду даже приписывают изобретение специальных зажигательных устройств из вогнутых зеркал, с помощью которых он будто бы сжег вражеский флот. Это, конечно, легенда. Но то, что Архимед знал зажигательное свойство вогнутого зеркала, это факт. Ученые древности имели представление о преломлении света и даже пытались установить закон преломления. Птолемей поставил с этой целью специальный опыт. Он взял диск, по которому вокруг центра вращались две линейки — указатели А и В. Этот диск Птолемей наполовину погружал в воду и перемещал верхнюю линейку до тех пор, пока она не казалась продолжением нижней, находящейся в воде. Вынув затем диск из воды, он определял углы падения и преломления. Однако, хотя эксперимент Птолемея и был поставлен правильно и он получил достаточно хорошие численные значения для углов падения и преломления, истинного закона он установить не сумел. В средние века оптика продолжала развиваться на Востоке, а затем и в Европе. Однако каких-либо новых существенных результатов за этот длительный период в жизни человечества получено не было. Единственным важным достижением за это время было изобретение в XIII в. очков. Но это изобретение существенным образом не повлияло на развитие теоретической оптики. Следующим важнейшим изобретением, сыгравшим очень большую роль в последующем развитии оптики, было создание зрительной трубы. Зрительная труба была изобретена не одним человеком. Возможно, что еще великий итальянский художник Леонардо да Винчи в самом начале XVI в. пользовался зрительной трубой. Имеются сведения о других ученых и изобретателях, которые также пришли к этому изобретению. Однако решающий шаг в изобретении зрительной трубы был сделан Галилеем. В 1609 г. Галилей построил зрительную трубу. Свое изобретение он использовал как телескоп для наблюдения небесных тел и сделал при этом целый ряд важнейших астрономических открытий, которые дали ему возможность выступить в защиту учения Коперника. Однако Галилей не занимался теоретическими исследованиями по оптике. Он даже не разобрал теорию действия изобретенной им зрительной трубы.



Основы теории простейших оптических инструментов разработал великий немецкий астроном Иоганн Кеплер (1571 — 1630). Еще в 1604 г. он написал работу, в которой изложил основы геометрической оптики. Он объяснил действие глаза и оптического прибора вообще, рассматривая каждую точку предмета как источник расходящихся лучей. Хрусталик глаза, зеркало, линза или система линз может вновь собрать эти расходящиеся лучи и из расходящегося пучка сделать сходящийся. Причем эти лучи опять соберутся в одну точку, которая будет представлять собой изображение точки предмета. Таким образом, каждой точке изображения соответствует одна и только одна точка предмета. Кеплер рассматривал с этой точки зрения ход лучей в простейших оптических приборах, в двояковыпуклой и двояковогнутой линзе, поставленных друг за другом. Эта система линз представляла собой систему, примененную Галилеем в его зрительной трубе — телескопе. В 1611 г. Кеплер издал новое сочинение по оптике. В трех ученых продолжал развивать теорию оптических приборов. В частности, он

описал здесь зрительную трубу, отличную от трубы Галилея, которая оказалась более удачной. Труба Кеплера состояла из двух двояковыпуклых линз. Сам Кеплер только описал ее устройство, но трубы не построил. Ее сделали другие ученые. Разработав теорию построения изображения в оптических приборах, Кеплер ввел новые понятия: «фокус» и «оптическая ось». Эти понятия применяются и в настоящее время в оптике. Следующим важным шагом в развитии оптики было открытие закона преломления света. Кеплер еще не знал этого закона. Закон, которым он пользовался, был неверным. Однако это не помешало ученому в его исследованиях. Дело в том, что во всех случаях, которые Кеплер рассматривал, можно было считать, что световые лучи проходят близко к главной оптической оси. При этом ввиду малости угла падения α и угла преломления β закон

преломления можно записать приближенно: $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$. Закон, которым пользовался Кеплер для малых углов падения и преломления, приводил к правильным результатам. Закон преломления света был установлен голландским ученым Снеллиусом, но он его не опубликовал. Этот закон был опубликован Декартом в 1637 г. Теперь геометрическая оптика, фундамент которой заложил Кеплер, могла развиваться дальше.

2. Развитие взглядов на природу света и первые открытия в области физической оптики

Первые представления о том, что такое свет, относятся также к древности. В древности представления о природе света были весьма примитивными, фантастическими и к тому же весьма разнообразными. Однако, несмотря на разнообразие взглядов древних на природу света, уже в то время наметились три основных подхода к решению вопроса о природе света. Эти три подхода в последующем оформились в две конкурирующие теории — корпускулярную и волновую теории света. Подавляющее большинство древних философов и ученых рассматривало свет как некие лучи, соединяющие светящееся тело и человеческий глаз. При этом одни из них полагали, что лучи исходят из глаз человека, они как бы ощупывают рассматриваемый предмет. Эта точка зрения имела сначала большое число последователей. Даже такой крупнейший ученый, как Евклид, придерживался ее. Формулируя первый закон геометрической оптики, закон прямолинейного распространения света, Евклид писал: «Испускаемые глазами лучи распространяются по прямому пути». Такого же взгляда придерживался Птолемей и многие другие ученые и философы. Однако позже, уже в средние века, такое представление о природе света теряет свое значение. Все меньше становится ученых, следующих этим взглядам. И к началу XVII в. эту точку зрения можно считать уже забытой.

Другие, наоборот, считали, что лучи испускаются светящимся телом и, достигая человеческого глаза, несут на себе отпечаток светящегося предмета. Такой точки зрения держались атомисты Демокрит, Эпикур, Лукреций. Последняя точка зрения на природу света уже позже, в XVII в., оформилась в корпускулярную теорию света, согласно которой свет есть поток каких-то частиц, испускаемых светящимся телом.

Третья точка зрения на природу света была высказана Аристотелем. Он рассматривал свет не как истечение чего-то от светящегося предмета в глаз и тем более не как некие лучи, исходящие из глаза и ощупывающие предмет, а как распространяющееся в пространстве (в среде) действие или движение. Мнение Аристотеля в его время мало кто разделял. Но в дальнейшем, опять же в XVII в., его точка зрения получила развитие и положила начало волновой теории света. В XVII в. в связи с развитием оптики вопрос о природе света вызывает все больший и

большой интерес. При этом происходит образование двух противоположных теорий света: корпускулярной и волновой. Для развития корпускулярной теории света была более благоприятная почва. Действительно, для геометрической оптики представление о том, что свет есть поток особых частиц, было вполне естественным. Прямолинейное распространение света хорошо объяснялось с точки зрения этой теории. Также хорошо объяснялся и закон отражения света. Да и закон преломления не противоречил этой теории. Общее представление о строении вещества также не вступало в противоречие с корпускулярной теорией света. В основе тогдашних представлений о строении вещества лежала атомистика. Все тела состоят из атомов. Между атомами существует пустое пространство. В частности, тогда считали, что межпланетное пространство является пустым. В нем и распространяется свет от небесных тел в виде потоков световых частиц. Поэтому вполне естественно, что в XVII в. было много физиков, которые придерживались корпускулярной теории света. В XVII в., как мы сказали выше, начинает развиваться и представление о волновой природе света.

Родоначальником волновой теории света нужно считать Декарта. Декарт был противником существования пустого пространства. В связи с этим он не мог считать свет потоком световых частиц. Свет, по Декарту, это нечто вроде давления, передающегося через тонкую среду от светящегося тела во все стороны. Если тело нагрето и светится, то это значит, что его частицы находятся в движении и оказывают давление на частицы той среды, которая заполняет все пространство. Эта среда получила название эфира. Давление распространяется во все стороны и, доходя до глаза, вызывает в нем ощущение света. Такова точка зрения Декарта на природу света. Нужно только отметить, что в своем сочинении, посвященном специально оптике, Декарт пользуется и корпускулярной гипотезой. Но это, как он сам говорит, сделано для того, чтобы его рассуждения были более понятны. Поэтому неправы те, кто на основе только этого сочинения зачисляет Декарта в сторонники корпускулярной теории света. Ученые XVII и XVIII вв. это хорошо понимали и считали Декарта родоначальником волновой теории света. Конечно, у Декарта нет еще представления о световых волнах. Он представляет себе свет как распространяющееся движение, или импульс в эфире. Но не это важно. Важным является то, что Декарт рассматривает свет уже не как поток частиц, а как распространение давления, или движение импульса и т. п. Декарт пришел к отказу от корпускулярной теории света чисто умозрительным путем. Никаких опытных данных, которые говорили бы за волновую теорию света, тогда еще не было.

Первое открытие, свидетельствующее о волновой природе света, было сделано итальянским ученым **Франческо Гримальди (1618 — 1663)**.

Оно было опубликовано в 1665 г. после смерти ученого. Гримальди заметил, что если на пути узкого пучка световых лучей поставить предмет, то на экране, поставленном сзади, не получается резкой тени. Края тени размыты, кроме того, вдоль тени появляются цветные полосы. Открытое явление Гримальди назвал дифракцией, но объяснить его правильно не сумел. Он понимал, что наблюдаемое им явление находится в противоречии с законом прямолинейного распространения света, а вместе с тем и с корпускулярной теорией. Однако он не решился полностью отказаться от этой теории.

Свет, по Гримальди, распространяющийся световой флюид (тонкая неощутимая жидкость). Когда свет встречается с препятствием, то оно вызывает волны этого флюида. Гримальди привел аналогию с волнами, распространяющимися по поверхности воды. Подобно тому как вокруг камня, брошенного в воду, образуется волна, так и препятствие, помещенное на пути света, вызывает в световом флюиде волны, которые распространяются за границы геометрической тени. Вторым

важным открытием, относящимся к физической оптике, было открытие интерференции света. Простой опыт по интерференции света наблюдал **Гримальди**. Опыт заключается в следующем: на пути солнечных лучей ставят экран с двумя близкими отверстиями (проделанными в ставне, закрывающей окно); получаются два конуса световых лучей. Помещая экран в том месте, где эти конусы накладываются друг на друга, замечают, что в некоторых местах освещенность экрана меньше, чем если бы его освещал только один световой конус. Из этого опыта Гримальди сделал вывод, что прибавление света к свету не всегда увеличивает освещенность. Другой случай интерференции примерно в те же годы исследовал английский физик **Роберт Гук** (1635 - 1703). Он изучал цвета мыльных пленок и тонких пластинок из слюды. При этом он обнаружил, что эти цвета зависят от толщины мыльной пленки или слюдяной пластинки. Гук подошел к изучению этих явлений с правильной точки зрения. Он полагал, что свет — это колебательные движения, распространяющиеся в эфире. Он даже считал, что эти колебания являются поперечными. Явление интерференции света в тонких пленках Гук объяснял тем, что от верхней и нижней поверхности тонкой, например мыльной, пленки происходит отражение световых волн, которые, попадая в глаз, производят ощущение различных цветов. Однако у Гука не было правильного представления о том, что такое цвет. Он не связывал цвет с частотой колебаний или с длиной волны, поэтому не смог разработать теорию интерференции. Третье важное открытие, относящееся к волновой оптике, было сделано датским ученым Бартолином в 1669 г. Он открыл явление двойного лучепреломления в кристалле исландского шпата. Бартолин обнаружил, что если смотреть на какой-либо предмет через кристалл исландского шпата, то видно не одно, а два изображения, смещенных друг относительно друга. Это явление затем исследовал Гюйгенс и попытался дать ему объяснение с точки зрения волновой теории света. Следующий шаг в развитии волновой теории света был сделан Гюйгенсом. Гюйгенс работал над волновой теорией света в 70-х гг. XVII в. В это время он написал «Трактат о свете», содержание которого доложил Парижской академии наук. Однако опубликовал он это сочинение позже, в 1690 г., уже после того как стали известны работы Ньютона по оптике. Гюйгенс полагал, что все мировое пространство заполнено тонкой неощутимой средой — эфиром, который состоит из очень маленьких упругих шариков. Эфир также заполняет пространство между атомами, образующими обычные тела.

Распространение света, по Гюйгенсу, есть процесс передачи движения от шарика к шарика, подобно тому как распространяется импульс вдоль стальных шаров, соприкасающихся друг с другом и вытянутых в одну линию. Выдвинув такую гипотезу о свете, Гюйгенс посвятил основную часть своей работы объяснению известных законов оптики: закона прямолинейного распространения света, законов отражения и преломления. Дело в том, что в тот период от всякой теории света требовалось в первую очередь объяснить эти хорошо знакомые всем законы оптики. Эту задачу хорошо выполняла корпускулярная теория света. Но вот может ли справиться с ней волновая теория? Ведь если свет представляет собой распространяющееся движение в эфире, то как можно объяснить закон прямолинейного распространения света? Для звука, например, волновая природа которого была ясна, такой закон, казалось, не существует.

Действительно, если между наблюдателем и звучащим телом поставить небольшой экран, то ведь все равно наблюдатель будет слышать звук. Но для света это неверно. Правда, явление дифракции уже открыто, но это очень малый эффект и на него можно не обращать внимания. Для того чтобы показать, что волновая теория

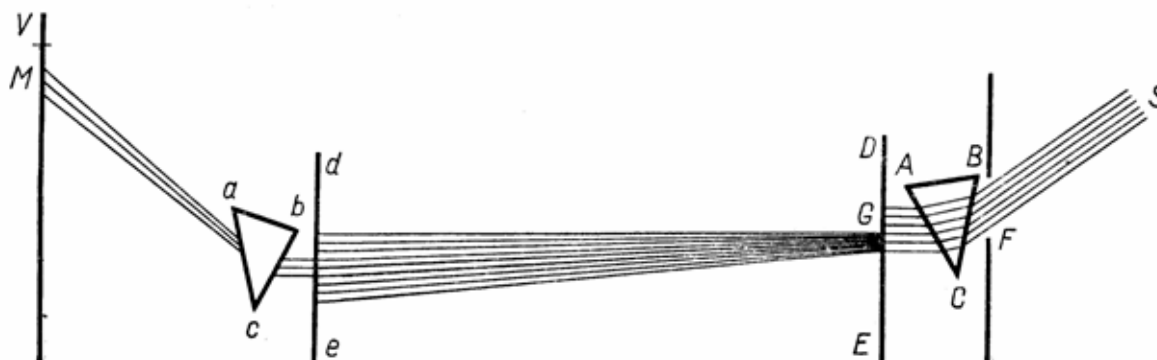
способна объяснить прямолинейное распространение света, Гюйгенс выдвигает свой известный принцип. Приведем формулировку этого принципа, данную самим Гюйгенсом. «По поводу процесса образования этих волн следует еще отметить, что каждая частица вещества, в котором распространяется волна, должна сообщать свое движение не только ближайшей частице, лежащей на проведенной от светящейся точки прямой, но необходимо сообщает его также и всем другим частицам, которые касаются ее и препятствуют ее движению. Таким образом, вокруг каждой частицы должна образоваться волна, центром которой она является». Но каждая из этих волн чрезвычайно слаба, и световой эффект наблюдается только там, где проходит их огибающая. Основываясь на этом принципе, Гюйгенс дает известные школьникам объяснения закону прямолинейного распространения света, законам отражения и преломления. Но для признания волновой теории света этого было мало. Явления дифракции и интерференции не были объяснены Гюйгенсом. Но главная неудача теории Гюйгенса заключалась в том, что она была теорией бесцветного света. Вопрос о цвете в ней не рассматривался, а к тому времени Ньютон сделал новое важное открытие в оптике — он обнаружил дисперсию света. Прежде чем перейти к изложению этого открытия, скажем еще об одном важном шаге в развитии оптики — первом определении скорости света. Впервые скорость света была определена датским астрономом Ремером в 70-х гг. XVII в. До этого времени среди ученых существовало два противоположных мнения. Одни полагали, что скорость света бесконечно велика. Другие же хотя и считали ее очень большой, тем не менее конечной. Ремер подтвердил второе мнение, проведя наблюдения над затмением спутников Юпитера. Измерив времена их затмения, он смог из полученных данных подсчитать скорость распространения света. По его подсчетам, скорость света получилась равной 300870 км/с в современных единицах.

3. Оптика Ньютона

Еще в 60-е гг. XVII в. Ньютон заинтересовался оптикой и сделал открытие, которое, как казалось сначала, говорило в пользу корпускулярной теории света. Этим открытием было явление дисперсии света и простых цветов. Разложение белого света призмой в спектр было известно очень давно. Однако разобраться в этом явлении до Ньютона никто не смог. Ученых, занимающихся оптикой, интересовал вопрос о природе цвета. Наиболее распространенным было мнение о том, что белый свет является простым. Цветные же лучи получаются в результате тех или иных его изменений.

Существовали различные теории по этому вопросу, на которых мы останавливаться не будем. Изучая явление разложения белого света в спектр, Ньютон пришел к заключению, что белый свет является сложным светом. Он представляет собой сумму простых цветных лучей. Ньютон работал с простой установкой. В ставне окна затемненной комнаты было проделано маленькое отверстие. Через это отверстие проходил узкий пучок солнечного света. На пути светового луча ставилась призма, а за призмой экран. На экране Ньютон наблюдал спектр, т.е. удлиненное изображение круглого отверстия, как бы составленного из многих цветных кружков. При этом наибольшее отклонение имели фиолетовые лучи — один конец спектра — и наименьшее отклонение — красные — другой конец спектра. Но этот опыт еще не являлся убедительным доказательством сложности белого света и существования простых лучей. Он был хорошо известен, и из него можно было сделать заключение, что, проходя призму, белый свет не разлагается на простые лучи, а изменяется, как многие думали до Ньютона.

Для того чтобы подтвердить вывод о том, что белый свет состоит из простых цветных лучей и разлагается на них при прохождении через призму, Ньютон проводил другой опыт.



