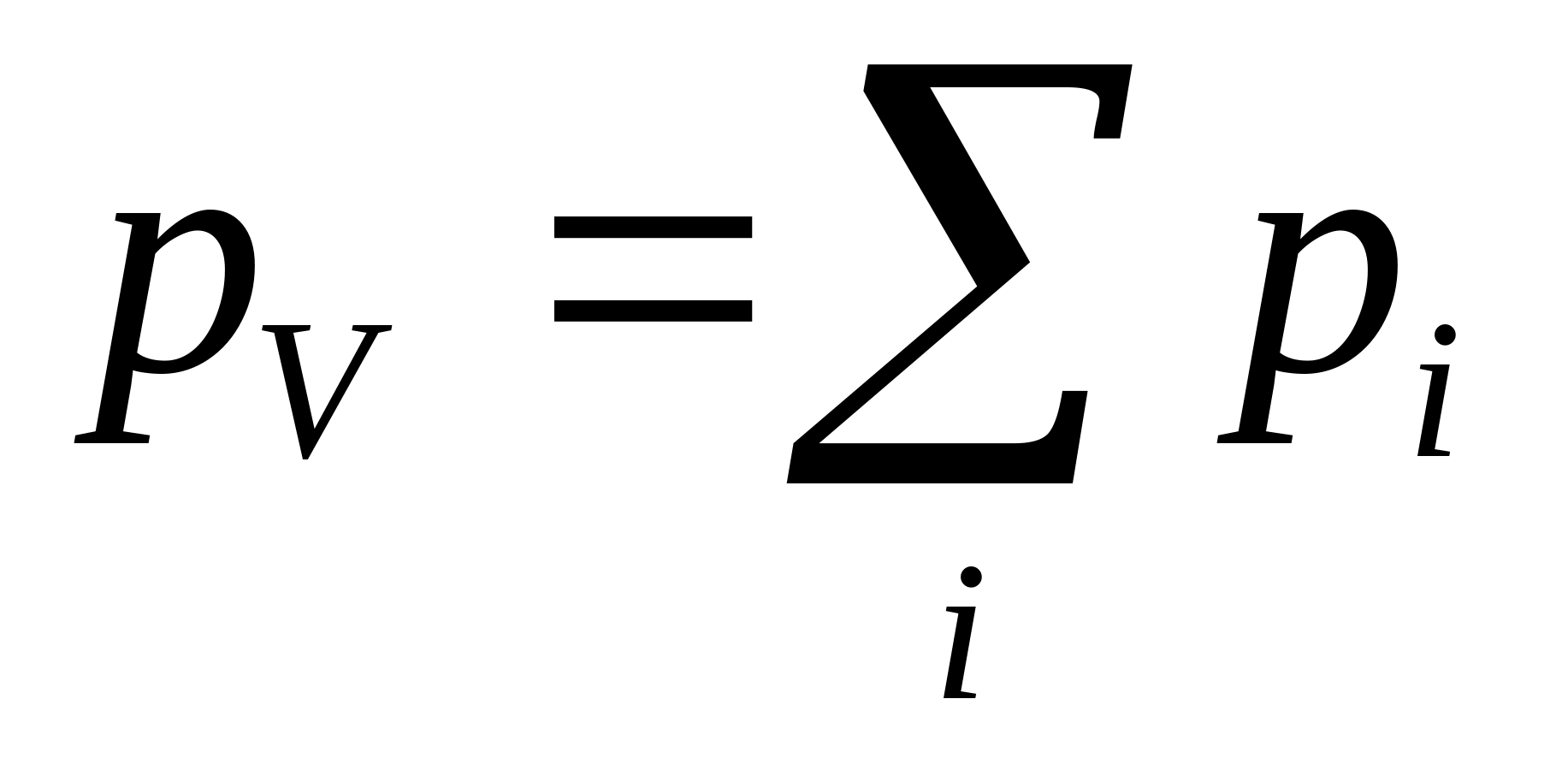
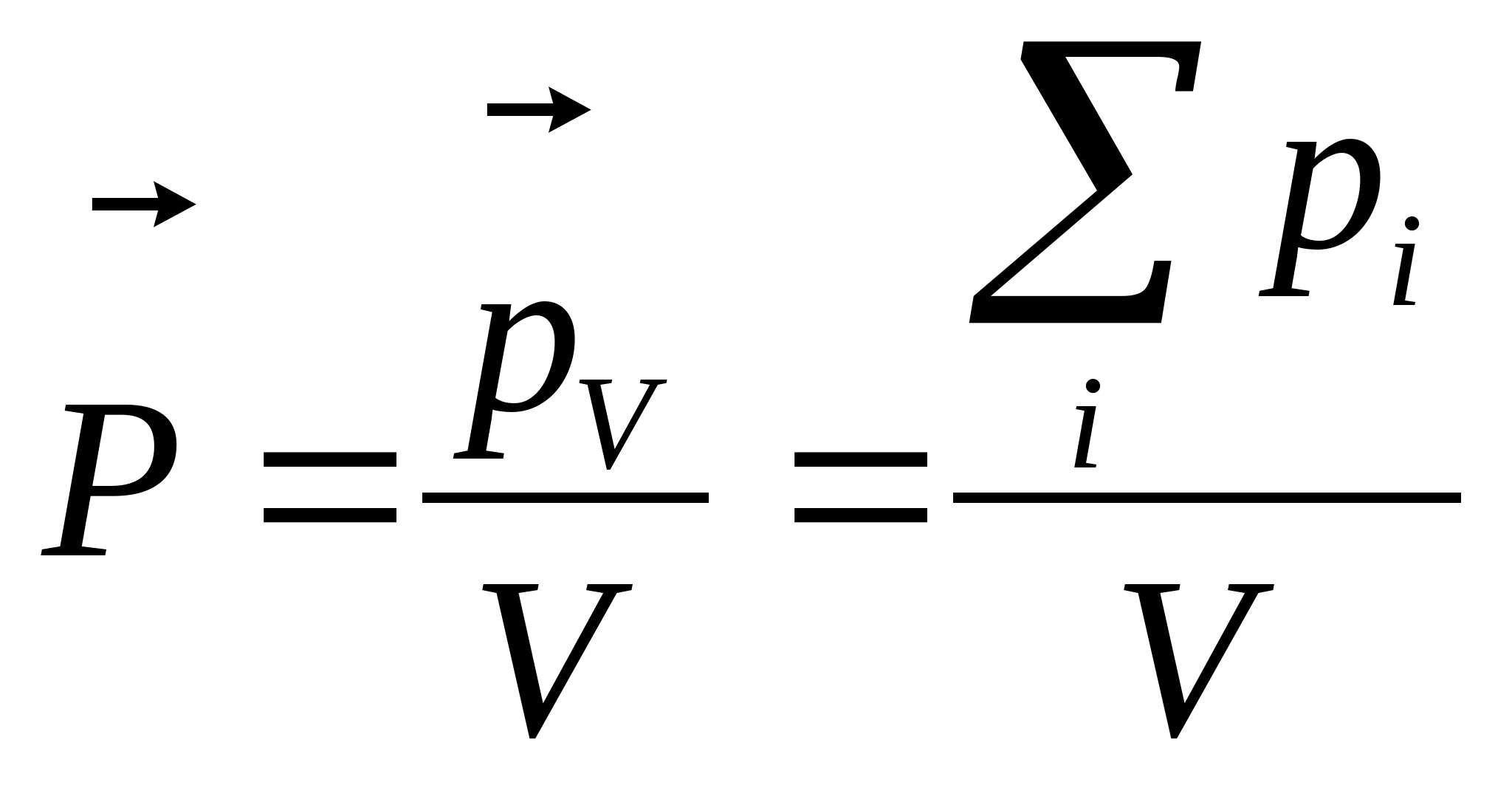
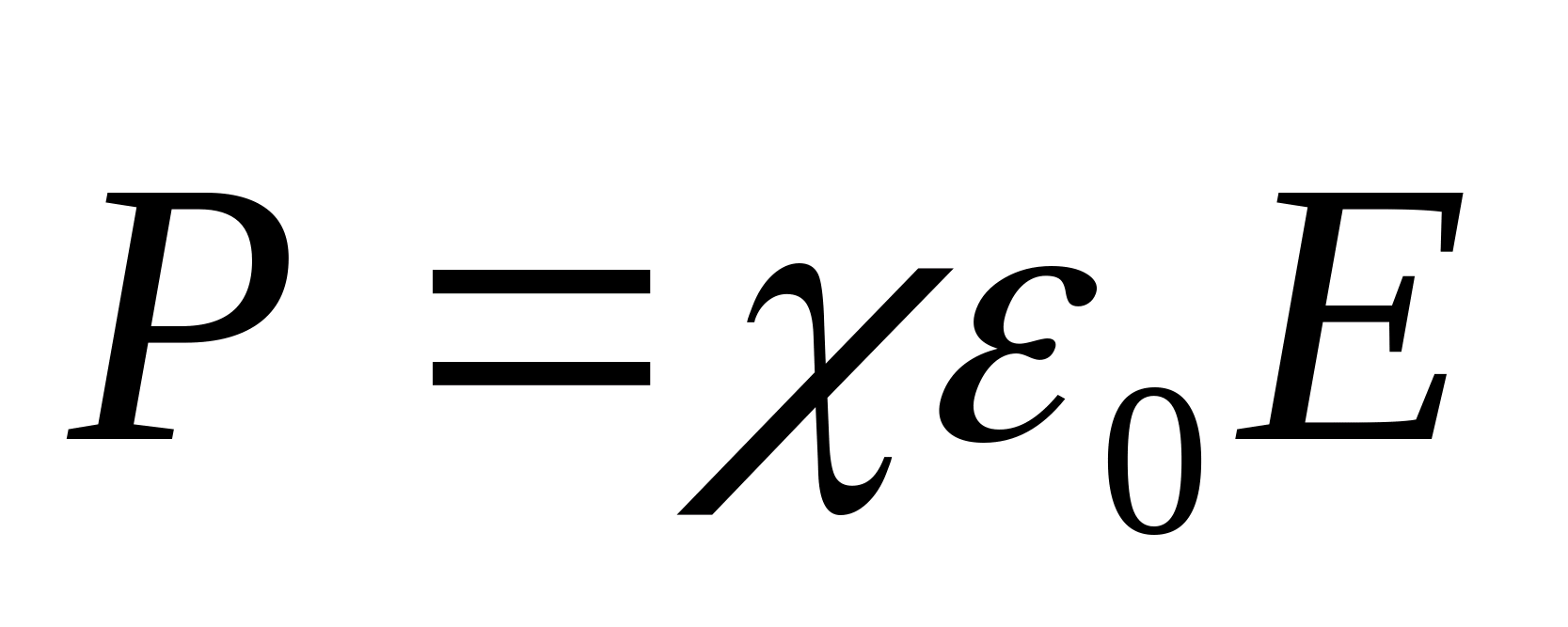
14.Если проводник поместить во внешнее электростатическое поле или зарядить его, то на заряды данного проводника будет действовать электростатическое поле, под действием которого они начнут двигаться. Движение зарядов (ток) будет длиться до тех пор, пока не установится равновесное распределение зарядов, при котором электростатическое поле внутри данного проводника обращается в нуль. Это происходит в течение очень короткого времени. Действительно, если бы поле не было равно нулю, то в проводнике появилось бы упорядоченное движение зарядов без затраты энергии от внешнего источника, что не согласуется с законом сохранения энергии. Значит, напряженность поля во всех точках внутри проводника равна нулю:   
  
http://www.studfiles.ru/html/2706/431/html_C3pWhA213x.ZyKh/htmlconvd-v77U1G_html_3f1d7df5.png   
Если внутри проводника электрического поле отсутствует, то потенциал во всех точках внутри проводника одинаков (φ = const), т. е.*поверхность проводника в электростатическом поле является эквипотенциальной*. Это означает, что вектор напряженности поля на внешней поверхности проводника направлен по перпендикуляру к каждой точке его поверхности. Если это было бы не так, то под действием касательной составляющей **Е** заряды начали бы перемещаться по поверхности проводника, что, в свою очередь, противоречило бы равновесному распределению зарядов.   
  
