

И. Г. Ковалевский

**СПРАВОЧНОЕ ПОСОБИЕ
ПО КУРСУ
ФИЗИКИ**

Допущено

*Министерством сельского хозяйства Российской Федерации
в качестве учебного пособия для студентов высших аграрных
учебных заведений, обучающихся по специальностям и
направлениям высшего профессионального образования*

**Иркутск
ИрГСХА
2014**

УДК 53(075.8)

ББК 22.3я73

Рецензенты:

кафедра физики Бурятской государственной сельскохозяйственной академии (зав. кафедрой – доцент Д. Г. Дандинов);
М. А. Кутимская, профессор кафедры электрооборудования
и физики Иркутской государственной сельскохозяйственной
академии.

Ковалевский И. Г.

К56 Справочное пособие по курсу физики: Учеб. пособие по дисциплине «Физика». – Иркутск: ИрГСХА, 2014. - 271 с.

ISBN

В справочно-учебном пособии приведены понятия и законы физики, описаны физические процессы и явления, наиболее часто встречающиеся в учебной литературе.

Предназначено для организации самостоятельной работы студентов.

ББК 22.3я73

© Ковалевский И. Г., 2014

© Оформление. ИрГСХА, 2014

ISBN

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее учебное пособие предназначается для тех, кто изучает общий курс физики.

В пособии приведён необходимый теоретический и справочный материал, который поможет разобраться в неясных вопросах и уточнить неправильно понятые положения, а также дополнит и углубит изученный материал.

В пособие включено около 1000 основных физических терминов и понятий. Предпочтение при выборе отдано тем терминам, которые находят наибольшее применение в учебной и научной физической литературе.

Наряду с физическими терминами в пособии приведено небольшое количество математических и технических понятий, которые способствуют раскрытию содержания и объяснению основной терминологии.

Материал в пособии сгруппирован в четырёх разделах в согласии с традиционным порядком изучения курса общей физики и в соответствии со структурой большинства учебников по физике. Статьи в каждом разделе сгруппированы в алфавитном порядке, названия каждой статьи выделено прописными буквами.

Предлагаемое пособие должно активизировать самостоятельную работу и облегчить процесс усвоения теоретического материала при изучении курса физики.

МЕХАНИКА

АБСОЛЮТНАЯ ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ – разность между результатом измерения и действительным значением измеряемой величины, принимаемым за её истинное значение.

АБСОЛЮТНО ТВЁРДОЕ ТЕЛО – модель тела, которое при воздействиях на него не изменяет своей формы и размеров, то есть при всех условиях расстояние между двумя любыми точками тела остается неизменным. В природе абсолютно твёрдых тел нет, но существуют тела более или менее приближающиеся по своим свойствам к свойствам абсолютно твёрдого тела.

АБСОЛЮТНО НЕУПРУГИЙ УДАР – кратковременное взаимодействие тел, после которого возникшие в телах деформации полностью сохраняются, а часть или вся кинетическая энергия тел до взаимодействия переходят во внутреннюю энергию тел. В дальнейшем тела движутся как единое целое.

АБСОЛЮТНО УПРУГИЙ УДАР – кратковременное взаимодействие тел, после которого в телах не остаётся никаких деформаций и кинетическая энергия тел до удара, равна их кинетической энергии после удара.

АВТОКОЛЕБАНИЯ – незатухающие колебания, происходящие в колебательной системе за счёт внутреннего источника энергии. Свободные колебания любой системы в результате расходования энергии против сил трения постепенно затухают. Для поддержания колебаний системы в отсутствие внешних воздействий, система должна включать источник энергии и сама управлять поступлением энергии из него. Такие системы называются автоколебательными. Автоколебательные системы широко распространены в природе. Примерами автоколебательных систем могут служить часы с маятником, двигатели внутреннего сгорания, ламповый генератор электрических колебаний и т.д. В авто-

колебательных системах независимо от их конструкции обычно различают три основные части: собственно колебательную систему, устройство, управляющее поступлением энергии от источника, и источник энергии.

АДДИТИВНОСТЬ – свойство некоторых физических величин, состоящее в том, что значение величины, соответствующее целому объекту, равно сумме значений величин, соответствующих его частям при любом разбиении объекта на части. Свойством аддитивности обладают, например, объём, масса, энергия и т.п.

АКУСТИКА – раздел физики, в котором изучают процессы возникновения, распространения и регистрации звуковых волн.

АМПЛИТУДА – наибольшее абсолютное значение физической величины, изменяющейся в процессе колебаний.

АРХИМЕД (около 287 – 212 г. до н.э.) – древнегреческий ученый-механик. Занимался математикой, механикой, физикой и астрономией. В трудах по геометрии разработал особый инте-



гральный подход нахождения площадей, поверхностей и объёмов различных фигур и тел. В трудах по статике и гидростатике (закон Архимеда) дал образцы применения математики в естествознании и технике. Автор многих изобретений - архимедов винт, определение состава сплавов взвешиванием в воде, системы для поднятия больших тяжестей, военные

метательные машины и т.п. Особо стоит в творчестве Архимеда его трактат “Псаммит” (“Исчисление песчинок”) астрономовычислительного характера, в котором Архимед подсчитывает число песчинок во Вселенной, полагая её замкнутой и ограниченной сферой. Здесь же он дает размеры (разумеется, не точные) Земли, Солнца и расстояния между ними.

АСИМПТОТИКА ФУНКЦИИ – значение функции, к которому она приближается при неограниченном возрастании аргумента функции.

БЕГУЩАЯ ВОЛНА – волна, беспрепятственно распространяющаяся в безграничной среде. Направление, в котором распространяется волна, называется лучом волны.

БЕЗРАЗМЕРНАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА – физическая величина, у которой показатели размерности всех основных физических величин равны нулю. Например, единица плоского угла, КПД и т.п.

БЕЛ (Б) – единица десятичного логарифма отношения значений двух одноимённых физических величин I_1 и I_2 :
 $1\text{Б} = \lg \frac{I_1}{I_2}$ при $I_2 = 10I_1$. Применяется для сравнения интенсивности звука различной громкости. Если интенсивность одного звука в 10 раз больше другого, то громкость его на один бел выше.

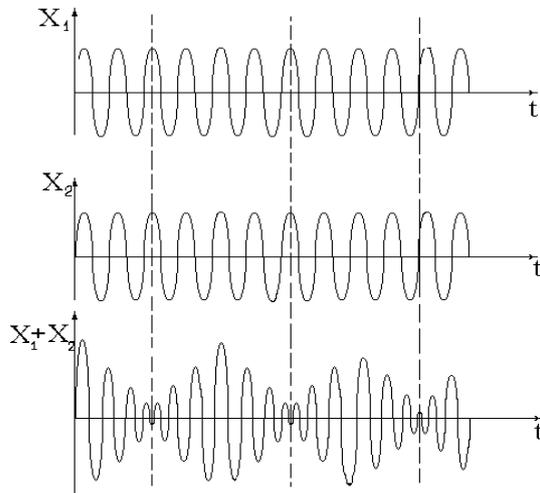
БЕСКОНЕЧНО МАЛАЯ ВЕЛИЧИНА – переменная в рассматриваемом процессе величина, которая при изменении становится и остается при дальнейшем изменении по абсолютной величине меньше любого, наперед заданного, положительного числа. В физике под бесконечно малой величиной понимается ничтожно малое (хотя и конечное) изменение какой-либо величины, характеризующей процесс (например, изменение скорости тела). Необходимо отметить, что никакая из постоянных величин, отличная от нуля, как бы мала она не была (например, масса молекулы, заряд электрона и т.п.), не может быть названа бесконечно малой величиной.

БИЕНИЯ - гармоническое колебание с пульсирующей амплитудой. Биения возникают при сложении двух колебаний $x_1 = A_0 \sin \omega_1 t$ и $x_2 = A_0 \sin \omega_2 t$, одинакового направления с мало различающимися частотами ω_1 и ω_2 . Результирующее колебание будет иметь вид:

$$x = x_1 + x_2 =$$

$$= 2A_0 \cos\left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2}\right) \sin\left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2}\right)$$

Амплитуда результирующего колебания



$$A = 2A_0 \cos\left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2}\right),$$

где $\frac{\omega_1 - \omega_2}{2}$ - частота пульсации амплитуды колебаний или частота биений; A_0 - амплитуда слагаемых колебаний. С изменением частоты биений амплитуда меняется от минимального

значения, когда $A = 0$ до максимального значения, когда $A = 2A_0$. Биения нередко можно слышать, например, при одновременном звучании двух соседних гудков электровазов и т.п.

ВАТТ (Вт) – единица мощности Международной системе единиц (СИ). Ватт – это мощность, при которой работа в 1 Дж совершается за время 1 с. Размерность ватта в СИ – L^2MT^{-3} .

ВЕКТОР – направленный отрезок прямой, характеризуемый величиной (длиной отрезка), направлением и точкой приложения. Обозначается \vec{A} или \overrightarrow{AB} . Графически изображается стрелкой, начало или конец которой совпадает с точкой приложения вектора. Над векторами выполняются математические операции сложения, вычитания, умножения и др.

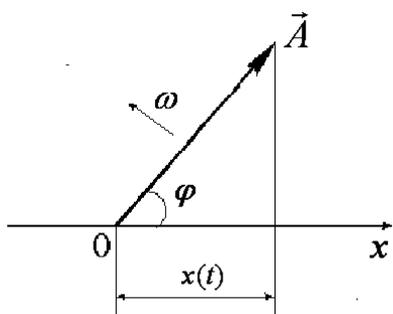
ВЕКТОР УМОВА – вектор, определяющий плотность потока энергии, которая передается при распространении упругой волны в виде энергии колебательного движения частиц среды:

$\vec{j} = \frac{1}{2} \rho A^2 \omega^2 \vec{v}$, где ρ - плотность среды; A и ω - амплитуда и циклическая частота волнового движения; \vec{v} - скорость волны.

ВЕКТОРНАЯ ВЕЛИЧИНА – физическая величина, характеризующаяся кроме численного значения направлением в про-

странстве. К векторным величинам относятся перемещение, скорость, сила и другие величины, которые складываются геометрически.

ВЕКТОРНАЯ ДИАГРАММА – графическое изображение соотношения между амплитудой и фазой гармонического колебания. Вектор, длина которого равна амплитуде A гармонического колебания $x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$ изображают на плоскости повернутым относительно некоторой опорной оси на угол, определяемый фазой колебания $\varphi = \omega t + \varphi_0$.

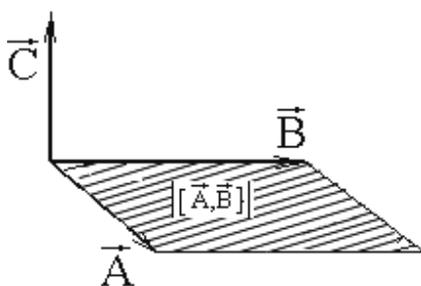


Проекция вектора на ось определяет смещение колеблющейся величины.

Процесс колебательного движения во времени отображается вращением вышеуказанного вектора против направления движения часовой стрелки с циклической частотой ω .

С помощью векторной диаграммы удобно сравнивать колебательные процессы, происходящие с одинаковой частотой ω . В этом случае взаимное расположение на плоскости векторов, характеризующих разные колебательные движения, с течением времени не меняется. Это позволяет сложение гармонически изменяющихся величин заменять сложением соответствующих им векторов. Наиболее часто такое представление используют в теории колебаний, акустике и электротехнике.

ВЕКТОРНОЕ ПРОИЗВЕДЕНИЕ ВЕКТОРОВ – вектор \vec{C} , направленный перпендикулярно к плоскости, в которой расположены перемножаемые вектора \vec{A} и \vec{B} , в сторону, откуда поворот через кратчайший угол вектора \vec{A} к вектору \vec{B} виден происходящим против движения часовой стрелки: $\vec{C} = \vec{A} \times \vec{B} = \boxed{[\vec{A}, \vec{B}]}$.

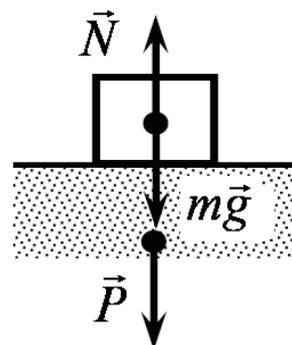


Величина вектора \vec{C} определяется произведением модулей перемножаемых векторов на синус угла между ними:

$C = AB \sin(\widehat{AB})$. Векторное произведение в физике определяет, например, момент силы, силу Лоренца.

ВЕРОЯТНОСТЬ – отношение числа случаев, благоприятствующих наступлению данного события, к общему числу возможных случаев. Вероятность достоверного события равна единице, а вероятность невозможного события – нулю.

ВЕС ТЕЛА – сила, с которой тело действует вследствие тяготения к Земле на опору (или подвес), удерживающую тело от свободного падения. Если тело и горизонтальная опора неподвижны или движутся равномерно и прямолинейно относительно Земли, то вес тела \vec{P} численно равен действующей на него силе тяжести $m\vec{g}$. Но отождествлять силу тяжести и вес нельзя, так как сила тяжести действует на тело и определяется законом всемирного тяготения, а вес обусловлен взаимодействием тела с опорой и приложен к ней.



ВИБРАЦИЯ – механические колебания упругих тел (деталей машин, конструкций и сооружений).

ВОЛНА, волновое движение – процесс распространения в пространстве колебаний какой-либо физической величины. Существуют волны различных видов, но во всех видах волнового движения имеется много общего. Кинематическим признаком волнового движения является распространение фазы колебаний, динамическим – перенос энергии. Скорость обоих процессов представляет собой скорость распространения волны (или фазы).

ВОЛНОВАЯ ПОВЕРХНОСТЬ, фронт волны – геометрическое место точек среды, колеблющихся в одинаковых фазах. В зависимости от формы волновой поверхности различают плоские, цилиндрические и сферические волны.

ВОЛНОВОЕ УРАВНЕНИЕ – дифференциальное уравнение в частных производных, описывающее распространение волны в однородной изотропной среде:

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \xi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \xi}{\partial z^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2},$$

где v – фазовая скорость волны; $\xi(x, y, z)$ – смещение точки среды с координатами x, y, z в момент времени t . Оно связывает ускорение колеблющейся точки среды со вторыми производными её смещения по координатам x, y, z , определяющими положение этой точки в среде. Вид решения волнового уравнения определяется начальными и граничными условиями.

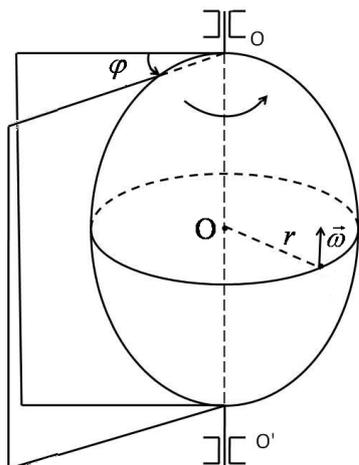
ВОЛНОВОЕ ЧИСЛО – характеристика синусоидальной волны, определяющая сколько длин волн λ укладывается на отрезке луча волны длиной 2π : $k = \frac{2\pi}{\lambda}$.

ВОЛНОВОЙ ВЕКТОР – вектор, равный по величине волновому числу и направленный вдоль луча волны в данной точке среды.

ВОЛНЫ упругие или механические – процесс распространения механических колебаний в упругой среде. Важной особенностью волнового движения является то, что колеблющиеся частицы не перемещаются вместе с волной. Они лишь колеблются около своих положений равновесия и передают свое движение другим частицам среды. Распространение волн связано с переносом энергии и с наблюдением явлений отражения, преломления, дифракции, интерференции волн и др.

ВРАЩАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ ТВЁРДОГО ТЕЛА вокруг неподвижной оси – движение твёрдого тела, при котором все точки тела движутся по круговым траекториям, центры которых расположены на одной прямой, а точки тела расположенные на этой прямой неподвижны. Неподвижные точки тела образуют ось вращения. При вращении твёрдого тела вокруг неподвижной оси пройденные точками тела пути S , линейные скорости v и ус-

корения a для разных его точек будут различны. Поэтому враща-



тельное движение принято характеризовать угловыми величинами, одинаковыми в данный момент времени для всех точек вращающегося тела: углом поворота φ , угловой скоростью ω и угловым ускорением ε . Угловые кинематические характеристики вращательного движения тела связаны с линейными кинематическими характеристиками его точек соотноше-

ниями: $\varphi = \frac{S}{r}$, $\omega = \frac{v}{r}$, $\varepsilon = \frac{a}{r}$, где r –

кратчайшее расстояние от оси вращения до рассматриваемой точки тела.

ВРЕМЯ – одно из основных понятий физики, при помощи которого описываются длительность и последовательность событий. Измерение времени осуществляется наблюдением какого-либо периодически повторяющегося процесса. Для этой цели служат специальные устройства - часы. В классической физике время не зависит от системы отсчёта. Поэтому одновременные события в одной инерциальной системе, будут такими же во всех инерциальных системах отсчёта. В специальной теории относительности устанавливается зависимость одновременности от выбора инерциальной системы отсчёта. Единица времени в СИ - секунда (с).

ВТОРАЯ КОСМИЧЕСКАЯ СКОРОСТЬ – минимальная скорость, которую надо сообщить телу у поверхности планеты, чтобы оно могло преодолеть силу притяжения к ней и удалиться на бесконечно большое от неё расстояние. Вторая космическая

скорость определяется выражением: $v = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$, где G – гравитационная постоянная; M – масса планеты; r – расстояние от цен-

тра планеты до тела. Для Земли вторая космическая скорость равна $11,19 \text{ км}\cdot\text{с}^{-1}$.

ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ – колебания, возникающие в колебательной системе при действии на неё внешней периодически изменяющейся силы $F = F_0 \sin \omega t$. Если действующая на колебательную систему сила сопротивления пропорциональна скорости движения системы, то дифференциальное уравнение вынужденных колебаний запишется в виде:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + 2\gamma \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = \frac{F_0}{m} \sin \omega t.$$

Решение дифференциального уравнения для установившихся вынужденных колебаний имеет вид: $x = A \sin(\omega t + \varphi_0)$, где x - смещение колеблющейся величины в момент времени t ;

$$A = \frac{F_0}{m \sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\gamma^2 \omega^2}}$$

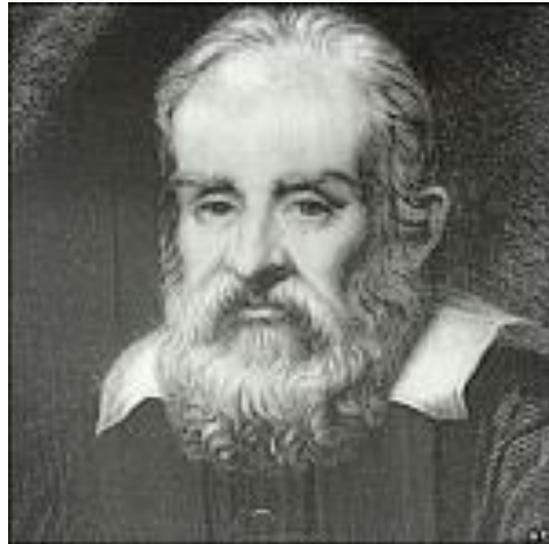
- амплитуда колебаний системы; F_0 - максимальное значение внешней силы; ω_0 - циклическая частота собственных колебаний системы; ω - циклическая частота колебаний внешней силы и установившихся колебаний системы; m - масса колебательной системы; φ_0 - сдвиг фазы смещения вынужденных колебаний относительно внешней силы; r - коэффициент сопротивления; $\gamma = \frac{r}{2m}$ - коэффициент затухания; t - время.

Амплитуда вынужденных колебаний зависит от частоты вынуждающей силы, что определяет явление резонанса.

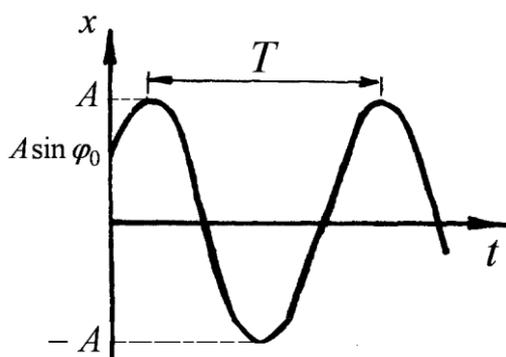
ВЫСОТА ЗВУКА – качество звука, определяемое человеком субъективно на слух и зависящее от частоты звука. Высота звука является одной из главных характеристик звучания музыкальных инструментов.

ГАЛИЛЕЙ Галилео (1564 – 1643) – итальянский физик и астроном. Оказал значительное влияние на развитие научной мысли. Именно от него берет начало физика как наука. Ему принадлежит ряд выдающихся открытий: принцип инерции и ди-

намика равномерного движения, принцип относительности в механике, кинематика равномерного движения, законы свободного падения тел, принцип сложения перемещений и объяснение движения тел, брошенных под углом к горизонту, теория качания маятников, исследования в акустике, объяснение природы теплоты, опытное определение веса воздуха, создание научной дисциплины «сопротивление материалов». Два установленных им принципа механики, принцип относительности для прямолинейного и равномерного движения и принцип постоянства ускорения силы тяжести, сыграли большую роль в развитии не только механики, но и всей физики. С помощью созданного им телескопа Галилей сделал ряд астрономических наблюдений - открыл горы на Луне, фазы Венеры, спутники Юпитера, пятна на поверхности Солнца и его собственное вращение, обнаружил много новых звезд. Астрономические открытия имели большое значение в развитии научного мировоззрения. Они убеждали в правильности учения о гелиоцентрической системе мира, о чём он писал в своем труде «Диалог о двух главнейших системах мира» (1632). Итоги его работы в области физики содержатся в труде «Беседы и математические доказательства, касающиеся двух новых отраслей науки» (1637). Цель науки Галилеем видел в отыскании причин явлений, а задачу учёного – в «изучении великой книги природы».



ГАРМОНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ – колебания, происходящие под действием квазиупругой силы. Смещение колеблющейся величины x при гармонических колебаниях от её положения равновесия происходит по гармоническому закону:



закону:

$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0) \text{ или}$$

$$x = A \cos(\omega t + \varphi_0),$$

где A – амплитуда колебаний;

$\omega t + \varphi_0$ - фаза колебания; φ_0 - фаза в момент времени $t = 0$, т.е. начальная фаза; ω - циклическая частота. Циклическая частота с периодом колебаний T связана соотношением $\omega = \frac{2\pi}{T}$. Она является частотой собственных колебаний колебательной системы, которая определяется массой системы m и коэффициентом квазиупругой силы k : $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$. Гармонические колебания являются наиболее важным видом колебательного движения, так как к ним может быть сведён большой класс колебательных движений.

ГАРМОНИЧЕСКИЙ ОСЦИЛЛЯТОР – система, колебания которой описываются законом синуса или косинуса. Характерным для гармонического осциллятора является: независимость частоты колебания от амплитуды; при действии на осциллятор возбуждающих сил он колеблется под действием силы, являющейся векторной суммой всех сил.

ГЕРЦ (Гц) – единица частоты периодических процессов в Международной системе единиц (СИ). 1 Гц - частота, при которой за время 1 с происходит один цикл периодического процесса. Размерность герца в СИ – T^{-1} .

ГИДРОСТАТИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ – давление p , возникающее в любой точке покоящейся жидкости (или газа) под влиянием силы тяжести и зависящее от глубины этой точки h под поверхностью жидкости и плотности жидкости ρ : $p = \rho g h$, где g - ускорение свободного падения. Под глубиной в жидкости понимается расстояние, измеренное от свободной поверхности жидкости внутрь её. Гидростатическое давление не зависит от формы сосуда с жидкостью. Во всех точках жидкости, лежащих в горизонтальной плоскости, давление одинаково и возрастает при переходе к точкам среды, расположенным ниже.

ГИРОСКОП – симметричное тело, быстро вращающееся вокруг одной из свободных осей. Основным свойством гироскопа, нашедшим применение в технике, является сохранение им

направление своей оси вращения неизменным в пространстве, если на него не действуют внешние силы. Устойчивость гироскопа тем больше, чем больше его момент инерции относительно оси вращения и угловая скорость вращения.

ГИСТОГРАММА – диаграмма, наглядно представляющая результаты измерения некоторой физической величины и показывающая, как часто экспериментально наблюдаются те или иные значения, в процессе многократных измерений одной и той же величины.

ГРАВИТАЦИОННАЯ ПОСТОЯННАЯ (G) – фундаментальная физическая постоянная, входящая в выражение закона всемирного тяготения и численно равная силе взаимного притяжения двух материальных точек массой 1 кг каждая, находящихся на расстоянии 1 м друг от друга: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$, (произносится: кубический метр на килограмм-секунду в квадрате).

ГРАВИТАЦИОННОЕ ПОЛЕ, поле тяготения – одно из физических полей, посредством которого осуществляется взаимное притяжение тел, обусловленное их массой. Характеризуется ускорением свободного падения и гравитационным потенциалом

$\varphi = -\frac{GM}{r}$, где G – гравитационная постоянная; M – масса тела,

создающего поле тяготения; r – расстояние от этого тела до рассматриваемой точки пространства. Если гравитационное поле создается несколькими телами, то его характеристики в любой точке пространства определяются согласно принципу суперпозиции. Гравитационное поле в любой точке пространства изменится, если тела его содержащие изменят своё положение в пространстве. Согласно общей теории относительности Эйнштейна – любое изменение характеристик поля тяготения распространяется в пространстве со скоростью света.

ГРАВИТАЦИЯ, гравитационное взаимодействие, тяготение – универсальное взаимодействие между любыми видами фи-

зической материи. Если это взаимодействие относительно слабое и тела движутся со скоростями много меньшими скорости света в вакууме, то справедлив закон всемирного тяготения Ньютона. В случае сильных полей и скоростей, сравнимых со скоростью света, необходимо пользоваться созданной А. Эйнштейном общей теорией относительности, являющейся обобщением ньютоновской теории тяготения на основе специальной теории относительности.

ГРАДИЕНТ – вектор, характеризующий изменение какой-либо величины по направлению ее наибольшего возрастания. В декартовой системе координат определяется выражением $grad A \equiv \nabla A = \vec{i} \frac{\partial A}{\partial x} + \vec{j} \frac{\partial A}{\partial y} + \vec{k} \frac{\partial A}{\partial z}$, где A – изменяющаяся величина; ∇ – оператор Гамильтона; $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ – единичные векторы (орты), определяющие направления осей x, y, z декартовой системы координат. Поскольку компонентами градиента являются производные, то градиент определяет направление наибо́льшего изменения функции в данной точке пространства.

ГРАММ (г) – дольная единица массы в Международной системе единиц (СИ), $1 \text{ г} = 10^{-3} \text{ кг}$.

ГРАФИК – изображение на плоскости рисунка связи между двумя величинами. Для построения графиков используют прямоугольную систему координат, в которой положение точки на плоскости определяется двумя числами – координатами x и y . По горизонтальной оси абсцисс откладывают независимую переменную величину (аргумент x), по вертикальной оси ординат – зависимую переменную величину (функцию y). Исходя из пределов, в которых изменяются значения функции и аргумента, выбирают масштабы по осям абсцисс и ординат. Масштабы по осям координат выбираются произвольно и независимо друг от друга. Изображение графика $y = f(x)$ используют для нахождения значения функции по заданному значению аргумента.

ГРОМКОСТЬ ЗВУКА, интенсивность восприятия – величина, характеризующая звуковое ощущение от данного звука и зависящее от его интенсивности, частоты и формы колебаний.

Уровень громкости звука L определяется выражением $L = \lg \frac{I}{I_0}$,

где I – интенсивность звука, I_0 – интенсивность звука на пороге слышимости, принимаемая равной 10^{-12} Вт/м². За единицу уровня громкости принят бел (Б). На практике пользуются дольной единицей – децибелом (дБ): 1 дБ = 0,1 Б.

ДАВЛЕНИЕ – физическая величина, равная отношению силы, действующей перпендикулярно поверхности, к площади этой поверхности. В СИ единица давления - паскаль (Па).

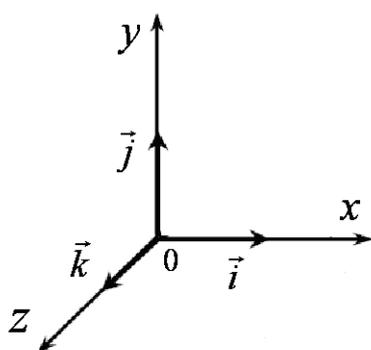
ДВИЖЕНИЕ – современная научная картина мира исходит из того, что материальные объекты находятся в состоянии движения, понимаемого как изменение. Принято выделять следующие физические формы движения: 1) механическое движение как изменение положения тел, частиц в пространстве с течением времени; 2) тепловое движение, к которому относятся все процессы, обусловленные хаотическим движением частиц вещества и их взаимодействием; 3) электромагнитная форма движения, к которой относятся все процессы, связанные с движением и взаимодействием заряженных частиц, процессы испускания и поглощения электромагнитных волн, процессы изменения свойств вещества под действием поля; 4) взаимопревращение элементарных частиц. Формы движения материальных объектов качественно своеобразны и несводимы одна к другой. Величиной, характеризующей движение и являющейся его мерой, является энергия, которая сохраняется во всех процессах, происходящих в природе.

ДВИЖЕНИЕ ЦЕНТРА МАСС – центр масс твёрдого тела или системы твёрдых тел движется как материальная точка с массой, равной массе твёрдого тела или системы тел, к которой приложена равнодействующая всех внешних сил. Например, снаряд, движущийся при пренебрежимо малом сопротивлении воз-

духа, описывает параболическую траекторию и если он взрывается, то центр масс осколков продолжает описывать параболу.

ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ – значение физической величины, найденное экспериментально и настолько приближающееся к её истинному значению, что может быть использовано вместо него. При многократных измерениях за действительное значение измеряемой величины принимается среднеарифметическое значение всех результатов отдельных измерений.

ДЕКАРТОВА СИСТЕМА КООРДИНАТ – прямоугольная система координат в пространстве, состоящая из трех взаимно перпендикулярных плоскостей OYZ , OZX и OXY . Эти плоскости называются координатными плоскостями, а прямые OX , OY , OZ , по которым они пересекаются, – координатными осями: OX – осью абсцисс; OY – осью ординат; OZ – осью аппликат. Точка 0 , в которой пересекаются все три координатные плоскости, называется началом координат. Направление осей в пространстве определяется единичными векторами \vec{i} , \vec{j} , \vec{k} .

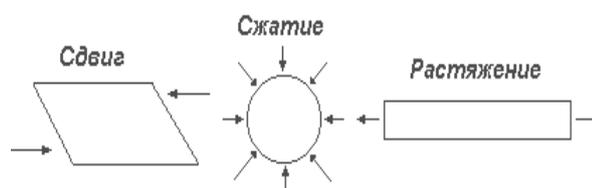


но перпендикулярных плоскостей OYZ , OZX и OXY . Эти плоскости называются координатными плоскостями, а прямые OX , OY , OZ , по которым они пересекаются, – координатными осями: OX – осью абсцисс; OY – осью ординат; OZ – осью аппликат. Точка 0 , в которой пересекаются все три координатные плоскости, называется началом координат. Направление осей в пространстве определяется единичными векторами \vec{i} , \vec{j} , \vec{k} .

направление осей в пространстве определяется единичными векторами \vec{i} , \vec{j} , \vec{k} .

ДЕКРЕМЕНТ ЗАТУХАНИЯ – величина, характеризующая быстроту затухания колебаний, равная отношению любых двух амплитуд, определённых через время равное периоду колебаний.

ДЕФОРМАЦИЯ – изменение формы и размеров тел под действием



внешних сил. Различают деформации всестороннего сжатия или растяжения, одностороннего сжатия или растяжения, деформации сдвига, изгиба и кручения. Все возможные виды деформаций твёрдого тела могут быть сведены к двум основным – растяжение (сжатие) и сдвиг.

ДЖОУЛЬ (Дж) – единица энергии, работы и количества теплоты в Международной системе единиц (СИ). Джоуль равен механической работе силы 1 Н, перемещающей тело на расстояние 1 м в направлении действия силы. Размерность джоуля в СИ - L^2MT^{-2} .

ДИВЕРГЕНЦИЯ – операция над вектором \vec{A} , которая позволяет определить пространственную неоднородность этой величины. Дивергенция определяется как сумма производных взятых по координатам x, y, z от одноименных проекций A_x, A_y, A_z вектора \vec{A} на координатные оси x, y, z соответственно:

$$\operatorname{div} \vec{A} \equiv \nabla \vec{A} = \frac{\partial A_x}{\partial x} + \frac{\partial A_y}{\partial y} + \frac{\partial A_z}{\partial z}.$$

В результате этого действия на вектор получается скалярная величина.

ДИНАМИКА – часть механики, которая изучает движение тел с учетом причин, вызывающих это движение. Различают динамику поступательного и вращательного движений твёрдого тела.

ДИНАМОМЕТР – прибор для измерения силы или момента силы. Состоит из упругой пружины и шкалы, проградуированной в единицах силы. Неизвестная сила определяется по деформации пружины, так как между упругой деформацией пружины и силой существует прямая пропорциональность, см. закон Гука.

ДИССИПАТИВНЫЕ СИСТЕМЫ – системы, механическая энергия которых постепенно уменьшается за счёт преобразования в другие (не механические) виды энергии. Этот процесс называется процессом диссипации (рассеяния) энергии.

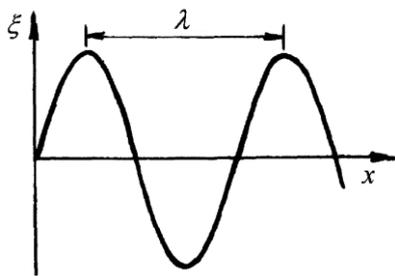
ДИФРАКЦИЯ ВОЛН – отклонение волн от прямолинейного распространения в однородной среде вблизи препятствий. Дифракцию объясняют, используя принцип Гюйгенса. Дифракция присуща всем волнам независимо от их природы. Дифракция происходит всегда, но её наблюдают только в том случае, когда размеры препятствия соизмеримы с длиной волны, падающей на

него. Когда размеры препятствий велики по сравнению с длиной волны, явление дифракции выражено так слабо, что можно определять распространение волны вдоль прямых линий. Если же размеры препятствий сравнимы с длиной волны, то прямолинейность распространения волн нарушается, волны огибают препятствие и заходят в область геометрической тени.

ДИФФЕРЕНЦИАЛ ФУНКЦИИ – величина dy , равная произведению производной y' функции $y = f(x)$ на дифференциал dx независимой переменной (который равен её приращению): $dy = y' dx$.

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ УРАВНЕНИЕ – уравнение, связывающее независимую переменную, искомую функцию и её производные различных порядков по независимой переменной. Наивысший порядок производной искомой функции в уравнении называется порядком дифференциального уравнения. Решением дифференциального уравнения является функция, при подстановке которой в это дифференциальное уравнение, оно превращается в тождество. Дифференциальные уравнения являются математическим аппаратом, с помощью которого изучаются процессы и явления, протекающие в природе.

ДЛИНА ВОЛНЫ – расстояние λ , на которое распространяется волна за время одного периода колебаний источника



волны или расстояние между частицами среды, колеблющимися с одинаковой фазой. Длина волны не зависит ни от координаты, ни от времени и связана со скоростью распространения волны v и периодом T соотношением $\lambda = v T$.

ДОБРОТНОСТЬ КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ – увеличенное в 2π раз отношение полной энергии W колебательной системы, к энергии W_p , рассеянной за период: $Q = 2\pi \frac{W}{W_p}$.

Добротность энергетически характеризует колебательную систе-

му - чем меньше энергии рассеивается, тем больше добротность системы. В идеальном случае (при отсутствии потерь) добротность системы бесконечно велика.

ДОВЕРИТЕЛЬНАЯ ВЕРОЯТНОСТЬ, надёжность – вероятность того, что истинное значение измеряемой величины находится в доверительном интервале. Измеряется в долях единицы или в процентах. Как правило, при оценке погрешности результатов измерений применяют надёжность равной 0,9 - 0,95.

ДОВЕРИТЕЛЬНЫЙ ИНТЕРВАЛ – интервал значений физической величины, в который по определению с заданной доверительной вероятностью попадает истинное значение измеряемой величины. Чем больше доверительный интервал, то есть чем больше задаваемая погрешность результата измерений, тем с большей надёжностью истинное значение определяемой величины попадает в этот интервал.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЕДИНИЦА физической величины – безразмерная внесистемная единица физической величины, не являющаяся ни основной, ни производной единицей. В Международной системе единиц (СИ) к дополнительным единицам относят радиан и стерadian.

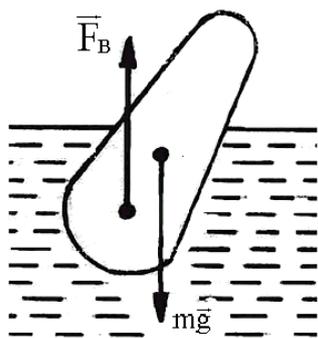
ЕДИНИЧНЫЙ ВЕКТОР – вектор, по своему направлению совпадающий с направлением данного вектора и имеющий численное значение (модуль) равное единице. Единичные векторы по направлению координатных осей прямоугольной декартовой системы координат x, y, z принято обозначать символами $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ соответственно. Единичные координатные векторы называют ортами или базисными векторами.

ЕДИНИЦА ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ – физическая величина, которой по определению присвоено числовое значение, равное единице. Значение единицы физической величины принимается за основание масштаба для сравнения с ним физических величин того же ряда.

ЖЁСТКОСТЬ – способность тела или конструкции сопротивляться образованию деформации. При выполнении закона Гука жёсткость характеризуется модулем упругости.

ЖИДКОЕ ТРЕНИЕ – трение, возникающее при движении твёрдого тела в жидкости или газе. Силы, препятствующие движению твердых тел в жидкостях или газах, называют силами внутреннего трения или силами сопротивления среды. Они, как и внешние силы трения, всегда направлены в сторону, противоположную направлению движения тела. При жидком трении отсутствует сила трения покоя. Поэтому как бы мала ни была внешняя сила, действующая на тело, она обязательно вызовет его движение, сообщив ему скорость. Сила внутреннего трения \vec{F} определяется для малых скоростей движения тела \vec{v} по закону $\vec{F} = -r\vec{v}$, где r - коэффициент пропорциональности, зависящий от свойств среды, размеров, формы тела и состояния его поверхности.

ЗАКОН АРХИМЕДА – закон утверждает, что на тело, погруженное в жидкость или газ, действует выталкивающая сила, направленная вертикально вверх, численно равная силе тяжести,



действующую на вытесненную телом жидкость (или газ), и приложенная в центре тяжести объёма V погруженной части тела:

$$F_B = \rho g V, \text{ где } \rho - \text{плотность жидкости (газа); } g - \text{ускорение свободного падения.}$$

Когда сила тяжести, действующая на тело, превышает выталкивающую силу, тело тонет. Если же выталкивающая сила превышает силу тяжести, то тело поднимается на поверхность жидкости. Когда сила тяжести равна выталкивающей силе, то тела находится в состоянии равновесия. В этом случае говорят о плавании тел.

ЗАКОН ВЗАИМОСВЯЗИ МАССЫ И ЭНЕРГИИ – закон релятивистской механики, устанавливающий связь между массой и энергией: $E = c^2 m$, где E - полная энергия тела или системы

тел; m - масса этой системы; c - скорость света в вакууме. Это уравнение было предложено А. Эйнштейном. Оно является подтверждением нерасторжимости материи и движения. Уравнение Эйнштейна показывает, что увеличение или уменьшение энергии - количества определенной формы движения материи, всегда происходит одновременно с увеличением или уменьшением массы - количества соответствующей формы материи.

ЗАКОН ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ – сформулированный Ньютоном закон, определяющий силу гравитационного взаимодействия материальных точек: сила F взаимного притяжения двух материальных точек прямо пропорциональна произведению масс взаимодействующих точек и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними – $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$, где m_1 и m_2 – массы взаимодействующих материальных точек; r – расстояние между материальными точками; G – гравитационная постоянная.

ЗАКОН ГУКА – закон, устанавливающий зависимость между механическими деформациями, возникающими в упругом теле, и вызываемыми ими напряжениями. Для продольного растяжения закон Гука формулируется следующим образом: при упругой деформации тела напряжение σ пропорционально относительной деформации ε : $\sigma = E\varepsilon$, где E - модуль Юнга. Часто под законом Гука понимают соотношение, устанавливающее величину упругой силы в зависимости от величины деформации.

ЗАКОН ИНЕРЦИИ – первый закон Ньютона.

ЗАКОН ПАСКАЛЯ – закон гидростатики, согласно которому внешнее давление, производимое на жидкость или газ, передаётся ими во все стороны равномерно, то есть давление в любом месте покоящейся жидкости (или газа) одинаково по всем направлениям. Это обусловлено подвижностью частиц жидкости и газа и, следовательно, отсутствием упругости формы. Жидкости и газы обладают только упругостью объёма.

ЗАКОН СЛОЖЕНИЯ СКОРОСТЕЙ классический – соотношение, устанавливающее скорость движения тела по отношению к системе отсчёта, которая сама движется относительно другой системы отсчёта, условно принятой за неподвижную: $\vec{v} = \vec{v}' + \vec{u}$, где \vec{v} - скорость тела в неподвижной системе отсчета (абсолютная скорость); \vec{v}' - скорость тела в подвижной системе отсчета (относительная скорость); \vec{u} - скорость движения подвижной системы отсчёта относительно неподвижной (переносная скорость).

ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА – полный импульс замкнутой механической системы с течением времени не изменяется. Полный импульс системы \vec{p} равен векторной сумме им-

пульсов тел \vec{p}_i , образующих систему: $\vec{p} = \sum_{i=1}^n \vec{p}_i = const$, где n –

число тел, образующих систему. При сохранении полного импульса замкнутой механической системы импульсы образующих её тел могут изменяться в результате действия внутренних сил.

ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ МАССЫ – один из фундаментальных законов природы, согласно которому при любых процессах, происходящих в замкнутой системе, масса этой системы не изменяется.

ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ МОМЕНТА ИМПУЛЬСА – полный момент импульса \vec{L} замкнутой механической системы

остаётся постоянным: $\vec{L} = \sum_{i=1}^n \vec{L}_i = const$, где \vec{L}_i - момент импульса

i -го тела системы.

ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ – полная механическая энергия замкнутой системы, в которой действуют только потенциальные силы, остаётся величиной постоянной. В системе может происходить изменение кинетической и потенциальной энергий, однако эти изменения происходят всегда так, что приращение одной из них в точности равно убыли

другой. Таким образом, $W = E_K + E_P = const$ где W , E_K и E_P – полная, кинетическая и потенциальная энергии системы.

ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ И ПРЕВРАЩЕНИЯ ЭНЕРГИИ – энергия не может ни исчезать, ни создаваться, из ничего, а может только превращаться из одного вида в другой, при соблюдении неизменных количественных соотношений. Этот закон не является следствием каких-либо других физических законов. Он сформулирован в результате обобщения опытных фактов, которые охватывают как явления космических масштабов, так и явления, происходящие в мире молекул, атомов и элементарных частиц. Факты, характеризующие механические, тепловые, электромагнитные, ядерные, химические, биологические процессы, не дают оснований сомневаться в справедливости закона сохранения и превращения энергии. Математически в наиболее общей форме этот закон можно записать в виде: $\Delta W + \Delta U = A + Q$, где ΔW – изменение механической энергии системы, равное сумме изменений кинетической и потенциальной энергии тел, входящих в рассматриваемую систему; ΔU – изменение внутренней энергии тел системы, A – работа внешних сил; Q – тепло, получаемое системой.

ЗАКОНЫ КЕПЛЕРА – законы движения планет вокруг Солнца под действием силы тяготения: все планеты Солнечной системы движутся по эллиптическим орбитам, в одном из фокусов которых находится Солнце; за равные промежутки времени радиус-вектор, определяющий положение планеты на траектории относительно Солнца, охватывает равные площади; квадраты периодов обращения планет вокруг Солнца относятся как кубы больших полуосей их орбит. Это приближенные законы, которые выполняются, если пренебречь силами взаимодействия между планетами и их массами по сравнению с массой Солнца.

ЗАКОН НЬЮТОНА – закон, определяющий действующую на тело силу сопротивления среды (жидкости, газа) при турбулентном обтекании тела: сила сопротивления \vec{F} пропорцио-

нальна квадрату скорости \vec{v} движения тела, т.е. $\vec{F} = -\beta v \vec{v}$, где β - коэффициент сопротивления, зависящий от формы и размеров тела, плотности и вязкости среда.

ЗАКОНЫ НЬЮТОНА – основные законы классической механики. Классическая механика изучает движения макроскопических тел (тел, состоящих из большого числа частиц), происходящие со скоростями малыми по сравнению со скоростью света. Законы Ньютона выполняются в инерциальных системах отсчёта.

Первый закон Ньютона. Тело (материальная точка) сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока действия других тел не выведут его из этого состояния.

Этот закон называют законом *инерции*, а прямолинейное равномерное движение тела в инерциальной системе отсчёта *движением по инерции*.

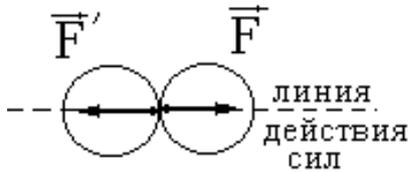
Действие тел друг на друга характеризуется силой.

Второй закон Ньютона. Ускорение, которое приобретает материальная точка (тело) массой m под действием силы \vec{F} , прямо пропорционально силе, обратно пропорционально массе и совпадает с силой по направлению: $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$.

Масса не зависит от действующей силы и определяет механическую реакцию тела на действие силы. Чем больше масса тела, тем большая сила требуется для одинакового изменения состояния его движения, то есть придания ему того же ускорения. Масса мера инертности тела.

Во втором законе под силой \vec{F} понимается равнодействующая действующих на тело сил. Поэтому, если силы на тело действуют, но их действие компенсируют друг друга, то равнодействующая равна нулю и, следовательно, ускорение тела равно нулю.

Третий закон Ньютона. Силы, которыми два тела (материальные точки) действуют друг на друга, равны по величине и направлены по одной прямой в противоположные стороны.



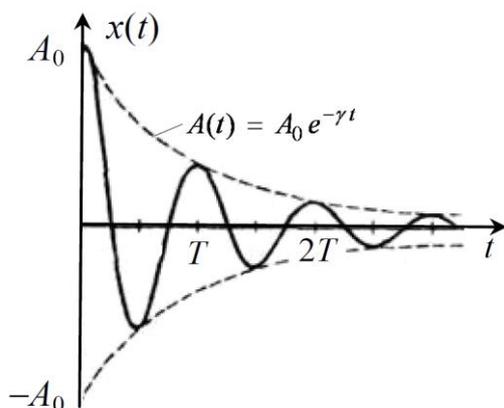
Этот закон дополняет второй закон, подчеркивая, что действие тел, приводящее к изменению состояния их движения, имеет характер взаимодействия.

Каждой действующей на тело силе \vec{F} соответствует противодействующая сила \vec{F}' , приложенная к другому телу: $\vec{F} = -\vec{F}'$. Силы \vec{F} и \vec{F}' не имеют равнодействующей, так как они приложены к разным телам.

ЗАКОН СТОКСА – закон определяет силу сопротивления, с которой вязкая среда (жидкость, газ) действует на движущееся в ней при ламинарном обтекании тела: $\vec{F} = -r\vec{v}$, здесь r – коэффициент сопротивления среды, зависящий от характерного размера тела l , вязкости среды η : $r = C\eta l$. Постоянная для данного тела величина C характеризует его форму. В частности, для сферы с характерным размером l – радиусом R постоянная $C = 6\pi$ и формула Стокса примет вид: $F = 6\pi\eta Rv$.

ЗАМКНУТАЯ (ИЗОЛИРОВАННАЯ) СИСТЕМА – система тел, на которые не действуют внешние силы.

ЗАТУХАЮЩИЕ КОЛЕБАНИЯ – колебания, амплитуда которых постепенно уменьшается в процессе колебаний.



Вследствие действия сил внутреннего трения, сопротивления воздуха и т.п., энергия W колебательной системы постепенно уменьшается. Поскольку $W \sim A^2$, то и амплитуда A постепенно уменьшается. Дифференциальное уравнение затухающих колебаний имеет вид:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + 2\gamma \frac{dx}{dt} + \omega_0 x = 0.$$

Решением дифференциального уравнения является функция: $x(t) = A_0 e^{-\gamma t} \sin \varphi$, где x - смещение в момент времени t ; A_0 - начальная амплитуда; e - основание натуральных логарифмов; $\gamma = \frac{r}{2m}$ - коэффициент затухания; r - коэффициент сопротивления; m - масса системы; $\varphi = \omega t + \varphi_0$ - фаза колебаний; $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2}$ - циклическая частота затухающих колебаний, ω_0 - собственная циклическая частота колебаний. Быстрота затухания колебаний характеризуется логарифмическим декрементом затухания.

ЗВУК, звуковые волны – продольные механические волны, распространяющиеся в упругой среде. Они испускаются источником звука - колеблющимся телом и распространяются в твёрдых телах, жидкостях и газах в виде колебаний давления (волн давления). Ухо человека воспринимает звук с частотой от 16 до 20000 Гц. Колебания более высокой частоты называются ультразвуком, более низкой - инфразвуком.

ИЗМЕРЕНИЕ – экспериментальное сравнение данной физической величины с другой однородной физической величиной, принятой за единицу измерения. Например, измерение длины тела состоит в сравнении длины тела с помощью измерительного прибора, например линейки, с установленной единицей длины – метром, сантиметром или другими однородными единицами.

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРИБОР – устройство, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем. Результаты измерений выдаются отсчетными устройствами приборов, которые могут быть шкальными, цифровыми и регистрирующими.

ИМПУЛЬС, количество движения – векторная мера движения равная произведению массы тела m на скорость \vec{v} его движения: $\vec{p} = m\vec{v}$. В СИ за единицу измерения импульса принимается импульс, которым обладает тело массой в 1 кг движущееся со скоростью $1 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. Единица импульса в СИ - килограмм-метр в секунду ($\text{кг}\cdot\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$).

ИМПУЛЬС СИЛЫ – векторная величина, равная произведению силы на время её действия. В СИ за единицу измерения импульса силы принимается импульс, возникающий в результате действия постоянной силы в 1 Н в течение 1 с. Единица импульса силы в СИ - ньютон-секунда ($\text{Н}\cdot\text{с}$).

ИНВАРИАНТНОСТЬ – неизменность какой-либо физической величины или закона природы при изменении или физических условий, или при некоторой совокупности преобразований. Например: законы механики инвариантны при переходе от одной инерциальной системы отсчёта к другой; скорость света в вакууме инвариантна, так как не зависит от движения источника и приёмника света.

ИНЕРТНОСТЬ – свойство различных тел приобретать разные ускорения при одинаковых воздействиях со стороны других тел. Инертность присуща различным телам в разной степени. Мерой инертности тела при поступательном движении является его масса, а при вращательном движении – момент инерции. Чем больше значение меры инертности, тем более инертно тело, то есть тем большая требуется сила для приобретения заданного ускорения.

ИНЕРЦИАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОТСЧЁТА – система отсчёта, в которой выполняется первый закон Ньютона, то есть в отсутствии действия сил тело (материальная точка) сохраняет свою скорость постоянной. В природе существует бесчисленное множество инерциальных систем отчёта, так как любая система отчёта покоящаяся или движущаяся равномерно и прямолинейно относительно инерциальной системы отчёта является инерциаль-

ной. Законы физики одинаковы во всех инерциальных системах отсчёта. Как показывает опыт, с большой степенью точности инерциальной системой является система отсчета, связанная с Солнцем, - начало координат находится в центре Солнца, а оси проведены в направлении далеких неподвижных звезд. Система отсчёта, связанная с Землёй, строго говоря, неинерциальная система отсчёта. Однако в большинстве практических задач эффекты, обусловленные неинерциальностью земной системы отсчёта, пренебрежимо малы. Поэтому систему отсчёта, связанную с Землёй, считают инерциальной.

ИНЕРЦИЯ – свойство тел сохранять свою скорость или состояние покоя при отсутствии внешних воздействий или когда эти воздействия скомпенсированы. Инерция свойственна всем материальным объектам в одинаковой степени.

ИНТЕГРАЛ неопределенный функции $f(x)$ – это функция $F(x)$, дифференциал которой равен подынтегральному выражению $f(x)dx$, и, следовательно, производная которой по переменной x равна подынтегральной функции $f(x)$: $\int f(x) dx = F(x) + C$. Здесь \int - знак интеграла, C – произвольная постоянная, значение которой при решении практических задач можно определить, задавая начальные условия.

ИНТЕНСИВНОСТЬ ЗВУКА, сила звука – физическая величина I , равная энергии E переносимой звуковой волной за время t через площадь S поверхности, расположенной перпендикулярно к направлению распространения волны: $I = \frac{E}{St}$.

ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ ВОЛН – наложение когерентных волн, приводящее к независящему от времени усилению колебаний частиц среды в одних местах и ослаблению (или полному гашению) в других местах среды. При интерференции: максимум колебаний (усиление) возникает в тех точках среды, для которых в разности хода волн Δ укладывается чётное число полудлин

волн $\left(\frac{\lambda}{2}\right) - \Delta = 2k\frac{\lambda}{2}$; минимум колебаний (ослабление) возникает в тех точках среды, для которых в разности хода волн Δ укладывается нечётное число полудлин волн - $\Delta = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}$. Здесь $k = 1, 2, 3, \dots$. В результате интерференции происходит перераспределение энергии, приносимой волнами из точек среды с меньшей амплитудой колебаний к точкам среды с большей амплитудой колебаний.

ИНФРАЗВУК – упругие колебания, распространяющиеся в среде в виде продольных волн, при частоте ниже 16 Гц. Как правило, инфразвук входит в состав различных шумов, как производственных, так и естественных, встречающихся в природе.

ИСТИННОЕ ЗНАЧЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ – значение физической величины, которое идеальным образом отражает в качественном и количественном отношении соответствующее свойство объекта.

КВАЗИУПРУГИЕ СИЛЫ – силы или равнодействующая сил не упругих по своей природе, но проявляющих ту же зависимость от смещения системы от положения равновесия, что и упругие силы. Они могут иметь самую разную физическую природу. Например, такой характер имеет равнодействующая сил, действующая на подвешенный на нити шарик (математический маятник) при малых углах его отклонения от положения равновесия. Силы такого же характера действуют на атомы кристаллической решётки твёрдых тел при низких температурах и т.д. Имея разную физическую природу, все эти силы схожи между собой тем, что вызывают колебательное движение, происходящее по гармоническому закону.

КИЛОГРАММ (кг) – единица массы в Международной системе единиц (СИ). Килограмм – одна из семи основных единиц СИ. Килограмм – масса, равная массе международного прототипа килограмма, который хранится в Международном бюро

мер и весов (гиря из платиноиридиевого сплава в форме цилиндра диаметром и высотой 39 мм).

КИНЕМАТИКА – раздел механики, который изучает движение тел без выяснения причин, вызывающих это движение.

КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ – один из видов механической энергии, связанной с движением тела или системы тел. Кинетическая энергия поступательно движущегося тела пропорциональна квадрату его скорости: $E_K = \frac{mv^2}{2}$, где m масса тела, v -

скорость тела. Если механическая система представляет собой совокупность n тел, движущихся поступательно, то кинетическая энергия системы равна сумме кинетических энергий всех тел:

$E_K = \sum_{i=1}^n \frac{m_i v_i^2}{2}$, где m_i и v_i - масса i -го тела и его скорость. При вращательном движении твердого тела вокруг неподвижной оси его кинетическая энергия $E_K = \frac{J \omega^2}{2}$, где J - момент инерции

тела относительно оси вращения; ω - угловая скорость тела. Величина кинетической энергии тела зависит от выбора системы отсчета. Единица кинетической энергии в СИ – джоуль.

КЛАСС ТОЧНОСТИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ – характеристика средства измерений, определяемая пределами допускаемых погрешностей. Класс точности указывается на циферблате прибора и позволяет оценить, в каких пределах находится погрешность средства измерения, и выбрать для измерений соответствующий прибор. Для определения класса точности большинства измерительных приборов используют приведенную погрешность. Никаким методом измерений невозможно получить точность измерения больше, чем точность используемого прибора. Для более точных измерений необходимо выбирать прибор более высокого класса точности.

КОГЕРЕНТНОСТЬ – согласованное протекание во времени нескольких колебательных или волновых процессов.

КОГЕРЕНТНОСТЬ – согласованное протекание во времени нескольких колебательных или волновых процессов.

КОГЕРЕНТНЫЕ ВОЛНЫ – волны, имеющие одинаковые частоты, постоянную во времени разность фаз и создающие в каждой точке среды колебания одинакового направления.

КОЛЕБАНИЯ, колебательное движение – физические процессы, многократно повторяющиеся во времени. У разнообразных по своей физической природе процессов при колебательном движении проявляются общие закономерности, которые математически описываются одинаковыми по виду уравнениями. При изучении колебательного движения определяют не состояние колеблющейся системы в данный момент времени, а параметры колебаний, определяющие повторяемость движения.

КОЛЕБАТЕЛЬНОЕ ПЕРИОДИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ – движение, в процессе которого значения изменяющихся физических величин повторяются через равные промежутки времени. Простейшим типом периодических колебаний являются гармонические колебания.

КОНВЕКЦИЯ – движение макроскопических объёмов жидкости, газа или сыпучего тела, которое может приводить к переносу тепла (конвективный теплообмен) или массы (конвективный массообмен) из одной области пространства в другую. Конвекция бывает вынужденная (вызванная действием насосов, вентиляторов и т.п.) и естественная. Различают два типа естественной конвекции – гравитационную и негравитационную. Конвекция гравитационного типа возникает из-за разной плотности, которой обладают различные области среды, либо вследствие её неравномерного нагревания (тепловая конвекция), либо вследствие неоднородного распределения примесей (концентрационная конвекция).

КОНСЕРВАТИВНАЯ СИСТЕМА, потенциальная система – механическая система, в которой действуют только потенциальные силы.

КОНСЕРВАТИВНАЯ СИЛА - см. потенциальная сила.

КООРДИНАТЫ – числа, определяющие положение точки в пространстве. В декартовой системе координат координаты точки представляют собой кратчайшие расстояния от этой точки до соответствующих координатных плоскостей, взятые с надлежащими знаками. Эти расстояния называются абсциссой (параллельно оси OX), ординатой (параллельно оси OY) и аппликатой (параллельно оси OZ).

КООРДИНАТА ТОЧКИ на числовой оси – расстояние от начала отсчета вдоль числовой оси до точки на ней. Если точка расположена на положительной полуоси, то координата берётся со знаком плюс, и со знаком минус, если она находится на отрицательной полуоси.

КОСВЕННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ – измерения, при которых искомая величина определяется по результатам прямых измерений других величин, связанных с искомой величиной известной функциональной зависимостью.

КОЭФФИЦИЕНТ ЗАТУХАНИЯ – величина, характеризующая скорость затухания колебаний. Коэффициент затухания зависит от свойств системы и среды, в которой происходит колебание. Он определяется выражением $\gamma = \frac{r}{2m}$, где r – коэффициент сопротивления среды; m – масса колеблющейся системы.

КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ – величина, показывающая, насколько эффективно используется энергия каким-либо техническим устройством для совершения работы. Коэффициент полезного действия (КПД) η равен отношению полезной работы A к полной (или, как иногда говорят, затраченной) работе A_{Π} : $\eta = \frac{A}{A_{\Pi}}$. КПД можно определить и как отношение мощностей: $\eta = \frac{N}{N_{\Pi}}$, где N – полезная мощность; N_{Π} – полная (подведенная) мощность. Вследствие неизбежных потерь КПД

всегда меньше единицы. Часто КПД выражают в процентах, то есть $\eta = \frac{A}{A_{\Pi}}100\%$ или $\eta = \frac{N}{N_{\Pi}}100\%$.

КОЭФФИЦИЕНТ СТЬЮДЕНТА – табулированная величина, учитывающая конечное число измерений и доверительную вероятность результата измерений. Применяют при определении полуширины доверительного интервала при обработке ограниченного числа результатов измерений по методу Стьюдента.

КРУГОВАЯ ЧАСТОТА – см. циклическая частота.

ЛАМИНАРНОЕ ТЕЧЕНИЕ – течение жидкости (или газа), при котором отсутствует перемешивание между соседними слоями жидкости. При увеличении скорости потока ламинарное течение переходит в турбулентное, что характеризуется числом Рейнольдса.

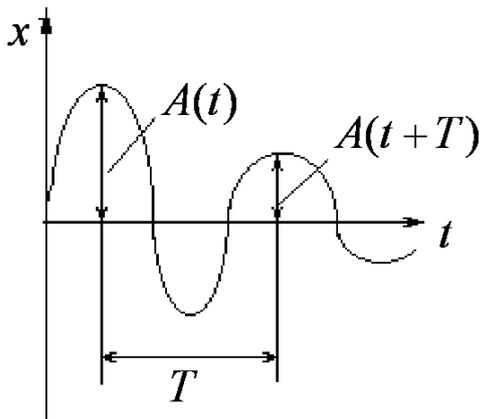
ЛИНЕЙКА МАСШТАБНАЯ, масштаб – прибор для непосредственного измерения длины. Величина наименьшего деления шкалы такой линейки называется ценой деления. Обычно цена деления линейки равна 1 мм. Если измерение длины производится с точностью до долей миллиметра, то используется вспомогательная шкала измерительного инструмента - нониус.

ЛИНИЯ ДЕЙСТВИЯ – прямая, вдоль которой направлен вектор силы. Если точку приложения силы в теле перемещать вдоль её линии действия, то действие силы на тело не изменится.

ЛИНИЯ ТОКА – воображаемая линия внутри потока жидкости (или газа), касательная к которой в каждой точке среды совпадает по направлению с вектором скорости. При установившемся (не изменяющемся с течением времени) течении линии тока совпадают с траекториями движения частиц жидкости (или газа).

ЛОГАРИФМИЧЕСКИЙ ДЕКРЕМЕНТ ЗАТУХАНИЯ – характеристика, определяющая скорость затухания колебаний, численно равная натуральному логарифму отношения двух последовательных значений амплитуд $A(t)$ и $A(t+T)$, отстоящих

друг от друга на время, равное периоду колебаний T :



$$\delta = \ln \frac{A(t)}{A(t+T)} = \gamma T, \text{ где } \gamma - \text{ко-}$$

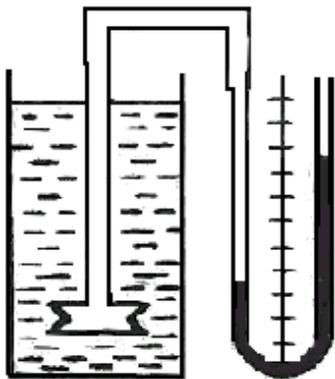
эффициент затухания. Логарифмический декремент затухания по величине равен обратному числу колебаний N , совершаемых за время, в течение которого амплитуда колебаний уменьшится в e раз:

$$\delta = \frac{1}{N}.$$

ЛОШАДИНАЯ СИЛА (л.с.) – внесистемная единица мощности равная 735,50 Вт.

ЛУЧ волны – направление распространения волны. Фронт волны перпендикулярен лучу.

МАНОМЕТР – прибор для измерения давления жидкостей, газов и паров. Простейший манометр - жидкостной манометр в виде U-образной стеклянной трубки частично заполненной жидкостью (водой, спиртом, ртутью),



разность уровней которой в коленах манометра определяет измеряемое давление. Один конец трубки манометра соединен с атмосферой, а другой с сосудом, давление газа в котором определяется. Если разность уровней жидкостей в коленах h , то давление газа в сосуде $p = p_0 + \rho g h$ где p_0 - атмо-

сферное давление; ρ - плотность жидкости в трубке манометра; g - ускорение свободного падения. Если измеряется давление жидкости, то один конец трубки соединяется с небольшой упругой камерой, помещаемой в то место в жидкости, где измеряется давление. Под действием гидростатического давления камера сжимается, давление воздуха в ней увеличивается и становится равным давлением в жидкости. В соответствии с законом Паскаля это

давление передается на жидкость в колене манометра, присоединенного к камере. Для измерения давления так же применяют манометры, которые имеют вид спиральных трубок или гофрированных камер из металла. Когда газ (или жидкость) поступает внутрь металлической трубки или камеры, они упруго деформируются и перемещают по градуированной в единицах давления шкале стрелку, соединенную с гибким корпусом манометра.

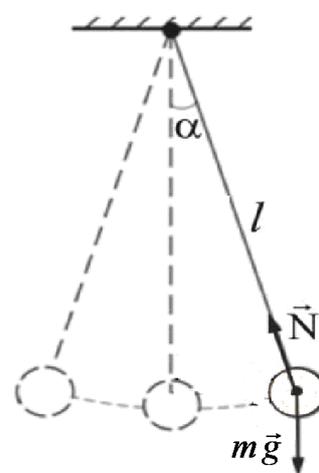
МАССА – физическая величина, являющаяся мерой инертности и мерой тяготения материальных объектов. Масса, входящая в уравнение второго закона Ньютона, называется инертной массой, а масса, входящая в выражение закона всемирного тяготения, - гравитационной массой. При соответствующем выборе гравитационной постоянной инертная и гравитационная массы каждого тела совпадают.

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ МАЯТНИК – модель колебательной системы, состоящая из материальной точки, подвешенная на невесомой и нерастяжимой нити. Движение маятника происходит под действием силы натяжения нити \vec{N} и силы тяжести $m\vec{g}$, равнодействующая которых является квазиупругой силой. Период колебаний математического маятника

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}, \text{ где } l - \text{длина нити маятника; } g -$$

ускорение свободного падения. Период не зависит от массы тела и при небольших углах отклонения ($\alpha < 8^\circ$) не зависит от амплитуды.

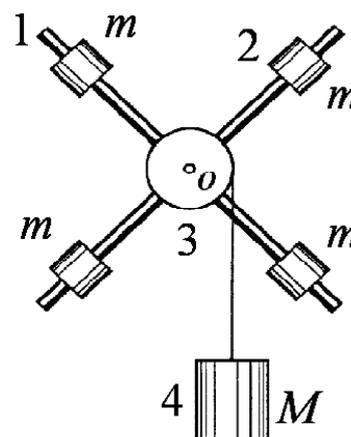
МАТЕРИАЛЬНАЯ ТОЧКА – модель тела, которое в данной задаче может рассматриваться как геометрическая точка, обладающая массой, равной массе тела. Тело можно принять за материальную точку, если все его части перемещаются практически одинаковым образом и расстояния, проходимые телом, велики по сравнению с его размерами. Например, изучая движение планет



по орбитам вокруг Солнца, мы можем принять их за материальные точки. Если характер движения частей тела различен, то за материальные точки принимаются элементы тела, на которые мысленно его разбивают с таким расчётом, чтобы размеры элементов были малы по сравнению с размерами тела.

МАТЕРИЯ – объективная реальность, существующая в двух неразрывно связанных между собой видах: в виде вещества и в виде поля. Всякое изменение материального объекта называется движением. Материя неотделима от движения, которое является способом её существования. Движущаяся материя существует в пространстве и времени.

МАЯТНИК ОБЕРБЕКА – прибор для выявления особенностей динамики вращательного движения твёрдого тела вокруг неподвижной оси вращения. Состоит из маховика в виде четырёх стержней 1, на которых закреплены грузы 2. Маховик приводится в движение грузом 4, прикрепленным к нити, второй конец которой намотан на шкив 3 маховика. Изменение массы груза 4 изменяет величину вращающего момента, действующего на маховик. Изменение положения грузов 2 на стержнях, изменяет момент инерции маховика относительно оси вращения. С помощью прибора проверяется выполнение основного уравнения вращательного движения твёрдого тела вокруг неподвижной оси вращения.



МЕЖДУНАРОДНАЯ СИСТЕМА ЕДИНИЦ (СИ) – единая универсальная система единиц физических величин для всех отраслей науки, техники и системы обучения, принятая и рекомендованная к практическому применению II Генеральной конференцией по мерам и весам (1960, Париж). В качестве основных единиц выбраны единицы физических величин, которые характеризуют наиболее существенные свойства и особенности механи-

ческих, тепловых, электромагнитных и оптических явлений. Это единицы: массы - килограмм (кг); длины - метр (м); времени - секунда (с); силы электрического тока - ампер (А); термодинамической температуры - кельвин (К); силы света - кандела (кд); количества вещества - моль (моль); две дополнительные - плоского угла – радиан (рад) и телесного угла – стерadian (ср). Из основных единиц можно получить производные единицы с помощью уравнений, выражающих физические законы и устанавливающих соотношение между различными физическими величинами.