В экране, на котором наблюдался спектр, делалось также малое отверстие. Через отверстие пропускали уже не белый свет, а свет, имеющий определенную окраску, говоря современным языком, монохроматический пучок света. На пути этого пучка Ньютон ставил новую призму, а за ней новый экран. Что будет наблюдаться на этом экране? Разложит он одноцветный пучок света в новый спектр или нет? Опыт показан, что этот пучок света отклоняется призмой как одно целое, под определенным углом. При этом свет не изменяет своей окраски. Поворачивал первую призму, Ньютон пропускал через отверстие экрана цветные лучи различных участков спектра. Во всех случаях они не разлагались второй призмой, а лишь отклонялись на определенный угол, разный для лучей различного цвета. После этого Ньютон пришел к заключению, что белый свет разлагается на цветные лучи, которые являются простыми и призмой не разлагаются. Для каждого цвета показатель преломления имеет свое, определенное значение. Цветность этих лучей и их преломляемость не может измениться «ни преломлением, ни отражением от естественных тел, или какой-либо иной причиной», — писал Ньютон. Это открытие произвело большое впечатление. В XVIII в. французский поэт Дювард писал: «Но что это? Тонкая сущность этих лучей не может изменяться по своей природе! Никакое искусство не в состоянии его разрушить, и красный или синий луч имеет свою окраску, побеждая все усилия». Таким образом, простые лучи являются неизменными. Они представляют, можно сказать, атомы света, подобно атомам вещества. Этот вывод казался в хорошем согласии с корпускулярной теорией света. Действительно, неизменные атомы света, простые лучи, являются потоком и однородных частиц, которые, попадая в наш глаз, вызывают ощущение определенного цвета. Смесь же разнородных световых частиц является белым светом. При прохождении через призму белый свет разлагается. Призма сортирует световые частицы, отклоняя их на разный угол в соответствии с их цветностью. Открытие дисперсии было расценено Ньютоном и большинством его современников и последователей как факт, подтверждающий корпускулярную теорию света. С точки зрения волновой теории трудно было объяснить открытие Ньютона, потому что теории распространения волн еще не было. Понимание того, что цвет определяется периодом световой волны, пришло значительно позже. Но даже если бы кто и догадался об этом, то все равно нелегко было представить себе, почему при отражении и преломлении период остается неизменным. Таким образом, с точки зрения волновой теории понять открытие Ньютона в то время было почти невозможно. И не случайно Гюйгенс в своей работе, о которой мы говорили выше, совсем обошел вопрос о дисперсии света, хотя в 1690 г., когда

была опубликована его книга, он уже знал о работах Ньютона по оптике. Итак, Ньютон встал на точку зрения корпускулярной теории света, на основе которой было легко понять открытое им явление дисперсии света. Но ведь, спросите вы, к этому времени были уже известны явления из области волновой оптики — интерференция и дифракция. Занимаясь исследованиями по оптике, Ньютон не мог пройти мимо них и должен был столкнуться с задачей объяснения этих явлений на основе корпускулярной теории. И действительно, Ньютон не забыл об этих явлениях и попытался дать им объяснение. Что касается явления дифракции, то он более или менее легко, как казалось, справился с указанной задачей. Когда свет проходит мимо экрана, то между частицами, из которых состоит экран, и световыми лучами (атомами света) действуют силы притяжения. Вследствие этого лучи заходят в область геометрической тени.

Приведенное объяснение было, конечно, неверным. Но в то время, когда явление дифракции было еще недостаточно изучено, такое объяснение казалось убедительным. Труднее обстояло дело с объяснением явления интерференции. Его уже начали изучать. И сам Ньютон сделал важный шаг в исследовании интерференции света в тонких пленках. Ученый собрал специальную установку для изучения этого явления. Он взял линзу, положил ее на стеклянную пластинку и наблюдал темные и светлые кольца, которые видны при освещении линзы и пластинки монохроматическим светом. Это так называемые кольца Ньютона. Как можно объяснить появление этих колец с точки зрения корпускулярной теории света? Падая сверху на линзу, световые лучи на определенных расстояниях от центра либо отражаются, либо преломляются и проходят через установку. В результате чего мы видим систему светлых и темных колец. Но почему же на одних расстояниях от центра линзы свет отражается, а на других преломляется? На этот вопрос Ньютон ответил, что в одних местах световые лучи (световые частицы) испытывают «приступы легкого отражения», а в других — «приступы легкого преломления». Но почему это происходит, ученый не мог сказать. Объяснение кольцам Ньютона было дано в начале XIX в. на основе волновой теории света английским ученым Юнгом. Но об этом мы скажем позже. После Ньютона корпускулярная теория света становится общепризнанной. В течение всего XVIII в. ее придерживались почти все физики.

РАЗВИТИЕ ВОЛНОВОЙ ТЕОРИИ СВЕТА

1. Возрождение волновой теории света

Как мы сказали выше, после работ Ньютона среди ученых держалось твердое убеждение в справедливости корпускулярной теории света. Однако все же и в XVIII в. были ученые, которые возражали против этой теории. Из крупных ученых можно назвать русских академиков М. В. Ломоносова и Л. Эйлера. Ломоносов считал, что свет — это распространяющееся колебательное движение частиц эфира, т.е. неощутимой среды, заполняющей все мировое пространство и пронизывающей поры весоных тел. Против корпускулярной теории света, по Ломоносову, говорит то обстоятельство, что световые лучи, проходя через прозрачное тело с разных сторон, не мешают друг другу.

Вокруг алмаза, пишет Ломоносов, можно поставить тысячи свечей, так что тысячи пучков света будут пересекать друг друга и при этом ни один луч не будет мешать другому. Этот факт противоречит представлению о том, что свет — это поток световых частиц, но он не противоречит волновой теории света.

Подобно волнам на воде, которые проходят через одну и ту же точку не изменяясь, световые волны проходят через прозрачные тела, не мешая друг другу. Из изложенного видно, что Ломоносов уже подходил к пониманию явления

интерференции. Эйлер, так же как и Ломоносов, высказывался против корпускулярной теории света. Он уже отчетливо представлял свет как волны, распространяющиеся в эфире. При этом Эйлер впервые высказал идею о том что цвет определяется частотой колебаний в световой волне. Однако ни Ломоносов, ни Эйлер не смогли привлечь ученых на сторону волновой теории света. В конце XVIII в. оптическиими исследованиями занялся английский ученый Томас Юнг (1773 — 1829). Он пришел к важной идее, что кольца Ньютона очень просто можно объяснить с точки зрения волновой теории света, опираясь на принцип интерференции. Он же впервые и ввел название «интерференция» (от латинских слов *inter* — взаимно и *ferio* — ударяю). Весьма вероятно, что интерференцию Юнг открыл, наблюдая это явление для водяных волн. Во всяком случае, описывая это явление, он рассматривал интерференцию водяных волн. Он писал: «Представим себе, что некоторое количество одинаковых водяных волн движется по поверхности гладкого озера с некоторой постоянной скоростью и попадает в узкий канал, выходящий из озера.

Представим себе также, что под действием другой причины образовался такой же ряд волн, который, как и первый, доходит до этого канала с той же скоростью. Ни один из этих рядов волн не разрушит другого, а их действия соединятся.

Если они вступают в капал так, что гребни одного ряда совпадают с гребнями другого, то образуется ряд волн с увеличенными гребнями. Но если гребни одного ряда будут соответствовать впадинам другого, то они в точности заполнят эти впадины и поверхность воды останется гладкой. Я полагаю, что подобные эффекты имеют место всякий раз, когда подобным образом смешиваются две части света. Это явление я называю законом интерференции света». Юнг, используя явление интерференции, объяснил появление колец Ньютона. Эти кольца в отраженном свете возникают в результате интерференции двух лучей света, отраженных от верхней и нижней поверхностей воздушной прослойки, образованной линзой и стеклянной пластинкой. От толщины этой прослойки будет зависеть разность хода между указанными лучами. В частности, они могут усиливать или гасить друг друга. В первом случае мы видим светлое кольцо, во втором — темное. Если свет, освещающий установку, белый, то будут наблюдаться цветные кольца. По расположению колец для разных цветов можно подсчитать длину волны соответствующих цветных лучей. Юнг проделал этот расчет и определил длину волны для разных участков спектра. Интересно, что при этом он использовал данные Ньютона, которые были достаточно точными. Юнг объяснил и другие случаи интерференции в тонких пластинках, а также проделал специальный опыт по интерференции света. Этот опыт, который, как мы говорили, проводил еще Гримальдй, известен под названием опыта Юнга. В данном опыте наблюдается не только явление интерференции, но и явление дифракции света. Если закрыть одно отверстие пальцем, то на экране видны дифракционные кольца, образованные в результате прохождения света через малое отверстие.

Результаты своих исследований по оптике Юнг доложил на ученом заседании Лондонского королевского общества, а также опубликовал их в начале XIX в. Но, несмотря на убедительность работ Юнга, никто не хотел их признавать. Ведь признать правоту выводов Юнга означало отказаться от привычных взглядов и, кроме того, выступить против авторитета Ньютона.

На это пока еще никто, кроме самого Юнга, не решался. На работы Юнга не обратили внимания, а в печати даже появилась статья, содержащая грубые нападки на него. Корпускулярная теория света по-прежнему казалась непоколебимой.

2. Исследования Френеля по интерференции и дифракции света

Французский инженер, ставший впоследствии знаменитым физиком, Огюстен Френель (1788 — 1827) начал заниматься изучением явлений интерференции и дифракции с 1814 г. Он не знал о работах Юнга, но подобно ему увидел в этих явлениях доказательство волновой теории света. В 1817 г. Академия наук Франции объявила конкурс на лучшую работу по дифракции света. Френель решил участвовать в этом конкурсе. Он написал работу, в которой изложил результаты своих исследований, и направил ее в Академию наук в 1818 г. В этой работе Френель изложил ряд случаев интерференции света, которые он исследовал. В частности, он описал опыт по интерференции света при прохождении через две соединенные вместе призмы, так называемая бипризма Френеля. Опыт Френеля ясно показывает случай интерференции от двух источников света. С помощью этого опыта Френель подсчитал длину волны для красного света. При этом она получилась равной длине волны для красного света, определенной из других опытов. Основное же внимание в своей работе Френель уделил опытам по дифракции света, для которой разработал специальную теорию. Эта теория основывалась на усовершенствованном принципе Гюйгенса, который в последующем стал называться принципом Гюйгенса — Френеля.

По Гюйгенсу, как мы видели выше, волновую поверхность в данный момент времени t можно рассматривать как огибающую всех сферических волн, источниками которых являются все точки волновой поверхности в более ранний, предыдущий момент времени t_0 . По Френелю, значение амплитуды световой волны в какой-либо точке пространства в момент времени t можно рассматривать как результат интерференции всех сферических волн, источниками которых являются все точки волновой поверхности в более ранний, предыдущий момент времени t_0 .

Френель, используя этот принцип, исследовал разные случаи дифракции и рассчитал расположение полос для этих случаев. Так, он рассмотрел прохождение света через маленькое отверстие и определил, какая картина должна быть видна на экране, поставленном за этим отверстием. По его расчетам, получалось, что на экране будут видны темные и светлые кольца, если свет монохроматический. При этом Френель вычислил радиусы этих колец в зависимости от размеров отверстия, от расстояния источника света до отверстия и расстояния отверстия до экрана, на котором наблюдается дифракционная картина. Френель описал и другие случаи дифракции света от различных экранов и рассчитал расположение дифракционных полос, исходя из волновой теории. При этом все расчеты Френеля совпадали с результатами, наблюдаемыми на опыте. Работы, представленные на конкурс, рассматривала специальная комиссия Академии наук. В ее составе были крупнейшие ученые того времени: Араго, Пуассон, Био, Гей-Люссак. Все они держались ньютоновских взглядов на природу света. Естественно, что они недоверчиво отнеслись к работе Френеля.

Однако совпадение расчетов Френеля с опытными данными было настолько хорошим, что комиссия не могла отвергнуть работу Френеля и была вынуждена присудить ему премию. При этом произошел интересный случай. Рассматривая расчеты Френеля, член комиссии Пуассон заметил, что они приводят к парадоксальному результату: согласно Френелю получалось, что в центре тени от круглого экрана должно быть светлое пятно.

Однако этого до сих пор никто не наблюдал. Из теории Френеля следовало, что это светлое пятно будет заметно только в том случае, если радиус круглого экрана будет малым. Прделанный опыт подтвердил предсказание теории Френеля, что

произвело большое впечатление на членов комиссии. Итак, комиссия Академии наук присудила премию Френелю за его работу по оптике. Однако это вовсе не значит, что волновая теория была признана правильной. Премия ученому была дана за метод расчета. Что же касалось самих представлений, на основе которых был сделан расчет, т.е. представлений о волновой природе света, то академики, рассматривающие работу Френеля, не согласились с ним. Они рассуждали примерно так: физические основы теории могут быть неверны, а результаты расчета правильны. Такие случаи история знала. Например, пользуясь теорией Птолемея о строении Вселенной, можно вести расчеты и получать правильные результаты положений небесных светил на небе, однако по существу она неверна. Нужно сказать в защиту академиков, что, несмотря на блестящие результаты, полученные Френелем, в его теории был определенный изъян. Дело в том, что, кроме интерференции и дифракции, физики уже исследовали поляризацию света. Но теория Френеля вопросов поляризации света не касалась. Более того, казалось, что она не в состоянии их объяснить.

3. Борьба за признание волновой теории света

Френель не случайно в первых своих работах обошел вопрос о поляризации света. Ведь, рассматривая световые волны как волны в эфире, Френель считал их продольными. Эфир — это очень тонкая материя, он подобен очень разреженному воздуху. А в воздухе, как уже все знали, могут распространяться только продольные волны, например звуковые, т.е. сгущения и разрежения воздушной среды. В звуковых волнах ничего подобного явлению поляризации не наблюдается.

Если бы, конечно, поляризация света не была еще известна, то вопрос о волновой природе света решить было бы проще. Но явление поляризации света было открыто. Датский физик Бартолин еще в XVII в. исследовал явление двойного лучепреломления. Он наблюдал, что если на кристалл исландского шпата падает луч света, то он при преломлении раздваивается. Если смотреть на точечный источник света через этот кристалл, то можно увидеть не один, а два таких источника. Это явление зависит от ориентации кристалла относительно луча. В кристалле есть направление, по которому раздваивание луча не происходит. Это направление называется оптической осью кристалла. Явлением двойного лучепреломления в начале XIX в. заинтересовался французский инженер Малюс.

Исследуя это явление, он обнаружил, что если смотреть через кристалл исландского шпата на изображение Солнца в стекле, то при одних положениях этого кристалла видно два солнца, а при определенном положении стекла и кристалла одно из изображений пропадает, даже если световые лучи направлены не вдоль оптической оси. Малюс был сторонником корпускулярной теории света и с точки зрения этой теории попытался объяснить наблюдаемое явление. Он рассуждал так: световые частицы не являются шариками. Они подобно магнитам имеют полюсы. В обычном свете эти частицы летят, будучи ориентированы в пространстве хаотично. При отражении же от стекла или воды они как бы сортируются.

Одни, у которых полюсы ориентированы определенным образом, преломляются, а другие, ориентируемые иначе, отражаются. При определенном угле падения эта сортировка будет наиболее полной. И в этом случае отраженные световые частицы будут ориентированы все в одном направлении. В этом случае отраженный свет будет полностью поляризован. Малюс и назвал это явление поляризацией. Слово «поляризация» он придумал исходя из идеи о том, что частицы света имеют полюсы.

После открытия Малюса стали усиленно изучать явление поляризации света. Был выяснен целый ряд свойств поляризованного света. Однако ученые все-таки пытались объяснить это явление с точки зрения корпускулярной теории. Создалось такое положение, когда Юнг и Френель прекрасно объяснили явление интерференции и дифракции, пользуясь представлениями о волновой природе света, но не могли объяснить поляризацию света. Раздумывая над явлениями поляризации и двойного лучепреломления, Юнг и Френель пришли к убеждению о необходимости считать световые волны не продольными, а поперечными. С помощью этой гипотезы Френель исследовал указанные явления и разработал теорию прохождения поперечных волн через двоякопреломляющее тело. Но все же гипотеза о поперечности световых волн вызвала много возражений. Действительно, уже было известно, что поперечные волны могут существовать и распространяться только в твердых телах. Поэтому эфир нужно было рассматривать как твердое тело. Но эфир ведь очень «тонкая среда», гораздо более «тонкая», чем воздух. Он не оказывает никакого сопротивления движению в нем тел. Планеты, например, движутся в эфире, не испытывая никакого сопротивления. Как же можно считать эфир твердым телом? Больше того, всякое тело обладает упругостью по отношению к сжатию. А это значит, что в нем могут распространяться волны сжатия и разрежения, т.е. продольные волны. Следовательно, в каждом твердом теле могут возникать и продольные и поперечные волны. Если только признать, что тело является абсолютно несжимаемым или абсолютно твердым, то в нем должны отсутствовать продольные волны. Следовательно, эфир нужно было бы рассматривать не только как твердое тело, но и как абсолютно твердое тело. Такой эфир, конечно, представить себе было трудно. Однако постепенно, несмотря на все трудности, стоявшие перед гипотезой о поперечности световых волн, волновая теория света начала побеждать и вытеснять корпускулярную теорию света.

Новые исследования интерференции и дифракции света, в частности изобретение дифракционной решетки, все больше и больше подтверждали эту теорию. Все больше ученых переходит на сторону волновой теории света. Можно считать, что к 40-м гг. XIX в. волновая теория света становится общепризнанной. Что же касается теории эфира, то над построением ее бились многие ученые. Но никто из них не мог получить удовлетворительных результатов; никто не мог составить удовлетворительного представления о такой среде, в которой могут существовать только поперечные волны, обладающие свойствами световых волн. В 1864 г. Максвелл высказал гипотезу об электромагнитной природе света. Спустя почти двадцать лет Герц подтвердил ее на опыте. После этого перед физиками встала проблема построить теорию эфира, которая давала бы объяснение электрическим и магнитным явлениям, а значит и оптическим. Ученые долго трудились и над этой проблемой, предлагая различные модели этой гипотетической среды.

Было создано много теорий, но ни одну из них не признали удовлетворительной. Эфир ускользал от попыток физиков построить его теорию. Появилось даже мнение о невозможности построения такой теории.

Так дело продолжалось до возникновения теории относительности, которая покончила с эфиром и привела к новым представлениям о сущности электромагнитных, а вместе с этим и оптических явлений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Спасский Б. И. "Физика в ее развитии", пособие для учащихся. — М. Просвещение, 1979г. — 208с.
2. Дягилев Ф. М. "Из истории физики и жизни ее творцов", М. Просвещение, 1986г., 255с.
3. Вавилов С. И. "Исаак Ньютон", Издательство Академии наук СССР, 1960 г., 294с.

ⁱ **Электричество** — понятие, выражающее свойства и явления, обусловленные структурой физических тел и процессов, сущностью которой является движение и взаимодействие микроскопических заряженных частиц вещества (электронов, ионов, молекул, их комплексов и т. п.).

Термин электричество (electricity) введён английским естествоиспытателем, лейб-медиком королевы Елизаветы **Тюдор Вильямом Гилбертом** в его сочинении «О магните, магнитных телах и о большом магните — Земле» (1600 год), в котором объясняется действие магнитного компаса и описываются некоторые опыты с наэлектризованными телами. Само свойство электризации (от греческого названия янтаря — электрон) при трении тела о шерсть было известно ещё древним грекам (его первооткрывателем считают философа Фалеса из Милета, жившего в 640—550 годах до нашей эры), но только после становления физики как экспериментальной науки, заложенной Галилео Галилеем, это явление стало изучаться как средство для исследования и использования свойств физических тел. В начале XVIII века английский учёный Стивен Грей обнаружил, что существуют вещества (металлы), которые проводят электричество от одного тела к другому, а вскоре его коллега Роберт Симмер, наблюдая за электризацией своих шелковых чулок, пришёл к выводу, что электрические явления обусловлены тем, что электричество представлено двумя взаимодополняющими субстанциями, свойства которых стали обозначать понятием «заряд», различая положительный и отрицательный заряд тел. Данные субстанции разделяются при трении тел друг о друга, что и вызывает электризацию этих тел, то есть электризация — это накопление на теле заряда одного типа, причём заряды одного знака отталкиваются, а заряды разного знака притягиваются друг к другу и компенсируются при соединении, делая тело нейтральным (незаряженным). **Закон взаимодействия зарядов** был экспериментально изучен в 1785 году Шарлем Кулоном с помощью разработанных им чувствительных крутильных весов — он нашёл, что сила взаимодействия между заряженными телами обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними, и это поставило науку об электричестве в ранг точных дисциплин, в которых можно применять математические методы. Таким образом сложилась электрическая теория вещества, согласно которой физические тела представляют собой комплексы взаимодействующих частиц, имеющих электрические заряды, и многие свойства физических тел определяются и могут быть описаны с помощью законов, математическими соотношениями количественно выражающих их взаимодействие и движение. Это было экспериментально подтверждено многими опытами, в том числе открытием Джозефом Томсоном (получившим за это титул лорда Кельвина) в 1897 году носителя отрицательного заряда — частицы, получившей название «электрон», и исследованием структуры атома Эрнстом Резерфордом (получившим за это титул лорда Нельсона), Фредериком Содди и другими учёными.