Если проводнику дать некоторый дополнительный заряд Q, то нескомпенсированные заряды разместяться *только на поверхности проводника*. Это вытекает непосредственно из теоремы Гаусса, согласно которой заряд Q, который находится внутри проводника в некотором объеме, ограниченном произвольной замкнутой поверхностью, равен   
  
http://www.studfiles.ru/html/2706/431/html_C3pWhA213x.ZyKh/htmlconvd-v77U1G_html_b10eb42.png   
  
поскольку во всех точках внутри замкнутой поверхности D=0.   
Теперь мы будем искать взаимосвязь между напряженностью Е поля вблизи поверхности заряженного проводника и поверхностной плотностью зарядов на его поверхности σ . Для этого используем теорему Гаусса для бесконечно малого цилиндра с основаниями ΔS, который пересекает границу проводник—диэлектрик. Ось цилиндра направлена вдоль вектора **Е** (рис. 1). Поток вектора электрического смещения через внутреннюю часть цилиндрической поверхности равен нулю, так как внутри проводника **Е1** (а следовательно, и **D1**) есть нуль, поэтому поток вектора **D** сквозь замкнутую цилиндрическую поверхность определяется только потоком сквозь наружное основание цилиндра. Используя теорему Гаусса, этот поток (DΔS) равен сумме зарядов (Q=σΔS), находящихся внутри поверхности: DΔS=σΔS т.е.   
  
http://www.studfiles.ru/html/2706/431/html_C3pWhA213x.ZyKh/htmlconvd-v77U1G_html_m3efb99e8.png или  http://www.studfiles.ru/html/2706/431/html_C3pWhA213x.ZyKh/htmlconvd-v77U1G_html_m3efb99e8.png   
  
где ε — диэлектрическая проницаемость среды, находящаяся вокруг проводника.   
  
Значит, напряженность электростатического поля у поверхности проводника задается поверхностной плотностью зарядов. Можно показать, что формула (2) задает напряженность электростатического поля вблизи поверхности проводника абсолютно произвольной формы.   
  
Если во внешнее электростатическое поле поместить нейтральный проводник, то свободные заряды (электроны, ионы) будут совершать движение: положительные — по полю, отрицательные — против поля (рис. 2, а). На одном конце проводника будет собираться избыток положительного заряда, на другом — избыток отрицательного заряда. Эти заряды называются **индуцированными** (наведенными). Процесс будет продолжаться до тех пор, пока внутри проводника напряженность поля не станет равной нулю, а линии напряженности вне проводника — перпендикулярными его поверхности (рис. 2, б). Значит, нейтральный проводник, который внесен в электростатическое поле, разрывает часть линий напряженности; эти линии напряженности заканчиваются на отрицательных индуцированных зарядах и вновь начинаются на положительных. Индуцированные заряды распределяются на внешней поверхности нашего проводника. Явление перераспределения поверхностных зарядов на проводнике во внешнем электростатическом поле называется **электростатической индукцией**.   
Поскольку в состоянии равновесия заряды отсутствуют внутри проводника, то создание внутри него полости не окажет влияния на конфигурацию расположения зарядов и тем самым на электростатическое поле. Значит, поле будет отсутствовать внутри полости. Если теперь заземлить данный проводник с полостью, то потенциал во всех точках полости будет равен нулю, т. е. полость полностью является изолированной от влияния внешних электростатических полей. На этом основана **электростатическая защита** — экранирование тел, например измерительных приборов, от влияния внешних электростатических полей. Для защиты вместо сплошного проводника может быть использована густая металлическая сетка, которая, также эффективна при наличии не только постоянных, но и переменных электрических полей.

15. Диэлектрики – электрически нейтральные вещества, состоящие из атомов и молекул, которые можно представить в виде системы электрических зарядов, локализованных на атомах и молекулах. Если в молекуле заменить систему положительных зарядов суммарным зарядом, расположенным в центре тяжести положительных зарядов, а систему отрицательных зарядов суммарным зарядом, расположенным в центре тяжести отрицательных зарядов, то мы можем представить молекулу в виде диполя.

***неполярные диэлектрики*** – вещества с симметричным строением, у которых центры тяжести положительных и отрицательных зарядов совпадают. Дипольный момент таких диэлектриков равен нулю

***полярные диэлектрики*** – вещества, в которых молекулы имеют асимметричное строение и центры тяжести положительных и отрицательных зарядов находятся на некотором расстоянии друг от друга. Молекулы таких веществ обладают дипольным моментом, но тепловое движение ориентирует дипольные моменты таких молекул в пространстве хаотично и результирующий момент равен нулю

Помещение диэлектрика в электрическое поле вызывает его ***поляризацию*** – возникновение отличного от нуля результирующего дипольного момента ***pV***.

где ***pi*** – дипольный момент одной молекулы. Для количественной оценки поляризации диэлектрика используют векторную величину – ***поляризованность*** ***Р***которая для большинства веществ линейно зависит от напряженности внешнего электрического полягде ***χ*** – ***диэлектрическая восприимчивость вещества***. С увеличением напряженности внешнего поля и уменьшением температуры диэлектрическая восприимчивость возрастает.

1**. Основные понятия кинематики**

+Кинематикой называют раздел механики, в котором движение тел рассматривается без выяснения причин, его вызывающих.

**Система отсчета** – совокупность системы координат и часов, связанных с телом, относительно которого изучается движение.

**Ра́диус-ве́ктор**— вектор, задающий положения точки в пространстве относительно некоторой заранее фиксированной точки , называемой началом координат.

**Перемещением** тела http://physics.ru/courses/op25part1/content/javagifs/63229980741344-4.gif называют направленный отрезок прямой, соединяющий начальное положение тела с его последующим положением. Перемещение есть векторная величина.

**Пройденный путь l** равен длине дуги траектории, пройденной телом за некоторое время t. Путь – скалярная величина.

**Ско́рость** — векторная физическая величина, характеризующая быстроту перемещения и направление движения материальной точки относительно выбранной системы отсчёта.

**Мгновенная скорость** определяется как предел, к которому стремится средняя скорость на бесконечно малом промежутке времени Δt. Мгновенная скорость тела в любой точке криволинейной траектории направлена по касательной к траектории в этой точке.

**Мгновенным ускорением** (или просто ускорением) тела называют предел отношения малого изменения скорости к малому промежутку времени Δt, в течение которого происходило изменение скорости.

**Враща́тельное движе́ние** — вид механического движения при котором все точки абсолютно твёрдого тела описывают окружности вокруг оси вращения. Вращение характеризуется углом , измеряющимся в [градусах](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D0%B0%D0%B4%D1%83%D1%81_(%D0%B3%D0%B5%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%8F)) или [радианах](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%B0%D0%BD), угловой скоростью и угловым ускорением.

**Вектор углового перемещения** Δϕ - это вектор, определяющий, как вращается твердое тело.

**Угловая скорость** \omega=\frac{d \varphi}{d t} (измеряется в рад/с). Угловая скорость – это физическая величина равная отношению вектора углового перемещения к промежутку времени, за который это перемещение произошло

**Угловое ускорение** \epsilon=\frac{d^{2} \varphi}{d t^{2}}(единица измерения — рад/с²). Угловое ускорение – это физическая величина, равная отношению вектора элементарного изменения угловой скорости к промежутку времени, за который это изменение произошло.

**Связь между линейными и угловыми кинематическими характеристиками движения.**

Отдельные точки вращающегося тела имеют различные линейные скорости v, которые непрерывно изменяют свое направление и зависят от угловой скорости ω и расстояния r соответствующей точки до оси вращения.  Точка, находящаяся на расстоянии r от оси вращения проходит путь ΔS = rΔφ. Поделим обе части равенства на Δt : http://elmehanika.elsu.ru/section/kinematics/image035.gif. Переходя к пределам при http://elmehanika.elsu.ru/section/kinematics/image020.gif, получим http://elmehanika.elsu.ru/section/kinematics/image036.gif, или http://elmehanika.elsu.ru/section/kinematics/image037.gif.

**Криволинейное движение** – это всегда ускоренное движение. То есть ускорение при криволинейном движении присутствует всегда, даже если модуль скорости не изменяется, а изменяется только направление скорости. Изменение величины скорости за единицу времени – это [тангенциальное ускорение](http://av-physics.narod.ru/mechanics/acceleration.htm#03): Формула тангенциального ускорения  
[Тангенциальное ускорение](http://av-physics.narod.ru/mechanics/acceleration.htm#03) в данной точке траектории по направлению совпадает с направлением скорости движения тела или противоположно ему.

[Нормальное ускорение](http://av-physics.narod.ru/mechanics/acceleration.htm#04)- это изменение скорости по направлению за единицу времени: Формула тангенциального ускорения

Нормальное ускорение направлено по радиусу кривизны траектории (к оси вращения). Нормальное ускорение перпендикулярно направлению скорости. ускорение по величине: http://www.physel.ru/images/stories/physel1/27.1.jpg

**2.Динамика**

**Динамика** — это один из разделов механики, который изучает закономерности движения тел с учетом их взаимодействия с другими телами.

Динамику можно разделить на две части:

• динамику материальной точки;

• динамику твердого тела.

**Масса тела** - количественная мера инертности тела является. Чем большей массой обладает тело, тем меньшее ускорение оно получает при взаимодействии.

Инерция — это явление, при котором тела сохраняют состояние покоя или равномерное прямолинейное движение при отсутствии внешних воздействий.

**Сила** – это количественная мера взаимодействия тел. Сила является причиной изменения скорости тела. Сила является векторной величиной, имеет модуль, направление и точку приложения.

Физическая величина, равная произведению массы тела на скорость его движения, называется импульсом тела (или количеством движения). **Импульс тела** – векторная величина. Единицей измерения импульса в СИ является килограмм-метр в секунду (кг•м/с).

Физическая величина, равная произведению силы на время ее действия, называется импульсом силы. **Импульс силы** также является векторной величиной.

**Первый закон Ньютона** (закон инерции): тело находится в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения, если результирующая всех действующих на тело сил равна нулю: http://phys-portal.ru/lections/dinam_lec.files/image020.gif

**Второй закон Ньютона** (основной закон динамики) – тело получает ускорение пропорционально действующей на него результирующей всех сил и обратно пропорционально его массе: http://phys-portal.ru/lections/dinam_lec.files/image024.gifгде http://phys-portal.ru/lections/dinam_lec.files/image026.gif, или http://phys-portal.ru/lections/dinam_lec.files/image034.gifгде ∆t – время действия силы,http://phys-portal.ru/lections/dinam_lec.files/image036.gif – изменение импульса тела (материальной точки).

**Третий закон Ньютона** (закон действия и противодействия): силы, с которыми тела действуют друг на друга, равны по величине, противоположны по направлению и никогда не компенсируют друг друга, так как приложены к разным телам http://phys-portal.ru/lections/dinam_lec.files/image044.gif.