МЕРА измерительная – средство измерений, воспроизводящее определенное значение или ряд значений физической величины. Различают меры однозначные (например, образцовая катушка сопротивления, гиря, нормальный элемент) и меры многозначные (например, набор гирь, магазин сопротивлений, магазин емкостей). Показателем меры как средства измерения является её номинальное значение.

МЕТОД СТОКСА – метод определения вязкости жидкости, основанный на измерении скорости падения в жидкости небольших тел сферической формы. Определение ведется, путем измерения скорости v падения шарика радиуса R в вертикальном цилиндре, наполненном исследуемой жидкостью. При падении шарика на него действуют три силы: сила тяжести $m\vec{g}$, выталкивающая сила (сила Архимеда) \vec{F}_A и сила сопротивления \vec{F}_C , определяемая законом Стокса. При установившемся движении шарика $mg = F_A + F_C$. Из этого уравнения определяют вязкость $\eta = \frac{2}{9} g R^2 \frac{\rho - \rho_0}{v}$, где ρ - плотность материала шарика; ρ_0 - плотность жидкости.

МЕТОД СТЬЮДЕНТА – метод оценки погрешности многократных прямых измерений x_1, x_2, \dots, x_n , с числом измерений $n \geq 2$, при котором за действительное значение измеряемой величины принимается среднее арифметическое значение

$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$, а за полуширину доверительного интервала

$\Delta = t_{np} \bar{S}_n$. Здесь t_{np} - коэффициент Стьюдента, определяемый по таблице коэффициентов для заданной доверительной вероят-

ности P и числа измерений n , а $\bar{S}_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_i^2}{n(n-1)}}$ - средняя квад-

ратичная погрешность среднего арифметического, $\Delta x_i = x_i - \bar{x}$ - абсолютная погрешность i -го измерения. Результат измерений представляют в виде: $x = (\bar{x} \pm \Delta)$ ед.измерения; P .

МЕТР (м) – единица длины, одна из семи основных единиц Международной системы единиц (СИ). Метр – длина пути, которую проходит свет в вакууме за интервал времени $1/299792458$ с.

МЕХАНИКА – наука о простейшей форме движения материи – механическом движении.

МЕХАНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА – совокупность тел, выделенных для рассмотрения в данной механической задаче. Тела, выделенные в систему, называются внутренними телами, а не вошедшие в неё – внешними телами. Силы, действующие между внутренними телами, называются внутренними силами, а силы, действующие на внутренние тела со стороны внешних тел, - внешними силами. Механическая система, на которую не действуют внешние силы, является замкнутой или изолированной системой.

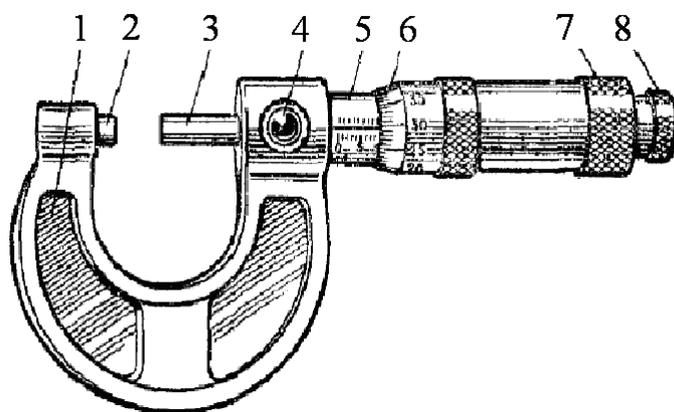
МЕХАНИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ – изменение положения тел или их частей друг относительно друга в пространстве с течением времени.

МЕХАНИЧЕСКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ – сила, действующая на единицу площади внутреннего сечения тела, возникающая при его деформации. Механическое напряжение характеризует распределение сил внутреннего напряжения в деформированном

теле. Силы внутреннего напряжения – по природе электромагнитные силы, возникающие внутри деформированного тела в каждом его сечении. В СИ напряжение измеряется в паскалях (Па).

МЕХАНИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ – энергия механического движения и взаимодействия тел механической системы или их частей. В СИ единица энергии – джоуль (Дж).

МИКРОМЕТР – прибор для измерения небольших длин (толщина проволок, пластин и т.п.) размерами до 25-30 мм, хотя



существуют такие же приборы, рассчитанные для измерения значительно больших длин, иногда до нескольких дециметров. Микрометр представляет собой массивную металлическую скобу

1, см. рис., в концах которой находятся друг против друга неподвижный упор 2 и микрометрический винт 3, концы которых, обращенные друг к другу, срезаны по плоскости, перпендикулярной их длине. Шаг винта, чаще всего, равен 0,5 миллиметра, а на барабане 6 нанесено 50 делений. Измеряемый предмет вводят между концами 2 и 3 и, вращая микрометрический винт, доводят их до соприкосновения с поверхностями измеряемого предмета. Винтом 4 фиксируют это положение. Показания прибора отсчитываются: полуцелое число миллиметров по линейной шкале 5, нанесённой на удлинённом конце гайки микрометрического винта, а доли миллиметра по делениям барабана 6. Главный источник ошибок - неравномерный нажим кончика винта 3 на поверхность измеряемого предмета. Для устранения этой ошибки микрометр снабжен фрикционной (т.е. основанной на трении) головкой 8, за которую и надо вращать винт. При измерениях необходимо проверить и установить нулевую точку шкалы прибора,

открутив и затем закрутив гайку 7. Точность микрометра обыкновенно составляет 0,01 мм.

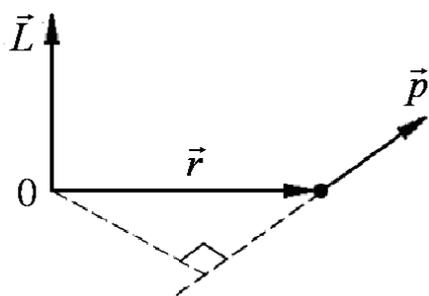
МИКРОМЕТРИЧЕСКИЙ ВИНТ – применяется в точных измерительных приборах (микрометр, микроскоп) и дает возможность измерения до сотых долей миллиметра. Представляет собой стержень, снабженный точной винтовой нарезкой. Высота подъема винтовой нарезки за один оборот называется шагом микрометрического винта, который точно известен и дается как постоянная прибора.

МИНУТА (мин) – внесистемная единица времени, равная 60 с.

МОДЕЛЬ физическая – объект, обладающий только наиболее важными для рассматриваемой физической задачи свойствами реального объекта или явления. Физическими моделями являются понятия материальная точка, математический маятник, идеальный газ, свободные электроны и т.д. Модели позволяют теоретически изучать реальные явления, используя для этого математический аппарат, создавать теории и формулировать физические законы.

МОДУЛЬ ЮНГА – модуль упругости для продольного сжатия или растяжения. Модуль Юнга численно равен механическому напряжению, которое возникает в материале при увеличении первоначальной длины тела в два раза. Практически кроме каучука ни один материал такого растяжения не выдерживает, он разрывается при значительно меньших напряжениях.

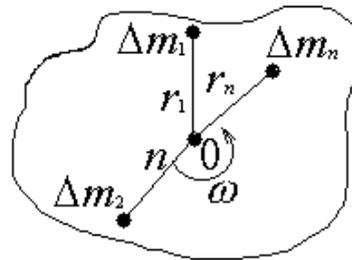
МОМЕНТ ИМПУЛЬСА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ (ЧАСТИЦЫ) ОТНОСИТЕЛЬНО ТОЧКИ – вектор \vec{L} , определяемый векторным произведением



радиус-вектора \vec{r} , определяющего положение материальной точки относительно некоторой точки, принятой за начало координат, на импульс \vec{p} материальной точки: $\vec{L} = [\vec{r}, \vec{p}]$.

МОМЕНТ ИМПУЛЬСА ТЕЛА – физическая величина \vec{L} , равная произведению момента инерции J тела на его угловую скорость $\vec{\omega}$. Момент импульса – векторная величина. Его направление совпадает с направлением вектора угловой скорости: $\vec{L} = J \vec{\omega}$. Единица момента импульса в СИ – килограмм-метр в квадрате на секунду ($\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$).

МОМЕНТ ИНЕРЦИИ – мера инертности твёрдого тела по отношению к вращательному движению. Момент инерции J материальной точки относительно оси вращения равен произведению массы материальной точки Δm на квадрат её расстояния от оси вращения r :



$J = \Delta m r^2$. Моментом инерции тела относительно некоторой оси называют сумму моментов инерции J_i (относительно той же оси) всех материальных точек, составляющих тело:

$J = \sum_{i=1}^n J_i = \sum_{i=1}^n \Delta m_i r_i^2$. Для тела с непрерывным

распределением массы следует воспользоваться интегральным

представлением $J = \int_0^m r^2 dm$. Момент инерции зависит от массы

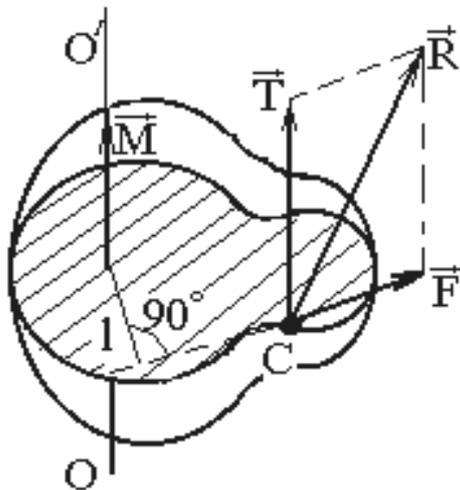
тела и от распределения массы относительно данной оси, то есть от формы и размеров тела. Единица момента инерции в СИ – килограмм-метр в квадрате ($\text{кг} \cdot \text{м}^2$).

МОМЕНТ СИЛЫ – величина характеризующая способность силы вызывать вращение тела и изменять его угловую скорость. Момент силы при вращательном движении тела аналогичен силе при его поступательном движении. Он зависит, как от величины силы, так и от точки её приложения в твёрдом теле. Результирующим моментом сил, действующих на механическую

систему, является вектор $\vec{M} = \sum_{i=1}^k \vec{M}_i$, где \vec{M}_i момент i -той силы;

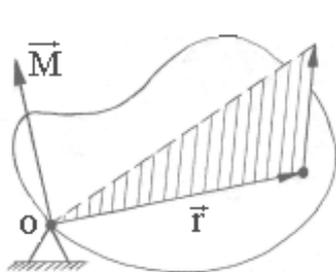
k – число действующих на систему сил. Момент силы называют также вращающим моментом.

МОМЕНТ СИЛЫ ОТНОСИТЕЛЬНО ОСИ – вектор \vec{M} , параллельный оси вращения OO' и численно равный произведе-



нию проекции \vec{F} силы \vec{R} , приложенной к телу, на плоскость, проходящую через точку приложения силы C перпендикулярно к оси вращения, на её плечо: $M = Fl$, где l – плечо силы \vec{F} . Составляющая \vec{T} силы \vec{R} , параллельная закрепленной оси, не вызывает вращения тела – она стремится сдвинуть тело вдоль оси. Весь вращающий эффект силы \vec{R} определяется её составляющей \vec{F} . Вектор \vec{M} считается направленным по оси вращения в сторону, определяемую правилом правого винта (буравчика): если вращать винт, ориентированного вдоль оси OO' , в направлении действия силы, то его поступательное движение укажет направление вектора \vec{M} . Единица момента силы в СИ – ньютон-метр (Н·м).

МОМЕНТ СИЛЫ ОТНОСИТЕЛЬНО ТОЧКИ – вектор \vec{M} , определяемый векторным произведением радиус-вектора \vec{r} , проведенным из некоторой точки O в точку приложения силы, на вектор этой силы \vec{F} : $\vec{M} = [\vec{r}, \vec{F}]$. Если точка O является какой либо точкой на оси вращения, то составляющая вектора \vec{M} на ось вращения определит момент силы относительно оси.



МЕТОД ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЯ – метод оценки величины погрешности косвенного измерения. Ошибка косвенного измерения находится через ошибки прямых измерений по правилу дифференцирования: максимальная абсолютная погрешность

Δy - результата косвенного измерения равна корню квадратному из суммы квадратов произведений всех частных производных $\frac{\partial f}{\partial x_i}$ функции $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, связывающей косвенно измеряемую величину y с результатами прямых измерений x_1, x_2, \dots, x_n , на абсолютную погрешность Δx_i соответствующего

прямого измерения, т.е. $\Delta y = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \Delta x_i \right)^2}$. Здесь n – число

прямых измерений, которые определяют косвенное измерение.

МОЩНОСТЬ – физическая величина, равная отношению выполненной работы ΔA к промежутку времени Δt , за который эта работа была выполнена: $N = \frac{\Delta A}{\Delta t}$. В СИ единица мощности - ватт (Вт).

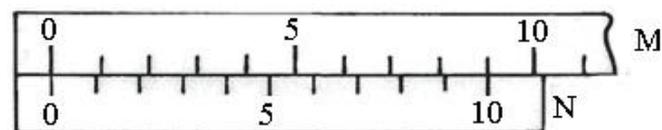
НЕВЕСОМОСТЬ – состояние, при котором в телах, свободно движущихся только под действием силы тяготения (свободное падение), исчезают деформации и взаимные давления. В состоянии невесомости отсутствует вес, то есть сила давления на опору или подвес. Гравитационные взаимодействия в невесомости сохраняются, они лишь не вызывают давление тела на опору, поскольку и тело и опора движутся с одинаковым ускорением. Это справедливо и в отношении космического корабля, который при вращении вокруг Земли движется с ускорением равным ускорению свободного падения, направленным к центру Земли.

НЕИНЕРЦИАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОТСЧЕТА – система отсчёта, относительно которой тело (материальная точка) в отсутствии воздействий других тел движется с ускорением, то есть не выполняется первый закон Ньютона. Неинерциальными будут все системы отсчёта, которые движутся с ускорением относительно какой-либо инерциальной системы отсчёта. Различают два вида неинерциальных систем отсчёта – системы, движущиеся относительно инерциальной системы поступательно с ускорением,

и системы, вращающиеся с угловой скоростью относительно некоторой оси вращения. Произвольное движение системы всегда можно представить в виде суммы двух указанных движений. Для описания движения тел в неинерциальной системе отсчёта с помощью уравнений классической динамики вводят силы инерции.

НЕРАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ, переменное движение – движение тела, при котором скорость тела изменяется с течением времени. Быстроту неравномерного движения характеризуют средней скоростью.

НОНИУС линейный – небольшая линейка N, которая может перемещаться вдоль шкалы основной масштабной линейки M для повышения точности измерения длины. На нониусе нанесено некоторое число делений n . Цена деления нониуса l_H находится в определенном отношении к цене деления масштаба l_M . Обычно общая длина всех n делений нониуса равна длине $n - 1$ делений масштаба, т.е. $l_H n = l_M(n - 1)$. В таком случае формула



сено некоторое число делений n . Цена деления нониуса l_H находится в

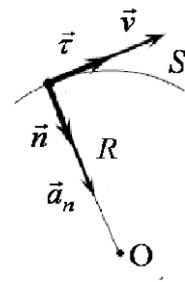
определенном отношении к цене деления масштаба l_M . Обычно общая длина всех n делений нониуса равна длине $n - 1$ делений масштаба, т.е. $l_H n = l_M(n - 1)$. В таком случае формула

$l_H - l_M = \frac{l_M}{n}$ определяет точность нониуса, которая характеризуется ценой деления масштаба и числом делений нониуса. Точность нониуса часто бывает равна 0,01 мм - в этом случае $l_M = 1$ мм, $n = 10$. При определении длины с помощью линейки с нониусом измеряемая длина l равна содержащемуся, в ней целому числу делений масштаба K_M , сложенному с точностью нониуса, умноженной на номер K_H его деления, совпадающего с одним из делений шкалы масштабной линейки, т.е.

$$l = K_M l_M + K_H \frac{l_M}{n}.$$

НОРМАЛЬНОЕ УСКОРЕНИЕ, центростремительное ускорение – ускорение, характеризующее быстроту изменения направления скорости тела при криволинейном движении. Числен-

но нормальное ускорение равно $a_n = \frac{v^2}{R}$, где v - линейная скорость движения тела; R - радиус кривизны траектории в рассматриваемой её точке. Вектор нормального ускорения направлен перпендикулярно вектору линейной скорости \vec{v} тела в сторону центра кривизны траектории.



НЬЮТОН (Н) – единица силы в Международной системе единиц (СИ). Ньютон равен силе, придающей телу массой 1 кг ускорение $1 \text{ м}\cdot\text{с}^{-2}$ в направлении действия силы. Размерность ньютона в СИ – LMT^{-2} .

НЬЮТОН Исаак (1643 – 1727) – выдающийся английский физик и математик, основатель классической физики, заложивший основы современного естествознания. Работы относятся к механике, оптике, астрономии, математике. Он сформулировал



основные законы механики, открыл законы разложения белого света и выдвинул корпускулярно-волновую теорию света, сконструировал один из первых термометров, впервые построил зеркальный телескоп – рефлектор, при помощи которого можно было наблюдать спутник Юпитера. Важнейшим научным достижением И. Ньютона было создание теории движения планет и связанное с этим открытие закона всемирного тяготения, положенного в основу физического обоснования гелиоцентрической системы.

Обобщив результаты исследований своих предшественников в области механики и свои собственные, создал огромный труд «Математические начала натуральной философии» (1687). Выход в свет «Начал» открыл новый период в истории физики, так как в них впервые содержалась законченная система механики, законы которой управляют множеством процессов в природе.

Ньютоновская теория пространства и времени, сформулированная в «Началах», господствовала до XX века, когда появилась теория относительности. И. Ньютон разработал математические основы физики – дифференциальное и интегральное исчисления. Творчество И. Ньютона является переломным моментом в развитии научных знаний, вершиной достижений человеческой мысли.

ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ – релятивистская физическая теория, объясняющая свойства тяготения и пространства-времени. А. Эйнштейн создал в 1917 году теорию, положив в её основу принцип относительности и принцип эквивалентности. В общей теории относительности принцип эквивалентности формулируется с помощью математических уравнений, решение которых показывает, что любая масса действует на пространство вокруг себя. В результате этого действия на пространство тела будут двигаться по траекториям, искривленным в сторону массы, причем кривизна траекторий зависит от величины массы. При этом ускорение движущихся тел, как следует из теории, является свойством пространства, которым и объясняется явление гравитации. Следствия общей теории относительности об увеличении длины волны при излучении света массивными телами, а также об искривлении луча света при прохождении мимо массивного тела подтверждаются экспериментальными наблюдениями.

ОПЫТ МАЙКЕЛЬСОНА–МОРЛИ – опыт по определению скорости света при его распространении в направлении скорости орбитального движения Земли и в перпендикулярном к этой скорости направлении. Результаты опыта показали, что скорость света не зависит от состояния движения системы, в которой производится измерение, что противоречит классическому закону сложения скоростей. Экспериментально обнаруженная инвариантность скорости света была положена в основу специальной теории относительности.

ОСНОВНОЙ ЗАКОН ДИНАМИКИ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ – равнодействующий момент внешних сил \vec{M} ,

приложенных к телу относительно оси вращения, равен произведению момента инерции тела J относительно этой оси на его угловое ускорение ε : $\vec{M} = J \vec{\varepsilon}$.

ОСЦИЛЛЯТОР – колеблющаяся система любой природы. Общими признаками колебательных систем является наличие у них положения устойчивого равновесия, инертности и возвращающей силы, стремящейся вернуть систему в положение равновесия при выходе из него. Если изменение состояния осциллятора подчиняется гармоническому закону, то он называется гармоническим осциллятором.

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ – отношение абсолютной погрешности измерения к действительному значению измеряемой величины, принимаемому за истинное значение. Относительную погрешность выражают в процентах или долях измеряемой величины.

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ДЕФОРМАЦИЯ – величина, равная отношению изменения размера тела ΔL к его первоначальному размеру L : $\varepsilon = \Delta L/L$.

ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ – движение материальной точки или тела по отношению к подвижной системе отсчета, которую также называют относительной системой отсчета.

ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ МЕХАНИЧЕСКОГО ДВИЖЕНИЯ – движение тел можно определить только после выбора и по отношению к телу отсчёта. Движение тел происходит в пространстве и времени. Определить положение тела и его перемещение в пространстве можно только по отношению к какому-то другому конкретно выбранному телу. В этом заключается свойство природы, состоящее в том, что любое движение относительно. Тело отсчёта и другие движущиеся тела равноправны, то есть каждое из них можно считать или телом отсчёта, или движущимся телом. Тело, находящееся в состоянии покоя относительно одних тел, движется по отношению к другим телам. Механическое движение и покой относительны и не относительными быть не

могут. Поэтому описание движения возможно только при выборе системы отсчёта.

ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ ОДНОВРЕМЕННОСТИ – два события одновременные в одной инерциальной системе отсчёта оказываются неодновременными в любой другой инерциальной системе отсчёта. Это следует из преобразований Лоренца. Если в системе К события в точках пространстве с координатами x_1 и x_2 происходят в момент времени t одновременно, то в системе отсчёта K' , движущейся вдоль оси x относительно системы отсчёта К со скоростью v , они произойдут в моменты времени

$$t'_1 = \frac{t - \frac{v}{c^2}x_1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \text{ и } t'_2 = \frac{t - \frac{v}{c^2}x_2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}. \text{ Так как } x_1 \neq x_2, \text{ то } t'_1 \neq t'_2.$$

Сделанный вывод противоречит обычной практике, но это кажущееся противоречие связано с малыми скоростями окружающих нас процессов по сравнению со скоростью света. Однако он присущ частицам, скорости которых близки к скорости света.

ОТРАЖЕНИЕ ВОЛН – возвращение волны при её падении на поверхность раздела двух физически разнородных сред обратно в первую среду.

ПАРАДОКС БЛИЗНЕЦОВ – противоречие, возникающее в результате выводов специальной теории относительности о равноправии всех инерциальных систем отсчёта и о замедлении времени (длительности какого-либо процесса) в движущейся системе отсчёта по сравнению с длительностью того же процесса в покоящейся системе отсчёта. Парадокс рассматривает двух близнецов, один из которых находится на Земле (неподвижная система отсчёта), а другой движется с близкой к скорости света скоростью в ракете (подвижная система отсчёта). В результате замедления времени и, соответственно, всех физических процессов в ракете близнец в ней стареет медленнее по сравнению с близнецом на Земле. Когда ракета вернется на Землю, у близнецов будет

разный возраст. Однако, если все инерциальные системы равноправны, то почему не окажется старше близнец в ракете, которую можно рассматривать как неподвижную систему отсчета относительно которой движется Земля? Тогда к моменту возвращения ракеты на Землю старшим должен быть близнец в ракете, а не близнец на Земле. Поэтому парадокс состоит в двух одинаково возможных, но противоположных результатах. Однако парадокс исчезнет, если учесть, что выводы специальной теории относительности справедливы для инерциальных систем отсчета, а близнец в ракете для приближения скорости движения ракеты к скорости света и затем, наоборот, при возвращении на Землю, двигался ускоренно - находился в неинерциальной системе отсчета. Значит, близнецы находились в неодинаковых условиях и их нельзя поменять местами, что исключает противоречие.

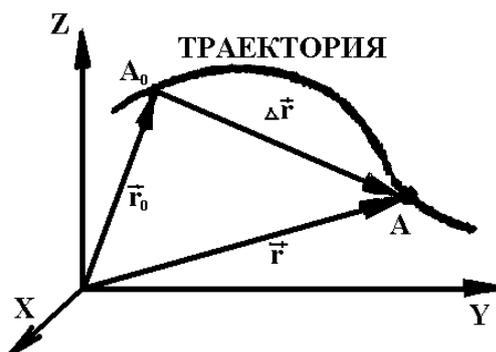
ПАРА СИЛ – приложенные к телу две силы, равные по величине и направленные по параллельным линиям действия в противоположные стороны. Пара сил не имеет равнодействующей и, следовательно, не может привести тело в поступательное движение. Под действием пары сил тело совершает только вращательное движение. Момент пары сил относительно любой точки равен произведению величины любой из сил F на кратчайшее расстояние l между линиями действия сил пары $M = F l$. Вектор момента пары сил \vec{M} направлен перпендикулярно к плоскости расположения сил пары в сторону, определяемую правилом правого винта (буравчика).

ПАСКАЛЬ (Па) – единица давления в Международной системе единиц (СИ). Паскаль - давление, которое вызывается силой в 1 Н, равномерно распределенной по нормальной к ней поверхности площадью 1 м^2 . Размерность паскаля в СИ – $L^{-1}MT^{-2}$.

ПЕРВАЯ КОСМИЧЕСКАЯ СКОРОСТЬ – минимальная скорость, которую необходимо сообщить телу на поверхности планеты для выхода на орбиту искусственного спутника. Соответствующая орбита спутника является окружностью с радиусом,

близким к радиусу планеты, а плоскость орбиты проходит через её центр. Первая космическая скорость для Земли равна $7,91 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}$.

ПЕРЕМЕЩЕНИЕ – вектор $\Delta \vec{r} = \vec{r} - \vec{r}_0$, проведённый из начального положения движущейся точки на траектории в её положение в данный момент времени. При движении точки абсо-



лютное значение вектора перемещения $|\Delta \vec{r}|$ не совпадает с пройденным путём S . Различие это будет тем меньше, чем меньше $\Delta \vec{r}$. В пределе для бесконечно малого

промежутка времени $\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta S}{|\Delta \vec{r}|} = 1$.

При прямолинейном движении вектор перемещения совпадает с соответствующим участком траектории.

ПЕРИОД КОЛЕБАНИЯ – наименьший промежуток времени, по истечении которого повторяются значения физических величин, изменяющихся при колебательном движении. С частотой колебаний ν период T связан соотношением $T = \frac{1}{\nu}$. В СИ единица периода - секунда (с).

ПЛАСТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ – деформация, которая полностью не исчезает после прекращения действия внешних сил на тело.

ПЛЕЧО СИЛЫ – длина перпендикуляра опущенного из точки, относительно которой определяется момент силы, на линию действия силы. Если момент силы определяется относительно оси вращения, то сила, плечо которой определяется, должна быть расположена в перпендикулярной к оси вращения плоскости.

ПЛОСКАЯ ВОЛНА – волна, волновая поверхность (фронт волны) которой представляет собой плоскость. Волновое уравнение плоской волны, распространяющейся в направлении

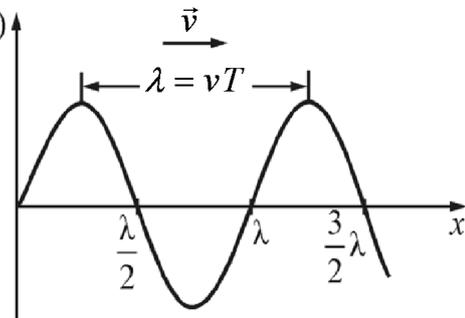
оси x со скоростью v , имеет вид: $\frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} = \frac{1}{v} \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2}$. Решение этого

уравнения является уравнением

плоской бегущей волны - $\xi(x,t)$

$$\xi = A \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) + \varphi_0 \right],$$

где A и λ – амплитуда и длина волны, T и φ_0 – период и начальная фаза колебаний, ξ –



смещение от положения равновесия точки среды, находящейся на расстоянии x от источника волны, в момент времени t .

ПОГРЕШНОСТЬ (ОШИБКА) РЕЗУЛЬТАТА ИЗМЕРЕНИЯ – отклонение результата измерения x физической величины от её истинного значения $x_{\text{ист}}$: $\Delta x = x - x_{\text{ист}}$. Погрешность измерения возникает вследствие многих факторов, сопутствующих измерению и практически неустранимых. Например, ошибочностью показаний приборов, несовершенством органов чувств наблюдателя, неполнотой знаний о наблюдаемых явлениях, не учтёнными внешними воздействиями и т.п.

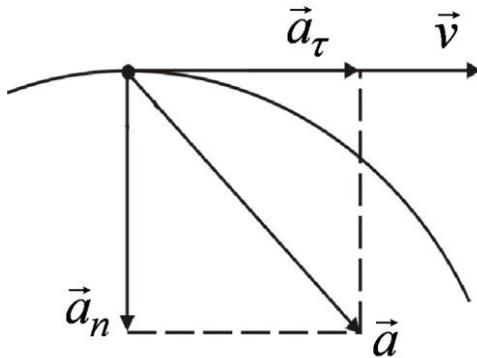
ПОЛЕ – форма материи, связывающая частицы вещества в единое целое и проявляющаяся по силовому действию на тела. Оно определяет взаимодействие между удалёнными друг от друга телами. Например, гравитационное притяжение планет, электромагнитное взаимодействие заряженных тел и др.

ПОЛНАЯ МЕХАНИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ – сумма кинетической и потенциальной энергий тел, составляющих механическую систему.

ПОЛНОЕ КОЛЕБАНИЕ – один законченный цикл колебательного движения, после которого оно повторяется в том же порядке.

ПОЛНОЕ УСКОРЕНИЕ – ускорение тела (материальной точки), характеризующее быстроту изменения скорости \vec{v} по

величине и направлению: $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$.

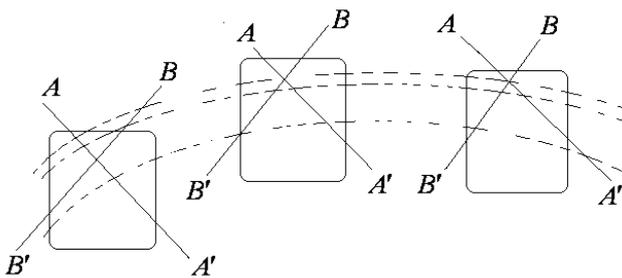


Его принято разделять на тангенциальное ускорение \vec{a}_τ , определяющее изменение скорости по величине, и нормальное ускорение \vec{a}_n , определяющее изменение скорости по направлению, то есть $\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$. Составляющие полного ускорения \vec{a}_τ и \vec{a}_n взаимно перпендикулярны.

ПОЛНЫЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛ – дифференциал dy функции $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ нескольких переменных x_1, x_2, \dots, x_n , равный сумме произведений всех частных производных функции $\frac{\partial f}{\partial x_i}$ на дифференциалы dx_i соответствующих независимых переменных ($i = 1, 2, \dots, n$):

$$dy = \frac{\partial f}{\partial x_1} dx_1 + \frac{\partial f}{\partial x_2} dx_2 + \dots + \frac{\partial f}{\partial x_n} dx_n.$$

ПОСТУПАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ – движение тела, при котором все точки тела проходят одинаковые расстояния и движутся по одинаковым траекториям.



Любая прямая, например, на рис. прямые AA' и BB' , соединяющая какие-либо две точки тела, остается параллельной самой себе при поступательном движении этого тела.

Поступательно движутся поршни в цилиндрах различных машин, резцы токарных станков и т.д.

ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ КРИВАЯ – линия на графике зависимости потенциальной энергии взаимодействия двух тел от расстояния между ними.

ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ФУНКЦИЯ – скалярная функция Π , определяющая в каждой точке пространства действующую на тело (материальную точку) силу \vec{F} с помощью соотношения
$$\vec{F} = -\left(\vec{i} \frac{\partial \Pi}{\partial x} + \vec{j} \frac{\partial \Pi}{\partial y} + \vec{k} \frac{\partial \Pi}{\partial z} \right),$$
 где $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ – единичные орты декартовой системы координат. Если потенциальная функция не зависит от времени, то она является потенциальной энергией тела в силовом поле (поле тяготения, электростатическом поле).

ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ – один из видов механической энергии, характеризующей взаимное расположение тел механической системы, между которыми действуют потенциальные силы. Она равна работе всех действующих на систему потенциальных сил при переходе системы из рассматриваемого положения в положение, соответствующее нулевому значению потенциальной энергии. Таким образом, потенциальная энергия взаимодействия определяется с точностью до произвольной постоянной. Но это не имеет никакого значения, так как в физические соотношения входит разность значений потенциальной энергии механической системы в двух разных положениях. Единица потенциальной энергии в СИ – джоуль.

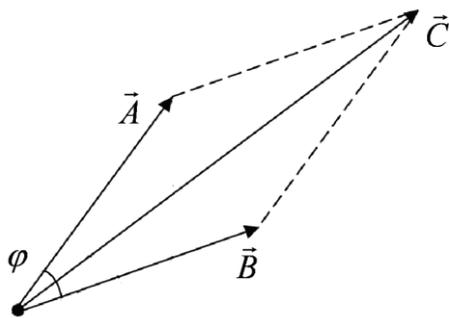
ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЯМА – область пространства, в которой потенциальная энергия частицы меньше, чем вне этой области. В классической физике частица остается в потенциальной яме до тех пор, пока её полная энергия будет меньше потенциальной энергии частицы на краю потенциальной ямы. Так, например, для того, чтобы тело на поверхности Земли смогло преодолеть потенциальное поле притяжения Земли и покинуть её, телу необходимо сообщить скорость, равную второй космической скорости.

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ СИЛЫ, консервативные силы – силы взаимодействия между телами, работа которых не зависит от формы траектории, а определяется только начальным и конечным положением тел в пространстве. Работа потенциальных сил вдоль

произвольной замкнутой траектории всегда равна нулю. К потенциальным силам, относятся упругие силы, силы тяготения, силы электростатического взаимодействия. Тела, между которыми действуют потенциальные силы, обладают потенциальной энергией.

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ БАРЬЕР – область пространства, ограниченная высокой потенциальной энергией частицы в силовом поле, по обе стороны которой потенциальная энергия резко уменьшается. В классической физике потенциальный барьер ограничивает движение частицы, полная энергия которой меньше ее потенциальной в рассматриваемой области. Законы квантовой механики позволяют частице пройти через потенциальный барьер. Это явление наблюдается в микромире и называется туннельным эффектом.

ПРАВИЛО ПАРАЛЛЕЛОГРАММА – правило, с помощью которого определяется сумма двух векторов. Оно утверждает:



сумма двух векторов, приложенных в одной точке, направлена по диагонали параллелограмма, построенного на этих векторах, и численно равна длине диагонали. Длина диагонали параллелограмма C , построенного на векторах \vec{A} и \vec{B} , где φ - угол

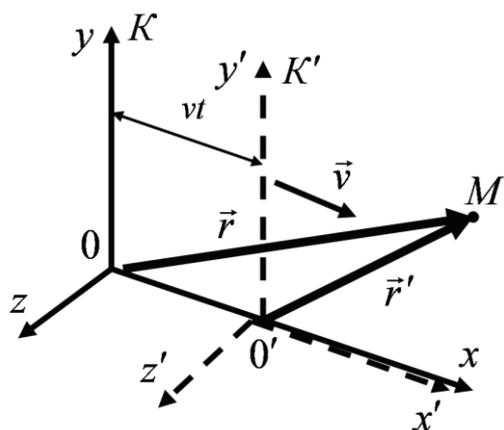
между этими векторами, определяется выражением:

$$C = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB \cos \varphi} .$$

ПРАВИЛО ПРАВОГО ВИНТА (буравчика) – правило, устанавливающее направление вектора какой-либо физической величины по направлению поступательного движения вращающегося винта: если смотреть на вращение правого винта с конца определяемого вектора, то оно будет совершаться против движения часовой стрелки. Определяемый по этому правилу вектор является псевдовектором, так как он не имеет точки приложения. Чаще всего его совмещают с осью вращения. Таким образом, оп-

ределяется направление векторов углового перемещения, угловой скорости, момента силы, индукции магнитного поля и т.п.

ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ГАЛИЛЕЯ – формулы, которые связывают движение материальной точки (тела) в двух инерци-



альных системах от счета, движущихся одна относительно другой со скоростью значительно меньшей скорости света. При движении систем K и K' вдоль направления осей абсцисс они имеют вид: $t' = t$; $x' = x - vt$; $y' = y$; $z' = z$. Здесь x, y, z – координаты тела относительно системы K , x', y', z' –

координаты тела относительно системы K' , t – время, измеренное в системе K , t' – время, измеренное в системе K' , \vec{v} – скорость, с которой система K' движется относительно системы K в направлении оси x .

ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЛОРЕНЦА – соотношения между координатами и моментами времени какого-либо события, рассматриваемого в двух различных инерциальных системах отсчета K и K' , движущихся одна относительно другой с любыми возможными скоростями. Если система K' движется относительно системы K с постоянной скоростью v , направленной вдоль оси x и в начальный момент времени начала координат систем K и K' совпадали, то преобразования Лоренца имеют вид:

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, \quad y' = y, \quad z' = z, \quad t' = \frac{t - xv/c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, \quad \text{где } c \text{ – скорость света в вакууме.}$$

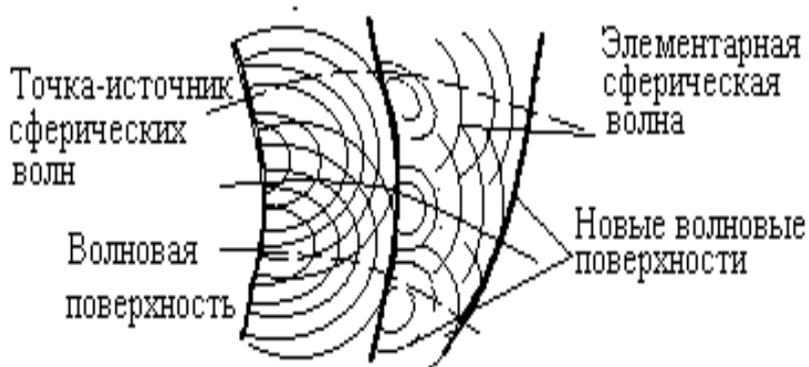
Преобразования Лоренца при скоростях $v \ll c$ переходят в преобразования Галилея.

ПРИВЕДЁННАЯ ПОГРЕШНОСТЬ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ – относительная погрешность, определяемая отношением абсолютной погрешности измерительного прибора к норми-

рующему значению, равному или верхнему пределу измерений, или диапазону измерений, или длине шкалы прибора.

ПРИНЦИП ГЮЙГЕНСА – правило для нахождения положения фронта волны в пространстве в любой момент времени, зная его положение в предыдущий момент времени: каждая точка среды, до которой

дошёл фронт волны, становится источником новых сферических волн, а огибающая эти сферические волны



поверхность совпадёт с положением фронта распространяющейся волны в искомый момент времени. Принцип Гюйгенса основан на опытах и даёт приближенное решение.

ПРИНЦИП ГЮЙГЕНСА-ФРЕНЕЛЯ – метод анализа явления дифракции волн, согласно которому волновое возмущение в любой точке пространства является результатом интерференции вторичных волн от точечных фиктивных когерентных источников, на которые разбивается фронт волны.

ПРИНЦИП НЕЗАВИСИМОСТИ ДВИЖЕНИЙ – если тело участвует одновременно в нескольких движениях, то каждое из этих движений происходит независимо от остальных, а результирующее движение определяется наложением (суперпозицией) всех отдельных движений. Принцип независимости движений в связи с его простотой широко применяется при изучении движений тел по сложным траекториям.

ПРИНЦИП НЕЗАВИСИМОСТИ ДЕЙСТВИЯ СИЛ – если на материальную точку или тело действуют одновременно несколько сил, то каждая из этих сил сообщает материальной точке или телу ускорение, определяемое вторым законом Ньютона так, как если бы других сил не было. Этот принцип также по-

зволяет заменить любую силу несколькими составляющими – разложение силы на составляющие.

ПРИНЦИП ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ ЭЙНШТЕЙНА – постулат теории относительности, согласно которому все законы физики (механические, электромагнитные и др.) в любых инерциальных системах отсчёта имеют одинаковый вид и при одних и тех же условиях протекают одинаково. Поэтому не существует физических экспериментов, с помощью которых можно было бы, находясь в инерциальной системе отсчёта определить, движется она или покоится.

ПРИНЦИП ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ ГАЛИЛЕЯ, механический принцип относительности – принцип классической механики, утверждающий, что во всех инерциальных системах отсчёта одни и те же механические явления протекают одинаковым образом, и никакими механическими опытами, проводимыми внутри данной инерциальной системы отсчёта, невозможно установить, покоится система отсчёта или движется равномерно и прямолинейно. Иными словами, в механике все инерциальные системы равноправны. Поэтому в рамках классической механики нет никаких оснований для выделения какой-либо определенной «главной» системы отсчёта, по отношению к которой покой и движение тел можно было бы считать абсолютными. Дальнейшее обобщение принципа относительности сделано в теории относительности.

ПРИНЦИП ПОСТОЯНСТВА СКОРОСТИ СВЕТА – определяет, экспериментально установленное существование в природе физического процесса, не зависящего от выбора инерциальной системы отсчёта: скорость света в вакууме одинакова во всех инерциальных системах отсчёта и не зависит от скорости движения источника света или приёмника света. Скорость света – величина инвариантная. Она является предельной скоростью, с которой может распространяться какое-либо взаимодействие или сигнал. Скорость света в вакууме обладает свойством фундамен-

тальной мировой постоянной, которая не связана с конкретным физическим явлением.

ПРИНЦИП ПРИЧИННОСТИ – положение, согласно которому все законы природы являются выражением причинно-следственной связи. Поэтому, если два явления связаны между собой так, что одно с неизбежностью продолжает другое, то первое является причиной, а второе следствием. Беспричинных явлений не бывает. Причинное объяснение физических законов является главной задачей физической теории, дающей качественное и количественное объяснение явлениям природы с единой точки зрения.

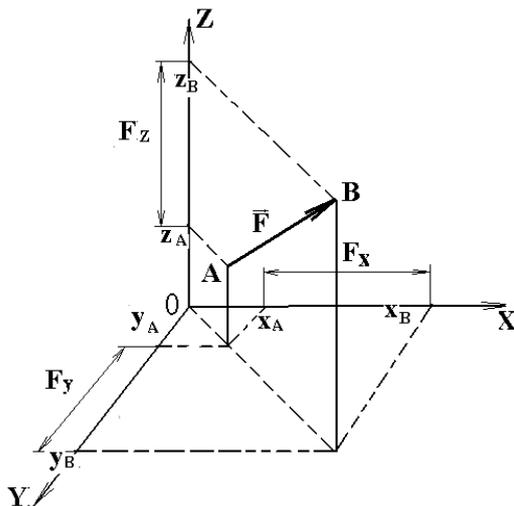
ПРИНЦИП СООТВЕТСТВИЯ – утверждение, согласно которому любая новая научная теория должна включать в себя старую как частный случай и выяснять пределы её применимости. Например, релятивистская теория включает классическую механику как частный случай для скоростей, много меньших скорости света.

ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ, принцип наложения – общий принцип физики, утверждающий что несколько одновременно происходящих одинаковых по природе явлений или процессов не оказывают влияния друг на друга и результирующий эффект от их действия определяется суммированием отдельных эффектов, вызываемых каждым из них в отдельности. Например, принцип суперпозиции колебаний, принцип суперпозиции электростатических полей и т.д.

ПРИНЦИП ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ – фундаментальный закон природы, согласно которому инертная и гравитационная массы для всех веществ точно совпадают. Этот принцип подтверждается экспериментально. Следствием принципа эквивалентности является невозможность с помощью физического эксперимента отличить, движется ли система отсчета с ускорением или на неё действует гравитационное поле. Другими словами, поле тяготения (в малой области пространства) можно заменить

полем сил инерции путем перехода к неинерциальной системе отсчёта, движущейся поступательно относительно инерциальной системы.

ПРОЕКЦИЯ ВЕКТОРА НА КООРДИНАТНЫЕ ОСИ – отрезки на координатных осях, однозначно определяющие на-



правление вектора в пространстве. Проекции вектора \vec{F} на оси декартовой системы координат обозначаются соответственно F_x, F_y, F_z , где нижний индекс обозначает ось, на которую проектируется вектор: $F_x = x_B - x_A$; $F_y = y_B - y_A$; $F_z = z_B - z_A$. Проекции вектора являются скалярами. Если

координаты проекции конца вектора x_B, y_B, z_B меньше координат начала x_A, y_A, z_A , то проекции вектора отрицательны.

ПОПЕРЕЧНЫЕ ВОЛНЫ – волны, в которых частицы среды колеблются в направлениях, перпендикулярных к направлению распространения волны. Поперечные волны могут возникать только в твёрдых телах.

ПРОДОЛЬНЫЕ ВОЛНЫ – волны, в которых частицы среды колеблются вдоль направления распространения волны. Продольные волны могут возникать и распространяться в твёрдых, жидких и газообразных средах.

ПРОИЗВОДНАЯ от функции f в точке x – предел отношения приращения функции $y = f(x)$ одного переменного к приращению Δx этого переменного при стремлении этого приращения к нулю: $f'(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x}$. Для записи производной

используются также обозначения: $f'(x) = \frac{df(x)}{dx} = \frac{d}{dx} f(x) =$

$$= \frac{dy}{dx} = y'. \text{ Из определения производной следует, что производная}$$

ная y' дает скорость изменения функции y относительно аргумента x . В физике под аргументом часто понимают время и тогда производная определяет скорость изменения функции (например, перемещения, скорости, заряда и т.д.) в момент времени x . Математическая операция нахождения производной называется дифференцированием.

ПРОМАХИ, грубые погрешности – чрезмерно большие экспериментальные ошибки, явно искажающие результат измерения. Этот класс погрешностей вызван чаще всего неправильными действиями наблюдателя. Измерения, содержащие промахи и грубые погрешности, следует отбрасывать.

ПРОСТРАНСТВО – одно из основных понятий физики, при помощи которого описываются свойства протяженности и взаимного расположения объектов.

ПРОСТРАНСТВО–ВРЕМЯ – понятие теории относительности, утверждающее взаимосвязь пространства и времени. В этом четырехмерном образовании интервал S_{12} характеризует связь пространственного расстояния между двумя событиями и промежутком времени, разделяющим эти два события:

$$S_{12} = \sqrt{(t_2 - t_1)^2 - (x_2 - x_1)^2 - (y_2 - y_1)^2 - (z_2 - z_1)^2} \frac{1}{c},$$
 где x_1, y_1, z_1 и x_2, y_2, z_2 пространственные координаты двух событий; t_1, t_2 – соответствующие этим событиям моменты времени; c – скорость света в вакууме. Интервал пространство-времени инвариантен относительно преобразований Лоренца. Пространственно-временные величины, такие, как собственная длина или собственное время, связаны с материальными объектами и не существуют независимо от них.

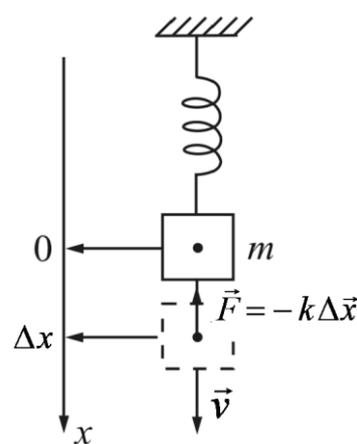
ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ – пространство определяет взаимное расположение тел и частиц относительно друг друга и их относительную величину, а время определяет последователь-

ность явлений природы и их относительную длительность. Пространство и время не существуют отдельно от материальных объектов и явлений природы, поскольку невозможно измерить длину отдельного тела и промежуток времени отдельно от процесса. Геометрия пространства и ритм времени определяются движущейся материей.

ПРОСТОЙ МЕХАНИЗМ – механическое устройство для передачи взаимодействия от одного тела к другому, при котором передаваемое усилие может изменяться за счёт разного перемещения точек приложения сил в механизме. К простым механизмам относятся блок, винт, клин, наклонная плоскость, рычаг и т.п. С их помощью выполняют перемещение тел, используя силы, много меньшие той силы тяжести, которая действует на перемещаемое тело.

ПРОЦЕНТ (%) – внесистемная единица относительной величины, то есть безразмерного отношения какой-либо величины к одноименной величине, принимаемой за начальную величину. $1\% = 10^{-2} = 0,01$.

ПРУЖИННЫЙ МАЯТНИК – тело, подвешенное на пружине и совершающее колебательное движение около своего положения устойчивого равновесия. Если масса тела значительно больше массы пружины, то такой пружинный маятник при небольших амплитудах совершает гармонические колебания, период которых определяется формулой $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$, где m – масса тела; k – коэффициент упругости пружины.



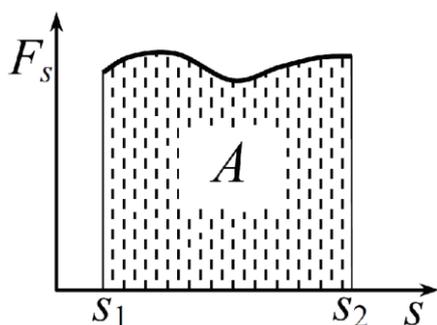
ПРЯМЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ, непосредственные измерения – измерения, при которых определяемую величину сравнивают с единицей измерения непосредственно или при помощи измери-

тельного прибора, проградуированного в соответствующих единицах.

ПУТЬ, длина пути – расстояние между двумя геометрическими точками, отсчитанное вдоль траектории движущегося тела.

РАБОТА – мера переданной энергии упорядоченного движения от одного тела к другому в процессе взаимодействия.

Работа - величина скалярная. Она определяется выражением



$A = \vec{F} \cdot \vec{S} = FS \cos \alpha$, где $\vec{F} = \overline{const}$ - сила, действующая на тело; \vec{S} - перемещение тела; α - угол между направлениями векторов силы \vec{F} и перемещения \vec{S} . Если при движении тела сила изменяется, являясь функцией

перемещения $\vec{F} = f(\vec{S})$, то работа определяется выражением:

$A = \int_S \vec{F} d\vec{S}$. Графически работа изменяющейся силы \vec{F} изобра-

жается площадью под кривой графика проекции силы F_s на направление движения, осью абсцисс и двумя ординатами, проходящими через точки, определяющими начальное и конечное положение тела. Единица работы в СИ – джоуль.

РАВНОВЕСИЕ ТВЁРДОГО ТЕЛА – состояние абсолютно твёрдого тела, при котором оно сохраняет покой. В состоянии равновесия равнодействующая всех сил \vec{F} , действующих на тело, и суммарный момент \vec{M} этих сил относительно любой точки

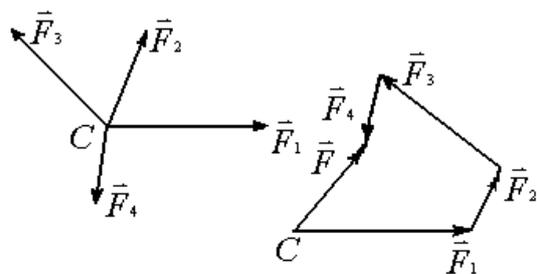
одновременно равны нулю: $\vec{F} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0$, $\vec{M} = \sum_{i=1}^n \vec{M}_i = 0$, где

\vec{F}_i и \vec{M}_i - i -я сила действующая на тело и её вращающий момент соответственно; n – число действующих на тело сил.

Если при малом отклонении тела из положения равновесия возникают силы или моменты сил, возвращающих тело в первоначальное положение, то равновесие тела называется устойчивым равновесием. Если же при малом отклонении тела из положения

равновесия возникают силы, стремящиеся увеличить это отклонение, то равновесия тела называется неустойчивым равновесием. Если же при отклонении тела из положения равновесия силы не возникают и новое положение тела также является равновесным, то равновесие тела называется безразличным равновесием.

РАВНОДЕЙСТВУЮЩАЯ СИСТЕМЫ СИЛ – сила \vec{F} ,



которая по своему действию на твёрдое тело полностью эквивалентна действию на него нескольких сил $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$. Равнодействующая сила равна векторной сумме этих сил

$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$, то есть выполняется геометрическое сложение векторов сил.

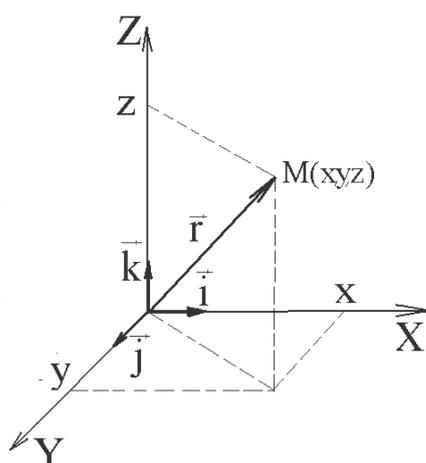
РАВНОМЕРНОЕ ВРАЩЕНИЕ ТВЕРДОГО ТЕЛА – движение тела, при котором углы поворота тела за любые равные промежутки времени одинаковы. При этом угловая скорость тела ω не изменяется с течением времени. Тангенциальное ускорение у различных точек тела равно нулю, а нормальное ускорение a_n , какой-либо точки тела зависит от её расстояния R от оси вращения, то есть $a_n = \omega^2 R$.

РАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ – движение тела (материальной точки), при котором за любые равные промежутки времени тело проходит по траектории одинаковые пути. При таком движении величина скорости не изменяется с течением времени.

РАВНОПЕРЕМЕННОЕ ДВИЖЕНИЕ – движение тела (материальной точки) при котором за любые равные промежутки времени скорость тела изменяется на одинаковую величину. При увеличении скорости тела с течением времени движение называется равноускоренным, а при уменьшении скорости – равнозамедленным. При равнопеременном движении тангенциальное ускорение постоянно во времени.

РАДИАН (рад) – единица плоского угла в Международной системе единиц (СИ). Радиан равен углу между двумя радиусами окружности, длина дуги между которыми равна радиусу окружности. $1 \text{ рад} = 57^\circ 17' 44,8''$.

РАДИУС-ВЕКТОР – определяющий положение какой-либо точки пространства вектор \vec{r} , проведенный из некоторой фиксированной точки (начала системы координат) в определяемую точку



$M(x, y, z)$: $\vec{r} = \vec{i}x + \vec{j}y + \vec{k}z$, где x, y, z – декартовы координаты рассматриваемой точки, $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ – единичные векторы, определяющие направление координатных осей X, Y, Z соответственно. Величина радиус-вектора точки

определяется выражением $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$.

РАЗЛОЖЕНИЕ СИЛЫ – замена одной силы, приложенной к телу, системой сил, оказывающей на тело такое же механическое действие, как и данная сила. Разложение силы можно выполнить, повторяя в обратном порядке правила сложения сил.

РАЗМЕРНАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА – физическая величина, у которой показатель размерности хотя бы одной из определяющих её основных физических величин не равен нулю.

РАЗМЕРНОСТЬ ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ – выражение, устанавливающее связь данной физической величины с основными величинами системы единиц. Записывается в виде произведения символов основных величин, возведенных в соответствующие степени, которые называются показателями размерности. В СИ символы размерности длины – L , массы – M , времени – T , силы электрического тока – I , температуры – Θ , количества вещества – N , силы света – J . Например, размерности скорости – LT^{-1} , плотности – $L^{-3}M$, силы – LMT^{-2} и т.д.

РЕАКТИВНАЯ СИЛА – величина \vec{F}_p , имеющая размерность силы и характеризующая механическое действие на тело отделившейся от него или присоединяющейся к нему массы:

$$\vec{F}_p = \vec{u} \frac{dm}{dt}, \quad \text{где } dm \text{ – изменение массы тела за время } dt; \vec{u} \text{ –}$$

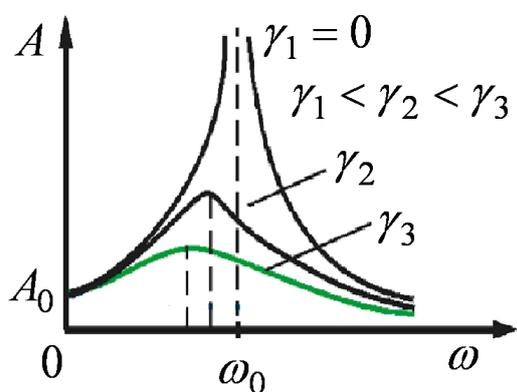
скорость частиц, отделяющихся от рассматриваемого тела, после отделения по отношению к движущемуся телу.

РАКЕТА – единственное устройство, приходящее в движение без взаимодействия с окружающей средой под действием реактивной силы, возникающей при вылете из него газов сгоревшего топлива. Принцип действия ракеты основан на законе сохранения импульса механической системы.

РЕАКТИВНОЕ ДВИЖЕНИЕ – движение тела, при котором сообщение ему ускорения происходит без взаимодействия с окружающей средой за счёт изменения собственной массы. На этом движении основаны расчеты реактивных двигателей самолетов, ракетная техника и т.д.

РЕВЕРБЕРАЦИЯ – многоголосое эхо, создаваемое звуковыми волнами при многократном отражении в помещении от стен и предметов.

РЕЗОНАНС – явление резкого возрастания амплитуды A вынужденных колебаний при приближении частоты вынуждающей силы ω к частоте собственных колебаний ω_0 колеблющейся системы.



Силы сопротивления, действующие на колеблющуюся систему, влияют на резонанс – если затухание колебаний мало, то резонанс сильный, если же затухание велико, то резонанс слабый.

При отсутствии затухания ($\gamma_1 = 0$) амплитуда колебаний может стать настолько большой, что в системе наступят необратимые изменения. Инженерные конструкции, подвергающиеся периоди-

ческим воздействиям, в состоянии резонанса могут достигать настолько значительных амплитуд колебаний, что это приводит к усталостному разрушению конструкций.

РЕЛЯТИВИСТСКАЯ МЕХАНИКА – механика тел, движущихся со скоростями, близкими к скорости света в вакууме.

РЕЛЯТИВИСТСКАЯ ЭНЕРГИЯ – выражение для энергии свободной частицы массой m , приводящее к инвариантности

закона сохранения энергии, имеет вид: $E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$, где v –

скорость движения частицы; c – скорость света в вакууме. Энергия E называется полной энергией, так как она включает в себя энергию неподвижной частицы $E_0 = mc^2$ – энергию покоя. Тогда кинетическая энергия частицы определится выражением:

$E_K = E - E_0 = mc^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} - 1 \right)$. Если последнее выраже-

ние разложить в ряд по степеням $\frac{v}{c}$, то при $\frac{v}{c} \ll 1$ получим вы-

ражение для кинетической энергии в классической механике

$E_K = \frac{mv^2}{2}$. Таким образом, при скоростях много меньших скоро-

сти света в вакууме формулы релятивистской механики переходят в формулы классической механики.

РЕЛЯТИВИСТСКИЙ ИМПУЛЬС – импульс частицы массой m движущейся со скоростью \vec{v} , близкой к скорости света в вакууме c , определяется нелинейной функцией скорости вида

$\vec{p} = \frac{m\vec{v}}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$. Записанное выражение обеспечивает инвари-

антность закона сохранения импульса. При $v \ll c$ релятивистское выражение для импульса переходит в выражение для импульса в классической механике $\vec{p} = m\vec{v}$.

СВОБОДНОЕ ПАДЕНИЕ – движение тел только под действием силы тяжести. Свободное падение является равноускоренным движением. Ускорение свободного падения в разных точках Земли различно, что вызвано вращением Земли. При не очень точных измерениях этой разницей, которая не превышает 0,6%, пренебрегают и считают ускорение свободного падения равным $g = 9,81 \text{ м}\cdot\text{с}^{-2}$.

СВОБОДНЫЕ КОЛЕБАНИЯ – колебания, которые совершаются только за счёт первоначально сообщённой колеблющейся системе энергии. Вследствие действия сил сопротивления энергия W колебательной системы постепенно уменьшается. Поскольку $W \sim A^2$, то амплитуда колебаний A постепенно уменьшается и через некоторое время свободные колебания прекращаются - затухают. Свободные колебания всегда являются затухающими.

СЕКУНДА (с) – единица времени, одна из семи основных единиц Международной системы единиц (СИ). Секунда равна 9192631770 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя уровнями сверхтонкой структуры основного состояния атома цезия-133.

СДВИГ – деформация в твёрдом теле, под действием касательных к его поверхности сил. При сдвиге происходит параллельное смещение в направлении действующих сил слоев внутри тела при неизменном расстоянии между слоями.

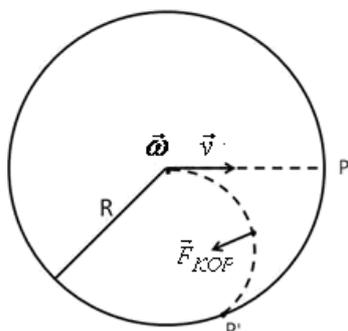
СДВИГ ФАЗ – разность фаз двух колебаний. Если сдвиг фаз $\varphi_2 - \varphi_1 = 0$, то такие колебания имеют равные фазы. Если сдвиг фаз $\varphi_2 - \varphi_1 = 2k\pi$, где $k = 0, 1, 2, 3, \dots$, то есть равен чётному числу π , то такие колебания имеют одинаковые фазы. Если сдвиг фаз $\varphi_2 - \varphi_1 = (2k - 1)\pi$, где $k = 0, 1, 3, \dots$, то есть равен нечётному числу π , то такие колебания имеют противоположные фазы.

СИ, Система интернациональная – сокращенное наименование Международной системы единиц.

СИЛА – физическая величина, служащая количественной мерой взаимодействия тел. Это взаимодействие вызывает изменение скоростей точек тел или их деформации и может иметь место, как при непосредственном контакте тел, так и через посредство создаваемых телами полей (поле тяготения, электромагнитное поле и т.д.). Сила – величина векторная и в каждый момент времени характеризуется численным значением, направлением в пространстве и точкой приложения. В СИ единица силы – ньютон (Н).

СИЛА ЗВУКА – см. интенсивность звука.

СИЛА КОРИОЛИСА – сила инерции, действующая на тело, движущееся относительно вращающейся (неинерциальной)



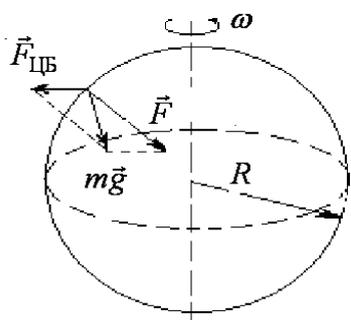
системы отсчёта. Эта сила $\vec{F}_{КОР}$ зависит от скорости \vec{v} движения тела во вращающейся системе отсчёта и направлена перпендикулярно к этой скорости и оси вращения: $\vec{F}_{КОР} = 2m \vec{v} \times \vec{\omega}$, где m - масса тела, $\vec{\omega}$ - угловая скорость вращения системы. Сила Кориолиса не меняет величины скорости

тела, а лишь отклоняет направление его движения. Она имеет смысл и может быть введена только для наблюдателя, связанного с вращающейся системой отсчёта.

СИЛА НОРМАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ – сила, направленная перпендикулярно поверхностям взаимодействующих тел и прижимающая их друг к другу.

СИЛА СОПРОТИВЛЕНИЯ СРЕДЫ – сила, действующая на тело, движущееся в жидкости или газе, со стороны окружающей среды. Сила сопротивления направлена противоположно движению тела. При ламинарном обтекании тела средой сила сопротивления определяется по закону Стокса, а при турбулентном обтекании по закону Ньютона.

СИЛА ТЯЖЕСТИ – сила $m\vec{g}$, действующая на любую материальную точку (тело), находящуюся вблизи земной поверхности, и определяемая как геометрическая



сумма силы тяготения Земли \vec{F} и центробежной силы инерции $\vec{F}_{ЦБ}$, учитывающей эффект суточного вращения Земли: $m\vec{g} = \vec{F} + \vec{F}_{ЦБ}$. Сила тяжести максимальна на полюсах и минимальна на экваторе.

СИЛА ТЯГОТЕНИЯ, гравитационная сила – количественная мера гравитационного взаимодействия тел. Любые два тела в природе притягиваются друг к другу. Это свойство тел обусловлено их массой. Величина силы, с которой тела притягиваются, определяется законом всемирного тяготения, сформулированным Ньютоном для материальных точек. Силы гравитации не могут быть силами отталкивания. Гравитационное взаимодействие нельзя ослабить или устранить с помощью какого-либо экрана. Самое известное проявление силы тяготения – это существование силы тяжести, с которой Земля действует на все тела.

СИЛА РЕАКЦИИ – сила, действующая на рассматриваемое тело со стороны какого-либо тела, препятствующего его движению. Силы реакции не могут вызвать движения тела – они только препятствуют его возникновению.

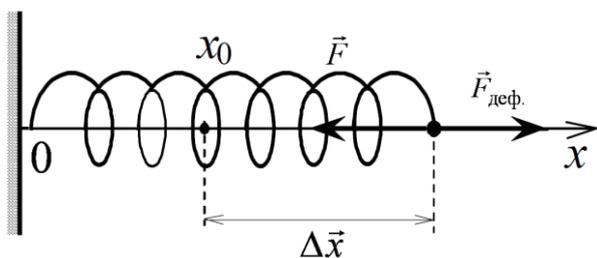
СИЛА РЕАКЦИИ НИТИ – сила, направленная вдоль нити, удерживающей тело от движения в сторону, противоположную возможному движению тела.

СИЛА РЕАКЦИИ ОПОРЫ – сила реакции, действующая на тело, расположенное на поверхности другого тела, и препятствующая их относительному движению. Её принято разделять на две составляющие – направленную перпендикулярно к поверхностям взаимодействующих тел нормальную реакцию опоры и направленную по касательной к поверхностям взаимодействующих

тел силу трения. Сила трения может проявляться как трение покоя или как трение скольжения.

СИЛА ТРЕНИЯ ПОКОЯ – сила реакции, препятствующая взаимному скольжению соприкасающихся поверхностей тел. Сила трения покоя изменяется от нуля до наибольшего значения, за которое принимается величина силы трения скольжения μN .

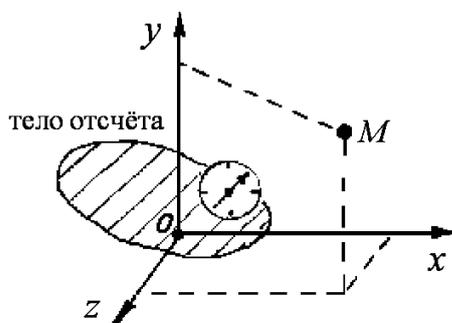
СИЛА УПРУГОСТИ – сила, возникающая при упругой деформации твёрдого тела. Определяется законом Гука – при малых деформациях $\Delta \vec{x}$ твёрдого тела возникающая сила упругости \vec{F} пропорциональна величине деформации и направлена противоположно ей: $\vec{F} = -k \Delta \vec{x}$, где k – коэффициент упругости.



СИЛЫ ИНЕРЦИИ – силы, действующие на тела в неинерциальных системах отсчёта. Эти силы возникают не в результате взаимодействия тел друг с другом, а в результате ускоренного движения системы отсчёта. Они действуют на тела подобно ньютоновским силам. Численно сила инерции, действующая на тело (материальную точку) в ускоренно движущейся системе отсчёта, равна произведению массы тела на ускорение системы отсчёта и направлена противоположно ускорению.

СИСТЕМА КООРДИНАТ – метод определения положения точки в пространстве, состоящий в выборе начала отсчёта и определяемых относительно его трёх независимых величин – координат. В физике используют декартову прямоугольную систему координат, цилиндрическую систему координат и сферическую систему координат. Положение точки в пространстве не зависит от того, с помощью какого метода его определяют. Поэтому между разными системами координат существует простая математическая связь.

СИСТЕМА ОТСЧЕТА – совокупность тела отсчёта, системы координат и выбранного способа измерения времени. Телом отсчёта называется тело, относительно которого описывается движение других тел. При движении тела изменяется расстояние



от него до тела отсчёта, то есть движение тела происходит в пространстве. Положение тела в пространстве можно определить с помощью связанной с телом отсчёта системы координат, например, прямоугольной декартовой системой координат. Переход тела из одного положения в

другое положение происходит раньше или позже каких-либо других событий в пространстве, то есть движение происходит во времени. В таком случае для описания движения необходимо вести отсчёт времени, например, с помощью часов, роль которых может выполнять любое тело, совершающее повторяющийся процесс (маятник, вращение Земли и т.п.). Системы отсчета могут отличаться видом системы координат, выбором единиц измерения (масштаба измерения длины и времени) и т.д., но все эти различия систем отсчёта не влияют на характер движения тел относительно них.

СИСТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОГРЕШНОСТЬ – погрешность, которая остается постоянной или закономерно изменяется при повторных измерениях одной и той же величины. Такие погрешности связаны с ограниченной точностью изготовления прибора (погрешностью прибора), неправильным выбором метода измерений, неправильной установкой прибора, а также при применении для вычислений неточных формул, округленных констант. Они так же появляются, если пренебречь действием некоторых внешних факторов.

СКАЛЯР – величина, определяемая только численным значением и не имеющая направления. Примером скаляров служат -

масса, энергия, температура и т.п.

СКАЛЯРНОЕ ПРОИЗВЕДЕНИЕ ВЕКТОРОВ – число, равное произведению модулей векторов \vec{A} и \vec{B} на косинус угла между ними: $\vec{A} \cdot \vec{B} \equiv (\vec{A}, \vec{B}) = AB \cos(\widehat{\vec{A}, \vec{B}})$. Скалярное произведение в механике определяет, например, работу силы.