В настоящее время электрическая концепция вещества является главной парадигмой физики и позволяет предсказывать и формировать необходимые на практике свойства физических тел и процессов (например, передачи информации или уничтожения промышленных центров неприяеля). В быту электрические явления получили повсеместное распространение, главным образом как средство генерации, передачи и применения энергии (электрические двигатели, электрическое освещение и т. п.) или информации (телефон, радио, телевидение, электронное фото) — то есть, для изменения энтропии (разупорядоченности) среды обитания человека.

История освоения

XVII век и ранее — смутные представления о существовании электричества. Найдены минералы, притягивающие куски железа. Известно, что если некоторые вещества (янтарь, серу и др.) потереть о шерсть, они притягивают лёгкие предметы.

XVIII век — создаётся первый электрический конденсатор — Лейденская банка (1745). Кавендиш (1773) и Кулон (1785) открывают закон взаимодействия электрических зарядов. Гальвани открывает биологические эффекты электричества. Вольта изобретает источник постоянного тока — гальванический элемент (1800). Франклин открывает электрическую природу молний (атмосферное электричество), изобретает молниеотвод.

XIX век — Эрстед и Ампер открывают связь между электричеством и магнетизмом (1820). Работы Джоуля, Ленца, Ома по изучению электрического тока. Гаусс формулирует основную теорему теории электростатического поля (1830). Фарадей открывает электромагнитную индукцию (1831) и законы электролиза (1834), вводит понятие электрического и магнитного полей. Максвелл формулирует свои уравнения (1873). Герц экспериментально регистрирует электромагнитные волны (1889).

Электротехническая революция — создание электрических батарей, электромагнитов, электрического освещения, телеграфа, телефона, прокладка трансатлантического кабеля, электродвигателей, электрогенераторов и электротранспорта (трамвай, троллейбус, метро).

XX век — создание теории Квантовой электродинамики. Использование электричества в быту — повсеместно, от бытовой электротехники до музыкальных электроинструментов. Появление и бурное развитие электроники, микро/нано/пико-.

XXI век — отключение электричества в бытовой сети — смерти подобно.

Основные понятия

Закон Кулона

Закон Ома

Уравнения Максвелла

Электростатика

Электродинамика

Электротехника

ⁱⁱ **Электрón** — стабильная элементарная частица, одна из основных структурных единиц вещества. Из электронов состоят электронные оболочки атомов всех веществ. Движение электронов определяет многие электрические явления, такие как электрический ток в металлах и вакууме.

Заряд электрона неделим и равен $-1,60217653(14) \cdot 10^{-19}$ Кл (или $4,803 \times 10^{-10}$ ед.СГСЭ в системе СГС). Эта величина служит единицей измерения электрического заряда других элементарных частиц (в отличие от заряда электрона, элементарный заряд обычно берётся с положительным знаком). **Масса покоя электрона равна $9,1093826(16) \cdot 10^{-31}$ кг.**

Согласно современным представлениям физики элементарных частиц, электрон неделим и бесструктурен (как минимум до расстояний 10–17 см). Электрон участвует в слабых, электромагнитных и гравитационных взаимодействиях. Он принадлежит к группе лептонов и является (вместе со своей античастицей, позитроном) легчайшим из заряженных лептонов. До открытия массы нейтрино электрон считался наиболее лёгкой из массивных частиц — его масса в 1836 раз меньше массы протона. **Спин электрона равен 1/2**, и, таким образом, электрон относится к фермионам. Иногда к электронам относят как собственно электроны, так и позитроны (например, рассматривая их как общее электрон-позитронное поле, решение уравнения Дирака). В этом случае отрицательно заряженный электрон называют негатроном, положительно заряженный — позитроном.

Находясь в периодическом потенциале кристалла, электрон рассматривается как квазичастица, эффективная масса которой может значительно отличаться от массы покоя электрона.

ⁱⁱⁱ Древнегреческая философия

Уже самые ранние представители древнегреческой философии, исходившие из стихийно-диалектического взгляда на мир известных им явлений, старались представить всё многообразие чувственно воспринимаемых явлений как продукт развития одного и того же, общего им всем, начала, всеобщее в этом смысле — как синоним единства в бесконечном многообразии явлений природы — они искали в чем-либо определенно-телесном. **Фалес** считал таким всеобщим первоначалом всего существующего воду, **Анаксимандр** — «апейрон» — бесформенную по качеству и беспредельную по количеству **материю**, а **Гераклит** видел всеобщее в огне, как в той стихии, из которой все возникает и в которую все возвращается обратно. С огнем, как с всеобщим, Гераклит соединял и представление о законе, согласно которому происходит этот мировой круговорот. «Всеобщий логос» он определенно усматривал в превращении и борьбе противоположностей, а не в мёртвом абстрактном тождестве явлений друг другу. В этом и заключалась стихийная диалектика в понимании всеобщего.

В древнекитайской философии всеобщее понималось подобным же образом и называлось **ДАО**.

Материалистическое понимание проблемы всеобщего (милетская школа, Гераклит, атомистика Левкиппа — Демокрита) развивалось в борьбе с идеалистическими воззрениями на природу всеобщего. Если материалисты искали всеобщее (генетическую первооснову вещей) в чем-то телесном, материальном, то

идеалисты, в противоположность им, усматривали реальность всеобщего в абстракции, выражающей либо математические представления (число как первооснова мира явлений у пифагорейцев), либо нравственные нормы (Сократ), либо формы и законы теоретического мышления («идеи» Платона). В ходе борьбы между этими двумя основными направлениями оформилась также софистика, вообще отрицавшая реальность всеобщего и считавшая, что реально существуют лишь единичные вещи и ощущения, а всеобщее – лишь создаваемая словом иллюзия. Платон в борьбе против этого тезиса софистики разработал объективно-идеалистическое понимание всеобщего, согласно которому «роды» и «виды» существуют до единичных вещей как их прообразы, как бестелесные «идеи». Эти «идеи» были не чем иным, как оторванными от реальных вещей родо-видовыми логическими абстракциями, абсолютизированными и превращенными в самостоятельные сущности.

Идеалистическую теорию идей Платона подверг критике **Аристотель**. Однако попытка Аристотеля справиться с трудностями, лежавшими в основе теории идей, по-своему уловившей диалектический характер отношения между всеобщим и единичным, привела его к двойственному решению. С одной стороны, Аристотель понимал, что всеобщее («род»), составляющее «сущность» вещи, нельзя мыслить как отдельную, вне мира единичных вещей витающую бестелесную форму: «...покажется, пожалуй, невозможным, чтобы врозь находились сущность и то, чего она есть сущность; поэтому как могут идеи, будучи сущностями вещей, существовать отдельно (от них)?»³ Однако в противоречии общего и единичного Аристотель «путается», возвращаясь вновь окольным путем к точке зрения Платона. С одной стороны, логические «роды» и «виды» он понимал как абстрагированные умом человека общие формы единичных вещей и считал «первой сущностью» единичное. Но, с другой стороны, «род» (как всеобщее) является у него «вторым» только по последовательности познания, на самом же деле он выступает как та высшая действительность, благодаря которой только и возможны сами единичные вещи и воспринимающие их индивиды. Всеобщее, понимаемое как логически постигаемый «род», оказывается в его философии не только «сущностью» единичных вещей, но и той «целью», ради которой и силой которой они возникают, существуют и исчезают. В этой двойственности аристотелевского учения были заложены отправные пункты для споров между номиналистами и реалистами о природе универсалий. Платоновское учение об идеях было усвоено через неоплатоников христианской схоластикой и послужило одним из теоретических источников христианского богословия

^{iv} **Атом** (др.-греч. ἄτομος — неделимый) — наименьшая часть химического элемента, являющаяся носителем его свойств. Термин был введён ещё в V веке до н. э. Демокритом, основывавшемся на абстрактных размышлениях: «Сладость и горькость, жара и холод суть определения, на самом же деле [есть только] атомы и пустота». В XIX веке умозрительная теория получила научное подтверждение. Однако в современном представлении атом является сложным, делимым телом, а в буквальном смысле как «неделимые», точнее фундаментальные частицы, рассматриваются кварки, лептоны и калибровочные бозоны.

Модели атомов

Кусочки материи. Демокрит полагал, что свойства того или иного вещества определяются формой, массой, пр. характеристиками образующих его атомов. Так, скажем, у огня атомы остры, поэтому огонь способен обжигать, у твёрдых тел они шероховаты, поэтому накрепко сцепляются друг с дружкой, у воды — гладки, поэтому она способна течь. Даже душа человека, согласно Демокриту, состоит из атомов.

«Пудинг с изюминками» (модель Томсона). Дж. Дж. Томсон предложил рассматривать атом как некоторое положительно заряженное тело с заключёнными внутри него электронами. Эта модель не объясняет сериальный характер излучения атома.

Атом модели Сатурна. 1904 год. Хентара Нагаока. Маленькое положительное ядро, вокруг которого, по орбиталам, вращаются электроны.

Планетарная модель атома. 1911 год. Эрнест Резерфорд, проделав ряд экспериментов, пришёл к выводу, что атом представляет собой скорее некоторое подобие планетной системы, то есть что электроны движутся вокруг положительно заряженного тяжёлого ядра, расположенного в центре атома. Однако такое описание атома вошло в противоречие с классической электродинамикой. Дело в том, что, согласно классической электродинамике, заряд, движущийся по окружности, должен излучать электромагнитные волны, а следовательно, терять энергию. Расчеты показывали, что время, за которое электрон в таком атоме упадёт на ядро, совершенно ничтожно. Для объяснения стабильности атомов Нильсу Бору пришлось ввести постулаты, которые сводились к тому, что электрон в атоме, находясь в некоторых специальных энергетических состояниях, не излучает. Постулаты Бора показали, что для описания атома классическая механика неприменима. Дальнейшее изучение излучения атома привело к созданию квантовой механики, которая позволила объяснить подавляющее большинство наблюдаемых фактов.

Современное представление об атоме

Сегодня общепринятой является модель атома, являющаяся развитием планетарной модели. Считается, что ядро атома состоит из положительно заряженных протонов и не имеющих заряда нейтронов и окружено отрицательно заряженными электронами. Однако представления квантовой механики не позволяют считать, что электроны движутся вокруг ядра по сколько-нибудь определённым траекториям (неопределённость координаты электрона в атоме может быть сравнима с размерами самого атома). Химические свойства атомов определяются конфигурацией электронной оболочки и описываются квантовой механикой. Позиция атома в таблице Менделеева определяется количеством протонов, в то время как количество нейтронов на химические свойства практически не влияет; при этом нейтронов в ядре, как правило, больше, чем протонов (см. статью об атомном ядре). Количество электронов в нейтральном состоянии по определению соответствует количеству протонов. Основная масса атома сосредоточена в ядре, в то время как массовая доля электронов в общей массе атома незначительна (несколько сотых процента массы ядра). Массу атома принято измерять в атомных единицах массы, равных $1/12$ от массы атома изотопа углерода ^{12}C .

Компас (в профессиональной речи моряков: компас) — это устройство, облегчающее ориентирование на местности. Существуют три принципиально различных вида компаса: магнитный компас, гирокомпас и электронный компас

Магнитный компас

История создания

Предположительно, компас был изобретён в Китае за 2000 лет до н.э и использовался для указания направления движения по пустыням. В Европе изобретение компаса относят к XII—XIII вв., однако устройство его оставалось очень простым — магнитная стрелка, укрепленная на пробке и опущенная в сосуд с водой. В воде пробка со стрелкой ориентировалась нужным образом. В начале XIV в. итальянец Ф. Джойя значительно усовершенствовал компас. Магнитную стрелку он надел на вертикальную шпильку, а к стрелке прикрепил лёгкий круг — катушку, разбитую по окружности на 16 румбов. В XVI в. ввели деление катушки на 32 румба и коробку со стрелкой стали помещать в карданном подвесе, чтобы устранить влияние качки корабля на компас. В XVII в. компас снабдили пеленгатором — вращающейся диаметральной линейкой с визирами на концах, укрепленной своим центром на крышке коробки над стрелкой.

Устройство

Для примера будет рассмотрен компас Адрианова. Компас Адрианова состоит из корпуса 1, в центре которого на острие иглы помещена магнитная стрелка 3. При незаторможенном состоянии стрелки ее северный конец устанавливается в направлении на Северный магнитный полюс, а южный — на Южный магнитный полюс. В нерабочем состоянии стрелка закрепляется тормозом 6. Внутри корпуса компаса помещена круговая шкала (лимб) 2, разделенная на 120 делений. Цена одного деления составляет 3° , или 50 малых делений угломера (0-50). Шкала имеет двойную оцифровку. Внутренняя оцифровка нанесена по ходу часовой стрелки от 0 до 360° через 15° (5 делений шкалы). Внешняя оцифровка шкалы нанесена против хода часовой стрелки через 5 больших делений угломера (10 делений шкалы). Для визирования на местные предметы (ориентиры) и снятия отсчетов по шкале компаса на вращающемся кольце компаса закреплено визирное приспособление (мушка и целик) 4 и указатель отсчетов 5.

Принцип действия

Принцип действия компаса основан на взаимодействии магнитного поля постоянных магнитов компаса с горизонтальной составляющей магнитного поля Земли. Свободно вращающаяся магнитная стрелка поворачивается вокруг оси, располагаясь вдоль силовых линий магнитного поля. Таким образом, стрелка всегда указывает одним из концов в направлении линии магнитного поля, которая идет к Северному магнитному полюсу.

Гирокомпас

Гирокомпас — прибор, указывающий направление на земной поверхности; в его состав входит один или несколько гироскопов. Используется почти повсеместно в системах навигации и управления крупных морских судов; в отличие от магнитного компаса его показания связаны с направлением на истинный географический (а не магнитный) Северный полюс. Обычно гирокомпас применяется как опорное навигационное устройство в судовых рулевых системах с ручным или автоматическим управлением, а также при решении различных задач иного рода, например, для определения точного направления при наводке орудия боевого корабля. Морской гирокомпас, как правило, очень тяжел; в некоторых конструкциях вес гироскопического ротора превышает 25 кг. Для нормальной работы гирокомпаса необходимо устойчивое основание, не испытывающее ускорений и фиксированное относительно земной поверхности, причем скорость его перемещения должна быть пренебрежимо мала по сравнению со скоростью суточного вращения Земли на данной широте.

История создания

Прототип современного гирокомпаса первым создал Г. Аншюц-Кэмпфе (запатентован в 1908), вскоре подобный прибор построил Э. Сперри (запатентован в 1911). В последующие годы разрабатывалось множество гирокомпасов различных модификаций, но наиболее удачные из них принципиально почти не отличались от устройств Аншюца и Сперри. Приборы современной конструкции значительно усовершенствованы по сравнению с первыми моделями; они отличаются высокой точностью и надежностью и удобнее в эксплуатации.

Устройство

Простейший гирокомпас состоит из гироскопа, подвешенного внутри полого шара, который плавает в жидкости; вес шара с гироскопом таков, что его центр тяжести располагается на оси шара в его нижней части, когда ось вращения гироскопа горизонтальна.

Принцип действия

Предположим, что гирокомпас находится на экваторе, а ось вращения его гироскопа совпадает с направлением запад — восток; она сохраняет свою ориентацию в пространстве в отсутствие воздействия внешних сил. Но Земля вращается, совершая один оборот в сутки. Так как наблюдатель, находящийся рядом, вращается вместе с планетой, он видит, как восточный конец (E) оси гироскопа поднимается, а западный (W) опускается; при этом центр тяжести шара смещается к востоку и вверх (позиция б). Однако сила земного притяжения препятствует такому смещению центра тяжести, и в результате ее воздействия ось гироскопа поворачивается так, чтобы совпасть с осью суточного вращения Земли, то есть с направлением север — юг (это вращательное движение оси гироскопа под действием внешней силы называется прецессией). Когда ось гироскопа совпадет с направлением север — юг (N — S, позиция в), центр тяжести окажется в нижнем положении на вертикали и причина прецессии исчезнет. Поставив метку «Север» (N) на то место шара, в которое упирается соответствующий конец оси гироскопа, и соотнеся ей шкалу с нужными делениями, получают надежный компас. В реальном гирокомпасе предусмотрены компенсация девиации компаса и поправка на широту места. Действие гирокомписа зависит от вращения Земли и особенностей взаимодействия ротора гироскопа с его подвесом.

Электронный компас

Электронный компас в системе навигации NAVSTAR

Здесь рассматривается компас[1], построенный на принципе определения координат через спутниковые системы навигации. Существуют также компасы, использующие в качестве датчика блок магниторезисторов.

История создания

История создания электронного компаса тесно связана с системами спутниковой навигации.

Принцип действия

Принцип действия такого компаса весьма прост:

На основании сигналов со спутников определяются координаты приёмника системы спутниковой навигации (и, соответственно, объекта)

Засекается момент времени, в который было сделано определение координат.

Выжидается некоторый интервал времени.

Повторно определяется местоположение объекта.

На основании координат двух точек и размера временного интервала вычисляется вектор скорости движения и из него: направление движения скорость движения Осуществляется переход к шагу 2.

Ограничения:

Естественно, если объект не перемещается, направление движения узнать не получится. Исключение составляют достаточно большие объекты (например, самолёты), где есть возможность установить 2 приёмника (например, на концах крыльев). При этом координаты двух точек можно получить сразу, даже если объект неподвижен, и перейти к пункту 5.

Ещё одно ограничение обусловлено точностью определения координат спутниковыми системами позиционирования и влияет, главным образом, на тихоходные объекты (пешеходов).

Ориентирование на местности

Определение направлений на стороны горизонта по компасу выполняется следующим образом. Мушку визирного устройства ставят на нулевое деление шкалы, а компас — в горизонтальное положение. Затем отпускают тормоз магнитной стрелки и поворачивают компас так, чтобы северный ее конец совпал с нулевым отсчетом. После этого, не меняя положения компаса, визированием через целик и мушку замечают удаленный ориентир, который и используется для указания направления на север. Направления на стороны горизонта взаимосвязаны между собой, и, если известно хотя бы одно из них, можно определить остальные. В противоположном направлении по отношению к северу будет юг, справа — восток, а слева — запад.