**3. Система тел**

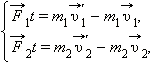
**Система тел** - группа взаимодействующих тел, движение которых рассматривается совместно.

Системы тел бывают замкнутыми и незамкнутыми.

Замкнутой называется система тел, если сумма внешних сил, действующих на нее со стороны тел, не входящих в данную систему, равна нулю.

Если это условие не выполняется, то система будет незамкнутой.

**Зако́н сохране́ния и́мпульса** (Зако́н сохране́ния количества движения) утверждает, что векторная сумма импульсов всех тел системы есть величина постоянная, если векторная сумма внешних сил, действующих на систему тел, равна нулю.

Применим к системе из двух взаимодействующих тел второй закон Ньютона: 

|  |
| --- |
|  |

где http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/fc5c224e-3916-de44-8988-2e5d493f1a5b/00144693722524924.gif и http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/fc5c224e-3916-de44-8988-2e5d493f1a5b/00144693722554925.gif – импульсы тел в начальный момент времени, а http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/fc5c224e-3916-de44-8988-2e5d493f1a5b/00144693722584926.gif и http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/fc5c224e-3916-de44-8988-2e5d493f1a5b/00144693722614927.gif – импульсы тел в конце взаимодействия. Из этих соотношений следует: http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/fc5c224e-3916-de44-8988-2e5d493f1a5b/00144693722644928.gif

|  |
| --- |
|  |

**Центр масс системы** - точка, положения которой характеризует распределение массы системы в пространстве.

**Закон движения центра масс:** "Центр масс любой системы частиц движется так, как если бы вся масса системы была сосредоточена в этой точке (С) и к ней были бы приложены все внешние силы".

Запишем основной закон динамики поступательного движения механической системы, используя понятие центра масс, получим: http://edu.tltsu.ru/er/er_files/page3353/img/14.gif

где Fвнеш - результирующая всех внешних сил, действующих на систему.

**4. Основные понятия динамики вращательного движения**

**Момент силы** - векторная физическая величина, равная векторному произведению радиус-вектора (проведённого от оси вращения к точке приложения силы ) на вектор этой силы. Характеризует вращательное действие силы на твёрдое тело. [Н\*м]

Различают Момент силы относительно центра (точки) и относительно оси:

1.Момент силы относительно центра О величина векторная. Его модуль Mo = Fh, где F - модуль силы, a h - плечо (длина перпендикуляра, опущенного из О на линию действия силы)

2. Момент силы относительно оси равен алгебраическому моменту проекции этой силы на плоскость, перпендикулярную этой оси относительно точки пересечения оси с плоскостью, то есть Mz(F) = Mo(F') = F' h'.

**Момент инерции** - скалярная физическая величина, мера инертности тела во вращательном движении вокруг оси, подобно тому, как масса тела является мерой его инертности в поступательном движении.

Момент инерции зависит от массы тела и от расположения частиц тела относительно оси вращения (формы тела). [кг·м²]

Моментом инерции [механической системы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0) относительно неподвижной оси («осевой момент инерции») называется величина Ja, равная сумме произведений масс всех n [материальных точек](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BA%D0%B0) системы на квадраты их расстояний до оси:

J_a=\sum_{i=1}^n m_i r_i^2\,\!

**Момент импульса** - физическая величина, зависящая от того сколько массы вращается и как она распределена относительно оси вращения и с какой скоростью происходит вращение.

Момент импульса относительно точки — это псевдовектор.

http://flatik.ru/flax/583/582052/582052_html_m1dcc2321.png момент импульса тела относительно оси вращения.   
Момент импульса твердого тела относительно оси есть сумма моментов импульса отдельных частей.   
**Теорема Штейнера.**

Момент инерции данного тела относительно, какой либо данной оси зависит не только от массы, формы и размеров тела, но также от положения тела по отношению к этой оси.

Согласно теореме Гюйгенса - Штейнера - момент инерции тела J относительно произвольной оси равен сумме:

1)момента инерции этого тела Jо, относительно оси, проходящий через центр масс этого тела, и параллельной рассматриваемой оси,

2) произведения массы тела на квадрат расстояния между осями.

J= J0 + md2

J0 = Jd = mR2/2

**5. Момент импульса механической системы**

Моментом импульса системы назовем величину L, равную векторной сумме моментов импульсов отдельных ее частей Li, взятых относительно одной и той же точки выбранной системы отсчета. L = ΣLi.

**Закон сохранения момента импульса** (закон сохранения углового момента): векторная сумма всех моментов импульса относительно любой неподвижной точки (или сумма моментов относительно любой неподвижной оси) для замкнутой системы остается постоянной со временем.

В упрощённом виде:  \sum \overline{L} = const , если система находится в равновесии.

**Следствия** из закон сохранения момента импульса:

в случае изменения скорости вращения одной части системы другая также изменит скорость вращения, но в противоположную сторону таким образом, что момент импульса системы не изменится;

если момент инерции замкнутой системы в процессе вращения изменяется, то изменяется и ее угловая скорость таким образом, что момент импульса системы останется тем же самым;

в случае, когда сумма моментов внешних сил относительно некоторой оси равняется нулю, момент импульса системы относительно этой же оси остается постоянным.

**Основной закон динамики вращательного движения:** результирующий момент внешней силы, действующей на тело, равен произведению момента инерции J тела на его угловое ускорение.

Основной закон динамики вращательного движения твердого тела относительно неподвижной осиhttp://phys-bsu.narod.ru/lib/mechanics/mechanics/lr107.files/image069.gif

где http://phys-bsu.narod.ru/lib/mechanics/mechanics/lr107.files/image071.gif- момент инерции твердого тела относительно оси.

 При http://phys-bsu.narod.ru/lib/mechanics/mechanics/lr107.files/image073.gifПо определению угловое ускорение http://physics-lectures.ru/lectures/80/images/image1263.gif и тогда это уравнение можно переписать следующим образомhttp://physics-lectures.ru/lectures/80/images/image1264.gif, http://physics-lectures.ru/lectures/80/images/image1265.gif, http://physics-lectures.ru/lectures/80/images/image1266.gifЭто выражение носит название основного уравнения динамики вращательного движения и формулируется следующим образом: изменение момента количества движения твердого тела http://physics-lectures.ru/lectures/80/images/image1267.gif, равно импульсу момента http://physics-lectures.ru/lectures/80/images/image1268.gifвсех внешних сил, действующих на это тело.

**6. Работа**

1. Если на тело действует постоянная сила F и это приводит к перемещению ∆ r тела, то элементарной **работой ∆А постоянной силы** называется скалярное произведение вектора силы F и вектора перемещения ∆r:

∆А = (F∙∆r) = F∆ r cosa ,

где a - угол между направлениями векторов силы F и перемещения ∆r, ( F∙ ∆r) – скалярное произведение двух векторов.

Если угол a - острый, то ∆А положительная величина, и говорят, что сила совершает работу. Если угол a - тупой, то ∆А - отрицательная величина, и говорят, что работа совершается против действия силы. Если a = 90, т.е. направления силы и перемещения взаимно перпендикулярны, то такая сила работы не совершает ∆А = 0.

2**. Работа переменной силы** .Если величина силы не остается постоянной во время движения, то для вычисления работы следует весь путь S разбить на элементарные отрезки ∆ S, настолько малые, чтобы величину силы на этом участке можно было считать постоянной. Пусть материальная точка движется по криволинейной траектории под действием переменной силы F из положения 1 в положение 2. Работа на элементарном отрезке будет равна ∆Ai = Fi \* ∆ Si \*cos α

Работа на всем пути (1-2) вычисляется как сумма элементарных работ.

При устремлении ∆ S → 0, а числа отрезков n → ∞ получится строгое равенство, которое будет выражено интегралом: http://lekcion.ru/ipwi/Untitled-174_clip_image010.gif.

Если произвольная м.т. **вращается по окружности** и на нее действует сила  http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/u_course/Lekc/Part1/Glava5/5.16.files/image002.gif, то при повороте на некоторый угол совершается элементарная работа А = F ds, где ds=r φ.Тогда

А =(r F) dφ = M dφ.

Полученное выражение остается справедливым и случае системы м.т., совершающих вращательное движение относительно оси z при ω =сonst. В этом случае момент внутренних сил равен нулю и работа не совершается. Для нахождения полной работы необходимо вычислить интегралhttp://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/u_course/Lekc/Part1/Glava5/5.16.files/image006.gif

Если действующая сила является потенциальной, то  А= -dWp ,  где dWp - бесконечно малое изменение потенциальной энергии тела при повороте  на малый угол.

**Мощность**- физическая величина, характеризующая скорость совершения работы и числено равная отношению работы к интервалу, за который работа совершена.

http://flatik.ru/flax/583/582052/582052_html_638ac4da.png  средняя мощность; http://flatik.ru/flax/583/582052/582052_html_m6ee5715f.png мгновенная мощность.

**Полной механической энергией** системы тел называется сумма кинетической и потенциальной энергий: E = Eк + Eп.

**Закон сохранения механической энергии**.

В замкнутой механической системе сумма механических видов энергии (потенциальной и кинетической энергии, включая энергию вращательного движения) остается неизменной. Wп+ Wк+ Wвр= Wполн=const

**7. Кинетическая энергия**

Физическая величина, равная половине произведения массы тела на квадрат его скорости, называется кинетической энергией тела. 





### Теорема о кинетической энергии

работа равнодействующей сил, приложенных к телу, равна изменению кинетической энергии тела.

### Физический смысл кинетической энергии

кинетическая энергия тела, движущегося со скоростью υ, показывает, какую работу должна совершить сила, действующая на покоящееся тело, чтобы сообщить ему эту скорость.

[**Кинетической энергией системы**](http://alnam.ru/book_tm2.php?id=46) называется скалярная величина Т, равная сумме кинетических энергий всех точек системы. http://stu.sernam.ru/archive/arch.php?path=../htm/book_stm/files.book&file=stm_122.files/image1.gif[Кинетическая энергия](http://alnam.ru/book_gtm.php?id=99) является характеристикой и поступательного, и вращательного движений системы. Главное отличие величины Т состоит в том, что кинетическая энергия является величиной скалярной и притом существенно положительной. Поэтому она не зависит от направлений движения частей системы и не характеризует изменений этих направлений.

**Теоре́ма Кёнига** позволяет выразить полную [кинетическую энергию](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D1%8F) механической системы через энергию движения [центра масс](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%80_%D0%BC%D0%B0%D1%81%D1%81) и энергию движения относительно центра масс. Сформулирована и доказана [Кёнигом](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%91%D0%BD%D0%B8%D0%B3,_%D0%98%D0%BE%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%BD_%D0%A1%D0%B0%D0%BC%D1%83%D1%8D%D0%BB%D1%8C) в 1751 г

Кинетическая энергия механической системы есть энергия движения центра масс плюс энергия движения относительно центра масс: ~{T\;=\;T_0 + T_r}\;,где T — полная кинетическая энергия системы, ~T_0 — кинетическая энергия движения центра масс, ~T_r — относительная кинетическая энергия системы. Иными словами, полная кинетическая энергия тела или системы тел в сложном движении равна сумме энергии системы в [поступательном движении](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%83%D0%BF%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) и энергии системы в её [сферическом движении](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) относительно центра масс.