СКОРОСТЬ – кинематическая характеристика, определяющая быстроту изменения положения тела в пространстве. Мгновенная скорость \vec{v} (или скорость в данной точке траектории) направлена по касательной к траектории в сторону движения тела и равна первой производной по времени от перемещения: $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$. В случае прямолинейного движения вектор перемещения совпадает с соответствующим участком траектории, то

есть $dS = |d\vec{r}|$ и $v = \frac{dS}{dt}$. При равномерном движении тела скорость численно определяется как отношение пройденного пути S

к времени его прохождения t : $v = \frac{S}{t}$. Единица скорости в СИ - метр в секунду ($\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$).

СКОРОСТЬ ЗВУКА – скорость распространения в среде упругих волн. В газах и жидкостях скорость звука $v = \sqrt{k/\rho}$, где k – модуль объемной упругости среды, ρ – плотность невозмущённой среды. В твёрдых телах скорость звука различна для продольных и поперечных волн.

СЛОЖЕНИЕ СИЛ – нахождение геометрической суммы системы сил, путем последовательного сложения векторов сил, действующих на тело, или применения к ним правила параллелограмма.

СЛУЧАЙНАЯ ПОГРЕШНОСТЬ – ошибка измерений, неопределенная по величине и природе и изменяющаяся случайным образом при повторных измерениях одной и той же величины. Эта погрешность - результат действия многих отдельных причин, каждый раз проявляющихся по-разному. Исключить при измерениях случайные погрешности невозможно, но при многократных измерениях они подчиняются статистическим законам и их влияние на результат измерения можно учесть.

СОБСТВЕННАЯ ДЛИНА – длина тела, измеренная в инерциальной системе отсчёта, относительно которой тело покоится. Если тело перемещается относительно инерциальной системы со скоростью v в направлении своей длины, то его длина определяется выражением $l = l_0 \sqrt{1 - v^2 / c^2}$, где c - скорость света в вакууме. Из приведенной формулы следует, что длина тела l в любой инерциальной системе отсчета, относительно которой оно перемещается, меньше его собственной длины l_0 . При скоростях движения во много раз меньших скорости света длина тела во всех инерциальных системах одинакова.

СОБСТВЕННОЕ ВРЕМЯ – интервал времени Δt_0 , измеренный между событиями в данной системе отсчёта часами, неподвижными в этой системе отчёта. Интервал времени между теми же событиями, измеренный часами в инерциальной системе отчёта, относительно которой первая система движется со скоростью v , определяется выражением $\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}$, где c - скорость

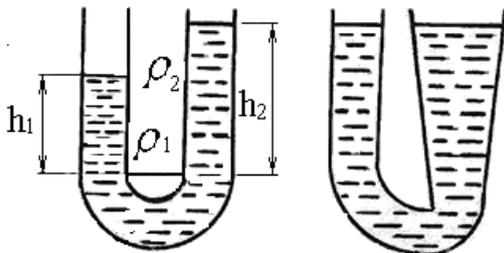
света в вакууме. Из приведенной формулы следует, что в движущейся системе отсчёта время замедляется по сравнению с системой отсчёта, принятой за неподвижную. Таким образом, длительность одного и того же события неодинакова в разных инерциальных системах отсчёта.

СОБСТВЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ – свободные колебания, которые происходят при отсутствии сил трения и сопротивления

среды. Период (частота) собственных колебаний обуславливается только собственными размерами и свойствами колеблющихся систем (длина нити, упругость пружины, масса и т.п.). На практике свободные колебания можно считать собственными, если они происходят с малым затуханием (уменьшением амплитуды) за время наблюдения.

СОБЫТИЕ – локализованный в пространстве и времени физический процесс любой природы. Событие характеризуется четырьмя величинами - координатами x , y , z места, где оно произошло, и моментом времени t . В пространстве-времени событие характеризуется точкой, которую называют мировой точкой. Основное свойство события - инвариантность: если событие произошло в некоторой системе отсчёта, то оно обязательно произойдет в любой другой системе отсчёта.

СООБЩАЮЩИЕСЯ СОСУДЫ – система из двух или более сосудов, соединенных между собой в нижней части так, что



жидкость может перетекать из одного сосуда в другой. Простейшими сообщающимися сосудами является U-образная трубка. Если налить однородную жидкость в один из сообщающихся сосудов,

то она распределится между ними. При этом свободные поверхности покоящейся жидкости в сообщающихся сосудах любой формы находятся на одном уровне. Если в сообщающиеся сосуды налить две несмешивающиеся жидкости различных плотностей ρ_1 и ρ_2 , то их свободные поверхности при одинаковых внешних давлениях устанавливаются на разных уровнях и высоты столбов, измеряемых от уровня раздела жидкостей, обратно пропорциональны плотностям жидкостей:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}.$$

СОХРАНЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ – неизменность значения физической величины с течением времени.

При формулировке законов сохранения физических величин на физические объекты накладываются какие-либо условия, при выполнении которых данная физическая величина и не изменяется с течением времени.

СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ, частная теория относительности – физическая теория, устанавливающая зависимость свойств пространства и времени при отсутствии сил тяготения от движения материальных объектов, с которыми связываются инерциальные системы отсчёта. В основу теории, созданной в 1905 году А. Эйнштейном, положены два постулата - принцип относительности Эйнштейна и принцип постоянства скорости света. При описании физических явлений в различных инерциальных системах отсчёта переход от одной системы к другой осуществляется с помощью преобразований Лоренца, в которых установлена взаимозависимость пространственных координат и времени. Такая взаимозависимость определяет существование единого пространства-времени. Описываемые теорией относительности явления проявляются при скоростях движения тел, сравнимых со скоростью света в вакууме. При малых скоростях движения тел и систем отсчета специальная теория относительности переходит к устанавливаемым классической механикой законам.

СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ – характеристика неравномерного движения, равная отношению пройденного телом пути к времени его прохождения.

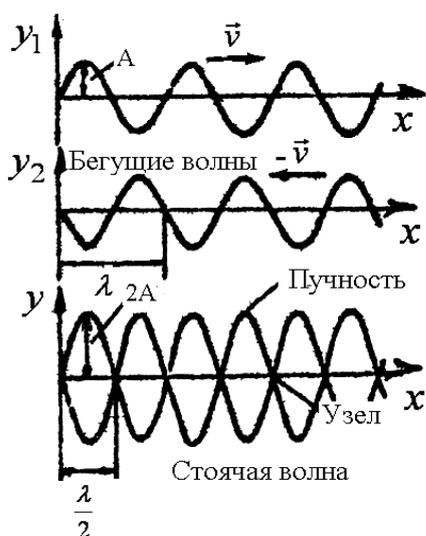
СРЕДСТВО ИЗМЕРЕНИЙ – техническое устройство для сравнения измеряемой величины с единицей измерения и имеющее нормированные метрологические характеристики. Средства измерений включают в себя как отдельные (самостоятельные) измерительные средства (эталоны, меры, измерительные приборы, измерительные преобразователи и т.п.), так и измерительные установки и устройства.

СТАТИКА – раздел механики, в котором изучают законы сложения сил и условия равновесия твёрдых, жидких и газообразных тел.

СТЕПЕНИ СВОБОДЫ – число независимых координат, которые необходимо ввести для определения положения тела или точки в пространстве. Так, например, если положение точки в пространстве определяется тремя независимыми координатами, то число степеней свободы точки равно трём.

СТЕРАДИАН (ср) – единица телесного угла, одна из двух дополнительных единиц Международной системы единиц (СИ). Стерadian равен телесному углу с вершиной в центре сферы, вырезающему на поверхности сферы площадь, равную площади квадрата со стороной равной радиусу сферы.

СТОЯЧИЕ ВОЛНЫ – образуются при интерференции двух волн, распространяющихся в одной и той же среде на-



встречу друг другу. Обе волны имеют одинаковые амплитуды и длины волн. Стоячие волны чаще всего возникают при сложении падающей волны с этой же волной, испытавшей отражение. Уравнение стоячей волны имеет вид:

$$y = 2A \cos\left(2\pi \frac{x}{\lambda}\right) \sin \omega t, \text{ где } y - \text{ сме-}$$

щение результирующей волны; A и ω – амплитуда и циклическая частота интерферирующих волн; λ - длина

волны; t – время; x - координата. На рисунке приведен график стоячей волны. Точки пространства, в которых амплитуда стоячей волны всегда равна нулю, называются узлами волны, а точки, в которых амплитуда всегда равна $2A$, называются пучностями волны. Эти точки остаются фиксированными на оси x . Соседние узлы и соседние пучности находятся друг от друга на расстоянии

равном $\frac{\lambda}{2}$, которое называется длиной стоячей волны. Стоячая волна, в отличие от бегущей волны, энергии не переносит.

СУПЕРПОЗИЦИЯ ВОЛН – независимость распространения волн в среде друг от друга. Если две различные системы волн, исходящих из разных источников, перекрываются в некоторой области пространства, а затем, снова расходятся, то каждая из них распространяется так, как если бы она не встречала на своем пути другую волну.

СУХОЕ ТРЕНИЕ – трение между поверхностями двух соприкасающихся твёрдых тел при отсутствии между ними жидкой или газообразной прослойки (смазки). При непосредственном соприкосновении твёрдых тел возникают силы, действующие на каждое из тел. Согласно третьему закону Ньютона эти силы равны по величине и противоположны по направлению. Составляющие этих сил, направленные перпендикулярно соприкасающимся поверхностям, называются силами нормального давления. Составляющие, направленные вдоль поверхности, называются силами трения. Различают три вида сухого трения - трение покоя, трение скольжения и трение качения.

СФЕРИЧЕСКАЯ ВОЛНА – волна, у которой волновые поверхности (фронт волны) представляют собой систему концентрических сфер. Волновое уравнение сферической волны в сферической системе координат имеет вид:

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial \xi}{\partial r} \right) = -\frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2}.$$

Решение волнового уравнения -

уравнение сферической волны
$$\xi = \frac{A}{r} \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{r}{\lambda} \right) + \varphi_0 \right].$$

Здесь A , v и λ – амплитуда, скорость и длина волны, T и φ_0 – период и начальная фаза колебаний, ξ – смещение точек среды от положения равновесия на расстоянии r от источника колебаний в момент времени t .

ТАНГЕНЦИАЛЬНОЕ УСКОРЕНИЕ – составляющая полного ускорения, характеризующая быстроту изменения величины скорости \vec{v} : $a_\tau = \frac{dv}{dt}$. Вектор тангенциального ускорения

направлено по касательной к траектории в рассматриваемой её точке. Если тангенциальное ускорение равно нулю, то точка движется равномерно по криволинейной траектории.

ТВЁРДОЕ ТЕЛО – тело, характеризующееся стабильностью формы. Твёрдое тело в отличие от жидкостей и газов обладает не только объёмной упругостью, но также упругостью формы: при изменении формы в нём возникают упругие силы, препятствующие этому изменению.

ТЕЛО – макроскопическая система, геометрические размеры которой во много раз превышают расстояния между составляющими её частицами. Модель тела, изучаемого в механике, не рассматривает его молекулярную структуру. По этой модели предполагается, что масса тела непрерывно распределена по его объёму с постоянной плотностью. Это даёт возможность рассматривать тело в механике как совокупность материальных точек, которые также являются одной из моделей твёрдого тела.

ТЕЛО ОТСЧЕТА – тело, относительно которого определяют положение других тел в пространстве.

ТЕОРЕМА ШТЕЙНЕРА – правило, позволяющее определять моменты инерции твёрдого тела относительно параллельных осей: разность моментов инерции тела $J - J_0$ относительно двух параллельных осей равна произведению массы тела m на квадрат расстояния d между осями, то есть $J - J_0 = md^2$. Как правило J_0 – момент инерции относительно проходящей через центр масс тела оси: для тел симметричной формы рассчитывается теоретически, а для тел сложной формы определяется экспериментально.

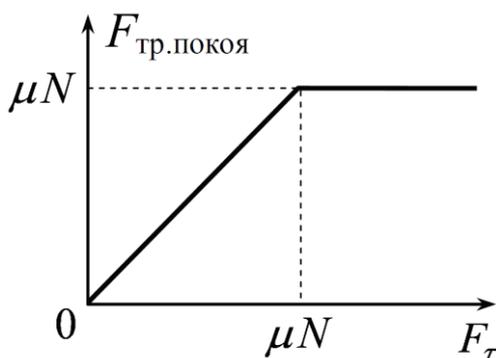
ТРАЕКТОРИЯ – воображаемая линия, описываемая материальной точкой при движении в пространстве. Если траектория – прямая линия, то движение называется прямолинейным. Если

траектория - произвольная кривая, то движение называется криволинейное.

ТРЕНИЕ – один из видов взаимодействия соприкасающихся тел. Силы, возникающие при соприкосновении двух тел и препятствующие их взаимному перемещению, называются силами трения. Различают два основных типа трения: внутреннее и внешнее. Внутреннее трение проявляется между различными частями одного и того же тела. Наибольший интерес из всех видов внутреннего трения представляет жидкое трение, возникающее при движении твёрдого тела в жидкости или газе. Внешнее трение возникает между различными соприкасающимися телами, не образующими единого тела. Из всего многообразия внешнего трения наибольший практический интерес представляет сухое трение.

ТРЕНИЕ КАЧЕНИЯ – трение, возникающее при качении одного тела по поверхности другого. Сила трения качения F определяется законом Аммона–Кулона: $F = k \frac{N}{R}$, где k - коэффициент трения качения; N - сила нормального давления; R - радиус катящегося тела. Сила трения качения при тех же материалах соприкасающихся тел всегда меньше силы трения скольжения.

ТРЕНИЕ ПОКОЯ – трение, которое имеет место между соприкасающимися, но не движущимися друг относительно друга телами. Возникающая при этом сила трения покоя всегда равна



по величине и противоположна по направлению той внешней силе или её составляющей F_{τ} , которая стремится вызвать движение вдоль поверхности соприкосновения тел. С ростом внешней силы растёт и сила трения покоя. При достижении внешней силой предельного значения силы трения покоя μN начинается скольжение тел. Предельное значение силы трения

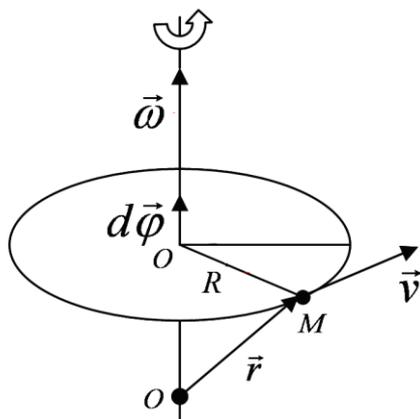
покоя зависит от давления, под которым находятся тела, материалов тел и состояния поверхностей соприкосновения.

ТРЕНИЕ СКОЛЬЖЕНИЯ – трение, возникающее при движении одного тела по поверхности другого. Скольжение начинается, когда внешняя сила достигает предельного значения силы трения покоя. Сила трения скольжения F направлена всегда в сторону, противоположную относительной скорости тела, и подчиняется закону $F = \mu N$, где μ - коэффициент трения скольжения; N - сила нормального давления. Сила трения скольжения не зависит от площади соприкасающихся поверхностей, а зависит при постоянном давлении от вида материалов соприкасающихся тел и обработки их поверхностей.

ТРЕТЬЯ КОСМИЧЕСКАЯ СКОРОСТЬ – скорость относительно Земли, которая необходима для удаления тела из сферы притяжения Солнца, то есть за пределы Солнечной системы. Значение третьей космической скорости зависит от её направления относительно направления движения Земли вокруг Солнца и может изменяться от 16,5 до 73 км·с⁻¹.

ТРУБКА ТОКА – мысленно выделенная часть потока, боковая поверхность которой составлена из линий тока. При установившемся течении трубки тока не изменяются с течением времени и частицы жидкости (или газа) движутся так, что каждая из них всё время остается в пределах определенной трубки.

ТУРБУЛЕНТНОЕ ТЕЧЕНИЕ – течение жидкости (или газа), при котором частицы жидкости движутся по неустановившимся, вихревым траекториям, что приводит к перемешиванию между слоями движущейся жидкости. При турбулентном движении скорость и давление в каждой точке потока постоянно изменяются около некоторых средних значений. При турбулентном движении резко возрастают силы внутреннего трения. Переход течения от турбулентного к ламинарному характеризуется критическим числом Рейнольдса.



УГЛОВАЯ СКОРОСТЬ – величина $\vec{\omega}$, характеризующая быстроту вращения твердого тела: $\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}$, где

dt – время, за которое совершается угловое перемещение $d\vec{\varphi}$. Угловая скорость представляет собой вектор $\vec{\omega}$, направленный вдоль оси вращения.

Его направление определяется правилом правого винта (буравчика). Угловая скорость тела связана с линейной скоростью \vec{v} какой-либо точки тела и расстоянием этой точки от оси вращения R соотношением $v = \omega R$. В векторном виде $\vec{v} = [\vec{\omega}, \vec{r}]$, где \vec{r} – радиус-вектор, определяющий положение точки тела относительно произвольно выбранного на оси вращения начала координат. Единица угловой скорости в СИ – радиан в секунду ($\text{рад} \cdot \text{с}^{-1}$).

УГЛОВАЯ ЧАСТОТА, круговая частота – см. циклическая частота.

УГЛОВОЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЕ – физическая величина $d\vec{\varphi}$, характеризующая угол поворота тела и направление его вращения вокруг оси вращения. Величина углового перемещения равна углу поворота тела, а направление вектора $d\vec{\varphi}$ определяется направлением вращения тела по правилу правого винта (буравчика).

УГЛОВОЕ УСКОРЕНИЕ – физическая величина, характеризующая быстроту изменения угловой скорости:

$$\vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt} = \frac{d^2\vec{\varphi}}{dt^2}, \text{ где } \omega - \text{угловая скорость, } dt - \text{ время, за которое}$$

совершается поворот тела на угол $d\varphi$. Направления векторов углового ускорения $\vec{\varepsilon}$ и угловой скорости $\vec{\omega}$ совпадают при ускоренном вращении тела и противоположны при его замедленном вращении. Единица углового ускорения в СИ – радиан на секунду в квадрате ($\text{рад} \cdot \text{с}^{-2}$).

УДАР, соударение – кратковременное взаимодействие тел, приводящее к изменению их скорости. При быстро происходящих взаимодействиях возникают настолько большие силы, что роль других, постоянно действующих сил, можно считать ничтожно малой. Это дает возможность рассматривать соударяющиеся тела как замкнутую механическую систему и применять к их взаимодействиям законы сохранения.

УЛЬТРАЗВУК – упругие волны с частотами от $2 \cdot 10^4$ Гц до 10^{13} Гц. Высокая частота (малая длина волны) определяет возможность направленного распространения ультразвука и генерации мощных ультразвуковых волн, переносящих значительную механическую энергию, что находит широкое применение в науке и технике.

УПРУГАЯ ДЕФОРМАЦИЯ – деформация, которая полностью исчезает после прекращения действия деформирующей силы. Если после прекращения действия силы деформация хотя бы частично сохраняется (возникает остаточная деформация) – деформация называется неупругой (пластической). Все реальные тела в большей и меньшей степени обладают свойством пластичности. Но для многих тел при сравнительно небольших нагрузках остаточные деформации настолько малы, что ими можно пренебречь и считать эти тела упругими. Для упругих деформаций выполняется закон Гука.

УПРУГАЯ СИЛА – сила \vec{F} , возникающая в твёрдых телах при малых деформациях растяжения и сжатия, пропорциональная величине деформации $\Delta \vec{x}$: $\vec{F} = -k \Delta \vec{x}$, где k – коэффициент упругой силы. При малых деформациях кручения возникают силы упругости, моменты \vec{M} которых пропорциональны углу закручивания $\vec{\varphi}$: $\vec{M} = -D d \vec{\varphi}$, где D – коэффициент упругого момента.

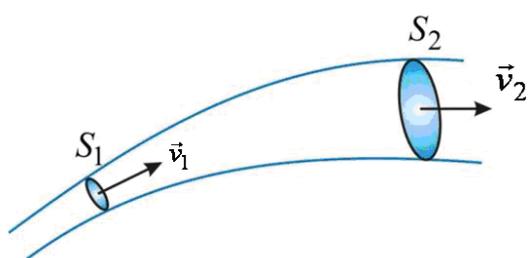
УПРУГАЯ СРЕДА – модель сплошной среды, в которой непрерывно распределённые в пространстве частицы среды связаны между собой квазиупругими силами взаимодействия.

УПРУГОСТЬ – свойство тел восстанавливать свою форму и объём после прекращения действия внешних сил и других причин, вызывающих деформацию тел.

УРАВНЕНИЕ БЕРНУЛЛИ – устанавливает, что при стационарном течении только под действием силы тяжести невязкой несжимаемой жидкости вдоль трубки тока между скоростью v , давлением p и высотой h выполняется соотношение $\frac{\rho v^2}{2} + \rho g h + p = const$. Здесь ρ – плотность жидкости, g – ускорение свободного падения. Величина p называется статическим давлением, $\frac{\rho v^2}{2}$ – динамическим давлением (скоростным напором), $\rho g h$ – гидростатическим давлением. Постоянное слагаемое в уравнении Бернулли имеет смысл давления внутри покоящейся жидкости на уровне, принятом за начало отсчета.

УРАВНЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ – уравнение, связывающее массу и ускорение материальной точки с равнодействующей сил, действующих на неё.

УРАВНЕНИЕ НЕРАЗРЫВНОСТИ – утверждает, что при стационарном течении несжимаемой (т.е. плотность постоянна)

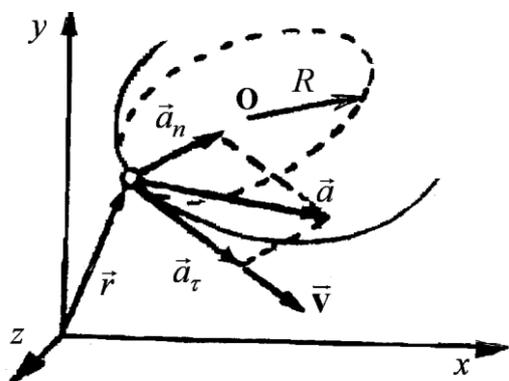


жидкости произведение скорости потока v на сечение трубки тока S остается неизменным в любом сечении трубки: $vS = const$. Из уравнения неразрывности следует, что в более узких сечениях

трубки тока скорость должна быть больше, чем в широких сечениях.

УСКОРЕНИЕ – кинематическая характеристика \vec{a} , определяющая быстроту изменения скорости: $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$, где $d\vec{v}$ – изменение скорости за время dt . Полное ускорение имеет две взаимно

перпендикулярные составляющие: $\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$, где \vec{a}_τ - тангенциальное ускорение, направленное по касательной к траектории и



определяющее быстроту изменения величины скорости; \vec{a}_n - нормальное (центростремительное) ускорение, характеризует быстроту изменения скорости по направлению и направлено к центру кривизны траектории O вдоль радиуса кривизны траектории в данной точке.

Единица ускорения в СИ - метр на секунду в квадрате ($\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$).

УСКОРЕНИЕ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ – ускорение g , которое сообщает всем телам у поверхности Земли сила тяготения. Оно определяется формулой $g = G \frac{M}{R^2}$, где G - гравитационная постоянная; M - масса Земли; R – радиус Земли. Ускорение свободного падения зависит от географической широты места и его высоты над уровнем моря. Стандартное значение ускорения свободного падения для Земли принято равным $9,80665 \text{ м/с}^2$.

ФАЗА КОЛЕБАНИЙ – величина φ под знаком синуса (или косинуса) в уравнении колебаний, определяющая какую долю от амплитуды составляет смещение в рассматриваемый момент времени. Фаза указывает направление и величину смещения колеблющейся системы в данный момент времени. Величина фазы определяется выражением $\varphi = \frac{2\pi}{T}t + \varphi_0$, где T - период колебаний; t - текущее время; φ_0 - начальная фаза колебания, показывающая из какого положения начался колебательный процесс. Обычно начало отсчета выбирают так, чтобы начальная фаза равнялась нулю. В СИ единица фазы – радиан (рад).

ФАЗОВАЯ ПЛОСКОСТЬ – система координат для описания движения материальной точки, по оси абсцисс которой от-

кладывается координата, а по оси ординат - импульс частицы. Фазовую плоскость используют при описании колебательного движения. Точка в фазовой плоскости с течением времени перемещается по фазовой траектории, не являющейся действительной траекторией движения точки. Гармонически колеблющаяся точка описывает фазовые траектории в виде эллипсов с центром в начале координат, каждый из которых соответствует определенному значению амплитуды. Затухающие колебания имеют фазовую траекторию в виде скручивающейся к центру спирали.

ФАЗОВАЯ СКОРОСТЬ – скорость распространения волны v или скорость распространения фазы колебания: $v = \frac{\lambda}{T}$, где

λ - длина волны; T - период колебания. Скорость распространения волны нельзя рассматривать как скорость движения частиц среды – это скорость распространения возмущения в среде. Частицы среды не захватываются движущейся волной, а только совершают колебательные движения около своего положения равновесия. Фазовая скорость зависит от механических свойств среды. Для

упругой поперечной волны в твёрдых телах $v = \sqrt{\frac{F}{\rho S}}$, для упру-

гой продольной волны в твердых телах $v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$, для продольной

волны в жидкостях $v = \sqrt{\frac{1}{\gamma \rho}}$, для продольной волны в газах

$v = \sqrt{\frac{\gamma p}{\rho}}$. Здесь F - сила натяжения, S - поперечное сечение

струны, проволоки и др., E - модуль Юнга, ρ - плотность среды, γ - сжимаемость для жидкостей, показатель адиабаты для газов, p - давление.

ФАКТОРИАЛ - произведение натуральных чисел от 1 до n . Имеет специальное обозначение $n!$ (произносится: n факториал): $n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot (n - 1)$. Величина $0! = 1$.

ФИГУРА ЛИССАЖУ – траектория, которую описывает на плоскости колеблющаяся система, совершающая одновременно два взаимно перпендикулярных колебания. Фигуры Лиссажу образуются в результате сложения колебаний и их форма зависит от соотношения частот, амплитуд и фаз обоих колебательных движений. Если отношение частот складываемых колебаний выражается целым числом, то траектория будет замкнутой. Наиболее просто фигуры Лиссажу можно наблюдать с помощью электроннолучевого осциллографа.

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА – свойство, общее в качественном отношении многим физическим объектам (физическим системам, их состояниям и происходящим в них процессам), но в количественном отношении индивидуальное для каждого объекта. Индивидуальность в количественном отношении состоит в том, что свойство для одного объекта может быть в определенное число раз больше или меньше, чем для другого объекта.

ФИЗИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА – идеальная модель природы, включающая в себя наиболее общие физические понятия, законы и идеи, отражающие совокупность физических знаний на современном этапе их развития. Физическая картина периодически изменяется в соответствии с изменением научных представлений о природе.

ФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ – объект, обладающий только наиболее важными для рассматриваемой физической задачи свойствами реального объекта или явления. Модель, вместо сложного явления природы не доступного для научного анализа, позволяет объяснять его свойства и даже получать количественные соотношения между параметрами, характеризующими состояние рассматриваемого явления. Обойтись без моделей при изучении явлений природы невозможно, так как только на основе моделей можно теоретически, используя математический аппарат, понять и описать реальные явления. Поскольку при построении модели из всех многообразных черт реального объекта-явления выделяются только те, от рассмотрения которых отказаться нельзя, то и свойства модели дают результаты, приблизительно совпадающие с результатами, наблюдаемыми у модели-

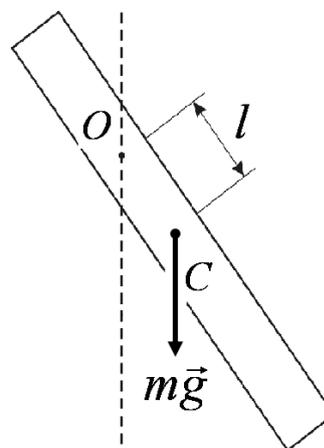
руемого физического объекта или явления экспериментально. При более детальном же изучении физического явления модель усложняется введением поправок на принятые допущения.

ФИЗИЧЕСКИЙ МАЯТНИК –

твёрдое тело, имеющее горизонтальную ось вращения O , не проходящую через центр масс тела C , которое может совершать колебания под действием силы тяжести. Период колебаний физического маятника

$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mgl}}$, где J - момент инерции маятника относительно оси качания; m

– масса маятника; g - ускорение свободного падения; l - расстояние от центра масс до оси качания физического маятника. Величина $L = \frac{J}{ml}$ называется приведённой длиной физического маятника. Это длина математического маятника, который имеет такой же период колебания, что и данный физический маятник.



– масса маятника; g - ускорение свободного падения; l - расстояние от центра масс до оси качания физического маятника. Величина

$L = \frac{J}{ml}$ называется приведённой длиной физического маятника. Это длина математического маятника, который имеет такой же период колебания, что и данный физический маятник.

Эта длина математического маятника, который имеет такой же период колебания, что и данный физический маятник.

ФОРМУЛА ЦИОЛКОВСКОГО – определяет скорость \vec{v} , приобретаемую ракетой только под действием реактивной силы при изменении её массы от m_0 до m : $\vec{v} = -\vec{u} \ln \frac{m_0}{m}$, где \vec{u} - скорость газов из сгоревшего топлива относительно ракеты.

– масса маятника; g - ускорение свободного падения; l - расстояние от центра масс до оси качания физического маятника. Величина $L = \frac{J}{ml}$ называется приведённой длиной физического маятника. Это длина математического маятника, который имеет такой же период колебания, что и данный физический маятник.

ФРОНТ ВОЛНЫ – см. волновая поверхность.

ФУНКЦИЯ – переменная величина y однозначно зависящая от одной или нескольких переменных (аргументов) x_1, x_2, \dots, x_n , если каждой допустимой совокупности значений этих величин соответствует одно определенное значение величины y . То, что y есть функция от аргументов x_1, x_2, \dots, x_n записывается в виде $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, где f – называется характеристикой функции, для которой допустимо любое буквенное обозначение.

ЦЕНА ДЕЛЕНИЯ шкалы – значение измеряемой величины, вызывающее перемещение указателя (стрелки, светового пятна и т.п.) на одно деление шкалы. Цену деления определяют, находя отношение значения верхнего предела измерений к числу делений шкалы. Если на приборе не указан класс точности, то абсолютная погрешность средства измерения принимается равной половине цены наименьшего деления.

ЦЕНТР МАСС ТЕЛА, центр инерции тела (системы материальных точек) – точка, характеризующая распределение масс в теле или в механической системе, положение которой задается

радиус-вектором \vec{r} , определяемым выражением: $\vec{r} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \vec{r}_i}{m}$, где

m_i и \vec{r}_i – масса i -й частицы и радиус-вектор, определяющий положение этой частицы; m – масса тела (системы); n – число частиц (материальных точек) составляющих тело (систему материальных точек). При движении тела его центр масс движется так же, как двигалась бы материальная точка той же массы под действием тех внешних сил, которые действуют на данное тело. Понятие центра масс отличается от понятия о центре тяжести тем, что последнее имеет смысл только для твёрдого тела, находящегося в однородном поле силы тяжести.

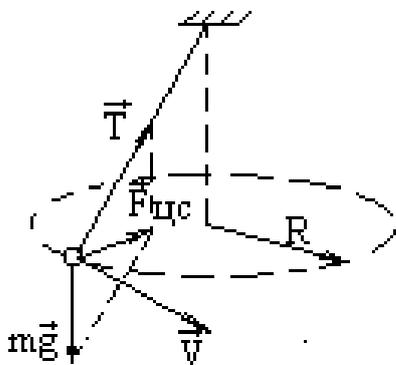
ЦЕНТР ТЯЖЕСТИ – точка твёрдого тела, через которую проходит равнодействующая сил тяжести, действующих на частицы этого тела (материальные точки составляющие тело) при любом положении тела в пространстве. У однородного тела, имеющего центр симметрии (круг, шар, куб и т.п.), центр тяжести находится в центре симметрии тела. Положение центра тяжести твёрдого тела совпадает с положением его центра инерции и центра масс.

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ УДАР – удар, до и после которого центры масс соударяющихся тел находятся на одной прямой – линии

удара. Вектора скоростей тел до и после центрального удара направлены вдоль линии удара.

ЦЕНТРОБЕЖНАЯ СИЛА – сила инерции, действующая на тело во вращающейся (неинерциальной) системе отсчёта и обусловленная ускоренным движением этой системы. Центробежная сила $F_{ЦБ}$, действующая на материальную точку, пропорциональна её массе m , квадрату угловой скорости ω вращения неинерциальной системы, относительно инерциальной системы, и расстоянию r материальной точки от оси вращения: $F_{ЦБ} = m\omega^2 r$. Сила инерции, действующая как на движущееся, так и неподвижное во вращающейся системе тело (материальную точку), направлена от оси вращения по радиусу наружу. Центробежная сила инерции имеет смысл и может быть введена только для наблюдателя, связанного с вращающейся системой отсчёта.

ЦЕНТРОСТРЕМИТЕЛЬНАЯ СИЛА – сила или равнодействующая нескольких сил (например, силы тяжести $m\vec{g}$ и силы натяжения \vec{T} , см. рис.), действующая на тело (материальную точку) всё время перпендикулярно скорости движения и вызывающая движение по криволинейной траектории. Если величина скорости неизменна, то центростремительная сила вызывает движение тела по круговой траектории. Центростремительная сила $F_{ЦС} = \frac{mv^2}{R}$ сообщает телу центростремительное (нормальное) ускорение. Здесь m – масса тела, v – его линейная скорость, R – радиус кривизны траектории.



лы натяжения \vec{T} , см. рис.), действующая на тело (материальную точку) всё время перпендикулярно скорости движения и вызывающая движение по криволинейной траектории. Если величина скорости неизменна, то центростремительная сила вызывает движение тела по круговой траектории. Центростремительная сила $F_{ЦС} = \frac{mv^2}{R}$ сообщает телу центростремительное (нормальное) ускорение. Здесь m – масса тела, v – его линейная скорость, R – радиус кривизны траектории.

ЦЕНТРОСТРЕМИТЕЛЬНОЕ УСКОРЕНИЕ – см. нормальное ускорение.

ЦИКЛИЧЕСКАЯ ЧАСТОТА, угловая частота – физическая величина ω , равная числу полных колебаний, совершаемых

колеблющейся системой за 2π единиц времени: $\omega = 2\pi \nu$, где ν - частота колебаний. Единица циклической частоты в СИ - радиан в секунду ($\text{рад}\cdot\text{с}^{-1}$).

ЧАС (ч) – внесистемная единица времени, равная 60 мин или 3600 с.

ЧАСТНАЯ ПРОИЗВОДНАЯ – производная y'_i функции $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ от нескольких переменных x_1, x_2, \dots, x_n равна производной той функции одной переменной, которая получается, если все аргументы данной функции, кроме одного, считать постоянными: $y'_i = \frac{\partial f}{\partial x_i}$, где $i = 1, 2, \dots, n$.

ЧАСТОТА КОЛЕБАНИЙ – число колебаний, совершаемых колебательной системой за единицу времени. Если время полного колебания равно T , то частота $\nu = \frac{1}{T}$. В СИ единица частоты колебаний - герц (Гц).

ЧАСЫ – прибор для отсчёта времени, состоящий из устройства, поддерживающего периодически повторяющийся процесс, и устройства, измерения числа периодов повторяющегося процесса. Измерение времени - это подсчет числа одинаковых интервалов, через которые повторяется какой-либо процесс, в течении прохождения наблюдаемого явления, длительность которого и определяется. Если периодическим процессом является движение Земли, то прибор для измерения времени - солнечные часы, если колебания маятника - механические часы, если колебания пластинки кварца - кварцевые часы и т.д.

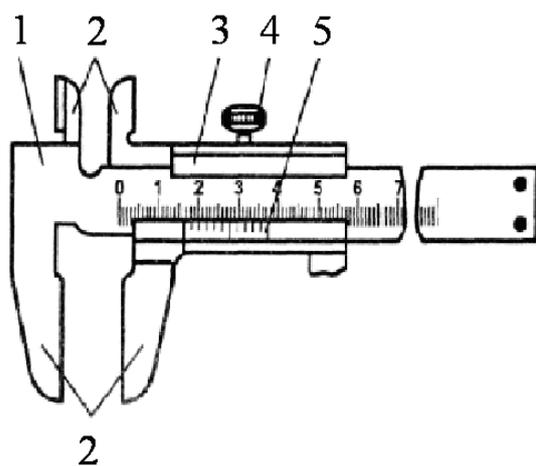
ЧИСЛОВАЯ ОСЬ – прямая линия, на которой задано начало отсчета, положительное направление и единица масштаба.

ЧИСЛО РЕЙНОЛЬДСА – безразмерная характеристика течения жидкости или газа $Re = \frac{\rho \bar{v} D}{\eta}$, где ρ и η – плотность и вязкость жидкости (газа); D – характерный линейный размер течения (например, диаметр трубки) или обтекаемого потоком тела;

\bar{v} – средняя скорость течения. Опыт показывает, что при малых числах Re течение жидкости (или газа) ламинарное, а при больших – турбулентное. Для каждого течения и соответствующего ему значения скорости существует критическое число Рейнольдса $Re_{кр}$, характеризующее переход от ламинарного к турбулентному течению. Так, например, опытно установлено, что для течения жидкости и газа по трубам $Re_{кр} \approx 2300$. Число Рейнольдса является числом динамического подобия, то есть течения любых жидкостей и газов будут совершенно одинаковыми, если число Re для течений одинаково и течения имеют подобную форму. Это динамическое подобие используется при моделировании обтекания реальных объектов обтеканием их уменьшенных моделей.

ШКАЛА средства измерения – совокупность отметок и чисел, изображающая ряд последовательных значений измеряемой величины. Основная характеристика шкалы - цена деления.

ШТАНГЕНЦИРКУЛЬ – прибор для линейных измерений. Им обыкновенно измеряют длины до 25 см, но существуют приборы этого типа, рассчитанные на измерение больших длин.



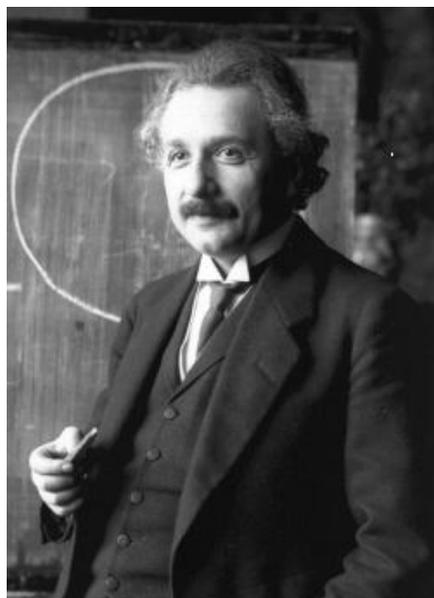
Состоит из стальной линейки с миллиметровой шкалой 1, с одной стороны которой имеется неподвижная ножка 2. Вторая ножка 2 соединена с подвижной рамкой 3 имеющей шкалу-нониус 5, которая может перемещаться вдоль шкалы линейки. Нониус 5 является вспомо-

гательной шкалой, позволяющей отсчитывать доли миллиметра. Зажим 4 фиксирует положение подвижной рамки на линейке. Когда ножки 2 соприкасаются, нуль шкалы линейки и нониуса совпадают. Для того чтобы измерить длину предмета, его помещают между ножками, которые сдвигают до соприкосновения с пред-

метом. После этого делают отсчёт по шкале линейки и шкале нониуса и вычисляют длину предмета. Для этого по линейке считают число целых миллиметров, для чего находят на шкале линейки штрих, ближайший меньший к нулевому штриху нониуса, и запоминают его числовое значение. Затем определяют долю миллиметра в отсчёте, для чего находят на шкале нониуса штрих, совпадающий со штрихом шкалы линейки, запоминают его порядковый номер и умножают этот номер на цену деления нониуса - это будет искомая доля миллиметра в отсчёте. Складывают отсчёты по линейки и нониусу, что и определит длину предмета.

ШУМ – различные звуки, представляющие сочетания множества различных тонов, у которых частота, форма, интенсивность и продолжительность беспорядочно меняется. Шум может быть кратковременным (стук, скрип, хлопок и т.р.) или длительным как, например, шум при работе различных механизмов. Шум встречается в природных условиях, сопровождая различные атмосферные явления (ветер, турбулентные потоки воды и т.д.). Вредно воздействует на организм человека.

ЭЙНШТЕЙН Альберт (1879 – 1955) – выдающийся физик-теоретик, научные труды которого сыграли огромную роль в развитии современной физики. Им созданы специальная и общая теории относительности, коренным образом изменившие представления о пространстве, времени и материи. Сформулировал закон взаимосвязи массы и энергии – один из основных законов современного естествознания.



Внёс большой вклад в развитие квантовой теории. Им введено представление о дискретной, квантовой структуре светового излучения и на её основе объяснение таких явлений, как фотоэффект, правило Стокса для флюоресценции, процесс ионизации

газов ультрафиолетовым светом. В статистической физике развил молекулярно-статистическую теорию броуновского движения. Эйнштейн обобщил закон всемирного тяготения на случай сильных гравитационных полей и быстрых движений. Только после такого обобщения стало возможным применять теорию тяготения ко всей Вселенной. Он работал над созданием единой теории поля, объединяющей гравитационные и электромагнитные взаимодействия. Научные труды А. Эйнштейна имели большое значение в развитии современной физики – квантовой электродинамики, атомной и ядерной физики, физики элементарных частиц, космологии, астрофизики.

ЭКСПЕРИМЕНТ, физический опыт – воспроизведение физического явления в лабораторных условиях, когда устранены все несущественные мешающие факторы.

ЭКСПОНЕНТА, экспоненциальная функция – показательная функция y аргумента x , имеющая основанием число $e = 2,71828\dots$: $y = e^x = \exp x$. Экспоненциальный закон характеризует многочисленные процессы, в которых скорость изменения какого-либо параметра пропорциональна его величине. Примером экспоненциального закона может служить прирост населения страны, размножение бактерий, движение тела в вязкой жидкости, остывание тел, радиоактивный распад и т.д.

ЭКСТРЕМУМ ФУНКЦИИ – максимальное или минимальное значение функции, достигаемое при определенных значениях аргумента, которые называются точками экстремума функции. Экстремум функции имеет локальное значение – это наибольшее или наименьшее значение функции по сравнению с её близлежащими значениями. В точке экстремума производная функции равна нулю и меняет свой знак при переходе через это значение.

ЭМПИРИЧЕСКИЕ ЗАВИСИМОСТИ – уравнения, получаемые с помощью обобщения результатов эксперимента. Эмпи-

рические формулы, наряду с теоретически выведенными формулами, широко используются в практических приложениях.

ЭНЕРГИЯ – единая количественная мера всех форм движения материи. Принято различным формам движения материи приписывать соответствующие названия энергии - механическая, тепловая, электромагнитная и т.д., но это делается только для обозначения. Нет различных видов энергии, есть различные формы движения материи, энергия же - единая мера движения материи. Энергия сохраняется во всех процессах, происходящих в природе. Закон сохранения и превращения энергии выражает несотворимость и неуничтожимость движения.

ЭТАЛОН ЕДИНИЦЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ – средство измерений, обеспечивающее воспроизведение и хранение единицы физической величины с целью передачи её размера образцовым, а от них рабочим средствам измерений. Например, платиноиридиевая гиря – эталон килограмма, специальная установка с токовыми весами – эталон ампера и т.д.

ЭФФЕКТ ДОПЛЕРА – изменение частоты волн при движении источника и приёмника этих волн. Если источник и приёмник волн находятся в покое относительно среды, в которой распространяются волны, то частота, измеряемая приёмником, такая же, как и частота, излучаемая источником. При движении источника и приёмника относительно среды частота ν , воспринимаемая приёмником, определяется соотношением

$$\nu = \nu_0 \frac{\nu + u_{\text{ПР}}}{\nu + u_{\text{ИС}}}, \text{ где } \nu_0 - \text{частота излучения источника; } \nu - \text{ско-$$

рость распространения волн; $u_{\text{ИС}}$ и $u_{\text{ПР}}$ - скорости движения источника и приемника относительно среды соответственно. Здесь $u_{\text{ПР}}$ и $u_{\text{ИС}}$ могут быть как положительными, так и отрицательными: положительные $u_{\text{ПР}}$ соответствуют движению приемника волн к источнику, а положительные $u_{\text{ИС}}$ - движению источника от приемника.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

АБСОЛЮТНАЯ ВЛАЖНОСТЬ – количество водяных паров, содержащихся в кубическом метре воздуха. Единица абсолютной влажности в СИ - килограмм на кубический метр ($\text{кг}\cdot\text{м}^{-3}$).

АБСОЛЮТНАЯ ТЕМПЕРАТУРА, термодинамическая температура – температура, отсчитываемая от абсолютного нуля. Понятие абсолютной температуры введено Кельвином, а шкала, построенная на её основе, называется шкалой Кельвина или абсолютной термодинамической шкалой. Абсолютная температура является мерой кинетической энергии поступательного движения частиц (молекул, атомов и т.д.), из которых состоит вещество.

АБСОЛЮТНЫЙ НУЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ – начало отсчёта температуры по абсолютной, термодинамической температурной шкале. Соответствует температуре, при которой прекращается тепловое движение частиц.

АВОГАДРО Амедео (1776 – 1856) – итальянский физик и химик. Основные работы посвящены молекулярной физике. В



1811 году открыл закон, по которому в равных объёмах различных газов при одинаковых условиях содержится одинаковое количество молекул (закон Авогадро). Исходя из своего закона, разработал метод определения молекулярного и атомного весов. Автор четырехтомного труда “Физика весовых тел, или трактат об общей конституции тел” (1837–1841), который был первым руководством по молекулярной физике.

АГРЕГАТНЫЕ СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА – состояния одного и того же вещества, характеризующиеся различиями в те-

пловом движении его частиц (молекул, атомов, ионов) и их взаимодействии. Вещество может находиться в трёх агрегатных состояниях - газообразном, жидком и твердом.

АДИАБАТА – линия, изображающая на любой термодинамической диаграмме адиабатический процесс. На p, V - диаграмме адиабата изображается гиперболой, показывающей зависимость давления от объёма газа.

АДИАБАТИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС – термодинамический процесс, протекающий без теплообмена с окружающей средой, то есть при полной теплоизоляции. Уравнения состояния идеального газа при адиабатическом процессе, называемые уравнениями Пуассона, имеет вид: $pV^\gamma = const, TV^{\gamma-1} = const$, где p, V и T - давление, объём и температура идеального газа; γ - показатель адиабаты. Работа идеального газа при адиабатическом процессе выражается формулами: $A = \nu c_V (T_1 - T_2)$,

$$A = \nu \frac{RT_1}{\gamma - 1} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} \right], \text{ где } \nu - \text{число молей газа; } \gamma = \frac{c_p}{c_V}, c_V \text{ и}$$

c_p - молярные теплоёмкости идеального газа при постоянном объёме и давлении; T_1, T_2 и V_1, V_2 - начальные и конечные температуры и объёмы газа соответственно; R - молярная газовая постоянная.

АДСОРБЦИЯ – поглощение вещества из газовой или жидкой среды поверхностным слоем твёрдого тела или жидкости. На этом свойстве, например, основано защитное действие противогаса.

АМОΡФНЫЕ ВЕЩЕСТВА – вещества, не имеющие в твёрдом состоянии кристаллического строения. Аморфные вещества не имеют определенной температуры плавления, точки плавления и отвердевания. Теплота, подводимая к аморфным телам при плавлении, идёт только на увеличение кинетической энергии молекул и, следовательно, температура при этом процессе всё время возрастает. При низких температурах аморфные тела по своим свойствам близки к твёрдым телам, а при более высоких - к жидкостям.

АНИЗОТРОПИЯ – неодинаковость физических свойств среды в различных направлениях. Она связана с упорядоченным внутренним строением сред.

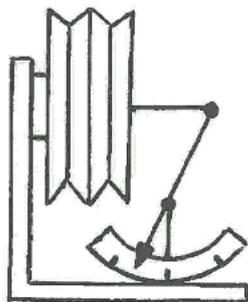
АТМОСФЕРА – газообразная оболочка Земли, состоящая в основном из азота (78%) и кислорода (21%).

АТМОСФЕРА НОРМАЛЬНАЯ, физическая атмосфера (атм) – внесистемная единица давления: $1 \text{ атм} = 101325 \text{ Па} = 760 \text{ мм рт.ст.}$

АТМОСФЕРНОЕ ДАВЛЕНИЕ – давление атмосферного воздуха на находящиеся в нём предметы и земную поверхность. Атмосферное давление не является постоянной величиной, так как зависит от состояния атмосферы – температуры, влажности, движения воздуха и т.п. Атмосферное давление создается силой тяжести, действующей на массу столба воздуха над данным участком поверхности Земли, и уменьшается по мере удаления от поверхности Земли. Закон изменения атмосферного давления в зависимости от высоты над уровнем моря был установлен К. Больцманом.

БАР (бар) – внесистемная единица давления и механического напряжения: $1 \text{ бар} = 10^5 \text{ Па}$.

БАРОМЕТР – прибор для измерения атмосферного давления. Ртутный барометр - стеклянная трубка, запаянная с одного конца, заполненная ртутью и помещенная в вертикальном положении открытым концом в чашку с ртутью



(трубка Торричелли). За меру атмосферного давления принимают высоту столба ртути, оставшегося в трубке, выраженную в миллиметрах. Нормальное атмосферное давление соответствует 760 мм ртутного столба. Металлический барометр - aneroid состоит из герметической металлической, гофрированной камеры, из

которой откачен воздух, связанной системой рычагов со стрелкой, перемещающейся при деформации камеры изменяющимся атмосферным давлением по шкале, градуированной в единицах давления.

БАРОМЕТРИЧЕСКАЯ ФОРМУЛА – формула, определяющая изменение атмосферного давления p с увеличением высоты h над поверхностью Земли в поле силы тяжести при постоянной по высоте температуре T . Давление уменьшается с увеличением высоты от поверхности Земли по экспоненте:

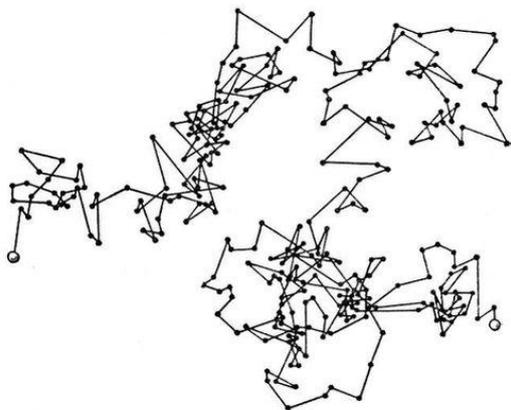
$$p = p_0 e^{-\frac{m_0 g h}{kT}}, \text{ где } p_0 - \text{давление при } h = 0; e - \text{основание нату-}$$

рального логарифма; g - ускорение свободного падения; m_0 - масса молекулы газа; k - постоянная Больцмана.

БОЛЬЦМАН Людвиг (1844 – 1906) – австрийский физик и теоретик, один из основоположников статистической физики и физической кинетики. Основные работы в области кинетической теории газа, термодинамики и теории излучения. Одним из первых ввёл применение в физике к исследованию физических явлений статистико-вероятностных методов. Установил статистическое распределение, названное его именем, дал статистическое обоснование второго начала термодинамики, открыл закон теплового излучения (закон Стефана-Больцмана), подтвержденный экспериментально И.Стефаном. Работы посвящены также математике, механике, оптике, гидродинамике, теории упругости, теории электромагнитного поля и т.п. Его курс «Лекции по теории газов», опубликованный в 1896-1898 гг., приобрёл широкую известность как классический труд по статистической физике.



БРОУНОВСКОЕ ДВИЖЕНИЕ – беспорядочное (хаотическое) движение взвешенных в жидкости или газе небольших по размеру частиц, вызываемое ударами молекул окружающей среды. Траектории их движения имеют вид ломаных линий, причём



между движениями разных частиц не находится ничего общего, в чём и проявляется хаотичность, беспорядочность движения частиц. Каждая броуновская частица движется независимо от других броуновских частиц. Эксперимент показывает, что интенсивность движения взвешенной частицы тем больше, чем мельче частица и чем температура среды

выше. Броуновское движение никогда не прекращается. В каждый момент времени броуновская частица с разных сторон испы-

тывает разное число ударов со стороны молекул жидкости, которые передают ей свои импульсы. Число ударов с одной стороны частицы может оказаться больше, чем с других сторон. Поэтому результирующий импульс всё время должен менять свою величину и направление, а, следовательно, и броуновская частица должна совершать беспорядочное движение, описывая зигзагообразную траекторию. Броуновское движение, не являясь молекулярным движением, служит непосредственным доказательством существования молекул и хаотического характера их теплового движения.

ВАКАНСИЯ – дефект кристаллической решётки, состоящий в отсутствии атома или иона в узле кристаллической решётки.

ВАКУУМ – состояние газа, находящегося при давлении ниже атмосферного. При этом давлении длина свободного пробега молекул газа становится соизмеримой с линейными размерами сосуда, в котором газ находится, и, поэтому, любая молекула пролетает сосуд от стенки к стенке без столкновений с другими молекулами.

ВЕЧНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ – неосуществимая периодически действующая машина, совершающая механическую работу: 1) без получения энергии извне – вечный двигатель первого рода противоречит закону сохранения и превращения энергии; 2) равную тепловой энергии, получаемой от внешнего нагревателя – вечный двигатель второго рода не противоречит закону сохранения и превращения энергии, но нарушает второе начало термодинамики.

ВИСКОЗИМЕТР – прибор для определения вязкости неизвестной жидкости (или газа) сравнением времён прохождения этой жидкости (газа) и жидкости (газа) с известной вязкостью через трубку (капилляр) или отверстие при одинаковых условиях протекания.

ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА – содержание в воздухе водяного пара. В единице объёма воздуха при данной температуре может содержаться лишь вполне определённое количество водяного пара, парциальное давление которого не может превышать давления насыщенного пара при той же температуре. Для оценки количества водяного пара в воздухе введены понятия абсолютной и относительной влажности.

ВНЕДРЕНИЕ – дефект кристаллической решётки, когда между узлами решётки, где никаких атомов не должно быть, находится атом.

ВНУТРЕННЕЕ ТРЕНИЕ – свойство жидкостей и газов оказывать сопротивление перемещению одной их части относительно другой. Внутреннее трение возникает вследствие взаимодействия молекул, находящихся в слоях среды, движущихся с различными скоростями, и определяется законом Ньютона для внутреннего трения: $dF = -\eta \frac{dv}{dx} dS$. Здесь dF - сила внутреннего

трения, действующая на площадку dS поверхности слоя, $\frac{dv}{dx}$ -

градиент скорости движения слоёв в направлении x , перпендикулярном к площадке dS и скорости \vec{v} направленного движения слоёв, η – вязкость (коэффициент внутреннего трения), зависящий от природы и температуры жидкости (газа). Знак «-» определяет направление силы, действующий на более быстро движущейся слой жидкости (газа), против направления его движения. Причиной внутреннего трения является процесс переноса импульса направленного движения частиц вещества в результате их теплового движения, приводящий к выравниванию скоростей направленного движения различных слоёв жидкости (газа).

ВНУТРЕННЯЯ ЭНЕРГИЯ – энергия термодинамической системы, зависящая только от её внутреннего строения и состоящая из кинетической энергии поступательного и вращательного движения молекул, потенциальной энергии их взаимодействия, энергии колебательного движения атомов в молекулах и кристаллах, а также энергии различных видов движения частиц в атомах.

ВНУТРЕННЯЯ ЭНЕРГИЯ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА – определяется только кинетической энергией хаотического движения молекул газа. Она пропорциональна температуре и не зависит от давления и объёма: $U = \nu c_V T$, где ν - число молей газа; c_V - молярная теплоёмкость идеального газа при постоянном объёме; T - абсолютная температура газа.

ВНУТРЕННЯЯ ЭНЕРГИЯ РЕАЛЬНОГО ГАЗА – энергия определяется кинетической энергией молекул и потенциальной энергией их взаимодействия, так как в модели реального газа учитываются силы притяжения между молекулами. Внутренняя энергия газа в модели Ван-дер-Ваальса определяется выражением

ем: $U = \nu(c_V T - a/V)$, где ν - число молей газа; c_V - молярная теплоёмкость газа при постоянном объёме; T и V – абсолютная температура и объём газа; a – поправка Ван-дер-Ваальса на действие сил притяжения. Внутренняя энергия реального газа в отличие от идеального газа зависит не только от температуры газа, но и от его объёма.

ВОЗДУХ – смесь газов, из которых состоит земная атмосфера. Плотность воздуха при нормальных условиях $\rho = 1,29 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$, молярная масса $M = 29\cdot 10^{-3} \text{ кг}\cdot\text{моль}^{-1}$.

ВТОРОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ – один из основных законов термодинамики. Второе начало термодинамики имеет несколько эквивалентных формулировок: 1) невозможен процесс, единственным результатом которого является совершение работы, эквивалентной количеству теплоты, полученной от нагревателя; 2) невозможен процесс, единственным результатом которого является передача энергии в форме теплоты от тела более холодного, к телу более нагретому; 3) при любых процессах, происходящих в замкнутой системе, её энтропия не может убывать; 4) невозможно построить вечный двигатель второго рода. Второе начало термодинамики накладывает определенные ограничения на протекание термодинамических процессов. Второе начало термодинамики - это не такой очевидный принцип, как закон сохранения энергии, скорее, это постулат, который установлен при непосредственном обобщении экспериментальных фактов и который не опровергнут опытом.

ГАЗ – агрегатное состояние вещества, в котором частицы (молекулы, атомы, ионы) слабо связаны между собой силами молекулярного взаимодействия и движутся хаотически, заполняя при этом весь возможный объём.

ГИГРОМЕТР – прибор для определения влажности воздуха. Наиболее распространены: конденсационный гигрометр - для измерения точки росы с последующим определением абсолютной влажности; волосной гигрометр - для измерения относительной влажности по удлинению волоса во влажном воздухе; психрометр.

ГРАДУС – условная единица для измерения температуры, отсчитываемая от условно принятого значения. Так как величина градуса и начало отсчета могут устанавливаться произвольно, то существует несколько разных температурных шкал. В физике

употребляется абсолютная термодинамическая шкала и шкала Цельсия.

ГРАДУС ЦЕЛЬСИЯ ($^{\circ}\text{C}$) – внесистемная единица температуры в температурной шкале, где $0^{\circ}\text{C} = 273\text{ K}$, а $100^{\circ}\text{C} = 373\text{ K}$. Градус Цельсия равен кельвину: $1^{\circ}\text{C} = 1\text{ K}$.

ДАВЛЕНИЕ ГАЗА – внутренний параметр состояния, определяемый не только положением внешних тел, но и хаотическим движением и столкновениями молекул, образующих газ. При хаотическом движении молекулы непрерывно сталкиваются со стенками заключающего газ объёма, и эти удары создают некоторую среднюю силу, действующую на стенки и характеризующуюся давлением. Как известно, давление равно силе, действующей перпендикулярно поверхности, отнесённой к площади этой поверхности, см. с. 17. Давление газа через характеристики его молекул определяется основным уравнением молекулярно-кинетической теории.

ДАВЛЕНИЕ ЛАПЛАСА – давление, которое создаётся искривлённой поверхностью жидкости на внутри лежащую массу жидкости. Оно является добавочным по отношению к молекулярному давлению под плоской поверхностью и определяется силами поверхностного натяжения.

ДАВЛЕНИЕ НАСЫЩЕННОГО ПАРА – давление пара жидкости, находящегося в равновесии с жидкостью над её поверхностью. Оно не зависит при постоянной температуре от объёма, занимаемого паром, и определяется природой жидкости.

ДВИГАТЕЛЬ – машина, преобразующая какой-либо вид энергии в механическую энергию. Чаще всего встречаются тепловые и электрические двигатели.

ДЕФЕКТЫ В КРИСТАЛЛАХ – отклонение в кристаллической решётке твёрдых тел от идеальной, то есть строго периодической структуры. Дефекты решётки могут быть точечными – вакансии, замещение, внедрение и линейными – дислокации. Нарушения кристаллической структуры часто вызывают искусственным путем, так как их присутствие может придавать материалам новые важные свойства.

ДИАГРАММА СОСТОЯНИЯ – графическое изображение соотношения между параметрами состояния равновесной термодинамической системы (давлением, объёмом, температурой и т.д.). Например, на двухмерной p, V -диаграмме осями координат служит давление p и объём V . Зависимость p от V в процессе

представляется некоторой кривой, изображающей рассматриваемый термодинамический процесс. Значение третьего параметра - температуры, можно определить по любой паре значений p и V , зная уравнение состояния данного процесса.

ДИСЛОКАЦИЯ – дефект кристаллической решётки, состоящий в смещении целой линии атомов из правильного положения, определяемого структурой кристаллической решетки. Число, размеры, расположение и подвижность дислокаций имеет значение для механических свойств кристаллических тел.

ДИССОЦИАЦИЯ – распад молекул на более простые части - атомы, группы атомов или ионы. Может происходить при повышении температуры (термическая диссоциация), в растворе электролитов (электролитическая диссоциация) и под действием света (фотохимическая диссоциация).

ДИФФУЗИЯ – процесс взаимного проникновения частиц соприкасающихся газов, жидкостей или твёрдых тел за счёт теплового движения атомов, молекул, ионов или других более крупных частиц, приводящий к установлению однородного распределения концентраций частиц данного сорта в среде. Скорость диффузия во всех агрегатных состояниях вещества сильно зависит от температуры. Распространение вещества в среде происходит в направлении уменьшения его концентрация и описывается

уравнением Фика: $dm = -D \frac{dn}{dx} dS dt$, где dm - масса вещества,

переносимая за время dt через площадку dS , расположенную перпендикулярно к оси x ; $\frac{dn}{dx}$ - градиент концентрации в направлении

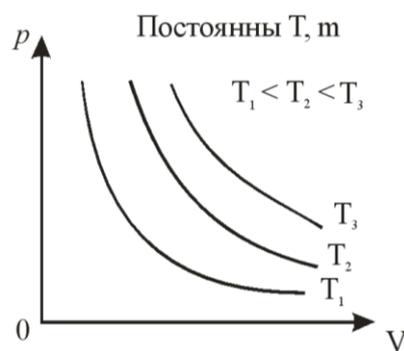
оси x ; D - коэффициент диффузии.

ЖИДКОСТЬ – агрегатное состояние вещества, имеющего определённый объём, но не имеющего определенной формы, и принимающего форму того сосуда, который она заполняет. Жидкости отличаются сильным межмолекулярным взаимодействием, и вследствие этого малой сжимаемостью.

ЗАКОН АВОГАДРО – при одинаковых давлениях и одинаковых температурах в равных объёмах различных идеальных газов содержится одинаковое число молекул. См. число Авогадро.

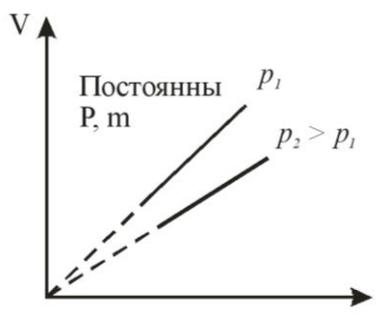
ЗАКОН БОЙЛЯ-МАРИОТТА – газовый закон, согласно которому произведение давления p газа постоянной массы m на

объём V при неизменной температуре T есть величина постоянная: $pV = \text{const}$, $m = \text{const}$, $T = \text{const}$. Графически закон на p, V -диаграмме изображается гиперболой. Каждому значению температуры соответствует своя гиперболическая кривая называемая изотермой. Чем выше температура, тем большее значение имеет произведение pV и тем дальше от начала координат расположена соответствующая изотерма.



ЗАКОН ВОЗРАСТАНИЯ ЭНТРОПИИ – в замкнутой системе самопроизвольные процессы протекают в таком направлении, при котором энтропия системы возрастает. Энтропия возрастает до тех пор, пока система не достигнет равновесного состояния, при котором дальнейшее изменение состояния невозможно без внешних воздействий. При этом любые процессы в изолированной системе при достижении термодинамического равновесия прекращаются, а энтропия системы достигает максимального значения.

ЗАКОН ГЕЙ–ЛЮССАКА – газовый закон, согласно которому объём V неизменной массы m газа при постоянном давлении p прямо пропорционален его абсолютной температуре T : $V = \alpha V_0 T$, $m = \text{const}$, $p = \text{const}$, где V_0 - объём газа при температуре $T_0 = 273$ К, $\alpha = 1/T_0$ - коэффициент объёмного расширения.



Графически зависимость $V(t)$ при постоянном давлении изображается прямой линией. Каждому значению давления соответствует своя прямая линия, называемая изобарой.

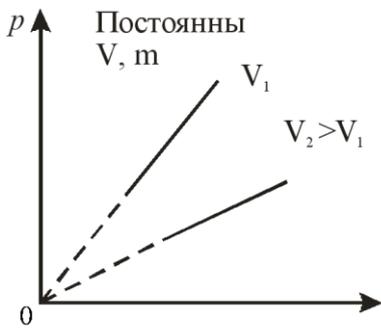
ЗАКОН ДАЛЬТОНА – утверждает, что общее давление смеси химически не взаимодействующих газов равно сумме их парциальных давлений.

ЗАКОН ДЮЛОНГА И ПТИ – экспериментально установленное правило, согласно которому теплоёмкость твёрдых тел при постоянном объёме не зависит от температуры и для моля вещества приблизительно равна $3R$, где R – молярная газовая постоянная. Закон Дюлонга и Пти справедлив для химически простых тел при комнатных температурах.

ЗАКОН РАВНОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ – закон классической статистической физики, выражающий распределение энергии по степеням свободы, согласно которого на каждую степень свободы движения молекулы в среднем приходится одинаковая энергия, равная $\frac{1}{2}kT$, где k – постоянная Больцмана; T – абсолютная температура системы.

ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ МАССЫ – при любых процессах, происходящих в замкнутой системе, масса этой системы остается неизменной.

ЗАКОН ШАРЛЯ – газовый закон, согласно которому давление p неизменной массы m газа при постоянном объеме V прямо пропорционально его абсолютной температуре T : $p = \gamma p_0 T$, $m = const$, $V = const$, где p_0 – давление газа при температуре $T_0 = 273$ К; $\gamma = 1/T_0$ – температурный коэффициент давления. Изохорический процесс в газе, определяемый законом Шарля, на p, T -диаграмме изображается прямой линией.



ЗАКРЫТАЯ СИСТЕМА – система, которая обменивается с окружающей средой только энергией. Изменение энтропии при этом обуславливается как процессами, протекающими в самой системе, так и теплообменом между системой и окружающей средой. При охлаждении, то есть отдаче теплоты в окружающую среду, энтропия системы уменьшается. При условии, когда увеличение энтропии вследствие необратимых процессов внутри системы полностью компенсируется отдачей теплоты в окружающую среду, в системе устанавливается стационарное состояние (эквивалент равновесному состоянию в изолированной системе). При этом энтропия системы поддерживается на некотором постоянном уровне.

ЗАМЕЩЕНИЕ – дефект кристаллической решётки, когда в узле решётки находится атом другого вида.

ИДЕАЛЬНЫЙ ГАЗ – модель газа, в которой не учитываются размеры молекул и силы взаимодействия между ними на расстоянии, а к столкновениям молекул применимы законы соударения упругих шаров. Газы при не слишком низких темпера-

турах и достаточно малых давлениях по своим свойствам близки к идеальному газу.

ИЗМЕНЕНИЕ ЭНТРОПИИ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА – изменение энтропии ΔS непосредствен не измеряется, но являясь функцией состояния энтропия может быть выражена через параметры состояния идеального газа:

$$\Delta S = \nu \left(c_V \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{V_2}{V_1} \right);$$

$$\Delta S = \nu \left(c_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{p_2}{p_1} \right).$$

Здесь c_p и c_V – молярные теплоёмкости газа при постоянном объёме и давлении, p_1, T_1, V_1 и p_2, T_2, V_2 – давление, объём и температура в начальном и конечном состояниях газа. Из формул следует, что энтропия идеального газа увеличивается с повышением температуры и расширением газа или уменьшением давления соответствующему этому расширению.

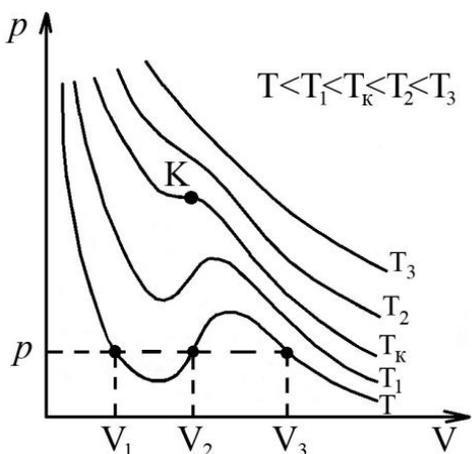
ИЗОБАРА – линия, изображающая на диаграмме состояния изобарический процесс.

ИЗОБАРИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС – термодинамический процесс, протекающий при постоянном давлении. Для идеальных газов описывается законом Гей-Люссака. Работа, совершаемая газом при изобарическом процессе, определяется выражением $A = p(V_2 - V_1)$, где p – давление газа; V_1 и V_2 – начальный и конечный объёмы газа.

ИЗОПРОЦЕСС – термодинамический процесс, протекающий при одном неизменном параметре состояния.

ИЗОТЕРМА – линия, изображающая на диаграмме состояния изотермический процесс.

ИЗОТЕРМА ВАН-ДЕР-ВААЛЬСА – изотерма, имеющая на p, V -диаграмме вид кубической параболы относительно объёма для всех температур, ниже критической температуры T_K . При температурах меньших T_K любая изобара пересекает изотерму Ван-дер-Ваальса в трёх точках, которым соответствуют объёмы V_1, V_2, V_3 . В этой области температур каждому значению давления p соответствуют три различных значения объёма. Это означает, что вещество одновременно находится в трёх фазовых состояниях. При повышении темпе-



ратурах меньших T_K любая изобара пересекает изотерму Ван-дер-Ваальса в трёх точках, которым соответствуют объёмы V_1, V_2, V_3 . В этой области температур каждому значению давления p соответствуют три различных значения объёма. Это означает, что вещество одновременно находится в трёх фазовых состояниях. При повышении темпе-

ратуры точки изотермы Ван-дер-Ваальса, соответствующие решениям уравнения V_1 , V_2 и V_3 , сближаются между собой и, начиная с температуры T_K , соединяются в одну точку К. S-образный участок на изотермах Ван-дер-Ваальса на экспериментальных изотермах не обнаруживается, так как он соответствует фазовому переходу вещества из жидкого состояния в газообразное и обратно. Этот фазовый переход происходит при постоянном давлении и поэтому на экспериментальных изотермах изображается горизонтальной прямой. При температурах выше критической изотермы Ван-дер-Ваальса похожи на изотермы идеальных газов.

ИЗОТЕРМИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС – термодинамический процесс, протекающий при постоянной температуре. Для идеальных газов описывается законом Бойля-Мариотта. При изотермическом расширении в соответствии с первым законом термодинамики, всё подводимое к газу тепло от источника энергии, идёт на совершение газом работы. Работа идеального газа при изотермическом процессе выражается формулой $A = \nu RT \ln \frac{V_2}{V_1}$,

где T - абсолютная температура; V_1 и V_2 - начальный и конечный объёмы газа; ν - число молей газа; R – молярная газовая постоянная.

ИЗОТРОПИЯ – одинаковость физических свойств тел по всем направлениям. Изотропия связана с отсутствием упорядоченного внутреннего строения сред и характерна для газов, жидкостей и аморфных тел.

ИЗОХОРА – линия, изображающая на диаграмме состояния изохорический процесс.

ИЗОХОРИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС – термодинамический процесс, протекающий в системе при постоянном её объёме. При изохорическом процессе подведенная к системе энергия расходуется только на повышение внутренней энергии системы. Для идеальных газов изохорический процесс описывается законом Шарля. Работа газа при изохорическом процессе равна нулю.

ИЗОЭНТРОПИЙНЫЙ ПРОЦЕСС – обратимый адиабатический процесс в идеальном газе.

ИОНЫ – электрически заряженные атомы или группы атомов, образующиеся при потере или приобретении ими электронов. Заряд иона кратен заряду электрона. Ион с положительным электрическим зарядом называется катионом, с отрицательным - анионом.

ИСПАРЕНИЕ – процесс парообразования, происходящий с поверхности жидкости при температуре ниже температуры кипения. Испарение определяется вылетом из поверхностного слоя жидкости молекул, обладающих наибольшей скоростью и кинетической энергией, в результате чего жидкость охлаждается. Скорость испарения (количество молекул, испаряющихся за единицу времени) зависит от природы жидкости, её температуры и от величины поверхности. Нагретая жидкость испаряется быстрее холодной, так как с повышением температуры жидкости увеличивается средняя кинетическая энергия её молекул, и поэтому большая доля молекул может преодолеть молекулярные силы взаимодействия и покинуть пределы жидкости. С увеличением поверхности жидкости число молекул, покидающих жидкость, увеличивается, и скорость испарения возрастает.

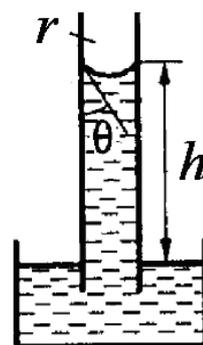
КАВИТАЦИЯ – образование микроскопических полостей в жидкости, которые заполняются парами жидкости или растворенными в ней газами, а затем при сближении частиц захлопываются под большим давлением. Кавитация сопровождается ионизацией, диссоциацией молекул и т.п., а также выделением теплоты.

КАЛОРИЯ (кал) – внесистемная единица количества теплоты: $1 \text{ кал} = 4,19 \text{ Дж}$.

КАПИЛЛЯРНЫЕ ЯВЛЕНИЯ – свойство жидкости подниматься или опускаться в узких трубках по сравнению с её уровнем в широких сосудах. Это явление обусловлено силами взаимодействия между молекулами жидкости и твёрдого тела (см. смачивание). Высота подъёма

(опускания) жидкости в капилляре $h = \frac{2\sigma}{\rho g r}$, где

σ – поверхностное натяжение; ρ - плотность жидкости; g - ускорение свободного падения; r - радиус капилляра. Для одной и той же жидкости при неизменных условиях (постоянной плотности и температуре) изменение её уровня в капилляре зависит только от радиуса капилляра. Для разных жидкостей высота подъёма (опускания) в одинаковых капиллярах определяется родом жидкости.



КАРНО Никола Леонард Сади (1796 – 1832) – французский физик и инженер. Один из создателей технической термодина-

мики. Разработал метод циклов и применил его к исследованию тепловых машин. Ввёл понятие кругового процесса превращения теплоты в работу (цикл Карно), сформулировал теорему о коэффициенте полезного действия тепловых двигателей (теорема Карно), а также впервые показал, что полезную работу можно получить лишь в случае, когда тепло переходит от нагретого тела к более холодному (второе начало термодинамики). К сожалению, работы Сади Карно долгое время после его смерти оставались неопубликованными.



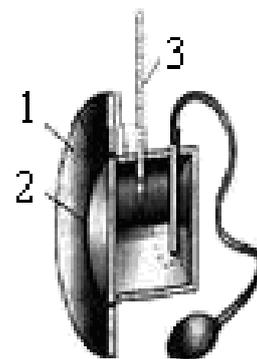
КЕЛЬВИН (К) – единица температуры в абсолютной термодинамической шкале температур, одна из семи основных единиц Международной системы единиц (СИ). Кельвин равен $1/273,16$ части абсолютной температуры тройной точки воды.

КИПЕНИЕ – процесс парообразования, происходящий во всём объёме жидкости и с её поверхности при постоянной температуре - температуре кипения, которая зависит от природы жидкости и внешнего давления. С энергетической точки зрения кипение обусловлено тем, что в определённый объём жидкости подводится в виде теплоты настолько большое количество энергии, что кинетическая энергия молекул становится намного больше потенциальной энергии их взаимодействия между собой и вещество из жидкой фазы переходит в газовую. Чтобы превратить жидкость массой m в пар к ней надо подвести количество теплоты $Q_{\text{ПАР}} = Lm$, где $Q_{\text{ПАР}}$ - теплота парообразования; L - удельная теплота парообразования. Количество теплоты, необходимое для превращения 1 кг жидкости при температуре кипения в пар, называется удельной теплотой парообразования. Единица удельной теплоты парообразования в СИ - джоуль на килограмм ($\text{Дж}\cdot\text{кг}^{-1}$).

КОЛИЧЕСТВО ВЕЩЕСТВА – физическая величина, определяемая числом структурных элементов вещества. Чем больше молекул или атомов в макроскопическом теле, тем больше вещества содержится в нём. Выражается в единицах СИ – молях.

КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛОТЫ – мера изменения внутренней энергии при теплообмене, характеризующая передачу энергии неупорядоченного движения. Если при теплообмене внутренняя энергия тела увеличивается, то тело получило количество теплоты, а при уменьшении внутренней энергии тела - тело отдало количество теплоты. Таким образом, о количестве теплоты можно говорить только в связи с каким либо процессом, происходящим в системе. Количество теплоты характеризует процесс передачи энергии, а не изменение состояния тела (системы). Когда же тело находится в определённом состоянии, то это состояние определяется лишь величиной внутренней энергии. Количество теплоты dQ , необходимое для изменения температуры системы на dT , определяется выражением $dQ = CdT$, где C - теплоёмкость системы в рассматриваемом процессе. Единица количества теплоты в СИ - джоуль (Дж).

КОНДЕНСАЦИОННЫЙ ГИГРОМЕТР – прибор для определения точки росы, по значению которой с помощью таблиц определяют абсолютную влажность воздуха. Прибор состоит из металлической камеры 1 с зеркальной поверхностью 2, внутрь которой помещен термометр 3 и налита легко испаряющаяся жидкости (эфир). Испаряя жидкость, за счёт продувания через неё воздуха, понижают температуру в камере и в окружающем её слое воздуха. При достижении в прилегающем к поверхности камеры воздухе точки росы зеркальная поверхность камеры запотеваает - появляются капельки воды (росы). В момент появления росы определяют по термометру в камере температуру, при которой водяной пар в воздухе становится насыщенным.

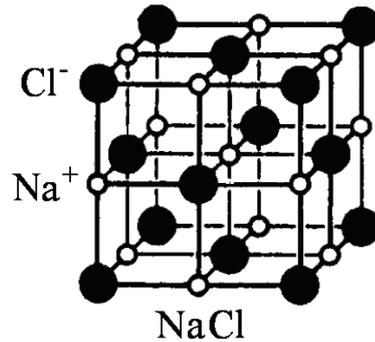


КОНДЕНСАЦИЯ – переход вещества из газообразного состояния в жидкое состояние. Молекулы пара, находящиеся над поверхностью жидкости, вследствие хаотичности своего движения возвращаются внутрь жидкости, из которой вылетели. Процесс конденсации сопровождается выделением теплоты. Конденсация происходит одновременно с парообразованием при любых температурах, но с повышением температуры возрастает скорость испарения, а при понижении температуры, наоборот, более интенсивно происходит конденсация.

КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ТЕПЛООВОГО ДВИГАТЕЛЯ – характеристика тепловой машины, определяющая эффективность преобразования внутренней энергии в механическую энергию. Это безразмерная величина η показывающая, какая часть теплоты Q , полученной от нагревателя, превращается в механическую работу A : $\eta = \frac{A}{Q}$.

КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ – фазовый переход вещества из жидкого состояния в твёрдое состояние, с упорядоченным расположением атомов в пространстве (в кристаллической решётке). Кристаллизация протекает при той же температуре, что и плавление.

КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ РЕШЁТКА – пространственное периодическое расположение атомов, ионов или молекул в кристалле. Точки, в которых расположены частицы, образующие решётку, называются узлами кристаллической решётки. Причиной, приводящей частицы вещества к упорядоченному расположению, характерному для кристаллических тел, является их взаимодействие. В зависимости от природы частиц, помещающихся в узлах кристаллической решётки, и от характера сил взаимодействия между частицами различают четыре вида кристаллов: ионные, атомные, металлические и молекулярные.



КРИСТАЛЛЫ – твёрдые тела, имеющие упорядоченное взаимное расположение образующих их частиц (атомов, молекул, ионов). Каждому веществу, находящемуся при данном давлении и температуре в кристаллическом состоянии, соответствует определенная устойчивая структура.

КРИТИЧЕСКАЯ ТЕМПЕРАТУРА – температура газа, при которой и выше которой его невозможно при сжатии перевести в жидкое состояние.

КРИТИЧЕСКАЯ ТОЧКА – точка на изотерме Ван-дер-Ваальса критической температуры соответствующая объёму газа, равному всем трём вещественным корням решения уравнения Ван-дер-Ваальса.

КРИТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ВЕЩЕСТВА – давление p_K , объём V_K и температура T_K соответствующие критической

точке на изотерме Ван-дер-Ваальса. Они являются характерными константами вещества и определяются экспериментально. По значениям критических параметров рассчитывают поправки Ван-дер-Ваальса для данного вещества: $a = 3p_K V_K^2$; $b = V_K/3$.

КРИТИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВЕЩЕСТВА – состояние вещества, в котором исчезает различие между жидким и газообразным состояниями. Критическому состоянию вещества соответствует критическая температура, понятие о которой было введено Менделеевым. Критическая температура – это температура, при которой поверхностное натяжение данной жидкости становится равным нулю, а значит, исчезает граница между жидкостью и насыщенным паром над ней. При критической температуре переход жидкости в пар осуществляется, минуя двухфазную систему жидкость – насыщенный пар. При температурах выше критической, вещество никакими давлениями не может быть переведено из газообразного состояния в жидкое состояние.

КРУГОВОЙ ПРОЦЕСС, цикл – совокупность термодинамических процессов, в результате которых система возвращается в первоначальное состояние. На диаграммах состояния круговой процесс изображается замкнутой кривой. Круговые процессы положены в основу работы тепловых двигателей.

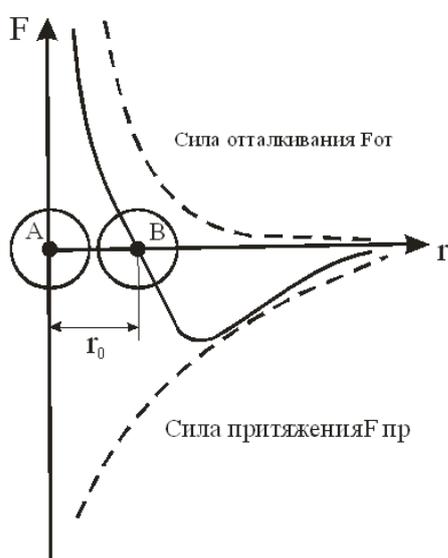
ЛИТР (л) – внесистемная единица объёма: $1 \text{ л} = 10^{-3} \text{ м}^3$.

ЛОМОНОСОВ Михаил Васильевич (1711 – 1765) – русский учёный и писатель, содействовал основанию московского университета, один из ведущих представителей русской и мировой науки и культуры XVIII века, основоположник естествознания в России. Это был многогранный учёный, оставивший яркий след в разных областях науки, техники, литературы и искусства. Организовал первую в России химическую лабораторию, создал несколько гранильных мастерских. Сделал выдающиеся открытия в области науки и техники, обосновал атомно-молекулярную теорию



строения вещества, кинетическую теорию газов, более чем за сто лет предвосхитил создание физической химии, заложил основы учения о теплоте, в астрономии выступил защитником гелиоцентрической системы Кеплера, основоположник современной геологии, проявил себя как изобретатель приборов и инструментов. Одним из великих подвигов было открытие Ломоносовым закона сохранения материи и движения. Учение Ломоносова о теплоте как о молекулярном движении явилось выдающимся достижением, на столетия опередившем современную ему науку. Проводил исследования в области атмосферного электричества. Занимался и оптическими исследованиями, сконструировал телескоп-рефлектор. Его интересовала также астрономия и геофизика. До конца своей жизни Ломоносов трудился над созданием условий, способствующих «процветанию науки» в России.

МЕЖМОЛЕКУЛЯРНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ – взаимодействие между молекулами с силами, величина которых зависит от агрегатного состояния вещества. По современным представлениям, эти силы возникают за счёт взаимодействия электрических зарядов, входящих в состав молекул. Силы молекулярного взаимодействия являются силами притяжения и отталкивания. Их величина зависит от расстояния между молекулами. На рисунке изображен график результирующей сил отталкивания и сил притяжения в зависимости от расстояния r между молекулами А и В. Когда расстояние между молекулами равно r_0 , то сила притяжения численно равна силе отталкивания, вследствие чего молекулы находятся в состоянии равновесия. Если расстояние между молекулами оказывается меньше равновесного значения r_0 - преобладают силы отталкивания, при большем расстоянии - силы притяжения. Силы отталкивания принято считать положительными, а силы притяжения - отрицательными. Силы молекулярного взаимодействия возникают на небольших расстояниях между молекулами, причем силы отталкивания уменьшаются при увеличении расстояния быстрее сил притяжения. Опыт показывает, что на расстоянии r порядка $1,5 \cdot 10^{-9}$ м си-



ческих зарядов, входящих в состав молекул. Силы молекулярного взаимодействия являются силами притяжения и отталкивания. Их величина зависит от расстояния между молекулами. На рисунке изображен график результирующей сил отталкивания и сил притяжения в зависимости от расстояния r между молекулами А и В. Когда расстояние между молекулами равно r_0 , то сила притяжения численно равна силе отталкивания, вследствие чего молекулы находятся в состоянии равновесия. Если

расстояние между молекулами оказывается меньше равновесного значения r_0 - преобладают силы отталкивания, при большем расстоянии - силы притяжения. Силы отталкивания принято считать положительными, а силы притяжения - отрицательными. Силы молекулярного взаимодействия возникают на небольших расстояниях между молекулами, причем силы отталкивания уменьшаются при увеличении расстояния быстрее сил притяжения. Опыт показывает, что на расстоянии r порядка $1,5 \cdot 10^{-9}$ м си-

лы молекулярного взаимодействия практически перестают действовать. Максимальное расстояние между молекулами, при котором сила их взаимодействия ещё отлична от нуля, называется радиусом молекулярного действия.

МЕНДЕЛЕЕВ Дмитрий Иванович (1834 – 1907) - русский учёный и педагог. Работы по химии, а также метрологии, физике и др. Открыл периодический закон химических элементов, предсказал существование критической температуры, записал общее уравнение состояния идеального газа.

МЕНИСК – изогнутая поверхность жидкости, наблюдаемая в капиллярах. Если жидкость смачивает стенки капилляра, то мениск вогнутый, а если не смачивает - выпуклый.

МИЛЛИМЕТР РТУТНОГО СТОЛБА (мм рт. ст.) – внесистемная единица давления: 1 мм рт. ст. = 133,32 Па.

МОЛЕКУЛА – наименьшая устойчивая частица вещества, обладающая его химическими свойствами и состоящая из одного или нескольких атомов одинаковых или различных химических элементов. Молекулы характеризуются размерами и формой, которые определяются длиной и направлением связей между атомами. Измерения показывают, что размеры молекул большинства химических элементов находятся в пределах $(1\div 3)\cdot 10^{-10}$ м, а массы составляют $10^{-26}\div 10^{-27}$ кг.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА – наука, изучающая строение и свойства вещества, явления в газах, жидкостях и твёрдых телах, обусловленные молекулярным движением, а также процессы перехода из одного агрегатного состояния в другое.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ МАССА – масса молекулы, выраженная в единицах атомной массы. Принято массы атомов и молекул сравнивать с 1/12 частью массы атома углерода-12. Величина, равная 1/12 части массы атома углерода-12, называется атомной единицей массы (а.е.м.). Атомной массой химического элемента называется отношение массы атома этого элемента к 1/12 массы атома углерода-12. Молекулярная масса равна сумме всех масс атомов, из которых состоит молекула. Атомная и молекулярная массы являются безразмерными величинами.

МОЛЕКУЛЯРНО–КИНЕТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ – теория строения вещества, в основу которой положены три утверждения, подтвержденных экспериментально: 1) все вещества в природе имеют дискретное строение, то есть состоят из огромного числа мельчайших частиц - молекул и атомов, в состав которых входят

элементарные частицы; 2) частицы находятся в непрерывном хаотическом движении, которое никогда не прекращается и зависит от температуры вещества, - тепловом движении; 3) между частицами вещества существуют силы взаимодействия, проявляющиеся как силы притяжения и силы отталкивания.

МОЛЬ (моль) – единица количества вещества, одна из семи основных единиц Международной системы единиц (СИ). Модем какого-либо вещества называется количество этого вещества, содержащее число частиц (молекул, атомов, ионов), равное числу атомов содержащихся в 0,012 кг углерода-12. Таким образом, по определению, в одном моле различных веществ содержится одно и то же число частиц. Опытным путём найдено, что в моле вещества содержится $6,022 \cdot 10^{23}$ частиц - число Авогадро.

МОЛЯРНАЯ ГАЗОВАЯ ПОСТОЯННАЯ (R) – физическая постоянная, входящая в уравнение состояния идеального газа и численно равная работе расширения одного моля идеального газа в изобарическом процессе при увеличении температуры на 1 К: $R = 8,31 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ (произносится: джоуль на моль-кельвин).

МОЛЯРНАЯ МАССА – величина, равная массе одного моля вещества. Молярная масса – размерная физическая величина, равная отношению массы вещества к количеству молей вещества, которое в нём содержится. Численно значение молярной массы равно молекулярной массе, умноженной на 10^{-3} . Единица молярной массы в СИ – килограмм на моль ($\text{кг} \cdot \text{моль}^{-1}$).

МОЛЯРНАЯ ТЕПЛОЁМКОСТЬ – теплоёмкость одного моля вещества, равная произведению удельной теплоёмкости вещества c на молярную массу M этого вещества: $c_M = c M$. Единица молярной теплоёмкости в СИ - джоуль на моль-кельвин ($\text{Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$).

НАГРЕВАТЕЛЬ – тело, сообщающее рассматриваемой термодинамической системе энергию в форме теплоты.

НАИБОЛЕЕ ВЕРОЯТНАЯ СКОРОСТЬ – скорость теплового движения молекул газа v_B , к которой близки скорости движения большинства молекул при данной температуре. Она соответствует наибольшему значению кривой распределения

Максвелла: $v_B = \sqrt{\frac{2RT}{M}}$, где R – молярная газовая постоянная;

M - молярная масса газа; T - абсолютная температура.

НАСЫЩЕННЫЙ ПАР – пар, находящийся в динамическом равновесии со своей жидкостью. В закрытом сосуде с некоторым количеством жидкости при состоянии динамического равновесия, сколько молекул из жидкости переходит в пар, столько же молекул из пара переходит в жидкость. При этом давления пара и жидкости оказываются одинаковыми. Насыщенный пар не подчиняется газовым законам.

НЕОБРАТИМЫЙ ПРОЦЕСС – процесс, который самопроизвольно может протекать только в одном направлении. В обратном направлении он может быть осуществлен только в результате действия внешних сил. Примеры необратимых процессов: расширение газа в пустоту (вакуум), диффузия, теплообмен.

НЕРАВНОВЕСНЫЙ ПРОЦЕСС – процесс, при котором хотя бы одно из состояний, проходимых системой, является неравновесным. Неравновесные процессы необратимы.

НЕРАВНОВЕСНОЕ СОСТОЯНИЕ СИСТЕМЫ – состояние термодинамической системы, при котором параметры состояния изменяются в пространстве и во времени, что приводит к потоку вещества или энергии. К явлениям, связанным с неравновесными состояниями, относятся, например, явления переноса, неравновесного излучения, газодинамические явления.

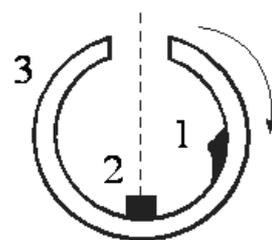
НОРМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ – стандартные физические условия, определяемые давлением $p_H = 101325$ Па (760 мм рт. ст.) и абсолютной температурой $T_H = 273,15$ К ($t_H = 0$ °С). При нормальных условиях 1 моль идеального газа занимает объём $V_{MH} = 22,41 \cdot 10^{-3}$ м³. Все величины характеризующие состояние газа, приводятся к нормальным условиям с помощью газовых законов.

НУЛЕВОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ – утверждение о том, что изолированная система с течением времени приходит в равновесное состояние, при котором в ней всюду будет одна и та же температура и из которого она не может выйти самопроизвольно.

ОБРАТИМЫЙ ПРОЦЕСС – процесс, который может происходить в двух противоположных направлениях через одну и ту же последовательность промежуточных состояний. В результате система приходит в исходное состояние, причем в окружающей среде никаких изменений не остаётся. Процесс может быть практически обратимым лишь при условии, что изменение параметров системы происходит настолько медленно, что она в

каждый момент времени находится в состоянии равновесия. Примером обратимого механического процесса может служить свободное падение тела без трения. Если такое тело испытывает упругий удар о горизонтальную плоскость, то оно возвращается в исходную точку траектории, причем форма тела и плоскости после удара восстанавливаются - каких-либо изменений в окружающих телах не происходит.

ОПЫТ ШТЕРНА – экспериментальное определение (1920 г.) скоростей теплового движения молекул вещества в газообразном состоянии. Были определены скорости движения частиц серебра в газообразном состоянии по месту их осаждения 1 на экране 3, вращающемся с постоянной скоростью относительно источника частиц серебра - раскаленной проволоки (осаждение на неподвижном экране 2, см. рис.). Эксперимент подтвердил правильность теоретически полученного распределения Максвелла молекул идеального газа по скоростям теплового движения.



ОСМОС – диффузия вещества через полупроницаемую мембрану, разделяющую два раствора различной концентрации.

ОСМОТИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ – избыточное давление, производимое растворённым веществом при диффузии раствора через полупроницаемую мембрану.

ОСНОВНОЕ УРАВНЕНИЕ МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ идеального газа – уравнение, устанавливающее связь между давлением p , объёмом V и скоростью движения молекул идеального газа: $p = \frac{1}{3} m_0 \frac{N}{V} \overline{v^2}$, где N - число молекул в объёме V ; m_0 - масса одной молекулы; $\overline{v^2}$ - средний квадрат скорости молекул.

Название «основное» связано с тем, что уравнение выявляет зависимость экспериментально измеряемого параметра состояния – давления от микрохарактеристик отдельных молекул газа – массы молекулы и её среднего квадрата скорости $\overline{v^2}$: давление результат взаимодействия и состояния множества отдельных молекул, образующих термодинамическую систему.

ОТВЕРДЕВАНИЕ – процесс перехода вещества из жидкого состояния в твёрдое состояние. То же самое, что и кристаллизация.

ОТКРЫТАЯ СИСТЕМА – термодинамическая система, которая может обмениваться с окружающей средой и энергией и веществом. Примером такой системы может служить химический процесс, при котором в систему непрерывно поступают исходные вещества, происходят их химические превращения с выделением теплоты и затем продукты реакции вместе с некоторой долей выделившейся теплоты удаляются в окружающую среду. Такой процесс характеризуется скоростью изменения энтропии, которая при установившемся процессе является постоянной величиной.

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЛАЖНОСТЬ – величина, равная отношению плотности водяного пара, содержащегося в воздухе при данной температуре, к плотности насыщенного пара при той же температуре, выраженная в процентах. Так как плотность насыщенного пара зависит от температуры, относительная влажность меняется при изменении температуры, даже если абсолютная влажность остается неизменной. При охлаждении до точки росы относительная влажность достигает 100 %.

ПАР – вещество в газообразном состоянии, которое в данных условиях может находиться в равновесии с тем же веществом в жидком или твердом состояниях. Принято воду в газообразном состоянии даже при температурах и давлениях, когда она не находится в равновесии со своей жидкой фазой, называть паром.

ПАРООБРАЗОВАНИЕ – процесс перехода вещества из жидкого состояния в газообразное. Непрерывно движущиеся молекулы жидкости всё время обмениваются друг с другом энергией. При этом кинетическая энергия одних молекул уменьшается, а других увеличивается. В поверхностном слое жидкости молекулы, кинетическая энергия которых в результате обмена окажется больше, чем средняя кинетическая энергия других молекул, могут преодолеть их притяжение и вылететь за пределы поверхностного слоя. Вылетевшие за пределы поверхностного слоя жидкости молекулы и образуют пар этой жидкости. Существует два вида парообразования: испарение и кипение.

ПАРАМЕТРЫ СОСТОЯНИЯ – физические величины, определяющие термодинамическое состояние системы в данный момент времени в целом без учёта её внутреннего строения. Для газа они определяются четырьмя величинами - давлением, объёмом, температурой и массой. Два состояния системы считаются

разными, если для них численные значения, хотя бы одного из термодинамических параметров, неодинаковы. Изменение двух или более параметров состояния системы называется термодинамическим процессом.

ПАРЦИАЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ – давление газа, входящего в смесь газов, которое он создал бы, занимая один весь объём смеси и находясь при температуре смеси.

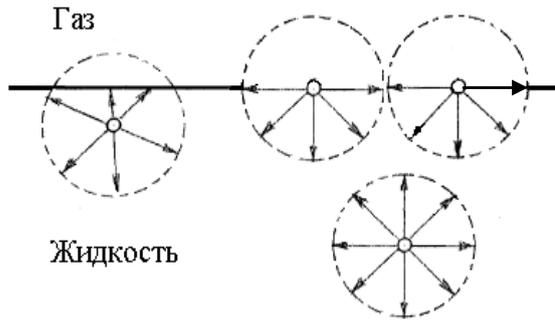
ПЕРВОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ – один из основных законов термодинамики, выражающий закон сохранения и превращения энергии в применении к тепловым процессам: количество теплоты Q , сообщенное термодинамической системе при энергетическом взаимодействии с внешними телами, расходуется на изменение её внутренней энергии ΔU и на совершение системной работы A против внешних сил: $Q = \Delta U + A$. Величины, входящие в уравнение первого начала термодинамики, могут быть как положительными, так и отрицательными и равными нулю. Принято считать $Q > 0$ и $A > 0$, если системе передается тепло и она совершает работу. Первый закон термодинамики является экспериментальным законом и не требует теоретического обоснования. Он применим к любым системам и к любым видам взаимодействий. Ему подчиняются все процессы в природе.

ПЛАВЛЕНИЕ – переход вещества из твёрдого состояния в жидкое, происходящий с поглощением некоторого количества теплоты. Кристаллические вещества плавятся при определенной температуре, которую называют температурой плавления. Эта температура определяется природой вещества и давлением. Подводимое количество теплоты при процессе плавления $Q_{\text{пл}}$ (теплота плавления) идёт на выполнение работы по разрушению кристаллической решётки, то есть на увеличение потенциальной энергии молекул вещества. Теплота плавления $Q_{\text{пл}}$, необходимая для перевода вещества массой m из твёрдого состояния в жидкое при температуре плавления $T_{\text{пл}}$, определится выражением $Q_{\text{пл}} = \lambda m$, где λ - удельная теплота плавления. Удельная теплота плавления - величина, измеряемая количеством теплоты, необходимым для перевода 1 кг твёрдого кристаллического вещества в жидкое состояние при температуре плавления. Единица удельной теплоты плавления в СИ – джоуль на килограмм ($\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$). При нагревании твёрдого аморфного вещества оно постепенно раз-

мягчается и превращается в жидкость. Температура при этом процессе всё время возрастает.

ПЛОТНОСТЬ – физическая величина, численно равная массе единицы объёма вещества. Единица плотности в СИ - килограмм на кубический метр ($\text{кг}\cdot\text{м}^{-3}$).

ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ – явление, обусловленное силами взаимодействия между молекулами поверхностного слоя жидкости. Молекулы, расположенные вблизи поверхности жидкости,



имеют одинаковых с ними соседей только с одной стороны поверхности, в отличие от молекул, находящихся в глубине жидкости и окруженных со всех сторон такими же молекулами. Поэтому на молекулы в поверхностном слое действуют

не скомпенсированные силы, направленные внутрь жидкости. Эти силы дают составляющие как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях. Вертикальные силы стремятся втянуть молекулы поверхностного слоя внутрь жидкости. Горизонтальные силы сближают молекулы, что приводит к сокращению поверхности жидкости. Эти силы называются силами поверхностного натяжения. Для количественной оценки силы поверхностного натяжения используют поверхностное натяжение σ , определяемое силой F , приходящейся на единицу длины l любой линии, расположенной на поверхности жидкости: $\sigma = \frac{F}{l}$. Величина по-

верхностного натяжения для данной жидкости зависит от её температуры, а для разных жидкостей - от их природы, определяемой силами взаимодействия между молекулами. В СИ единица поверхностного натяжения - ньютон на метр ($\text{Н}\cdot\text{м}^{-1}$).

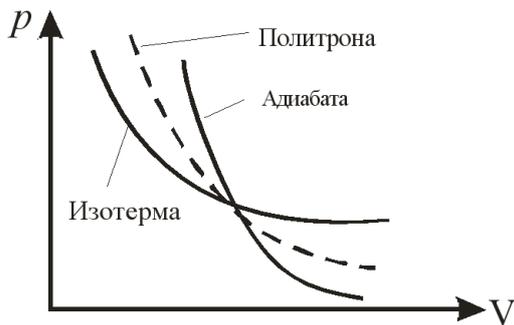
ПОЛИТРОПНЫЙ ПРОЦЕСС – термодинамический процесс, протекающий в системе с постоянной теплоёмкостью.

Уравнение политропного процесса имеет вид: $pV^n = \text{const}$, где

p – давление; V - объём газа; $n = \frac{C - C_P}{C - C_V}$, $C = \text{const}$ - теплоём-

кость системы; C_P и C_V - теплоёмкости системы при постоянном давлении и объёме. Теплоёмкость любой системы в зависимости

от протекающего процесса может принимать значения от $+\infty$ до $-\infty$ с прохождением через нулевую теплоемкость (её имеют все тела, испытывающие адиабатическое изменение).



Поэтому все изопроцессы являются частными случаями политропного процесса: изобарический процесс $n = 0$; изотермический процесс $n = 1$; изохорический процесс $n = \pm\infty$;

адиабатический процесс - $n = \frac{C_p}{C_v}$, так как $C = 0$.

ПОСТОЯННАЯ БОЛЬЦМАНА (k) – физическая постоянная, равная отношению молярной газовой постоянной R к числу Авогадро N_A : $k = \frac{R}{N_A} = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж·К⁻¹ (произносится:

джоуль на кельвин). Постоянная Больцмана определяет соотношение между энергией, измеряемой в джоулях, и температурой, измеряемой в кельвинах.

ПОСТОЯННЫЕ ВАН-ДЕР-ВААЛЬСА – постоянные a и b , входящие в уравнение Ван-дер-Ваальса и определяющие действие сил притяжения между молекулами и собственный объём всех молекул моля газа соответственно. Значения поправок для каждого вещества вычисляются на основании экспериментально установленных критические параметры давления p_K ,

объёма V_K и температуры T_K : $a = \frac{27 R^2 T_K^2}{64 p_K}$, $b = \frac{R T_K}{8 p_K}$. Здесь R -

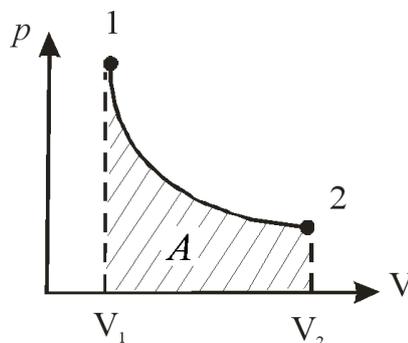
молярная газовая постоянная.

ПРОЦЕСС, термодинамический процесс – переход термодинамической системы из одного равновесного состояния в другое, при котором изменяется хотя бы один параметр состояния. Переход из одного состояния в другое система может осуществить бесчисленным числом процессов.

ПСИХРОМЕТР – прибор для определения влажности воздуха с помощью вычислений по показаниям температуры двух термометров. Прибор состоит из расположенных рядом двух термометров, один из которых обернут мокрой тканью, и вентилятора для обдувания термометров исследуемым воздухом.

РАБОТА – макроскопическая характеристика, связанная с механическим перемещением тел или их частей под действием сил, то есть определяет изменение энергии упорядоченного движения тел. Поэтому работа является способом передачи энергии упорядоченного движения, изменяющей внутреннюю энергию термодинамической системы. Работа совершаемая термодинамической системой при конечном изменении объёма от V_1 до объёма V_2 определяется выражением:

$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV$. Этот интеграл, а



следовательно, и совершенная работа, геометрически представляется площадью фигуры, ограниченной графиком процесса на p, V -диаграмме, осью абсцисс и ординатами, проходящими через начальное V_1 и конечное V_2 значения объёмов системы. Таким образом, работа при изменении состояния системы зависит от того, каким именно образом происходит это изменение.

РАБОЧЕЕ ТЕЛО, рабочее вещество – вещество, посредством которого осуществляется преобразование внутренней энергии в механическую работу в тепловом двигателе. Принципиально рабочим веществом может быть любое тело. Но наибольшее применение в качестве рабочего тела имеют газообразные продукты сгорания топлива - в двигателях внутреннего сгорания и водяной пар - в энергетических тепловых установках. Реже используются углекислота и гелий (главным образом на атомных станциях), фреон и аммиак (в холодильных установках) и некоторые другие.

РАВНОВЕСНЫЙ ПРОЦЕСС – термодинамический процесс, протекающий настолько медленно, что в любой момент времени состояние системы можно считать равновесным, то есть температура и давление во всех частях системы будут одинаковыми.

РАВНОВЕСНОЕ СОСТОЯНИЕ – состояние термодинамической системы, при котором параметры состояния системы имеют определенные значения, остающиеся при неизменных внешних условиях постоянными сколько угодно долго. Уравнение, связывающее эти параметры, называются уравнением состояния.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БОЛЬЦМАНА – закон равновесного распределения частиц идеального газа во внешнем потенциаль-

ном поле: $n = n_0 e^{-\frac{U}{kT}}$, где n и n_0 - концентрация частиц в точках поля, для которых потенциальная энергия частиц равна U и нулю соответственно; k - постоянная Больцмана; T - абсолютная температура, e - основание натурального логарифма. Л. Больцман доказал, что формула распределения является справедливой для потенциального поля любой природы, например, гравитационного, электростатического, и для любой совокупности одинаковых частиц, совершающих тепловое движение.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСВЕЛЛА – теоретически выведенный закон, определяющий число частиц dN из общего числа частиц N идеального газа в состоянии термодинамического равновесия, скорости которых находятся в интервале от v до $v+dv$:

$$dN = 4\pi N \left(\frac{m_0}{2\pi kT} \right)^{3/2} v^2 e^{-\frac{m_0 v^2}{2kT}} dv, \text{ где } m_0 \text{ – масса молекулы га-}$$

за; T – абсолютная температура газа; k – постоянная Больцмана.

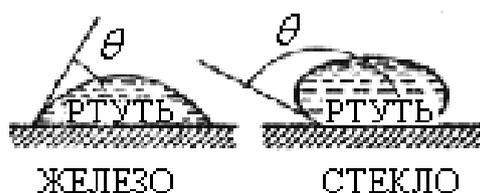
Несмотря на хаотичный характер движения молекул газа и наличие у них при данной температуре различных скоростей, существует вполне определенный закон, которому подчинены скорости молекул равновесного состояния газа. Независимо от того, как двигались и где находились молекулы газа в начальный момент времени, по истечении некоторого промежутка времени в результате межмолекулярных столкновений установится равновесное максвелловское распределение молекул по скоростям. Поэтому из распределения Максвелла невозможно определить, в каком начальном состоянии находился газ до наступления равновесного состояния, что указывает на существенное отличие тепловой формы движения от механической формы движения. Закон распределения молекулярных скоростей является примером статистического закона, которые справедливы для любого явления происходящего при взаимодействии большого числа частиц. Теоретический закон Максвелла подтвержден опытами Штерна. Из распределения Максвелла можно определить функцию распределения Максвелла.

РЕАЛЬНЫЙ ГАЗ – модель газа, описывающая состояние газа при увеличении его плотности, когда расстояние между его молекулами становится соизмеримым с их размерами. Это при-

водит к необходимости учёта сил взаимодействия между молекулами газа. В модели реального газа Ван-дер-Ваальса молекулы рассматриваются как абсолютно твёрдые упругие шарики, между которыми действуют силы притяжения. Такая модель позволяет получить уравнение состояния, пригодное для описания свойств плотных газов и фазовых переходов - уравнение Ван-дер-Ваальса.

СВОБОДНАЯ ЭНЕРГИЯ – функция состояния F термодинамической системы, определяющая часть внутренней энергии U , которая может быть превращена в работу при обратимом изотермическом процессе: $F = U - TS$, где T и S – абсолютная температура и энтропия системы. Свободная энергия F меньше внутренней энергии U на величину TS , называемую связанной энергией. Эта часть внутренней энергии, ни при каких условиях не может быть превращена в работу. Поэтому увеличение энтропии снижает техническую ценность внутренней энергии, ограничивая превращение энергии хаотического теплового движения в другие виды энергии.

СМАЧИВАНИЕ – явление, возникающее в результате взаимодействия молекул твёрдого тела с молекулами жидкости и приводящее к искривлению её поверхности у поверхности твёрдого тела. Если силы взаимодействия между молекулами твёрдого тела и жидкости больше сил взаимодействия между молекулами



самой жидкости, то жидкость будет смачивающей. Если же силы притяжения между молекулами жидкости больше, чем между молекулами жидкости и твёрдого

тела, то жидкость - несмачивающая. Степень взаимодействия между молекулами твёрдого тела и жидкости характеризуется краевым углом θ , который образует плоскость, касательная к поверхности жидкости в точке соприкосновения её с поверхностью твёрдого тела, и эта поверхность. У смачивающих жидкостей краевой угол острый ($\theta < 60^\circ$), а у несмачивающих - тупой ($\theta > 90^\circ$). Если жидкость полностью смачивает твёрдое тело, то краевой угол равен нулю и капля растекается по поверхности. При полном несмачивании $\theta = 180^\circ$ и абсолютно круглая капля касается поверхности лишь в одной точке.

СРЕДНЕЕ ЧИСЛО СОУДАРЕНИЯ МОЛЕКУЛЫ – число соударений молекулы в единицу времени z , равное отно-

шению средней арифметической скорости движения молекул \bar{v} к средней длине свободного пробега λ : $z = \frac{\bar{v}}{\lambda}$. Для молекул идеального газа $z = \sqrt{2} \pi d^2 n \bar{v}$, где n - концентрация молекул, d - эффективный диаметр молекулы.

СРЕДНЯЯ АРИФМЕТИЧЕСКАЯ СКОРОСТЬ – скорость \bar{v} , значение которой равно арифметическому среднему

скоростей v_i молекул газа: $\bar{v} = \frac{\sum_{i=1}^N v_i}{N}$, где N - число молекул газа.

На основании закона распределения молекул по скоростям Максвелла можно вывести формулу для расчёта этой скорости:

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}, \text{ где } R - \text{ молярная газовая постоянная; } T - \text{ абсолютная}$$

температура; M - молярная масса газа.

СРЕДНЯЯ ДЛИНА СВОБОДНОГО ПРОБЕГА – среднее расстояние λ , проходимое частицей (атомом, молекулой и т.д.) между двумя последовательными соударениями с другими частицами при тепловом движении. Длина свободного пробега тем больше, чем меньше концентрация частиц. Для молекул идеального газа $\lambda = \frac{1}{\sqrt{2} \pi d^2 n}$, где n – концентрация молекул газа; d - эффективный диаметр молекулы.

СРЕДНЯЯ КВАДРАТИЧНАЯ СКОРОСТЬ – скорость v_{KB} , квадрат которой равен среднему значению квадратов скоро-

стей v_i молекул газа: $v_{KB}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N v_i^2}{N}$, где N - число молекул газа. На

основании закона распределения молекул по скоростям Максвелла можно вывести формулу для расчёта этой скорости:

$$v_{KB} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}, \text{ где } R - \text{ молярная газовая постоянная; } T - \text{ абсолютная}$$

температура газа; M - молярная масса.

СТЕПЕНИ СВОБОДЫ МОЛЕКУЛЫ – число независимых движений происходящих одновременно и определяющих возможные движения молекулы. Одноатомные молекулы могут совершать только поступательное движение. Многоатомные мо-

лекулы могут совершать поступательное, вращательное и колебательное движения. Число степеней $i_{\text{П}}$ поступательного движения равно трём. Число степеней вращательного движения $i_{\text{ВР}}$ для линейных молекул равно двум, а для всех других трём. Если молекула состоит из N атомов, то число колебательных степеней свободы $i_{\text{К}}$ для: линейной молекулы $i_{\text{К}} = 2(3N - 5)$; в общем случае $i_{\text{К}} = 2(3N - 6)$. Полное число степеней свободы $i = i_{\text{П}} + i_{\text{ВР}} + i_{\text{К}}$. На каждую степень свобода движения приходится в среднем одинаковая энергия, определяемая законом равнораспределения энергии Больцмана, что позволяет определить энергию теплового движения молекулы. Необходимо отметить, что колебательные степени свободы оказывают влияние на энергию молекулы только при очень высоких температурах (тысячи градусов), когда их и надо учитывать.

СУБЛИМАЦИЯ – процесс перехода вещества из твёрдого состояния в газообразное, минуя жидкую фазу. С молекулярной точки зрения процесс сублимации напоминает процесс испарения жидкостей. Он заключается в отрыве частиц от поверхности кристалла. Такой отрыв связан с совершением работы против сил, удерживающих частицы в узлах кристаллической решётки. Поскольку в кристалле всегда найдутся частицы, кинетическая энергия которых достаточно велика для того, чтобы они совершили работу отрыва и перешли в парообразную фазу. В той или иной степени сублимируют все твёрдые тела. Однако при обычных условиях этот процесс у многих веществ столь незначителен, что практически не обнаруживается.

ТВЁРДОЕ ТЕЛО – агрегатное состояние вещества, в котором образующие его частицы (атомы, молекулы, ионы) совершают малые тепловые колебания около фиксированных положений равновесия. Твёрдые тела характеризуются постоянством формы и объёма. В физике к ним относят кристаллические вещества. Твёрдые аморфные тела рассматривают как жидкости, имеющие большую вязкость.

ТЕМПЕРАТУРА – параметр состояния термодинамической системы, являющийся мерой средней кинетической энергии поступательного движения образующих её частиц. Температура – статистическая величина. В состоянии теплового равновесия температура одинакова для всех частей системы. Измеряют температуру с помощью термометра, приводимого в тепловой кон-

такт с исследуемой системой. Единица температуры в СИ - кельвин.

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ШКАЛА ЦЕЛЬСИЯ – шкала, в которой за нулевую точку отсчёта температуры $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ принята температура плавления льда, за $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ – температура кипения воды при нормальных условиях. Шкала температур между точками 0 и 100 делится на сто равных частей, называемых градусом Цельсия.

ТЕОРЕМА КАРНО – из всех тепловых машин, работающих с тем же нагревателем и тем же холодильником, наибольшим коэффициентом полезного действия обладают обратимые машины, причём их коэффициенты полезного действия не зависят от особенностей конструкции и равны между собой. Теорема указывает пути наибольшего повышения КПД тепловых машин – повышение температуры нагревателя и понижение температуры холодильника.

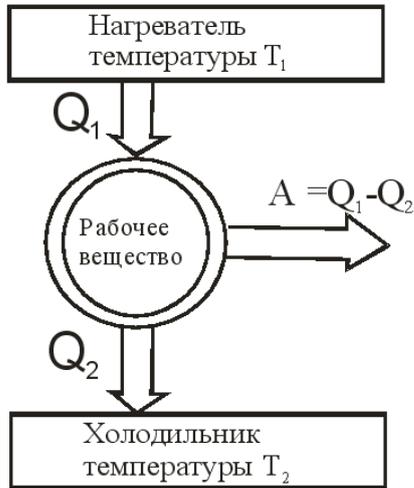
ТЕОРЕМА НЕРНСТА – теорема, определяющая начало отсчёта энтропии: независимо от внешних параметров энтропия термодинамической системы стремится к нулю при стремлении к нулю абсолютной температуры системы. Теорема Нернста является обобщением экспериментальных фактов.

ТЕПЛОВОЕ ДВИЖЕНИЕ – беспорядочное непрерывное движение больших совокупностей частиц – атомов, молекул, электронов, ионов, коллоидных частиц. Это движение никогда не прекращается и присутствует во всех телах. Его интенсивность возрастает с увеличением температуры. Тепловое движение описывается законами статистической механики, из которых следует необратимость тепловых явлений.

ТЕПЛОВОЕ РАВНОВЕСИЕ – состояние термодинамической системы, когда частицы образующих её тел обмениваются энергией хаотического (теплого) движения в равных количествах. При этом тела системы становятся одинаково нагретыми. Для характеристики степени нагретости различных тел введена специальная величина - температура, определяющая отклонение теплового состояния одного тела от теплового равновесия с другим телом. Поэтому в тепловом равновесии все части системы имеют одинаковую температуру.

ТЕПЛОВОЙ ДВИГАТЕЛЬ, тепловая машина – устройство для преобразования внутренней энергии в механическую работу. Если переход механической энергии во внутреннюю

энергию возможен при взаимодействии двух тел, то для непрерывного превращения внутренней энергии в работу требуется устройство из трёх тел – нагревателя, холодильника и рабочего



тела (рабочего вещества). Нагреватель передает некоторое количество теплоты рабочему телу, которое часть тепла превращает в механическую работу, а другую часть отдаёт холодильнику. Работа A , совершаемая тепловым двигателем, равна разности количества теплоты, полученной рабочим телом от нагревателя Q_1 и отданной им холодильнику Q_2 . В паровых машинах и турбинах нагревателем служит паровой котел, рабочим телом - пар, а холодильником - атмосфера или устройство для охлаждения отработанного пара. В двигателях внутреннего сгорания нагревателем и рабочим телом служит топливо, а холодильником - атмосфера. Степень эффективности преобразования внутренней энергии в работу характеризуется коэффициентом полезного действия. Тепловая машина, рабочим телом в которой является идеальный газ, и которая работает по замкнутому обратимому циклу - циклу Карно, называется идеальной тепловой машиной, с помощью которой определяются пути повышения КПД.

тела (рабочего вещества). Нагреватель передает некоторое количество теплоты рабочему телу, которое часть тепла превращает в механическую работу, а другую часть отдаёт холодильнику. Работа A , совершаемая тепловым двигателем, равна разности количества теплоты, полученной рабочим телом от нагревателя Q_1 и отданной им холодильнику Q_2 . В паровых машинах и турбинах нагревателем служит паровой котел, рабочим телом - пар, а холодильником - атмосфера или устройство для охлаждения отработанного пара. В двигателях внутреннего сгорания нагревателем и рабочим телом служит топливо, а холодильником - атмосфера. Степень эффективности преобразования внутренней энергии в работу характеризуется коэффициентом полезного действия. Тепловая машина, рабочим телом в которой является идеальный газ, и которая работает по замкнутому обратимому циклу - циклу Карно, называется идеальной тепловой машиной, с помощью которой определяются пути повышения КПД.

ТЕПЛОЁМКОСТЬ – отношение количества теплоты dQ , сообщенного телу (системе) в каком-либо процессе, к соответствующему изменению температуры тела (системы) dT : $C = \frac{dQ}{dT}$.

Она численно равна количеству теплоты, необходимому для изменения температуры тела (системы) на 1 К. Теплоёмкость C зависит от массы тела, природы его вещества и от условий сообщения тепла. Последнее определяет влияние на неё изменения параметров состояния при нагревании. Поэтому определяют теплоёмкость при определённых процессах. Теплоёмкость при изобарическом процессе называется теплоемкостью при постоянном давлении (C_p). Теплоёмкость при изохорическом процессе называется теплоёмкостью при постоянном объеме (C_v). Всегда $C_p > C_v$. Для веществ в твердом состоянии теплоёмкости C_v и

C_p незначительно отличаются друг от друга. Единица теплоёмкости в СИ - джоуль на кельвин ($\text{Дж}\cdot\text{К}^{-1}$).

ТЕПЛООБМЕН, теплопередача – самопроизвольный процесс передачи внутренней энергии в форме теплоты от нагретых тел к холодным. Этот процесс всегда является необратимым. Мера изменения внутренней энергии при теплообмене называется количеством теплоты.

ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ – перенос энергии в форме теплоты от более нагретых участков тела к менее нагретым участкам в результате теплового движения и взаимодействия частиц (атомов, молекул и т.д.) его составляющих. Частицы участков тела, где температура выше, обладают большей энергией и передают её соседним частицам, обладающим меньшей энергией. Это ведёт к выравниванию разности температур внутри тела. Передача тепла при теплопроводности не связана с переносом частиц. Количество теплоты dQ , переносимое через площадь сечения dS , перпендикулярную к выбранной оси x , за время dt определяется уравнением Фурье: $dQ = -\chi \frac{dT}{dx} dS dt$, где $\frac{dT}{dx}$ - градиент температуры

в направлении оси x ; χ - коэффициент теплопроводности, зависящий от свойств веществ.

ТЕПЛОТА – способ передачи энергии между телами или системами тел, осуществляющийся при непосредственном обмене внутренней энергией хаотически движущимися частицами взаимодействующих тел. При этом за счёт переданной телу энергии усиливается неупорядоченное движение его частиц, то есть увеличивается внутренняя энергия тела. Так, например, при соприкосновении холодного тела с горячим быстро движущиеся молекулы второго тела взаимодействуют с медленно движущимися молекулами первого и передают им часть своей кинетической энергии. В результате внутренняя энергия первого тела увеличивается, внутренняя энергия второго - уменьшается, а их температура выравнивается. Это характерный пример передачи энергии в форме теплоты. Таким образом, теплота, подобно работе, является формой передачи энергии, а не видом энергии. Теплота существует лишь в процессе передачи энергии, и её численное значение зависит от вида этого процесса.

ТЕПЛОТА СГОРАНИЯ – количество теплоты Q , выделяющейся при полном сгорании топлива массой m : $Q = qm$, где

q - теплотворная способность топлива, равная количеству теплоты, выделившемуся при полном сгорании 1 кг топлива. Теплотворная способность топлива в единицах СИ - джоуль на килограмм ($\text{Дж}\cdot\text{кг}^{-1}$).

ТЕРМОДИНАМИКА – часть физики, изучающая тепловые процессы и тепловые свойства тел без учета их внутреннего строения. Термодинамика основывается на трёх опытных законах, называемых началами термодинамики.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ ВЕРОЯТНОСТЬ – число микросостояний, которыми может быть реализовано макросостояние термодинамической системы. Для определения состояния термодинамической системы достаточно определить её макроскопические характеристики – параметры состояния. Свойство термодинамической системы можно определить и через микроскопические (молекулярные) характеристики образующих её частиц. Любому макросостоянию системы соответствует множество микросостояний, которое будет тем устойчивей и тем вероятнее, чем большим числом микросостояний оно может быть реализовано. Если система состоит из N частиц, которые могут распределяться по I микросостояниям с числом частиц $N_1, N_2, N_3, \dots, N_I$ в каждом из этих состояний, то термодинамическая вероятность определится выражением $W = \frac{N!}{N_1!N_2!\dots N_I!}$. Взаимодействие

между отдельными частицами термодинамической системы приводит к непрерывному изменению микросостояний. При этом макросостояние системы или изменяется или остаётся постоянным. Состояние системы, термодинамическая вероятность которой имеет наибольшее значение по сравнению с вероятностями других возможных макросостояний этой системы, является равновесным состоянием. С термодинамической точки зрения равновесное состояние изолированной системы – это состояние, при котором энтропия системы достигает максимального значения.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА – система из большого числа частиц, которые, совершая тепловое движение, могут обмениваться энергией в форме работы и в форме теплоты, как между собой, так и с телами внешними по отношению к системе. Такими системами являются газы, жидкости, твёрдые тела и их совокупности. Термодинамическая система, не обменивающаяся энергией с внешними телами, называется замкнутой или изолированной. С течением времени в изолированной системе

устанавливается термодинамическое равновесие. Система, в которой отсутствует теплообмен между нею и внешней средой, называется адиабатической (изолированной в тепловом отношении), а система, обменивающаяся энергией с внешней средой только путем теплообмена - изолированной в механическом отношении.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕМПЕРАТУРНАЯ ШКАЛА, абсолютная шкала температур, шкала Кельвина – шкала температур, единицей в которой является кельвин (К). Температура, измеряемая по термодинамической шкале, обозначается T и называется термодинамической температурой или абсолютной температурой. На шкале температурный интервал между точками плавления льда и кипения воды разделен на сто частей, а температура плавления льда и кипения воды при нормальных условиях равна соответственно 273,15 К и 383,15 К. Температура $T = 0$ К (по стоградусной шкале Цельсия $t = - 273,15$ °С) называется абсолютным нулем температуры. Термодинамическая шкала имеет деления, равные градусам Цельсия, то есть $1 \text{ К} = 1$ °С. Любая температура T по термодинамической шкале связана с той же температурой t по шкале Цельсия соотношением $T = t + 273,15$.

ТЕРМОМЕТР – прибор для измерения температуры со шкалой, проградуированной в градусах. Термометры состоят из тел, изменяющих свои свойства (размеры, объём, электрическое сопротивление и т.п.) при изменении температуры. Если такое тело привести в соприкосновение с телом, температура которого определяется, то с течением времени между ними устанавливается тепловое равновесие и температуры обоих тел будут иметь одинаковые значения. Наблюдение по шкале за изменением какого-либо физического свойства тела и определит температуру. Чаще всего для измерения температуры используют жидкостные термометры, в которых используется свойство жидкости изменять объём при изменении температуры.

ТОМСОН (Кельвин) Уильям (1824 – 1907) - английский физик, один из основоположников термодинамики. Работы относятся к гидродинамике, теории упругости, термодинамике, электромагнетизму, математике и технике. Ввёл понятие абсолютной температуры (1848) и предложил абсолютную шкалу температур, сформулировал

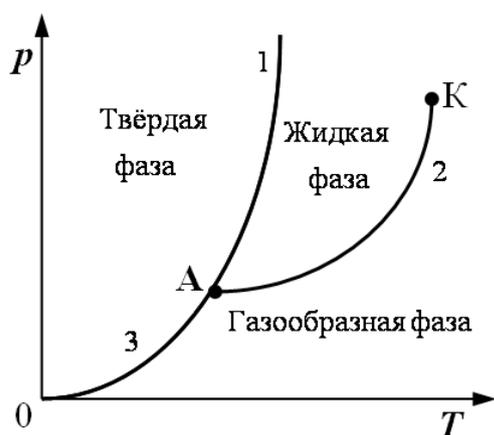


(1851) второй закон термодинамики. Широко применял термодинамический метод для объяснения различных физических явлений. В области электромагнетизма изучал магнитные свойства кристаллов, электропроводность ферромагнетиков, вывел формулу для периода электромагнитных колебаний в контуре. Предложил гипотезу о строении атомов.

ТОЧКА РОСЫ – температура, при охлаждении до которой начинается конденсация воды, содержащейся во влажном воздухе. При этой температуре водяные пары, находящиеся в воздухе, становятся насыщенными. Точку росы определяют с помощью конденсационного гигрометра.

ТРЕТЬЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ – устанавливает, что энтропия системы в состоянии термодинамического равновесия стремится к нулю при стремлении к нулю абсолютной температуры (теорема Нернста). Теорему Нернста можно сформулировать и так: нельзя достигнуть абсолютного нуля температуры отнятием от тела теплоты посредством конечных реальных процессов, иными словами, нельзя создать машину, способную охладить тело до абсолютного нуля. Абсолютный нуль температуры недостижим.

ТРОЙНАЯ ТОЧКА – точка на фазовой диаграмме, определяющая давление и температуру равновесия трёх фаз состояния вещества. В тройной точке (на диаграмме точка А) встречаются кривая плавления 1, разделяющая твёрдую и жидкую фазы,



кривая испарения 2, разделяющая жидкую и газообразную фазы, и кривая возгонки 3, разделяющая твёрдую и газообразную фазы. Кривая испарения 2 заканчивается критической точкой K , в которой исчезают отличия жидкой и газообразной фаз. Для однородного вещества в равновесии одновременно может находиться не более

трёх фаз, соответствующих трём агрегатным состояниям вещества. В тройной точке все указанные состояния являются равновесными. Значения давления и температуры в тройной точке для различных веществ чрезвычайно стабильны, что даёт возможность использовать тройную точку в качестве основной реперной точки для температурных шкал –

тройная точка воды при нормальных условиях используется для построения температурных шкал Кельвина и Цельсия.

УДЕЛЬНАЯ ТЕПЛОЁМКОСТЬ – физическая величина c , равная отношению теплоёмкости тела C к его массе m : $c = \frac{C}{m}$.

Единица удельной теплоёмкости в СИ - джоуль на килограмм-кельвин ($\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$).

УРАВНЕНИЕ ВАН-ДЕР-ВААЛЬСА – уравнение состояния реального газа $\left(p + \nu^2 \frac{a}{V^2} \right) (V - \nu b) = \nu RT$, учиты-

вающее собственный объём молекул и наличие межмолекулярных сил притяжения. Здесь ν - число молей газа, содержащееся в объёме V , p - давление, T - абсолютная температура, R - молярная газовая постоянная, a и b – постоянные Ван-дер-Ваальса, зависящие от природы газа. Давление реального газа по сравнению с давлением идеального газа увеличивается на величину внутреннего давления, которое возникает вследствие межмолекулярного взаимодействия. Объём, в котором движутся молекулы газа, уменьшается на величину собственного объёма молекул – того минимального объёма, который могут занимать молекулы данного количества газа. Кривые зависимости давления реального газа от объёма для постоянной температуры (изотермы) представляют собой кубические параболы.

УРАВНЕНИЕ КЛАПЕЙРОНА–КЛАУЗИУСА – уравнение, определяющее наклон кривой фазового равновесия $p = f(T)$ при фазовом переходе из жидкости в пар:

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\lambda}{T(V_{\text{П}} - V_{\text{Ж}})}, \text{ где } \lambda - \text{молярная теплота парообразования; } T$$

– температура фазового перехода; $V_{\text{П}} - V_{\text{Ж}}$ – разность объёмов моля вещества в газообразном $V_{\text{П}}$ и жидком $V_{\text{Ж}}$ состояниях. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса применяют для определения температур фазовых превращений в зависимости от давления, а также для вычисления молярной теплоты парообразования λ по экспериментально установленной зависимости давления насыщенного пара от температуры $p = f(T)$.

УРАВНЕНИЕ МАЙЕРА – соотношение, устанавливающее связь между молярной теплоёмкостью газа при постоянном

давлении c_p и молярной теплоёмкостью газа при постоянном объёме c_v : $c_p = c_v + R$, где R - молярная газовая постоянная.

УРАВНЕНИЕ МЕНДЕЛЕЕВА-КЛАПЕЙРОНА – уравнение состояния идеального газа, устанавливающее взаимосвязь между четырьмя параметрами состояния газа - давлением p , объёмом V , абсолютной температурой T и числом молей ν газа:

$$pV = \nu RT, \text{ где } R - \text{ молярная газовая постоянная; } \nu = \frac{m}{M}, \text{ а } m \text{ и}$$

M - масса и молярная масса газа в объёме V соответственно. Уравнение Менделеева-Клапейрона показывает, что параметры идеального газа не могут произвольно изменяться, так как имеется строгая однозначность одного параметра при фиксированных значениях остальных трёх.

УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ – соотношение, устанавливающее взаимосвязь между параметрами состояния термодинамической системы в равновесном состоянии. Вид уравнения состояния определяется процессом, происходящим в системе.

УРАВНЕНИЕ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА – выражение, определяющее закон сохранения энергии для теплообмена: суммарное количество теплоты, отданное при теплообмене всеми охлаждающимися телами замкнутой системы, равно сумме количеств теплоты, полученных всеми нагревающимися телами системы.

ФАЗА – однородная часть термодинамической системы, отделенная от остальных частей системы границами раздела так, что она может быть выделена из системы механическим путем. В соответствии с различными видами агрегатного состояния вещества различают газообразные, жидкие и твёрдые фазы. Заключенная в закрытом сосуде вода, над которой находится смесь воздуха с водяными парами, образует систему из двух фаз - жидкой и газообразной. Если в воду бросить кусочки льда, то система станет трехфазной (лёд–вода–воздушно-водяной пар). Если же в воду добавить спирт, то число фаз не изменится, так как вода, смешиваясь со спиртом, образует физически однородную жидкость.

ФАЗОВАЯ ДИАГРАММА – кривая равновесия двух фаз, изображённая на p, T -диаграмме и определяющая интервал температур T и давлений p , необходимых для существования фазового перехода.

ФАЗОВЫЙ ПЕРЕХОД – происходящий при изменении внешних условий переход вещества из одного состояния (фазы) в другое, отличающееся от первого по своим физическим свойствам. Изменения агрегатного состояния вещества представляют собой частные случаи фазовых переходов – фазовые переходы первого рода. К ним относятся: переход вещества из твёрдой фазы в жидкую – плавление, а также обратный процесс затвердевания жидкости – кристаллизация; превращение жидкой фазы в газообразную – испарение, кипение – и обратный процесс превращения пара в жидкость – конденсация; переход вещества из твёрдого состояния, минуя жидкую фазу, в газообразное состояние и обратно – сублимация.

ФОРМУЛА БОЛЬЦМАНА – устанавливает однозначную связь между энтропией системы S и термодинамической вероятностью её состояния W , а именно энтропия пропорциональна натуральному логарифму термодинамической вероятности состояния: $S = k \ln W$, где k – постоянная Больцмана. Формула Больцмана позволяет дать статистическое истолкование второго начала термодинамики. Становится понятным, почему в изолированной системе самопроизвольно протекают только такие процессы, при которых энтропия системы возрастает. Возрастание энтропии означает возрастание вероятности состояния системы, и второе начало термодинамики приобретает очень простой смысл, утверждая, что самопроизвольно изолированная система может переходить только от состояний менее вероятных к состояниям более вероятным. Также, очевидно, что изолированная термодинамическая система, энтропия которой достигла максимально возможной при данных значениях параметров состояния величины, будет находиться в состоянии устойчивого равновесия.

ФОРМУЛА ЛАПЛАСА – определяет добавочное давление под искривленной поверхностью жидкости, обусловленное действием сил поверхностного натяжения: $\Delta p = \sigma \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$,

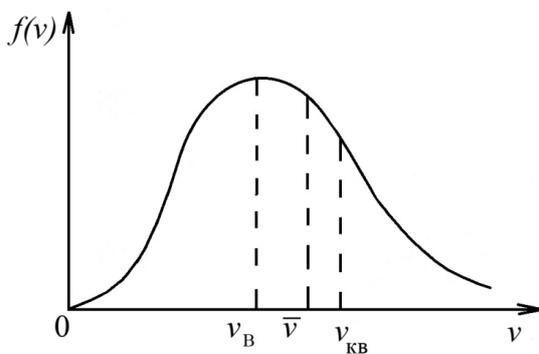
где σ – поверхностное натяжение; R_1 и R_2 – радиусы кривизны поверхности жидкости двух взаимно перпендикулярных нормальных сечений в той её точке, под которой определяется давление. Под выпуклой поверхностью жидкости давление на Δp больше, а под вогнутой поверхностью на Δp меньше, чем под плоской.

ФОРМУЛА ПУАЗЕЙЛЯ – формула определяет объём V жидкости или газа при ламинарном протекании за время t по трубке с круглым сечением радиуса R и длиной l при перепаде давления Δp на концах трубки: $V = \frac{\pi R^4}{8\eta l} t \Delta p$. Формула исполь-

зуется для экспериментального определения вязкости жидкостей и газов. Пропуская жидкость или газ через трубку известного радиуса, измеряют перепад давления и объём. Затем на основании полученных данных вычисляют вязкость η .

ФОРМУЛА ТОРРИЧЕЛЛИ – определяет скорость v истечения невязкой жидкости из отверстия в сосуде, находящемся на глубине h под свободной поверхностью жидкости: $v = \sqrt{2gh}$, где g - ускорение свободного падения. Скорость жидкости совпадает со скоростью свободно падающего тела с высоты h . Определяемая формулой Торричелли скорость тем сильнее отличается от реальной скорости истечения, чем больше в жидкости внутреннее трение.

ФУНКЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МАКСВЕЛЛА – функция, определяющая долю молекул идеального газа в единичном интервале скоростей вблизи скорости величиной v :



$$f(v) = 4\pi \left(\frac{m_0}{2\pi kT} \right)^{3/2} v^2 e^{-\frac{m_0 v^2}{2kT}}$$

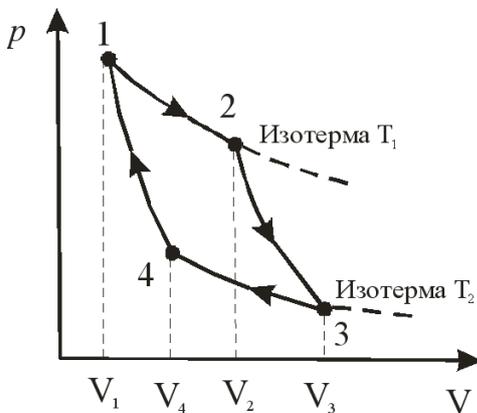
, где m_0 – масса молекулы; T – абсолютная температура газа; k – постоянная Больцмана. Функция $f(v)$ даёт возможность определить число молекул dN из общего числа молекул газа N , скорости которых заключены в интервале от v до $v + dv$: $dN = N f(v) dv$.