^{vi} **Лейденская банка** — первый электрический конденсатор, изобретённый голландскими учёными Мушенбреком и его учеником Кюнеусом в 1745 в Лейдене. Параллельно и независимо от них сходный аппарат, под названием «медицинская банка» изобрёл немецкий учёный Клейст. Лейденская банка представляла собой закупоренную наполненную водой стеклянную банку, оклеенную внутри и снаружи фольгой. Сквозь крышку в банку был воткнут металлический стержень. Лейденская банка позволяла накапливать и хранить сравнительно большие заряды, порядка микрокулона. Изобретение лейденской банки стимулировало изучение электричества, в частности скорости его распространения и электропроводящих свойств некоторых материалов. Выяснилось, что металлы и вода лучшие проводники электричества. Благодаря Лейденской банке удалось впервые искусственным путем получить электрическую искру.

^{vii} **Янтарь**, амбер, алатырь — ископаемая смола, используемая для изготовления ювелирных изделий, лекарств и упоминающаяся в разнообразных легендах.

Основные свойства янтаря

плотность: 1,05-1,09 г/см³

показатель преломления: 1,537-1,548

твёрдость по шкале Мооса: 2-3

блеск жирный или стеклянный

в ультрафиолетовых лучах люминесцирует голубым цветом

Разновидности

Сукцинит - наиболее известный и характерный из видов ископаемых смол, именуемых янтарями в узком смысле слова. (составляющий 98% всего балтийского янтаря).

Геданит — восково-жёлтого цвета

Глессит — бурого цвета, непрозрачный

Стантиенит — чёрного цвета, очень хрупкий

Боккерит — тёмный, непрозрачный, упругий

История

На Древней Руси янтарь назывался илектр или Илектрон (от др.-греч. ἤλεκτρον, «янтарь»). В азбучниках илектр описывается как «камень зело честен, един от драгих камней тако именуем, златовиден вкупе и сребровиден». Может быть, горючесть янтаря или илектра послужила поводом к появлению мифического «бел горюч камень Алатырь». Мнение о тождестве последнего с янтарём впервые высказано Н. И. Надеждиным в «Вестнике Императорского Русского Географического Общества» (ч. 7, 1853, прилож. 2-4).

Происхождение слова янтарь

Древнерусское — ентарь.

В древнерусский язык слово «янтарь» (в форме «ентарь») пришло в начале XVI века (упоминается в летописи 1562 г.). [1] Согласно [2] «Старо-прусское, следовательно, славянское обозначение — Gentator, отсюда идёт литовское — Gintaras и русское — янтарь».

Использование янтаря в древнем мире

С незапамятных времён люди наделяли ископаемую смолу, чей возраст исчисляется миллионами лет, чудодейственными свойствами. Небольшое украшение из янтаря стоило зачастую дороже, чем молодой раб на невольничьем рынке. Лекарства и украшения из окаменелой смолы рекомендовались при самых разных болезнях. Ещё римский учёный Плиний Старший (23—79 годы нашей эры) был убежден, что янтарные амулеты предохраняют от болезней простаты и душевных расстройств.

Церковный реформатор Мартин Лютер верил, что янтарь защищает от образования камней в почках, и всегда носил в кармане кусок окаменелой смолы. Одна из медицинских рекомендаций 1680 года гласила: «Полоскание, приготовленное из янтаря, помогает от закупорок в голове». Если смешать растёртый янтарь с медом и розовым маслом, получится эффективное средство от глазных болезней. В те времена, когда стекло ещё не умели делать достаточно прозрачным, из шлифованного янтаря изготавливали очки и лупы.

«Boernstein», «горящий камень», — так на древне-немецком языке назывался янтарь в XIII веке. Дым подождённого янтаря не только снимал боли в сердце и помогал при ревматизме, но и мог служить заменителем фимиама. Не случайно бранденбургско-прусские короли в XVII веке присвоили себе монопольное право собирать ценный дар природы. Жителям побережья это было строжайшим образом запрещено — под страхом тюрьмы и даже смерти! А уже в тридцатые годы нашего[уточнить!] века биохимикам удалось выделить янтарную кислоту — вещество, являющееся неспецифическим биостимулятором и обладающее противовоспалительным и противострессовым действием, благотворно влияющее на работу почек и кишечника.

Разновидности янтаря

Знатоки различают около двухсот пятидесяти разновидностей янтаря, от «морского» до «земляного», который находят на Янтарном берегу. Прозрачные («чистые») и матовые самородки сортируют, для того чтобы выявить так называемые «бастарды», сочетающие в себе оба этих свойства. О водянисто-прозрачных говорят, что они «цвета льда», беловато-матовые камушки называют «костяными», — вообще, оттенков янтаря ничуть не меньше, чем цветов в спектре. Причиной такого цветового разнообразия обычно становятся различные вкрапления, например серный колчедан или водоросли, которые придают янтарю зеленоватый оттенок. Если внутри самородка застыло множество воздушных пузырьков, он приобретает белый пенистый цвет. Некоторые минералы могут даже обеспечить янтарю особый серебристый отлив.

В наши дни во всех любимых туристами уголках польского, российского и прибалтийского побережий процветает торговля янтарём. Самородки представлены в огромном количестве, продавцы рекламируют редкостные камешки с доисторическими насекомыми внутри — и при этом с радостью отдают уникальный экземпляр за смешные деньги. Будьте осторожны: покупая янтарь на улице, а не в специализированном магазине в Светлогорске, Зеленоградске, Калининграде или Янтарном, вы рискуете вместо ценного «инкюза» получить ничего не стоящее творение прожжённых фальсификаторов, которые выкачивают из туристов валюту при помощи синтетических смол и обыкновенных мух. Ну а тот, кому во время отпуска на Балтийском море посчастливилось найти самородок, должен о нём заботиться. Очищенный от непрозрачной корки из продуктов окисления, отполированный янтарь тут же начинает снова окисляться и сохнуть. Через несколько десятилетий он постепенно усыхает и сморщивается, в нём появляются трещинки. Под водой же янтарь не портится и может храниться вечно. Учёные полагают, что самородки, которые выносятся волнами на берег Балтийского моря, обязаны своим происхождением соснам и кедром, произраставшим в субтропическом климате среди пальм и олив сорок миллионов лет тому назад.

^{viii} **Алмáз** — минерал, одна из аллотропных форм углерода.

Физико - механические свойства

Главные отличительные черты алмаза — высочайшая среди минералов твёрдость, наиболее высокая теплопроводность среди всех твердых тел, большие показатели преломления и дисперсия. Алмаз является диэлектриком. У алмаза очень низкий коэффициент трения по металлу на воздухе - всего 0,1, что связано с образованием на поверхности кристалла тонких плёнок адсорбированного газа, играющих роль своеобразной смазки. Когда такие плёнки не образуются, коэффициент трения возрастает и достигает 0,5-0,55. Низкий коэффициент трения обуславливает исключительную износостойкость алмаза на стирание. Для алмаза также характерны самый высокий (по сравнению с другими известными материалами) модуль упругости и самый низкий коэффициент сжатия. Энергия кристалла составляет 1×10^5 Дж/г-ат, энергия связи 700 Дж/г-ат - менее 1% от энергии кристалла. Температура плавления алмаза составляет 3700-4000°C. На воздухе алмаз сгорает при 850-1000°C, а в струе чистого кислорода горит слабо-голубым пламенем при 720-800°C, полностью превращаясь в конечном счете в углекислый газ. При нагреве до 2000-3000°C [источник?] без доступа воздуха алмаз переходит в графит. Средний показатель преломления бесцветных кристаллов алмаза в желтом цвете равен примерно 2.417, а для различных цветов спектра он варьирует от 2.402 (для красного) до 2.465 (для фиолетового). Способность кристаллов разлагать белый цвет на отдельные составляющие называется дисперсией. Для алмаза дисперсия равна 0.063. Одним из важных свойств алмазов является люминесценция. Под действием солнечного света и особенно катодных, ультрафиолетовых и рентгеновских лучей алмазы начинают люминесцировать - светиться различными цветами. Под действием катодного и рентгеновского излучения светятся все разновидности алмазов, а под действием ультрафиолетового - только некоторые. Рентгенолюминесценция широко применяется на практике для извлечения алмазов из породы.

Большой показатель преломления, наряду с высокой прозрачностью и достаточной дисперсией показателя преломления (игра цвета) делает алмаз одним из самых дорогих драгоценных камней (наряду с изумрудом и рубином, которые соперничают с алмазом по цене). Алмаз в естественном виде не считается красивым. Красоту придаёт алмазу огранка, создающая условия для многократных внутренних отражений. Огранённый алмаз называется бриллиантом.

Нахождение алмазов в природе

Октаэдрический кристалл алмаза из ксенолита эклогита. Трубка Удачная, Якутия, Россия. Сканирующий электронный микроскоп.

Алмазы редкий, но вместе с тем довольно широко распространённый минерал. Промышленные месторождения алмазов известны на всех континентах, кроме Антарктиды. Известно несколько видов месторождений алмазов. Уже несколько тысяч лет назад алмазы в промышленных масштабах добывались из россыпных месторождений. Только к концу XIX века, когда впервые были открыты алмазоносные кимберлитовые трубки, стало ясно, что алмазы не образуются в речных отложениях.

Известны метеоритные алмазы, внеземного, возможно — досолнечного, происхождения. Алмазы также образуются при ударном метаморфизме при падении крупных метеоритов, например, в Попигайской астроблеме на севере Сибири.

Кроме этого, алмазы были найдены в кровлевых породах в ассоциациях метаморфизма сверхвысоких давлений, например в Кумдыкульском месторождении алмазов на Кокчетавском массиве в Казахстане.

И импактные, и метаморфические алмазы иногда образуют весьма масштабные месторождения, с большими запасами и высокой концентрацией. Но в этих типах месторождений алмазы мелки настолько, что не имеют промышленной ценности.

Промышленные месторождения алмазов связаны с кимберлитовыми и лампроитовыми трубками, приуроченными к древним кратонам. Основные месторождения этого типа известны в Африке, России, Австралии и Канаде.

По оценке компании «Де Бирс», в 2004 добыча алмазов (в стоимостном выражении) в странах-лидерах составила:

Ботсвана - 2,9 млрд. долл.;

Россия - 2 млрд. долл.;

Канада - 1,4 млрд. долл.;

ЮАР - 1,3 млрд. долл.;

Ангола - 1,2 млрд. долл.;

Намибия - 0,7 млрд. долл.

[История добычи алмазов в России](#)

В России первый алмаз был найден 4 июля 1829 года на Урале в Пермской губернии на Крестовоздвиженском золотом прииске четырнадцатилетним крепостным Павлом Поповым, который нашел кристалл, промывая золото. За полукаратный кристалл Павел получил вольную. Павел привел ученых, участников экспедиции немецкого ученого Александра Гумбольдта, на то место, где он нашел первый алмаз (сейчас это место называется Алмазный ключик (по одноименному источнику) и расположено приблизительно в 1 км от пос. Промысла недалеко от старой автомобильной дороги, связывающей поселки Промысла и Тёплая Гора Горнозаводского района Пермского края), и там было найдено еще два небольших кристалла. За 28 лет дальнейших поисков был найден только 131 алмаз общим весом в 60 карат.

Первый алмаз в Сибири был найден неподалеку от города Енисейска в ноябре 1897 года на реке Мельничной. Размер алмаза составлял 2/3 карата. Из-за малого размера обнаруженного алмаза, и недостатка финансирования разведка алмазов не велась. Следующий алмаз был обнаружен в Сибири в 1948 году.

Поиск алмазов в России велся почти полтора века, и только в середине 50-х годов были открыты богатейшие коренные месторождения алмазов в Якутии. 21 августа 1954 года была открыта первая кимберлитовая трубка за пределами Южной Африки. Её название было символично - «Зарница». Следующей стала трубка «Мир», что тоже было символично после Великой отечественной войны. Была открыта трубка «Удачная». Такие открытия послужили началом промышленной добычи алмазов на территории СССР. На данный момент львиная доля добываемых в России алмазов приходится на якутские горнообрабатывающие комбинаты.

[Синтетические алмазы](#)

Считается, что первый синтетический алмаз получил Анри Муассан.

В настоящее время существует крупное промышленное производство синтетических алмазов, которое обеспечивает потребности в абразивных материалах.

Для синтеза используется несколько способов. Один из них состоит в подготовке высокоуглеродистого сплава никель-марганец и его охлаждении под давлением в формах из твердого сплава (типа ВК). Выкристаллизовавшиеся мелкие алмазы отделяют после растворения металлической матрицы в смеси кислот.

Современные способы получения алмазов используют газовую среду состоящую из 95% водорода и 5% углеродсодержащего газа, пропана, ацетилена а так же высокочастотную плазму, сконцентрированную на подложке, где образуется сам алмаз. Температура газа от 700-850 градусов при давлении в тридцать раз меньше атмосферного. В зависимости от технологии синтеза, скорость роста алмазов от 7 микрон/час до 3 микрон/минута на подложке.

Гидротермальный способ наращивания и роста алмазов использует смесь азотной, серной и уксусной кислот, а также графита при оптимальной температуре 50 градусов и атмосферном давлении.

Применение

Алмаз уже многие столетия является популярнейшим и дорогим драгоценным камнем. В то время как цена других драгоценных камней определяется модой и постоянно меняется, алмаз остаётся островком стабильности на бурном рынке драгоценностей. В значительной степени такое устойчивое положение алмаза обусловлено высокой монополизацией этого рынка. Фирма «Де Бирс», на долю которой приходится около 50 % мировой добычи, разрабатывает месторождения Ботсваны, ЮАР, Намибии и Танзании.

До 2000 года на рынке доминировала принадлежащая «Де Бирс» Центральная Сбытовая Организация (ЦСО), скупавшая по долгосрочным соглашениям алмазы как самой «Де Бирс», так и других их крупнейших производителей — России, Австралии, Заира, Анголы и контролировавшая тем самым до 80 % мировой добычи. В периоды превышения предложения над спросом ЦСО складировала «избыточные» алмазы в запасах, препятствуя тем самым снижению цен.

В 90-е годы XX века замедление потребления ювелирных украшений с бриллиантами, совпавшее с ростом добычи алмазов, привело к значительному росту запасов ЦСО. Не имея возможности финансировать постоянный рост запасов, ЦСО пошла на неоднократные снижения цен, что вызвало отказ от торговли с ней целого ряда алмазодобывающих фирм. В 1996 г. от долгосрочных соглашений с Де Бирс отказалась Австралия. В настоящее время торговлю с Де Бирс по долгосрочным соглашениям продолжает только Россия.

В 2000 г. Де Бирс объявила о переходе к новой рыночной стратегии, так называемого "предпочитаемого поставщика". Компания отказалась от регулирования рыночных цен на алмазы. Это ознаменовало конец фактически действовавшего картеля на мировом рынке алмазов. В настоящее время цены на природные необработанные алмазы формируются под влиянием рыночных сил, что привело к их колебаниям. Значительное падение цен на алмазы, на величину порядка 30-40%, произошло в 2005-2006 г. из-за локального превышения предложения над спросом. Вместе с тем, мощности действующих месторождений, степень их выработки, и ожидаемый ввод в эксплуатацию новых рудников позволяют предположить, что в средне- и долгосрочной перспективе на мировом рынке будет наблюдаться устойчивое превышение спроса над предложением, что создает предпосылки для роста цен на алмазы. Исключительная твёрдость алмаза находит своё применения в промышленности: с ним делают ножи, свёрла, резцы и тому подобные изделия. Алмазный порошок (как отход при обработке природного алмаза, так и полученный искусственно) используется как абразив.

Однако подавляющая часть (по стоимости) природных алмазов используется для производства бриллиантов.

Огранка алмазов

Основными типами огранки являются: круглая (со стандартным числом 57 граней) и фантазийные, к которым относятся такие виды огранки как "овальная", "груша" (одна сторона овала - острый угол), "маркиза" ("овал с двумя острыми углами", в плане похож на стилизованное изображение глаза), "принцесса", "радиант" и проч.

Форма огранки бриллианта зависит от формы исходного кристалла алмаза. Чтобы получить бриллиант максимальной стоимости огранщики стараются свести к минимуму потери алмаза при обработке. В зависимости от формы кристалла алмаза, при его обработке теряется от 55% до 70% веса.

Пропорционально этому увеличивается цена (но не стоимость!) бриллианта. Так из алмаза весом 1 карат, стоимостью 100 долл. и ценой 100 долл. за карат при 50% "выхода годного" будет получен бриллиант весом 0,5 карата, стоимостью 100 долл. (учитывая только издержки на сырьё, без других расходов) ценой 200 долл. за карат.

Применительно к технологии обработки, алмазы можно условно разделить на три большие группы: - "соублз" (как правило кристаллы правильной октаэдрической формы, которые в начале должны быть распилены на две части, при этом получают заготовки для производства двух бриллиантов); - "мэйкблз" (кристаллы неправильной или округлой формы, подвергаются огранке "одним куском"); - "кливаж" (содержат трещину и не распиливаются, а раскалываются перед дальнейшей обработкой).

Основными центрами огранки бриллиантов являются: Индия, специализирующаяся преимущественно на мелких бриллиантах, массой до 0,30 карата, производит ежегодно этого товара на 7 млрд. долл.; Израиль, граничащий бриллианты массой более 0,30 карата, стоимостью около 2,5 млрд. долл. в год, Китай, Россия, Таиланд, Бельгия, США. Производство в пяти перечисленных страна находится на уровне 0,5-1 млрд. долл. При этом в США производят только крупные высококачественные бриллианты, в Китае и Таиланде - мелкие, в России и Бельгии - средние и крупные. Подобная специализация сформировалась в результате различий в оплате труда огранщиков.

^{ix} **Горный хрусталь** — минерал, бесцветная, прозрачная разновидность кварца, одна из кристаллических модификаций кремнезема (SiO₂). Чистые однородные кристаллы горного хрусталя встречаются редко. Практическое значение имеют кристаллы размером 3—5 см. В России месторождения есть на Урале. Монокристаллы горного хрусталя выращивают в автоклавах. Добавление Ge увеличивает, а Al уменьшает показатели преломления, Fe²⁺ придает зеленый, Fe³⁺ — бурый, Co — синий цвет.

Название

Название произошло от греч. kristallos, что означает «лед», поскольку в античные времена горный хрусталь считали сильно затвердевшим льдом. Именно под этим названием горный хрусталь упоминается в «Илиаде» и «Одиссее». Марбод Реннский в XII в. писал о происхождении горного хрусталя от льда. В русской терминологии до XIX в термины «хрусталь» и «кристалл» были синонимами. Позднее кристаллами стали называть многогранные минералы, а горным хрусталем — прозрачную разновидность кварца.

Химический состав

Двуокись кремния.