**8. Консервативные силы**

В физике **консервати́вные си́лы** (потенциальные силы) — это силы, работа которых не зависит от вида траектории, точки приложения этих сил и закона их движения, и определяется только начальным и конечным положением этой точки. Равносильным определением является и следующее: консервативные силы — это такие силы, работа которых по любой замкнутой траектории равна 0. Примерами консервативных сил являются: сила тяжести, сила упругости, сила кулоновского (электростатического) взаимодействия. Примером неконсервативной силы является сила трения.

Для консервативных сил выполняются следующие равенства: \int \limits_{C_1}\vec{F}\cdot\vec{dl}=\int \limits_{C_2}\vec{F}\cdot\vec{dl} — работа, производимая консервативной силой, определяется только начальным и конечным положением точки её приложения и не зависит от выбора траектории, по которой перемещается тело.

 \oint\limits_C {\vec{F} d\vec{l}} = 0  — [работа](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0) консервативных сил по произвольному замкнутому контуру равна 0; \vec{F} = \nabla U  — консервативная сила является [градиентом](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%B5%D0%BD%D1%82) некой [скалярной функции](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BA%D0%B0%D0%BB%D1%8F%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%84%D1%83%D0%BD%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F) U, называемой силовой. Эта функция равна [потенциальной энергии](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D1%8F) E_p, взятой с обратным знаком. Соответственно, \vec{F} и E_p связаны соотношением \vec{F} = -\nabla E_p.  Таким образом, потенциальная сила всегда направлена в сторону уменьшения потенциальной энергии.

**Потенциальная энергия** — скалярная физическая величина, представляющая собой часть полной механической энергии системы, находящейся в поле консервативных сил. Зависит от положения материальных точек, составляющих систему, и характеризует работу, совершаемую полем при их перемещении. В то время, как кинетическая энергия всегда характеризует тело относительно выбранной системы отсчёта, потенциальная энергия всегда характеризует тело относительно источника силы (силового поля). Кинетическая энергия характеризуется скоростью относительно системы отсчёта; потенциальная — расположением тел в поле. Основной физический смысл имеет не само значение потенциальной энергии, а её изменение. Любая физическая система стремится к состоянию с наименьшей потенциальной энергией.

Потенциальная энергия тела \ E_p в поле тяготения Земли вблизи поверхности приближённо выражается формулой: \ E_p=mgh

где \ m — [масса](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%B0) тела, \ g — [ускорение свободного падения](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D1%81%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D1%81%D0%B2%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%BF%D0%B0%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F), \ h — высота положения [центра масс](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%80_%D0%BC%D0%B0%D1%81%D1%81) тела над произвольно выбранным нулевым уровнем.

**9. Постулаты теории относительности**

**Специальная теория относительности** (СТО; также частная теория относительности) — теория, описывающая движение, законы [механики](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0) и пространственно-временные отношения при произвольных [скоростях](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) движения, меньших скорости света в вакууме, в том числе близких к [скорости света](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%D1%81%D0%B2%D0%B5%D1%82%D0%B0).

**Постулат 1 (принцип относительности Эйнштейна).** Любое физическое явление протекает одинаково во всех инерциальных системах отсчёта. Это означает, что форма зависимости физических законов от пространственно-временных координат должна быть одинаковой во всех ИСО.Принцип относительности устанавливает равноправие всех ИСО.

Учитывая второй закон Ньютона, можно утверждать, что если скорость некоторого тела в данной ИСО постоянна (ускорение равно нулю), то она должна быть постоянна и во всех остальных ИСО. Иногда это и принимают за определение ИСО.

**Постулат 2 (принцип постоянства скорости света).** Скорость света в «покоящейся» системе отсчёта не зависит от скорости источника.

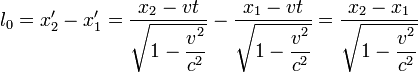
Принцип постоянства скорости света противоречит классической механике, а конкретно — закону сложения скоростей. Таким образом, из справедливости второго постулата следует, что время должно быть относительным — неодинаковым в разных ИСО. Необходимым образом отсюда следует и то, что «расстояния» также должны быть относительны. В связи с этим второй постулат следует формулировать как существование предельной скорости движения. По своей сути она должна быть одинаковой во всех ИСО, хотя бы потому, что в противном случае различные ИСО не будут равноправны, что противоречит принципу относительности.

Кинематические формулы преобразования координат и времени в СТО называются преобразованиями Лоренца. Для случая, когда система K' движется относительно K со скоростью υ вдоль оси x, **преобразования Лоренца имеют вид**:

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | *K'* → *K*                *K* → *K'* http://www.physics.ru/courses/op25part2/content/javagifs/63230164610716-1.gif β = υ / *c*. | |

Из преобразований Лоренца вытекает целый ряд следствий. В частности, из них следует **релятивистский эффект замедления времени и лоренцево сокращение длины**. Пусть, например, в некоторой точке x' системы K' происходит процесс длительностью τ0 = t'2 – t'1 (собственное время), где t'1 и t'2 – показания часов в системе K' в начале и конце процесса. Длительность τ этого процесса в системе K будет равна http://www.physics.ru/courses/op25part2/content/javagifs/63230164610827-2.gif

|  |
| --- |
|  |

Пусть в системе отсчета K'\, покоится стержень, и координаты его начала и конца равны x_1'\,, x_2'\,. Для определения длины стержня в системе K\, фиксируются координаты этих же точек в один и тот же момент времени системы K\,. Пусть l_0=x_2'-x_1'\, — собственная длина стержня в K'\,, а l=x_2-x_1\, — длина стержня в K\,. Тогда из преобразований Лоренца следует: 

илиl=l_0\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}.

Одним из важнейших следствий из преобразований Лоренца является **вывод об****относительности одновременности.** Пусть, например, в двух разных точках системы отсчета K' (x'1 ≠ x'2) [одновременно](http://www.physics.ru/courses/op25part2/content/chapter4/section/paragraph2/theory.html#2) с точки зрения наблюдателя в K' (t'1 = t'2 = t') происходят два события. Согласно преобразованиям Лоренца, наблюдатель в системе K будет иметь http://www.physics.ru/courses/op25part2/content/javagifs/63230164610857-3.gif

|  |
| --- |
|  |

http://www.physics.ru/courses/op25part2/content/javagifs/63230164610867-4.gifСледовательно, в системе K эти события, оставаясь пространственно разобщенными, оказываются неодновременными.

Пусть в системе отсчета K' вдоль оси x' неподвижно расположен длинный жесткий стержень. В центре стержня находится импульсная лампа B, а на его концах установлены двое синхронизованных часов, система K' движется вдоль оси x системы K со скоростью υ. В некоторый момент времени лампа посылает короткие световые импульсы в направлении концов стержня. В силу равноправия обоих направлений свет в системе K' дойдет до концов стержня одновременно, и часы, закрепленные на концах стержня, покажут одно и то же время t'. Относительно системы K концы стержня движутся со скоростью υ так, что один конец движется навстречу световому импульсу, а другой конец свету приходится догонять. Так как скорости распространения световых импульсов в обоих направлениях одинаковы и равны c, то, с точки зрения наблюдателя в системе K, свет раньше дойдет до левого конца стержня, чем до правого.

**10. Понятие о релятивистской динамике**

Классическое выражение для импульса p = mv не годится в теории относительности — оно, в

частности, не согласуется с релятивистским законом сложения скоростей. в СТО **релятивистский импульс** p тела с массой m, движущегося со скоростью v  записывается в видеhttp://physics.ru/courses/op25part2/content/javagifs/63230164612389-4.gif

**Релятивистская масса**, равная http://physics.ru/courses/op25part2/content/javagifs/63230164612409-5.gifзависящая от скорости движения тела, где mо- масса покоя.

Основной закон релятивистской динамики материальной точки записывается так же, как и второй закон Ньютона: http://physics.ru/courses/op25part2/content/javagifs/63230164612409-6.gif

**Кинетическая энергия** тела Ek определяется через работу внешней силы, необходимую для сообщения телу заданной скорости. Чтобы разогнать частицу массы m из состояния покоя до скорости υо под действием постоянной силы F, эта сила должна совершить работу http://physics.ru/courses/op25part2/content/javagifs/63230164612489-12.gif

|  |
| --- |
|  |
|  |

Вычисление этого интеграла приводит к следующему выражению для кинетической энергии :http://physics.ru/courses/op25part2/content/javagifs/63230164612499-13.gif

|  |
| --- |
|  |

Эйнштейн интерпретировал первый член в правой части этого выражения как **полную энергию**E движущийся частицы, а второй член как **энергию покоя**. Ek = E – Eо.

Комбинируя выражение для релятивистского импульса  и выражение для полной энергии E, можно получить соотношение, **связывающее эти величины.** http://physics.ru/courses/op25part2/content/javagifs/63230164612649-17.gif,http://physics.ru/courses/op25part2/content/javagifs/63230164612649-18.gif

Вычитая почленно, можно получить E2 = (mc2)2 + (pc)2.

**11. Электрический заряд**

**Электрический заряд** – это физическая величина, характеризующая свойство частиц или тел вступать в электромагнитные силовые взаимодействия..Известно, что имеются два вида электрических зарядов, условно называемых положительными и отрицательными. Наименьшую величину заряда е = 1,60219\*10 –19 Кл имеет элементарный заряд.

**Все существующие на практике заряды q = Ne**, где N — целые числа, т.е, электрический заряд квантуется (если физическая величина может принимать только определенные дискретные значения, то говорят, что эта величина квантуется). Экспериментально установлено, что величина заряда не зависит от скорости, следовательно, электрический заряд является релятивистски инвариантным.

"Алгебраическая сумма зарядов в изолированной системе есть величина постояннная", т.е. Это один из фундаментальных законов физики — **закон сохранения электрического заряда**. Его опытным путем установил Фарадей.

**Закон Кулона** справедлив для точечных зарядов.

Точечным зарядом называется заряженное тело, размерами которого можно пренебречь по сравнению с расстояниями от него до других заряженных тел. Кулон в 1785 г. экспериментально установил, что: "СИЛА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДВУХ НЕПОДВИЖНЫХ ТОЧЕЧНЫХ ЗАРЯДОВ ПРОПОРЦИОНАЛЬНА ВЕЛИЧИНАМ ЭТИХ ЗАРЯДОВ И ОБРАТНО ПРОПОРЦИОНАЛЬНА КВАДРАТУ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ НИМИ", т.е.  k = 9⋅109 м/Ф, или Нм2 /Кл2. Одноименно заряженные тела отталкиваются, разноименно заряженные -притягиваются. Закон Кулона можно выразить в векторной форме: Экспериментально установлено, что взаимодействие двух зарядов не изменится, если вблизи них поместить другие заряды. Пусть, кроме заряда q, имеются еще заряды q1, q2, …, qn, тогда результирующая сила, с которой они действуют на заряд q, будет

**Электростатическое поле** — поле, созданное неподвижными в пространстве и неизменными во времени электрическими зарядами (при отсутствии электрических токов). **Электрическое поле** представляет собой особый вид материи, связанный с электрическими зарядами и передающий действия зарядов друг на друга.

**Основной количественной характеристикой электрического поля является напряженность** электрического поля  - векторная величина; она определяется отношением силы, действующей СО СТОРОНЫ ПОЛЯ на пробный заряд q', к величине этого заряда, т.е.  .

Электрическое поле изображают с помощью **силовых линий.**

Силовые линии указывают направление силы, действующей на положительный заряд в данной точке поля, это линии, проведенные в эл.поле так, что касательная к ним в любой точке совпадает с вектором напряженность эл.поля в даной точке.