Кривая распределения $f(v)$ на графике проходит через начало координат, имеет максимум и асимптотически приближается к оси абсцисс. Это означает, что молекулы газа могут обладать всевозможными скоростями от нулевого значения до бесконечно большого значения. Но наличие в газе молекул, скорости которых равны нулю или бесконечно велики, нереально. Вид кривой показывает, что относительное число молекул, обладающих как малыми, так и большими скоростями, невелико. Макси-

мум функции указывает на то, что существует некоторая скорость молекулярного движения, в окрестности которой на данный интервал скоростей приходится наибольшее число молекул. Функция распределения позволяет вычислить характерные скорости молекул газа, среднюю скорость \bar{v} , среднюю квадратичную скорость v_{KB} и наиболее вероятную скорость v_B , соответствующую максимуму кривой распределения.

ХОЛОДИЛЬНИК – тело, получающее от рассматриваемой термодинамической системы энергию в форме теплоты.

ЦИКЛ КАРНО – обратимый цикл, состоящий из процессов, которые дают возможность совершить максимальную работу



за счёт внутренней энергии нагревателя. Это четыре последовательных термодинамических процесса - изотермическое расширение 1-2, адиабатическое расширение 2-3, изотермическое сжатие 3-4 и адиабатическое сжатие 4-1. С.Карно рассмотрел цикл в связи с определением коэффициента полезного действия тепловых машин. В процессе изотермического расширения при абсолютной температуре T_1 рабочему веществу (идеальному газу) сообщается количество теплоты Q_1 , а в процессе изотермического сжатия при абсолютной температуре $T_2 < T_1$ от газа отводится количество теплоты Q_2 . Коэффициент полезного действия (КПД) цикла Карно не зависит от природы рабочего вещества и определяется температурами нагревателя и холодильника: $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$.

Из всех круговых процессов цикл Карно обладает наибольшим КПД, что связано с наилучшими условиями преобразования внутренней энергии в работу. КПД любого реального теплового двигателя не может быть большим КПД цикла Карно при тех же температурах нагревателя и холодильника.

ЧИСЛО АВОГАДРО (N_A) – физическая постоянная, определяющая число частиц (молекул, атомов и др.), содержащихся в моле любого вещества: $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹ (произносится: моль в минус первой степени).

ЧИСЛО ЛОШМИДТА – число молекул в единице объёма

идеального газа при нормальных условиях ($T_H = 273,15 \text{ К}$, $p_H = 101325 \text{ Па}$). Число Лошмидта $N_L = 2,687 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$.

ЭНТАЛЬПИЯ – функция состояния H термодинамической системы, равная сумме внутренней энергии U и произведения давления p на объём V системы: $H = U + pV$. Единица энтальпии в СИ – джоуль.

ЭНТРОПИЙНАЯ ДИАГРАММА – процесс в термодинамической системе, изображённый на T,S -диаграмме, то есть диаграмме у которой по оси абсцисс откладывается значение энтропии S , а по оси ординат – абсолютной температуры T . Площадь под кривой процесса на T,S -диаграмме численно равна количеству теплоты, полученному системой при переходе из начального состояния в конечное состояние, подобно тому как площадь под кривой на p,V -диаграмме численно равна работе.

ЭНТРОПИЯ – функция состояния термодинамической системы S , изменение dS которой в равновесном процессе равно отношению количества теплоты dQ , сообщенного системе, к абсолютной температуре T системы: $dS = \frac{dQ}{T}$. Подобно внутрен-

ней энергии, энтропия в любом равновесном состоянии имеет точно определенное значение, независимое от того, каким путём система достигла этого состояния. Неравновесные процессы в изолированной системе сопровождаются ростом энтропии и приближают систему к состоянию равновесия, в котором энтропия максимальна. Физический смысл энтропии следует из рассмотрения цикла Карно. Коэффициент полезного действия (КПД) идеальной тепловой машины тем выше, чем больше температура нагревателя. Если нагреватель передал рабочему телу некоторое количество тепла, то энтропия рабочего тела возрастает. Если передача того же количества теплоты происходит при более низкой температуре нагревателя, то КПД меньше, а возрастание энтропии больше, так как в выражении для изменения энтропии температура входит в знаменатель, – большему возрастанию энтропии соответствует уменьшение КПД, уменьшение ценности нагревателя как источника энергии для совершения работы. Поэтому энтропия есть мера тепловой неработоспособности системы. Единица энтропии в СИ - джоуль на кельвин ($\text{Дж} \cdot \text{К}^{-1}$).

ЭФФЕКТ ДЖОУЛЯ–ТОМСОНА – изменение температуры газа при его адиабатическом расширении без совершения работы. Температура идеального газа при таких условиях расши-

рения в соответствии с первым началом термодинамики осталась бы неизменной. Наблюдаемое в эксперименте изменение температуры связано с силами взаимодействия между молекулами газа. Внутренняя энергия газа складывается из кинетической энергии движения его молекул и потенциальной энергии их взаимодействия (см. реальный газ), которая зависит от среднего расстояния между молекулами. При изменении расстояния между молекулами (расширении газа) без совершения работы и без обмена энергией с окружающей средой внутренняя энергия газа остается постоянной, а потенциальная энергия меняется. Это приводит и к изменению кинетической энергии, изменение которой определяет изменение температуры. Эффект Джоуля-Томсона используется для получения низких температур и сжижения газов.

ЭФФЕКТИВНЫЙ ДИАМЕТР МОЛЕКУЛЫ – расстояние, на которое сближаются центры масс молекул при их парных столкновениях. Это расстояние, хотя и не определяет истинных размеров молекул, представляющих собой сложную систему разноименно заряженных частиц, определяет линейные размеры той области, в которую другая молекула проникнуть не может. Под столкновениями молекул понимают процессы их взаимодействия, при которых изменяются направления движения и величина скоростей молекул. Чем больше первоначальная кинетическая энергия молекул, то есть чем больше температура, тем больше потенциальная энергия их взаимодействия при окончании сближения и, следовательно, тем ближе молекулы приближаются друг к другу. Таким образом, эффективный диаметр молекулы уменьшается с повышением температуры.

ЯВЛЕНИЯ ПЕРЕНОСА – процессы, происходящие в системах из большого числа частиц, вызванные неравновесным распределением в среде их молекулярных характеристик и обусловленные выравниванием этих характеристик за счёт теплового движения частиц. Система из неравновесного состояния, когда какое-либо свойство молекул (масса, энергия, электрический заряд и др.) в разных точках среды различно, предоставленная самой себе будет постепенно переходить к равновесному состоянию. При этом происходит перенос из одних мест среды в другие первоначально неравновесной характеристики. Чаще всего из явлений переноса наблюдается перенос массы (диффузия), импульса (внутреннее трение) и энергии (теплопроводность).

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ

АККУМУЛЯТОР электрический – химический источник тока, который после разряда обладает возможностью повторного заряда, то есть преобразования электрической энергии от внешнего источника в химическую энергию и отдающий её впоследствии в виде электрической энергии во внешнюю электрическую цепь.

АКТИВНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ – физическая величина, которая характеризует сопротивление электрической цепи или её участка переменному электрическому току, обусловленная необратимыми превращениями электрической энергии только в тепловую энергию. Величина сопротивления переменному току за счёт его неравномерного распределения в проводнике больше, чем постоянному току. Однако при небольших частотах переменного тока активное сопротивление практически не отличается от сопротивления проводника постоянному току, так называемого, омического сопротивления. Единица активного сопротивления в СИ – ом.

АМПЕР Андре Мари (1775 – 1836) – французский физик, математик и химик. Вершиной научного творчества Ампера является создание Электродинамики. Ампер вводит впервые такие фундаментальные понятия, как «электрический ток», «электрическая цепь», устанавливает направление тока в замкнутой цепи, сконструировал множество приборов для исследования взаимодействия между электрическим током и магнитом, обнаружил влияние магнитного поля



Земли на движущиеся проводники с током. Он открыл механическое взаимодействие электрических токов и установил количественные соотношения для определения силы этого взаимодействия – закон Ампера. В 1820 г. предложил использовать электромагнитные явления для передачи сигналов на большие расстояния. Ампер изобрел электромагнитный телеграф, он же открыл магнитный эффект катушки с током – соленоида, сделал вывод, что соленоид обтекаемый током, является эквивалентом постоянного магнита. В 1826 году выходит в свет его основной труд по электродинамике – «Теория электродинамических явлений, выведенная исключительно из опыта». Исследования Ампера относятся также к философии и ботанике.

АМПЕР (А) – единица силы электрического тока, одна из семи основных единиц Международной системы единиц (СИ). Ампер равен силе не изменяющегося тока, который при прохождении по двум прямолинейным параллельным проводникам бесконечной длины и ничтожно малого сечения, находящимся в вакууме на расстоянии 1 м один от другого, вызывает силу взаимодействия равную $2 \cdot 10^{-7}$ Н на каждый метр их длины.

АМПЕРМЕТР – прибор для измерения силы постоянного и переменного тока. В электрическую цепь амперметр включается последовательно с потребителем электрической энергии. Так как показания амперметра зависят от величины тока, протекающего через него, то сопротивление амперметра по сравнению с сопротивлением нагрузки должно быть как можно меньшим, чтобы своим сопротивлением при подключении незначительно изменять сопротивление цепи и силу тока в ней. При измерении силы тока амперметр можно включать в любое место неразветвленной цепи, так как сила тока во всех её последовательно включенных участках одна и та же.

АНОД – положительный полюс источника тока или электрод какого-либо прибора, присоединяемый к положительному полюсу источника тока.

ВАЛЕНТНАЯ ЗОНА – область допустимых значений энергии электрона в твёрдом теле, полностью заполненная валентными электронами. Она образуется при расщеплении валентных уровней отдельных атомов, образующих кристаллическую решётку. Так как все уровни энергии в этой зоне заполнены электронами, то электроны не могут свободно перемещаться в ней и поддерживать электропроводность.

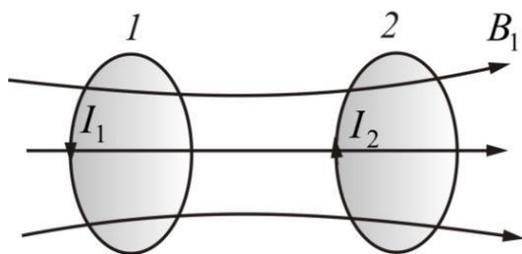
ВЕБЕР (Вб) – единица магнитного потока в Международной системе единиц (СИ). 1 Вб – магнитный поток, при убывании которого до нуля в сцепленном с ним контуре сопротивлением 1 Ом через поперечное сечение проводника проходит количество электричества в 1 Кл. Размерность вебера в СИ - $L^2MT^{-2}I^{-1}$.

ВЕКТОР ПОЙНТИНГА – вектор плотности потока электромагнитной энергии $\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$, где \vec{E} и \vec{H} – напряженности электрического и магнитного полей. Направление вектора \vec{S} совпадает с направлением переноса энергии.

ВЕТВЬ электрической цепи – участок электрической цепи, расположенный между двумя узлами.

ВЗАИМНАЯ ИНДУКТИВНОСТЬ, коэффициент взаимной индукции – характеристика магнитной связи двух контуров. Зависит от относительного расположения контуров, их размера, формы и магнитной проницаемости среды, окружающей контура. Единица взаимной индуктивности в СИ – генри (Гн).

ВЗАИМНАЯ ИНДУКЦИЯ – возникновение ЭДС индукции в контуре при изменении тока в близко расположенном к нему другом контуре. Ток, протекающий по замкнутому контуру 1, создаёт магнитное поле индукцией \vec{B}_1 , силовые линии которого пронизывают поверхность, охватываемую вторым контуром. При изменении силы тока I_1 в одном из контуров его изменяющееся магнитное поле индуцирует в другом контуре ЭДС индукции, определяемую выражением



$\varepsilon_2 = -M_{21} \frac{dI_1}{dt}$, где M_{21} - взаимная индуктивность двух контуров. Направление тока I_2 в контуре 2 определяется правилом Ленца.

ВИХРЕВЫЕ ТОКИ, токи Фуко – замкнутые индукционные токи, вызванные в проводниках изменяющимся магнитным полем. Вихревые токи вызывают сильное нагревание проводников. С этим и связано нагревание сердечников трансформаторов, магнитопроводов электрических машин и т.п.

ВОЛЬТ (В) – единица электрического потенциала, разности электрических потенциалов, электрического напряжения и электродвижущей силы в Международной системе единиц (СИ). Вольт равен электрическому напряжению, вызывающему на участке электрической цепи постоянный ток силой 1 А при затраченной мощности 1 Вт. Размерность вольта в СИ – $L^2MT^{-3}I^1$.

ВОЛЬТА Алессандро (1745 – 1827) – итальянский физик, имя которого увековечено в названии единицы напряжения в СИ.



Занимался исследованиями в области электричества. Сконструировал электрофорную машину, электрометр, электроскоп с конденсатором. Изобрел (1779) первый источник постоянного электрического тока – вольтов столб, состоящий из медных и цинковых пластинок, отделенных друг от друга сукном, пропитанным в соленой воде. Ряд интересных опытов провел по изучению «животного электричества».

ВОЛЬТ–АМПЕР (В·А) – единица полной мощности электрической цепи в Международной системе единиц (СИ). Вольт-ампер равен полной мощности цепи при действующих значениях силы тока 1 А и электрического напряжения 1 В. Размерность В·А в СИ – L^2MT^{-3} .

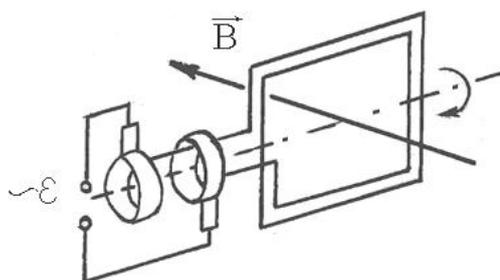
ВОЛЬТ–АМПЕРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА – зависимость силы электрического тока в электрической цепи или её отдельном элементе (резисторе, конденсаторе, диоде и т.д.) от напряжения. График изображают откладывая по оси абсцисс напряжение, а по оси ординат силу тока.

ВОЛЬТМЕТР – прибор для измерения электрического напряжения в цепях постоянного и переменного тока. В электрическую цепь вольтметр включается параллельно участку цепи или источнику электрической энергии, на котором измеряется напряжение. Вольтметр обладает электрическим сопротивлением, которое при его подключении изменяет общее сопротивление участка цепи. Для уменьшения вносимых вольтметром искажений в результат измерений, его сопротивление должно быть много большим сопротивления участка цепи.

ВТОРИЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ ЭМИССИЯ – испускание электронов, происходящее в результате бомбардировки поверхности металла, полупроводника или диэлектрика пучком первичных электронов.

ГАЛЬВАНИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ – источник электрического тока, в котором вследствие электрохимической реакции выделяется электрическая энергия. Он состоит из выполненных из разных металлов двух электродов, погруженных в жидкий или пастообразный раствор электролита. Потенциалы электродов из разных металлов относительно электролита различны, поэтому при замыкании цепи между электродами потечёт электрический ток.

ГЕНЕРАТОР ПЕРЕМЕННОГО ТОКА – электрическая машина, в которой механическая энергия превращается в электрическую за счёт использования явления электромагнитной индукции. В генераторе есть устройство, создающее магнитное поле, и вращающаяся в



магнитном поле обмотка с большим числом витков, к которой присоединены контактные кольца. По ним скользят неподвижные контакты - щетки. При вращении обмотки на щетках возникает переменное напряжение.

ГЕНРИ (Гн) – единица индуктивности и взаимной индуктивности в Международной системе единиц (СИ). Генри - индуктивность контура, с которым при силе тока в нём равной 1 А сцепляется магнитный поток равный 1 Вб. Размерность генри в СИ - $L^2MT^{-2}I^{-2}$.

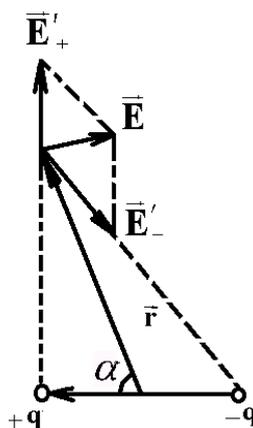
ГИСТЕРЕЗИС НАМАГНИЧИВАНИЯ – свойство ферромагнетиков, проявляющееся в различии кривых зависимости индукции магнитного поля B в ферромагнетике от напряженности внешнего поля H при намагничивании и размагничивании магнетика внешним полем. В магнетике при намагничивании индукция поля меньше индукции при размагничивании при одинаковых значениях напряжённости намагничивающего поля. Образуется петля гистерезиса, связанная с необратимыми процессами в ферромагнетике при намагничивании – с движением и ориентацией доменов.

ДЕЙСТВУЮЩЕЕ ЗНАЧЕНИЕ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА – значение переменного тока, которое производит такое же тепловое действие, как и постоянный ток той же величины. Действующее значение синусоидально изменяющегося переменного тока можно получить, разделив его амплитудное значение на $\sqrt{2}$.

ДИАМАГНЕТИЗМ – способность некоторых веществ намагничиваться в магнитном поле в направлении, противоположном этому полю. Атомы диамагнитных веществ имеют такую структуру, при которой орбитальные магнитные моменты и спины всех электронов взаимно скомпенсированы. Атом в целом не имеет магнитного момента. Когда диамагнитное тело помещают во внешнее магнитное поле, то вследствие вихревого характера магнитного поля в диамагнетике индуцируются молекулярные токи. Эти молекулярные токи, по правилу Ленца, имеют такое

направление, что созданное ими внутреннее магнитное поле направлено противоположно внешнему полю и, следовательно, стремится ослабить его. В результате наложения противоположно направленных внешнего и внутреннего полей в диамагнетике устанавливается магнитное поле с индукцией, которая меньше индукции внешнего магнитного поля. Поэтому магнитная проницаемость диамагнетиков немного меньше единицы. Поскольку диамагнетик намагничивается в направлении противоположном внешнему магнитному полю, то в неоднородном магнитном поле диамагнетик выталкивается в область более слабого поля. Диамагнитными свойствами обладают золото, серебро, медь, цинк, ртуть, вода, инертные газы и др.

ДИПОЛЬ электрический – система из двух точечных зарядов, равных по величине и противоположных по знаку $+q$ и $-q$, расположенных на расстоянии l друг от друга, малом по сравнению с расстоянием r до рассматриваемой точки поля. Прямая линия, проходящая через заряды, называется осью диполя. Вектор \vec{l} , направленный по оси диполя от отрицательного заряда к положительному и равный по величине расстоянию между зарядами, называется плечом диполя. Векторная величина, равная произведению заряда $+q$, на плечо диполя \vec{l} , называется электрическим моментом диполя $\vec{p} = q\vec{l}$. Напряженность электрического поля, создаваемого диполем, равна векторной сумме напряженностей полей, создаваемых отдельными зарядами $+q$ и $-q$ диполя в рассматриваемой точке.



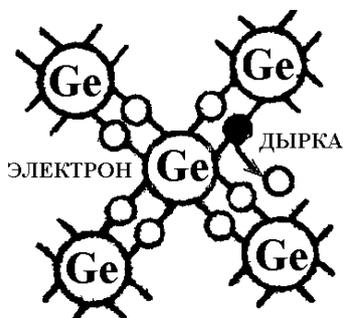
ДИЭЛЕКТРИКИ – вещества, не проводящие электрического тока. В них отсутствуют свободные электрические заряды. Во внешнем электрическом поле наблюдается поляризация диэлектрика, вследствие которой напряженность электрического поля в диэлектрике уменьшается.

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ, относительная диэлектрическая проницаемость – безразмерная величина ϵ , характеризующая электрические свойства данной среды (диэлектрика) и показывающая, во сколько раз сила взаимодействия зарядов в данной среде меньше, чем сила их взаимодействия в вакууме. Для вакуума $\epsilon = 1$.

ДОМЕНЫ в ферромагнетике – макроскопические ($\sim 10^{-7}$ м) области, содержащие большое число атомов, спины которых ориентированы в одном направлении, что определяет магнитный момент области в этом направлении. Магнитные моменты отдельных доменов в не намагниченном ферромагнетике направлены в разные стороны так, что их магнитные поля компенсируют друг друга. При наличии внешнего магнитного поля магнитные моменты доменов начинают ориентироваться в направлении этого поля – возникает собственное магнитное поле ферромагнетика.

ДУГОВОЙ РАЗРЯД – один из типов самостоятельного электрического разряда в газе. Характеризуется большой плотностью тока (порядка 100 А/см^2) при относительно низком напряжении (15 – 30 В). Используется в дуговых печах, в газоразрядных источниках света, при электросварке, плазмотронах и пр.

ДЫРКА – место, не занятое электроном в решётке полупроводника. При подведении энергии к полупроводнику межатомные связи в решётке теряют электроны. При этом образуются свободные электроны и появляются вакантные места –



«дырки», что равнозначно возникновению положительных зарядов, численно равных заряду электрона. На освободившееся место может перейти электрон соседнего атома, то есть положение дырки меняется, что можно рассматривать как её перемещение.

Под действием внешнего поля свободные электроны перемещаются против поля, а дырки - по полю. Поэтому ток в полупровод-

нике обусловлен электронной и дырочной проводимостью – собственной проводимостью полупроводника.

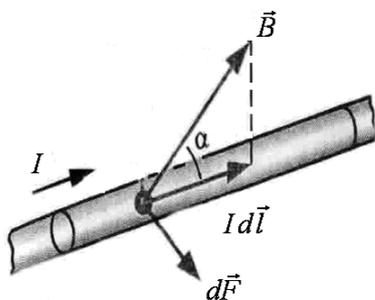
ЁМКОСТЬ – элемент электрической цепи, концентрирующий (накапливающий) электрическое поле. Таким свойством обладает любой проводник, хотя полагают, что таким элементом являются только конденсатор. Ёмкостью остальных элементов цепи пренебрегают.

ЁМКОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ – см. электрическая ёмкость.

ЁМКОСТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ – физическая величина X_C , которая характеризует сопротивление, оказываемое переменному току электрической ёмкостью C цепи или её участка. При синусоидальном токе с циклической частотой ω оно равно $X_C = \frac{1}{\omega C}$. Единица ёмкостного сопротивления в СИ – ом.

ЗАЗЕМЛЕНИЕ электрическое – электрическое соединение машин, аппаратов, приборов и тел с землёй. Оно производится металлическим проводником и предохраняет людей от поражения электрическим током.

ЗАКОН АМПЕРА – закон, определяющий силу $d\vec{F}$, с которой магнитное поле действует на элемент тока $I d\vec{l}$, находящийся в поле с магнитной индукцией \vec{B} : $d\vec{F} = [d\vec{l}, \vec{B}]$. Величина



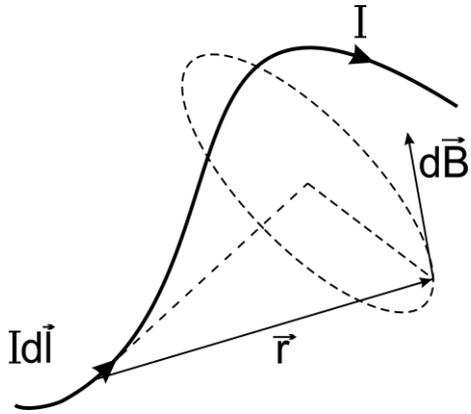
на силы dF определяется выражением $dF = B I dl \sin \alpha$, где α – угол между векторами $I d\vec{l}$ и \vec{B} . Направление вектора силы $d\vec{F}$ определяется правилом левой руки. Закон Ампера – экспериментальный закон, один из основных законов электродинамики. Он устанавливает связь между электрическими и магнитными явлениями.

устанавливает связь между электрическими и магнитными явлениями.

ЗАКОН БИО–САВАРА–ЛАПЛАСА – закон, устанавливающий величину и направление вектора магнитной индукции $d\vec{B}$ в произвольной точке магнитного поля, создаваемого элементом тока

$$Id\vec{l} : d\vec{B} = \frac{\mu_0\mu}{4\pi} \cdot \frac{Id\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}, \text{ где } \mu_0 -$$

магнитная постоянная; μ - относительная магнитная проницаемость; \vec{r} - радиус-вектор, проведенный от элемента тока в рассматриваемую



точку поля. Вектор $d\vec{B}$ перпендикулярен плоскости, образованной векторами $Id\vec{l}$ и \vec{r} , и направлен в сторону, определяемую правилом правого винта (буравчика) или правилом определения направления векторного произведения векторов. Если векторы $Id\vec{l}$ и \vec{r} образуют угол α , то величина вектора $d\vec{B}$ определится

$$\text{формулой: } dB = \frac{\mu_0\mu}{4\pi} \cdot \frac{Idl \sin \alpha}{r^2}. \text{ Индукция магнитного поля, соз-}$$

даваемого проводником конечной длины L с током I в произвольной точке, определяется векторным суммированием индукций $d\vec{B}$, создаваемых элементами тока $Id\vec{l}$, на которые может быть разбит проводник с током: $\vec{B} = \int_L d\vec{B}$. Таким образом, ин-

дукция магнитного поля, создаваемая проводником с током, зависит не только от силы тока и магнитной проницаемости среды, но и от формы и размеров проводника.

ЗАКОН ВИДЕМАНА–ФРАНЦА – экспериментально установленный закон, выявляющий связь между электропроводностью и теплопроводностью металлов: для всех металлов отношение коэффициента теплопроводности χ к удельной электропроводности γ пропорционально их термодинамической температуре

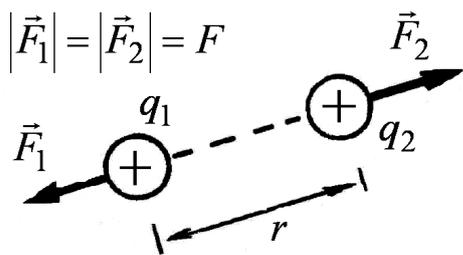
$$T: \frac{\chi}{\gamma} = AT, \text{ где константа } A = 2,23 \cdot 10^{-8} \text{ Дж}^2 \cdot \text{Кл}^{-1} \cdot \text{К}^{-2}.$$

ЗАКОН ДЖОУЛЯ–ЛЕНЦА – экспериментально установленный закон, определяющий количество теплоты Q , выделяющейся в проводнике при прохождении по нему постоянного электрического тока силой I : $Q = I^2 R t$, где R - сопротивление проводника; t - время прохождения тока. Если сила тока i изменяется в течение времени t , то $Q = \int_0^t i^2 R dt$. Нагревание проводника

происходит за счёт работы, совершаемой силами электрического поля над носителями заряда. Если при этом в проводнике не происходят химические или механические изменения, то работа электрического тока полностью переходит в тепловую энергию.

ЗАКОН ДЖОУЛЯ–ЛЕНЦА В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ФОРМЕ – определяет мощность, выделяемую током в какой-либо точке проводящей среды: плотность тепловой мощности p_V электрического тока пропорциональна квадрату напряженности E электрического поля в рассматриваемой точке проводящей среды с удельной электропроводностью γ : $p_V = \gamma E^2$.

ЗАКОН КУЛОНА – основной закон электростатики, устанавливающий зависимость величины силы взаимодействия двух



точечных зарядов от величины зарядов и расстояния между ними. В СИ закон Кулона имеет вид:

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi \epsilon_0 \epsilon r^2}, \text{ где } F \text{ - сила взаи-}$$

модействия между зарядами; q_1 и q_2 - величины взаимодействующих зарядов; r - расстояние между зарядами; ϵ_0 - электрическая постоянная; ϵ - диэлектрическая проницаемость среды, в которой находятся заряды. В случае взаимодействия одноименных зарядов сила F вызывает их отталкивание, в случае разноименных - притяжение. Сила взаимодействия между зарядами являет-

ся центральной силой - она всегда направлена по линии соединяющей заряды.

ЗАКОН ЛЕНЦА – правило, определяющее направление индукционного тока, возникающего при электромагнитной индукции. Согласно закону Ленца индукционный ток в замкнутом контуре всегда имеет такое направление, при котором его магнитное поле противодействует изменению магнитного потока, вызывающего этот индукционный ток.

ЗАКОН ОМА – установленный экспериментально закон (1826) утверждает, что отношение разности потенциалов $\varphi_1 - \varphi_2$ на концах неизменного по своим физическим свойствам проводника к силе тока I в нём является величиной постоянной: $\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{I} = const$. Входящая в закон постоянная $const$ определяет свойство проводника препятствовать движению электрических зарядов, которое называется сопротивлением проводника.

ЗАКОН ОМА для участка цепи – один из основных законов постоянного тока: для не изменяющегося по своим физическим свойствам проводника (участка цепи) сила тока I , протекающего по нему, пропорциональна напряжению U , приложенному к его концам, и обратно пропорциональна сопротивлению проводника (участка цепи) R : $I = \frac{1}{R} U$.

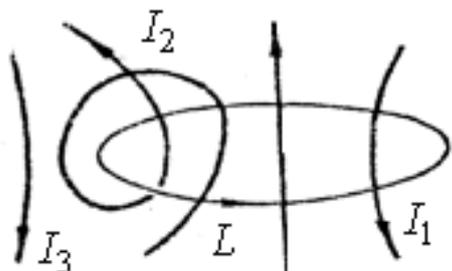
ЗАКОН ОМА для замкнутой (полной) цепи – сила тока в замкнутой электрической цепи прямо пропорциональна электродвижущей силе \mathcal{E} источника тока и обратно пропорциональна сумме сопротивлений внешнего R и внутреннего r участков цепи: $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$.

ЗАКОН ОМА В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ФОРМЕ – устанавливает, что плотность тока \vec{j} в данной точке проводника пропорциональна напряжённости электрического поля \vec{E} в дан-

ной точке: $\vec{j} = \gamma \vec{E}$, где γ - удельная электрическая проводимость вещества.

ЗАКОН ПОЛНОГО ТОКА – циркуляция $\oint_L \vec{H} d\vec{l}$ вектора

напряженности \vec{H} магнитного поля постоянного электрического



тока вдоль замкнутого контура L

равна алгебраической сумме сил

токов I_i , охватываемых этим кон-

туром: $\oint_L \vec{H} d\vec{l} = \sum I_i$. При вычис-

лении суммы сил токов, положи-

тельным считается ток, направление которого связано с направлением обхода по контуру правилом правого винта, ток противоположного направления будет отрицательным. Так, например, см. рис., $\sum I_i = I_1 + 2 \cdot I_2 - I_3 - I_4$.

ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ЗАРЯДА – фундаментальный закон природы, установленный М. Фарадеем (1843) экспериментально: в электрически изолированной системе алгебраическая сумма электрических зарядов остается постоянной. В пределах рассматриваемой системы заряды могут переходить от одних тел к другим или перемещаться внутри данного тела при соблюдении неизменных количественных соотношений. Этот закон строго выполняется во всех явлениях, в которых участвуют заряженные тела или частицы.

ЗАКОНЫ ФАРАДЕЯ – основные законы электролиза.

Первый закон Фарадея. Масса вещества m , выделившегося при электролизе на каждом электроде, пропорциональна величине электрического заряда q , прошедшего через электролит: $m = kq$, где k - электрохимический эквивалент, постоянный для каждого вещества, выделяющегося при электролизе. Электрохимический эквивалент численно равен массе вещества, выделившегося на электроде при прохождении через электролит количе-

ства электричества, равного 1 Кл. Единица электрохимического эквивалента в СИ - килограмм на кулон ($\text{кг}\cdot\text{Кл}^{-1}$).

Второй закон Фарадея. Электрохимические эквиваленты веществ прямо пропорциональны химическим эквивалентам:

$$k = \frac{1}{F} \chi, \text{ где } F - \text{ число Фарадея; } \chi = \frac{A}{n} - \text{ химический эквива-}$$

лент; A - атомная масса; n - валентность.

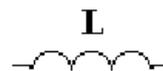
ЗАМКНУТАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ, полная электрическая цепь – соединение проводников, позволяющее осуществлять непрерывное движение электрических зарядов. В электрической цепи выделяются два участка: внутренний участок – источник тока; внешний участок – все проводники, подключённые к клеммам источника тока. Сила тока в замкнутой электрической цепи определяется законом Ома для замкнутой (полной) цепи.

ЗОНА ПРОВОДИМОСТИ – область допустимых значений энергии электрона в твёрдом теле, имеющая энергетические уровни, не заполненные электронами. Поэтому находящиеся в этой зоне электроны могут свободно перемещаться при сообщении им энергии, например, электрическим полем.

ИЗОЛЯТОР электрический – вещество с очень большим удельным электрическим сопротивлением, то же, что и диэлектрик.

ИНДУКТИВНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ – физическая величина X_L , которая характеризует сопротивление, оказываемое переменному току индуктивностью L электрической цепи или её участка. При синусоидальном токе с циклической частотой ω определяется выражением: $X_L = \omega L$. Единица индуктивного сопротивления в СИ – ом.

ИНДУКТИВНОСТЬ – элемент электрической цепи, концентрирующий (накапливающий) магнитное поле. Таким свойством обладает любой проводник, хотя полагают, что таким элементом являются только катушки индуктивности. Индуктивностью других элементов электрической цепи пренебрегают. На рисунке изображено обозначение индуктивности (катушки индуктивности) на схемах электрической цепи.



ИНДУКТИВНОСТЬ КОНТУРА – коэффициент пропорциональности L между силой тока I и полным магнитным потоком Ψ , сцепленным с контуром: $\Psi = LI$. Индуктивность зависит от формы и размеров контура, а также от магнитной проницаемости окружающей контур среды. Единица индуктивности в СИ – генри (Гн).

ИНДУКЦИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ – векторная величина, характеризующая силовое действие магнитного поля на ток, помещённый в это поле. Индукция магнитного поля зависит от силы тока, создающего поле, и формы контура, обтекаемого этим током, и определяется законом Био-Савара-Лапласа. Единица магнитной индукции в СИ – тесла (Тл).

ИОНИЗАЦИЯ ГАЗА – отрыв от атомов и молекул электронов в результате воздействия на газ электрического поля, температуры или ультрафиолетового излучения. Атомы и молекулы газа являются устойчивыми образованиями. Поэтому для отделения электрона надо совершить работу против сил взаимного притяжения – работу ионизации. При непрерывной ионизации газа с постоянной интенсивностью происходит не только разделение молекул на электроны и положительные ионы, но и образование отрицательных ионов в результате соединения свободных электронов с нейтральными атомами. Одновременно идёт процесс рекомбинации отрицательных и положительных ионов с образованием нейтральных молекул. В результате одновременно проис-

ходящих ионизации и рекомбинации число пар разноименных ионов в единице объёма газа остается неизменным.

ИСКРОВОЙ РАЗРЯД, искра – одна из форм электрического разряда в газе. Искра возникает между двумя электродами, когда напряжение между ними превышает пробивное напряжение в газе. Разряд имеет вид ярко светящегося извилистого канала. Лавина электронов и ионов движется по пути наименьшего сопротивления, вызывая в объёме искры резкое повышение температуры и давления, что сопровождается характерным треском.

ИСТОЧНИК ТОКА – устройство для преобразования различных видов энергии в энергию электрического поля. В источнике тока механическая, тепловая, химическая или другой вид энергии превращается в энергию электрического поля, под действием которого электрически заряженные частицы вещества приходят в направленное движение. Источник тока в результате действия сторонних сил поддерживает неизменную разность потенциалов на внешнем участке электрической цепи. Источник тока, являясь проводником, замыкает электрическую цепь и создаёт условия для непрерывного движения зарядов.

КАТОД – отрицательный полюс источника тока или электрод какого-либо прибора, присоединенный к отрицательному полюсу источника тока.

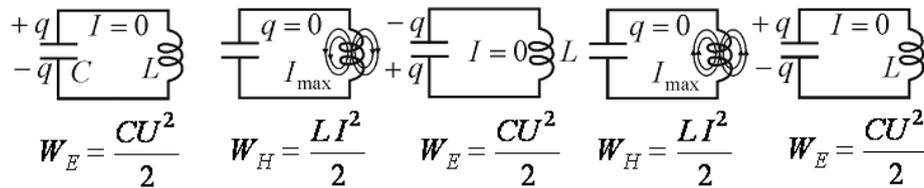
КАТУШКА ИНДУКТИВНОСТИ – катушка из электропроводящего материала с изолированными витками, обладающая значительной индуктивностью при малой ёмкости и малом активном сопротивлении. Индуктивность тороидальной и длинной цилиндрической катушек определяется выражением

$$L = \frac{\mu_0 \mu N^2 S}{l}, \text{ где } \mu_0 - \text{ магнитная постоянная; } \mu - \text{ магнитная}$$

проницаемость среды; l , S , N – длина, площадь поперечного сечения и число витков катушки соответственно.

КОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ КОНТУР – электрическая цепь, состоящая из конденсатора и катушки индуктивности. Если заря-

дить конденсатор и замкнуть его на катушку индуктивности, то в электрической цепи будут происходить периодические превращения энергии W_E , полученной конденсатором при его зарядке от источника тока, в энергию магнитного поля катушки ин-



дуктивности W_H и наоборот. Этот процесс сопровождается периодическими колебаниями (с тем же периодом) заряда на обкладках конденсатора, разности потенциалов между ними (U), силы тока в контуре (I), напряженности электрического поля конденсатора и напряженности магнитного поля катушки. Периодические процессы превращения энергии электрического поля в энергию магнитного поля и обратно называются электромагнитными колебаниями. Если в контуре не будет потерь энергии, то колебания в нем могут происходить бесконечно во времени с постоянной амплитудой - незатухающие колебания. Период таких колебаний определяется формулой Томсона.

КОНДЕНСАТОР электрический – устройство, способное накапливать на себе большие по величине заряды и имеющее электрическую ёмкость, не зависящую от внешних тел и полей. Конденсатор представляет собой два или более проводника, изолированных один от другого диэлектриком, толщина которого много меньше линейных размеров проводников. При зарядке конденсатора проводники получают равные по величине, но противоположные по знаку заряды. Эти проводники называются обкладками конденсатора. Ёмкостью конденсатора C называется величина равная отношению заряда q , находящегося на любой из обкладок, к разности потенциалов $\varphi_1 - \varphi_2$ между этими обкладками: $C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2}$. Поле, создаваемое зарядами, сосредоточено

между обкладками конденсатора. Во внешнем пространстве оно практически отсутствует, в силу чего на внешних телах, окружающих конденсатор, не возникают индуцированные заряды. Поэтому ёмкость конденсатора не зависит от окружающих тел. Она зависит от геометрических характеристик обкладок конденсатора и их взаимного расположения. Наиболее распространены - плоский, сферический и цилиндрический конденсаторы. Ёмкости конденсаторов в СИ вычисляются по формулам: плоско-

го $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$; сферического $C = \frac{4\pi \epsilon_0 \epsilon r_1 r_2}{r_2 - r_1}$; цилиндри-

ческого $C = \frac{2\pi \epsilon_0 \epsilon l}{\ln(r_2/r_1)}$. Здесь ϵ_0 - электрическая посто-

янная, ϵ - диэлектрическая проницаемость вещества, находящегося между обкладками конденсатора, S - площадь пластин, d - расстояние между пластинами плоского конденсатора, r_1 - внутренний и r_2 - внешний радиусы обкладок сферического и цилиндрического конденсатора, l - длина обкладок цилиндрического конденсатора. На рисунке изображено условное обозначение конденсатора (ёмкости) на схемах электрической цепи.

КОНТАКТНАЯ РАЗНОСТЬ ПОТЕНЦИАЛОВ – разность потенциалов в месте соприкосновения двух разнородных металлов. В месте контакта происходит переход электронов из одного металла в другой, вследствие чего один из металлов заряжается положительно, другой - отрицательно, что и приводит к возникновению разности потенциалов. Появление контактной разности потенциалов обусловлено двумя причинами: различием в работах выхода электронов из металлов, приведенных в соприкосновение; различием концентрации свободных электронов в металлах.

КОНТУР ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ – соединение проводников (участков) электрической цепи, образующее замкнутую, нигде не пересекающуюся линию. Таким образом, контур

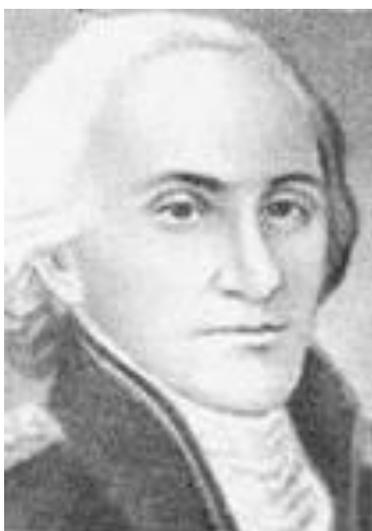
образован замкнутыми последовательно ветвями электрической цепи.

КОРОННЫЙ РАЗРЯД – одна из форм самостоятельного разряда в газах, возникающего в сильно неоднородных электрических полях при атмосферном давлении вблизи заостренных концов проводников, на которых концентрируется большой электрический заряд. Заряд ионизирует воздух и в нём возникает свечение с мерцающими концами - корона. Применяется в электронно-ионных технологиях.

КОРОТКОЕ ЗАМЫКАНИЕ – не предусмотренное нормальными условиями работы соединение двух точек электрической цепи, имеющих различные потенциалы, через проводник очень малого сопротивления. Ток короткого замыкания, в десятки и сотни раз, превышающий номинальный ток установки, может вызвать механические или тепловые повреждения отдельных её частей. Для предотвращения опасных последствий короткого замыкания применяют релейную защиту или установку плавких предохранителей, которые обеспечивают быстрое отключение участка с коротким замыканием.

КУЛОН (Кл) – единица электрического заряда в Международной системе единиц (СИ). Кулон - электрический заряд, проходящий через поперечное сечение проводника при силе постоянного тока 1 А за 1 с. Размерность кулона в СИ – $T I$.

КУЛОН Шарль Огюстен (1736 – 1806) – французский физик и военный инженер. Работал в области электричества, магнетизма, прикладной механики. Сформулировал законы трения качения и скольжения. Исследуя кручение шелковых и металлических нитей, установил закон упругого кручения, в частности определил, что сила закручивания нити зависит от материала, из которого она сделана, и угла её закручивания. На основе этого он и скон-



струировал закон трения качения и скольжения. Исследуя кручение шелковых и металлических нитей, установил закон упругого кручения, в частности определил, что сила закручивания нити зависит от материала, из которого она сделана, и угла её закручивания. На основе этого он и скон-

струировал прибор для измерения силы - крутильные весы. Исследования электричества фактически берут начало с опытов, выполненных Кулоном, которому с помощью изобретенных им крутильных весов удалось измерить силу взаимодействия электрических зарядов и тем самым заложить основы электростатики. Он сформулировал основной закон электростатики – закон Кулона (1785). Занимался теорией магнетизма, сконструировал прибор для измерения магнитного поля.

МАГАЗИН СОПРОТИВЛЕНИЙ – набор катушек проводочных резисторов, заключенных в общий корпус с переключателями, позволяющими ступенчато изменять значение сопротивления магазина.

МАГНЕТИКИ – вещества, которые при внесении во внешнее магнитное поле изменяются так, что сами становятся источниками дополнительного магнитного поля. При этом полная индукция магнитного поля \vec{B} равна сумме индукций внешнего магнитного поля \vec{B}_0 и магнитного поля, порождаемого магнетиком \vec{B}' : $\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}'$.

МАГНИТНАЯ ВОСПРИИМЧИВОСТЬ – характеристика магнетика, определяющая его способность намагничиваться. У всех веществ, кроме группы ферромагнетиков, она мала, причём у диамагнетиков отрицательна (наведенное поле противоположно внешнему), а у парамагнетиков – положительна (собственное поле совпадает с внешним). Магнитная восприимчивость χ величина безразмерная. С магнитной проницаемостью μ связана соотношением $\mu = 1 + \chi$.

МАГНИТНАЯ ПОСТОЯННАЯ (μ_0) – величина, входящая в уравнения электромагнетизма при записи их в СИ: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн·м⁻¹ (произносится: генри на метр).

МАГНИТНАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ, относительная магнитная проницаемость – безразмерная величина μ , характеризующая способность среды намагничиваться. Магнитная прони-

цаемость показывает во сколько раз индукция магнитного поля \vec{B} в среде (веществе) отличается от индукции \vec{B}_0 в вакууме:

$$\mu = \frac{\vec{B}}{\vec{B}_0}.$$

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ – вид материи, посредством которой осуществляется взаимодействие движущихся электрических зарядов. Магнитное поле создается проводниками с током, движущимися электрически заряженными частицами и телами, переменным электрическим полем, а также намагниченными телами. Характеризуется индукцией магнитного поля.

МАГНИТНЫЙ МОМЕНТ ТОКА – вектор \vec{p}_m , численно равный произведению силы тока I в контуре на площадь контура S : $p_m = IS$. Вектор магнитного момента тока перпендикулярен плоскости контура, а его направление определяется по правилу правого винта (буравчика): если ручку буравчика вращать по направлению тока в контуре, то поступательное движение буравчика укажет направление вектора магнитного момента тока. Единица магнитного момента в СИ - ампер-метр в квадрате ($A \cdot m^2$).

МАГНИТОСТРИКЦИЯ – изменение формы и размеров тела при его намагничивании.

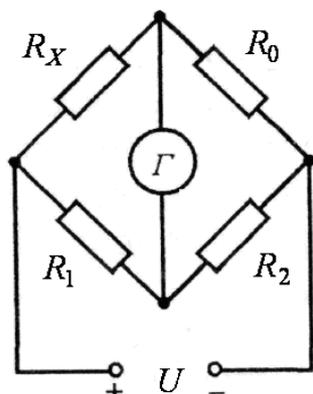
МАКСВЕЛЛ Джеймс Клерк (1831 – 1879) – английский физик теоретик. Работы посвящены электродинамике, молекулярной физике, общей статистике, оптике, механике, теории упругости. Наиболее весомый вклад Максвелл сделал в молекулярную физику и электродинамику. Впервые ввел в кинетическую теорию газов представление о статистических закономерностях, на основе которых установил закон распределения молекул идеального газа по скоростям, развил теорию явлений переноса в общем виде, применив её к процессам диффузии, тепло-



проводности и внутреннего трения. Разработал теорию электромагнитного поля, описывающую все основные закономерности электромагнитных явлений, которую он сформулировал в виде системы нескольких уравнений, выражающих все основные закономерности электромагнетизма. Дальнейшее развитие теории электромагнетизма привело Максвелла к выводу об электромагнитной природе света. Провел ряд исследований по теории цветного зрения. Максвелл сконструировал ряд приборов и был известен как популяризатор физических знаний.

МГД-ГЕНЕРАТОР – электрический генератор, позволяющий осуществлять прямое преобразование тепловой энергии в электрическую. Принцип работы МГД-генератора состоит в следующем: нагретый до температуры термической ионизации газовый поток, когда газ находится в состоянии плазмы, с высокой скоростью пересекает магнитное поле, что приводит к действию на электроны и ионы плазмы силы Лоренца, перемещающей заряды в направлении перпендикулярном направлению скорости движения потока – заряды разделяются и снимаются противоположно расположенными электродами, к которым можно подключить потребитель электрической энергии.

МОСТ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ – устройство для измерения электрических (сопротивление, ёмкость, индуктивность и т.д.) и преобразуемых в электрические неэлектрических (температура,



освещённость, диэлектрическая проницаемость и т.д.) величин. Простейший мост Уинстона для измерения сопротивлений представляет собой четыре резистора (сопротивление одного из которых R_X неизвестно и определяется), образующих замкнутую цепь, к которой подключен измерительный прибор Γ и источник тока.

Изменяя сопротивления R_0, R_1, R_2 резисторов добиваются отсутствия тока в ветви измерительного прибора, то есть уравнивают мост. После уравнивания моста

справедливо равенство: $R_X = R_0 \frac{R_1}{R_2}$. В качестве переменных резисторов в цепь моста включают магазины сопротивлений.

НАМАГНИЧЕННОСТЬ ВЕЩЕСТВА – изменение состояния магнетика под влиянием внешнего магнитного поля, в результате чего сам магнетик становится источником магнитного поля. Это означает, что в веществе создается собственное магнитное поле, обусловленное свойствами и поведением его частиц. Возникновение собственного магнитного поля, согласно гипотезе Ампера, объясняется тем, что в молекулах вещества циркулируют круговые токи. Каждый такой ток обладает магнитным моментом и создает в окружающем пространстве магнитное поле. В отсутствие внешнего поля молекулярные токи ориентированы беспорядочным образом, вследствие чего, обусловленное ими результирующее поле равно нулю, равен нулю и суммарный магнитный момент тела. Под действием внешнего поля \vec{B}_0 магнитные моменты молекул приобретают преимущественную ориентацию в одном направлении, вследствие чего магнетик намагничивается - его суммарный магнитный момент становится отличным от нуля. Магнитные поля отдельных молекулярных токов в этом случае уже не компенсируют друг друга, и в веществе возникает внутреннее собственное магнитное поле с индукцией \vec{B}' . При наложении внутреннего и внешнего магнитных полей внутри вещества образуется результирующее поле, индукция которого равна $\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}'$. В зависимости от направления вектора индукции внутреннего магнитного поля \vec{B}' индукция результирующего магнитного поля \vec{B} может быть больше или меньше индукции внешнего поля \vec{B}_0 . Если внутреннее магнитное поле совпадает с направлением внешнего магнитного поля, в которое вносится вещество (магнетик), то поле в веществе возрастает. Такие вещества называются парамагнитными, для них магнитная проницаемость $\mu > 1$. Если внутреннее магнитное поле направлено против

внешнего магнитного поля, то поле в веществе ослабляется, такие вещества называются диамагнитными, для них, $\mu < 1$. Вещества, для которых $\mu \gg 1$, называются ферромагнитными. Находясь во внешнем магнитном поле, ферромагнитные вещества намагничиваются так же, как и парамагнитные вещества, то есть направление собственного магнитного поля в ферромагнетиках совпадает с направлением внешнего магнитного поля, но магнитные поля ферромагнетиков в сотни и тысячи раз сильнее магнитных полей парамагнетиков, что связано с их доменной структурой.

НАПРЯЖЕНИЕ – величина, численно равная работе, совершаемой электростатическими и сторонними силами при перемещении положительного единичного заряда на рассматриваемом участке электрической цепи. Если на рассматриваемом участке цепи отсутствует источник тока, то есть, не приложена ЭДС и не действуют сторонние силы, то напряжение равно разности потенциалов на этом участке цепи. Единица напряжения в СИ – вольт (В).

НАПРЯЖЁННОСТЬ МАГНИТНОГО ПОЛЯ – векторная характеристика \vec{H} рассматриваемой точки изотропного магнитного поля, характеризуемая индукцией \vec{B} и относительной магнитной проницаемостью μ , определяемая выражением $\vec{H} = \frac{1}{\mu_0 \mu} \vec{B}$, где μ_0 – магнитная постоянная. Единица напряжённости магнитного поля в СИ – ампер на метр ($A \cdot m^{-1}$).

НАПРЯЖЁННОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ – векторная величина \vec{E} , численно равная силе \vec{F} , действующей на пробный положительный заряд q_0 , помещённый в данную точку поля, отнесённой к величине этого заряда: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$. Напряжённость электрического поля характеризует силовое действие поля на заряд. Направление вектора \vec{E} совпадает с направлением силы, действующей на положительный заряд. В разных точках поля

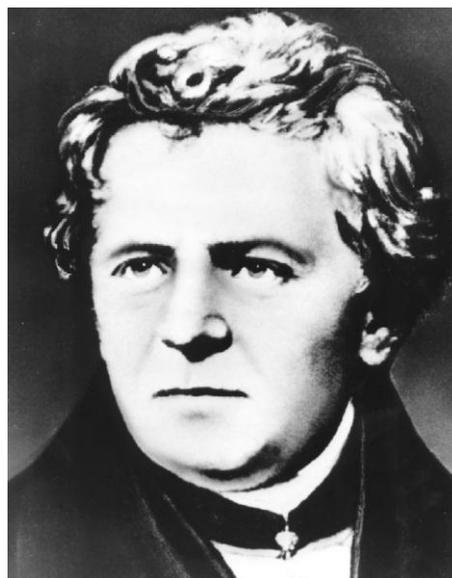
векторы напряжённости могут различаться по величине и направлению. Такое поле называется неоднородным. Если векторы напряжённости во всех точках поля одинаковы по величине и направлению, то поле однородное. Для графического изображения поля пользуются силовыми линиями. Единица напряжённости электрического поля в СИ - вольт на метр ($\text{В}\cdot\text{м}^{-1}$).

НЕСАМОСТОЯТЕЛЬНЫЙ РАЗРЯД – электрический разряд в газе, для возникновения и поддержания которого необходимо воздействие на газ внешнего ионизатора.

НОСИТЕЛИ ТОКА – электрически заряженные частицы вещества, обуславливающие его электрическую проводимость. В металлах это свободные электроны, в электролитах - ионы, в газах - ионы и электроны, в полупроводниках - электроны и дырки.

ОМ (Ом) – единица электрического сопротивления в Международной системе единиц (СИ). Ом равен электрическому сопротивлению участка электрической цепи, на котором при силе постоянного тока 1 А возникает напряжение 1 В. Размерность ома в СИ - $L^2MT^{-3}I^2$.

ОМ Георг Симон (1787 – 1854) – немецкий физик. Основные работы посвящены электричеству, акустике, оптике, кристаллооптике. Экспериментально открыл основной закон постоянного тока – закон Ома, выполнил его теоретический вывод для участка и полной электрической цепи, ввёл понятия электродвижущей силы, падения напряжения в цепи и проводимости цепи. Выполнил впервые измерение электродвижущей силы источника тока. Опыты и теоретические рассуждения были описаны им в основном труде «Гальваническая цепь, разработанная математически» (1827). Последние годы своей жизни Ом посвятил исследованиям



в области акустики. Показал, что простейшее слуховое ощущение вызывается гармоническими колебаниями, на которые ухо разлагает сложные звуки. Акустический закон Ома был положен затем в основу резонансной терапии слуха. Ом вёл также исследования и в области оптики и кристаллооптики.

ОСЦИЛЛОГРАФ – прибор для наблюдения и измерения быстро изменяющихся величин, способный регистрировать форму измеряемого сигнала на экране электронно-лучевой трубки посредством электронного луча.

ПАДЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ на участке цепи – произведение силы тока на сопротивление участка цепи.

ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ПРОВОДНИКОВ – соединение проводников, при котором начала всех проводников соединяются между собой и все концы проводников также соединяются между собой. При этом соединении величина, обратная общему сопротивлению R соединенных проводников, равна сумме значений обратных сопротивлений отдельных проводников:

$$\text{ков: } \frac{1}{R} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}, \text{ где } R_i - \text{сопротивление отдельного проводника;}$$

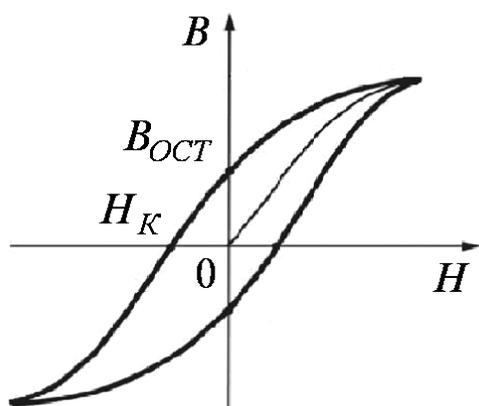
n - число соединенных проводников.

ПАРАМАГНЕТИЗМ – свойство вещества намагничиваться во внешнем магнитном поле в направлении поля. Магнитные моменты атомов и молекул парамагнетика отличны от нуля, но направлены хаотично. При наложении внешнего магнитного поля происходит перераспределение их направлений. Число магнитных моментов, приближающихся по направлению к направлению намагничивающего поля, оказывается преобладающим. Это приводит к тому, что появляется отличная от нуля намагниченность, направленная вдоль вектора индукции внешнего поля. Но усиление магнитного поля в парамагнетике незначительно, так что его магнитная проницаемость отличается от единицы незначительно.

ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК – электрический ток, периодически изменяющийся по величине и направлению. Мгновенное значе-

ние силы тока i простейшего переменного синусоидального тока имеет вид: $i = I_0 \sin(\omega t + \varphi_0)$, где I_0 - амплитудное значение силы тока; ω - циклическая частота; φ_0 - начальная фаза; t - время.

ПЕТЛЯ ГИСТЕРЕЗИСА – графически изображенная зависимость индукции магнитного поля B от напряжённости маг-



нитного поля H при циклическом перемагничивании ферромагнетика. Зависимость $B = f(H)$ для каждого ферромагнетика устанавливается опытным путём и представляет собой замкнутую кривую, охватывающую площадь, пропорциональную потерям энергии на гистерезис за один цикл перемагничивания.

При намагничивании ферромагнетика все домены стремятся ориентироваться по внешнему полю, что приводит к возрастанию магнитной индукции. При размагничивании магнитная индукция запаздывает в уменьшении и при $H = 0$ оказывается отличной от нуля – остаточная индукция $B_{ост}$. Для полного размагничивания надо приложить магнитное поле противоположного направления. Напряжённость магнитного поля H_K размагничивающего ферромагнетик полностью называется коэрцитивной силой.

ПЛОТНОСТЬ ТОКА – векторная величина \vec{j} , измеряемая зарядом, протекающим за единицу времени через единицу площади поперечного сечения проводника:

$$j = \frac{q}{St},$$

где q - заряд,

протекающий через площадь S за время t . Направление вектора плотности тока совпадает с направлением скорости направленного движения положительных зарядов в электрическом поле, то есть напряжённостью \vec{E} электрического поля в данной точке проводника. Единица плотности тока в СИ - ампер на квадратный метр ($A \cdot m^{-2}$).

p-n ПЕРЕХОД – граничный слой между областями p-типа и n-типа в полупроводнике. Соединение полупроводников обоих типов вызывает диффузию основных носителей заряда через переход - дырки из p-области переходят в n-область, а электроны из n-области диффундируют в p-область. В результате вблизи перехода возникает пространственный заряд, создающий на переходе разность потенциалов, которая препятствует дальнейшему прохождению основных носителей заряда через границу областей. Если к p-n-переходу подключить источник тока, то он будет проводить электрический ток только в том случае, когда положительный полюс источника тока подключен к p-области полупроводника, а отрицательный к n-области полупроводника. Проводимость в одном направлении - основное свойство p-n-перехода.

ПОЛУПРОВОДНИКИ – вещества, занимающие по электропроводности промежуточное положение между проводниками и диэлектриками. Электропроводность полупроводников зависит от температуры и других внешних воздействий - облучения, давления и т.п. При низкой температуре полупроводники являются диэлектриками, при высокой температуре - хорошие проводники электрического тока.

ПОЛЯРИЗАЦИЯ ДИЭЛЕКТРИКОВ – процесс смещения зарядов в диэлектрике под действием внешнего электрического поля. Диэлектрики состоят из молекул, в состав которых входят как положительные, так и отрицательные заряды. При внесении диэлектрика во внешнее электрическое поле заряды приобретают ориентировку в направлении внешнего поля - происходит поляризация диэлектрика, в процессе которой все положительные заряды смещаются по полю, а отрицательные - против поля. Внутри поляризованного диэлектрика противоположные по знаку заряды двух соседних молекул попарно компенсируются и некомпенсированными остаются только заряды противоположного знака на внешней поверхности диэлектрика. Эти заряды создают свое собственное электрическое поле внутри диэлектрика, вектор

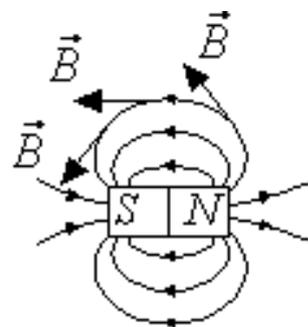
напряжённости которого направлен противоположно вектору напряжённости внешнего поля, вызывающего поляризацию диэлектрика. Вследствие этого результирующее электрическое поле внутри диэлектрика ослабляется. Это ослабление характеризуется диэлектрической проницаемостью.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ПРОВОДНИКОВ – соединение, при котором к концу каждого предыдущего проводника присоединяется начало последующего. Сила тока во всех последовательно соединённых проводниках одинакова, а их общее сопротивление равно сумме сопротивлений соединённых

проводников: $R = \sum_{i=1}^n R_i$, где R_i - сопротивление отдельного про-

водника; n - число соединённых проводников.

ПОСТОЯННЫЙ МАГНИТ – устройство из намагниченного ферромагнитного материала, способного длительное время сохранять собственное магнитное поле. В древности постоянный магнит изготавливали из железной руды - магнитного железняка. Наиболее распространённый постоянный магнит - стрелка компаса. Её конец, указывающий на север, называется северным полюсом магнита и обозначается символом « N », а конец, указывающий на юг, - южным полюсом магнита « S ». Наличие двух полюсов - характерное свойство магнита. Постоянные магниты одноименными полюсами отталкиваются, разноименными - притягиваются. Взаимодействие магнитов указывает на существование вокруг них магнитного поля, посредством которого и осуществляется их влияние друг на друга.



ПОСТОЯННЫЙ ТОК – электрический ток, сила тока и направление движения зарядов которого не изменяются с течением времени. Постоянный ток невозможен при наличии лишь сил электростатического происхождения. Для его существования не-

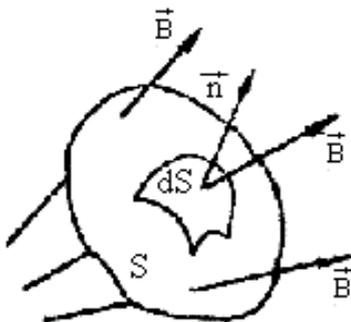
обходимы силы не электростатического происхождения, называемые сторонними электродвижущими силами. Основной закон постоянного тока - закон Ома.

ПОТЕНЦИАЛ электрический – энергетическая характеристика данной точки электростатического поля, равная потенциальной энергии W взаимодействия заряда q с полем к величине этого заряда: $\varphi = \frac{W}{q}$. Потенциал зависит от выбора начала от-

счёта энергии. Точку, в которой потенциал равен нулю, можно выбрать произвольно. Как правило, за нулевое значение потенциала принимают потенциал бесконечно удалённой точки или потенциал Земли. При таком выборе начала отсчёта потенциал электростатического поля равен работе, совершённой силами поля при перемещении единичного положительного заряда из данной точки в бесконечно удалённую точку или другую точку, потенциал которой принят равным нулю. Единица потенциала в СИ – вольт (В).

ПОТОК НАПРЯЖЁННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ – величина, пропорциональная числу силовых линий электрического поля, проходящих через поверхность площадью S , и равная интегралу от произведений площадей элементарных участков dS , на которые разбита поверхность S , на нормальные составляющие E_n вектора напряжённости электрического поля к этим элементарным участкам поверхности: $\Phi_E = \int_S E_n dS$.

ПОТОК МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ – полное количество линий магнитной индукции, проходящих через какую-либо



поверхность: $\Phi_B = \int_S B_n dS$, где Φ – магнитный поток, B_n – проекция вектора магнитной индукции \vec{B} на направление \vec{n} нормали к площадке dS . Поскольку для любой замкнутой по-

верхности число входящих через неё линий индукции равно числу выходящих, то полный поток магнитной индукции через замкнутую поверхность всегда равен нулю: $\oint_S \mathbf{B}_n dS = 0$. Единица

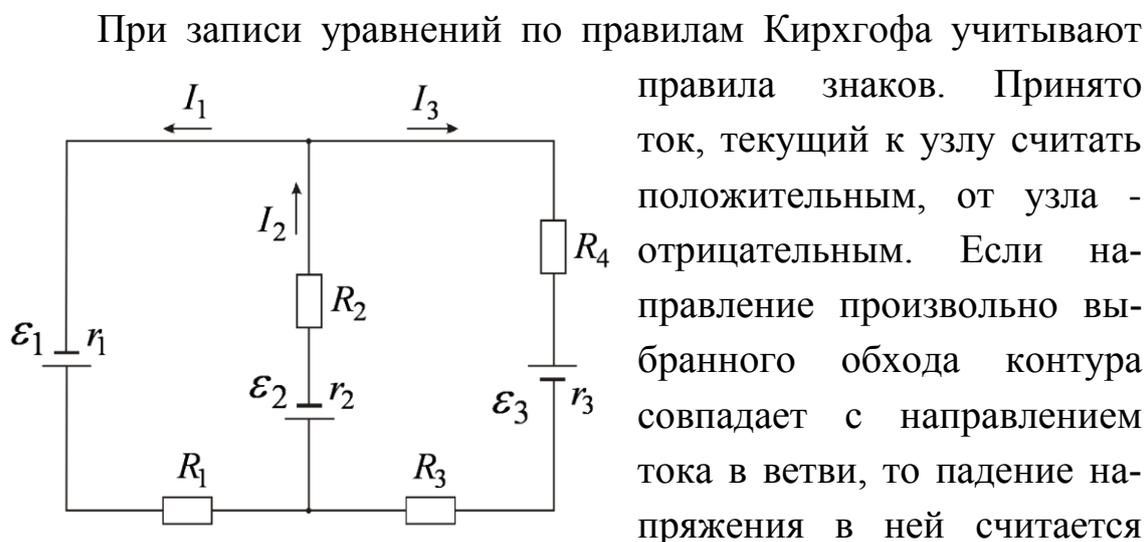
магнитного потока в СИ - вебер (Вб).

ПОТОКОСЦЕПЛЕНИЕ – величина, определяемая выражением $\Psi = \sum_i \Phi_i$ и характеризующая магнитный поток, связанный с контуром. Если в магнитном поле находится контур, состоящий из N витков, каждый из которых пронизывается магнитным потоком Φ_i , то сумма этих потоков называется потокосцеплением Ψ . Если поток, пронизывающий каждый из N витков одинаков, то есть $\Phi_i = \Phi$, то $\Psi = N\Phi$. Потокосцепление измеряют в тех же единицах, что и магнитный поток.

ПРАВИЛА КИРХГОФА – правила, сформулированные для расчёта разветвлённых электрических цепей.

Первое правило - алгебраическая сумма сил токов I_i , сходящихся в узле, равна нулю: $\sum_i I_i = 0$.

Второе правило - алгебраическая сумма падений напряжений $I_i R_i$ в ветвях любого замкнутого контура, который можно выделить в разветвлённой цепи, равна алгебраической сумме ЭДС ε_k , включённых в этот контур: $\sum_i I_i R_i = \sum_k \varepsilon_k$.



положительным. Положительными считаются ЭДС, которые повышают потенциал в направлении обхода, то есть при обходе сначала встречается отрицательный полюс источника тока, а затем положительный. Чтобы все уравнения, составленные на основании второго правила Кирхгофа были независимыми, необходимо каждый раз рассматривать контуры, содержащие хотя бы одну новую ветвь, не входящую в уже использованные контуры.

Поскольку направления токов в ветвях электрической цепи неизвестны, надо расставить стрелки, указывающие эти направления, предположительно, руководствуясь тем, чтобы для каждого узла были как подходящие к нему, так отходящие от него токи. Отрицательное значение силы тока при решении укажет на неверно выбранное его направление.

Применение правил Кирхгофа можно проиллюстрировать на примере электрической цепи, приведенной на рисунке:

$$-I_1 + I_2 - I_3 = 0, \quad I_1 R_1 + I_1 r_1 + I_2 R_2 + I_2 r_2 = \varepsilon_1 - \varepsilon_2,$$

$$I_1 R_1 - I_3 (R_3 + r_3 + R_4) = \varepsilon_1 + \varepsilon_3,$$

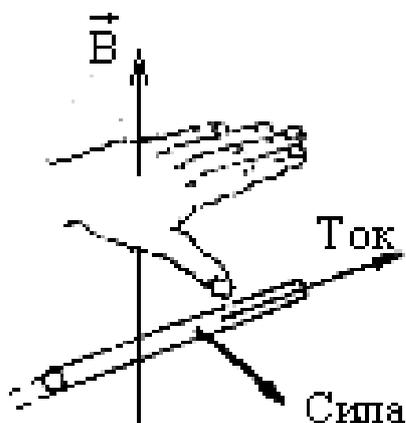
где r_1 , r_2 и r_3 - внутренние сопротивления источников тока с ЭДС ε_1 , ε_2 и ε_3 соответственно; R_1 , R_2 , R_3 , R_4 - сопротивления внешнего участка электрической цепи.

ПРАВИЛО БУРАВЧИКА (правого винта) – правило для определения направления магнитных силовых линий проводника с током: если буравчик мысленно ввинчивать по направлению тока, то направление вращения головки буравчика укажет направление магнитных силовых линий. Правило буравчика применяется и для определения магнитного момента тока.



ПРАВИЛО ЛЕВОЙ РУКИ – правило для определения направления силы, действующей со стороны магнитного поля на проводник с током: если расположить левую руку так, чтобы магнитные силовые линии входили в ладонь, а выпрямленные четыре пальца совпадали с направлением

ем тока, то большой палец, находящийся в одной плоскости с остальными перпендикулярный к ним, укажет направление действия силы. Правило левой руки также применяется для определения силы Лоренца. При нахождении направления силы Лоренца надо учитывать знак заряда. Правило левой руки непосредственно



применяется к движущимся в поле положительным зарядам: если левую руку расположить так, чтобы линии магнитной индукции входили в ладонь, а четыре вытянутых пальца, совпадали с направлением вектора скорости заряда, то отогнутый большой палец укажет направление силы, действующей на положительный заряд.