Химическая формула: SiO₂

Физические свойства

Цвет: бесцветный

Блеск: от стеклянного до жирного на изломе

Прозрачность: прозрачный

Твердость по шкале Мооса: 7

Плотность: 2,52-2,65 гр/см³

Излом: неровный

Сингония: тригональная

Спайность — неясная по ромбоэдру

Форма кристаллов: тригонально-трапецевидные

Агрегаты: монокристаллы, двойники, друзы, жеоды, щетки

Сопутствующие минералы

полевые шпаты, гематит, хлорит, рутил, пирит, самородное золото

Разновидности

Аметист, Цитрин, Раухтопаз (дымчатый кварц), Морион, Волосатик, «Волосы Венеры»(с включениями Рутила).

Месторождения, происхождение

Встречается главным образом в пустотах гидротермальных жил «Альпийского типа». Образуется также в пегматитовых и в осадочных месторождениях различного типа.

Значение и применение

Горный хрусталь применяется в радиотехнике для получения ультразвуковых колебаний. Изготавливают призмы спектрографов, линзы. Окрашенные кристаллы горного хрусталя применяются как полудрагоценные камни. Горный хрусталь используется для изготовления ювелирных изделий и предметов роскоши, а также различной магической атрибутики.

Подвески из горного хрусталя. Фото Натальи Московской.

Из истории камня

Античные греки и римляне вырезали из горного хрусталя печати, сосуды, украшения. Ферсман писал, что у Нерона были два прекрасных кубка, вырезанных из идеально прозрачных кристаллов. Римские патриции летом охлаждали руки шарами из горного хрусталя. Из кристаллов вырезали зажигательные линзы, с помощью которых жрецы «божественным огнем» зажигали огонь на жертвенниках.

В Китае и Японии изготавливали идеальные шары, многие из которых экспонируются в различных музеях мира. Так, в Национальном музее США в Вашингтоне хранится шар китайской работы диаметром 327 мм, представляющий собой идеальную сферу.

В Оружейной палате Московского Кремля находятся различные сосуды из горного хрусталя: самовар Петра I, выточенный из цельного куска горного хрусталя, бочонок, перечница, кружка, чаши, «рукомой» и т. д. Коллекция посуды из горного хрусталя имеется в Национальном музее в Вене. В Музее естественной истории в Нью-Йорке имеется печать русской работы в виде Атласа, держащего на плечах земной шар. У жрецов древней культуры майя был череп, изготовленный из одного большого кристалла горного хрусталя, череп сделан по подобию черепа девушки. Он был идеально отполирован, после его исследования специалисты фирмы «Хьюлетт-Паккард» заявили что на поверхности нет ни единого следа механической обработки, даже механических царапин. Изготовить череп из такого кристалла было невозможно, так как кристалл состоял из 3-4 сростков, и любая механическая обработка привела бы к разрушения кристаллической структуры. С нашими развитыми технологиями такой череп не сложно изготовить, но на нём останутся следы, и он будет изготовлен из идеального кристалла, выращенного искусственно. Самое интересное, что в глазницах черепа поверхность отполирована в форме линз, а на задней стенке призма. Нижняя челюсть закреплена в полированных гнездах настолько подвижно, что колеблется при движении воздуха. Если в центр носовой полости направить луч света, весь череп начинает светиться, а глазницы — сиять. Замечательная находка была обнаружена в 1927 году в Гондурасе американской археологической экспедицией под руководством Ф. А. Митчел-Ходжеса. Череп использовался жрецами майя для поклонения богине смерти.

В России XVIII—XIX вв. из горного хрусталя вырезали табакерки, пуговицы, печатки, церковную утварь.

В романе «Салаambo» Г.Флобера описывает карфагенский храм, в котором мистическую роль играет хрустальное яйцо, покоящееся на медной колонне. Греческий поэт Ономакрит (V в. до н. э.) считал, что боги не в силах отказать человеку, если он пришел в храм, держа в руках горный хрусталь. Римские врачи в начале нашей эры применяли шары из горного хрусталя как «зажигательные стекла» для прижигания ран. Некогда в Европе горный хрусталь называли «арабским» или «богемским алмазом».

Мифология

В Японии горный хрусталь считали замёрзшим дыханием дракона.

Согласно преданиям[источник?], боги пьют амброзию только из хрустальных кубков. Чистота и прозрачность горного хрусталя стали символом скромности и чистоты помыслов, талисманом, укрепляющим клятвенные договоры.

В зороастризме считалось, что небо состоит из горного хрусталя.

Магия и здоровье

В этой статье описан способ лечения и/или профилактики заболеваний, не признанный современной медицинской наукой. К подобного рода лечению стоит относиться осторожно и взвешенно. Применение подобных методов вместо квалифицированной медицинской помощи может быть опасно.

По старинным поверьям горный хрусталь, находящийся рядом со спящим, избавляет от страшных снов, а носимый в перстне — предохраняет от опасности замерзнуть. Как талисман горный хрусталь укрепляет постоянство, а носимый в виде ожерелья, увеличивает у кормящей матери поступление молока. Кроме этого считается, что горный хрусталь, носимый на теле, под бельем с правой стороны живота, улучшает работу желчного пузыря, оказывает седативное, успокаивающее действие.[источник?] Помогает при заболеваниях печени и желчных путей — острых и хронических, желтухе. Предохраняет детей от легочных заболеваний.

Шары из горного хрусталя иногда пытаются использовать как средство концентрации мысли; внимательно вглядываясь в них, маги якобы видят прошлое и будущее. Считается, можно обойтись и без шара, а поместить хрустальный предмет в темной комнате, направить на него луч света и долго всматриваться, не мигая и концентрируя свою волю, чтобы увидеть в кристалле то, что хочется увидеть. Хрусталь для этих опытов должен быть совершенно прозрачным. Дымчатым хрусталем (раухтопазом) пользоваться не рекомендуется, т. к. утверждается, будто он слишком возбуждает фантазию и искажает картины будущего.

x Магнит — тело, обладающее собственным магнитным полем. Слово происходит от греч. *magnitis lithos* (μαγνήτης λίθος), магнетитовый камень, от названия древнего города Магнесия в Малой Азии, в которой в древности были открыты залежи магнетита.

Постоянный магнит — изделие, изготовленное из ферромагнетика, способного сохранять остаточную намагниченность после выключения внешнего магнитного поля. Характерные поля постоянных магнитов — до 1 Т (10 кГс).

Электромагнит — устройство, магнитное поле которого создаётся только при протекании электрического тока. Как правило, это катушка-соленоид, со вставленным внутрь железным сердечником с большой магнитной проницаемостью. Характерные поля электромагнитов 1,5-2 Т определяются т. н. насыщением железа, то есть резким спадом магнитной проницаемости при больших значениях магнитного поля.

xi Бенджамин Франклин (англ. Benjamin Franklin; 1706—1790) — американский учёный, журналист, издатель и политический деятель. Один из лидеров войны за независимость США.

Бенджамин Франклин — единственный из отцов-основателей, скрепивший своей подписью все три важнейших исторических документа, что лежат в основе образования Соединенных Штатов Америки как независимого государства: Декларацию независимости США, Конституцию США и Версальский мирный договор 1783 (Второй Парижский мирный договор), формально завершивший войну за независимость тринадцати колоний Соединенных Штатов от Великобритании. Портрет Бенджамина Франклина украшает собой столларовую купюру национальной резервной системы США с 1928 года.

Биография

Бенджамин Франклин родился 17 января 1706 г. в Бостоне. Был 15-м ребенком в семье (17 детей) эмигранта из Англии Джозайи Франклина (1652 - 1745) — ремесленника, занимающегося изготовлением мыла и свечей. Образование получил самостоятельно.

В 1727 основал в Филадельфии собственную типографию. Издавал (1729—48) «Пенсильванскую газету».

Основал в 1731 первую в Америке публичную библиотеку, в 1743 — Американское философское общество, в 1751 — Пенсильванский университет. С 1737 по 1753 г. исполнял должность почтмейстера Пенсильвании, с 1753 по 1774 — ту же должность в масштабе всех северо-американских колоний.

В 1776 г. был направлен в качестве посла во Францию с целью добиться союза с нею против Англии, а также займа. Был избран членом академии многих стран, в том числе и Российской академии наук (1789 г.)

Один из авторов американской Конституции (1787 г.). Автор афоризма «Время — деньги» (из «советов молодому купцу», 1748 г.).

Изобрел кресло-качалку и получил патент на конструкцию. Изобрел громоотвод и отказался его патентовать.

Франклин скончался 17 апреля 1790 г. На его похороны собралось около 20 тыс. человек.

Из письма Робеспьера, адресованного Б. Франклину: «Вы знаменитейший ученый мира...». Дейл Карнеги: «Если вы хотите получить превосходные советы о том, как обращаться с людьми, управлять самим собой и совершенствовать свои личные качества, прочтите автобиографию Бенджамина Франклина — одну из самых увлекательных историй жизни». Решением Всемирного Совета Мира имя Франклина включено в список наиболее выдающихся представителей Человечества.

«Змей Франклина»

В США широко известен опыт Франклина по выяснению электрической природы молнии. В 1750 он опубликовал работу, в которой предложил провести эксперимент с использованием воздушного змея, запущенного в грозу. Такой опыт был проведён 10 мая 1752 французским учёным Томасом-Франсуа Далибардом (фр. Thomas-Francois Dalibard. Не зная об опыте Далибарда, Франклин провёл свой собственный эксперимент с воздушным змеем 15 июня в Филадельфии. Опыт Франклина был описан в работе Джозефа Пристли (англ. Joseph Priestley) «История и теперешнее состояние электричества» (англ. History and Present Status of Electricity) 1767 года. Пристли говорит о том, что Франклин был изолирован в процессе эксперимента, чтобы избежать создания смертельно опасного контура протекания тока (некоторые исследователи погибли во время проведения подобных экспериментов: во время запуска змея в грозу в 1753 году был убит работавший в России немецкий учёный Георг Рихман. В своих записях Франклин говорит о том, что знал об опасности и нашёл альтернативный путь демонстрации электрической природы молнии, о чём говорит использование им заземления. Распространённая версия проведения опыта неверна: Франклин не стал дожидаться когда молния ударит в запущенного змея (это было бы смертельно опасно). Вместо этого он запустил змея в грозовое облако, и обнаружил, что змей собирает электрический заряд

Некоторые из произведений Франклина

«Рассуждение о свободе и необходимости, наслаждении и страдании»;

«Опыты и наблюдения над электричеством»;

«Необходимые советы тем, кто хотел бы стать богатым»;

«Путь к изобилию»;

«Свисток» (письмо — рассказ).

^{xii} **Лейденская банка** — первый электрический конденсатор, изобретённый голландскими учёными Мушенбреком и его учеником Кюнеусом в 1745 в Лейдене. Параллельно и независимо от них сходный аппарат, под названием «медицинская банка» изобрёл немецкий учёный Клейст. Лейденская банка представляла собой закупоренную наполненную водой стеклянную банку, оклеенную внутри и снаружи фольгой. Сквозь крышку в банку был воткнут металлический стержень. Лейденская банка позволяла накапливать и хранить сравнительно большие заряды, порядка микрокулона. Изобретение лейденской банки стимулировало изучение электричества, в частности скорости его распространения и электропроводящих свойств некоторых материалов. Выяснилось, что металлы и вода лучшие проводники электричества. Благодаря Лейденской банке удалось впервые искусственным путем получить электрическую искру.

^{xiii} **Рене Антуан Реомюр** (фр. Rene Antoine de Reaumur; 28 февраля 1683 — 17 октября 1757) — французский естествоиспытатель, член Парижской АН (1708).

Основные труды в области физики, зоологии и др. В 1730 описал изобретённый им спиртовой термометр, шкала которого определялась точками кипения и замерзания воды и была разделена на 80 градусов (см. Градус Реомюра). В области зоологии осветил вопросы биологии общественных насекомых и тлей, отношения насекомых к растениям; уточнил функции особей пчелиной семьи.

В самых солидных энциклопедиях написано, что в 1730 г. Реомюр предложил температурную шкалу, названную его именем, что один градус этой шкалы равен 1/80 разности температур кипения воды и таяния льда (то есть градус Реомюра равен 5/4 градуса Цельсия), что она практически вышла из употребления. А на самом деле все было не так! Нельзя сказать, что Реомюр взялся за это дело первым. Существовал уже термоскоп Галилея, термометры флорентийских академиков и термометрическая шкала Фаренгейта. Мало того, существовала уже шкала петербургского академика Ж. Делиля, выбравшего в качестве реперной (опорной) точки одну-единственную величину — температуру кипения воды. Несмотря на перечисленные достижения, в термометрии оставался ряд недоработанных пунктов, связанных в основном с выбором реперных точек. Считалось, например, что даже при неизменном давлении вода может кипеть при разных температурах... Реомюр начал с того, что перед лицом авторитетной академической комиссии это заблуждение опроверг. Далее, анализируя выполненные в 1724 г. работы Фаренгейта, он остался недоволен расплывчатым выбором опорных точек (за нуль принималась температура охлаждающей смеси, за 100 градусов — температура человеческого тела). Не понравились Реомюру и ранее применявшиеся термометрические жидкости — вода или ртуть. Он остановился на винном спирте. Почему? Может быть, потому, что спирт легче заливать в тонкие трубки? Термометр делался так. Припаяв к круглой колбочке эту самую трубку, Реомюр залил в нее спирт, по мере возможности очищенный от воды и растворенных газов. В своем мемуаре он особо оговаривает, что его жидкость содержала не более 5 процентов воды. По всей видимости, Реомюр не заблуждался: тщательной перегонкой спирт действительно можно довести до 96%-ной чистоты. Возникает вопрос: как же он мог с помощью спирта измерить температуру кипения воды — свою, как пишут в энциклопедиях, вторую опорную точку? Ведь спирт кипит куда ниже. Может быть, термометр Реомюра был запаян, и спирт, расширяясь, создавал в трубке давление в 2—3 атмосферы? Ничего подобного: трубка не запаивалась — Реомюр лишь затыкал ее замазкой на основе скипидара, которая противостоять давлению, какое создают пары спирта при температуре кипения воды, никак не могла. Как же это понять? А так, что он вовсе не принимал точку кипения воды в качестве опорной. В мемуаре Реомюра описаны опыты, в ходе которых он медленно нагревал свой термометр с помощью водяной бани, доводил в нем спирт до кипения, потом охлаждал, снова подогревал... Зачем он это делал? Не для того ли, чтобы удостовериться в постоянстве температуры кипения спирта? Видимо, для этого. Если сохранялись еще сомнения насчет постоянства свойств воды, то кто мог быть уверен в спирте? На самом деле опорная точка была у Реомюра всего одна: температура таяния льда. А величину градуса он определил вовсе не делением какого-то интервала температур на неведомую откуда взявшееся число 80. В действительности он решил принять за один градус такое изменение температуры, при котором объем спирта возрастает или убывает на 1/1000. Таким образом, термометр Реомюра был, по существу, большим пикнометром. Смотрим в современный справочник... Коэффициент объемного расширения 96%-ного спирта составляет 0,001081/град. «Град», стоящий в знаменателе наименования, — не что иное, как общепринятый ныне градус Цельсия. Градус же Реомюра — истинный градус! — можно получить, разделив 0,001 на 0,00108. Получается, что он равен

0,926 градуса Цельсия. А вовсе не 1,25. Откуда же взялись эти злосчастные 1,25? Дело, видимо, обстояло так. Стремясь удовлетворить возрастающий спрос, французские ремесленники приступили к массовому изготовлению термометров Реомюра. Но у них уже был опыт в изготовлении ртутных барометров, и они решили знакомую им технологию использовать при изготовлении новомодных приборов. Спирт заменили ртутью, термометры стали меньше и удобнее. В 40-е годы до Франции дошли образцы термометров Цельсия, в которых было две опорные точки. Изготовителям было гораздо проще разбить небольшое расстояние, на которое поднимался столбик ртути при переходе воды от замерзания к кипению, на некоторое количество частей, чем каждый раз рассчитывать уровни подъема термометрической жидкости (они же не учились у Вариньона!). Но каждый ремесленник твердо помнил, что шкала Реомюра заканчивалась числом 80 (выше начинал кипеть спирт). Поэтому, видимо, чтобы сохранить национальную самобытность, они обозначили точку кипения воды числом 80. Так и возникла «шкала Реомюра», которая дожила до середины нашего века. Интерес к термометрии возник у Реомюра явно в связи с изысканиями, касавшимися черной металлургии. Для получения различных модификаций железа нужны разные степени нагрева, их надо сопоставлять. Но для решения этой задачи следовало поначалу прояснить вопрос об измерении, сопоставлении по определенной и воспроизводимой процедуре хотя бы небольших степеней нагретости или охлажденности тел. Первой его работой на эту тему была отдельная публикация, относящаяся, видимо, к 1725 г. и посвященная принципам конструирования термометров со сравнимыми шкалами. 15 ноября 1730 г. Реомюр выступил в Парижской Академии наук с первым сообщением о результатах своих термометрических работ. Еще он выступал 17, 20, 24 и 27 января, а потом 6, 9, 13 и 20 июня 1731 г. В основном результаты его исследований изложены в двух мемуарах. Третий, касающийся составления охлаждающих смесей, носит несколько побочный характер — он был доложен Академии в 1734 г. Еще при жизни Реомюра были проведены измерения точки кипения воды в градусах его шкалы (ведь со спиртовым термометром это было невозможно). Жан Тийе в присутствии Жана- Антуана Нолле получил значение 85. Но все последующие измерения дали величины от 100 до 110 градусов. Если использовать вышеупомянутые современные данные, то для точки кипения воды в градусах Реомюра получается значение 108. В 1772 г. в качестве стандартной была принята температура кипения воды, равная 110 градусов Реомюра. Но разнотой продолжался еще 22 года, до 12 жерминаля II года революционного календаря (1 апреля 1794 г.), когда в связи с введением во Франции метрической системы, по предложению минералога и метеоролога Рене-Жюста Гаюи, было утверждено в качестве стандартного значение 100 — фактически, принято то, что уже называли шкалой Цельсия. Начиная с 1734 г. Реомюр в течение пяти лет публиковал отчеты об измерениях температур воздуха с помощью предложенного им прибора в различных местностях, от центральных районов Франции до индийского порта Пондишери, однако позднее термометрию забросил. Настолько, что, когда в 1742 г. Жан-Пьер Кристен демонстрировал в Лионе ртутный термометр собственной конструкции, Реомюр даже не приехал.

^{xiv} **Мóлния** — электрический искровой разряд, проявляющийся, обычно, яркой вспышкой света и сопровождающим её громом. Электрическая природа молнии была раскрыта в исследованиях американского физика Б. Франклина, по идее которого был проведён опыт по извлечению электричества из грозового облака. Молнии также были найдены на Венере, Юпитере, Сатурне и Уране. Средняя длина молнии 2,5 км, некоторые разряды простираются в атмосфере на расстояние до 20 км.

Формирование молнии

Наиболее часто молния возникает в кучево-дождевых облаках, тогда они называются грозовыми; иногда молния образуются в слоисто-дождевых облаках, а также при вулканических извержениях, торнадо и пылевых бурях.