Силовые линии электрического поля имеют начало и конец. Они начинаются на положительных зарядах и заканчиваются на отрицательных.

Распределение силовых линий электрического поля определяет характер поля. Поле может быть радиальным (если силовые линии выходят из одной точки или сходятся в одной точке), однородным (если силовые линии параллельны) и неоднородным (если силовые линии не параллельны).

**Принцип суперпозиции электрических полей**

Если электрическое поле создается совокупностью точечных зарядов q1, q2,..., qn, то оно будет действовать на пробный заряд q' в некоторой точке поля М с результирующей силой F.

Напряженность поля в этой точке  т.е, равна векторной сумме напряженностей полей, которые создавал бы каждый из зарядов в отдельности. Таким образом, 

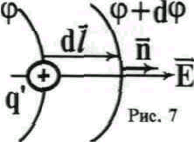
**12. Потенциал электрического поля**

Величину 

называют **потенциалом электрического поля** в данной точке. Потенциал , наряду с напря­женностью электрического поля , используется для описания электрического поля. Потенциал точечного заряда q,  ,

т. е.  (прямо пропорционален величине заряда и обратно пропорционален расстоя­нию от него). Потенциал в СИ измеряется в вольтах: 1 В= 1Дж/1 Кл. Если поле создает система точечных зарядов то потенциал .

Заряд q’, находящийся в точке поля с потенциалом , обладает потенциальной энергией . Следовательно, работу сил поля над зарядом q’ можно выразить через разность потен­циалов 

**Напряженность электрического поля и потенциал** используются для описания электри­ческого поля.  -векторная величина,  - скалярная величина. Они связаны между собой. Установим эту связь. Для этого, проведем две эквипотенциальные поверхности  и . 

Как было показано выше  перпендикулярна эквипотенциальной поверхности. Работа по перемещению пробного заряда q’ из точки с потенциалом  в точку с потенциалом  согласно формуле равна . С другой стороныТаким образом , отсюда  , - характеризует быстроту изменения потенциала.

В более общем случае 

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Градиент потенциала есть вектор, направленный по нормали к эквипотенциальной поверх­ности в сторону наибыстрейшего возрастания . Знак "минус" в означает, что  и  направлены в противоположные стороны.

Два точечных заряда, равных по величине и противоположных по знаку, находящихся на некотором расстоянии друг от друга, называются **электрическим диполем**. Плечом диполя называется вектор , направленный по оси диполя от отрицательного заряда к положительному и по модулю равный расстоянию между ними. Электрический диполь характеризуется моментом диполя 

Приведем формулы для напряженности поля диполя:

1) в точке А, расположенной на оси диполя

2) в точке, расположенной на перпендикуляре к середине его оси

На диполь, помещенный в электрическое поле с напряженностью , действует момент сил , который стремится установить диполь по полю. Потенциальная энергия диполя во внешнем электростатическом поле .

**13. Поток вектора напряженности электрического поля**

**Поток вектора** - величина, пропорциональная числу силовых линий пересекающих данную площадку. В случае однородного поля с напряженностью Е, которое пронизывает некоторую плоскую поверхность площади S, скалярное произведение  будет называться потоком вектора напряженности  через поверхность S,т.е. 

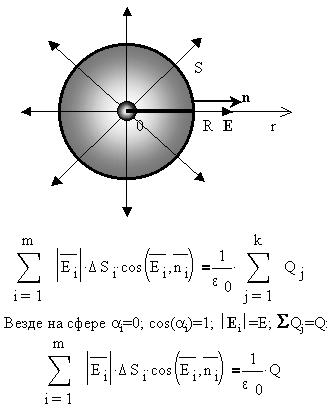
где — есть вектор, равный произведению величины площади на нормаль к этой поверхности, Еn -проекция вектора  на нормаль,  к площадке.

В общем случае поле может быть неоднородным, поверхность неплоской. В этом случае поверхность можно мысленно разбить на бесконечно малые элементарные площадки dS, которые можно считать плоскими, а поле вблизи них однородным. В таком случае поток через элементарную площадку .Полный поток вектора напряженности через поверхность S: 

Рассмотрим поток, создаваемый системой зарядов, сквозь замкнутую поверхность произвольной формы, внутри которой они находятся :  Согласно принципу суперпозиции поэтому

Таким образом доказывается теорема Гаусса: Полный поток вектора напряженности электростатического поля через замкнутую поверхность равен алгебраической сумме зарядов, охватываемых этой поверхностью, деленной на **1. Поле точечного заряда.**

Как мы уже видели, поле такого заряда имеет сферическую (центральную) симметрию, и если выбрать такого же типа симметрии поверхность,- сферу с центром, совпадающим с зарядом, - то везде на сфере, в силу равноудаленности её поверхности от заряда, модуль напряженности поля будет постоянным, а угол между вектором напряженности и вектором нормали к поверхности равен 0, так как оба направлены по радиусу сферы:



а суммаесть просто поверхность сферы радиуса R, равная 4pRhttp://www.exponenta.ru/educat/systemat/1006/2_tutorials/ed/%5E2.jpg:

http://www.exponenta.ru/educat/systemat/1006/2_tutorials/ed/17.jpg

откуда находим формулу напряженности поля точечного заряда: http://www.exponenta.ru/educat/systemat/1006/2_tutorials/ed/18.jpg

**2. Поле заряженной сферы**: поток вектора через поверхность сферы радиуса r, которая окружает заряженную сферу, имеющую радиус R ,при r  R . По теореме Гаусса  oткуда 

т.е. вне заряженной сферы поле такое же, как и поле точечного за­ряда той же величины, помещенного в центре сферы. Внутри сферы нет зарядов и поэтому поле там отсутствует, т. е. E = 0. Это свойство используют для экранировки от полей внешних зарядов

**3. Поле равномерно заряженного шара**.

Введем понятие объемной плотности заряда http://www.exponenta.ru/educat/systemat/1006/2_tutorials/ed/r.jpg, численно равной заряду единицы объема: http://www.exponenta.ru/educat/systemat/1006/2_tutorials/ed/19.jpg

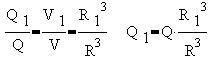
Пусть радиус шара равен R, полный заряд шара равен Q и http://www.exponenta.ru/educat/systemat/1006/2_tutorials/ed/r.jpg=const. Вне и внутри шара поле, очевидно, буде сферически симметричным, поэтому в качестве замкнутых поверхностей выбираем две концентрические сферы радиусами R1 меньше и R2больше R с центрами в центре шара:

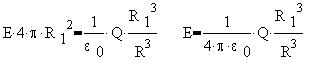
Внутри поверхности S2 радиуса R2 сосредоточен полный заряд шара Q, так что поле вне шара, как это следует из теоремы Гаусса, идентично полю точечного заряда Q, помещенного в центр шара:

http://www.exponenta.ru/educat/systemat/1006/2_tutorials/ed/18.jpg

Внутри же внутренней сферы S1 радиуса R1 сосредочен заряд, равный произведению объемной плотности заряда на объем сферы: http://www.exponenta.ru/educat/systemat/1006/2_tutorials/ed/21.jpg

гдеhttp://www.exponenta.ru/educat/systemat/1006/2_tutorials/ed/22.jpg

Полный заряд шара Q и заряд внутреннего объема радиуса R1 Q1 соотносятся как кубы радиусов: 

Подставим выражение для Q1 в теорему Гаусса: 

**4. Поле заряженного цилиндра (нити)**: заряженный цилиндр радиуса R, окружим коаксиальной цилиндрической поверхностью радиуса r; поток вектора  через основания равен нулю, т. к. , где - внешняя нормаль к основаниям цилиндра; поток через боковую поверхность  здесь h — высота цилиндра. Согласно теореме Гаусса при   

где τ = q/ h — линейная плотность заряда, которая измеряется в Кл/м.

5. Поле равномерно заряженной, бесконечно протяженной плоскости. Построим цилиндр, ось которого перпендикулярна к поверхности, и применим теорему Гаусса т.к. , то ,

отсюда, где σ = q/S поверхностная плотность заряда, измеряемая в Кл/м2.

при *r0 >> R* из (11) получим

**14. Электроемкость**

**Электри́ческая ёмкость** — характеристика проводника, мера его способности накапливать электрический заряд. В теории электрических цепей ёмкостью называют взаимную ёмкость между двумя проводниками; параметр ёмкостного элемента электрической схемы, представленного в виде двухполюсника. Такая ёмкость определяется как отношение величины электрического заряда к разности потенциалов между этими проводниками.

Электроемкость уединенного проводника *C=q/ϕ*. Электрическая емкость измеряется в фарадах: 1Ф= 1Кл / 1В.

Для получения большей емкости используют конденсаторы в виде двух проводников, помещенных близко друг от друга. В этом случае емкость .

**1. Для плоского конденсатора**, 

тогда по формуле можно найти 

**2. Емкость цилиндрического конденсатора**

Разность потенциалов между обкладками цилиндрического конденсатора может быть рассчитана по формуле:

http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%DD%EB%E5%EA%F2%F0%EE%F1%F2%E0%F2%E8%EA%E0.%20%CF%EE%F1%F2%EE%FF%ED%ED%FB%E9%20%D2%EE%EA/05_f/068.gif

где λ – линейная плотность заряда,R1 иR2 – радиусы цилиндрических обкладок,l– длина конденсатора. Тогда, так как http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%DD%EB%E5%EA%F2%F0%EE%F1%F2%E0%F2%E8%EA%E0.%20%CF%EE%F1%F2%EE%FF%ED%ED%FB%E9%20%D2%EE%EA/05_f/071.gif, получим

**3. Емкость шарового конденсатора**

Разность потенциала между обкладками равна: http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%DD%EB%E5%EA%F2%F0%EE%F1%F2%E0%F2%E8%EA%E0.%20%CF%EE%F1%F2%EE%FF%ED%ED%FB%E9%20%D2%EE%EA/05_f/078.gif Тогда, так как http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%DD%EB%E5%EA%F2%F0%EE%F1%F2%E0%F2%E8%EA%E0.%20%CF%EE%F1%F2%EE%FF%ED%ED%FB%E9%20%D2%EE%EA/05_f/071.gif, получимhttp://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%DD%EB%E5%EA%F2%F0%EE%F1%F2%E0%F2%E8%EA%E0.%20%CF%EE%F1%F2%EE%FF%ED%ED%FB%E9%20%D2%EE%EA/05_f/079.gif

Это емкость шарового конденсатора, где R1 и R2 – радиусы шаров.

**Параллельное соединение конденсаторов**. Обкладки конденсаторов соединяют попарно, т.е. в системе остается два изолированных проводника, которые и представляют собой обкладки нового конденсатора**Параллельное соединение конденсаторовобщая емкость больше емкости любого из параллельно соединенных конденсаторов**

При параллельном соединении конденсаторов

1. заряды складываются,
2. напряжения одинаковые,
3. емкости складываются.

Т.о.,  общая емкость больше емкости любого из параллельно соединенных конденсаторов

**Последовательное соединение конденсаторов**

Производят только одно соединение, а две оставшиеся обкладки - одна от конденсатора С1 другая от конденсатора С2 - играют роль обкладок нового конденсатора.

Последовательное соединение конденсаторов  общая емкость меньше емкости любого из последовательно соединенных конденсаторов

При последовательном соединении конденсаторов

1. напряжения складываются,
2. заряды одинаковы,
3. складываются величины, обратные емкости.

   Т.о.,  общая емкость меньше емкости любого из последовательно соединенных конденсаторов.