Для отрицательных зарядов четыре вытянутых пальца направляются противоположно направлению движения заряда.

ПРАВИЛО ПРАВОЙ РУКИ – правило определяет направление индукционного тока: если расположить правую руку так, чтобы магнитные силовые линии входили в ладонь, а отогнутый в плоскости ладони большой палец указывал направление движения проводника, то остальные четыре вытянутые в той же плоскости пальца будут показывать направление индукционного тока.

ПРИМЕСНАЯ ПРОВОДИМОСТЬ – электропроводность полупроводников, обусловленная присутствием в полупроводнике акцепторной или донорной примеси. Введение в кристалл химически чистого полупроводника атомов других элементов приводит к преобладанию в нём свободных электронов над дырками, или наоборот. Примеси, например мышьяк, введение которых в полупроводник приводит к увеличению числа свободных электронов, называются донорными. Примеси, например индий, вызывающие увеличение числа дырок, называются акцепторными. Если проводимость полупроводника обусловлена в основном

свободными электронами, а дырочная проводимость является неосновной, то полупроводник называется электронным или полупроводником n-типа. Полупроводник, у которого основными носителями заряда являются дырки, а неосновными – свободные электроны, называется дырочным полупроводником или полупроводником p-типа. В зависимости от содержания примеси проводимость примесного полупроводника возрастает по сравнению с собственной проводимостью полупроводника в десятки и сотни тысяч раз.

ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ – электрические поля, создаваемые в пространстве разными зарядами, не оказывают влияния друг на друга. Напряжённость результирующего поля, создаваемого системой точечных зарядов в данной точке поля, равна векторной сумме напряжённостей полей от каждого заряда в отдельности в этой точке, а потенциал – алгебраической сумме потенциалов, создаваемых в рассматриваемой точке каждым из зарядов.

ПРОВОДИМОСТЬ – величина, обратная сопротивлению проводника. Единица проводимости в СИ – сименс (См).

ПРОВОДНИК – вещество, в котором имеются свободные заряженные частицы, способные под действием электрического поля перемещаться внутри проводника, создавая электрический ток проводимости. В проводниках первого рода (металлы и их сплавы) носителями тока являются электроны. В проводниках второго рода (растворы солей, кислот, щелочей и целый ряд веществ органического происхождения) – ионы.

ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ – возникновение поверхностных электрических зарядов на поверхности некоторых кристаллов при их деформации. Если кристалл пьезоэлектрика поместить в электрическое поле, то наблюдается обратный эффект – в кристалле возникают упругие напряжения, в результате чего кристалл деформируется. Пьезоэлектрический эффект наблюдается у многих кристаллических тел (кварц, сегнетова соль,

турмалин, сахар). Он получил широкое применение в технике, в частности, для возбуждения ультразвуковых колебаний.

РАБОТА ВЫХОДА электрона – работа, совершаемая при удалении электрона из проводника в вакуум против сил, удерживающих электрон в проводнике. Работа A , соответствующая минимальной энергии, необходимой для выхода электрона из металла в вакуум: $A = e\Delta\varphi$, где $\Delta\varphi$ - разность потенциалов между металлом и вакуумом, называемая потенциалом выхода; e - заряд электрона. Работа выхода зависит от природы металла, состояния его поверхности и практически не зависит от температуры. Работу выхода принято измерять внесистемной единицей – электрон-вольт (эВ).

РАБОТА СИЛ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ – определяется выражением $A = q(\varphi_1 - \varphi_2)$, где q - заряд, перемещаемый в поле, начальное и конечное положение которого соответствует точкам поля с потенциалами φ_1 и φ_2 . Работа сил электрического поля не зависит от пути, по которому перемещается в этом поле заряд q , а зависит от его начального и конечного положения в поле. Следовательно, силы, действующие на заряд q , являются потенциальными силами и работа этих сил по замкнутому контуру равна нулю.

РАЗНОСТЬ ПОТЕНЦИАЛОВ – скалярная величина, численно равная отношению работы поля A_{12} по перемещению положительного заряда q_0 из начальной точки поля в конечную к

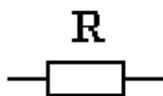
величине этого заряда: $\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A_{12}}{q_0}$, где φ_1 и φ_2 – потенциалы

начальной и конечной точек поля. Численное значение разности потенциалов между двумя точками электростатического поля не зависит от выбора точки нулевого потенциала. Единица разности потенциалов в СИ – вольт.

РЕАКТИВНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ – физическая величина, характеризующая сопротивление электрической цепи или

её участка прохождению переменного тока, не связанная с преобразованием энергии электрического тока в другие виды энергии. К устройствам, обладающим реактивным сопротивлением, относятся конденсаторы и катушки индуктивности. Единица реактивного сопротивления в СИ - ом.

РЕЗИСТОР – устройство, представляющее собой проводник с известным электрическим сопротивлением. Он создает сопротивление прохождению электрического тока по цепи не зависимо от направления этого тока, с целью его ограничения или регулирования. Изготавливают



проволочные и непроволочные резисторы, с постоянным и переменным (регулируемым) значением сопротивления. На рисунке приведено обозначение резистора на схемах электрических цепей.

РЕКОМБИНАЦИЯ – процесс взаимодействия свободных носителей заряда противоположного знака, приводящий к образованию нейтральных атомов и молекул. Рекомбинация – процесс обратный ионизации.

РЕОСТАТ – устройство для регулирования и ограничения тока или напряжения в электрической цепи путем изменения её сопротивления.

САМОИНДУКЦИЯ – возбуждение в контуре электродвижущей силы при изменении величины протекающего по нему тока. Самоиндукция всегда проявляется при замыкании или размыкании цепи. Она препятствует скачкообразному изменению тока, обуславливает медленное нарастание тока при замыкании цепи и возникновение больших напряжений при её размыкании.

ЭДС самоиндукции ε_L пропорциональна скорости изменения силы тока I : $\varepsilon_L = -L \frac{dI}{dt}$, где L - индуктивность рассматриваемого контура.

СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ – свойство некоторых металлов, сплавов при низкой температуре полностью терять электри-

ческое сопротивление. Для каждого сверхпроводника существует своя критическая температура, при которой он переходит в сверхпроводящее состояние. Если в цепи из сверхпроводников возникает электрический ток, то он остаётся неизменным неограниченное время в отсутствие внешнего электрического поля.

СВОБОДНЫЕ ЗАРЯДЫ – заряды, способные под действием внешнего электрического поля перемещаться по всему объёму проводника.

СВЯЗАННЫЕ ЗАРЯДЫ – заряды, связанные с атомами и молекулами вещества. Под действием поля они не могут свободно перемещаться и только испытывают смещение в пределах микроскопических объёмов.

СВЯЗЬ НАПРЯЖЁННОСТИ И ПОТЕНЦИАЛА – энергетическая (потенциал φ) и силовая (напряжённость \vec{E}) характеристики электростатического поля связаны соотношением: $\vec{E} = -grad\varphi$. Вектор $grad\varphi$ - градиент скалярной функции, направленный в сторону наиболее быстрого возрастания функции, равный по величине производной функции по этому направлению. Поскольку под действием сил электрического поля положительные заряды будут двигаться, стремясь уменьшить свою потенциальную энергию, перемещаясь из точек с более высоким потенциалом в точки поля с более низким потенциалом, то есть по направлению вектора \vec{E} , то вектора \vec{E} и $grad\varphi$ направлены противоположно. Если потенциал поля зависит только от одной координаты r , то выражение связи характеристик упрощается:

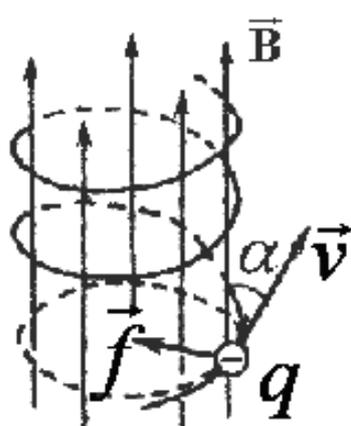
$$\vec{E} = -\frac{d\varphi}{dr}\vec{n}, \text{ где } \vec{n} - \text{единичный вектор, определяющий направление}$$

силы силовой линии поля.

СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКИ – кристаллические вещества, диэлектрическая проницаемость которых достигает значительной величины, зависящей для данного сегнетоэлектрика от напряжённости электрического поля, температуры и предварительной поляризованности. Особые электрические свойства сегнетоэлек-

триков обусловлены тем, что в определенном интервале температур они состоят из множества макроскопических областей – доменов, которые самопроизвольно (спонтанно) поляризованы до насыщения. Сегнетоэлектрики применяются в качестве нелинейных элементов в оптических системах, радиоэлектронике, вычислительной технике и т.д.

СИЛА ЛОРЕНЦА – сила \vec{f} , действующая на электрический заряд, движущийся в магнитном поле: $\vec{f} = q [\vec{v}, \vec{B}]$, где q и \vec{v} – величина заряда и его скорость; \vec{B} – индукция магнитного поля. Величина силы Лоренца равна $f = qvB\sin\alpha$, где α – угол между



векторами \vec{v} и \vec{B} , а направлена она перпендикулярно к плоскости, в которой расположены векторы \vec{v} и \vec{B} . Это направление можно определить с помощью правила левой руки. Так как сила Лоренца направлена всегда перпендикулярно к скорости, то она работы не совершает, а значит, не изменяет величины скорости движения

заряда, изменяет только её направление. Если заряд влетает в однородное магнитное поле так, что вектор \vec{v} его скорости составляет с направлением магнитной индукции \vec{B} угол α , то траектория движения заряда – винтовая линия. Если $\vec{v} \perp \vec{B}$, то заряд движется по окружности постоянного радиуса. При $\vec{v} \parallel \vec{B}$ заряд не испытывает действия силы и движется по прямолинейной траектории.

СИЛА ТОКА – скалярная характеристика электрического тока, равная заряду dq , переносимому через поперечное сечение проводника за интервал времени dt , к величине этого интервала ток: $I = \frac{dq}{dt}$. Если сила тока не изменяется с течением времени,

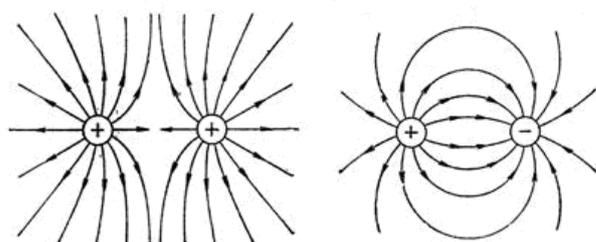
то ток называется постоянным током. Единица силы тока в СИ – ампер (А).

СИЛОВЫЕ ЛИНИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ТОКА –

воображаемые линии, касательные к которым в каждой точке поля совпадают с направлением вектора магнитной индукции поля в этой точке. Силовые линии магнитного поля тока представляют собой концентрические окружности. Для определения направления силовых линий пользуются правилом буравчика: если буравчик (правый винт) ввертывается в направлении тока, то направление его вращения определяет направление силовых линий. Замкнутость силовых линий указывает на то, что в природе нет магнитных зарядов.



СИЛОВЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ – воображаемые линии, касательные к которым в каждой точке пространства совпадает с направлением вектора напряженности поля в этих точках. Силовые линии электрического поля имеют начало



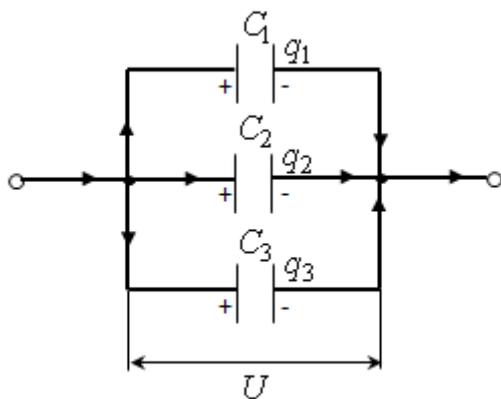
на положительных зарядах и заканчиваются на отрицательных. Силовые линии всегда перпендикулярны эквипотенциальным поверхностям и, соответ-

ственно, поверхности проводника. Распределение силовых линий определяет характер поля. Поле может быть однородным, если силовые линии параллельны, и неоднородным, если силовые линии не параллельны. В неоднородном поле густота проведения силовых линий пропорциональна величине напряжённости поля в рассматриваемой точке поля.

СИМЕНС (См) – единица электрической проводимости в Международной системе единиц (СИ). 1 См равен электрической проводимости участка электрической цепи сопротивлением 1 Ом. Размерность сименса в СИ - $L^2M^{-1}T^3I^2$.

СОБСТВЕННАЯ ПРОВОДИМОСТЬ – проводимость химически чистых полупроводниковых материалов (германия, кремния и т.п.). Если кристалл полупроводника поглощает энергию (нагревание, облучение), то часть ковалентных связей нарушается, что приводит к образованию свободных электронов – электронов проводимости. Одновременно с образованием свободного электрона в том месте кристалла, где связь между атомами кристаллической решётки теряет электрон, возникает положительно заряженное свободное место – дырка. Вследствие теплового движения электрон с соседней связи может перейти на место дырки, что рассматривается как свободное движение дырки в кристалле полупроводника, то есть перемещении положительного заряда. При наложении внешнего электрического поля на кристалл полупроводника свободные электроны двигаются против поля, дырки – по полю. Поэтому собственная проводимость полупроводника определяется движением свободных электронов и дырок или, что, то же самое, движением электронов проводимости и электронов связи.

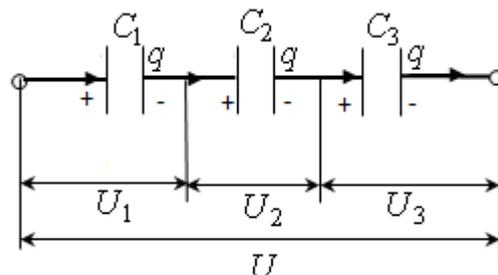
СОЕДИНЕНИЕ КОНДЕНСАТОРОВ – для получения необходимой электроёмкости конденсаторы соединяют в батареи



параллельно, последовательно или смешанно. Электроёмкость C группы параллельно соединенных конденсаторов равна сумме электроёмкостей этих конденсаторов: $C = \sum_{i=1}^n C_i$. Элек-

троёмкость C группы последова-

тельно соединенных конденсаторов всегда меньше, чем ёмкость каждого из этих конденсаторов в отдельности и обратная

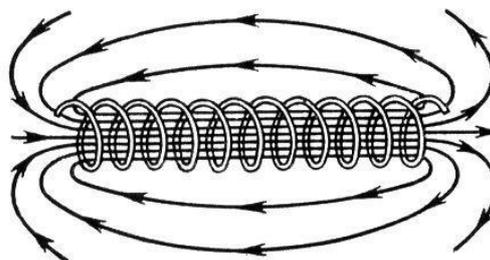


ей величина $\frac{1}{C}$ равна сумме обратных ёмкостей последовательно

соединённых конденсаторов: $\frac{1}{C} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$. Здесь C_i - емкости со-

единяемых в батарею конденсаторов, n - общее число конденса-
торов в батарее.

СОЛЕНОИД – катушка индуктивности, представляет собой намотанный на цилиндрическую поверхность изолированный проводник, по которому может проходить электрический ток. Если длина соленоида l значительно больше диаметра,



то магнитное поле внутри соленоида однородно и направлено параллельно его оси, а напряженность магнитного поля H соленоида на его оси пропорциональна

силе тока I и числу витков N на единицу длины: $H = \frac{NI}{l}$.

СОПРОТИВЛЕНИЕ электрическое – свойство проводника, определяющее его способность оказывать противодействие движущимся в нём электрическим зарядам. Величина сопротивления проводника зависит от его размеров, формы, природы вещества и температуры. Для однородных проводников неизменного сечения (проволок, полос и т.п.) сопротивление R пропорционально их длине l и обратно пропорционально площади поперечного сечения S : $R = \rho \frac{l}{S}$, где ρ - удельное сопротивление

вещества, из которого сделан проводник. Сопротивление не зависит от того, течёт ток по проводнику или не течёт. Единица сопротивления в СИ – ом (Ом).

СТОРОННИЕ СИЛЫ, сторонние электродвижущие силы – силы не электростатического происхождения. Сторонняя электродвижущая сила не может иметь электростатического проис-

хождения по той причине, что электростатическое поле является потенциальным. В потенциальном поле работа по замкнутому контуру, по которому течёт ток, должна быть равна нулю. При таком условии ток не может существовать, поскольку он должен совершать работу для преодоления омического сопротивления проводников. Существование постоянного тока доказывает, что сторонние силы имеют не электростатическое происхождение. Сторонние силы обусловлены химическими процессами, диффузией носителей заряда в неоднородной среде или через границу двух разнородных сред, электрическими (но не электростатическими) полями, порождаемыми меняющимися во времени магнитными полями и т.д. Устройства, в которых возникают сторонние силы, называются источниками тока. Сторонние силы перемещают заряды на внутреннем участке цепи против сил электрического поля.

ТЕОРЕМА ОСТРОГРАДСКОГО-ГАУССА – теорема электростатики, согласно которой поток вектора напряжённости электростатического поля $\oint_S \vec{E} d\vec{S}$ через произвольную замкнутую

поверхность S численно равен алгебраической сумме зарядов $\sum_i q_i$, заключённых внутри этой поверхности, и делённой на аб-

солютную диэлектрическую проницаемость: $\oint_S \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\epsilon_a} \sum_i q_i$.

Здесь $\epsilon_a = \epsilon_0 \epsilon$ – абсолютная диэлектрическая проницаемость, ϵ_0 – электрическая постоянная, ϵ – диэлектрическая проницаемость среды. Теорема Остроградского-Гаусса позволяет рассчитывать напряжённость электрических полей, создаваемых симметрично распределёнными зарядами.

ТЕРМОПАРА – устройство, состоящее из двух контактов разнородных проводников, работа которого основана на явлении Зеебека. Используется для измерения температур и состоит из двух спаев-контактов разнородных металлов (или полупроводни-

ков) один из которых поддерживается при постоянной температуре, а другой помещается в объём среды с измеряемой температурой. Значение температуры определяют по величине термоэдс, регистрируемой включенным в цепь термопары электроизмерительным прибором. С помощью термопар можно измерять с точностью порядка сотен долей градуса как низкие, так и высокие температуры.

ТЕРМОЭДС, термоэлектродвижущая сила – электродвижущая сила, возникающая в замкнутой электрической цепи, составленной из последовательно соединенных разнородных металлов или полупроводников, спаи которых поддерживаются при различных температурах: $\varepsilon = \varepsilon_0(T_2 - T_1)$, где T_1 и T_2 - абсолютные температуры нагретого и холодного спаев-контактов термоэлемента; ε_0 - удельная термоэдс, характеризующая зависимость термоэдс от природы металлов или полупроводником, образующих термоэлемент.

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ – физические явления, обусловленные существованием взаимосвязи между тепловыми и электрическими процессами в металлах и полупроводниках. К термоэлектрическим явлениям относятся явление Зеебека, явление Пельтье и явление Томсона.

ТЕРМОЭЛЕКТРОННАЯ ЭМИССИЯ – выход свободных электронов из металла при его нагревании. Число вылетающих электронов зависит от температуры и от природы металла. Термоэлектронная эмиссия используется в электровакуумных приборах.

ТЕСЛА (Тл) – единица магнитной индукции в Международной системе единиц (СИ). Тесла равна магнитной индукции, при которой магнитный поток сквозь поперечное сечение площадью 1 м^2 равен 1 Вб . Размерность тесла в СИ – MT^2I^{-1} .

ТЛЕЮЩИЙ РАЗРЯД – один из видов самостоятельного электрического разряда в газе, возникающий между электродами

газового промежутка при давлении газа меньше атмосферного. Используется, например, в газоразрядных лампах.

ТОК ПРОВОДИМОСТИ – электрический ток, определяемый движением свободных электрических зарядов относительно неподвижного проводника под действием внешнего электрического поля.

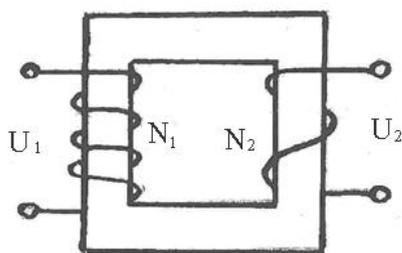
ТОК СМЕЩЕНИЯ – вид тока не связанного с движением зарядов, зависящий от скорости изменения электрического поля и приводящий к возникновению магнитного поля. Плотность тока смещения $\vec{j}_{\text{СМ}}$ определяется быстротой изменения напряжённости

электрического поля: $\vec{j}_{\text{СМ}} = \varepsilon_0 \varepsilon \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$, где ε_0 - электрическая постоянная; ε - диэлектрическая проницаемость. Ток смещения в вакууме не связан с перемещением зарядов и не сопровождается выделением джоулева тепла.

ТОЧЕЧНЫЙ ЗАРЯД – заряженное тело, размерами которого можно пренебречь по сравнению с расстояниями от этого тела до других тел, несущих электрический заряд.

ТОЧКА КЮРИ – характерная для каждого ферромагнетика температура, при которой области спонтанного намагничивания (домены) под действием теплового движения разрушаются и ферромагнетик становится парамагнетиком. Точка Кюри для железа, например, равна 753 °С.

ТРАНСФОРМАТОР – устройство, предназначенное для преобразования переменного тока одного напряжения в переменный ток другого напряжения при неизменной частоте. Действие трансформатора основано на явлении электромагнитной индукции. Трансформатор состоит из двух обмоток с разным числом витков N_1 и N_2 , индуктивно связанных друг с другом. Периодические изменения тока в первичной обмотке вызывают соответствующие изменения магнитного пото-



тока в первичной обмотке вызывают соответствующие изменения магнитного пото-

ка во вторичной обмотке, которые индуцируют в ней переменное напряжение. Напряжения на первичной U_1 и вторичной U_2 обмотках различаются из-за разного числа витков этих обмоток.

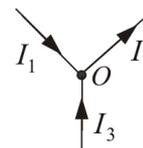
Отношение $\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} = k$ называется коэффициентом транс-

формации. Коэффициент трансформации показывает, во сколько раз вторичное напряжение отличается от первичного в режиме холостого хода (ненагруженного трансформатора).

УДЕЛЬНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ – физическая величина, характеризующая зависимость электрического сопротивления проводников от их внутреннего строения. Единица удельного сопротивления в СИ - ом-метр (Ом·м).

УДЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ, удельная проводимость – характеристика проводящих свойств вещества, которая является величиной обратной удельному электрическому сопротивлению. По значению удельной проводимости вещества подразделяются на проводники, диэлектрики и полупроводники. Единица измерения в СИ - сименс на метр (См·м⁻¹).

УЗЕЛ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ – точка электрической цепи, в которой сходится более двух проводников.



УРАВНЕНИЯ МАКСВЕЛЛА – фундаментальные уравнения классической теории электромагнитного поля:

$$\operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}, \operatorname{div} \vec{D} = \rho, \operatorname{rot} \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}, \operatorname{div} \vec{B} = 0,$$

где \vec{E} – напряженность электрического поля; \vec{D} – электрическое смещение; \vec{H} – напряженность магнитного поля; \vec{B} – магнитная индукция; \vec{j} – плотность тока; ρ – объёмная плотность свободных зарядов. Уравнения Максвелла содержат в себе все основные законы электрического и магнитного полей, включая электромагнитную индукцию, и поэтому являются общими уравнениями электромагнитного поля в покоящихся средах. Теория Максвелла не только объяснила уже известные факты, но и предсказала но-

вые и важные явления. Совершенно новым в этой теории являлось предположение Максвелла о магнитном поле токов смещения. На основе этого предположения Максвелл теоретически предсказал существование электромагнитных волн, то есть переменного магнитного поля распространяющегося в пространстве с конечной скоростью.

УСЛОВИЯ СУЩЕСТВОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА проводимости – для возникновения и поддержания электрического тока в цепи необходимо наличие: свободных носителей электрического заряда; источника электрической энергии; замкнутой электрической цепи.

ФАРАД (Ф) – единица электрической ёмкости в Международной системе единиц (СИ). Фарад равен ёмкости проводника, потенциал которого изменяется на 1 В при сообщении ему заряда 1 Кл. Размерность единицы электрической емкости в СИ - $L^{-2}M^{-1}T^4I^2$.

ФАРАДЕЙ Майкл (1791 – 1867) – английский физик. Открыл явление электромагнитной индукции и сформулировал основной его закон. Открыл законы электролиза и дискретность электрического заряда. Обнаружил явление вращения плоскости поляризации света в магнитном поле, послужившее основой развития магнитооптики. Ввёл в науку одно из основных физических понятий – понятие поля. Изучал поведение диэлектриков в электрическом поле и ввёл понятие диэлектрической проницаемости. Изобрел электродвигатель, динамо-машину, трансформатор и др.



ФЕРРОМАГНЕТИКИ – вещества, свойства которых обусловлены тем, что в их структуре имеются области называемые доменами, магнитные моменты атомов и молекул в которых уже

от природы имеют согласованную ориентацию, что называется спонтанным намагничиванием. Под действием внешнего поля происходит ориентировка (согласно с полем) магнитных моментов доменов. При этом создается собственное поле вещества, на несколько порядков более сильное, чем у парамагнетиков, которое сохраняется и после прекращения действия намагничивающего поля. Это явление называется остаточным намагничиванием и определяет образование искусственных и естественных постоянных магнитов. Магнитная проницаемость ферромагнетиков очень высока и для специальных сплавов достигает десятков тысяч. К ферромагнетикам относятся железо, никель, кобальт, сталь и их сплавы.

ФОРМУЛА ТОМСОНА – соотношение, определяющее период T электромагнитных колебаний, возникающих в колебательном контуре, активное сопротивление (сопротивление проводов, катушки индуктивности) которого исчезающе мало (идеальный контур): $T = 2\pi\sqrt{LC}$. Период электромагнитных колебаний полностью определяется емкостью C и индуктивностью L контура, то есть его собственными параметрами.

ЦЕПЬ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С АКТИВНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ – электрическая цепь из резистора, включенного под переменное напряжение $U = U_0 \sin \omega t$. По закону

Ома мгновенное значение силы тока $i = \frac{U}{R} = I_0 \sin \omega t$. Сила тока

в цепи изменяется по синусоидальному закону и совпадает по фазе с напряжением. Здесь R – сопротивление резистора, ω – циклическая частота переменного тока, t – время, U_0 и $I_0 = \frac{U_0}{R}$ –

амплитудные значения напряжения и силы тока соответственно.

ЦЕПЬ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С ЁМКОСТЬЮ – электрическая цепь из конденсатора, включенного под переменное напряжение $U = U_0 \sin \omega t$. Заряд на обкладках конденсатора и сила тока в его цепи изменяются пропорционально напряжению:

$$q = CU = CU_0 \sin \omega t; \quad i = \frac{dq}{dt} = C \omega U_0 \cos \omega t = I_0 \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}).$$

Из последнего выражения следует, что ток в цепи с ёмкостью опережает по фазе напряжение на угол $\frac{\pi}{2}$. Здесь C – ёмкость конденсатора, ω – циклическая частота переменного тока, t – время, U_0 и $I_0 = \omega C U_0$ – амплитудные значения напряжения и силы тока.

ЦЕПЬ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С ИНДУКТИВНОСТЬЮ – электрическая цепь из катушки индуктивности, через которую проходит переменный синусоидальный ток $i = I_0 \sin \omega t$. Переменный ток в катушке создаёт ЭДС самоиндукции, которая для прохождения тока через катушку должна быть равна напряжению на ней: $U = L \frac{di}{dt} = L \omega U_0 \cos \omega t = U_0 \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$. Таким образом, в цепи переменного тока, содержащей только индуктивность, напряжение опережает ток по фазе на угол $\frac{\pi}{2}$. Здесь L – индуктивность, ω – циклическая частота переменного тока, t – время, I_0 и $U_0 = \omega L I_0$ – амплитудные значения силы тока и напряжения.

ЭДС ИНДУКЦИИ – см. электромагнитная индукция.

ЭКВИПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЛИНИЯ – линия постоянного потенциала, образуемая при сечении эквипотенциальной поверхности перпендикулярной к ней плоскостью рисунка.

ЭКВИПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ – поверхность, образованная точками электрического поля с одинаковым потенциалом. Направление нормали \vec{n} к эквипотенциальной поверхности совпадает с направлением вектора напряженности электрического поля \vec{E} в той же точке. Так как вектор \vec{E} направлен по касательной к силовой линии электрического поля, то силовые линии в каждой точке поля перпендикулярны эквипотенциальным поверхностям.

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЁМКОСТЬ – физическая величина, характеризующая способность проводника накапливать на себе электрические заряды. При сообщении уединённому проводнику электрического заряда Q его потенциал φ относительно какой-либо точки (например, Земли) будет возрастать пропорционально заряду: $\varphi = CQ$. Коэффициент пропорциональности C между зарядом и потенциалом называется электрической ёмкостью. Величина электроёмкости определяется формой и размерами проводника, диэлектрической проницаемостью среды, в которой проводник находится. Единица электроёмкости в СИ - фарад (Ф).

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПОСТОЯННАЯ (ε_0) – скалярная величина, входящая в выражение некоторых законов электродинамики, записанных в Международной системе единиц (СИ). $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф·м⁻¹ (произносится: фарад на метр).

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА – условное изображение электрической цепи с помощью графических символов её элементов. Например, источник тока обозначается двумя параллельными прямыми разной длины, резистор - прямоугольником, соединительные провода - линиями, электрическое соединение проводов - точкой на линиях и т.д.

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ – соединение проводников, позволяющая осуществлять непрерывное движение электрических зарядов.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ – повторяющиеся изменения напряжения и силы тока в электрической цепи. См. колебательный контур.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАЗРЯД В ГАЗЕ – прохождение электрического тока через газ. Для возникновения электрического разряда необходимо появление носителей тока – ионов. Различают несамостоятельный разряд, когда проводимость газа обусловлена действием внешнего ионизатора, и самостоятельный разряд, который продолжается после удаления внешнего ионизатора вследствие действия на газ электрического поля значитель-

ной напряжённости. Напряжение, при котором возникает самостоятельный разряд, называется напряжением пробоя газового промежутка или напряжением зажигания газового разряда.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК – упорядоченное движение электрических зарядов. Направленное движение зарядов в проводнике происходит под действием приложенного электрического поля. Его характеризуют силой тока. Ток, сила которого не меняется с течением времени по величине и направлению, называется постоянным током. За направление постоянного тока принимается направление, в котором перемещаются положительные носители заряда. Ток, меняющийся с течением времени по величине и направлению, называется переменным током.

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ – один из видов материи, посредством которой осуществляется взаимодействие электрических зарядов. К характеристикам электрического поля относят \vec{E} – вектор напряжённости поля (силовая характеристика) и φ – потенциал поля (энергетическая характеристика).

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СМЕЩЕНИЕ, индукция электрического поля – величина, определяемая соотношением $\vec{D} = \varepsilon_0 \varepsilon \vec{E}$, где ε_0 – электрическая постоянная; ε – диэлектрическая проницаемость среды; \vec{E} – вектор напряжённости электрического поля. Для графического представления вектора индукции вводят, аналогично силовым линиям напряжённости, линии индукции, то есть такие линии, для которых касательная в каждой точке совпадает с направлением вектора \vec{D} . Линии индукции не прерываются на границе раздела диэлектриков. По этой причине для описания электрического поля в неоднородных диэлектриках удобнее пользоваться электростатической индукцией \vec{D} вместо напряженности поля \vec{E} . В этом и заключается основной смысл введения вектора индукции.

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЦЕПЬ – соединение проводников, внутри которых может осуществляться непрерывное направлен-

ное движение электрических зарядов. Замкнутая цепь состоит из источника тока, потребителей и соединительных проводов. При прохождении тока по замкнутой цепи, электрически заряженные частицы перемещаются не только по проводникам и потребителям тока, но и внутри самого источника тока. Поэтому в замкнутой электрической цепи различают внешний (соединительные провода и потребители) и внутренний (источник тока) участки цепи. Источник тока, как и любой другой проводник, обладает сопротивлением - внутренним сопротивлением r . Сопротивление, которым обладает внешний участок цепи, называется внешним сопротивлением R . Любую замкнутую цепь можно представить как два последовательно соединенных проводника сопротивлениями R и r . Тогда полное сопротивление цепи равно $R+r$, а сила тока, протекающего по ней, определяется по закону Ома для замкнутой цепи.

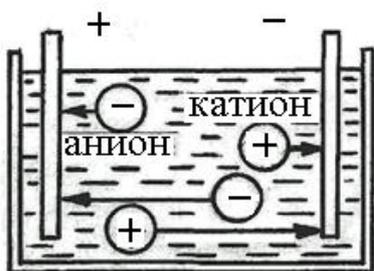
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗАРЯД – физическая величина, которая характеризует свойство тел или частиц вступать в электромагнитные взаимодействия. Силы притяжения и отталкивания при взаимодействиях определяют два вида электрических зарядов, условно называемых положительным и отрицательным. Одноименно заряженные тела отталкиваются, разноименно заряженные – притягиваются. Электрический заряд любого заряженного тела равен целому числу элементарных зарядов. В электрически нейтральном теле содержится равное число элементарных зарядов противоположного знака. Для того чтобы зарядить тело – электризовать, надо создать на нём избыток или недостаток зарядов того или иного знака.

ЭЛЕКТРОДВИЖУЩАЯ СИЛА (ЭДС) – физическая величина, равная работе, которую совершают сторонние силы при перемещении положительного единичного заряда внутри источника тока от отрицательного полюса к положительному. ЭДС источника тока при разомкнутой внешней цепи равна разности по-

тенциалов, которая создается на его полюсах. Единица ЭДС в СИ - вольт (В).

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА классическая – раздел физики, в котором изучаются законы движения и взаимодействия электрических зарядов. Основана на уравнениях Максвелла и представлениях электронной теории проводимости.

ЭЛЕКТРОЛИЗ – процесс выделения вещества на электродах при прохождении тока через электролит. Электролиз характеризуется двумя законами Фарадея. Электролитом называются



жидкости, проводящие ток. К электролитам относят водные растворы солей, кислот, щелочей. Если в электролит поместить два электрода (катод и анод) с некоторой разностью потенциалов, то ионы под действием электрического поля начнут двигаться упорядоченно: положительные – к отрицательному электроду, отрицательные – к положительному. Достигнув электродов, ионы превращаются в нейтральные атомы и молекулы, которые осаждаются на электродах. Электролиз используется в технике для покрытия одних металлов другими, для выделения чистых металлов из примесей и т. д.

ЭЛЕКТРОЛИТЫ – неметаллические проводящие жидкости, обладающие ионной проводимостью, то есть носители тока в них – положительно и отрицательно заряженные ионы. Типичными примерами электролитов могут служить водные растворы солей, кислот и щелочей.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ – явление возникновения электродвижущей силы в проводящем контуре при изменении магнитного потока сквозь поверхность, ограниченную этим контуром. Возникающий при этом в замкнутом контуре ток называется индукционным. Основной закон электромагнитной индукции - закон Фарадея: ЭДС электромагнитной индукции \mathcal{E}_i в контуре пропорциональна скорости изменения магнитного пото-

ка, пронизывающего контур – $\varepsilon_i = -\frac{d\Phi}{dt}$. Здесь $d\Phi$ – изменение магнитного потока за время dt . Знак «минус» определяется законом Ленца. Закон электромагнитной индукции формулируется для ЭДС индукции, а не для тока. Этим отражается сущность явления электромагнитной индукции, не зависящей от свойств проводников, в которых возбуждается и протекает индукционный электрический ток.

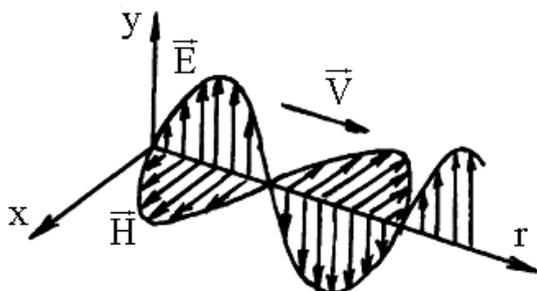
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ – совокупность неразрывно связанных между собой и изменяющихся во времени вихревых электрического и магнитного полей. Главная особенность электромагнитного поля заключается в том, что оно не может быть стационарным. Любое изменение электромагнитного поля вызывает появление в окружающем пространстве изменяющегося электрического поля, которое, в свою очередь, вызывает появление изменяющегося магнитного поля и т.д. Электромагнитное поле – особая форма существования материи. Электромагнитные поля распространяются в окружающем пространстве со скоростью света. Проявляется электромагнитное поле по силовому действию на заряды, оно обладает энергией, действует на вещество, изменяя его свойства. Основные закономерности электромагнитного поля в неподвижной среде описывают уравнения Максвелла, дифференциальная форма записи которых в СИ имеет вид:

$$\text{rot}\vec{E} = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}, \quad \text{div}\vec{D} = \rho, \quad \text{rot}\vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial\vec{D}}{\partial t}, \quad \text{div}\vec{B} = 0,$$

где \vec{E} – напряжённость электрического поля; \vec{D} – электрическое смещение; \vec{H} – напряжённость магнитного поля; \vec{B} – магнитная индукция; \vec{j} – плотность тока, ρ – объёмная плотность свободных зарядов. Уравнения Максвелла дополняются уравнениями, характеризующими свойства среды и связывающими \vec{D} и \vec{E} , \vec{B} и \vec{H} , \vec{j} и \vec{E} , которые в СИ имеют вид: $\vec{D} = \varepsilon_0\varepsilon\vec{E}$, $\vec{B} = \mu_0\mu\vec{H}$, $\vec{j} = \gamma\vec{E}$, где ε – диэлектрическая проницаемость; μ – магнитная

проницаемость; γ - удельная электрическая проводимость; ε_0 - электрическая постоянная; μ_0 - магнитная постоянная.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ВОЛНА – распространяющееся



в пространстве электромагнитное поле. В электромагнитной волне векторы напряжённости электрического и магнитного полей перпендикулярны друг к другу и к направлению распространения волны. Это означает,

что электромагнитные волны являются волнами поперечными. Скорость распространения электромагнитных волн в среде совпадает со скоростью света в ней и зависит от свойств среды:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon \mu}}$$
 Здесь c - скорость света в вакууме, а ε и μ , соответ-

ственно, - диэлектрическая и магнитная проницаемости среды. Все явления, характерные для механических волн (отражение, интерференция, дифракция, перенос энергии), имеют место и для электромагнитных волн.

ЭЛЕКТРОМЕТР – прибор, предназначенный для обнаружения и определения величины заряда. Состоит из двух лёгких металлических полосок, одна из которых закреплена неподвижно, а другая может двигаться относительно неё. Если прикоснуться к электрометру заряженным телом, то на обеих полосках возникнут одноименные заряды, что заставит их оттолкнуться друг от друга. Расстояние между полосками пропорционально величине заряда.

ЭЛЕКТРОННАЯ ЛАМПА – электровакуумный прибор, в котором создаётся поток электронов из катода по направлению к аноду, управляемый с помощью специальных электродов - сеток. Электронные лампы используются для выпрямления переменного тока, а также для усиления и генерации электрических колебаний.

ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ классическая – теория, разработанная Друде и Лоренцем, согласно которой электроны проводимости в металле ведут себя подобно молекулам идеального газа. В промежутках между соударениями они движутся совершенно свободно, пробегая в среднем некоторый путь, называемый средней длиной свободного пробега. В отличие от молекул газа, пробег которых определяется соударениями молекул друг с другом, электроны сталкиваются преимущественно не между собой, а с ионами, образующими кристаллическую решетку металла. Эти столкновения приводят к установлению теплового равновесия между электронным газом и кристаллической решеткой. На электронный газ распространяются результаты кинетической теории газов.

ЭЛЕКТРОННАЯ ЭМИССИЯ – испускание электронов с поверхности твердых или жидких тел.

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ, электрическая проводимость – способность вещества проводить постоянный электрический ток под действием не изменяющегося во времени электрического поля. Электропроводность обусловлена носителями тока. В зависимости от их вида различают электронную проводимость (металлы, полупроводники), ионную проводимость (газы, электролиты) и смешанную – электронно-ионную проводимость (плазма).

ЭЛЕКТРОСТАТИКА – раздел электродинамики, изучающий взаимодействие неподвижных заряженных тел и частиц.

ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЕ СИЛЫ – силы взаимного притяжения или отталкивания, действующие между неподвижными или равномерно движущимися зарядами. В повседневной практике эти силы сравнительно невелики. Но в масштабах размеров и масс частиц микромира и на расстояниях их взаимодействия друг с другом, равных стомиллионным и миллиардным долям сантиметра, эти силы огромны.

ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЕ ПОЛЕ – электрическое поле, создаваемое неподвижными относительно инерциальной системы отсчёта зарядами. Электростатические силы, действующие в этом поле, являются потенциальными силами.

ЭЛЕКТРОСТРИКЦИЯ – изменения размеров тел под действием внешнего электрического поля. Электрострикция пьезокварца используется для возбуждения ультразвуковых волн.

ЭЛЕКТРОФОРЕЗ – движение, возникающее в неоднородной жидкой среде (взвесьях, эмульсиях, растворах биологических макромолекул) под действием электрического поля. В результате процесса электролитической диссоциации мелкие частицы приобретают в растворе заряд. Если к жидкости приложить постоянное напряжение, то эти частицы придут в движение, скорость которого различна для различных веществ. Электрофорез применяют для очистки и разделения смесей.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ ЭКВИВАЛЕНТ ВЕЩЕСТВА – численно равен массе вещества, выделяющегося при прохождении через электролит единичного электрического заряда, величина которого определяется химической природой вещества.

ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗАРЯД (e) – фундаментальная физическая постоянная, равная наименьшему электрическому заряду, существующему в природе. Элементарный электрический заряд равен $e = 1,6021917 \cdot 10^{-19}$ Кл. Наименьшим телом, обладающим отрицательным элементарным зарядом, является электрон, а положительным элементарным зарядом - протон.

ЭМИССИЯ – испускание электронов с поверхности твёрдых и жидких тел. Для создания эмиссии вылетевшему электрону надо сообщить энергию, достаточную для совершения работы выхода. Необходимая электронам энергия может быть сообщена нагреванием, внешним электрическим полем, облучением светом и т.п.

ЭНЕРГИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ – энергия W_H , запасённая магнитным полем и определяемая выражением

$$W_H = \frac{\mu_0 \mu H^2}{2} V, \text{ где } \mu_0 - \text{ магнитная постоянная; } \mu - \text{ магнитная}$$

проницаемость; H - напряженность магнитного поля; V - объём, занимаемый полем. Объёмная плотность энергии магнитного поля равна $w_H = \frac{\mu_0 \mu H^2}{2}$.

Если поле неоднородно, то энергия магнитного поля определяется выражением $W_H = \frac{1}{2} \int_V \mu_0 \mu H^2 dV$.

$$W_H = \frac{1}{2} \int_V \mu_0 \mu H^2 dV.$$

ЭНЕРГИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ – энергия W_E , запасённая электрическим полем и определяемая выражением

$$W_E = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon E^2}{2} V, \text{ где } \varepsilon_0 - \text{ электрическая постоянная; } \varepsilon - \text{ диэлектрическая}$$

проницаемость; E - напряженность электрического поля; V - объём, занимаемый электрическим полем. Объёмная плотность энергии электрического поля равна $w_E = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon E^2}{2}$.

Это имеет место для однородного электрического поля. Если поле неоднородное, то энергия его определяется выражением

$W_E = \frac{1}{2} \int_V \varepsilon_0 \varepsilon E^2 dV$.

$$W_E = \frac{1}{2} \int_V \varepsilon_0 \varepsilon E^2 dV.$$

ЭНЕРГИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ – энергия, связанная с электромагнитным полем и распределенная в пространстве. Плотность энергии электромагнитного поля $w = w_E + w_H$, где w_E и w_H - плотности энергии электрического и магнитного полей.

ЭФФЕКТ ХОЛЛА – возникновение в проводниках и полупроводниках находящихся в магнитном поле, электродвижущей силы при прохождении по ним тока. Электродвижущая сила Холла ε направлена перпендикулярно к вектору магнитной индукции \vec{B} и направлению тока силой I . Ее значение пропорцио-

нально произведению обеих этих величин: $\varepsilon = RIB$, где R – постоянная Холла, зависящая от природы проводящего материала.

ЧИСЛО ФАРАДЕЯ (F) – физическая постоянная, численно равная электрическому заряду, прохождению которого через электролит приводит к выделению на каждом из электродов одного моля одновалентного вещества: $F = 9,65 \cdot 10^4$ Кл·моль⁻¹ (произносится: кулон на моль).

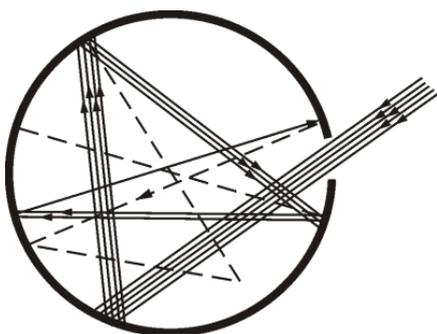
ЯВЛЕНИЕ ЗЕЕБЕКА – состоит в том, что в замкнутой электрической цепи, составленной из последовательно соединённых разнородных металлов или полупроводников, контакты которых поддерживаются при разных температурах, возникает термоэлектродвижущая сила: $\varepsilon = \varepsilon_0(T_1 - T_2)$, где ε_0 – удельная термоэдс, зависящая от материалов спаев; T_1 и T_2 – температуры спаев.

ЯВЛЕНИЕ ПЕЛЬТЬЕ – выделение или поглощение теплоты при прохождении тока от внешнего источника через контакт (спай) двух разнородных проводников или полупроводников.

ЯВЛЕНИЕ ТОМСОНА – выделение (или поглощение) тепла при прохождении электрического тока по однородному проводнику, вдоль которого существует градиент температуры. Это тепло или добавляется к выделяющемуся в проводнике джоулевому теплу или из него вычитается.

ОПТИКА. ФИЗИКА АТОМА

АБСОЛЮТНО ЧЁРНОЕ ТЕЛО – тело, которое при любой, не разрушающей его температуре, полностью поглощает все падающие на него электромагнитные волны. Для абсолютно чёрного тела поглощательная способность $A_{\nu,T} = 1$. Хорошей моде-



лью, близкой к абсолютно чёрному телу, является небольшое отверстие в сферической полости. Лучи света, попадая через отверстие внутрь полости, многократно отражаются от стенок и практически полностью поглощаются. Отверстие снаружи будет совершенно

чёрным. Если нагреть такую полость, то из отверстия будет выходить электромагнитное излучение, соответствующее излучению абсолютно чёрного тела. Абсолютно чёрных тел не существует – это абстракция.

АДРОНЫ – элементарные частицы, которым присуще сильное взаимодействие наряду с электромагнитным, слабым и гравитационным взаимодействиями. Адроны состоят из кварков. Для них выполняются все законы сохранения. К адронам относятся мезоны, барионы и резонансы.

АКТИВНОСТЬ РАДИОАКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА – физическая величина, характеризующая скорость радиоактивного распада. Определяется числом распадов, совершающихся в пре-

парате в единицу времени: $A = \left| \frac{dN}{dt} \right| = \lambda N$, где λ - постоянная

радиоактивного распада; N - число ядер радиоактивного вещества, нераспавшихся к моменту времени t , определяемому законом радиоактивного распада. Вследствие непрерывного уменьшения числа нераспавшихся ядер активность остающегося препарата непрерывно уменьшается. Единица активности в СИ – беккерель.

АЛЬФА–ЛУЧИ, α -лучи – поток альфа-частиц, один из видов радиоактивного излучения атомных ядер.

АЛЬФА–РАСПАД – самопроизвольное испускание ядром α -частицы и превращение этого ядра в ядро другого элемента. В ядре образовавшегося элемента число протонов меньше на две единицы, а общее число нуклонов на четыре: ${}^A_Z M \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2} X + \alpha$.

АЛЬФА–ЧАСТИЦЫ, α -частицы – тяжелые частицы с малой проникающей способностью. Они представляют собой ядра атома гелия ${}^4_2\text{He}$. Образование α -частиц (из двух протонов и двух нейтронов) происходит в ядре в момент его распада. Вследствие того, что α -частицы положительно заряжены, они отклоняются электрическим и магнитным полями. Скорость α -частицы порядка 10^7 м·с⁻¹. Проходя через вещество α -частицы ионизируют его и останавливаются. Их останавливает слой воздуха толщиной несколько сантиметров.

АНАЛИЗАТОР – устройство, предназначенное для определения степени поляризации света. В качестве анализаторов используются те же устройства, которые предназначены для получения поляризованного света (призма Николя, поляроиды и т.д.).

АНИЗОТРОПИЯ – неодинаковость физических свойств (механических, тепловых, электрических, оптических) среды в различных направлениях. Она связана с упорядоченным внутренним строением сред.

АННИГИЛЯЦИЯ – процесс взаимодействия элементарной частицы с античастицей, в результате чего они превращаются в кванты поля, соответствующего виду взаимодействия этих частиц. Например, при аннигиляции электрона и позитрона возникают кванты электромагнитного поля – фотоны, при аннигиляции нуклона и антинуклона – пи-мезоны. Аннигиляция – не уничтожение материи, а переход её из формы вещества в форму поля в полном соответствии с законами сохранения.

АНТИВЕЩЕСТВО – материя, состоящая из античастиц. В ядра атомов антивещества входят антипротоны и антинейтроны, а атомная оболочка построена из позитронов. Скопления антивещества во Вселенной пока не обнаружены. Экспериментально на ускорителях заряженных частиц получены ядра антидейтерия и антигелия.

АНТИНЕЙТРОН – античастица по отношению к нейтрону, в среде нестабильна. Антинейтрон и нейтрон аннигилируют, превращаясь в другие частицы. Обозначается символом \bar{n} .

АНТИПРОТОН – античастица по отношению к протону (отрицательный протон). Продолжительность жизни в среде $\sim 5 \cdot 10^{-8}$ с. Аннигиляция антипротона и протона приводит к возникновению большого количества частиц. Обозначается символом \bar{p} .

АНТИЧАСТИЦЫ – элементарные частицы, которые обладают противоположным электрическим зарядом и магнитным моментом по сравнению с соответствующей частицей. Античастицы обозначаются волнистой черточкой над символом. При столкновении частицы с античастицей происходит их аннигиляция: обе частицы превращаются в γ -излучение или более легкие частицы других типов. Известны три частицы, у которых античастиц не существует. Это фотон, π^0 - мезон и η^0 - мезон. Их называют абсолютно нейтральными.

АТОМ – наименьшая частица химического элемента, которая является носителем его химических свойств. Атом состоит из ядра и оболочки, в состав которых входят элементарные частицы: электроны, протоны, нейтроны. Размеры атомов имеют величину порядка 10^{-10} м, а размеры ядра около $10^{-15} \div 10^{-14}$ м.

АТОМНАЯ ЕДИНИЦА МАССЫ (а.е.м.) – единица массы атомов, молекул и элементарных частиц, равная 1/12 массы атома углерода-12: $1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27}$ кг.

АТОМНАЯ МАССА – характеризует массы атомов и молекул. Атомная масса - относительная величина, она определяется по отношению к массе атома углерода-12, которая принимается равной 12,000 000.

АТОМНАЯ ФИЗИКА – раздел физики, в котором изучается строение и свойства атома.

АТОМНАЯ ЭНЕРГИЯ – неточное название ядерной энергии.

АТОМНОЕ ЯДРО – центральная часть атома. Ядро представляет собой сложное образование. Оно состоит из ядерных частиц (нуклонов) - протонов и нейтронов, связанных ядерными силами. Радиусы ядер очень малы и оцениваются по эмпирической формуле $r_{\text{Я}} \approx 1,3 \sqrt[3]{A} \cdot 10^{-15}$ м, где A - массовое число. Плот-

ность вещества в ядре приблизительно одинакова для всех ядер и составляет 10^{17} кг·м⁻³.

АТОМНЫЕ СПЕКТРЫ – спектры поглощения и испускания, возникающие при квантовых переходах между электронными уровнями энергии свободных или слабо взаимодействующих между собой атомов. Атомные спектры - линейчатые, то есть состоят из отдельных спектральных линий, каждая из которых соответствует переходу между двумя вполне определенными уровнями энергии атома E_n и E_m , и характеризуется частотой ν поглощаемого или излучаемого света: $\nu = \frac{E_n - E_m}{h}$, где h - постоянная Планка. Спектры такого вида дают газы или пары при малой плотности.

АТОМНЫЙ НОМЕР – порядковый номер химического элемента в Периодической системе элементов, равный числу протонов в атомном ядре.

АТОМНЫЙ РЕАКТОР, ядерный реактор – устройство для осуществления управляемой реакции деления ядер. Действие реактора основано на том, что ядра урана или плутония могут делиться под действием тепловых нейтронов и в результате деления выбрасывать быстрые нейтроны. Последние замедляются слоем вещества и используются для деления новых ядер. Реакция, таким образом, приобретает цепной характер. Реакторы используются для промышленного получения энергии.

БАРИОНЫ – сильно взаимодействующие элементарные частицы с полуцелым спином $1/2$ и с массой, превышающей массу протона. Барионы подчиняются принципу Паули. Барионами являются нуклоны и антинуклоны, гипероны и антигипероны.

БЕККЕРЕЛЬ (Бк) – единица активности радиоактивного вещества в Международной системе единиц (СИ). Беккерель равен активности ядерного изотопа в радиоактивном источнике, если за 1 с происходит один акт распада. Размерность беккереля в СИ - T^{-1} .

БЕЛЫЙ СВЕТ – электромагнитное излучение, вызывающее в глазу человека ощущение, нейтральное в цветовом отношении, например, видимое излучение Солнца.

БЕТА-ЛУЧИ, β -лучи – поток бета-частиц, один из видов радиоактивного излучения атомных ядер.

БЕТА РАСПАД, β -радиоактивность – самопроизвольное превращение ядер, при котором их массовое число не меняется

при изменении зарядового числа на 1. β -радиоактивность имеет три разновидности: электронный распад, при котором происходит превращение нейтрона в протон с излучением электрона ${}_{-1}^0e$ и антинейтрино $\bar{\nu}$ - ${}^A_ZM \rightarrow {}^A_{Z+1}M + {}_{-1}^0e + \bar{\nu}$; позитронный распад, при котором происходит превращение протона в нейтрон с излучением позитрона ${}_{+1}^0e$ и нейтрино ν - ${}^A_ZM \rightarrow {}^A_{Z-1}M + {}_{+1}^0e + \nu$; электронный К-захват, при котором захватывается электрон ${}_{-1}^0e$ с ближайшей К-оболочки атома, излучается нейтрино ν и при этом испускается характеристическое рентгеновское излучение - ${}^A_ZM + {}_{-1}^0e \rightarrow {}^A_{Z-1}M + \nu$. Электроны и позитроны не находятся внутри атомного ядра. Они образуются в момент захвата в результате превращений элементарных частиц.

БЕТА-ЧАСТИЦА, β -частица – электроны и позитроны, испускаемые при β -распаде. Вследствие наличия заряда β -частицы отклоняются электрическим и магнитным полями. β -частицы проходя через вещество теряют энергию и поглощаются. Их пробег в воздухе составляет 1 – 3 метра.

БОЗОНЫ – элементарные частицы, имеющие нулевой или целый спин. Бозоны не подчиняются принципу Паули. К бозонам относятся фотоны, π -мезоны, α -частицы и атомы, состоящие из одинакового числа протонов и нейтронов.

БОР Нильс Хенрик Давид (1885 – 1962) – датский физик-теоретик, один из создателей современной физики. Бор на основе модели атома Резерфорда создал свою теорию водородоподобного атома, основанную на двух постулатах, которые прямо противоречили классическим представлениям и законам. Это была первая квантовая модель атома, положившая начало современной теоретической физике. В дальнейшем Бор сформулировал важный для новой атомной теории принцип соответствия, а также принцип дополнительности, сыгравший большое значение в понимании физических идей квантовой ме-



ханики. Бор много сделал и для развития ядерной физики. Занимался вопросами применения атомной энергии в мирных целях.

БЫСТРЫЕ НЕЙТРОНЫ – нейтроны, энергия которых превышает миллион электрон-вольт.

БЭР, биологический эквивалент рентгена – внесистемная единица эквивалентной дозы ионизирующего излучения, используемая для сведения биологического действия различного вида излучений к действию рентгеновского излучения. 1 бэр – это доза любого ионизирующего излучения, производящая такое же биологическое действие, как рентгеновское или гамма-излучение в 1 рентген: $1 \text{ бэр} = 10^{-2} \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1} = 10^{-2} \text{ Зв}$. Для населения установлен предел дозы облучения - 500 мбэр/год.

ВЕЩЕСТВО – основная, наряду с полем форма материи, характеризующаяся наличием массы. Основные составные части вещества – элементарные частицы с отличной от нуля массой (преимущественно нейтроны, протоны и электроны). В классической физике вещество и поле противопоставлялись друг другу как дискретная и непрерывная формы материи. С появлением квантовой механики и обнаружением корпускулярно-волнового дуализма микрообъектов стала понятной относительность такого противопоставления.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ – в зависимости от типа элементарных частиц и вида процесса имеют место четыре типа взаимодействия: сильное взаимодействие, электромагнитное взаимодействие, слабое взаимодействие и гравитационное взаимодействие.

Сильное (ядерное) взаимодействие - главное взаимодействие между нуклонами, входящими в состав ядра. Оно в основном определяет устойчивость атомных ядер, расстояние между энергетическими уровнями в ядрах, энергию связи ядер, ядерные силы, выделение энергии при делении урана. Наибольшее расстояние, на котором проявляется сильное взаимодействие, совпадает с радиусом ядра атома, то есть $\sim 10^{15}$ м. Сильное взаимодействие в ядре обусловлено π -мезонным обменом.

Электромагнитное взаимодействие между нуклонами наблюдается между электрически заряженными частицами. Это взаимодействие примерно в 150 раз слабее сильного. Внутри ядра электромагнитное взаимодействие по своей величине является малой поправкой к ядерным взаимодействиям. Радиус действия

этого взаимодействия не ограничен, считается бесконечным. Осуществляется оно посредством электромагнитного поля.

Слабое взаимодействие проявляется при распаде элементарных частиц. Оно в 10^{10} раз слабее ядерного. Примером проявления слабого взаимодействия является β -распад. Слабое взаимодействие, как и сильное, является короткодействующим $\sim 10^{-18}$ м.

Гравитационное взаимодействие в 10^{38} раз слабее сильного, поэтому оно обычно не принимается во внимание при взаимодействиях элементарных частиц. Радиус действия бесконечен.

ВИДИМОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ – оптическое излучение с длинами волн 380 – 760 нм, которое способно вызвать зрительные ощущения в глазах человека.

ВОЗБУЖДЕНИЕ АТОМА – явление, при котором электроны в атоме переходят в состояние с повышенной энергией, оставаясь, тем не менее, «привязанными» к ядру электростатическими – кулоновскими – силами. Атомы и молекулы при возбуждении как бы разбухают, и, если они входят в состав какого-нибудь биологически важного соединения, то функции этого соединения могут оказаться нарушенными.

ВОЛНОВАЯ ФУНКЦИЯ – функция координат и времени, описывающая в квантовой механике состояние микрочастицы. Математическое выражение волновой функции Ψ -функции определяется состоянием частицы, характером действующих на неё сил. Физический смысл имеет не сама Ψ -функция, а квадрат её модуля $|\Psi|^2$, который характеризует вероятность нахождения частицы в определенной точке пространства. Величина $|\Psi|^2$ есть вероятность нахождения частицы в малом объёме около заданной точки в пространстве в рассматриваемый момент времени. Зная, как меняется Ψ -функция от точки к точке, можно судить о том, где вероятнее всего можно встретить частицу. Исходя из этого, частицу удобно представить как бы «размытой» в определённой области пространства в виде своеобразного облака переменной плотности. Поэтому в атомной физике пользуются понятием электронного облака, распределённого в атоме или молекуле. Плотность электронного облака является непосредственной мерой вероятности пребывания электрона в определенной точке. Вид Ψ -функции в каждом конкретном случае можно получить путем решения уравнения Шредингера.

ВОЛНОВОЕ ЧИСЛО – величина k , определяющая число волн с длиной λ , укладываемых на отрезке длиной 2π м:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}.$$

ВОЛНЫ ДЕ БРОЙЛЯ – волны, описывающие состояние микрочастиц (электронов, атомов, молекул и др.). Французский ученый Луи де Бройль высказал гипотезу (1924) о том, что проявляющийся в оптических явлениях корпускулярно-волновой дуализм, присущ любой движущейся материальной частице. Любая движущаяся частица вещества должна, как и квант излучения - фотон, обладать корпускулярными и волновыми свойствами. Согласно гипотезе де Бройля длина волны λ , свойственная данной движущейся частице, определяется соотношением $\lambda = \frac{h}{p}$,

где h - постоянная Планка, $p = mv$ - импульс частицы массой m , движущейся со скоростью v . Гипотеза де Бройля получила экспериментальное подтверждение для микрочастиц. Для таких частиц длина волны де Бройля оказывается сравнимой с периодом решётки кристалла. И, если движущиеся частицы обладают волновыми свойствами, то при прохождении через кристалл должно наблюдаться явление дифракции. Впервые экспериментально наличие волновых свойств у движущихся частиц было обнаружено для пучка летящих электронов - опыт Девиссона-Джермера. При прохождении электронов через тонкие слои различных металлов наблюдалась отчетливая дифракционная картина. В дальнейшем экспериментом было показано, что не только электроны, но и протоны и нейтроны, а также все атомы и молекулы, массы которых в $10^3 - 10^4$ раз превышают массу электрона, обладают волновыми свойствами: при их попадании на кристалл обнаруживается явление дифракции. Для макрочастиц (например, пылинок размером 10^{-3} кг) обнаружить волновые свойства невозможно, так как длины волн, сопутствующих их движению, согласно формуле де Бройля чрезвычайно малы (порядка 10^{-28} м и менее). При такой малой длине волны нельзя обнаружить волновые свойства (например, при помощи дифракции), так как нельзя найти структуру с таким малым периодом. Тот факт, что формула, определяющая длину волны де Бройля, применима для любых частиц, как простых, так и сложных; указывает на то, что она не связана с

внутренней структурой частицы, а описывает лишь её движение как целого.

ВРАЩЕНИЕ ПЛОСКОСТИ ПОЛЯРИЗАЦИИ – поворот плоскости поляризации плоско (линейно) поляризованного света при прохождении его через некоторые вещества, называемые оптически активными. В оптически активных кристаллах и чистых жидкостях угол поворота плоскости поляризации света определяется выражением $\varphi = \alpha l$, где α - удельное вращение; l - толщина слоя вещества. В растворах $\varphi = [\alpha] C l$, где $[\alpha]$ - удельное вращение раствора; C - концентрация оптически активного вещества в растворе; l - толщина слоя раствора.

ВТОРИЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ ЭМИССИЯ – излучение электронов поверхностью тела (металла, полупроводника, диэлектрика) под действием падающих на него электронов. Причина явления заключается в том, что кинетическая энергия входящих извне электронов при их проникновении вглубь тела частично передается его электронам. При этом часть электронов внутри тела приобретает энергии, достаточные для преодоления поверхностного потенциального барьера и вылетает за его пределы.

ВЫНУЖДЕННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ, индуцированное излучение – испускание электромагнитных волн частицами вещества (атомами, молекулами и др.), находящимися в возбужденном, то есть неравновесном, состоянии под действием внешнего вынуждающего излучения. Вынужденное излучение когерентно с вынуждающим излучением и при определенных условиях может привести к усилению и генерации электромагнитных волн.

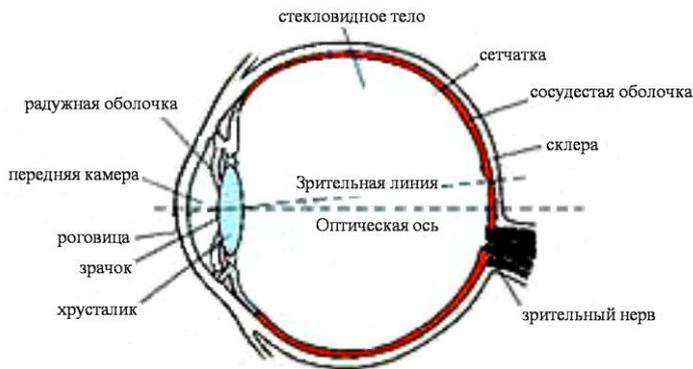
ГАММА ИЗЛУЧЕНИЕ, γ -излучение – электромагнитное излучение, возникающее при ядерных процессах, превращениях элементарных частиц, при аннигиляции позитронов и электронов и взаимодействии быстрых частиц с веществом. Длина волны γ -излучения не превышает 10^{-10} м. Они распространяются со скоростью света и не отклоняется электрическим и магнитным полями. Обладают высокой проникающей способностью (в газах сотни метров, в свинце до пяти сантиметров, тело человека эти лучи способны пронизывать насквозь), оказывая сильное воздействие на вещество.

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА – раздел оптики, рассматривающий прохождение света в оптических системах на основе представления о прямолинейности его распространения.

ГИПЕРОНЫ - нестабильные элементарные частицы, относящиеся к барионам. Средняя продолжительность их жизни составляет 10^{-11} - 10^{-10} с, спин полуцелый $1/2$, масса больше, чем у протона. Гипероны рождаются в реакциях сильного взаимодействия, а распадаются за счёт слабого взаимодействия.

ГЛАВНОЕ КВАНТОВОЕ ЧИСЛО – определяет энергетические уровни энергии атома, то есть размеры стационарных орбит электрона в атоме. От этого числа в основном зависит энергия электрона в атоме. Оно может принимать только целочисленные значения от 1 до ∞ .

ГЛАЗ – природная биологическая оптическая система для восприятия световых раздражений из окружающего мира. Оптическая система глаза человека и позвоночных животных состоит



из роговицы, жидкости передней камеры, хрусталика и стекловидного тела, которая по преломляющему действию подобна собирающей двояковыпуклой линзе. Оптическая сила глаза изменяется при изменении

напряжения охватывающих хрусталик кольцевых мышц, чем достигается четкое изображение разноразмерных удаленных предметов на сетчатке. Глаз всегда дает действительное, обратное и уменьшенное изображение. Глаз человека наиболее чувствителен к свету в желто-зеленой области видимого спектра с длиной волны 555 нм. Его чувствительность к свету уменьшается при приближении к фиолетовому и красному концам спектра и полностью исчезает на границах диапазона 380 нм и 760 нм соответственно. Глаз человека не отличает поляризованный свет от естественного света.

ГЛЮОНЫ – частицы, переносящие взаимодействие между кварками, то есть переносчики сильного взаимодействия.

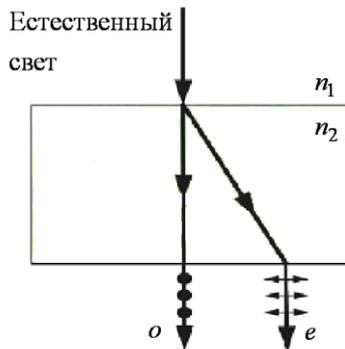
ГОЛОГРАФИЯ – метод получения объемных изображений предметов, основанный на регистрации и последующем восстановлении фронта волны, отраженной этим предметом. Получение голограммы основано на интерференции света, а восстановление изображения - на дифракции света. Голография находит

практическое применение в экспериментальной физике и технике.

ГРЕЙ (Гр) – единица поглощенной дозы ионизирующего излучения в Международной системе единиц (СИ). Грей равен дозе излучения, при которой облученному веществу массой 1 кг передается энергия ионизирующего излучения 1 Дж, то есть $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$.

ДАВЛЕНИЕ СВЕТА – давление, производимое светом (электромагнитными волнами) на освещаемую поверхность. Волновая теория света объясняет давление света возникновением механических сил, действующих на электроны поверхности тела со стороны электрической и магнитной компонент поля световой волны, квантовая теория - передачей фотонами импульса атомам или молекулам поверхности тела. Оба подхода для давления света дают выражение $p = (1+\rho)w$, где ρ - коэффициент отражения освещаемой поверхности, w - объёмная плотность энергии электромагнитной волны. Величина давления света ничтожно мала и может подавляться другими явлениями. Давление света играет большую роль в космических процессах. Экспериментально открыто в 1900 г. русским физиком П.Н. Лебедевым.