Обычно наблюдаются линейные молнии, которые относятся к т. н. безэлектродным разрядам, так как они начинаются (и кончаются) в скоплениях заряженных частиц. Это определяет их некоторые до сих пор не объяснённые свойства, отличающие молнии от разрядов между электродами. Так, молнии не бывают короче нескольких сотен метров; они возникают в электрических полях значительно более слабых, чем поля при межэлектродных разрядах; сбор зарядов, переносимых молнией, происходит за тысячные доли секунды с мириадом мелких, хорошо изолированных друг от друга частиц, расположенных в объёме несколько км³. Наиболее изучен процесс развития молнии в грозовых облаках, при этом молнии могут проходить в самих облаках — внутриоблачные молнии, а могут ударять в землю — наземные молнии. Для возникновения молнии необходимо, чтобы в относительно малом (но не меньше некоторого критического) объёме облака образовалось электрическое поле (см. атмосферное электричество) с напряжённостью, достаточной для начала электрического разряда (~ 1 МВ/м), а в значительной части облака существовало бы поле со средней напряжённостью, достаточной для поддержания начавшегося разряда (~ 0,1-0,2 МВ/м). В молнии электрическая энергия облака превращается в тепловую и световую.

Наземные молнии

Процесс развития наземной молнии состоит из несколько стадий. На первой стадии в зоне, где электрическое поле достигает критического значения, начинается ударная ионизация, создаваемая вначале свободными электронами, всегда имеющимися в небольшом количестве в воздухе, которые под действием электрического поля приобретают значительные скорости по направлению к земле и, сталкиваясь с молекулами, составляющими воздух, ионизуют их. Таким образом возникают электронные лавины, переходящие в нити электрических разрядов — стримеры, представляющие собой хорошо проводящие каналы, которые, сливаясь, дают начало яркому термоионизованному каналу с высокой проводимостью — ступенчатому лидеру молнии.

Движение лидера к земной поверхности происходит ступенями в несколько десятков метров со скоростью ~ 50 000 километров в секунду, после чего его движение приостанавливается на несколько десятков микросекунд, а свечение сильно ослабевает; затем в последующей стадии лидер снова продвигается на несколько десятков метров. Яркое свечение охватывает при этом все пройденные ступени; затем следуют снова остановка и ослабление свечения. Эти процессы повторяются при движении лидера до поверхности земли со средней скоростью 200 000 метров в секунду.

По мере продвижения лидера к земле напряжённость поля на его конце усиливается и под его действием из выступающих на поверхности Земли предметов выбрасывается ответный стример, соединяющийся с лидером. Эта особенность молнии используется для создания молниеотвода.

В заключительной стадии по ионизованному лидером каналу следует обратный (снизу вверх), или главный, разряд молнии, характеризующийся токами от десятков до сотен тысяч ампер, яркостью, заметно превышающей яркость лидера, и большой скоростью продвижения, вначале доходящей до ~ 100 000 километров в секунду, а в конце уменьшающейся до ~ 10 000 километров в секунду. температура канала при главном разряде может превышать 25 000 °С. Длина канала молнии может быть от 1 до 10 км, диаметр — несколько сантиметров. После прохождения импульса тока ионизация канала и его свечение ослабевают. В финальной стадии ток молнии может длиться сотые и даже десятые доли сек, достигая сотен и тысяч ампер. Такие молнии называют затяжными, они наиболее часто вызывают пожары.

Главный разряд разряжает нередко только часть облака. Заряды, расположенные на больших высотах, могут дать начало новому (стреловидному) лидеру, движущемуся непрерывно со скоростью в тысячи километров в секунду. Яркость его свечения близка к яркости ступенчатого лидера. Когда стреловидный лидер доходит до поверхности земли, следует второй главный удар, подобный первому. Обычно молния включает несколько повторных разрядов, но их число может доходить и до нескольких десятков. Длительность многократной молнии может превышать 1 сек. Смещение канала многократной молнии ветром создаёт так называемую ленточную молнию — светящуюся полосу.

При попадании молнии непосредственно в грунт возможно образование своеобразного минерала фульгурита, представляющего собой, в основном, спёкшийся кварцевый песок.

Внутриоблачные молнии

Внутриоблачные молнии включают в себя обычно только лидерные стадии; их длина колеблется от 1 до 150 км. Доля внутриоблачных молний растёт по мере смещения к экватору, меняясь от 0,5 в умеренных широтах до 0,9 в экваториальной полосе. Прохождение молнии сопровождается изменениями электрических и магнитных полей и радиоизлучением, так называемыми атмосфериками. Вероятность поражения молнией наземного объекта растёт по мере увеличения его высоты и с увеличением электропроводности почвы на поверхности или на некоторой глубине (на этих факторах основано действие громоотвода). Если в облаке существует электрическое поле, достаточное для поддержания разряда, но недостаточное для его возникновения, роль инициатора молнии может выполнить длинный металлический трос или самолёт — особенно, если он сильно электрически заряжен. Таким образом иногда «провоцируются» молнии в слоисто-дождевых и мощных кучевых облаках.

^{xv} **Бэнджамин Фрэнклин** (англ. Benjamin Franklin; 1706—1790) — американский учёный, журналист, издатель и политический деятель. Один из лидеров войны за независимость США.

Бэнджамин Франклин — единственный из отцов-основателей, скрепивший своей подписью все три важнейших исторических документа, что лежат в основе образования Соединённых Штатов Америки как независимого государства: Декларацию независимости США, Конституцию США и Версальский мирный договор 1783 (Второй Парижский мирный договор), формально завершивший войну за независимость тринадцати колоний Соединённых Штатов от Великобритании. Портрет Бэнджамина Франклина украшает собой стодолларовую купюру национальной резервной системы США с 1928 года.

Биография

Бэнджамин Франклин родился 17 января 1706 г. в Бостоне. Был 15-м ребенком в семье (17 детей) эмигранта из Англии Жозефа Франклина (1652 - 1745) — ремесленника, занимающегося изготовлением мыла и свечей. Образование получил самостоятельно.

В 1727 основал в Филадельфии собственную типографию. Издавал (1729—48) «Пенсильванскую газету». Основал в 1731 первую в Америке публичную библиотеку, в 1743 — Американское философское общество, в 1751 — Пенсильванский университет. С 1737 по 1753 г. исполнял должность почтмейстера Пенсильвании, с 1753 по 1774 — ту же должность в масштабе всех северо-американских колоний.

В 1776 г. был направлен в качестве посла во Францию с целью добиться союза с нею против Англии, а также займа. Был избран членом академии многих стран, в том числе и Российской академии наук (1789 г.)

Один из авторов американской Конституции (1787 г.). Автор афоризма «Время — деньги» (из «советов молодому купцу», 1748 г.).

Изобрел кресло-качалку и получил патент на конструкцию. Изобрел громоотвод и отказался его патентовать.

Франклин скончался 17 апреля 1790 г. На его похороны собралось около 20 тыс. человек.

Из письма Робеспьера, адресованного Б. Франклину: «Вы знаменитейший ученый мира...». Дейл Карнеги: «Если вы хотите получить превосходные советы о том, как обращаться с людьми, управлять самим собой и совершенствовать свои личные качества, прочтите автобиографию Бенджамина Франклина — одну из самых увлекательных историй жизни». Решением Всемирного Совета Мира имя Франклина включено в список наиболее выдающихся представителей Человечества.

«Змей Франклина»

В США широко известен опыт Франклина по выяснению электрической природы молнии. В 1750 он опубликовал работу, в которой предложил провести эксперимент с использованием воздушного змея, запущенного в грозу. Такой опыт был проведён 10 мая 1752 французским учёным Томасом-Франсуа Далибардом (фр. Thomas-Francois Dalibard. Не зная об опыте Далибарда, Франклин провёл свой собственный эксперимент с воздушным змеем 15 июня в Филадельфии. Опыт Франклина был описан в работе Джозефа Пристли (англ. Joseph Priestley) «История и теперешнее состояние электричества» (англ. History and Present Status of Electricity) 1767 года. Пристли говорит о том, что Франклин был изолирован в процессе эксперимента, чтобы избежать создания смертельно опасного контура протекания тока (некоторые исследователи погибли во время проведения подобных экспериментов: во время запуска змея в грозу в 1753 году был убит работавший в России немецкий учёный Георг Рихман. В своих записях Франклин говорит о том, что знал об опасности и нашёл альтернативный путь демонстрации электрической природы молнии, о чём говорит использование им заземления. Распространённая версия проведения опыта неверна: Франклин не стал дожидаться когда молния ударит в запущенного змея (это было бы смертельно опасно). Вместо этого он запустил змея в грозовое облако, и обнаружил, что змей собирает электрический заряд

Некоторые из произведений Франклина

«Рассуждение о свободе и необходимости, наслаждении и страдании»;

«Опыты и наблюдения над электричеством»;

«Необходимые советы тем, кто хотел бы стать богатым»;

«Путь к изобилию»;

«Свисток» (письмо — рассказ).

^{xvi} **Дальнодействие и Короткоддействие** — две концепции классической физики, противоборствовавшие на заре её становления.

Согласно концепции дальнодействия, тела могут действовать мгновенно, без посредников, через пустоту, на любом расстоянии (но, согласно определённым законам). Примером кажущегося дальнодействия можно считать силу всемирного тяготения. Согласно концепции короткоддействия, тело может действовать только на своё непосредственное окружение, а всякое действие на значительном расстоянии должно осуществляться при помощи тех или иных посредников.

Согласно современному представлению, верной является концепция короткоддействия. Во всех случаях кажущегося дальнодействия удалось обнаружить физических посредников. В частности, для всемирного тяготения таким посредником оказывается гравитационное поле, возмущения в котором распространяются со скоростью света.

Однако, судя по всему, общий принцип локальности всё-таки неверен. Согласно квантовой механике могут существовать корреляции на значительном расстоянии.

^{xvii} **Дальнодействие и Короткоддействие** — две концепции классической физики, противоборствовавшие на заре её становления.

Согласно концепции дальнодействия, тела могут действовать мгновенно, без посредников, через пустоту, на любом расстоянии (но, согласно определённым законам). Примером кажущегося дальнодействия можно считать силу всемирного тяготения. Согласно концепции короткоддействия, тело может действовать

только на своё непосредственное окружение, а всякое действие на значительном расстоянии должно осуществляться при помощи тех или иных посредников.

Согласно современному представлению, верной является концепция короткодействия. Во всех случаях кажущегося дальнего действия удалось обнаружить физических посредников. В частности, для всемирного тяготения таким посредником оказывается гравитационное поле, возмущения в котором распространяются со скоростью света.

Однако, судя по всему, общий принцип локальности всё-таки неверен. Согласно квантовой механике могут существовать корреляции на значительном расстоянии.

^{xviii} **Франц Ульрих Теодор Эпинус**, нем. Aepinus, (2(13) декабря 1724, Росток — 10(22) августа 1802, Дерпт, ныне Тарту) — российский физик, член Петербургской Академии наук (1756).

По национальности немец. Учился в Ростокском и Йенском университетах.

Был приват-доцентом Ростокского университета, с 1755 года профессор Берлинского университета.

С 1757 года жил в России, принял российское подданство.

С 1765 года преподавал физику и математику наследнику престола (Павлу I).

С 1782 года — член комиссии по учреждению народных училищ, разработал проект, принятый за основу при организации низшего и среднего образования в России.

Открыл и изучил явление пирозлектричества в кристаллах турмалина (1756).

Опираясь на идеи Б. Франклина и И. Ньютона, разработал теорию электрических и магнитных явлений, подчеркнув их сходство.

Впервые объяснил явления Электростатическая индукция, поляризации, предложил идею электрофора, предсказал колебательный характер разряда лейденской банки.

Построил первый ахроматический микроскоп (около 1784 года).

^{xix} **Леона́рд Эйлер** (нем. Leonhard Euler; 4 (15 апреля) 1707, Базель — 7 (18 сентября) 1783, Санкт-Петербург) — выдающийся математик, внёсший значительный вклад в развитие математики, а также механики, физики, астрономии и ряда прикладных наук.

Эйлер — самый продуктивный математик в истории, автор более чем 800 работ по математическому анализу, дифференциальной геометрии, теории чисел, приближённым вычислениям, небесной механике, математической физике, оптике, баллистике, кораблестроению, теории музыки и др., оказавших значительное влияние на развитие науки. С точки зрения математики, XVIII век — это век Эйлера.

Если до Эйлера достижения в области математики представляли собой разрозненные вспышки гения, то Эйлер впервые увязал анализ, алгебру, тригонометрию, теорию чисел и др. дисциплины в единую систему, и добавил немало собственных открытий. Значительная часть математики преподаётся с тех пор «по Эйлеру». Почти полжизни Эйлер провёл в России, где энергично помогал создавать российскую науку. В 1726 г. был приглашён работать в Санкт-Петербург, в 1727 г. переехал жить в Россию. В 1731—1741 и начиная с 1766 гг. был академиком Петербургской Академии Наук (в 1741—1766 гг. работал в Берлине, оставаясь почётным членом Петербургской Академии). Хорошо знал русский язык, часть свои сочинений (особенно учебники) публиковал на русском. Некоторые из его потомков до сих пор живут в России [1]. В честь Эйлера назван кратер на Луне.

Биография

Швейцария

В 1693 году 23-летний Пауль Эйлер окончил курс кальвинистской теологии в Базельском университете. Но учёных теологов было в те годы больше, чем требовалось, и лишь в 1701 году он получил официальную должность священника сиротского дома в Базеле. 19 апреля 1706 года пастор Пауль Эйлер женился на дочери священника. А 15 апреля 1707 года у них родился сын, названный Леонардом.

Начальное обучение будущий учёный прошёл дома под руководством отца, учившегося некогда математике у Якоба Бернулли. Добрый пастор готовил старшего сына к духовной карьере, однако занимался с ним и математикой — как в качестве развлечения, так и для развития логического мышления. Мальчик увлёкся математикой, стал задавать отцу вопросы один сложнее другого. Когда у Леонардо проявился интерес к учёбе, его направили в базельскую латинскую гимназию — под надзор бабушки.

20 октября 1720 г. 13-летний Леонард Эйлер стал студентом факультета искусств Базельского университета: отец желал, чтобы он стал священником. Но любовь к математике, блестящая память и отличная работоспособность сына изменили эти намерения и направили Леонарда по иному пути. Став студентом, он легко усваивал учебные предметы, отдавая предпочтение математике. И немудрено, что способный мальчик вскоре обратил на себя внимание Иоганна Бернулли. Он предложил юноше читать математические мемуары, а по субботам приходиться к нему домой, чтобы совместно разбирать непонятное. В доме своего учителя Эйлер познакомился и подружился с сыновьями Бернулли — Николаем и Даниилом, также увлечённо занимавшимися математикой. А 8 июня 1724 года 17-летний

Леонард Эйлер произнёс на латыни великолепную речь о сравнении философских воззрений Декарта и Ньютона — и был удостоен учёной степени магистра (в XIX веке в большинстве университетов Западной Европы учёная степень магистра была заменена степенью доктора философии).

В последующие два года юный Эйлер написал несколько научных работ. Одна из них, «Диссертация по физике о звуке», получившая благоприятный отзыв, была представлена на конкурс для замещения неожиданно освободившейся в Базельском университете должности профессора физики. Но, несмотря на положительный отзыв о «Диссертации», 19-летнего Эйлера сочли слишком юным, чтобы включить в число кандидатов на профессорскую кафедру. Однако это обстоятельство обернулось счастьем и для самого Эйлера и для науки в целом.

В начале зимы 1726 года Эйлеру сообщили из Санкт-Петербурга: по рекомендации братьев Бернулли он приглашён на должность адъюнкта по физиологии. Эйлер был молод и полон энергии. Ни в магистрате, ни в университете он не мог найти применения своим силам и способностям. 5 апреля 1727 года он навсегда покидает Швейцарию.

Первый приезд в Россию

В начале XVIII в. великий философ и математик Г. В. Лейбниц разработал проект создания академий в различных городах Европы. По просьбе Петра I, Лейбниц прислал и в Петербург несколько писем-рекомендаций по организации Академии. 22 января 1724 г. Пётр I утвердил проект устройства Петербургской Академии. 28 января вышел указ сената о создании Академии. Из 22 профессоров и адъюнктов, приглашённых в первые годы, оказалось 8 математиков, которые занимались также механикой, физикой, астрономией, картографией. С первых лет своего существования Петербургская Академия занялась и подготовкой русских учёных. Позднее при Академии созданы университет и гимназия.

Академия обратилась к своим членам с просьбой: составить руководства для первоначального обучения наукам. И Эйлер, не считаясь со временем, составил на немецком языке прекрасное «Руководство к арифметике», которое вскоре было переведено на русский и сослужило добрую службу многим учащимся. Перевод первой части выполнил в 1740 г. первый русский адъюнкт Академии, ученик Эйлера Василий Адодуров. На русском языке это было первым изложением арифметики как математической науки. В 1730 г., когда на русский престол вступила Анна Иоанновна, страной фактически стали править её приближённые. Они видели в Академии учреждение, которое требовало много денег и не приносило ощутимой пользы. Ходили даже слухи о скором закрытии Академии.

Однако Академия продолжала существовать. Освободившееся место профессора физики было предложено Эйлеру (1731). Одновременно он получил и значительное увеличение оклада. Ещё через два года Даниил Бернулли возвращается в Швейцарию, и Эйлер занимает его кафедру. Он становится академиком и профессором чистой математики.

В один из последних дней 1733 года 26-летний Леонард Эйлер женился на дочери живописца Екатерине Гзель, которой в это время тоже было 26 лет.

Работы много: картография, всевозможные экспертизы, консультации для кораблестроителей, составление учебных руководств и т. д. От него даже требуют составления гороскопов, каковой заказ Эйлер со всем возможным тактом переадресовал штатному астроному. Но всё это не мешает ему активно проводить собственные исследования. Значительная часть академических «Записок» заполнена трудами Эйлера. Воспитывает детей (их у него родилось 13, но выжило 8).

Эйлер отличался феноменальной работоспособностью. Он просто не мог не заниматься математикой или её приложениями. В 1735 г. Академия получила задание выполнить срочное и очень громоздкое астрономическое вычисление. Группа академиков просила на эту работу три месяца, а Эйлер взялся выполнить работу за 3 дня — и справился самостоятельно. Однако перенапряжение не прошло бесследно: он заболел и потерял зрение на правый глаз. Однако учёный отнёсся к несчастью с величайшим спокойствием: «Теперь я меньше буду отвлекаться от занятий математикой», — философски заметил он. Он становится известен и в Европе. Двухтомное сочинение «Механика, или наука о движении, в аналитическом изложении», изданное в 1736 году, принесло ему мировую славу. Эйлер блестяще применил методы математического анализа к решению проблем движения в пустоте и в сопротивляющейся среде. «Тот, кто имеет достаточные навыки в анализе, сможет всё увидеть с необычайной лёгкостью и без всякой помощи прочитает работу полностью», — заканчивает Эйлер своё предисловие к книге. Начиная с этого момента, теоретическая механика становится прикладной частью математики.

«30-летний Эйлер стал знаменитостью», — пишет его биограф Отто Шпис, — «Однако плохо, что он жил в далёком Петербурге, где Академия не пользовалась должным уважением, и к тому же в постоянной вражде с „правителем дел“ Шумахером».