**Энергия системы зарядов, уединенного проводника и конденсатора.**

**1. Энергия системы неподвижных точеч­ных зарядов**

Электростатические силы взаимодействия консервативны; следовательно, система зарядов обладает потенциальной энергией. Найдем потенци­альную энергию системы двух неподвиж­ных точечных зарядов Q1 и Q2, находя­щихся на расстоянии r друг от друга. Каждый из этих зарядов в поле другого обладает потенциальной энергией :

W1=Qlφ1,       W2=Q2φ21,

где φ12 и φ21 — соответственно потенциа­лы, создаваемые зарядом Q2. в точке на­хождения заряда Q1 и зарядом Q1 в точке нахождения заряда Q2. Согласно (84.5), http://fever9111.narod.ru/site3/95.files/image001.jpg

поэтому W1=W2=W и

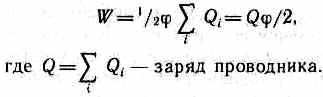
W=Q1φ12=Q2φ21=1/2(Q1φ12+Q2φ21).

Добавляя к системе из двух зарядов по­следовательно заряды Q3, Q4, ..., можно убедиться в том, что в случае n непод­вижных зарядов энергия взаимодействия системы точечных зарядов равнаhttp://fever9111.narod.ru/site3/95.files/image002.jpg

**2. Энергия заряженного уединенного проводника.**Пусть имеется уединенный проводник, заряд, емкость и потенциал которого соответственно равны Q, С, φ. Увеличим заряд этого проводника наdQ. Для этого необходимо перенести заряд dQ из бесконечности на уединенный провод­ник, затратив на это работу, равную *dA=φdQ=Cφdφ.*

Чтобы зарядить тело от нулевого потенци­ала до φ, необходимо совершить работуhttp://fever9111.narod.ru/site3/95.files/image003.jpg

Энергия заряженного проводника рав­на  той  работе,  которую  необходимо  со вершить, чтобы зарядить этот проводник: W=Cφ2/2=Qφ/2=Q2/2C

Полагая потенциал проводника равным φ, найдем

**3. Энергия заряженного конденсато­ра.**Как всякий заряженный проводник, конденсатор обладает энергией, которая в соответствии с формулой равна

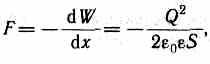
где *Q —*заряд конденсатора, *С*— его ем­кость, U — разность потенциалов между обкладками.

Предположим, что расстояние *х*меж­ду пластинами меняется, например, на величину *Ах.*Тогда действующая сила со­вершает работу *dA=Fdx*

вследствие уменьшения потенциальной энергии системы *Fdx=-dW,*

откуда F=dW/dx

по­лучимhttp://fever9111.narod.ru/site3/95.files/image005.jpg

Производя дифференцирование при кон­кретном значении энергии найдем искомую силу: 

Для конденсатора  выражает энергию электрического поля. Подставляя в выражение для емкости плоского конденсатора и учитывая, что U = Ed, находим, где V - объем, занятый электрическим полем. **Объемная плотность энергии**Дж/м. Откуда следует, что объемная плотность энергии электрического поля в вакууме ( =1) . С учетом этого **объемная плотность энергии поляризованного диэлектрика** = где  - поляризованность диэлектрика, χ - его диэлектрическая восприимчивость; w - характеризует энергию, которая была затрачена при поляризации диэлектрика.

**15.Электрический ток**

Упорядоченное движение электрических зарядов называется **электрическим током**. Носителями тока могут быть электроны, а также положительные и отрицательные ионы. За направление тока условились принимать направление движения положительных зарядов, образующих этот ток.

Постоянный ток — ток, направление и величина которого не меняются во времени.

Переменный ток — ток, величина и направление которого меняются во времени. В широком смысле под переменным током понимают любой ток, не являющийся постоянным.

[Пульсирующий ток](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%81%D0%B8%D1%80%D1%83%D1%8E%D1%89%D0%B8%D0%B9_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BA) — ток, у которого изменяется только величина, а направление остаётся постоянным.

**Условия протекания тока:**

1) Наличие в проводнике разности потенциалов;

2)Наличие свободных зарядов;

Если за время *dt* через поперечное сечение проводника переносится заряд *dq,* то сила тока *i=dq / dt.*

Для постоянного тока ***I=q / t.***

     Единица **силы тока** – *ампер* (А). В СИ определение единицы силы тока формулируется следующим образом: *1* *А* – это сила такого постоянного тока, который при протекании по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малого поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии *1 м* один от другого, создает между этими проводниками силу, равную http://ssofta.narod.ru/8_1.files/image006.gifна каждый метр длины.   
     Для характеристики направления электрического тока проводимости в разных точках поверхности проводника и распределения силы тока по этой поверхности вводится плотность тока.   
     **Плотностью тока** http://ssofta.narod.ru/8_1.files/image007.gifназывают векторную физическую величину, совпадающую с направлением тока в рассматриваемой точке и численно равную отношению силы тока dI, проходящего через элементарную поверхность, перпендикулярной направлению тока, к площади этой поверхности:   http://www.bog5.in.ua/lection/imglection/clip_image008_0007.png- для постоянного тока, иhttp://www.bog5.in.ua/lection/imglection/clip_image010_0003.png- для переменного тока.

Единица плотности тока – *ампер на квадратный метр* (*А/м2*).

**16. Работа сторонних сил, ЭДС, сопротивление**

**Сторонние силы** - силы неэлектрической природы, вызывающие перемещение электрических зарядов внутри источника постоянного тока.  Сторонними считаются все силы отличные от кулоновских сил.

**Электродвижущая сила (ЭДС)** — [физическая величина](file:///C:\wiki\%D0%A4%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%B2%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%B0), характеризующая работу сторонних (непотенциальных) сил в [источниках](file:///C:\wiki\%D0%98%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA_%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%B0) постоянного или переменного тока. В замкнутом проводящем контуре ЭДС равна [работе](file:///C:\wiki\%D0%9C%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0) этих сил по перемещению единичного положительного [заряда](file:///C:\wiki\%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B7%D0%B0%D1%80%D1%8F%D0%B4) вдоль контура.

ЭДС можно выразить через [напряжённость электрического поля](file:///C:\wiki\%D0%9D%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%B6%D1%91%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8F) сторонних сил

Сторонняя электродвижущая сила совершает положительную работу по перемещению положительного заряда в сторону возрастания потенциала, т.е. против сил электростатического поля (вследствие сопротивления потенциал электростатического поля понижается, положительный заряд двигается от большего потенциала к меньшему => должны существовать участки, на которых “+” заряд движется от меньшего потенциала к большему ).

Сторонняя сила не может иметь электростатического происхождения т.к. электростатическое поле — потенциальное и работапо замкнутому пути = 0 и ток не мог бы существовать, т.к. он должен совершать работу для преодоления сопротивления проводника.

     Физическая природа сторонних сил весьма различна:

     Они могут быть обусловлены:

а) химической, физической неоднородностью проводника при соприкосновении разнородных проводников (гальванические элементы; аккумуляторы—возникает контактная разность потенциалов при контакте твёрдого тела и жидкости)

б) физическая неоднородность при соприкосновении проводников различной температуры ( термоэлементы)

в) механические происхождения

г) электрическое происхождение — сила действует на заряд в электростатическом поле , возникающем по закону электромагнитной индукции.

Источник тока характеризуется электродвижущей силой – Э. Д. С. http://www.bog5.in.ua/lection/imglection/clip_image012_0006.png, http://www.bog5.in.ua/lection/imglection/clip_image014_0010.png

http://www.bog5.in.ua/lection/imglection/clip_image017_0006.png

*http://www.bog5.in.ua/lection/imglection/clip_image029_0005.png*

тогда

http://www.bog5.in.ua/lection/imglection/clip_image031_0003.png

Для замкнутой цепи

http://www.bog5.in.ua/lection/imglection/clip_image033_0010.png           http://www.bog5.in.ua/lection/imglection/clip_image023_0005.pnghttp://www.bog5.in.ua/lection/imglection/clip_image035_0007.png

Напряжением***U*** на участке 1 -2 называется физическая величина, определяемая работой, совершаемой суммарным полем электростатических (кулоновских) и сторонних сил при перемещении единичного положительного заряда на данном участке цепиhttp://www.bog5.in.ua/lection/imglection/clip_image037_0008.png

http://www.bog5.in.ua/lection/imglection/clip_image039_0005.png при http://www.bog5.in.ua/lection/imglection/clip_image041_0002.png

**Электри́ческое сопротивле́ние** — [физическая величина](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%B2%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%B0), характеризующая свойства [проводника](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%BA_(%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE)) препятствовать прохождению [электрического тока](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BA).

Сопротивление проводника при прочих равных условиях зависит от его геометрии и от [удельного электрического сопротивления](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) материала, из которого он состоит.

Сопротивление однородного проводника постоянного сечения зависит от свойств вещества проводника, его длины, сечения и вычисляется по формуле: R=\frac{\rho \cdot l}{S}, где ρ — [удельное сопротивление](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) вещества проводника, Ом·м, l — длина проводника, м, а S — площадь сечения, м².

**17.Закон Ома, закон Джоуля-Ленца, соединения проводников и правило Киркхгофа.**

**1)Закон Ома для однородного участка цепи**.

Однороднымназывается участок не содержащий ЭДС. Сила тока на однородном участке цепи прямо пропорциональна напряжению и обратно

пропорциональна сопротивлению цепи. http://www.bog5.in.ua/lection/imglection/clip_image044_0007.png

http://www.bog5.in.ua/lection/imglection/clip_image046_0003.png1 *Ом* – сопротивление такого проводника, в котором при напряжении 1 *В* течёт ток 1 *А*. http://www.bog5.in.ua/lection/imglection/clip_image049_0004.png*G* - электрическая проводимость.

http://www.bog5.in.ua/lection/imglection/clip_image051_0004.png (Сименс).

Сопротивление *R* проводника зависит от его размеров и формы, а также от материала проводника. http://www.bog5.in.ua/lection/imglection/clip_image053_0001.png, где  *ρ* -  удельное сопротивление проводника -  сопротивление единицы длины проводника.http://www.bog5.in.ua/lection/imglection/clip_image057_0004.png

*ℓ* - длина проводника; *S* - площадь поперечного сечения проводника.

**2) Закон Ома для неоднородного участка цепи** (закон Ома для неоднородного участка цепи в интегральной форме).

Неоднородным называется участок цепи, содержащий ЭДС.

http://www.bog5.in.ua/lection/imglection/clip_image060_0004.png

http://www.bog5.in.ua/lection/imglection/clip_image062_0004.png

**3) Закон Ома для замкнутой цепи (для полной цепи).**

http://www.bog5.in.ua/lection/imglection/clip_image065_0003.png

где http://www.bog5.in.ua/lection/imglection/clip_image067_0003.png где *R* - сопротивление внешней цепи,

г - сопротивление источника ЭДС, тогдаhttp://www.bog5.in.ua/lection/imglection/clip_image069_0003.png - Закон Ома для полной цепи

**4) Закон Ома в дифференциальной форме.**

http://www.bog5.in.ua/lection/imglection/clip_image071_0004.png http://www.bog5.in.ua/lection/imglection/clip_image073_0002.png

http://www.bog5.in.ua/lection/imglection/clip_image075_0005.png http://www.bog5.in.ua/lection/imglection/clip_image077_0000.png

http://www.bog5.in.ua/lection/imglection/clip_image079_0000.png http://www.bog5.in.ua/lection/imglection/clip_image081_0000.png

σ  - удельная электропроводность;

http://www.bog5.in.ua/lection/imglection/clip_image083.png

**Закон Ома в дифференциальной форме**http://www.bog5.in.ua/lection/imglection/clip_image085.png      Плотность тока http://www.bog5.in.ua/lection/imglection/clip_image006_0006.pngпрямо пропорциональна напряженности электрического поля Е, Коэффициент пропорциональности σ - удельная электропроводность.