ДВОЙНОЕ ЛУЧЕПРЕЛОМЛЕНИЕ – способность некоторых веществ разделять падающий световой луч на два луча –



обыкновенный o и необыкновенный e , которые распространяются в различных направлениях с различной фазовой скоростью и поляризованы во взаимно перпендикулярных направлениях. Двойкопреломляющими свойствами обладают многие кристаллы (исландский шпат, кварц, слюда, турмалин и др.), многие прозрачные вещества (стекло, искусственные смолы), находящиеся под действием внутренних и внешних сил, некоторые изотропные вещества под действием электрического поля (эффект Керра).

Двойкопреломляющими свойствами обладают многие кристаллы (исландский шпат, кварц, слюда, турмалин и др.), многие прозрачные вещества (стекло, искусственные смолы), находящиеся под действием внутренних и внешних сил, некоторые изотропные вещества под действием электрического поля (эффект Керра).

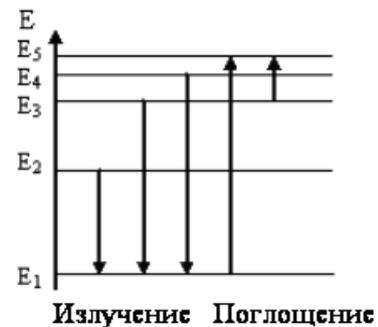
ДЕЙТЕРИЙ, тяжёлый водород – стабильный изотоп водорода с массовым числом равным 2. Используется в качестве ядерного топлива и в научных исследованиях как изотопный индикатор. Обозначается символом D или 2H .

ДЕЛЕНИЕ ЯДЕР – особый тип ядерной реакции. В этой реакции ядро тяжёлого элемента, находящегося в конце Перио-

дической таблицы элементов, распадается на два средних ядра с выделением энергии. При делении обычно выбрасывается несколько свободных нейтронов, и это позволяет осуществить цепную реакцию деления.

ДЕФЕКТ МАССЫ – разница между суммой масс всех нуклонов, содержащихся в ядре, и массой ядра: $\Delta m = Zm_p + Nm_n - m_{\text{я}}$, где Δm - дефект массы, m_p - масса протона, m_n - масса нейтрона, Z - число протонов, $N = A - Z$ - число нейтронов, A - число нуклонов в ядре, $m_{\text{я}}$ - масса ядра. Дефект массы обусловлен энергией связи ядра, которая выделяется в результате соединения нуклонов в ядре. Массу, соответствующую энергии связи ядра (т.е. дефект массы), можно определить с помощью соотношения Эйнштейна между энергией и массой.

ДИАГРАММА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ – символическое обозначение энергии электрона, которые он может принимать в квантовой системе. Уровни энергии на диаграмме изображают горизонтальными линиями, расположенными друг под другом, с указанием значения энергии. Шкалу энергий выражают в электрон-вольтах. Вертикальными стрелками изображают переходы электрона между энергетическими уровнями.



ДИОПТРИЯ (дптр) – внесистемная единица оптической силы линзы или сферического зеркала. Диоптрия – оптическая сила линзы, у которой фокусное расстояние равно 1 м: $1 \text{ дптр} = 1 \text{ м}^{-1}$.

ДИСПЕРСИЯ СВЕТА – зависимость скорости распространения световой волны в веществе от её частоты. Абсолютный показатель преломления вещества n связан со скоростью распространения света

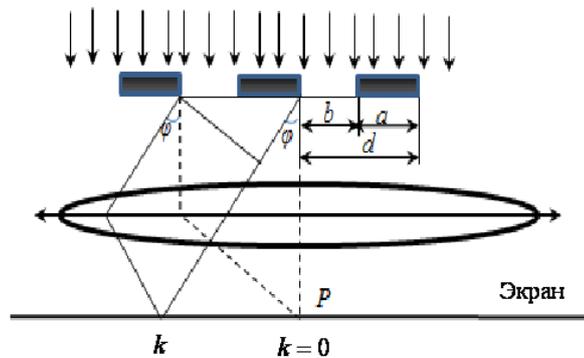
v в данном веществе соотношением $n = \frac{c}{v}$, где c - скорость света в вакууме. На



этом основании дисперсию света выражают в виде зависимости показателя преломления от длины волны вещества. В большинст-

ве случаев с увеличением длины волны показатель преломления уменьшается. Такую дисперсию называют нормальной – наблюдается для прозрачных сред. Если показатель преломления убывает с уменьшением длины волны, то дисперсия называется аномальной – наблюдается, когда частота падающего света равна частоте собственных колебаний электронов среды. Вследствие дисперсии белый свет, проходящий через преломляющую среду, например призму, оказывается разложенным в непрерывный видимый спектр.

ДИФРАКЦИОННАЯ РЕШЕТКА – прибор, для наблюдения дифракции света. Дифракционная решетка представляет собой совокупность большого числа одинаковых щелей шириной b в непрозрачной преграде, отстоящих на одинаковых друг от друга расстояниях a . Расстояние равно сумме ширины щели и преграды между щелями называется постоянной или периодом дифракционной решетки $d = a + b$. При освещении решетки нормально падающим



монохроматическим светом с длиной волны λ многочисленные световые пучки, прошедшие через щели, дифрагируют и интерферируют между собой. В направлениях, определяемых выражением $d \sin \varphi = k \lambda$, интенсивность света возрастает (максимум интерференции), где $k = 0, 1, 2, \dots$ - порядковый номер максимума; φ – угол дифракции, под которым распространяется свет после прохождения решетки. Во всех остальных направлениях интенсивность света уменьшается. Если на решетку падает свет различных длин волн (белый свет), то максимумы интерференции для различных длин волн располагаются под различными углами φ к первоначальному направлению распространения света. Поэтому дифракционная решетка разлагает белый свет в непрерывный спектр.

ДИФРАКЦИЯ СВЕТА – отклонение световых волн от прямолинейного направления распространения вблизи препятствия. Световые волны огибают непрозрачные препятствия и проникают за них в область геометрической тени. Дифракция света наблюдается только на препятствиях, геометрические размеры

которых сравнимы с длиной волны света, огибающего это препятствие.

ДИФРАКЦИЯ ФРАУНГОФЕРА – дифракция света в параллельных лучах, когда на препятствие падает плоская волна, а дифракционная картина наблюдается на экране, который находится в фокальной плоскости собирающей линзы, установленной на пути прошедшего через препятствие света. На экране получается «дифракционное изображение» удалённого источника.

ДИФРАКЦИЯ ФРЕНЕЛЯ – дифракция в сходящихся лучах, когда на препятствие падает сферическая или плоская волна, а дифракционная картина наблюдается на экране, находящимся за препятствием на конечном расстоянии от него. На экране получается «дифракционное изображение» препятствия.

ДИХРОИЗМ – способность некоторых двоякопреломляющих кристаллов по-разному поглощать обыкновенные и необыкновенные лучи. Например, в турмалине при толщине слоя 1 мм обыкновенный луч поглощается почти полностью.

ДОЗИМЕТР – прибор для определения поглощённой дозы радиоактивного излучения по ионизирующему действию этого излучения на воздух, так как для ионизации воздуха необходимо затратить вполне определенную энергию излучения. Прибор состоит из счётчика для регистрации ионизированных частиц - счётчика Гейгера-Мюллера и регистрирующего устройства.

ДОЗИМЕТРИЯ – количественная оценка действия ионизирующего излучения на вещество и живые организмы. Действие излучения оценивается поглощенной дозой, которую непосредственно измерить трудно. Поэтому её оценивают по экспозиционной дозе.

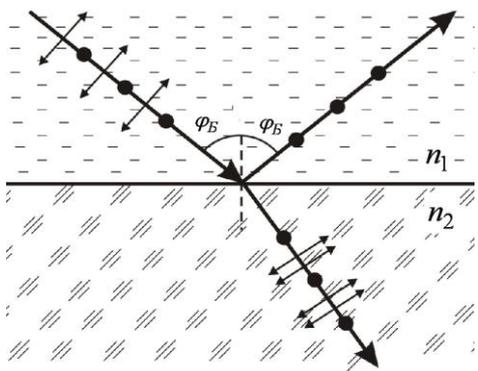
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЦВЕТА – цвета, которые при смешении в определенной пропорции дают белый цвет. Например, оранжевый и синий, зелёно-жёлтый и фиолетовый дают белый цвет.

ЕСТЕСТВЕННЫЙ СВЕТ – совокупность световых (электромагнитных) волн, излучаемых множеством отдельных атомов, колебания векторов электрического \vec{E} и магнитного \vec{H} полей электромагнитной волны происходит беспорядочно во всех направлениях, перпендикулярных лучу. Поэтому у естественного света световой вектор за любой промежуток времени хаотически и быстро изменяя своё направление, будет направлен одинаково часто по всем возможным направлениям, перпендикулярным к

направлению распространения луча света. В естественном свете одинарные проекции на два любых взаимно перпендикулярных направления всех световых векторов всегда равны друг другу. Естественный свет излучают практически все источники света, встречающиеся в природе.

ЗАКОН БУГЕРА–ЛАМБЕРТА – закон, определяющий уменьшение интенсивности света I при прохождении слоя однородного вещества толщиной l : $I = I_0 e^{-\alpha l}$, где I_0 – интенсивность света на входе в вещество; α – коэффициент поглощения, зависящий от рода вещества и длины волны.

ЗАКОН БРЮСТЕРА – определяет условие полной поляризации света при отражении от поверхности диэлектрика: если естественный свет падает на отражающую поверхность диэлектрика (стекла, слюды и т.п.) под углом i_B , удовлетворяющим условию



$tg i_B = n_{21}$, где n_{21} – относительный показатель преломления второй среды относительно первой, то отражённый луч полностью поляризуется в плоскости, перпендикулярной плоскости падения. Преломленный луч поляризуется частично – в нём

преобладают колебания параллельные плоскости падения. При этом угол между отражённым и преломлённым лучами равен 90° . Угол i_B , удовлетворяющий условию Брюстера, является углом полной поляризации и называется углом Брюстера.

ЗАКОН КИРХГОФА – отношение спектральной плотности энергетической светимости тела $r_{\nu,T}$ к его коэффициенту поглощения (поглощательной способности) $A_{\nu,T}$ не зависит от природы тела и равно спектральной плотности энергетической светимости абсолютно чёрного тела $r_{\nu,T}^0$ для данной частоты ν при

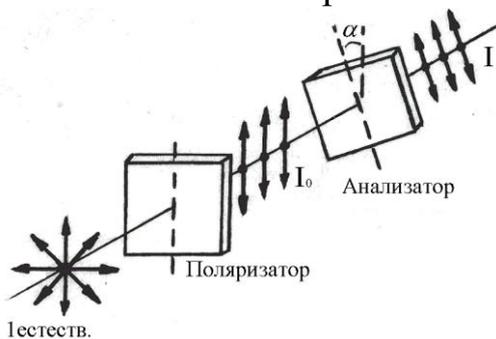
данной температуре T : $\frac{r_{\nu,T}}{A_{\nu,T}} = r_{\nu,T}^0$. Из закона Кирхгофа следует,

что если тело при некоторой температуре не поглощает энергию в каком-либо интервале частот, то оно при этой же температуре в этом же интервале частот и не излучает. Необходимо отметить, что поскольку абсолютно чёрное тело обладает поглощательной

способностью равной 1, то из закона Кирхгофа следует, что все абсолютно чёрные тела при данной температуре обладают одним и тем же распределением излучаемой энергии по частотам. Таким образом, спектральная плотность энергетической светимости всех абсолютно чёрных тел одинаково изменяется с температурой.

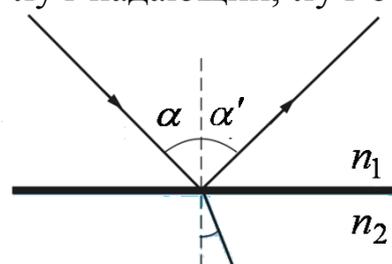
ЗАКОН ВЗАИМОСВЯЗИ МАССЫ И ЭНЕРГИИ – один из основных законов современной физики, устанавливающий соотношение между массой тела m и его энергией E : $E = mc^2$, где c - скорость света в вакууме. Этот закон утверждает, что каждой единице массы соответствует строго определённое количество энергии и наоборот. Закон установлен А.Эйнштейном. Из закона следует, что между изменением энергии и массы существует универсальная связь: если энергия тела увеличивается или уменьшается на величину ΔE , то одновременно его масса возрастает или соответственно уменьшается на величину Δm : $\Delta E = \Delta mc^2$. Справедливость этого соотношения была подтверждена с высокой точностью в различных областях современной экспериментальной физики. Из уравнения Эйнштейна, доказанного экспериментально, следует, что энергия неотделима от материи. Но поскольку энергия обусловлена движением материи, то эксперименты подтверждают и неотделимость друг от друга материи и движения.

ЗАКОН МАЛЮСА – закон, согласно которому интенсивность плоско поляризованного света I , прошедшего через анализатор, пропорциональна квадрату косинуса угла α между плоскостью поляризации света и плоскостью поляризации анализатора:



$I = I_0 \cos^2 \alpha$, где I_0 - интенсивность плоско поляризованного света падающего на анализатор.

ЗАКОН ОТРАЖЕНИЯ СВЕТА – луч падающий, луч отражённый и перпендикуляр, восстановленный к границе раздела сред в точку падения луча, расположены в одной плоскости. Угол отражения света α' равен углу падения α . Падающий и отражённый лучи обладают свойст-



вом обратимости: если в направлении, обратном отражённому лучу, направить падающий луч, то новый отражённый луч распространяется вдоль предыдущего падающего. Закон отражения для световых лучей полностью совпадает с аналогичным законом для звуковых и электромагнитных волн, что свидетельствует о волновой природе света.

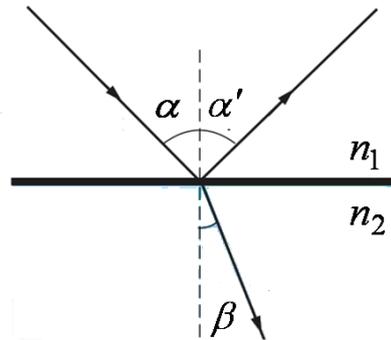
ЗАКОН ПЛАНКА – один из основных законов равновесного излучения, характеризующий распределение энергии в спектре излучения абсолютно чёрного тела. Согласно закону Планка, спектральная плотность энергетической светимости $r_{\nu,T}^0$

абсолютно чёрного тела равна $r_{\nu,T}^0 = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} \frac{h\nu}{\exp(h\nu/kT) - 1}$ Здесь

ν - частота излучения, h - постоянная Планка, c - скорость света в вакууме, k - постоянная Больцмана, \exp - основание натуральных логарифмов, T - абсолютная температура. В области малых частот ($h\nu \ll kT$) закон Планка переходит в закон Рэлея-Джинса, а в области больших частот – в закон смещения Вина.

ЗАКОН ПРЕЛОМЛЕНИЯ СВЕТА – луч падающий, луч преломленный и перпендикуляр, восстановленный к границе раздела двух сред в точку падения луча, расположены в одной плоскости. Отношение синуса угла падения α к синусу угла преломления β для данных двух сред есть величина постоянная и равная относительному показателю преломления

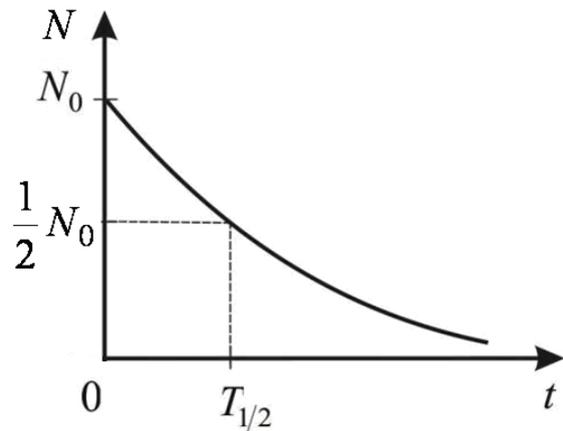
n_{21} : $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{21}$, где



$n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$, а n_1 и n_2 - абсолютные показатели преломления сред.

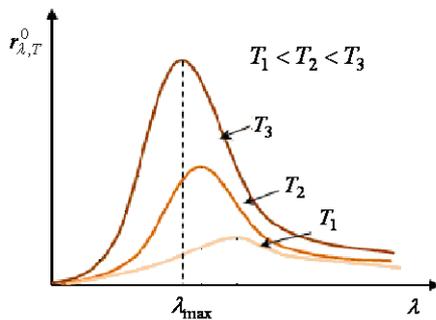
ЗАКОН РАДИОАКТИВНОГО РАСПАДА – закон, определяющий число N нераспавшихся радиоактивных ядер к моменту времени t : $N = N_0 e^{-\lambda t}$, где λ - постоянная радиоактивного распада, N_0 - число атомов в начальный момент времени $t = 0$, e - основание натуральных логарифмов. Любой атом радиоактивного вещества может распасться за данный промежуток времени, но распадаются лишь некоторые атомы. Это значит, что промежуток времени, в течение которого происходит радиоактивное

превращение отдельного атома – величина случайная. Закон радиоактивного распада определяет лишь среднее число распадов в совокупности большого числа атомов радиоактивного вещества. Этот закон имеет статистический характер – он выполняется тем более точно, чем большее число радиоактивных атомов содержится в веществе.



ЗАКОН РЭЛЕЯ-ДЖИНСА – приближённый закон, согласно которому спектральная плотность энергетической светимости абсолютно чёрного тела $r_{\nu,T}^0$ равна: $r_{\nu,T}^0 = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} kT$. Здесь ν – частота излучения, c – скорость света в вакууме, k – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура.

ЗАКОН СМЕЩЕНИЯ ВИНА – длина волны λ_{\max} , на которую приходится максимум энергии излучения абсолютно чёрного тела, обратно пропорциональна его абсолютной температуре T :

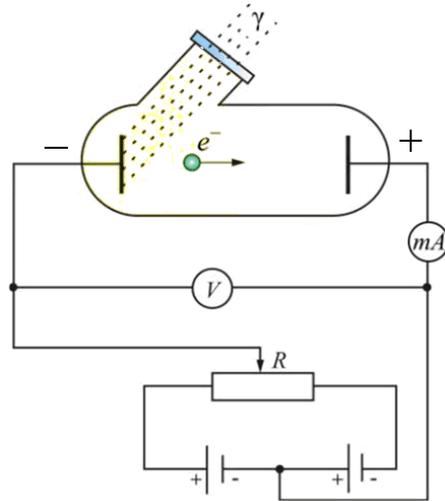


$\lambda_{\max} = \frac{b}{T}$, где $b = 2,90 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}^{-1}$ – постоянная Вина. С повышением температуры абсолютно чёрного тела максимум энергии его излучения смещается в сторону более коротких волн.

ЗАКОН СТЕФАНА–БОЛЬЦМАНА – энергетическая светимость абсолютно чёрного тела R_{Σ} пропорциональна четвёртой степени его абсолютной температуры T : $R_{\Sigma} = \sigma T^4$, где $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-4}$ – постоянная Стефана-Больцмана.

ЗАКОНЫ ВНЕШНЕГО ФОТОЭФФЕКТА – законы взаимодействия электромагнитного излучения с веществом, установленные (1889) экспериментально А. Г. Столетовым. Экспериментальная установка представляла собой замкнутую электрическую цепь, включающую вакуумную трубку с двумя электродами, катод которой состоял из исследуемого вещества. Опытно установлено: 1) если на катод падает свет постоянной длины

волны, то сила тока насыщения I_H пропорциональная световому потоку Φ : $I_H = \gamma\Phi$, где коэффициент γ называется чувствительностью облучаемой поверхности и зависит от природы и состояния этой поверхности, а также от длины световой волны; 2) максимальная энергия электронов, вылетающих из катода, линейно возрастает с увеличением частотой света и не зависит от интенсивности светового потока; 3) для каждого металла, из которого сделан катод, существует предельная наименьшая частота света, ниже которой облучение светом любой интенсивности не вызывает фотоэффекта. Эта предельная частота называется красной границей фотоэффекта (красная – значит со стороны меньших частот). Законы фотоэффекта были объяснены на основе квантовых представлений А. Эйнштейном, сформулировавшим уравнение внешнего фотоэффекта.



ЗАМЕДЛИТЕЛЬ НЕЙТРОНОВ – материальная среда, используемая для замедления нейтронов в ядерных реакторах. За счёт рассеяния на ядрах замедлителя нейтроны тормозятся до тепловых скоростей, то есть до скоростей, по порядку величины равных скорости газовых молекул при нормальной температуре. В качестве замедлителей применяют материалы, содержащие вещества с малыми массовыми числами: углерод (графит), тяжелую воду (D_2O) и воду (H_2O), окись бериллия и др.

ЗАПРЕЩЕННАЯ ЗОНА – область энергий, которые не могут иметь электроны в твёрдом теле.

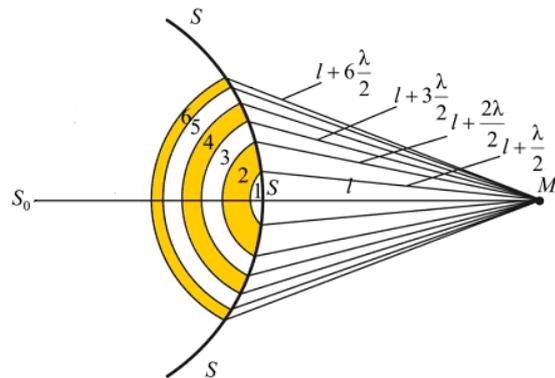
ЗЕРКАЛЬНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ – поверхности, упорядоченно отражающие свет. Поверхности отполированных тел отражают свет более упорядочено, чем шероховатые. Именно упорядоченность, направленность отражённого света от гладких поверхностей даёт возможность видеть изображение предметов.

ЗИВЕРТ (Зв) – единица эквивалентной дозы излучения в Международной системе единиц (СИ). 1 Зв равен эквивалентной дозе облучения, при которой поглощенная доза равна 1 Гр при коэффициенте качества излучения равном 1. Эквивалентная доза в 4 – 5 Зв (примерно 400 – 500 бэр), полученная за короткое вре-

мя, вызывает тяжёлое лучевое поражение человека и может привести к смертельному исходу. Размерность зиверта в СИ – $L^2 T^{-2}$.

ЗОННАЯ МОДЕЛЬ ТВЁРДОГО ТЕЛА – диаграмма энергетических уровней в твёрдом теле, которые вследствие взаимодействия между атомами кристаллической решётки преобразуются в энергетические зоны. Любая разрешённая энергетическая зона состоит из большого числа близко расположенных энергетических уровней, на каждом из которых может находиться по два электрона с противоположными спинами. Зонная модель объясняет различие электрических свойств проводников, полупроводников и диэлектриков шириной запрещённой зоны между валентной зоной и, расположенной на диаграмме выше её, зоны проводимости. У проводников ширина запрещённой зоны может быть даже равной нулю, то есть валентная зона и зона проводимости перекрываются. Диэлектрики имеют запрещённую зону шириной более 2 эВ, а полупроводники – менее 2 эВ.

ЗОНЫ ФРЕНЕЛЯ – равновеликие кольцевые участки, на которые разбивается волновая поверхность. Разбиение на зоны производится таким образом, чтобы расстояние каждой последующей зоны от точки наблюдения было на половину длины волны больше, чем расстояние предыдущей зоны от этой же точки. Волны от каждой пары соседних зон приходят в точку наблюдения в противоположных фазах и ослабляют друг друга. Поэтому, если волновая поверхность разбивается на чётное число зон, то в точке наблюдения будет минимальная интенсивность света. Метод разбиения волновой поверхности на зоны Френеля упрощает расчёт интерференции вторичных волн при решении дифракционных задач.



ИЗОТОПЫ – разновидности химических элементов, в атомных ядрах которых содержится одинаковое число протонов, но различное число нейтронов. Изотопы характеризуются одинаковым атомным номером, но различным массовым числом.

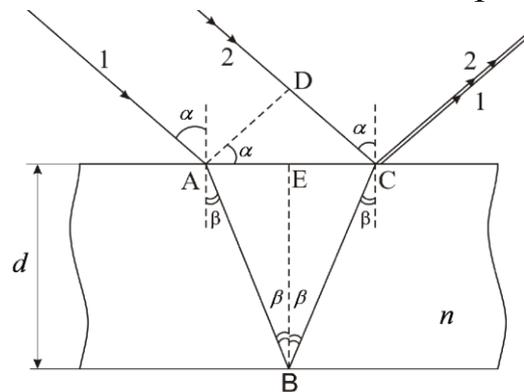
ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА – явление наложения когерентных световых волн, в результате которого в одних местах пространства возникают максимумы, а в других – минимумы ин-

тенсивности световых колебаний. В обычных условиях часто встречается наложение световых волн от различных источников света, но интерференционная картина не наблюдается. Это объясняется тем, что естественные источники света не когерентны. При этом вместо интерференционной картины наблюдается монотонное убывание освещённости поверхности по мере удаления от источника света.

ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА В ТОНКИХ ПЛЁНКАХ – интерференция световых волн, отраженных от обеих поверхностей плёнки (пластины). Параллельный пучок света с углом падения α на плоскопараллельную пластину толщиной d , с абсолютным показателем преломления вещества пластины n , в результате отражения от верхней и нижней поверхностей разделяется на две когерентные волны, см. на рис. 1 и 2, с разностью

$$\Delta = 2d \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} + \frac{\lambda}{2},$$

где λ - длина волны монохроматического света. Если все величины, входящие в формулу, неизменны, то при выполнении условия минимума интерференции пластина будет равномерно затемненной, а для условия максимума - равномерно просветленной с цветом, соответствующем длине волны λ . Если на пластинку падает белый свет, то пластинка будет иметь окраску, соответствующую той длине волны в белом свете, для которой выполняется условие максимума интерференции. В природе наблюдается на мазутных плёнках на поверхности воды, на плёнках окислов, на крыльях насекомых и т.д. Частными случаями интерференции в тонких плёнках являются полосы равной толщины и полосы равного наклона



ИНТЕРФЕРОМЕТР – прибор, в котором явление интерференции света используется для точных измерений длин волн спектральных линий, показателей преломления прозрачных сред, для контроля качества обработки плоских или сферических поверхностей и т. д.

ИНФРАКРАСНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ, тепловое излучение – излучение, длина волны которого больше, чем длина волны видимых красных лучей. Инфракрасное излучение занимает область спектра от $76 \cdot 10^{-8}$ до $35 \cdot 10^{-5}$ м. Все нагретые тела испуска-

ют инфракрасное излучение, которое ощутимо на небольшом расстоянии от нагретого тела. Инфракрасные лучи подчиняются тем же законам отражения и преломления, что и видимый свет. Многие тела, прозрачные для видимого света, не пропускают инфракрасное излучение, например, стекло.

ИОНИЗИРУЮЩЕЕ ИЗЛУЧЕНИЕ – потоки частиц и электромагнитных квантов, образующиеся при ядерных превращениях, то есть в результате ядерных реакций или радиоактивного распада. Чаще всего встречаются такие разновидности ионизирующих излучений, как рентгеновское и гамма-излучения, потоки альфа-частиц, электронов, нейтронов и протонов. При прохождении этих частиц через вещество атомы и молекулы, из которых оно состоит, возбуждаются или даже ионизируются.

ИСТОЧНИКИ СВЕТА – тела, излучающие свет в окружающее пространство. В источниках света происходит преобразование различных видов энергии в электромагнитное излучение оптического диапазона.

КАЛИБРОВОЧНЫЕ БОЗОНЫ – элементарные частицы, осуществляющие взаимодействие между кварками и лептонами.

КАМЕРА ВИЛЬСОНА – герметически закрытый сосуд, заполненный парами жидкости (вода, спирт и т.п.), близкими к насыщению, применяемый для обнаружения заряженных микро-частиц. В камере Вильсона быстрые заряженные частицы оставляют след (трек), который можно наблюдать или фотографировать. Действие камеры основано на конденсации пересыщенного пара на ионах, образующихся в рабочем объёме камеры вдоль траектории движения заряженной частицы.

КАНДЕЛА (кд) – единица силы света, одна из семи основных единиц Международной системы единиц (СИ). Кандела – сила света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой $540 \cdot 10^{12}$ Гц, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет $1/683 \text{ Вт} \cdot \text{ср}^{-1}$.

КАПЕЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ЯДРА – предложена советским физиком Я. И. Френкелем и датским учёным Н. Бором. По этой модели ядро представляется в виде капли «ядерной жидкости», молекулами которой являются нуклоны. Плотность этой жидкости порядка $10^{17} \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$. Поведение в ней нуклонов аналогично поведению молекул в обычной жидкости. Ядрам различных атомов соответствуют разные по размерам капли. Модель примени-

ма для средних и тяжёлых ядер. Капельная модель хорошо объясняет такие явления, как устойчивость атомного ядра, ядерные реакции, механизм деления тяжёлых ядер и т.д.

КВАНТ – неделимая порция энергии, которая может быть поглощена или отдана в процессе излучения.

КВАНТ СВЕТА – реальная частица электромагнитного поля. См. фотон.

КВАНТОВАЯ ГИПОТЕЗА ПЛАНКА – предположение, сделанное для теоретического объяснения экспериментальных законов теплового излучения: излучение и поглощение энергии атомами вещества происходит не непрерывно, а в виде отдельных порций энергии ε - квантов, величина которых пропорциональна частоте ν излучаемых электромагнитных волн, то есть $\varepsilon = h\nu$. Здесь h - постоянная Планка. А. Эйнштейн, опираясь на работы М. Планка, пришёл к выводу, что не только поглощение и излучение, но также распространение электромагнитного излучения происходит порциями энергии - квантами.

КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА – один из основных разделов физики, посвящённый изучению законов микромира (например, движение электронов в атоме, молекуле, кристалле, нуклонов – в атомном ядре). Законы квантовой механики имеют статистический (вероятностный) характер, состояние микрочастицы описывается её волновой функцией, которая может быть определена решением уравнения Шредингера.

КВАНТОВЫЕ ЧИСЛА электрона – числа, определяющие состояние атома, зависящее от состояния электрона в атоме. Оно определяется четырьмя квантовыми числами.

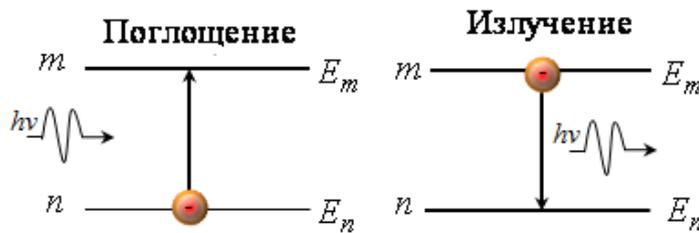
Главное квантовое число n определяет энергетические уровни атома.

Орбитальное квантовое число l определяет орбитальный момент импульса M_l электрона: $M_l = \hbar \sqrt{l(l+1)}$. При заданном главном квантовом числе n орбитальное квантовое число l может принимать целочисленные значения от 0 до $n - 1$.

Магнитное квантовое число m_l определяет проекцию орбитального момента импульса электрона M_{lz} на какое-либо выделенное (например, внешним магнитным полем) направление $M_{lz} = m_l \hbar$. Оно может принимать целочисленные значения от $-l$ до $+l$.

Спиновое квантовое число m_s определяет собственный момент импульса электрона M_s и его возможные проекции M_{SZ} : $M_s = \hbar\sqrt{m_s(m_s + 1)}$; $M_{SZ} = \pm\hbar m_s$. Принято говорить, что спин электрона полуцелый $1/2$, подразумевая, что проекции собственного момента импульса электрона равны $-\hbar/2$ и $+\hbar/2$.

КВАНТОВЫЙ ПЕРЕХОД – скачкообразный переход квантовой системы (атома, молекулы и др.) из одного энергетического состояния в другое. При переходе из состояния с более



высокой энергией E_m в состояние с меньшей энергией E_n система излучает энергию $E_m - E_n$ в виде кванта энергии

(порции) $h\nu = E_m - E_n$. При обратном переходе между этими состояниями система поглощает этот же квант энергии. Здесь h – постоянная Планка, ν – частота излучения. На диаграмме энергетических уровней квантовые переходы обозначаются вертикальными стрелками, начинающимися и заканчивающимися на соответствующих переходу энергетических уровнях диаграммы.

КВАРКИ – фундаментальные частицы, из которых состоят все элементарные частицы, участвующие в сильных взаимодействиях - адроны. Кварки имеют дробные электрические заряды (в единицах элементарного заряда) и барионные заряды, кратные $1/3$, и в свободном состоянии не наблюдаются. Поэтому адроны в принципе нельзя разделить на составляющие их кварки. Существует шесть видов кварков обозначаемых символами u, d, s, c, b, t и их античастицы. Кварки могут объединяться друг с другом тройками, образуя барионы, или тремя антикварками, образуя антибарионы, либо парами кварк-антикварк, образуя мезоны.

КОГЕРЕНТНОСТЬ – согласованное протекание нескольких колебательных или волновых процессов, которое выражается в постоянстве или закономерной связи между фазами, частотами, поляризациями и амплитудами этих процессов.

КОЛЬЦА НЬЮТОНА – интерференционные полосы равной толщины в виде колец, наблюдаемые в воздушном клине, образованном поверхностью стеклянной пластины и выпуклой поверхностью расположенной на ней стеклянной линзы с большим радиусом кривизны R . Радиус r_K каждого тёмного кольца Нью-

тона в отражённом свете определяется формулой $r_K = \sqrt{K \lambda R}$, где λ - длина волны падающего света.

КОМБИНАЦИОННОЕ РАССЕЙЯНИЕ СВЕТА – рассеяние света, которое сопровождается значительным изменением его частоты. Комбинационное рассеяние света проявляется в том, что в спектре рассеянного света появляются линии, отсутствовавшие в падающем свете. Число и расположение этих спектральных линий тесно связано с молекулярным строением рассеивающего вещества.

КОНСТАНТА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ – условный безразмерный параметр, определяющий интенсивность фундаментальных взаимодействий. Отношение констант разных взаимодействий определяет их относительную интенсивность. Значения константы: сильное взаимодействие – 1; электромагнитное взаимодействие – 10^{-2} ; слабое взаимодействие – 10^{-10} ; гравитационное взаимодействие – 10^{-38} .

КОРПУСКУЛЯРНО–ВОЛНОВОЙ ДУАЛИЗМ – положение о том, что всем частицам вещества (электронам, протонам и другим материальным телам) присуща двойственная природа, то есть они одновременно обладают и свойствами частиц и свойствами волн.

КОРПУСКУЛЯРНО-ВОЛНОВОЙ ДУАЛИЗМ СВЕТА – свет (излучение) одновременно обладает и свойствами волн, и свойствами частиц, то есть для него характерно единство прерывности и непрерывности. Такая двойственная природа света (дуализм) является общим свойством всей материи - единством противоположностей. Хотя волновые и корпускулярные свойства присущи свету одновременно, они взаимосвязаны и дополняют друг друга, тем не менее, ни волновая, ни квантовая теория света не могут по отдельности описать все его свойства. Каждая из них описывает свойства света лишь в определённой области. Чем меньше интенсивность света и больше его частота, тем сильнее его квантовые свойства. Волновые свойства света сильнее проявляются при малых частотах.

КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ – совокупность потоков атомных ядер высокой энергии, в основном протонов, падающих на Землю из мирового пространства. Они образуют в земной атмосфере вторичное излучение, в котором встречаются все известные в настоящее время элементарные частицы. Средняя энергия

частиц в первичных космических лучах порядка 10^{10} эВ, а максимальная энергия отдельных частиц достигает 10^{21} эВ.

КОЭФФИЦИЕНТ КАЧЕСТВА ИЗЛУЧЕНИЯ, коэффициент относительной биологической активности – величина, показывающая во сколько раз радиационная опасность в случае облучения человека для данного вида излучения выше, чем для рентгеновского излучения, при одинаковой поглощенной дозе. Таким образом, для рентгеновского излучения коэффициент качества излучения равен 1. Этот коэффициент приблизительно равен 1 и для гамма-лучей и протонов высоких энергий, для тепловых нейтронов он приблизительно равен 3, для быстрых нейтронов достигает 10, а при облучении альфа-частицами и тяжелыми ионами – приблизительно 20.

КОЭФФИЦИЕНТ РАЗМНОЖЕНИЯ НЕЙТРОНОВ – коэффициент k , определяемый отношением числа нейтронов, освободившихся при делении, к числу нейтронов, вызвавших деление ядер в данной массе ядерного вещества. При значении $k = 1$ цепная реакция протекает стационарно, при $k < 1$ цепная реакция невозможна. Если k незначительно превышает единицу, то скорость реакции быстро увеличивается, и при значении $k = 1,01$ возможен взрыв.

КОЭФФИЦИЕНТ ЧЕРНОТЫ, коэффициент излучения теплового излучателя – коэффициент α , показывающий, насколько реальное тело по своим энергетическим свойствам близко к абсолютно чёрному телу. Используя коэффициент черноты, энергетическую светимость реального тела определяют выражением $R = \alpha R_e$, где R_e – энергетическая светимость абсолютно чёрного тела. Коэффициент α не может быть меньше нуля и больше единицы – коэффициент $\alpha = 1$ для абсолютно чёрного тела и $\alpha = 0$ для тела, которое не излучает и не поглощает электромагнитных волн.

КРАСНАЯ ГРАНИЦА ФОТОЭФФЕКТА – минимальная частота света ν_K , при которой возможен внешний фотоэффект для данного вещества. Из уравнения Эйнштейна для внешнего фотоэффекта следует, что фотоэффект возможен только когда энергия фотона $h\nu$ больше или равна работе выхода электрона из металла A , откуда красная граница $\nu_K = \frac{A}{h}$, где h – постоянная Планка. Красная граница фотоэффекта зависит только от работы

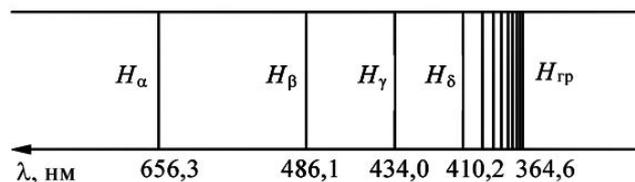
выхода электрона, то есть от химической природы металла и состояния его поверхности.

КРИТИЧЕСКАЯ МАССА – наименьшая масса ядерного горючего (делящегося вещества), при которой осуществляется цепная ядерная реакция. Процесс размножения нейтронов в делящемся веществе протекает очень быстро. Однако из-за конечных размеров делящегося тела и большой проникающей способности нейтронов многие из них выходят за пределы тела, так и не вызвав деления ядер. Но относительная доля вылетающих наружу нейтронов уменьшается с ростом массы делящегося вещества. При массе делящегося вещества равной критической массе, характерной для каждого ядерного горючего, наступает цепная ядерная реакция. Для ${}_{92}^{235}\text{U}$ критическая масса составляет около 50 кг.

ЛАЗЕР, квантовый генератор оптического диапазона – прибор, генерирующий узкий луч монохроматического когерентного излучения высокой интенсивности. Излучение лазера представляет собой почти идеальную плоскую волну. Испускание когерентной электромагнитной волны происходит вследствие вынужденного излучения активной среды, находящейся в оптическом резонаторе лазера.

ЛЕПТОНЫ – элементарные частицы, участвующие в гравитационном, электромагнитном и слабом взаимодействиях и не участвующие в сильном взаимодействии. Имеют полуцелый спин $1/2$. К лептонам относятся: электрон e^- , мюон μ^- , электронное ν_e и мюонное ν_μ нейтрино и их античастицы (позитрон e^+ , мюон μ^+ , электронное $\tilde{\nu}_e$ и мюонное $\tilde{\nu}_\mu$ антинейтрино).

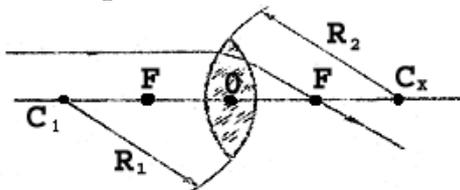
ЛИНЕЙЧАТЫЙ СПЕКТР – спектр излучения атомарных газов и паров, представляющий собой набор отдельных линий с характерными значениями длин волн, обусловленными структурой электронных оболочек атомов данного элемента. Количество и расположение линий в спектре излучения газа или пара зависит



от структуры химического элемента или соединения. По спектру излучения с помощью спектрального анализа можно выявить на-

личие отдельных элементов в соединении и определять химический состав вещества. Например, на рис. приведена схема линий серии Бальмера в видимой части спектра атома водорода. На рисунке символами H_α , H_β , H_γ и H_δ обозначены характерные линии спектра излучения, а $H_{гр}$ указывает коротковолновую границу серии

ЛИНЗА оптическая – прозрачные для света тела, ограниченные двумя выпуклыми или вогнутыми поверхностями. Одна из поверхностей может быть плоской. Прямая, проходящая через



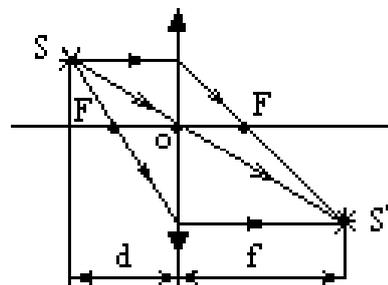
центры кривизны линзы C_1 и C_2 , называется главной оптической осью. Точка линзы O , проходя через которую луч света не меняет своего направления, называется

оптическим центром линзы. Пучок лучей, направленный на линзу параллельно главной оптической оси, после преломления в линзе сходится в точке F , расположенной на оптической оси линзы. Эта точка называется главным фокусом линзы. У каждой линзы имеется два фокуса. Расстояние от главного фокуса до оптического центра линзы называется фокусным расстоянием и определяется соотношением

$$F = \left[\left(\frac{n_1}{n_2} - 1 \right) \left(\pm \frac{1}{R_1} \pm \frac{1}{R_2} \right) \right]^{-1}, \text{ где } R_1 \text{ и } R_2$$

R_2 - радиусы кривизны ограничивающих поверхностей, n_1 и n_2 - абсолютные показатели преломления веществ линзы и окружающей среды соответственно. Знаки перед членами, содержащими R_1 и R_2 , берутся

положительными для выпуклых поверхностей и отрицательными для вогнутых. Линзы, превращающие падающий на них параллельный пучок света в сходящийся, называются собирающими ($F > 0$), а превращение его в расходящийся - рассеивающими ($F < 0$). Если толщина линзы мала, по сравнению с радиусами поверхностей, ограничивающих линзу, то её называют тонкой линзой. Главное фокусное расстояние тонкой линзы определяется через расстояние от предмета до линзы d и расстояние от линзы



до изображения предмета f по формуле $\pm \frac{1}{F} = \pm \frac{1}{d} \pm \frac{1}{f}$. В этой формуле расстояния до действительных точек берутся со знаком

« + », а до мнимых - со знаком « - ». Для рассеивающей линзы фокус берется со знаком « - ».

ЛУЧ световой – геометрическая линия, совпадающая с направлением распространения света. В однородной среде световые лучи - прямые линии, перпендикулярные фронту световой волны.

ЛЮКС (лк) – единица освещённости в Международной системе единиц (СИ). Люкс - освещённость поверхности площадью 1 м^2 при световом потоке падающего на неё излучения, равном 1 лм. Размерность люкса в СИ – $L^{-2}J$.

ЛЮМЕН (лм) – единица светового потока в Международной системе единиц (СИ). Люмен - световой поток, испускаемый точечным источником в телесном угле 1 ср при силе света 1 кд. Размерность люмена в СИ - J .

ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ – излучение света веществом, избыточное над тепловым излучением при той же температуре, что и температура излучающего вещества. Длительность люминесцентного свечения превышает период световых колебаний ($\sim 10^{-15}$ с), то есть оно не прекращается сразу после устранения вызвавшей его причины (видимое, ультрафиолетовое, рентгеновское излучения, гамма-лучи, быстрые заряженные частицы и т.п.).

ЛЮМИНОФОРЫ – вещества, способные преобразовывать поглощаемую ими энергию в световое излучение, то есть вещества, способные к люминесценции.

МАГНИТНОЕ КВАНТОВОЕ ЧИСЛО – определяет пространственную ориентацию орбиты электрона.

МАСС-СПЕКТРОГРАФ – измерительный прибор, позволяющий разделить заряженные частицы по их удельным зарядам, то есть по отношению заряда частицы к её массе. Огромное количество разновидностей масс-спектрографов, в конечном счёте, основано на способности электрических и магнитных полей искривлять траекторию заряженных частиц тем сильнее, чем большим является отношение заряда частицы к её массе.

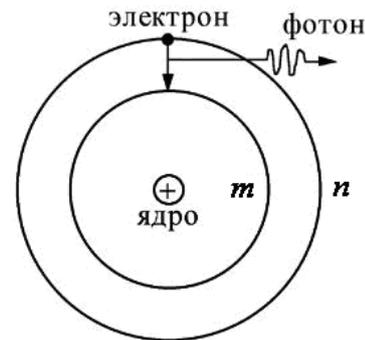
МАССОВОЕ ЧИСЛО – одна из основных характеристик атомного ядра. Массовое число равно числу нуклонов в ядре: $A=Z+N$, где Z число протонов ядре, равное порядковому номеру элемента, N - число нейтронов в ядре. Массовое число совпадает с округлённым до целого числа значением атомной массы отдельного изотопа.

МЕЗОНЫ – элементарные частицы, имеющие равный нулю спин, то есть относящиеся к бозонам. Массы мезонов меньше массы протона. Эти частицы нестабильны, распадаясь, превращаются в другие частицы. Особая роль в строении атомного ядра принадлежит пи-мезонам, поскольку с ними связана природа ядерных сил.

МЕТОД ЗОН ФРЕНЕЛЯ – метод определения результата дифракции в некоторой точке пространства, основанный на способе разделения из рассматриваемой точки пространства волновой поверхности на отдельные участки – зоны Френеля и подсчёте числа зон: если на фронте волны укладывается чётное число зон, то в рассматриваемой точке будет минимум света и, наоборот, при нечётном числе – максимум. Метод основан на принципе Гюйгенса-Френеля и позволяет решать простейшие дифракционные задачи.

МЕЧЕННЫЕ АТОМЫ, изотопные индикаторы – вещества, в которых какой-либо химический элемент имеет отличный от природного изотопный состав, и которые применяются для маркировки атомов, молекул и других объектов. Химические свойства изотопов данного элемента одинаковы, благодаря чему, введение меченых атомов не влияет на протекание физических, химических и биологических процессов.

МОДЕЛЬ АТОМА БОРА – расширенная модель атома Резерфорда. Н. Бор, сохраняя классический подход к описанию поведения электрона в атоме, предложил применить идеи квантовой теории к модели атома. Согласно теории Бора каждый атом может обладать не любым значением энергии, а принимает лишь ряд строго определённых, дискретных значений. Электрон в атоме может двигаться не по любой орбите, а лишь по тем, которые соответствуют дискретным значениям энергии атома, при этом электрон не теряет энергию на излучение. Электрон излучает энергию только тогда, когда переходит с одной разрешённой орбиты на другую. Теория Бора построена на высказанных им постулатах (утверждениях).



МОДЕЛЬ АТОМА РЕЗЕРФОРДА – модель основана на законах классической физики. Согласно модели в центре атома - его ядре, имеющем линейные размеры 10^{-14} - 10^{-15} м, сосредоточен

весь положительный заряд атома и практически вся его масса. Вокруг ядра вращаются электроны, образуя электронную оболочку атома, размеры которой в 10^4 раз больше размеров ядра. Число электронов, обращающихся вокруг ядра, равно порядковому номеру элемента в Периодической таблице элементов. Из теории Резерфорда следует, что: 1) атом должен быть неустойчивым, ввиду непрерывной потери электроном энергии на излучение электромагнитных волн; 2) спектральных линий существовать не должно, должен быть только непрерывный спектр. Опыт же убеждает, что: 1) атом является исключительно устойчивой системой; 2) атом излучает электромагнитные волны лишь при определенных условиях; 3) атом испускает свет, обладающий линейчатым спектром, связанным со строением и свойствами его электронной оболочки: Из этих несоответствий следует, что в мире атомов действуют законы, которые не учитываются классической физикой. Наблюдаемые расхождения между выводами из теории Резерфорда и опытными фактами были устранены Н. Бором, который предложил квантовую модель атома.

МОДЕЛЬ АТОМА ТОМСОНА – модель, представляющая атом в виде равномерно положительно заряженного шара радиусом порядка 10^{-10} м, внутри которого возле своих положений равновесия колеблются электроны. Суммарный заряд электронов равен положительному заряду шара. Модель Дж. Дж. Томсона была первой попыткой создания на основе экспериментальных данных модели атома. Модель Томсона оказалась несостоятельной.

МОНОХРОМАТИЧЕСКИЙ СВЕТ – световые колебания одной определенной частоты. Свет любого реального источника – совокупность излучения множества отдельных атомов, излучающих волны независимо друг от друга. Поэтому их излучение характеризуется некоторым интервалом частот. На практике излучение считают монохроматическим, если этот интервал мал. Свет, близкий к монохроматическому свету, получают, выделяя спектральную линию или узкий участок спектра при помощи спектральных приборов (монохроматоров, светофильтров и др.). Свет высокой степени монохроматичности излучают лазеры.

МЮОНЫ – нестабильные элементарные частицы с полуцелым спином и временем жизни $\sim 2 \cdot 10^{-6}$ с. Масса мюонов равна $206,7m_e$, где m_e – масса электрона. Мюоны имеют либо отрицательный, либо положительный заряд. Нейтрального мюона не

трубах, микроскопах, фотоаппаратах, проекционных аппаратах и т.д.

ОКУЛЯР – часть оптического прибора, обращенная к глазу наблюдателя. Окуляр служит для рассматривания изображения, образуемого объективом или комбинацией объектива с другими оптическими системами, например, призмой.

ОПТИКА – раздел физики, в котором рассматривается учение о свете и его взаимодействии с веществом. Различают два раздела: геометрическая оптика - изучает законы распространения света без рассмотрения его природы; физическая оптика - занимается выяснением природы света и закономерностей его испускания, распространения, рассеяния и поглощения в веществе.

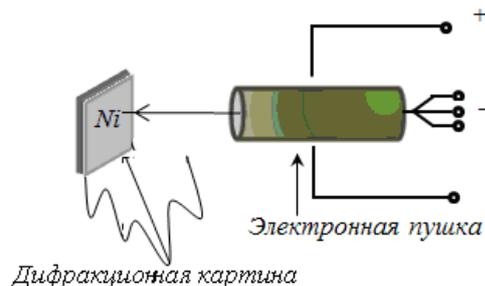
ОПТИЧЕСКАЯ АНИЗОТРОПИЯ – различие оптических свойств среды (в частности, скорости распространения света) по разным направлениям.

ОПТИЧЕСКАЯ ДЛИНА ПУТИ – величина L , равная сумме произведений расстояний l_i , последовательно проходимых монохроматическим излучением в направлении луча в различных оптических средах, на соответствующие показатели преломления n_i этих сред, то есть $L = \sum_i l_i n_i$. В СИ оптическая длина пути выражается в метрах.

ОПТИЧЕСКАЯ ОСЬ КРИСТАЛЛА – направление в оптически анизотропном кристалле, вдоль которого свет распространяется, не испытывая двойного лучепреломления.

ОПТИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА – вещества, способные вызывать вращение плоскости поляризации проходящего через них плоско поляризованного оптического излучения в отсутствие внешних воздействий. К их числу принадлежат кварц, скипидар, камфара, раствор сахара, биологические макромолекулы и т.п.

ОПЫТЫ ДЕВИССОНА–ДЖЕРМЕРА – эксперименты по рассеянию пучка электронов на кристалле никеля (1927), которые показали, что при неизменном угле падения электронов они отражаются от него под различными углами, причем в определенных направлениях отражается наи-



большее число электронов, то есть наблюдается дифракция электронов на кристаллической решётке никеля. Рассчитанная по дифракционной картине длина волны для электрона подтвердила правильность формулы де Бройля.

ОРБИТАЛЬНОЕ КВАНТОВОЕ ЧИСЛО – определяет орбитальный момент импульса электрона и может принимать только целочисленные значения от 0 до $(n - 1)$, где n - главное квантово число. Различные значения орбитального квантового числа при одном и том же n соответствуют движению электрона по эллипсам различной вытянутости.

ОСВЕЩЁННОСТЬ – величина, равная отношению светового потока $d\Phi$, падающего нормально поверхности, к площади

поверхности dS : $E = \frac{d\Phi}{dS}$. Освещенность поверхности, создаваемая

точечным источником света силы I и удаленным на расстояние r от поверхности, выражается формулой $E = \frac{I \cos i}{r^2}$, где i -

угол падения лучей на поверхность. Если источник протяженный, то его поверхность разбивают на элементарные участки (достаточно малые по сравнению с r) и определяют освещённость, создаваемую каждым из них, по приведенной выше формуле и результаты суммируют. Единица освещённости в СИ - люкс (лк).

ОТРАЖЕНИЕ СВЕТА – возвращение световой волны при её падении на границу раздела двух сред с разными показателями преломления, обратно в первоначальную среду. Благодаря отражению света мы видим тела, не излучающие свет. На поверхности раздела наряду с отражением происходит и преломление света.

ПЕРИОД ПОЛУРАСПАДА – время, в течение которого первоначальное количество ядер данного радиоактивного вещества распадается наполовину. Из закона радиоактивного распада

следует, что период полураспада $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$, где λ - постоянная

радиоактивного распада. Периоды полураспада радиоактивных веществ имеют значения от долей микросекунды до миллиардов лет. Например, для полония-212 - $T_{1/2} = 3 \cdot 10^{-7}$ с, а для урана-238 $T_{1/2} = 4,5 \cdot 10^9$ лет.

ПИ-МЕЗОНЫ – общее название трёх нестабильных элементарных частиц, определяющих существование сильного взаи-

модействия в ядрах атомов. Имеют спин равный нулю. Пимезоны различаются массой и зарядом. Заряженные π^+ -мезон и π^- -мезон имеют массу $273m_e$ и заряд, равный элементарному заряду. Нейтральный π^0 -мезон имеет массу $564m_e$. Здесь m_e - масса электрона. Обмен нуклонов в ядре π -мезонами приводит к сильному взаимодействию между ними.

ПИРОМЕТР радиационный – прибор для определения радиационной температуры нечёрных тел. Оптическая система пирометра позволяет сфокусировать изображение излучающего энергию тела на пластине приемника, что приводит к её нагреванию. Температура нагревания пластины приемника, пропорциональная температуре тела, определяется с помощью термопары, в цепь которой включен электроизмерительный прибор. Шкала прибора проградуирована по излучению абсолютно чёрного тела в градусах.

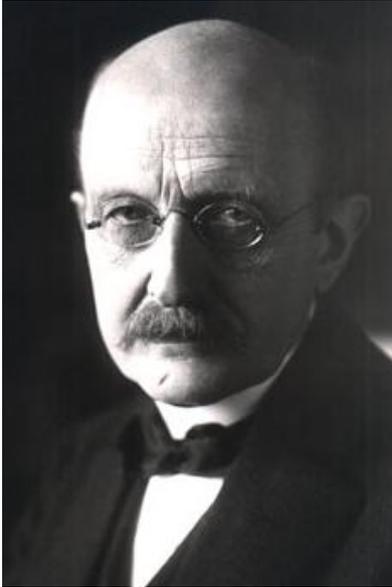
ПИРОМЕТР с исчезающей нитью – прибор для определения яркостной температуры. В приборе находится нихромовая нить, в плоскость расположения которой с помощью объектива можно сфокусировать изображение светящейся поверхности тела, температуру которого необходимо измерить. Яркость накала нити регулируется переменным резистором, включенным в электрическую цепь с нитью и источником тока. Наблюдая исследуемое тело и нить через светофильтр, пропускающий определенную длину волны, изменяют яркость накала нити резистором так, чтобы она исчезла на фоне светящейся поверхности тела. По положению регулятора переменного резистора, проградуированного в градусах, определяют температуру.

ПИРОМЕТРИЯ ОПТИЧЕСКАЯ – методы измерения высоких температур на основе законов теплового излучения. Приборы, используемые для этой цели, называются пирометрами излучения.

ПЛАЗМА – сильно ионизированный газ, в котором концентрация электронов приблизительно равна концентрации положительных ионов. Чем выше температура газа, тем больше ионов и электронов в плазме, тем меньше остается в ней нейтральных молекул. Благодаря высокой концентрации носителей заряда, плазма обладает высокой электропроводностью. В природе плазма содержится в горячих звездах, на Солнце, в канале молнии. В лабораторных условиях плазму получают при помощи электрического разряда в газе, путем фокусировки лазерного пучка в малом

объеме вещества и др. Различают плазму низкотемпературную, холодную $T \sim 10^4$ К, и высокотемпературную, горячую $T \sim 10^8$ К.

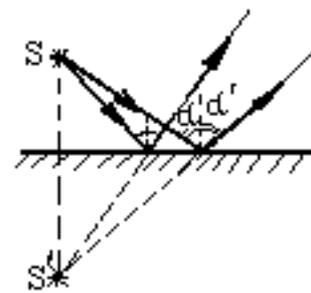
ПЛАНК Макс Карл Эрнест Людвиг (1858 – 1947) – немецкий физик-теоретик, один из основоположников новой физики.



Занимался термодинамикой, теорией теплового излучения, теорией относительности, историей и методологией физики, философией науки. В 1900 году положил начало квантовой теории. Исходя из предположения, что свет испускается не непрерывно, как это следовало из классической теории излучения, а определенными порциями энергии – квантами. Вывел на основе этого представления закон распределения энергии в спектре равновесного излучения при определенной температуре. При этом в формуле, описывающей спектральную зависимость

объемной плотности излучения, впервые ввел фундаментальную физическую константу – постоянную Планка, которая знаменовала рождение квантовой механики. Большое значение имели работы Планка по теории относительности. Он ввел термин «теория относительности», провел обобщение термодинамики в рамках специальной теории относительности.

ПЛОСКОЕ ЗЕРКАЛО – гладкая поверхность, при отражении от которой пучок параллельных лучей остаётся параллельным. Плоским зеркалом пользуются для получения изображений. Плоское зеркало создает мнимое изображение. Предмет S и его изображение S' расположены симметрично по отношению к поверхности зеркала. Наблюдателю кажется, что лучи исходят из точки за зеркалом.



ПЛОСКОПОЛЯРИЗОВАННАЯ ВОЛНА, линейно-поляризованная волна – поперечная волна, плоскость колебаний которой не изменяет своего положения в пространстве с течением времени.

ПЛОСКОСТЬ КОЛЕБАНИЙ – плоскость, проходящая через луч и направление, в котором происходит движение частиц среды при распространении волны.

ПЛОСКОСТЬ ПОЛЯРИЗАЦИИ – плоскость, проходящая через направление распространения и направление колебаний электрического вектора в линейно (плоско) поляризованной электромагнитной волне.

ПОГЛОЩЕНИЕ СВЕТА – уменьшение интенсивности световой волны при прохождении её через вещество. При этом происходит превращение энергии света во внутреннюю энергию вещества или в энергию вторичного излучения. При поглощении интенсивность света уменьшается по закону Бугера-Ламберта.

ПОГЛОЩЁННАЯ ДОЗА – отношение энергии ионизирующего излучения, поглощённой каким-либо телом, к массе этого тела. Единица поглощённой дозы в СИ – грей.

ПОГЛОЩАТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ, коэффициент поглощения – физическая величина $A_{\nu,T}$, показывающая какая доля энергии dW электромагнитного излучения, падающего в единицу времени на единицу площади поверхности в интервале частот от ν до $\nu+d\nu$, поглощается телом. Поглощательная способность выражается формулой $A_{\nu,T} = \frac{dW_{\text{ПОГ}}}{dW}$, где $dW_{\text{ПОГ}}$ – поглощённая энергия. Поглощательная способность – безразмерная величина.

ПОЗИТРОН – античастица по отношению к электрону. В отличие от электрона позитрон имеет в среде малую продолжительность жизни (в воздухе $\sim 10^{-6}$ с). Взаимодействие позитрона с каким-либо электроном среды приводит к аннигиляции этих частиц и превращению их в два фотона. Обозначается символом e^+ или ${}_{+1}^0e$.

ПОКАЗАТЕЛЬ ПРЕЛОМЛЕНИЯ света – коэффициент, определяющий отношение скоростей света в двух соседних средах различной природы.

Абсолютный показатель преломления – отношение скорости света в вакууме c к фазовой скорости света ν в данной среде:

$n = \frac{c}{\nu}$. Абсолютный показатель преломления зависит от химического состава среды, состояния среды (температуры, давления и др.), частоты света и связан с диэлектрической ϵ и магнитной μ проницаемостями среды соотношением $n = \sqrt{\epsilon\mu}$.

Относительный показатель преломления – отношение фазовой скорости света v_1 в среде с абсолютным показателем преломления n_1 к фазовой скорости света v_2 в среде с абсолютным показателем преломления n_2 : $n_{21} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$. Если абсолютный

показатель преломления одной среды больше абсолютного показателя преломления другой, то эту среду называют оптически более плотной.

ПОЛНОЕ ВНУТРЕННЕЕ ОТРАЖЕНИЕ – явление отражения света, падающего из оптически более плотной среды на



границу с оптически менее плотной средой под углом, равным или превышающим предельный угол. Наименьший угол падения луча света γ_{II} , при котором свет полностью отражается в первую среду, называется предельным углом полного отражения. Значение пре-

дельного угла зависит только от величины относительного показателя преломления n_{21} двух рассматриваемых сред: $\sin \gamma_{II} = n_{21}$.

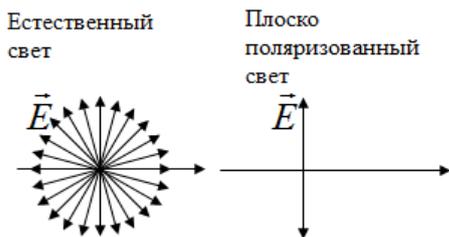
ПОЛОСЫ РАВНОГО НАКЛОНА – интерференционная картина в виде чередующихся темных и светлых колец на поверхности плоскопараллельной пластинки при падении на неё расходящегося пучка лучей. Каждой из этих полос соответствует определенное значение угла падения и своя разность хода, см. интерференция света в тонких плёнках.

ПОЛОСЫ РАВНОЙ ТОЛЩИНЫ – интерференционная картина в виде равноотстоящих светлых и темных полос на поверхности тонкой пластинки в виде клина, параллельных ребру клина, при падении на неё параллельного монохроматического пучка света. Так как толщина пластинки меняется от точки к точке, то разность хода волн от верхней и нижней поверхностей пластинки в разных точках различна, см. интерференция света в тонких плёнках. Поэтому каждая полоса соответствует определенной толщине пластинки, для белого света будут наблюдаться цветные полосы. Частным случаем полос равной толщины являются кольца Ньютона.

ПОЛЯРИЗАТОРЫ – оптические устройства, предназначенные для поляризации света. Они состоят из оптически анизо-

тропных (кристаллических) сред, в которых скорость света, а следовательно, и показатель преломления неодинаковы по разным направлениям. В них происходит двойное лучепреломление – световой луч разделяется на два луча, которые полностью поляризованы во взаимно перпендикулярных плоскостях. Один из этих лучей убирается за счёт полного внутреннего отражения, как в призме Николя, или за счёт дихроичных свойств вещества поляризатора, как в поляроиде. В результате из прибора выходит один луч полностью поляризованного света. Интенсивность поляризованного света не зависит от поворота поляризатора относительно направления распространения естественного луча света и равна половине интенсивности падающего на поляризатор естественного света.

ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА – процесс выделения из естественного света волн с определённой ориентацией светового вектора. Если естественный свет проходит через оптически анизотропную среду (турмалин, исландский шпат и т.п.), то из волн света со всевозможными ориентациями светового вектора \vec{E} выделяется та часть, которая соответствует одному направлению \vec{E} , то есть волны с упорядоченным направлением колебаний.



Это явление наблюдается не только при прохождении света через анизотропные среды, но и при отражении и преломлении световых волн на границе раздела двух диэлектриков.

ПОЛЯРИЗОВАННЫЙ СВЕТ – световая волна, направление колебаний электрического \vec{E} и магнитного \vec{H} векторов в которой сохраняется неизменным. Если колебания вектора \vec{E} происходят строго в одной плоскости, то свет называется линейно-поляризованным или плоско-поляризованным, а если конец вектора \vec{E} с течением времени описывают окружность или эллипс – циркулярно- или эллиптически-поляризованным.

ПОЛЯРОИД – представляют собой прозрачную (целлюлозную) пленку, на которую нанесён тонкий слой кристаллов поляризующего свет дихроичного вещества, например геропатита (серноокислый иодохинин). Кристаллы дихроичного вещества являются двоякопреломляющими, причем в них обыкновенные лучи почти полностью поглощаются и свет, прошедший через кристалл, является полностью поляризованным. Поляроиды мо-

гут использоваться как поляризаторы и анализаторы. Практическая ценность поляроидов состоит в том, что они могут иметь большие размеры.

ПОСТОЯННАЯ РАДИОАКТИВНОГО РАСПАДА – величина λ , характеризующая долю радиоактивных атомов $\frac{dN}{N}$, распадающихся за интервал времени dt : $\lambda = \frac{1}{N} \frac{dN}{dt}$. Значение

постоянной распада определяется экспериментально.

ПОСТОЯННАЯ ПЛАНКА, квант действия (h) – фундаментальная физическая постоянная, отражающая специфику физических законов микромира и играющая функциональную роль в квантовой механике: $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с. Часто пользуются приведённой постоянной Планка: $\hbar = \frac{h}{2\pi}$. Размерность постоянной

Планка – «энергия \times время». В механике такая размерность называется действием, поэтому постоянную Планка иногда называют квантом действия.

ПОСТУЛАТЫ БОРА – положения, введённые без доказательства и положенные в основу модели атома Бора.

Первый постулат: электроны в атоме могут двигаться вокруг ядра только по стационарным орбитам, определяемым из условия квантования. Вращаясь по стационарным орбитам, электрон не излучает энергии.

Условие квантования: момент импульса L электрона, движущегося вокруг ядра по стационарной орбите, кратен постоянной Планка \hbar : $L = m_e r v = n \hbar$,

где m_e – масса электрона; r – радиус электронной орбиты; v – орбитальная скорость электрона; $n = 1, 2, 3, \dots$ – положительное целое число, определяющее орбиту электрона.

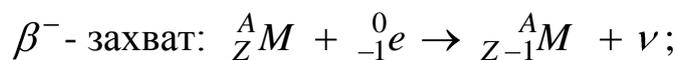
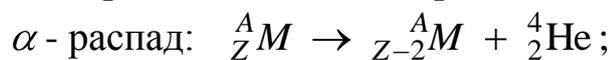
Второй постулат: каждой разрешённой условием квантования электронной орбите соответствует определенный энергетический уровень. Переход с более удаленной от ядра орбиты на более близкую орбиту



происходит скачкообразно и сопровождается испусканием кванта излучения. Частота ν излучения определяется разностью значений энергии тех разрешенных уровней, между которыми совершается квантовый скачок электрона: $h\nu = E_n - E_m$, где E_n - энергия электрона на орбите n , E_m - энергия электрона на орбите m , $n > m$.

ПРАВИЛА ОТБОРА – правила для орбитального квантового числа l электрона, определяющие разрешённые переходы электрона в атоме, сопровождающиеся излучением или поглощением фотона. Для электрона возможны переходы только между энергетическими уровнями, орбитальные квантовые числа которых отличаются на единицу, то есть $\Delta l = \pm 1$. Состояния электрона с различными значениями орбитального квантового числа называются следующим образом: $l = 0$ - s-состояние; $l = 1$ - p-состояние; $l = 2$ - d-состояние; $l = 3$ - f-состояние и т.д. в порядке следования букв латинского алфавита.

ПРАВИЛА СМЕЩЕНИЯ – правила, устанавливающие изменения с радиоактивными изотопами при превращениях и ядро, образующее в результате распада материнского ядра. Правила являются следствием законов сохранения зарядового и массового числа. К основным видам радиоактивных превращений относятся альфа-распад, бета-распад, гамма-излучение, спонтанное деление, протонная радиоактивность. При изучении естественной радиоактивности было установлено, что радиоактивное вещество испускает α -, β - и γ -лучи, являющиеся соответственно ядрами гелия, электронами и коротковолновым электромагнитным излучением. Испускание радиоактивным веществом трёх видов излучения определяется различными типами реакций ядерных распадов естественно радиоактивных ядер:

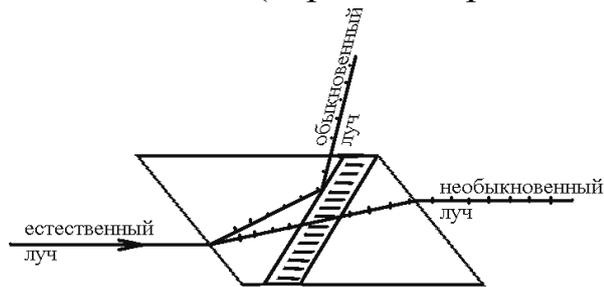


ПРЕЛОМЛЕНИЕ СВЕТА – изменение направления распространения света (электромагнитной волны) при переходе из

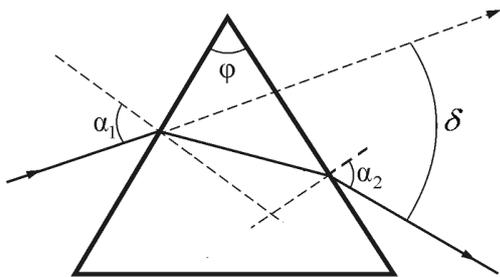
одной среды в другую, отличающуюся от первой абсолютным показателем преломления.