Обстоятельства ухудшились, когда в 1740 г. умерла императрица Анна Иоанновна, царём был объявлен малолетний Иоанн VI. «Предвиделось нечто опасное, — писал позднее Эйлер в автобиографии. — После кончины достоправной императрицы Анны при последовавшем тогда регентстве... положение начало представляться неуверенным». В самом деле, в регентство Анны Леопольдовны Петербургская Академия приходит в запустение. Эйлер обдумывает возврат на родину. В конце концов он принимает предложение прусского короля Фридриха, который приглашал его в Берлинскую Академию на весьма выгодных условиях, на должность директора Математического класса Академии наук.

Пруссия

В соответствии с поданным Эйлером прошением, он был «отпущен от Академии» в 1741 году и утверждён почётным академиком. Он обещал по мере своих сил помогать Петербургской Академии — и действительно помогал весьма существенно все 25 лет, пока не вернулся обратно в Россию. В июне 1741 г. Леонард Эйлер с женой, двумя сыновьями и четырьмя племянниками прибыл в Берлин.

В Берлине Эйлер провёл 25 лет и издал около 260 работ. Помимо математики, он занимается многими практическими делами, включая даже чеканку монет, лотереи, прокладку нового водопровода и организацию пенсионного обеспечения.

В течение всего времени пребывания в Берлине Эйлер продолжал оставаться почётным членом Петербургской Академии. Как он и обещал при отъезде из Петербурга, он по-прежнему печатал многие из своих трудов в изданиях Петербургской Академии; редактировал математические отделы русских журналов; приобретал из Петербурга книги, инструменты; у него на квартире, на полном пансионе, разумеется, за соответствующую оплату (которую, кстати, канцелярия Академии присылала с большим опозданием), годами жили молодые русские учёные, командированные на стажировку.

В 1742 г. вышло четырёхтомное собрание сочинений Иоганна Бернулли. Посылая его из Базеля Эйлеру в Берлин, старый учёный писал своему ученику: «Я посвятил себя детству высшей математики. Ты, мой друг, продолжишь её становление в зрелости».

Эйлер оправдал надежды своего учителя. Одна за другой выходят его научные работы колоссальной важности: «Введение в анализ бесконечно малых» (1748), «Морская наука» (1749), «Теория движения луны» (1753), «Наставление по дифференциальному исчислению» (1755) — не говоря уже о десятках статей по отдельным частным вопросам, печатавшихся в изданиях Берлинской и Петербургской Академий. В 1744 году Эйлер открывает вариационное исчисление.

В работах Эйлера используется хорошо продуманная математическая символика, сохранившаяся до наших дней, изложение доводится до уровня практических алгоритмов.

Огромную популярность приобрели в XVIII, а отчасти и в XIX в. Эйлеровы «Письма о разных физических и философических материях, написанные к некоторой немецкой принцессе...», которые выдержали свыше 40 изданий на 10 языках. Вскоре Эйлер избирается членом четырёх академий наук.

Всемирная слава не вскружила голову Эйлеру. По отзывам современников, он всю жизнь оставался скромным, жизнерадостным, чрезвычайно отзывчивым человеком, всегда готовым помочь другому.

В 1757 г. Эйлер впервые в истории нашёл формулы для определения критической нагрузки при сжатии упругого стержня. Однако в те годы эти формулы не могли найти практического применения. Почти сто лет спустя, когда во многих странах — и прежде всего в Англии — стали строить железные дороги, потребовалось рассчитать прочность железнодорожных мостов. Модель Эйлера принесла практическую пользу в проведении экспериментов.

В этом же году публикуются «Общие принципы движения жидкостей», в которых положено начало теоретической гидродинамике. Выведены основные уравнения гидродинамики для жидкости без вязкости. Разобраны решения системы для разных частных случаев.

Работоспособность Эйлера колоссальна. Он «выдавал» в среднем 800 страниц «ин-квартио» в год. Это было бы немало даже для создателя романов; для математика же такой объём научных трудов, очень чётко изложенных, включающих механику и теорию чисел, анализ и музыку, астрономию и физику, теорию вероятностей и оптику — просто не укладывается в сознании!

1759: Умирает Мопертюи, президент Берлинской Академии наук. Пост президента Академии король Фридрих II предлагает Даламберу, но тот отказывается. Фридрих, недолюбливавший Эйлера, всё же поручает ему руководство Академией, однако без титула президента.

1760: «Исследования о кривизне поверхностей». Эйлер нашел, что в каждой точке поверхности имеются два нормальных сечения с минимальным и максимальным радиусами кривизны, и плоскости их взаимно перпендикулярны. Вывел формулу связи кривизны сечения поверхности с главными кривизнами.

1765: «Теория движения твёрдых тел».

1766: «Элементы вариационного исчисления». Именно здесь появляется название нового раздела математики, созданного Эйлером и Лагранжем.

В 1762 г. на русский престол вступила Екатерина II, получившая прозвище «Великая», которая осуществляла политику просвещённого абсолютизма. Она хорошо понимала значение науки как для процветания государства, так и для собственного престижа; провела ряд важных по тому времени преобразований в системе народного просвещения и культуры.

Фридрих II «отпускал» на Берлинскую Академию лишь 13 тыс. талеров в год, а Екатерина II ассигновала свыше 60 тыс. рублей — сумму более значительную. Императрица предложила Эйлеру управление математическим классом (отделением), звание конференц-секретаря Академии и оклад 1800 рублей в год. «А если не понравится, — говорилось в письме, — благоволит сообщить свои условия, лишь бы не медлил приездом в Петербург».

Эйлер подаёт Фридриху прошение об увольнении со службы. Тот не отвечает. Эйлер пишет вторично — но Фридрих не желает даже обсуждать вопрос об отъезде Эйлера. В ответ на это он перестаёт работать для Берлинской Академии. 30 апреля 1766 г. Фридрих наконец-то разрешает великому учёному покинуть Пруссию.

[Эйлер возвращается в Россию, теперь уже навсегда.](#)

Снова Россия

Сразу же по прибытии он был принят императрицей. Екатерина, теперь уже Вторая, встретила его как августейшую особу и осыпала милостями: пожаловала деньги на покупку дома на Васильевском острове и на приобретение обстановки, предоставила на первое время одного из своих поваров и поручила подготовить соображения о реорганизации Академии.

После возвращения в Петербург у Эйлера образовалась катаракта второго, левого глаза — он перестал видеть. Однако это не отразилось на его работоспособности. Он диктовал свои труды мальчику-портному, который всё записывал по-немецки. Число опубликованных им работ даже возрастает.

1767—1770: работа над двухтомной классической монографией «Универсальное арифметика». На русском языке этот замечательный труд выходит сразу же (первый том: 1768), на немецком — два года спустя. Книга была переведена на многие языки и переиздавалась около 30 раз (трижды — на русском). Все последующие учебники алгебры создавались под сильнейшим влиянием книги Эйлера.

[Выходит трёхтомное «Интегральное исчисление».](#)

В 1771 году в жизни Эйлера произошли два серьёзных события. В мае в Петербурге случился большой пожар, уничтоживший сотни зданий, в том числе дом и почти всё имущество Эйлера. Самого учёного с трудом спас приехавший ранее из Базеля швейцарский ремесленник Пётр Гримм. Все рукописи удалось уберечь от огня; сгорела лишь часть «Новой теории движения луны», но она быстро была восстановлена с помощью самого Эйлера, сохранившего до глубокой старости феноменальную память.

Эйлеру пришлось переселиться в другой дом, расположение комнат и предметов в котором было ему незнакомо. Однако эта неприятность оказалась, к счастью, лишь временной.

В сентябре того же года в Санкт-Петербург прибыл известный немецкий окулист барон Венцель, который согласился сделать Эйлеру операцию — и удалил с левого глаза катаракту. За работой приезжей знаменитости приготовились было наблюдать 9 местных светил медицины. Но вся операция заняла 3 минуты — и Эйлер снова стал видеть!

Искусный окулист предписал беречь глаз от яркого света, не писать, не читать — лишь постепенно привыкать к новому состоянию. Но разве мог Эйлер «не вычислять»? Уже через несколько дней после операции он снял повязку. И вскоре потерял зрение снова. На этот раз — окончательно. Однако, как ни странно, отнёсся он к событию с величайшим спокойствием. Научная продуктивность его даже возросла: без помощников он мог только размышлять, а когда приходили помощники, диктовал им или писал мелом на столе, кстати сказать, вполне разборчиво, ибо кое-как мог отличить белый цвет от чёрного.

1771: сочинение «О телах, поверхность которых можно развернуть па плоскость». В этом мемуаре введено понятие развёртывающейся поверхности, то есть поверхности, которая может быть наложена на плоскость без складок и разрывов. Эйлер, однако, даёт здесь вполне общую теорию метрики, от которой зависит вся внутренняя геометрия поверхности. Позже исследование метрики становится у него основным инструментом теории поверхностей.

1772: «Теория движения Луны». Эйлер наконец завершает свой многолетний труд, приближённо решив задачу трёх тел.

В 1773 г. по рекомендации Д. Бернулли в Петербург приехал из Базеля его ученик Никлаус Фусс. Это было большой удачей для Эйлера. Фусс обладал редким сочетанием математического таланта и умения вести практические дела, что и дало ему возможность сразу же после приезда взять на себя заботы о математических трудах Эйлера. Вскоре Фусс женился на внучке Эйлера. В последующие десять лет — до самой своей смерти — Эйлер именно ему диктовал свои труды.

В 1773 г. умерла жена Эйлера, с которой он прожил почти 40 лет. Это было большой потерей для учёного, искренне привязанного к семье. В последние годы жизни учёный продолжал усердно работать, пользуясь для чтения «глазами старшего сына» и ряда своих учеников

1779: выходит «Всеобщая сферическая тригонометрия», первое полное изложение всей системы сферической тригонометрии.

В сентябре 1783 г. учёный стал ощущать головные боли и слабость. 7 (18) сентября после обеда, проведённого в кругу семьи, беседуя с А. И. Лекселем об недавно открытой планете Уран и её орбите, он внезапно почувствовал себя плохо. Эйлер успел произнести «Я умираю» — и потерял сознание. Через несколько часов, так и не придя в сознание, он скончался от кровоизлияния в мозг.

«Эйлер перестал жить и вычислять» — сказал Кондорсе на траурном заседании Парижской Академии наук.

Его похоронили на Смоленском кладбище в Петербурге. Надпись на памятнике гласила: «Леонарду Эйлеру — Петербургская Академия».

В 1955 г. прах великого математика и надгробный памятник перенесены в «Некрополь XVIII в.» на Лазаревском кладбище Александро-Невской лавры

[Труды Эйлера в сети](#)

Книги Леонарда Эйлера в интернет-библиотеке МЦНМО.

Общие законы движения жидкостей, Известия РАН. Механика жидкости и газа, 1999, № 6, с. 26—54.

Статьи Эйлера на arXiv.org

См. также Список работ Леонарда Эйлера

[Вклад в науку](#)

Эйлер принадлежит к числу гениев, чьё творчество стало достоянием всего человечества. До сих пор школьники всех стран изучают тригонометрию и логарифмы в том виде, какой придал им Эйлер. Студенты проходят высшую математику по руководствам, первыми образцами которых явились классические монографии Эйлера. Он был прежде всего математиком, но он знал, что почвой, на которой расцветает математика, является практическая деятельность.

Он оставил важнейшие труды по самым различным отраслям математики, механики, физики, астрономии и по ряду прикладных наук. Трудно даже перечислить все отрасли, в которых трудился великий учёный.

Благодаря Эйлеру в математику вошли число e , обозначение i для мнимой единицы, гамма-функция и её окружение, общая теория рядов, изумительная «формула Эйлера», операция сравнения по целому модулю, полная теория непрерывных дробей, аналитическая механика, различные приёмы интегрирования и решения дифференциальных уравнений и многое, многое другое.

По существу именно он создал несколько новых математических дисциплин — теория чисел, вариационное исчисление, теорию комплексных функций, дифференциальную геометрию поверхностей, специальные функции (гамма, бета и др.). Современное определение показательной, логарифмической и тригонометрических функций — тоже его заслуга, так же как их символика и обобщение на комплексный случай.

Другие области его трудов: диофантов анализ, астрономия, оптика, акустика, статистика и т. д.

Всю вторую половину XVIII века труды Эйлера были настольной книгой ученых — и не только математиков.

Он охотно помогал молодёжи, щедро делился своими идеями, пользовался всеобщим уважением и любовью. Первые русские академики по математике (С. К. Котельников), и по астрономии (С. Я.

Румовский) были учениками Эйлера.

«Читайте, читайте Эйлера, он — наш общий учитель», — любил повторять Лаплас. И труды Эйлера с большой пользой для себя изучали и «король математиков» Карл Фридрих Гаусс, и чуть ли не все знаменитые учёные XVIII—XIX веков.]

Теория чисел

Функция Эйлера

Критерий Эйлера

Теорема Эйлера

Евклидова геометрия

Точки Эйлера;
Прямая Эйлера;
Призма Эйлера;
Окружность Эйлера.
Теория графов
Решение задачи о семи мостах Кёнигсберга.
Топология
Формула Эйлера для многогранников.
Вычислительная математика
метод ломаных Эйлера, один из простейших методов приближённого решения дифференциальных уравнений, широко применявшийся до самых последних лет.
Комбинаторика
Магический квадрат Эйлера
Элементарная теория разбиений;
Теоремы разбиений ;
Метод производящих функций
Построение магических квадратов методом непрерывного хода шахматным конём.
Числа Эйлера I рода
Математический анализ
число Эйлера
Формулы Эйлера;
Эйлеровы интегралы: бета-функция и гамма-функция Эйлера.
Постоянная Эйлера — Маскерони
Уравнения Эйлера — Лагранжа для вариационной задачи
Механика
Уравнение Эйлера, описывающее движение невязкой среды;
Углы Эйлера при описании движения тел;
Кинематическая формула Эйлера распределения скоростей в твёрдом теле;
Уравнения Эйлера — Пуассона динамики твёрдого тела;
Случай интегрируемости Эйлера в динамике твёрдого тела.
Теорема вращения Эйлера]
Инженерное дело
Эвольвентный профиль в зубчатых передачах.

^{xx} **Шарль Огюстен де Кулон** (фр. Charles-Augustin de Coulomb, 1736—1806) — французский военный инженер и учёный-физик, исследователь электромагнитных и механических явлений; член Парижской Академии наук. Его именем названы единица электрического заряда и закон взаимодействия электрических зарядов.

Биография

Шарль Кулон родился 14 июня 1736 г. в Ангулеме, в семье правительственного чиновника. Учился в одной из лучших школ для молодых людей дворянского происхождения «Коллеже четырёх наций» (Коллеж Мазарини). После окончания этого заведения сдал экзамены и в феврале 1760 г. поступил в Военно-инженерную школу в Мезьере, одно из лучших высших технических учебных заведений XVIII века. Окончил Школу в 1761 г., получил чин лейтенанта и был направлен в Брест, где чуть больше года занимался картографическими работами. Затем в течение нескольких лет Кулон служил в инженерных войсках на принадлежавшем Франции острове Мартиника в Форте Бурбон. Много раз тяжело болел. По состоянию здоровья был вынужден вернуться во Францию, служил в Ла-Рошели и Шербуре. В 1781 г. обосновался в Париже, служил интендантом вод и фонтанов. После начала революции в 1789 г. ушел в отставку и перебрался в свое поместье в Блуа. Еще в начале 1770-х, вернувшись с Мартиники, Кулон активно занялся научными исследованиями. Публиковал работы по технической механике (статика сооружений, теория ветряных мельниц, механические аспекты кручения нитей и т. п. Кулон сформулировал законы кручения; изобрел крутильные весы, которые сам же применил для измерения электрических и магнитных сил взаимодействия. В 1781 г. описал опыты по трению скольжения и качения и сформулировал законы сухого трения. В том же году стал членом Парижской Академии наук. С 1785 по 1789 г. опубликовал семь мемуаров, где сформулировал закон взаимодействия электрических зарядов и магнитных полюсов (закон Кулона), а также закономерность распределения электрических зарядов на поверхности проводника. Ввел понятия

магнитного момента и поляризации зарядов. В 1789 г. у него вышел труд по теории трения скольжения (Theorie des machines simples, en ayant egard au frottement de leurs parties et a la roideur des cordages). Уже после революции Академия наук неоднократно вызывала ученого в Париж для участия в определении мер и весов (инициатива революционного правительства). Кулон стал одним из первых членов Национального института, заменившего академию. В 1802 г. был назначен инспектором общественных сооружений, но здоровье, подорванное на службе, не позволило ученому существенно проявить себя на этой должности. Кулон скончался 23 августа 1806 г. в Париже.

^{xxi} **Генри Кавендиш** (англ. Henry Cavendish; 10 октября 1731 — 24 февраля 1810) — английский физик и химик, член Лондонского королевского общества (с 1760 года).

Родился 10 октября 1731 в Ницце. Окончил Кембриджский университет в 1753 году. Унаследовав крупное состояние, он тратил почти все доходы на проведение экспериментов.

В 1766 году Кавендиш опубликовал первую важную работу по химии — «Искусственный воздух», где сообщалось об открытии «горючего воздуха» (водорода). Выделил в чистом виде углекислый газ и водород, приняв последний за флогистон, установил основной состав воздуха как смесь азота и кислорода. Получил окислы азота. Сжиганием водорода получил (1784 год) воду, определив соотношение объёмов взаимодействующих в этой реакции газов (100:202).

Экспериментально установил (1771 год) влияние среды на ёмкость конденсаторов и определил (1771) значение диэлектрических постоянных ряда веществ. В 1798 сконструировал крутильные весы и измерил с их помощью силу притяжения двух сфер, подтвердив закон всемирного тяготения; определил гравитационную постоянную, массу и среднюю плотность Земли. Занимался определениями теплоты фазовых переходов и удельной теплоёмкости различных веществ. Изобрёл эвдиометр — прибор для анализа газовых смесей, содержащих горючие вещества, ввёл в практику осушители. Предвосхитил многие изобретения XIX века в области электричества, но все его работы оставались достоянием семейного архива в Девоншире, пока в 1879 Джеймс Максвелл не опубликовал его избранные труды.

Умер Кавендиш в Лондоне 24 февраля 1810 года. Его именем названа физическая лаборатория в Кембриджском университете, организованная в 1871 году.

Интересные факты

Излюбленным способом тратить деньги была для Кавендиша благотворительная деятельность. Как-то раз, узнав, что студент, помогавший ему упорядочивать библиотеку, оказался в трудной финансовой ситуации, Кавендиш немедленно выписал ему чек на 10 тысяч фунтов — сумму по тем временам громадную. Подобным образом он поступал всю жизнь — и, тем не менее, всегда располагал миллионами фунтов стерлингов, будто обладал сказочным «неразменным рублем». Кое-кто полагает, что сие неисчерпаемое богатство принесли ему успешные занятия алхимией, но это, разумеется, лишь предположение.