**Закон Джоуля - Ленца**

В словесной формулировке звучит следующим образом: "Мощность тепла, выделяемого в единице объёма среды при протекании электрического тока, пропорциональна произведению [плотности электрического тока](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%B0) на величину [напряженности электрического поля](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5)"

Математически может быть выражен в следующей форме: w = \vec j \cdot \vec E = \sigma E^2\!где w — мощность выделения тепла в единице объёма, \vec j — [плотность электрического тока](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%B0), \vec E — [напряжённость электрического поля](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%B6%D1%91%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8F), *σ* — [проводимость](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) среды, а точкой обозначено скалярное произведение.

Закон также может быть сформулирован в интегральной форме для случая протекания токов в тонких проводах:

"[Количество теплоты](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE_%D1%82%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D1%82%D1%8B), выделяемое в единицу времени в рассматриваемом участке [цепи](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%86%D0%B5%D0%BF%D1%8C), пропорционально произведению квадрата [силы тока](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%BB%D0%B0_%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%B0) на этом участке и [сопротивления](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) участка"

В интегральной форме этот закон имеет видdQ = I^2 R dt\,, Q = \int\limits_{t_1}^{t_2} I^2 R dt где *dQ* — количество теплоты, выделяемое за промежуток времени *dt*, *I* — сила тока, *R* — сопротивление, *Q* — полное количество теплоты, выделенное за промежуток времени от *t1* до *t2*. В случае постоянных силы тока и сопротивления: Q = I^2 R t\,

**Соединения проводников**

1) Последовательное

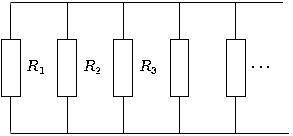
[Несколько резисторов, соединённых последовательно](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Resistors_in_Series-modified.svg?uselang=ru)

При последовательном соединении проводников сила тока в любых частях цепи одна и та же:

**U\mathrm = U_1 + U_2I\mathrm = I_1 = I_2**

R = R_1 + R_2 + \cdots + R_n

2) Параллельное

[](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:ParallelR.png)

**I\mathrm = I_1 + I_2**, **U\mathrm = U_1 = U_2**

При параллельном соединении резисторов складываются величины, обратно пропорциональные сопротивлению (то есть общая проводимость \frac{1}{R} складывается из проводимостей каждого резистора \frac{1}{R_i})

\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \ldots 

Если ~R_1=R_2=R_3=...=R_n, то общее сопротивление равно: R=\frac{R_1}{n}

При параллельном соединении резисторов их общее сопротивление будет меньше наименьшего из сопротивлений.

**Правила Кирхгофа**

1) Первое правило Кирхгофа гласит: что [алгебраическая сумма](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BB%D0%B3%D0%B5%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D1%83%D0%BC%D0%BC%D0%B0) [токов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%BB%D0%B0_%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%B0) в каждом узле любой цепи равна нулю. При этом направленный к узлу ток принято считать положительным, а направленный от узла — отрицательным: Алгебраическая сумма токов, направленных к узлу равна сумме направленных от узла. \sum\limits^n_{j=1}I_j=0.Иными словами, сколько тока втекает в узел, столько из него и вытекает. Это правило следует из фундаментального [закона сохранения заряда](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D1%81%D0%BE%D1%85%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D0%B7%D0%B0%D1%80%D1%8F%D0%B4%D0%B0).

2) Второе правило Кирхгофа (правило напряжений Кирхгофа) гласит, что [алгебраическая сумма](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BB%D0%B3%D0%B5%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D1%83%D0%BC%D0%BC%D0%B0) падений [напряжений](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) на всех ветвях, принадлежащих любому замкнутому контуру цепи, равна алгебраической сумме [ЭДС](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B6%D1%83%D1%89%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B8%D0%BB%D0%B0) ветвей этого контура. Если в контуре нет источников ЭДС (идеализированных генераторов напряжения), то суммарное падение напряжений равно нулю: Для постоянных напряжений \sum^n_{k=1} E_k= \sum^m_{k=1}U_k=\sum^m_{k=1}R_kI_k;

Для переменных напряжений \sum^n_{k=1} e_k= \sum^m_{k=1}u_k=\sum^m_{k=1}R_ki_k+\sum^m_{k=1}u_{L\,k}+\sum^m_{k=1}u_{C\,k}.Это правило вытекает из 3-го уравнения Максвелла, в частном случае стационарного магнитного поля. Иными словами, при полном обходе контура потенциал, изменяясь, возвращается к исходному значению. Частным случаем второго правила для цепи, состоящей из одного контура, является [закон Ома](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D0%9E%D0%BC%D0%B0) для этой цепи. При составлении уравнения напряжений для контура нужно выбрать положительное направление обхода контура. При этом падение напряжения на ветви считают положительным, если направление обхода данной ветви совпадает с ранее выбранным направлением тока ветви, и отрицательным — в противном случае . Правила Кирхгофа справедливы для линейных и нелинейных линеаризованных цепей при любом характере изменения во времени токов и напряжений.

**18. Термоэлектронная эмиссия**

**Термоэлектро́нная эми́ссия** (эффект Ричардсона, эффект Эдисона) — явление вырывания электронов из металла при высокой температуре. Концентрация свободных электронов в металлах достаточно высока, поэтому даже при средних температурах вследствие распределения электронов по скоростям (по энергии) некоторые электроны обладают энергией, достаточной для преодоления [потенциального барьера](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B1%D0%B0%D1%80%D1%8C%D0%B5%D1%80) на границе [металла](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB). С повышением температуры число электронов,[кинетическая энергия](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D1%8F) теплового движения которых больше [работы выхода](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0_%D0%B2%D1%8B%D1%85%D0%BE%D0%B4%D0%B0), растёт, и явление термоэлектронной эмиссии становится заметным.

**19.Взаимодействие движущихся зарядов. Вектор магнитной индукции. Принцип суперпозиции магнитного поля. Закон Био – Савара - Лапласа.**

Если вблизи одного заряда двигается другой, причем их скорости равны, то на второй заряд будут действовать две силы: электрическая(кулоновская) и магнитная, причем магнитная будет меньше электрической в  
раз.

***Электромагнитное поле*** представляет собой структурную форму материи, являющуюся переносчиком электромагнитного взаимодействия. Электромагнитное взаимодействие физических тел является одним из четырёх фундаментальных взаимодействий, существующих в природе. Электромагнитное поле состоит из двух составляющих: ***электрического поля***.

***Магнитное поле*** – это структурная форма материи, посредством которой в природе осуществляется магнитное взаимодействие физических тел. Так же, как и электрическое поле, магнитное поле обладает рядом физических свойств и параметров:

1.   Магнитное поле создаётся движущимися электрическими зарядами. Никаких особых магнитных зарядов в природе не существует.

2.   Магнитное поле способно оказывать силовое воздействие на движущиеся электрические заряды. На покоящиеся заряды магнитное поле не действует.

3.   Магнитное поле также является объективной реальностью.

Основными параметрами магнитного поля являются его напряженность и индукция.

***Индукция магнитного поля*** – это физическая величина, равная отношению силы, действующей на движущийся электрический заряд со стороны магнитного поля, к величине этого заряда и скорости его движения: http://physics.sibsutis.ru/students/docs/LabWorks/LW41/LW41-1.files/image002.gif

Таким образом, индукцию магнитного поля можно считать его силовым параметром. Индукция – величина векторная, её направление определяется из соотношенияhttp://physics.sibsutis.ru/students/docs/LabWorks/LW41/LW41-1.files/image004.gifсогласно которому три вектора http://physics.sibsutis.ru/students/docs/LabWorks/LW41/LW41-1.files/image006.gif образуют правую тройку.

Если в некоторой точке магнитное поле создано одновременно несколькими движущимися зарядами (или токами), то результирующее значение индукции или напряженности может быть вычислено с использованием принципа суперпозиции полей: **результирующая индукция (напряженность) магнитного поля равна векторной сумме индукций (напряженностей) полей, создаваемых каждым из имеющихся движущихся зарядов (токов):** http://physics.sibsutis.ru/students/docs/LabWorks/LW41/LW41-2.files/image046.gif

Для случаев, когда магнитное поле создано сложной конфигурацией движущихся зарядов (токов), его можно рассчитать при помощи **закона Био – Савара – Лапласа**: http://physics.sibsutis.ru/students/docs/LabWorks/LW41/LW41-2.files/image004.gifсогласно которому **индукция магнитного поля, созданного проводником с током, пропорциональна силе тока, текущего по этому проводнику, обратно пропорциональна квадрату расстояния от проводника до точки наблюдения и зависит от свойств среды, в которой создаётся поле.**

В скалярной форме закон Био – Савара – Лапласа записывается так: http://physics.sibsutis.ru/students/docs/LabWorks/LW41/LW41-2.files/image008.gif

**20. Действие магнитного поля на движущийся заряд. Магнитная сила Лоренца. Действие магнитного поля на проводник с током. Сила Ампера.**

Если скорость v заряженной частицы направлена под углом α к вектору В(рис. 172), то ее движение можно представить в виде суперпозиции: 1) равномерного прямолиней­ного движения вдоль поля со скоростью *v*||*=v*cosα; 2) равномерного движения со скоростью *v*^=*v*sin*a* по окружности в плоскости, перпендикулярной полю. Радиус окружности определяется формулой (115.1) (в данном случае надо заменить *v* на *v†*=*v*sin*a*). В результате сложения обоих движений возникает движение по спирали, ось которой параллельна магнитному полю.

Шаг винтовой линии

h= *v*||T*=*vTcosα

Подставив в последнее выражение, получим h=2πmvcosα/BQ

Направление, в котором закручивается спираль, зависит от знака заряда частицы.

**Сила Лоренца** — [сила](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%BB%D0%B0), с которой [электромагнитное поле](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5) согласно классической (неквантовой) [электродинамике](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0) действует на [точечную](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BA%D0%B0) [заряженную](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B7%D0%B0%D1%80%D1%8F%D0%B4) частицу. Иногда силой Лоренца называют силу, действующую на движущийся со скоростью \mathbf{v} заряд q\  лишь со стороны [магнитного поля](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5), нередко же полную силу — со стороны электромагнитного поля вообще, иначе говоря, со стороны [электрического](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5) \mathbf{E} и [магнитного](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5)

\mathbf{B} полей. В [Международной системе единиц (СИ)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%98) выражается как: \mathbf{F}=q\left(\mathbf{E}+[\mathbf{v}\times\mathbf{B}]\right)

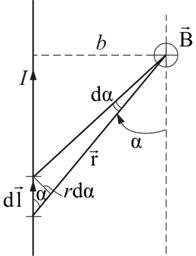
**Зако́н Ампе́ра**  — закон взаимодействия [электрических токов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BA). Впервые был установлен [Андре Мари Ампером](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80,_%D0%90%D0%BD%D0%B4%D1%80%D0%B5_%D0%9C%D0%B0%D1%80%D0%B8) в [1820](https://ru.wikipedia.org/wiki/1820) для постоянного тока. Из закона Ампера следует, что параллельные [проводники](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%BA_(%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE)) с электрическими токами, текущими в одном направлении, притягиваются, а в противоположных — отталкиваются. Законом Ампера называется также закон, определяющий силу, с которой [магнитное поле](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5) действует на малый отрезок проводника с током. Выражение для силы d\vec F, с которой магнитное поле действует на элемент объёма dV проводника с током плотности \vec j, находящегося в магнитном поле с индукцией \vec B, в [Международной системе единиц (СИ)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%98) имеет вид:

d\vec F =\vec j \times \vec B.