ПРИВЁДЁННАЯ ПОСТОЯННАЯ ПЛАНКА – видоизменённая постоянная Планка $\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,055 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, где h – постоянная Планка.

ПРИЗМА НИКОЛЯ – прибор, предназначенный для поляризации света. Представляет собой специальным образом обработанный кристалл исландского шпата (передние грани отшлифованы под определенным углом, кристалл распилен и склеен канадским бальзамом). В призме Николя обыкновенный луч отводится в сторону за счёт полного внутреннего отражения от плоскости склейки. Из кристалла выходит только необыкновенный луч, незначительно смещенный относительно направления падающего на призму луча. Призму Николя обычно называют николем.



ПРИЗМА ОПТИЧЕСКАЯ – тело из прозрачного вещества, ограниченное тремя непараллельными плоскостями, на которых происходит преломление света. Угол φ между гранями призмы, через которые проходят лучи света, называется преломляющим. При выходе из призмы при вторичном преломлении в среду оптически менее плотную, луч выходит под углом δ к первоначальному направлению, который называется отклоняющим углом призмы. Изображение предмета в призме мнимое и кажется отклонённым к вершине преломляющего угла, если призма изготовлена из вещества оптически более плотного, чем окружающая среда.



ПРИНЦИП ГЮЙГЕНСА – геометрический метод нахождения положения в пространстве фронта волны в некоторый момент времени, зная его положение в предыдущий момент времени и скорость распространения волны. Фронт волны разбивается на вторичные точечные источники, испускающие сферические волны, огибающая фронты которых и определит положение дей-

ствительного фронта распространяющейся волны в рассматриваемый момент времени.

ПРИНЦИП ГЮЙГЕНСА-ФРЕНЕЛЯ – геометрический метод, позволяющий определить изменение интенсивности света на экране при его дифракции. Согласно методу каждую точку волновой поверхности распространившейся до препятствия, можно рассматривать как вторичные источники когерентных волн, которые распространяются во всех направлениях и результат интерференции которых на экране и определит изменение интенсивности, совпадающее с действительным распределением интенсивности света. Для упрощения расчета интенсивности света волновую поверхность разбивают на зоны Френеля.

ПРИНЦИП НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ – утверждает, что невозможно одновременно точно определить значение координаты x и импульса p частицы. Эти параметры могут быть определены в один и тот же момент времени лишь с определенной степенью точности. В. Гейзенберг показал, что между неточностями Δx и Δp в определении координаты и импульса микрочастицы в данный момент времени существует соотношение: $\Delta x \cdot \Delta p \geq \hbar$, где \hbar - постоянная Планка. Это соотношение называется соотношением неопределённостей Гейзенберга.

ПРИНЦИП ПАУЛИ – утверждение, что в атоме два электрона не могут одновременно находиться в одном и том же квантовом состоянии. Электроны должны отличаться друг от друга, по крайней мере, одним из квантовых чисел. Принцип обусловлен следующим фактором: если два электрона находятся в одинаковом квантовом состоянии, в атоме возникают значительные силы отталкивания, вынуждающие один из электронов перейти на орбиту, более удаленную от атомного ядра, в состояние с большей энергией. Вследствие действия принципа Паули электронная оболочка атома имеет слоистую структуру: электроны атомов с большими порядковыми номерами, находящиеся в основном состоянии, обладают различными главными квантовыми числами, то есть они движутся на разных расстояниях от атомного ядра. Электроны с одинаковыми главными квантовыми числами и соответственно находящиеся на одинаковом среднем расстоянии от атомного ядра образуют одну электронную оболочку. Принцип Паули действителен не только для электронов, но и для всех частиц с полуцелым спином (фермионов). На частицы с нулевым и целым спином (бозоны) принцип Паули не распростра-

няется. Все бозоны в пределах одной системы могут находиться в одинаковом квантовом состоянии.

ПРИНЦИП СООТВЕТСТВИЯ – принцип, согласно которому любая новая теория в физике должна сводиться к соответствующей классической теории, если эта новая теория применяется к случаям, хорошо объясняющимся менее общей теорией. Так, волновая оптика переходит в геометрическую при длине волны $\lambda \rightarrow 0$, квантовомеханическое решение задачи совпадает с результатами классической механики, если постоянную Планка \hbar можно считать малой величиной ($\hbar \approx 0$), законы релятивистской механики переходят в законы классической механики при малых скоростях движения v , когда $\frac{v}{c} \rightarrow 0$, где c – скорость света в вакууме.

ПРОНИКАЮЩАЯ РАДИАЦИЯ – поток гамма-лучей и нейтронов, обладающих большой проникающей способностью. Она является одним из основных поражающих факторов ядерного взрыва.

ПРОСВЕТЛЕНИЕ ОПТИКИ – увеличение прозрачности и уменьшение коэффициента отражения оптических поверхностей путем покрытия их тонкими плёнками, создающими интерференционное явление.

ПРОТОН – стабильная элементарная частица с полуцелым спином $1/2$, то есть относится к барионам. Время жизни порядка 10^{31} лет. Имеет положительный элементарный заряд и массу $1836,12m_e$ (m_e – масса электрона). Входит в состав атомных ядер. Число протонов в ядре равно порядковому номеру электрона в Периодической таблице элементов. Протон стабилен и лишь при получении энергии извне может превратиться в нейтрон n с одновременным рождением позитрона e^+ и нейтрино ν : $p \rightarrow n + e^+ + \nu$. Обозначается символом p или ${}_1^1p$.

ПРОТОННАЯ РАДИОАКТИВНОСТЬ – самопроизвольный распад ядер, наблюдающийся в некоторых искусственных изотопах, сопровождающийся испусканием протонов ${}_1^1p$. Уравнение реакции: ${}_Z^A X \rightarrow {}_{Z-1}^{A-1} Y + {}_1^1 p + \nu$.

РАДИАЦИЯ, ионизирующее излучение – потоки частиц и электромагнитных волн, образующихся при ядерных превращениях, то есть в результате ядерных реакций или радиоактивного

распада. Чаще всего встречаются такие разновидности ионизирующих излучений, как рентгеновское и гамма излучения, потоки альфа-частиц, электронов, нейтронов и протонов. При прохождении ионизирующего излучения через вещество атомы и молекулы, из которых оно состоит, возбуждаются или даже ионизируются.

РАДИОАКТИВНОСТЬ – самопроизвольное превращение одних атомных ядер в других, сопровождающееся испусканием элементарных частиц, атомных ядер и электромагнитного излучения, которые можно обнаружить по ионизации воздуха, свечению некоторых веществ, выделению тепла и т.д. Радиоактивность, наблюдающаяся у ядер, существующих в природных условиях, называется естественной. Радиоактивность ядер, полученных посредством ядерных реакций, называется искусственной. Процесс радиоактивного превращения в обоих случаях подчиняется одинаковым законам. Единица радиоактивности в СИ – беккерель (Бк).

РАДИОАКТИВНЫЕ СЕМЕЙСТВА (РЯДЫ) – цепочка элементов, самопроизвольно образующихся один из другого в результате радиоактивного распада. Таких семейств существует четыре: три естественных и одно искусственное - они охватывают все известные природные радиоактивные элементы. Своё название радиоактивные семейства получили по названию исходного члена ряда: для естественных - ряд урана ${}^{238}_{92}\text{U}$, ряд тория ${}^{232}_{90}\text{Th}$ и ряд актиния ${}^{235}_{89}\text{Ac}$; для искусственного – ряд нептуния ${}^{237}_{93}\text{Np}$. Превращения ядер в семействах происходит вследствие альфа-распада и электронного бета-распада. Последний член всех семейств представляет собой стабильный, нерадиоактивный элемент. Исходный член каждого семейства характеризуется очень большим периодом полураспада, поэтому к настоящему времени на Земле могли остаться только те радиоактивные семейства, в которых период полураспада исходного вещества по порядку величины близок к времени существования Земли.

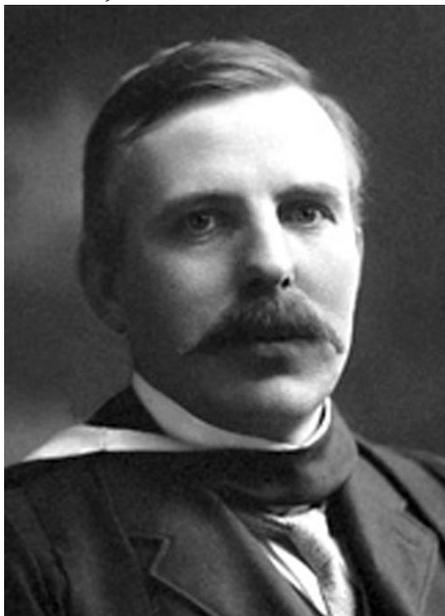
РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ – химические элементы, все изотопы которых радиоактивны. К радиоактивным элементам относятся технеций (атомный номер $Z = 43$), прометий ($Z = 61$), полоний ($Z = 84$) и все последующие элементы Периодической таблицы элементов. Из них только уран и торий – первичные радиоактивные элементы, которые сохранились на Земле

с начала её существования. Радиоактивные элементы с атомным номером 43, 61, 93 и все последующие получены искусственно в различных ядерных реакциях.

РАДИАЦИОННАЯ ТЕМПЕРАТУРА – температура нечёрного тела равная такой температуре абсолютно чёрного тела, при которой его энергетическая светимость равна энергетической светимости данного нечёрного тела. Радиационная температура нечёрного тела меньше его истинной температуры.

РАССЕЯНИЕ СВЕТА - изменение направления распространения световой волны в процессе её прохождения через вещество.

РЕЗЕРФОРД Эрнест (1871 – 1937) – английский физик, известный своими исследованиями строения атома и радиоактивности, один из создателей ядерной физики. Создатель научной



школы физиков. Научный путь Резерфорда определило открытие явления радиоактивности. Ему принадлежит и первенство в выяснении природы альфа-частиц. Он опытно доказал, что альфа-частицы являются дважды ионизированными атомами гелия. Вместе с Ф.Содди разработал теорию радиоактивного распада и установил законы радиоактивных превращений. Предсказал существование трансуранных элементов. Изучая явление прохождения альфа-частиц через вещество, обнаружил их рассеяние и ус-

тановил закон рассеяния этих частиц атомами различных элементов, что привело к открытию в атоме плотного образования – ядра. Это позволило ему создать новую модель атома – ядерную модель атома. Резерфорд осуществил и первую искусственную ядерную реакцию, заложив тем самым основы современной физики ядра, открыл протон и предсказал существование нейтрона. Вокруг Резерфорда группировалось много физиков из разных стран мира, привлечённых его чрезвычайной одаренностью как физика и редкими способностями как организатора научного коллектива.

РЕЗОНАНСЫ – короткоживущие частицы - адроны, возникающие при взаимодействиях элементарных частиц. Для резонансов характерно малое время жизни – $10^{-22} - 10^{-24}$ с.

РЕНТГЕН (Р) – внесистемная единица экспозиционной дозы рентгеновского и гамма-излучения: $1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл} \cdot \text{кг}^{-1}$. При поглощении дозы в 1 Р в одном кубическом сантиметре воздуха при нормальных условиях образуется $2,08 \cdot 10^9$ пар ионов.

РЕНТГЕНОВСКИЕ ЛУЧИ – невидимое глазом коротковолновое электромагнитное излучение, возникающее при взаимодействии заряженных частиц с атомами вещества. Длина волны рентгеновских лучей от 10^{-7} до 10^{-12} м.

РЭЛЕЕВСКОЕ РАССЕЯНИЕ СВЕТА – рассеяние света на неоднородностях. Рэлей показал, что частицы, размеры которых малы по сравнению с длиной волны, рассеивают свет более или менее равномерно, причём интенсивность рассеянного света обратно пропорциональна четвертой степени длины световой волны. Из закона Рэля следует, что голубые и фиолетовые лучи рассеиваются сильнее, чем красные. Этим объясняется голубой цвет неба.

САХАРИМЕТР, поляриметр – прибор, предназначенный для определения концентрации сахара в растворах. Устройство прибора основано на явлении вращения плоскости поляризации поляризованного света оптически активными средами. В наиболее простом виде этот прибор представляет собой закрывающуюся крышкой трубу, в которой находится поляризатор и анализатор, а между ними устанавливается оптически активное вещество. При измерениях сначала без исследуемого раствора, анализатор устанавливают на полное затемнение поля зрения. Затем помещают в прибор кювету с раствором и, вращая анализатор, снова добиваются полного затемнения поля зрения. Наименьший из двух углов, на который при этом необходимо повернуть анализатор, и является углом вращения для исследуемого вещества. По величине угла, см. вращение плоскости поляризации, вычисляется концентрация вещества в растворе.

СВЕТ, оптическое излучение – электромагнитное излучение, с длиной волны $10^{-11} - 10^{-2}$ м, связанное с изменением энергетического состояния электронов в атомах и молекулах вещества. В оптическое излучение входит видимое излучение с длиной волны 380 - 760 нм, способное вызывать зрительное ощущение в глазах человека.

СВЕТИМОСТЬ – отношение светового потока, испускаемого светящейся поверхностью, к площади этой поверхности. Единица светимости в СИ - люмен на квадратный метр ($\text{Лм}\cdot\text{м}^{-2}$).

СВЕТОВОЙ ВЕКТОР – вектор напряжённости электрического поля в электромагнитной (световой) волне. В соответствии с опытом установлено, что действие света на глаз и другие приемники определяется только электрическим полем.

СВЕТОВОЙ ПУЧОК – пространственно ограниченное световым излучением удаленного источника света. Ограничение осуществляется помещением на пути света непрозрачного экрана с отверстием - диафрагмой, диаметр которого много больше длины волны света. Если расстояние от экрана до источника много больше диаметра диафрагмы, то выходящий из отверстия пучок света будет практически параллельным.

СВЕТОВОЙ ПОТОК – величина Φ , равная световой энергии dW переносимой через некоторую поверхность в единицу времени: $\Phi = \frac{dW}{dt}$ Единица светового потока в СИ - люмен (Лм).

СВЕТОФИЛЬТР – оптическое приспособление, в котором светопропускающая среда (целлофановая или другая пленка, стеклянная пластинка, слой жидкости, газа и т.д.) обладает избирательным поглощением энергии оптического излучения. Светофильтр прозрачен для тех длин волн, которые он не поглощает, что позволяет, меняя поглощающее вещество светофильтра выделять те или другие длины волн проходящего через него света.

СЕРОЕ ТЕЛО – модель тела, у которого поглощательная способность (коэффициент поглощения) меньше единицы и одинакова для всех длин волн. Тепловое излучение серого тела имеет одинаковый с абсолютно чёрным телом спектральный состав, но отличается от него меньшей энергетической светимостью.

СИЛА СВЕТА – энергетическая характеристика источника света I , равная отношению светового потока $d\Phi$, излучаемого в данном направлении, к телесному углу $d\omega$, в котором он распространяется: $I = \frac{d\Phi}{d\omega}$. Единица силы света в СИ - кандела (кд).

СКОРОСТЬ СВЕТА В ВАКУУМЕ (c) – фундаментальная физическая постоянная, равная скорости распространения электромагнитных волн в вакууме: $c = 2,998 \cdot 10^8$ м/с.

СООТНОШЕНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ – фундаментальное положение квантовой механики, определяющее степень точности, с которой к частице могут быть применены представления классической механики. Согласно этому соотношению частица не может иметь одновременно вполне точные значения, например, координаты x и соответствующей этой координате составляющей импульса p_x , причем неопределенности в значениях этих величин удовлетворяют условию: $\Delta x \Delta p_x \geq \hbar$. Такая запись означает, что произведение неопределенностей координаты (Δx) и соответствующего ей импульса (Δp_x) не может быть меньше приведённой постоянной Планка (\hbar). Чем точнее определена одна из величин, x или p_x , тем больше становится неопределенность другой. Возможны состояния частицы, при которых одна из величин имеет вполне точное значение, но тогда вторая будет совершенно неопределенной. Соотношения, аналогичные выше записанному, справедливы для любой координаты и соответствующего ей импульса, а также для ряда других величин, например, для энергии и времени: $\Delta E \Delta t \geq \hbar$, где ΔE – неопределенность измерения энергии и Δt – неопределенность определения времени пребывания частицы в данном состоянии.

СПЕКТР ВИДИМЫЙ – цветовая полоса, возникающая при разложении белого света, то есть света в видимом диапазоне длин волн. Отдельные цвета этой полосы называются спектральными цветами: красный – оранжевый – желтый – зеленый – голубой – синий – фиолетовый. Смена цвета происходит непрерывно и содержит множество полутонов.

СПЕКТР ИСПУСКАНИЯ (ИЗЛУЧЕНИЯ) – излучение какого-либо вещества, прошедшее через оптический прибор, осуществляющий его разложение в спектр по длинам волн. По виду спектра можно определить присутствие в излучении волн той или иной длины и распределении энергии излучения по длинам волн. Пары и газы при малых давлениях дают линейчатые спектры – состоят из отдельных линий, при более высоких давлениях и сложном строении молекул газа и жидкостей полосатые спектры – состоят из широких полос сложного строения, а нагретые твёрдые тела сплошные спектры, распределение энергии излучения по которым различно для тел разной природы.

СПЕКТР ПОГЛОЩЕНИЯ – возникает, когда вещество поглощает из падающего на него излучения отдельные спек-

тральные линии. При этом получается непрерывный (сплошной) спектр, в котором отсутствуют отдельные спектральные линии. Твёрдые тела и жидкости имеют широкие области поглощения. Газы и пары поглощают только излучение с теми длинами волн, которые они сами излучают. Это так называемые линии поглощения. Как и спектр испускания, спектр поглощения используется при спектральном анализе для определения по виду спектра содержание неизвестных веществ.

СПЕКТРАЛЬНАЯ ПЛОТНОСТЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СВЕТИМОСТИ, излучательность тела – физическая величина

$r_{\nu,T}$, определяемая формулой $r_{\nu,T} = \frac{dW_{\text{изл}}}{d\nu}$, где $dW_{\text{изл}}$ – энергия

электромагнитного излучения, испускаемого при температуре T в единицу времени с единицы площади поверхности тела в интервале частот от ν до $\nu+d\nu$, то есть это мощность излучения с единицы площади поверхности тела в единичном интервале частот. Единица спектральной плотности энергетической светимости в СИ – джоуль на метр в квадрате (Дж м^{-2}).

СПЕКТРАЛЬНЫЕ ЛИНИИ – узкие, почти монохроматические участки в оптических спектрах. В обычных условиях отношение «ширины» $\Delta\nu$ спектральной линии к соответствующей ей частоте ν составляет

$$\frac{\Delta\nu}{\nu} \sim 10^{-8} \div 10^{-3}.$$

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ – физический метод качественного и количественного определения химического состава вещества, основанный на изучении их оптических спектров. Отличается высокой чувствительностью и находит применение в химии, металлургии, астрофизике и т. п. Специальные аппараты, применяемые для изучения спектра различных источников света, называются спектроскопами или спектрофотометрами.

СПИН – квантовомеханическое свойство элементарных частиц, проявляющееся как собственный момент импульса частицы или системы, образованной из этих частиц. Собственный момент импульса не связан с перемещением частицы в пространстве и его величина не зависит от внешних условий. Хотя спин не имеет аналога в классической механике, его часто представляют наглядным образом, связывая с моментом импульса, который имела бы быстро вращающаяся вокруг собственной оси частица. Но для любого допустимого радиуса частицы скорость точек на

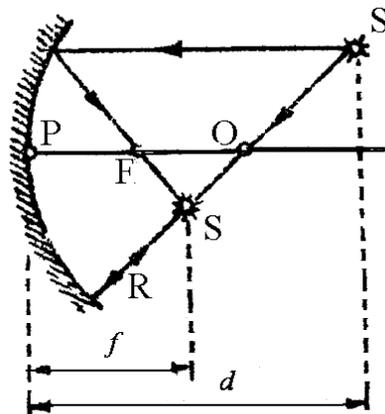
её поверхности, оказывается, должна превышать скорость света, и, следовательно, такая интерпретация неприемлема. Спиновый момент измеряется в единицах \hbar и определяется квантовым числом, которое для каждой частицы является постоянной величиной. Вектор спинового момента импульса частицы имеет только два равных по величине значения проекции (положительное и отрицательное) на направления любой определенной оси или значение равное нулю. Поэтому спин частиц может иметь значения $0, \pm 1/2, \pm 1$. Спиновое квантовое число фотона равно 1, лептонов, барионов и их античастиц – $1/2$, мезонов и их античастиц – 0. Спин является таким же свойством частицы, как её масса и электрический заряд.

СПОНТАННОЕ ДЕЛЕНИЕ – самопроизвольный распад тяжёлого ядра на два ядра с почти одинаковыми массами. Сопровождается выделением энергии, нескольких свободных нейтронов и гамма-излучения.

СПОНТАННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ – самопроизвольное испускание электромагнитного излучения атомом, молекулой или другой квантовой системой в возбужденном состоянии.

СТОЛЕТОВ Александр Григорьевич (1839 – 1896) – основатель русской школы физиков. Работал в области электромагнетизма, оптики, молекулярной физики. Впервые экспериментально установил зависимость магнитной проницаемости ферромагнетика от величины намагничивающего поля. Разработал новые методы магнитных измерений. Исследовал критическое состояние вещества. Имя Столетова по праву стоит в числе первооткрывателей фотоэлектрического эффекта.

СФЕРИЧЕСКОЕ ЗЕРКАЛО – поверхность тела, способная отражать падающий на неё свет и имеющая форму части сферы. Если отражающая поверхность является внутренней стороной сферы, то зеркало называется вогнутым, если внешней – то выпуклым. Центр O сферической поверхности называется оптическим центром зеркала. Точка P , совпадающая с вершиной сферического сегмента, называется полюсом. Прямая, проходящая через оптический центр и полюс зеркала, называется главной оптической осью зер-

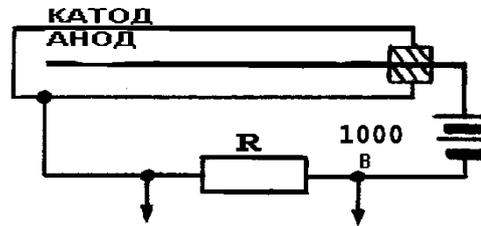


кала. Лучи света, падающие на зеркало параллельно главной оптической оси, после отражения от зеркала пересекаются в точке, которая называется главным фокусом зеркала F . Расстояние от полюса зеркала до фокуса называется фокусным расстоянием. Фокусное расстояние сферического зеркала равно половине радиуса кривизны R сферического сегмента: $F = \frac{R}{2}$. Формула сфе-

рического зеркала $\pm \frac{1}{F} = \pm \frac{1}{d} \pm \frac{1}{f}$ устанавливает связь между

фокусным расстоянием зеркала и расстоянием от предмета до зеркала d и от зеркала до его изображения f . Приведённая формула справедлива как для вогнутого, так и для выпуклого зеркал. Если фокус, предмет и изображение являются действительными, то величины F , d , f положительны и перед ними в формуле ставится знак «+», если мнимые – знак «-».

СЧЁТЧИК ГЕЙГЕРА–МЮЛЛЕРА – счётчик, предназначенный для обнаружения ионизирующих частиц по импульсам анодного напряжения, которые вызывают быстрые заряженные частицы, попадающие в его рабочий объём. Такой счётчик состоит из цилиндрического металлического катода и металлической нити, протянутой по его оси и образующей анод. Счётчик наполнен газом (аргоном) при давлении 5-10 см рт. ст.



Радиоактивная частица, попадая внутрь счётчика, ионизирует газ, что создает кратковременный импульс электрического тока в счётчике вследствие несамостоятельного газового разряда. Импульс тока регистрируется счётным устройством.

ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ – электромагнитное излучение, возникающее за счёт внутренней энергии вещества. Поскольку тепловое движение атомов и молекул вещества имеет хаотичный характер, то их колебания происходят беспорядочно и в окружающее пространство излучаются электромагнитные волны всех длин - образуется сплошной спектр. При невысоких температурах энергия излучения сосредотачивается в области инфракрасных волн, а при повышении - сдвигается в коротковолновую область спектра, на что указывает свечение разогретых тел. Тепловое излучение - единственный вид излучения, который может находиться в равновесии с излучающими телами.

ТЕПЛОВЫЕ НЕЙТРОНЫ – нейтроны, кинетическая энергия которых соответствует энергии теплового движения молекул, находящихся при температурах близких к нормальной. Энергия тепловых нейтронов составляет доли электрон-вольта. Тепловые нейтроны являются непосредственной причиной деления ядер урана и плутония в атомном реакторе.

ТЕРМОЯДЕРНАЯ РЕАКЦИЯ – реакция слияния лёгких атомных ядер в более тяжёлые (реакция синтеза ядер), происходящая при сверхвысоких температурах порядка 10^7 К и выше. В силу того, что атомные ядра имеют положительный заряд, при реакции синтеза они отталкиваются друг от друга. Для того чтобы осуществить эту реакцию необходимо ядрам сообщить кинетическую энергию достаточную для совершения работы по преодолению сил отталкивания, что достигается нагревом вещества до сверхвысоких температур, почему реакция и называется термоядерной. При таких температурах все атомы полностью ионизированы и представляют собой плазму. Термоядерные реакции сопровождаются выделением огромных количеств энергии.

ТЕРМОЯДЕРНАЯ УПРАВЛЯЕМАЯ РЕАКЦИЯ – реакция, ход которой можно регулировать подобно тому, как это делается в атомных реакторах. При термоядерных реакциях освобождается большое количество ядерной энергии. Эта энергия может быть получена лишь после того, когда будут решены проблемы нагревания до огромных температур большого количества лёгких ядер и удержания их в таком состоянии в течение заметных промежутков времени. Заметные успехи в исследованиях управляемого термоядерного синтеза были достигнуты на установках «Токамак» - тороид, камера, магнит. Токамак представляет собой трансформатор, у которого вторичная обмотка имеет всего один виток в виде замкнутой кольцевой камеры. Камеру заполняют веществом, используемым в реакции – водородом при низком давлении. Пропускание тока большой силы по первичной обмотке трансформатора вызывает электрический пробой в заполняющей камере газе. Водород ионизируется, а протекающий через него ток нагревает его до высоких температур. Кольцевой ток под действием магнитных сил стягивается в плазменный шнур, так как параллельные одинаково направленные токи притягиваются. Для изоляции плазменного шнура от стенок камеры используют дополнительное магнитное поле, создаваемое электромагнитом, катушки которого намотаны на внешнюю поверх-

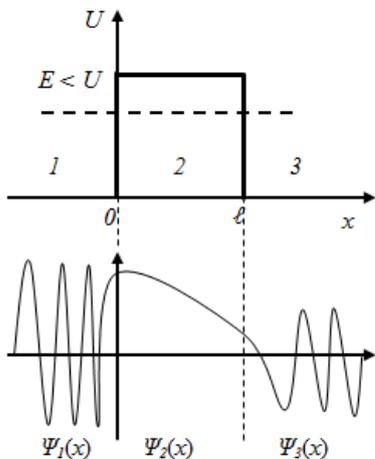
ность тора. Температура, плотность плазмы и время её удержания пока недостаточно велики для осуществления синтеза большого количества лёгких ядер.

ТОЧЕЧНЫЙ ИСТОЧНИК СВЕТА – источник света, размеры которого много меньше расстояний, на которых оценивается его действие, излучающий свет равномерно по всем направлениям.

ТРАНСУРАНОВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ – радиоактивные химические элементы, атомы которых имеют заряд ядра, превышающий 92. В природе найдены ничтожные количества только двух трансурановых элементов – нептуния и плутония. Все остальные получены искусственным путём в ядерных реакторах. Трансурановые элементы – металлы.

ТРЕКИ – следы элементарных частиц, зафиксированные в регистрационных камерах (камере Вильсона, пузырьковой и других камерах), в фотоэмульсиях.

ТУННЕЛЬНЫЙ ЭФФЕКТ – явление прохождения микрочастицы сквозь потенциальный барьер, высота U которого больше полной энергии частицы E . Туннельный эффект обусловлен волновыми свойствами микрочастиц, которые описываются волновыми функциями на основе решения уравнения Шрёдингера. Решение уравнения Шрёдингера показывает, что волновая функция внутри барьера затухает экспоненциально и имеет отличное от нуля значение. Поэтому существует пропорциональная квадрату волновой функции конечная вероятность обнаружить микрочастицу по другую сторону потенциального барьера. Туннельный эффект проявляется при альфа-распаде, автоэлектронной эмиссии и влияет на протекание термоядерных реакций.



лен волновыми свойствами микрочастиц, которые описываются волновыми функциями на основе решения уравнения Шрёдингера. Решение уравнения Шрёдингера показывает, что волновая функция внутри барьера затухает экспоненциально и имеет отличное от нуля значение. Поэтому существует пропорциональная квадрату волновой функции конечная вероятность обнаружить микрочастицу по другую сторону потенциального барьера.

Туннельный эффект проявляется при альфа-распаде, автоэлектронной эмиссии и влияет на протекание термоядерных реакций.

УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ – невидимые лучи, занимающие в коротковолновой части спектра интервал длин волн от $4 \cdot 10^{-7}$ до $5 \cdot 10^{-9}$ м. Ультрафиолетовое излучение вызывает у многих веществ фотоэффект, люминесценцию и обладает биологической активностью.

УРАВНЕНИЕ ШРЕДИНГЕРА – основное уравнение квантовой механики. Как и уравнение движения Ньютона, лежа-

щее в основе классической механики и поэтому не выводимое, уравнение Шредингера постулируется. Справедливость уравнения Шредингера доказывается тем, что выводы квантовой механики, полученные с помощью этого уравнения в атомной и ядерной физике, находятся в хорошем согласовании с опытом. Уравнение Шредингера для стационарных (не зависящих от времени)

состояний имеет вид $\Delta\Psi + \frac{2m}{\hbar}(E - U) = 0$. Здесь Ψ - волновая

функция, m - масса частицы, E - полная энергия частицы, U - потенциальная энергия частицы, \hbar - постоянная Планка,

$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ - оператор Лапласа.

УРАВНЕНИЕ ЭЙНШТЕЙНА ДЛЯ ВНЕШНЕГО ФОТОЭФФЕКТА – формула, описывающая особенности фотоэффекта на основе квантовых представлений о природе излучения.

Согласно этим представлениям свет поглощается веществом не непрерывно, а в виде дискретных порций – квантов электромагнитного излучения. Световой поток определяется числом квантов, падающих на поверхность катода в единицу времени, поэтому число освобождаемых электронов должно быть пропорционально световому потоку. Энергия поглощённого кванта $h\nu$ (h - постоянная Планка) целиком передаётся электрону. Она расходуется на совершение работы выхода A электрона из металла и со-

общение ему кинетической энергии $\frac{mv^2}{2}$, где m и v - масса и скорость электрона.

Если электрон не тратит энергии на неупругие столкновения в металле, то его максимальная кинетическая энергия по выходе из металла определится на основе закона сохранения энергии:

$\frac{mv^2}{2} = h\nu - A$. Это равенство и называется уравнением Эйнштейна для внешнего фотоэффекта. Оно объясняет красную границу фотоэффекта, наличие которой невозможно объяснить на основе волновых представлений о свете.

УСКОРИТЕЛИ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ – установки для получения направленных пучков электронов, протонов, альфа-частиц и легких атомных ядер с энергией от сотен кэВ до сотен ГэВ. Используются в ядерной физике и физике высоких энергий для исследования характера различных взаимодействий и

структуры микрочастиц, а также в промышленности (получении изотопов, дефектоскопия, стерилизация пищевых продуктов) и медицине. К ускорителям заряженных частиц относятся: бетатрон, синхротрон, синхрофазотрон, циклотрон.

ФЕРМИОНЫ – элементарные частицы, имеющие полуцелый спин. Фермионы подчиняются принципу Паули. К ним относятся электроны, нейтрино, нуклоны и атомы, содержащие нечетное количество частиц.

ФОНОН – квант энергии упругих волн в кристаллах, связанных с тепловыми колебаниями атомов в узлах кристаллической решётки. Их представляют квазичастицами, которые возникают и существуют только в среде и проявляют себя как переносчики тепловой энергии из одного места среды в другое. Фононы рассматривают, как фононный газ подобный идеальному газу, что позволяет описать тепловые свойства твёрдых тел.

ФОТОМЕТР – прибор, предназначенный для измерения силы света и световых потоков разных источников. Устройство фотометра основано на сравнении освещенности, создаваемой эталонным источником, с исследуемой освещенностью. По принципу регистрации фотометры бывают двух типов: субъективные визуальные и объективные.

ФОТОН – стабильная элементарная частица электромагнитного поля, относящаяся к бозонам. Он имеет электрический заряд равный 0 и спин равный 1. Фотон обладает нулевой массой и движется со скоростью света. Движущийся фотон обладает импульсом $p = \frac{h\nu}{c}$ и энергией $\varepsilon = h\nu = pc$. Здесь ν - частота вол-

ны, h - постоянная Планка, c - скорость света в вакууме. Поскольку фотоны не имеют заряда, то у них нет античастиц. Любое электромагнитное поле можно рассматривать как совокупность фотонов. Взаимодействие фотонов с имеющими электрический или магнитный заряд частицами определяет его вид взаимодействия - электромагнитное взаимодействий. Обозначается фотон символом γ .

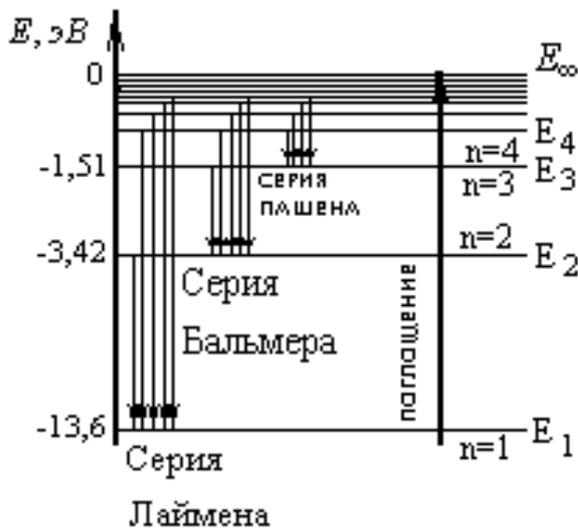
ФОТОЭФФЕКТ – явление испускания атомами и молекулами вещества электронов под действием света. Если электроны выходят за пределы освещаемого вещества, то фотоэффект называется внешним. Внешний фотоэффект наблюдается у металлов. Если электроны теряют связь со своими атомами и молекулами, но остаются внутри освещаемого вещества, то фотоэффект назы-

вают внутренним. Внутренний фотоэффект наблюдается у некоторых полупроводников и в меньшей мере у диэлектриков. Явление внешнего и внутреннего фотоэффекта используется в технике. Приборы, действие которых основано на явлении фотоэффекта, называются фотоэлементами.

ФОРМУЛА БАЛЬМЕРА-РИДБЕРГА – формула определяет распределение всех линий спектра атомарного водорода:

$$\nu = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right), \text{ где } \nu - \text{ частота, } R = 3,29 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1} - \text{ постоянная}$$

Ридберга, $n \geq m + 1$, $m = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ - ряд целых чисел. Группа линий, отвечающих определенному значению m , называется спектральной серией. При $m = 1$ получается ультрафиолетовая серия Лаймана, при $m = 2$ - видимая серия Бальмера, при $m = 3$ - инфракрасная серия Пашена и т.д. Первой была обнаружена и



изучена серия линий атомного водорода в видимой области – серия Бальмера. Частоты, соответствующие линиям этой серии, выражаются формулой

$$\nu = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right), \text{ где } n = 3,$$

4, 5, ... Каждому значению n соответствует одна линия серии. Позднее были обнаружены серии линий и в

других областях спектра атомарного водорода. Согласно второму постулату Бора и формуле Бальмера–Ридберга, энергию атома водорода в стационарном состоянии можно представить выраже-

$$\text{нием } E_n = -\frac{Rhc}{n^2}, \text{ где } n \text{ целое число, определяющее энергию}$$

атома, называется главным квантовым числом. Каждому значению целого числа n соответствует своё значение энергии E_n . С возрастанием n энергия атома увеличивается. Состояние атома с минимальным значением энергии E_1 , соответствующим $n = 1$, называется основным, а состояния, в которых энергия E_n соответствует значением $n > 1$ - возбужденными. Совокупность значений энергии E_1, E_2, E_3, \dots атома можно представить системой

энергетических уравнений. Уровни расположены неравномерно: по мере увеличения n они сгущаются. Атом испускает фотон, переходя с более высокого энергетического уровня на ниже расположенный уровень. Переход на более высокий уровень соответствует поглощению фотона. На диаграмме показаны расположения энергетических уровней атома водорода и переходы, связанные с испусканием (по сериям спектральных линий). Группа переходов на основной уровень ($E_2 \rightarrow E_1, E_3 \rightarrow E_1, \dots, E_\infty \rightarrow E_1$) дает излучение, соответствующее линиям серии Лаймана. Серия Бальмера возникает при переходах на уровень, для которого $n = 2$ ($E_3 \rightarrow E_2, E_4 \rightarrow E_2, \dots, E_\infty \rightarrow E_2$), а серия Пашена - при переходе на уровень с $n = 3$ ($E_4 \rightarrow E_3, E_5 \rightarrow E_3, \dots, E_\infty \rightarrow E_3$) и т.д. На диаграмме энергетических уровней эти переходы изображаются вертикальными стрелками.

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ – взаимодействия, обуславливающее движение и строение всех материальных физических объектов. В физике известны четыре типа взаимодействий: сильное взаимодействие, электромагнитное взаимодействие, слабое взаимодействие, гравитационное взаимодействие. Сильные взаимодействия действуют на расстоянии 10^{-15} м между нуклонами ядра. Этот тип взаимодействия приводит также к взаимным превращениям элементарных частиц. Электромагнитное взаимодействие, требующее наличия электрических зарядов, проявляется в макро- и микромире. При контактах макроскопических тел заряды одного тела оказываются вблизи от зарядов другого, что вызывает электромагнитные силы. Электромагнитным взаимодействием обусловлены многие излучения - видимый свет, тепловое излучение и т.д. В микромире, в области от 10^{-8} до 10^{-15} м, основное значение имеет электромагнитное взаимодействие. Электромагнитные взаимодействия приводят в микромире к связанным состояниям элементарных частиц и их системам. Этот тип взаимодействия объединяет электроны и ядро в атом, атомы в молекулы, а молекулы - в кристалл. Слабое взаимодействие проявляется в микромире, начиная с расстояния 10^{-13} м (процессы β - распада или превращения нейтрона в протон). Сильные и слабые взаимодействия обуславливают строение и свойства ядер и элементарных частиц. Гравитационное взаимодействие является самым универсальным. Этот вид взаимодействия характерен и для макрообъектов, и для всех эле-

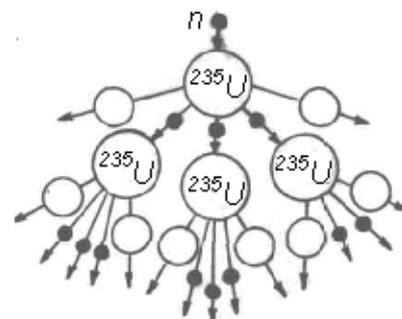
ментарных частиц. Интенсивность взаимодействий принято характеризовать константой взаимодействия.

ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОЕ РЕНТГЕНОВСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ – рентгеновское излучение атомов, когда при ионизации глубоко лежащей оболочки атома высокоэнергетическим воздействием на неё переходит электрон с одного из вышерасположенных слоев. При этом в спектре рентгеновского излучения появляются резкие максимумы, длины волн которых характерны для данного атома.

ЦВЕТ – свойство тел вызывать определенное зрительное ощущение в соответствии со спектральным составом и интенсивностью отражаемого или испускаемого ими видимого света. Цветовое восприятие субъективно, так как зависит от индивидуальных свойств глаза.

ЦВЕТОВАЯ ТЕМПЕРАТУРА – температура $T_{Ц}$, за которую принимается температура абсолютно чёрного тела, длина волны максимума функции распределения спектральной плотности энергетической светимости которого совпадает с длиной волны λ_{\max} максимума спектра излучения рассматриваемого тела, если распределение энергии в спектре излучения этого тела близко к распределению энергии в спектре излучения абсолютно чёрного тела. Тогда, согласно закону Вина, $T_{Ц} = \frac{b}{\lambda_{\max}}$, где b - постоянная Вина.

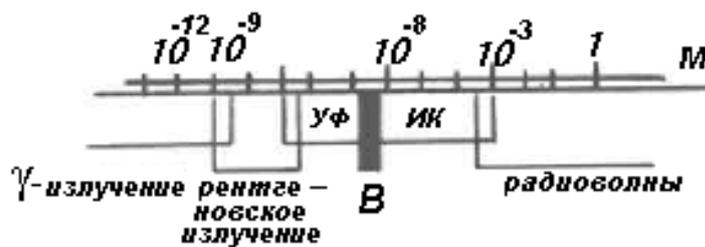
ЦЕПНАЯ ЯДЕРНАЯ РЕАКЦИЯ – реакция деления тяжёлых ядер нейтронами, в результате которой число нейтронов возрастает и поэтому может возникнуть самоподдерживающийся процесс деления. Деление ядер в основном вызывают тепловые нейтроны. Цепные ядерные реакции сопровождаются выделением большого количества энергии (примерно 200 МэВ на каждое делящееся ядро урана или плутония). Делиться могут ядра всех химических элементов, находящихся в конце Периодической таблицы элементов Менделеева, но только у ${}_{92}^{233}\text{U}$, ${}_{92}^{235}\text{U}$, ${}_{94}^{239}\text{Pu}$ (ядерное горючее) освобождается такое число нейтронов, которое достаточно для поддержания цепной реакции. Цепная ядерная



реакция лежит в основе работы ядерного реактора, а также действия ядерного (атомного) - оружия.

ЧАСТИЧНО ПОЛЯРИЗОВАННЫЙ СВЕТ – свет, имеющий преимущественное, но не единственное, направление колебаний светового вектора.

ШКАЛА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН – представляет собой отложенные на прямой в логарифмическом масштабе длины электромагнитных волн. Шкала позволяет проанализировать внутреннюю взаимосвязь и специфические особенности электромагнитных волн. Из шкалы видно, что, во-первых, участ



ток видимого излучения очень узок, и, во-вторых, диапазоны волн разных типов перекрывают друг друга. Последнее обстоятельство совершенно есте

ственно, так как нельзя провести резкой границы между разными видами излучения ввиду общности их свойств, особенно в пограничных областях. Совокупность диапазонов ультрафиолетового (УФ), видимого (В) и инфракрасного (ИК) излучений образуют оптический диапазон длин волн.

ЭКСПОЗИЦИОННАЯ ДОЗА – характеристика ионизирующей способности рентгеновского и гамма-излучения, равная отношению суммарного заряда всех ионов одного знака, созданных в некотором объёме воздуха ионизирующим излучением, к массе воздуха в этом объёме. Экспозиционная доза выражается в внесистемной единице – рентген. Единица экспозиционной дозы в СИ – кулонах на килограмм ($\text{Кл} \cdot \text{кг}^{-1}$).

ЭКВИВАЛЕНТНАЯ ДОЗА – характеристика, учитывающая биологические последствия ионизирующего излучения. Она равна произведению поглощенной дозы на коэффициент качества излучения. Единица эквивалентной дозы в СИ – зиверт.

ЭЛЕКТРОН – стабильная, элементарная частица, с массой $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$ кг и отрицательным зарядом равным элементарному заряду $q_e = 1,60 \cdot 10^{-19}$ Кл. Спин электрона полуцелый $1/2$. Электроны образуют электронную оболочку атомов, а также возникают при превращениях элементарных частиц и распаде ядер-

ных радиоактивных атомов. В последнем случае их называют бета-частицами. Электрон обозначается символом e^- или ${}_{-1}^0e$.

ЭЛЕКТРОН-ВОЛЬТ (эВ) – внесистемная единица энергии, используемая в атомной и ядерной физике. 1 эВ равен энергии, которую приобретает электрон, проходя разность потенциалов в 1 В: $1 \text{ эВ} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$.

ЭЛЕКТРОННАЯ ОБОЛОЧКА АТОМА – совокупность электронов, движущихся по орбитам вокруг ядра. Электроны в атоме могут двигаться не по любым орбитам, так как дискретность энергетических уровней накладывает ограничение на возможные орбиты электрона. Разрешенные орбиты электрона являются устойчивыми. Они определяются постулатами Бора и называются стационарными орбитами.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СВЕТИМОСТЬ, интегральная излучательность – физическая величина $R_{\mathcal{O}}$, численно равная полной мощности теплового излучения с единицы поверхности тела

во всем интервале частот от 0 до ∞ : $R_{\mathcal{O}} = \int_0^{\infty} r_{\nu, T} d\nu$, где $r_{\nu, T}$ –

спектральная плотность энергетической светимости. Единица $R_{\mathcal{O}}$ в СИ – ватт на метр в квадрате ($\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2}$).

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ (КВАНТОВЫЕ) УРОВНИ АТОМА – внутренняя энергия атома может изменяться только квантованным (дискретным) путём, точно определёнными порциями, и никаких промежуточных значений энергии атом принимать не может. Эти возможные значения энергии называются энергетическими или квантовыми уровнями энергии атома. См. формула Бальмера-Ридберга. Набор всевозможных значений энергий данного атома представляют с помощью диаграммы энергетических уровней.

ЭЛЕКТРОННАЯ ОБОЛОЧКА – совокупность электронов в многоэлектронном атоме, имеющих одинаковое главное квантовое число n . В каждой оболочке электроны распределяются по подоболочкам, соответствующим орбитальному квантовому числу l .

ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ – структурные элементы материи. Элементарные частицы на самом деле не элементарны, они имеют структуру и могут превращаться в другие частицы.

Все элементарные частицы, за исключением фотона, разделяют на две основные группы – лептоны и адроны, которые в

свою очередь подразделяются на барионы и мезоны. Адроны состоят из более элементарных частиц, так называемых кварков. К лептонам относятся - электрон (e^-), мюон (μ^-), таон (τ^-), нейтрино (ν_e - электронное, ν_μ - мюонное, ν_τ - таонное). К барионам относятся - протон (p), нейтрон (n), гипероны (Λ - лямбда, Σ - сигма, Ξ - кси, Ω - омега), а к мезонам - пионы (π), каоны (K) и эта-мезон (η^0). Все элементарные частицы имеют свои античастицы, хотя в некоторых случаях античастица совпадает самой частицей. Античастица обозначается тем же символом, что и частица, но с добавлением тильды.

Элементарные частицы идентифицируются с помощью соответствующих им наборов квантовых чисел, для которых в реакциях взаимопревращений элементарных частиц выполняются законы сохранения. К таким законам сохранения квантовых чисел относятся законы сохранения спина, электрического заряда, лептонного заряда, барионного заряда.

Спин s измеряется в единицах \hbar и определяет собственный момент импульса частицы. Спин частиц может иметь значения 0 , $\pm 1/2$, ± 1 . Закон сохранения спинового момента импульса приводит к правилу: если арифметическая сумма спинов частиц в начальном состоянии равна целому (полуцелому) числу, то это же должно быть справедливо и для частиц в конечном состоянии.

Электрический заряд частиц q измеряется в единицах элементарного заряда и у большинства наблюдаемых частиц по модулю равен 0 или 1 . Нулевой заряд имеют фотон (γ), нейтрино (ν_e, ν_μ, ν_τ), π^0 -, K^0 -, η^0 - мезоны, нейтрон (n), Λ^0 -, Σ^0 -, Ξ^0 - гипероны. Античастицы имеют противоположный своим частицам электрический заряд. Закон сохранения электрического заряда: суммарный электрический заряд частиц в результате реакции не изменяется.

Лептонный заряд для лептонов $L = +1$, антилептонов $L = -1$, для всех остальных частиц $L = 0$. Такое введение этого квантового числа позволяет сформулировать закон сохранения лептонного заряда: в реакциях с частицами суммарный лептонный заряд не изменяется. Этот закон сохранения должен выполняться независимо для электронного лептонного заряда L_e у частиц e^- , ν_e и их античастиц e^+ , $\tilde{\nu}_e$, для мюонного заряда L_μ - у частиц μ^- , μ^+ ,

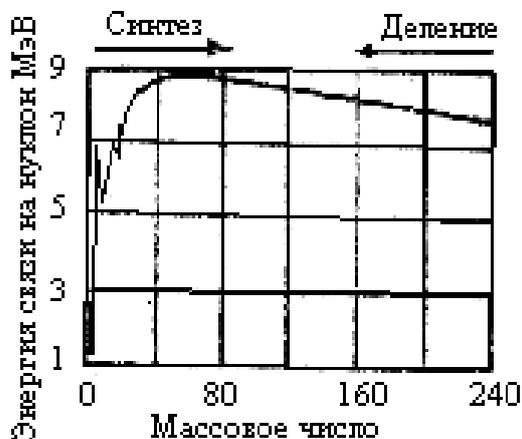
$\nu_\mu, \tilde{\nu}_\mu$, для таонного лептонного заряда L_τ - у частиц $\tau^-, \tilde{\tau}^-, \nu_\tau, \tilde{\nu}_\tau$.

Барионный заряд по определению для барионов $B = +1$, антибарионов $B = -1$, для всех остальных частиц $B = 0$. Введение барионного заряда позволяет сформулировать закон его сохранения: в реакциях с частицами суммарный барионный заряд не изменяется.

Эксперименты с элементарными частицами показывают, что с частицами может происходить любая реакция, не запрещенная каким-либо из законов сохранения. Общее свойство элементарных частиц – взаимопревращаемость. При этом образующиеся частицы не входят в состав исходных частиц, а возникают в процессе их взаимодействия или распада, что свидетельствует о сложности элементарных частиц, о неисчерпаемости их свойств.

ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗАРЯД – фундаментальная постоянная, характеризующая минимальный отрицательный и положительный заряд, существующий в природе. Элементарный заряд является одной из характеристик элементарных частиц. Наименьшей по массе стабильной частицей, обладающей элементарным электрическим зарядом, является электроном. Все элементарные частицы либо нейтральны, либо имеют тот же по величине элементарный заряд, что и электрон - либо положительный, либо отрицательный, кроме некоторых резонансов с зарядом, кратным элементарному заряду. В природе частицы с дробным элементарным зарядом в свободном состоянии не наблюдаются.

ЭНЕРГИЯ СВЯЗИ ЯДРА – энергия, необходимая для разделения ядра на отдельные протоны и нейтроны и удаления их



друг от друга на такие расстояния, когда они не взаимодействуют. Из закона сохранения энергии следует, что эта энергия равна той энергии, которая должна выделиться при образовании ядра из нуклонов. Значение энергии связи определяет прочность ядра. У различных ядер энергия связи имеет разное значение. Она возрастает с чис-

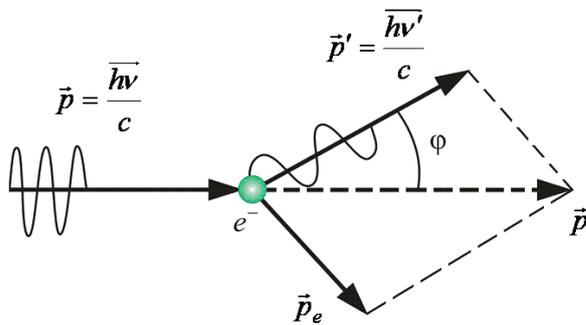
лом нуклонов, то есть с массовым числом. Поэтому в качестве характеристики прочности ядра используют энергию связи, приходящуюся на один нуклон. Наибольшей энергией связи на нуклон обладают ядра со средними массовыми числами. График изменения энергии связи на нуклон в зависимости от массового числа позволяет оценить энергию ядерных превращений. В начале Периодической таблицы элементов, где энергия связи на нуклон возрастает с массовым числом, слияние легких ядер в более тяжёлые (ядерный синтез) связаны с выделением энергии, которая особенно велика при образовании атомных ядер ${}^4_2\text{He}$. Для ядер, расположенных по другую сторону от максимума кривой удельной энергии связи и особенно относящихся к концу Периодической таблицы элементов, выделение энергии сопровождается расщеплением ядер (вследствие уменьшения энергии связи на нуклон). Таким образом, для получения ядерной энергии (энергии связи атомного ядра) необходимо использовать либо ядерный синтез элементов, находящихся в начале периодической таблицы, либо ядерное расщепление элементов, стоящих в её конце.

ЭФФЕКТ ДОПЛЕРА в оптике – несовпадение частот испускаемых и принимаемых электромагнитных волн, вызванное движением источника и приёмника излучения относительно друг друга. Если источник приближается к приёмнику, то спектральные линии излучения или поглощения в спектре источника смещены относительно нормального положения в спектре источника к фиолетовому концу спектра, если удаляется - к красному. При частоте ν_0 спектральной линии в спектре источника света, неподвижного относительно приёмника, частота ν той же линии в спектре источника, движущегося относительно приёмника со скоростью v под углом α между направлением движения источника и направлением от приёмника к источнику, равна

$$\nu = \frac{\nu_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{1 - \frac{v}{c} \cos \alpha}, \text{ где } c - \text{ скорость света в вакууме.}$$

ЭФФЕКТ КОМПТОНА – регистрация рассеянного веществом излучения с длиной волны большей, чем длина волны падающего излучения. Явление наблюдается при рассеянии веществом рентгеновского или гамма-излучения. При встрече рентгеновского или γ -излучения с веществом возникает рассеянное из-

лучение двух видов: одно – с частотой первоначального излучения ν , другое – с меньшей частотой ν' , причём уменьшение частоты тем значительнее, чем больше угол φ между направлениями рассеянного и падающего излучения. Эффект Комптона можно объяснить, если принять, что фотоны являются частицами с им-



пульсом $\vec{p} = \frac{\hbar \vec{\nu}}{c}$ (h - постоянная Планка, c - скорость света в вакууме), которые сталкиваются со слабо связанными электронами атомов по правилам упругих соударений. При соударениях сумма энергий и сумма

импульсов остаются неизменными. Одновременно с комптоновским рассеянием фотоном с импульсом $\vec{p}' = \frac{\hbar \nu'}{c}$ из атомов ис-

пускается электрон с импульсом \vec{p}_e , энергия которого равна энергии, потерянной γ -фотоном и зависит от угла рассеяния электронов (β -частиц). Изменение длины волны рассеянного фотона определится выражением $\Delta\lambda = \frac{c}{\nu'} - \frac{c}{\nu} = 2 \frac{h}{m_e c} \sin^2 \frac{\varphi}{2}$, где m_e -

масса электрона; h - постоянная Планка; c - скорость света в вакууме. Эффект Комптона служит доказательством того, что фотоны действительно являются материальными частицами, обладающими массой и импульсом, которые могут взаимодействовать с другими частицами в соответствии с законами механики.

ЭФФЕКТ МЁССБАУЭРА – резонансное испускание и поглощение гамма-квантов атомными ядрами в твёрдом теле, при котором линии испускания и поглощения в спектрах совпадают. В этом случае кинетическая энергия ядра не изменяется, а энергия гамма-кванта оказывается равной энергии квантового излучательного перехода в интервале $10^{-5} - 10^{-10}$ эВ.

ЭФФЕКТ ЧЕРЕНКОВА-ВАВИЛОВА – свечение, появляющееся в некоторых веществах, когда через них пролетает частица, движущаяся со скоростью, превышающей скорость распространения света в данном веществе. Наблюдаемое излучение распространяется в виде конуса, ось которого совпадает с направлением движения частиц. Величина угла при вершине конуса стро-

го зависит от скорости движения частицы и коэффициента преломления вещества для определенной длины волны излучаемого света. Благодаря этому стало возможным применить данное явление в приборах для высокой точности измерения скорости и направления полета быстрых, заряженных частиц, так как яркость излучения возрастает с увеличением скорости возбуждающей его частицы и прямо пропорционально квадрату её электрического заряда.

ЯВЛЕНИЕ ЗЕЕМАНА – расщепление энергетических уровней атома, молекул и кристаллов во внешнем магнитном поле. Приводит к расщеплению спектральных линий в спектрах испускания или поглощения веществ, помещенных в магнитное поле. Явление Зеемана используется при исследовании структуры вещества, для определения напряженностей магнитных полей Солнца и звезд.

ЯВЛЕНИЕ КЕРРА – возникновение двойного лучепреломления в некоторых оптически изотропных веществах при нахождении их в однородном электрическом поле. Явление используется для высокочастотной модуляции света и в быстродействующих оптических затворах, дающих экспозицию до 10^{-8} с.

ЯДЕРНАЯ РЕАКЦИЯ – превращение атомных ядер, происходящее в результате их взаимодействия с элементарными частицами или друг с другом. Как правило, в ядерных реакциях участвуют два ядра и две частицы. Одна пара ядро-частица является исходной, другая пара – конечной. Наиболее простые ядерные реакции протекают по следующей схеме. Ядро-мишень захватывает бомбардирующую частицу, поглощает её энергию и переходит на более высокий энергетический уровень. После захвата частицы ядро становится не устойчивым и из этого состояния переходит в устойчивое состояние путем радиоактивного распада – испускания другой частицы и превращения в новое ядро. Символически ядерная реакция записывается в виде: $A + a \rightarrow B + b$ или $A(a,b)B$, где A и B – исходное и конечное ядра, a и b – исходная и конечная частицы в реакции. В ряде случаев ядерная реакция может происходить и по другой схеме. Под действием бомбардирующих частиц в ядре могут происходить сложные процессы, приводящие к его возбуждению, вылету одного или нескольких нейтронов, иногда к полному разрушению ядра. Однако в любом случае при протекании ядерной реакции выполняются законы сохранения электрического заряда, полного числа

нуклонов, энергии, импульса и еще целого ряда характерных для ядра величин.

ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА – раздел физики изучающий структуру атомных ядер и их превращения.

ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА – область современной техники, основанная на преобразование ядерной энергии в другие виды энергии (тепловую, механическую, электрическую) и использовании её для промышленных целей. Существует две возможности освобождения ядерной энергии в другие виды энергии и, соответственно, два главных направления ядерной энергетики: ядерная энергетика деления, основанная на делении тяжёлых ядер нейтронами, и ядерная энергетика синтеза, основанная на синтезе легких ядер, происходящем при высоких температурах (порядка 10^8 К). Ядерная энергия способна обеспечить длительное развитие человечества без ограничений со стороны топливных ресурсов.

ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГИЯ – внутренняя энергия атомного ядра, связанного с движением и взаимодействием образующих ядро нуклонов. Возможны два способа получения ядерной энергии: осуществление цепной ядерной реакции деления тяжёлых ядер или термоядерной реакции синтеза легких ядер.

ЯДЕРНОЕ ГОРЮЧЕЕ – вещества, с помощью которых можно осуществить, цепную ядерную реакцию. Природное ядерное горючее - изотоп урана ${}_{92}^{235}\text{U}$, вторичное ядерное горючее - искусственно получаемые в ядерном реакторе изотоп плутония ${}_{94}^{239}\text{Pu}$ и изотоп урана ${}_{92}^{233}\text{U}$.

ЯДЕРНЫЕ СИЛЫ – силы, определяющие взаимодействие нуклонов в ядре. Ядерные силы обладают рядом отличительных свойств: 1) они являются силами притяжения; 2) это короткодействующие силы - велики при ничтожно малом расстоянии между нуклонами, но резко уменьшаются с увеличением этого расстояния и уже исчезают при расстоянии порядка 10^{-15} м; 3) ядерные силы обладают свойством зарядовой независимости - сила притяжения между двумя протонами точно равна силе притяжения двух нейтронов или протона и нейтрона, следовательно, они не могут быть сведены ни к кулоновским, ни к магнитным, ни к гравитационным силам; 4) ядерные силы обладают свойством насыщения - каждый нуклон в ядре взаимодействует только с ограниченным числом соседних нуклонов. Ядерные силы возникают

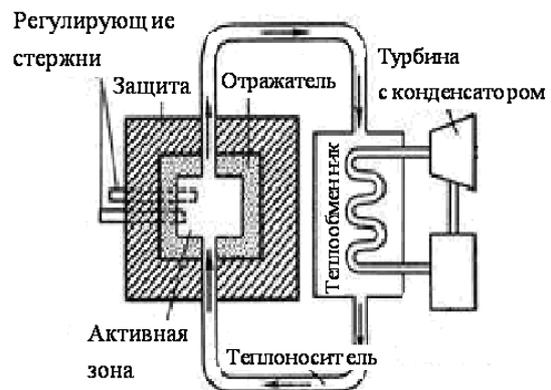
в процессе непрерывного обмена π -мезонами между нуклонами. Процесс обмена происходит по схеме $p + n \leftrightarrow \overline{n} + \pi + n \leftrightarrow n + p$, в момент, когда один нуклон испускает π -мезон, а другой его поглощает, и возникают силы притяжения между этими нуклонами.

ЯДЕРНЫЙ ВЗРЫВ – быстрое выделение огромного количества энергии в результате цепной ядерной реакции или термоядерной реакции.

ЯДЕРНЫЙ ЗАРЯД, барионный заряд – квантовое число, характеризующее закон сохранения барионов. Если принять, что барионный заряд всех барионов равен $+1$, барионный заряд всех антибарионов равен -1 , а барионный заряд остальных элементарных частиц равен 0 , то оказывается, что целый ряд закономерностей, характеризующих реакции рождения, взаимодействия и распада барионов, будут объясняться законом сохранения барионного заряда, согласно которому барионный заряд любой изолированной системы является постоянной величиной.

ЯДЕРНЫЙ РЕАКТОР – техническое устройство, в котором поддерживается управляемая цепная реакция деления ядер.

Основные элементы каждого ядерного реактора независимо от его назначения и конструкции: активная зона, где находится ядерное топливо и замедлитель нейтронов (графит, тяжёлая вода) и где происходит реакция; отражатель, окружающий активную зону и задерживающий нейтроны, чтобы повысить коэффициент размножения; биологическая защита, расположенная за отражателем и задерживающая γ -излучение; устройство для регулирования хода цепной реакции, включающее сильно поглощающие нейтроны элементы – обычно это стержни из сплава кадмия; теплоноситель и теплообменник, отводящие тепло к тепловой турбине и электрогенераторам. Из существующих источников энергии ядерные реакторы наиболее перспективны по запасам горючего.



ЯДРО АТОМА – часть атома ничтожно малых размеров, в которой сосредоточен весь положительный заряд и почти вся масса атома. Все атомные ядра состоят из элементарных частиц – протонов и нейтронов. Заряд ядра равен Ze , где e – заряд протона,

Z – зарядовое число, равное порядковому номеру химического элемента в Периодической таблице элементов Менделеева. Число нуклонов в ядре характеризуется массовым числом A . Ядро химического элемента обозначается A_ZX , где X – символ химического элемента. Размер ядра характеризуется радиусом ядра. Эмпирически установлено, что радиусы ядер с достаточно хорошей точностью определяются соотношением $r \approx (1,3 \div 1,7) \sqrt[3]{A} \cdot 10^{-15}$ м. Плотность ядерного вещества составляет по порядку величины 10^{17} кг·м⁻³ и постоянна для всех ядер. Ядро атома имеет собственный импульс – спин ядра и магнитный момент ядра, определяемый собственными магнитными моментами ядерных частиц.

ЯРКОСТНАЯ ТЕМПЕРАТУРА – температура абсолютно чёрного тела, при которой спектральная плотность энергетической светимости для определенной длины волны (обычно 660 нм) равна спектральной плотности энергетической светимости рассматриваемого тела. Яркостную температуру можно определить с помощью пирометра с исчезающей нитью. Истинная температура тела будет больше яркостной, определяемой пирометром.

ЯРКОСТЬ – мера излучения светящейся или отражающейся поверхности, характеризующая излучение поверхности в данном направлении. Если наблюдение ведется под углом φ к поверхности площадью S , то яркость B определяется выражением:

ем: $B = \frac{I}{S \cos \varphi}$, где I – сила света. Если яркость не зависит от

направления, то поверхность называется идеально рассеивающей. Суммарная яркость по всем направлениям равна светимости. Наименьшая яркость, воспринимаемая глазом, составляет 10^{-6} кд·м⁻², а наибольшая, вызывающая болезненные ощущения, – 10^5 кд·м⁻². Единица яркости в СИ – кандела на метр в квадрате (кд·м⁻²).

ПРИЛОЖЕНИЯ

Основные физические постоянные (округленные значения)

Гравитационная постоянная	$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 / (\text{кг} \cdot \text{с}^2)$
Комптоновская длина волны электрона	$\lambda_e = 2,43 \cdot 10^{-12} \text{ м}$
Магнитная постоянная	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн} / \text{м}$
Масса изотопа ^1_1H	$m_{\text{H}} = 1,6736 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Масса нейтрона	$m_{\text{n}} = 1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Масса протона	$m_{\text{p}} = 1,672 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Масса электрона	$m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
Молярная газовая постоянная	$M = 8,31 \text{ Дж} / (\text{моль} \cdot \text{К})$
Постоянная (число) Авогадро	$N_{\text{A}} = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж} / \text{К}$
Постоянная Вина	$b = 2,90 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$
Постоянная Планка	$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
Постоянная Ридберга	$R_{\infty} = 1,097 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$
Постоянная Стефана- Больцмана	$\sigma = 5,67 \cdot 10^8 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$
Постоянная Фарадея	$F = 9,65 \cdot 10^4 \text{ Кл} / \text{моль}$
Скорость света в вакууме	$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ м} / \text{с}$
Ускорение свободного падения (стандартное)	$g = 9,81 \text{ м} / \text{с}^2$
Электрическая постоянная	$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф} / \text{м}$
Элементарный заряд	$e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$

Буквы греческого алфавита

Α α	альфа	Ι ι	йота	Ρ ρ	ро
Β β	бета	Κ κ	каппа	Σ σ	сигма
Γ γ	гамма	Λ λ	лямбда	Τ τ	тау
Δ δ	дельта	Μ μ	мю	Υ υ	ипсилон
Ε ε	эпсилон	Ν ν	ню	Φ φ	фи
Ζ ζ	дзета	Ξ ξ	кси	Χ χ	хи
Η η	эта	Ο ο	омикрон	Ψ ψ	пси
Θ θ	тета	Π π	пи	Ω ω	омега

Внесистемные единицы

Физическая величина	Единица		
	Наименование	Обозначение	Размер единицы в СИ
Время	минута	мин	60 с
	час	ч	3600 с
	сутки	сут	86400 с
Давление	атмосфера физическая	атм	$1,01 \cdot 10^5$ Па = = 760 мм рт. ст.
	миллиметр ртутного столба	мм рт.ст.	133,322 Па
Масса	атомная единица массы	а.е.м.	$1,66057 \cdot 10^{-27}$ кг (точно)
	грамм	г	10^{-3} кг
	тонна	т	10^3 кг
Мощность	лошадиная сила	л.с.	735,32 Вт
Объем	литр	л	10^{-3} м ³
Оптическая сила	диоптрия	дптр	1 м ⁻¹
Плоский угол	градус	...°	$1,745329 \cdot 10^{-2}$ рад
	минута	...'	$2,908882 \cdot 10^{-4}$ рад
	секунда	...''	$4,848137 \cdot 10^{-6}$ рад
Площадь	гектар	га	10^4 м ²
Температура	градус Цельсия	°С	определяется выражением $t = T - T_0$, где T – температура Кельвина, $T_0 = 273,15$ К
Поглощенная доза излучения	рад	рад	0,01 Гр
Эквивалентная доза излучения	бэр	бэр	0,01 Дж/кг
Экспозиционная доза гамма- и рентгеновского излучения	рентген	Р	$2,58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг
Энергия	электронвольт	эВ	$1,60 \cdot 10^{-19}$ Дж

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Механика	4
Молекулярная физика и термодинамика	97
Электричество и магнетизм	142
Оптика. Физика атома	200
Приложения	267

Учебное издание

Игорь Геннадьевич Ковалевский

Справочное пособие по курсу физики

Лицензия на издательскую деятельность

ЛР № 070444 от 11.03.98 г.

Подписано в печать 20.05.14 г.

Формат 60x84 1/16. Усл. печ. л. 15,8. Тираж 300.

Издательство Иркутской государственной
сельскохозяйственной академии,
664038, Иркутская обл., Иркутский р-н, пос. Молодёжный