Кавендиш вёл себя по отношению к окружающим, по меньшей мере, странно: он не переносил, когда кто-либо к нему обращался, а уж если с ним заговаривал на улице какой-нибудь незнакомец, Кавендиш молча отворачивался, подзывал кэб и немедленно возвращался домой. Женщин он вообще считал какой-то разновидностью людей, с которой не желал иметь ничего общего. К дому он приказал пристроить наружную лестницу и велел слугам пользоваться только ею. Тех же из них, кто осмеливался воспользоваться внутренней, он немедленно увольнял.

Рассказывают такой случай. Однажды Кавендиш ужинал в клубе Королевского научного общества. В это время в окне расположенного напротив дома появилась молодая красивая женщина и принялась рассматривать проезжающие экипажи. Многие из присутствующих в клубе мужчин подошли к окну, чтобы получше её разглядеть. Решив почему-то, что они любят полную луну, Кавендиш было к ним присоединился, но поняв свою ошибку, тут же покинул клуб, вслух выражая своё отвращение к происходящему.

Завещание учёного содержало категорическое требование, чтобы склеп с его гробом сразу после похорон был наглухо замурован, а снаружи не было никаких надписей, указывающих, кто в этом склепе похоронен. Так и было сделано. Кавендиша похоронили 12 марта 1810 года в соборе в Дерби. Ни осмотра тела, ни вскрытия трупа не производили. И ни одного достоверного портрета Кавендиша тоже не сохранилось. Большинство научных работ Кавендиша не публиковалось вплоть до 1921 года, и даже сейчас несколько ящиков, заполненных рукописями и приборами, назначение которых не поддается определению, остаются неразобранными. А то немногое, что известно, выглядит весьма необычно. Кавендиш проводил научные эксперименты, на целые столетия опережая своё время. Так, например, он рассчитал отклонения световых лучей, обусловленные массой Солнца, за 200 лет до Альберта Эйнштейна, и расчёты его почти совпадают с эйнштейновскими. Он точно вычислил массу нашей планеты и был в состоянии выделять лёгкие газы из атмосферного воздуха. В то же время он ничуть не заботился ни о публикации своих работ, ни о каком-либо признании учёным миром.

Кавендиш мог определять силу тока, касаясь электрической цепи рукой, что указывает на его необыкновенные физические качества. Несмотря на весьма скромные, с точки зрения современной науки, возможности своей лаборатории, он сумел очень точно вычислить массу Земли. И все эти необычайные, выдающиеся открытия Кавендиш совершил, опираясь даже не на науку своего времени, а пользуясь достижениями средневековой алхимии, языком и символами которой он владел

^{xxii} **Симеон-Дени Пуассон** (фр. Simeon-Denis Poisson, 21 июня 1781, Питивье, Франция — 25 апреля 1840, Париж) — знаменитый французский физик-математик.

Отец его, солдат ганноверских войск, дезертировавший вследствие притеснений офицера, занимал незначительную административную должность в городе Питивье (в департаменте Луары). Здесь в 1781 г. родился Пуассон. Когда сын достиг отроческого возраста, отец сам стал его обучать, предполагая впоследствии направить его по нотариальной части. Однако, не видя, как ему казалось, в сыне способностей к умственному труду, решил отдать его в обучение цирюльнику. Но молодому Пуассону один раз поручено было вскрыть нарыв на руке больного ребёнка, а на следующий же день пациент от этой операции умер, что привело в крайнее отчаяние молодого Пуассона; он наотрез отказался продолжать учение и вернулся к своему отцу. Тогда началась уже революция, и отец Пуассона успел получить более высокое положение и занял одну из видных должностей в управлении городом. Случилось так, что тетради журнала политехнической школы попали в руки молодого Пуассона, который стал просматривать их, и решать находившиеся там задачи, и находить верные решения. Тогда отец поместил его в центральную школу, в Фонтенбло. Один из преподавателей, открыв в ученике недюжинные способности, стал заниматься с ним и потом подготовил его к экзамену в политехническую школу, куда в 1798 г. 17-летний Пуассон поступил первым по экзамену.

Спустя некоторое время способности Пуассона проявились при следующем случае. Однажды Пьер Лаплас, спрашивая учеников по небесной механике, задал одному из них объяснить решение какого-то вопроса и к своему удивлению получил ответ, представлявший совершенно новое и изящное решение. Автором его оказался Пуассон. С тех пор Лаплас, Жозеф Луи Лагранж и другие профессора обратили внимание на молодого человека. Уже в 1800 году, когда Пуассону ещё не было и 20 лет, два его мемуара: фр. «Memoire sur l'elimination dans les equation algebriques» (заклучавший простое доказательство теоремы Безу) и «Memoire sur la pluralite des integrales dans le calcul des differences», были помещены в «Recueil des Savants etrangers» и доставили автору почётную известность в учёном мире. В том же году, по окончании курса, он был оставлен репетитором в школе, а в 1802 г. назначен адъюнкт-профессором, в 1806 г. профессором на место вышедшего Фурье. В 1812 г. Пуассон. получил звание астронома в «бюро долгот», в 1816 г., при основании Faculte des Sciences, назначен профессором рациональной механики. В 1820 г. был приглашен в члены совета университета, причём ему поручено было высшее наблюдение над преподаванием математики во всех коллежах Франции. При Наполеоне он возведён в бароны, а при Луи-Филиппе был сделан пэром Франции.

Число учёных трудов Пуассона превосходит 300. Они относятся к разным областям чистой математики, математической физики, теоретической и небесной механики. Здесь можно упомянуть только о важнейших и наиболее замечательных.

По небесной и теоретической механике наиболее замечательны: «Sur les in egalites seculaires des moyens mouvements des planetes» («J. de l'ec. polyt.», тетр. 15); в этом мемуаре доказывается с приближением второго порядка устойчивость планетарных движений. В другом мемуаре той же тетради журнала: «Sur la variation des constantes arbitraires dans les questions de mecanique» выводится так называемые пуассоновы формулы возмущенного движения и здесь же доказывается так называемая пуассонова теорема, по которой выражение, составленное из двух интегралов уравнений динамики, называемое скобками Пуассона, не зависит от времени, но только от элементов орбит. Далее замечательны: «Sur la libration de la lune» («Connaissance des temps», 1812), «Sur le mouvement de la terre autour son centre de gravite» («Memoire de l'academie des sciences», т. 7, 1827).

По теории притяжения знамениты два мемуара о притяжении эллипсоидом: «Sur l'attraction des spheroides» («Connais. des temps», 1829 г.), «Sur l'attraction d'un ellipsoide homogene» («Mem. de l'acad. des sciences», т. 13, 1835 г.) и заметка: «Remarques sur une equation qui se presente dans la theorie des attraction» («Bulletin de la societe philomatique», 1813), в которой выводится известная теперь в теории потенциала формула, выражающая величину дифференциального параметра для внутренней точки.

В математической физике наиболее плодотворными оказались статьи по электростатике и магнетизму, в особенности последние, послужившие основанием теории временного намагничивания. Это суть: «Deux memoire sur la theorie du magnetisme» («Memoires de l'acad. des sc.», т. 5, 1821—22 гг.), «Mem. sur la theorie du magnetisme en mouvement» (там же, т. 6, 1823 г.).

Далее известны и важны мемуары его по теории упругости и гидромеханике, например «Memoire sur les equations generales de l'equilibre et du mouvement des corps solides elastiques et des fluides» («J. de l'ecole polyt.», тетр. 20), «Note sur le probleme des ondes» («Mem. de l'acad. des sc.», т. 8, 1829 г.).

По чистой математике наиболее существенны и замечательны мемуары по определённым интегралам: «Sur les integrales definies» («J. de l'ec. polyt.», тетр. 16, 17, 18), относительно формулы Фурье (там же, тетр. 18, 19) и «Memoire sur l'integration des equations lineaires aux differences partielles» (тетр. 19). Большие по объёму сочинения, как то: классическая «Traite de mecanique», «Theorie de l'action capillaire», «Theorie mathematique de la chaleur», своей известностью сами говорят за себя.

Вообще потребовалось бы много места для перечисления заслуг Пуассона. Полный список его трудов, им самим составленный, приложен к его биографии, написанной Араго. Довольно полный список находится также в «Bibl.-Liter. Handwörterbuch» Поггендорфа (т. II).

^{xxiii} **Карл Фридрих Гаусс** (нем. Johann Carl Friedrich Gauß; 30 апреля 1777, Брауншвейг — 23 февраля 1855, Гёттинген) — выдающийся немецкий математик, астроном и физик, считается одним из величайших математиков всех времён.

Ранние годы

Дед Гаусса был бедным крестьянином, отец — садовником, каменщиком, смотрителем каналов в герцогстве Брауншвейг. Уже в двухлетнем возрасте мальчик показал себя вундеркиндом. В три года он умел читать и писать, даже исправлял счётные ошибки отца. Согласно легенде, школьный учитель математики, чтобы занять детей на долгое время, предложил им сосчитать сумму чисел от 1 до 100. Юный Гаусс заметил, что попарные суммы с противоположных концов одинаковы: $1+100=101$, $2+99=101$ и т. д., и мгновенно получил результат $50 \times 101 = 5050$.

До самой старости он привык большую часть вычислений производить в уме.

С учителем ему повезло: М. Бартельс (впоследствии учитель Лобачевского) оценил исключительный талант юного Гаусса и сумел выхлопотать ему стипендию от герцога Брауншвейгского. Это помогло Гауссу закончить колледж Collegium Carolinum в Брауншвейге (1792—1795).

Свободно владея множеством языков, Гаусс некоторое время колебался в выборе между филологией и математикой, но предпочёл последнюю. Он очень любил латинский язык и значительную часть своих трудов написал на латыни; любил английскую, французскую и русскую литературу. В возрасте 62 года Гаусс начал изучать русский язык, чтобы ознакомиться с трудами Лобачевского, и вполне преуспел в этом деле. В колледже Гаусс изучил труды Ньютона, Эйлера, Лагранжа. Уже там он сделал несколько открытий в высшей арифметике, в том числе доказал закон взаимности квадратичных вычетов. Лежандр, правда, открыл этот важнейший закон раньше, но строго доказать не сумел; Эйлеру это также не удалось. Кроме этого, Гаусс создал «метод наименьших квадратов» (тоже независимо открытый Лежандром) и начал исследования в области «нормального распределения ошибок».

С 1795 по 1798 год Гаусс учился в Гёттингенском университете. Это наиболее плодотворный период в жизни Гаусса.

1796: Гаусс доказал возможность построения с помощью циркуля и линейки правильного семнадцатиугольника. Более того, он разрешил проблему построения правильных многоугольников до конца и нашёл критерий возможности построения правильного n -угольника с помощью циркуля и линейки: если n — простое число, то оно должно быть вида (числом Ферма). Этим открытию Гаусс очень дорожил и завещал изобразить на его могиле правильный 17-угольник, вписанный в круг.

С 1796 года Гаусс ведёт краткий дневник своих открытий. Многие он, подобно Ньютону, не публиковал, хотя это были результаты исключительной важности (эллиптические функции, неевклидова геометрия и др.). Своим друзьям он пояснял, что публикует только те результаты, которыми доволен и считает завершёнными. Многие отложенные или заброшенные им идеи позже воскресли в трудах Абеля, Якоби, Коши, Лобачевского и др. Кватернионы он тоже открыл за 30 лет до Гамильтона (назвав их «мутациями»).

Все многочисленные опубликованные труды Гаусса содержат значительные результаты, сырых и проходных работ не было ни одной.

1798: закончен шедевр «Арифметические исследования» (лат. Disquisitiones Arithmeticae), напечатана только в 1801 году.

В этом труде подробно излагается теория сравнений в современных (введенных им) обозначениях, решаются сравнения произвольного порядка, глубоко исследуются квадратичные формы, комплексные корни из единицы используются для построения правильных n -угольников, изложены свойства квадратичных вычетов, приведено его доказательство квадратичного закона взаимности и т. д. Гаусс любил говорить, что математика — царица наук, а теория чисел — царица математики.

Герцог продолжал опекать молодого гения. Он оплатил печать его докторской диссертации (1799) и пожаловал неплохую стипендию. В своей докторской Гаусс впервые доказал основную теорему алгебры.

До Гаусса было много попыток это доказать, наиболее близко к цели подошёл Даламбер. Гаусс неоднократно возвращался к этой теореме и дал 4 различных доказательства её.

Зрелость

Памятник Гауссу в Брауншвейге с изображенным на нём 17-угольником

С 1799 года Гаусс — приват-доцент Брауншвейгского университета.

После 1801 года Гаусс, не порывая с теорией чисел, расширил круг своих интересов, включив в него и естественные науки. Катализатором послужило открытие малой планеты Церера (1801), вскоре после наблюдений потерянной. 24-летний Гаусс проделал (за несколько часов) сложнейшие вычисления по новому, открытому им же методу, и указал место, где искать беглянку; там она, к общему восторгу, и была вскоре обнаружена.

Слава Гаусса становится общеевропейской. Многие научные общества Европы избирают Гаусса своим членом, герцог увеличивает пособие, а интерес Гаусса к астрономии ещё более возрастает.

1805: Гаусс женился. Жена Иоганна родила ему троих детей.

1806: от раны, полученной на войне с Наполеоном, умирает его великодушный покровитель-герцог.

Несколько стран наперебой приглашают Гаусса на службу (в том числе в Петербург). По рекомендации Александра фон Гумбольдта Гаусса назначают профессором в Гёттингене и директором Гёттингенской обсерватории. Эту должность он занимал до самой смерти.

1807: наполеоновские войска занимают Гёттинген. Все граждане облагаются контрибуцией, в том числе огромную сумму — 2000 франков — требуется заплатить Гауссу. Ольберс и Лаплас тут же приходят ему на помощь, но Гаусс отклонил их деньги; тогда неизвестный из Франкфурта прислал ему 1000 гульденов, и этот дар пришлось принять. Только много позднее узнали, что неизвестным был курфюрст Майнцский, друг Гёте.

1809: новый шедевр, "Теория движения небесных тел". Изложена каноническая теория учёта возмущений орбит.

Как раз в четвёртую годовщину свадьбы умирает Иоганна. В Германии разруха и анархия. Самые тяжёлые годы для Гаусса.

1810: новая женитьба, на подруге Иоганны. Число детей Гаусса вскоре увеличивается до шести.

1810: новые почести. Гаусс получает премию Парижской академии наук и золотую медаль Лондонского королевского общества.

1811: появляется новая комета. Гаусс быстро и очень точно рассчитывает её орбиту. Начинает работу над комплексным анализом, открывает (но не публикует) теорему, позже переоткрытую Коши и Вейерштрассом: интеграл от аналитической функции по замкнутому контуру равен нулю.

1812: исследование гипергеометрического ряда, обобщающего разложение практически всех известных тогда функций.

Знаменитую комету "пожара Москвы" (1812) всюду наблюдают, пользуясь вычислениями Гаусса.

1815: публикует первое строгое доказательство основной теоремы алгебры.

1821: в связи с работами по геодезии Гаусс начинает исторический цикл работ по теории поверхностей. В науку входит «гауссова кривизна». Положено начало дифференциальной геометрии. Именно результаты Гаусса вдохновили Римана на его классическую диссертацию о "римановой геометрии".

Итогом изысканий Гаусса была работа «Исследования относительно кривых поверхностей» (1822). В ней свободно используются общие криволинейные координаты на поверхности. Гаусс далеко развил метод конформного отображения, которое в картографии сохраняет углы (но искажает расстояния); оно применяется также в аэро/гидродинамике и электростатике.

1825: открывает "гауссовы комплексные целые числа", строит для них теорию делимости и сравнений. Успешно применяет их для решения сравнений высоких степеней.

1831: умирает вторая жена, у Гаусса начинается тяжелейшая бессонница. В Гёттинген приезжает приглашённый по инициативе Гаусса 27-летний талантливый физик Вильгельм Вебер, с которым Гаусс познакомился в 1828 году, в гостях у Гумбольдта. Оба энтузиаста науки сдружились, несмотря на разницу в возрасте, и начинают цикл исследований электромагнетизма.

1832: "Теория биквадратичных вычетов". С помощью тех же целых комплексных гауссовых чисел доказываются важные арифметические теоремы не только для комплексных, но и для вещественных чисел. Здесь же он приводит геометрическую интерпретацию комплексных чисел, которая с этого момента становится общепринятой.

1833: Гаусс изобретает электрический телеграф и (вместе с Вебером) строит его действующую модель.

Умер Гаусс 23 февраля 1855 года в Гёттингене.

В честь Гаусса названы:

кратер на Луне;

малая планета № 1001 (Gaussia);

единица измерения магнитной индукции в системе СГС;

вулкан Гауссберг в Антарктиде.

Научная деятельность

С именем Гаусса связаны фундаментальные исследования почти во всех основных областях математики: алгебре, дифференциальной и неевклидовой геометрии, в математическом анализе, теории функций комплексного переменного, теории вероятностей, а также в астрономии, геодезии и механике. Он также заложил основы математической теории электромагнетизма, развил теорию капиллярности, теорию системы линз. В его бумагах обнаружены содержательные заметки по тому предмету, что позже назвали топологией. Причём он предсказал фундаментальное значение этого предмета.

В астрономии Гаусс, в первую очередь, интересовался небесной механикой, изучал орбиты малых планет и их возмущения. В 1809 году Гаусс нашёл способ определения элементов орбиты по трём полным наблюдениям (время, прямое восхождение и склонение). Для минимизации влияния ошибок измерения Гаусс использовал свой метод наименьших квадратов, который сейчас повсеместно применяется в статистике, и открыл нормальный закон распределения, график которого с тех пор часто называют гауссианой.

Гаусс впервые начал изучать внутреннюю геометрию поверхностей. Он открыл характеристику поверхности (гауссову кривизну), которая не изменяется при изгибаниях, тем самым заложив основы римановой геометрии.

Гаусс также первым построил неевклидову геометрию и поверил в её реальность, но был вынужден держать свои исследования в секрете (вероятно, из-за того, что они шли вразрез с догматом евклидовости пространства в доминирующей в то время Кантовской философии). Тем не менее, сохранилось письмо Гаусса к Лобачевскому, в котором ясно выражено его чувство солидарности, а в личном письмах, опубликованных после его смерти, Гаусс восхищается работами Лобачевского. Не поддержав русского математика открыто, Гаусс всё же добился избрания Лобачевского членом-корреспондентом Гёттингенского учёного сообщества (1842).

В физике Гаусс плодотворно сотрудничал с В. Вебером в области исследования электромагнетизма. Была разработана система электромагнитных единиц измерения и сконструирован примитивный телеграф. Несколько студентов, учеников Гаусса, стали выдающимися математиками: Риман, Дедекин, Бессель.

Список терминов, связанных с именем Гаусса

Гаусс (единица магнитной индукции)

Нормальное или Гауссово распределение

Гауссова кривизна

Пушка Гаусса

Лента Гаусса

Метод Гаусса (решения систем линейных уравнений)

Метод Гаусса-Жордана

Алгоритм Гаусса (вычисления даты пасхи)

Прямая Гаусса

Дискриминанты Гаусса

Малая планета № 1001 (Gaussia)