Модуль силы Ампера можно найти по формуле: dF = I B dl \sin\alpha. где \alpha — угол между векторами магнитной индукции и тока.

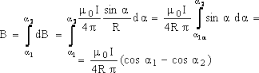
**21. Применение закона Био –Савара – Лапласа к расчету магнитной индукции проводников с током**

**1.Прямой провод**



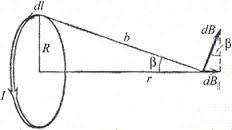
http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%BC/ima/image116.png

      Подставив найденные значения *r* и d*l* в закон Био–Савара–Лапласа, получим: http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%BC/ima/image118.png

      Для ***конечного проводника*** угол α изменяется от*http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%BC/ima/image120.png*, до http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%BC/ima/image122.png . Тогда: 

  Для ***бесконечно длинного проводника:***

http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%BC/ima/image130.png

**2. Виток с током **

 В частности, в центре кругового тока ,

.

Для плоской катушки, состоящей из N, витков магнитная индукция на оси катушки .

При больших расстояниях от контура, (рис. 5), т. е.

**22. Циркуляция вектора магнитной индукции**

Циркуляция вектора магнитной индукции.

http://mashdet.ru/ferrit/ris1/image054.gifПусть замкнутый контур лежит в плоскости, перпендикулярной к току . В каждой точке контура вектор направлен по касательной к окружности, проходящей через точку А. Интегрируя по контуру , получим: Обобщая полученный результат на случай произвольного количества токов в силу принципа суперпозиции

Для электростатического поля т. е. циркуляция вектора  вдоль замкнутого контура L равна нулю. **Закон полного тока для вакуума**: циркуляция вектора  вдоль замкнутого контура L равна алгебраи­ческой сумме токов, охватываемых контуром, умноженной на 0 , т. е. 

При этом токи будем считать положительными, если они совпадают с поступательным движением правого буравчика, рукоятка которого вращается по направлению обхода контура. Токи, текущие в обратном направлении будут считаться отрицательными. Поскольку , то магнитное поле не является потенциальным, оно называется вихревым или соленоидальным. [А/м]

**23. Расчет магнитной индукции длинного соленоида, тороида.**

**Соленоидом**, называется цилиндрическая катушка, на которую вплотную намотано большое число витков провода.

Пусть N - число витков вдоль длины соленоида l, тогда , где L – контур 1234

или Интегралы на участках 1-2, 3- 4 равны нулю, т.к. d и d=Bdlcosπ/2 =0;

интеграл на участ­ке 4-1 равен нулю, т.к. вне соленоида индукция  равна нулю. Поэтому , отсюда B=, где n=N / l - число витков, приходящееся на единицу длины соленоида. Поле соленоида однородно.

**Тороид**, представляет тонкий провод, плотно навитый на каркас, имеющий форму тора. Для него 

где R - радиус средней линии тора, отсюда

B =  Поле тороида неоднородно: оно уменьшается с увеличением r. Поле вне тороида рав­но нулю.

**24. Магнитный поток. Работа при перемещении проводника в магнитном поле**

Для однородного магнитного поля, пронизывающего плоскую поверхность площади S, **магнитный поток** Ф= = BScos=Bn S

*dФ = d= BdS cos = BdS.*

Магнитный поток сквозь произвольную поверхность Ф==

В природе нет магнитных зарядов и поэтому теорема Гаусса для магнитного потока имеет вид Ф = 

Согласно закону Ампера на проводник с током, в магнитном поле действует сила F = IlВ, которая направлена вправо. Если под действием этой силы проводник переместится на dx, то dA = Fdx = IBldx = IBdS = IdФ, где dФ=Ф2–Ф1, - это изменение магнитного потока, пронизывающего контур.

Итак, **работа, совершаемая магнитным полем** dA=IdФ

A = I(Ф2- Ф1),

Ф= Ф т.о. A=I[BS-(-BS)] = 2IBS = 2pmB.

Заметим, что работа совершалась за счет энергии источника тока, а не за счет магнитного поля.

**25. Явление электромагнитной индукции.**

Электрический ток создает вокруг себя магнитное поле. Существует и обратное явление: изменяющееся во времени магнитное поле вызывает (индуктирует) электрический ток. Это явление получило **название электромагнитной ин­дукции**, а возникающий ток называют индукционным током. **Закон электромагнитной индукции гласит**: «ПРИ ИЗМЕНЕНИИ МАГНИТНОГО ПОТОКА В КОНТУРЕ ВОЗНИКАЕТ ЭЛЕКТРОДВИЖУЩАЯ СИЛА ИНДУКЦИИ, ПРОПОРЦИОНАЛЬНАЯ ВЗЯТОЙ С ОБРАТНЫМ ЗНАКОМ СКОРОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ МАГНИТНОГО ПОТОКА», т. е. 

Знак "-" в объясняет **закон Ленца**: Индукционный ток всегда направлен так, чтобы противодействовать причине, его вызвавшей. Пусть Ф = Ф sin() = Ф sin(2) тогда=- Ф

где - циклическая частота, v=1/T- частота, t - время, Ф - амплитудное значение

магнит­ного потока,  - амплитуда ЭДС индукции,  - начальная фаза.

**Явление самоиндукции. Индуктивность**.

Явление электромагнитной индукции наблюдается во всех случаях, когда изменяется магнитный поток, пронизывающий контур. В частности, этот магнитный поток может создаваться током, текущим в самом рассматриваемом контуре. При изменениях тока I в этом контуре изменяется также и полный магнитный поток , вследствие чего в контуре индуктируется ЭДС самоиндукции . Такое явление называется самоиндукцией. Поскольку  , а Ф ~ B , B ~ I то , следовательно, ~ I , т.е  здесь L - называется индуктивностью контура, L = .

За единицу индуктивности в СИ принимается 1 Гн - генри: это индуктивность такого кон­тура, у которого при силе тока в нем в 1А, возникает сцепленный с ним полный магнитный поток , равный 1 Вб.

**Энергия магнитного поля**

При возрастании тока в контуре в нем возникает ЭДС самоиндукции и закон Ома за­пишется

I = , где , отсюда **.**

Полная работа источника тока за время dt

**dA = **

здесь IRdt - это работа, затрачиваемая на нагревание; LI dI - это работа дополнительная к работе источника тока, обусловленная индукционными явлениями в цепи. Вся работа, совершаемая в цепи для увеличения тока от 0 до I

A = .

Эта работа и будет равна **энергии магнитного поля**, т.е. .

**26. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики**

В зависимости от знака и величины магнитной восприимчивости все магнетики под­разделяются на три группы:

**1). диамагнетики,** у которых χ (магнитная восприимчивость) отрицательна и мала (1010); для них (1+χ, относительная магнитная проницаемость) несколько мень­ше единицы; диамагнетиками являются Zn, Au, Hg, Si, P, С.

**2) парамагнетики**, у которых χ положительна и мала (1010); и с ростом температуры  уменьшается по закону Кюри: χ~ 1/T, для них  несколько больше единицы; диамагнетиками являются щелочные металлы, кислород.

**3) ферромагнетики**, у которых χ положительна и очень велика: например для Fe магнитная проницаемость = 5000. Магнитная проницаемость  для них зависит от H , и для каж­дого ферромагнетика имеется определенная температура, называемая точкой Кюри, при которой он теряет магнитные свойства, т. к. области спонтанного намагничивания (домены) распадаются и ферромагнетик становится парамагнетиком - это фазовый переход II рода. Для железа 

**27. Гипотеза Максвелла, ток смещения**.

Максвелл объяснил явление электромагнитной индукции: переменное магнитное поле порождает вихревое электрическое поле. Если в переменном

магнитном поле находится замкнутый проводник, то вихревое электрическое поле приводит в

движение заряженные частицы этого проводника — так возникает индукционный ток.

согласно **гипотезе Максвелла:** "магнитное поле B внутри конденсатора оказывается точно таким же, как и магнитное поле тока I проводимости — как если бы ток I протекал в пространстве между обкладками конденсатора". (Ток проводимости замыкается током смещения)

**Ток смещения** или абсорбционный ток — величина, прямо пропорциональная скорости изменения электрической индукции. Электри́ческая инду́кция (электри́ческое смеще́ние) — [векторная величина](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80_(%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0)), равная сумме вектора [напряжённости электрического поля](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%B6%D1%91%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8F) и[вектора поляризации](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8F%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8).

В СИ: \mathbf D = \varepsilon_0 \mathbf E + \mathbf P.

Это понятие используется в классической электродинамике. Введено Дж. К. Максвеллом при построении теории электромагнитного поля.

Введение тока смещения позволило устранить противоречие в формуле Ампера для циркуляции магнитного поля, которая после добавления туда тока смещения стала непротиворечивой и составила последнее уравнение, позволившее корректно замкнуть систему уравнений (классической) электродинамики.

Таким образом**, полная система уравнений Максвелла** в интегральной форме имеет вид:

http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%FD%EB%E5%EA%F2%F0%EE%EC%E0%E3%ED%E5%F2%E8%E7%EC/ima/image1357.png**обобщенный закон Био–Савара–Лапласа (закон полного тока: "Электрический ток и изменение электрической индукции порождают вихревое магнитное поле";** Полный электрический ток свободных зарядов и изменение потока электрической индукции через незамкнутую поверхность s, пропорциональны циркуляции магнитного поля на замкнутом контуре l, который является границей поверхности s.);

http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%FD%EB%E5%EA%F2%F0%EE%EC%E0%E3%ED%E5%F2%E8%E7%EC/ima/image1361.png**закон Фарадея: "Изменение магнитной индукции порождает вихревое электрическое поле"**;

http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%FD%EB%E5%EA%F2%F0%EE%EC%E0%E3%ED%E5%F2%E8%E7%EC/ima/image1365.png = Q  **Закон Гаусса:** "**Электрический заряд является источником электрической индукции". Поток электрической индукции через замкнутую поверхность s пропорционален величине свободного заряда, находящегося в объёме v, который окружает поверхность s.**

http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%FD%EB%E5%EA%F2%F0%EE%EC%E0%E3%ED%E5%F2%E8%E7%EC/ima/image1369.png   отсутствие магнитных зарядов (Поток магнитной индукции через замкнутую поверхность равен нулю (магнитные заряды не существуют).

**Система материальных уравнений**:

http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%FD%EB%E5%EA%F2%F0%EE%EC%E0%E3%ED%E5%F2%E8%E7%EC/ima/image1371.png , http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%FD%EB%E5%EA%F2%F0%EE%EC%E0%E3%ED%E5%F2%E8%E7%EC/ima/image1373.png , http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%FD%EB%E5%EA%F2%F0%EE%EC%E0%E3%ED%E5%F2%E8%E7%EC/ima/image1375.png

1. Вектор м.индукции прямо пропорционален напряженности м.поля; 2.Вектор эл.смещения прямо пропорционален напряженности эл.поля; 3. Плотность тока проводимости прямо пропорциональна напряженности эл.поля.