

ФИЗИКА

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ: СУВОРОВА МАРИНА
АЛЕКСАНДРОВНА

КАБИНЕТ: ПНИПУ 304 к. Б

ТЕЛЕФОН: 2-12-52-22

ЭЛЕКТРОННАЯ ПОЧТА: markov@pstu.ru

ФИЗИКА –

**наука о законах природы, о материи, её
структуре и движении.**

**Законы физики лежат в основе всего
естествознания.**

В русский язык слово «физика» было введено Михаилом Васильевичем Ломоносовым, издавшим первый в России учебник физики в 1746 году (перевод учебника с немецкого языка).

Первым оригинальным учебником физики на русском языке стал курс «Краткое начертание физики» (1810), написанный Петром Ивановичем Страховым.

РАЗДЕЛЫ ФИЗИКИ

- МЕХАНИКА
- МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА
- ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ
- КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ
- ОПТИКА
- ФИЗИКА АТОМА И АТОМНОГО ЯДРА

МЕХАНИКА –

раздел физики, который изучает закономерности механического движения и причины, вызывающие или изменяющие это движение

- **КИНЕМАТИКА** – изучает законы движение тел, не рассматривая причин, которые это движение обуславливают
- **ДИНАМИКА** – изучает законы движения тел и причины, которые вызывают или изменяют это движение
- **СТАТИКА** – изучает законы равновесия системы тел

КИНЕМАТИКА

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

скорость векторная величина, единицы измерения – м/с $\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}$

перемещение векторная величина, единицы измерения $\vec{s} = \vec{v}t$ – м

ускорение векторная величина, единицы измерения – м/с² $\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}$

ускорение свободного падения $g = 9.8 \text{ м/с}^2$

Виды движения

- поступательное (все точки тела движутся одинаково) и вращательное
- прямолинейное и криволинейное (отличаются по виду траектории)
- равномерное и неравномерное (отличаются по изменению скорости)

- Прямолинейное равномерное движение

уравнение движения $X = X_0 + v_x t$

- Прямолинейное неравномерное движение

(мгновенная скорость, средняя скорость)

- Равноускоренное по прямой

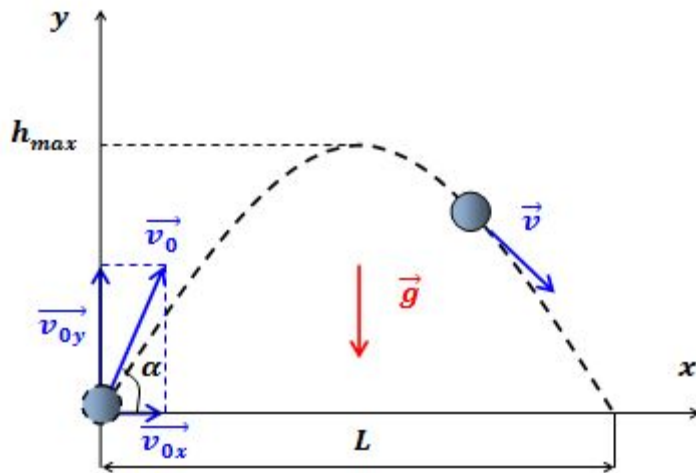
$$X = X_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

уравнение движения:

$$\vec{s} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2}$$

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$

- Равноускоренное движение тела, брошенного под углом к горизонту
это сложное криволинейное движение, которое можно представить в виде суммы двух независимых движений — равномерного прямолинейного движения в горизонтальном направлении и свободного падения по вертикали.



Гали:

$$x = x_0 + v_0 \cos \alpha t$$

Пи:

$$y = y_0 + v_0 \sin \alpha t + \frac{gt^2}{2}$$

ДИНАМИКА

Законы Ньютона:

1. Существуют такие системы отсчета, называемые инерциальными, относительно которых тело, когда на него не действуют никакие силы (или действие сил взаимно уравновешены), находится в состоянии покоя или равномерно прямолинейно движется.
2. В инерциальной системе отсчёта ускорение, которое получает тело с постоянной массой, прямо пропорционально равнодействующей всех приложенных к нему сил и обратно пропорционально его массе

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

$$\vec{F} = \vec{F}_{\text{упр}} + \vec{F}_{\text{тяж}} + \vec{F}_{\text{тр}} + \dots$$

3. Силы, с которыми тела взаимодействуют друг с другом, равны по модулю, противоположны по направлению и действуют вдоль одной прямой.

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

инерциальная система отсчета – система отсчета, относительно которой тело, не подверженное воздействию других тел, движется равномерно и прямолинейно

инертность тел – физическое свойство тела в отсутствие трения оказывать сопротивление изменению его скорости

сила – векторная физическая величина, являющаяся мерой взаимодействия тела с другими телами, в результате которого тело приобретает ускорение (или изменяет свою форму и размеры) *обозначение – F , единицы измерения ньютон (Н)*

ИМПУЛЬС – векторная величина, численно равная произведению массы тела $\vec{p} = m\vec{v}$ на скорость и имеющая направление скорости

СИЛЫ

- **СИЛА УПРУГОСТИ** – пропорциональна удлинению тела и направлена в сторону, противоположную направлению перемещения частиц тела пр $(F_{\text{упр}})x = -Rx$ ации (закон Гука)

x – удлинение тела, R – жесткость пружины

- **СИЛА ТРЕНИЯ** – сила трения покоя

сила трения скольжения $F_{\text{тр}} = \mu N$
скольжения

μ – коэффициент трения

сила трения качения $F_{\text{тр}} = \frac{\mu_k N}{R}$
качения

μ – коэффициент трения

R – радиус тела

- **СИЛА ТЯЖЕСТИ** – $F_g = mg$ юнная сила, действующая на тело вблизи поверхности Земли

g – ускорение свободного падения

всегда приложена к телу

$$\vec{P} = m\vec{g}$$

- **ВЕС ТЕЛА** – сила приложена к опоре или подвесу

ЗАКОН ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ

гравитационная сила притяжения
материальных точек пропорциональна
произведению их масс и обратно
пропорциональна квадрату расстояния
между ними

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$ - гравитационная постоянная

r – расстояние между телами

m – массы тел

ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА

в замкнутой системе геометрическая
сумма импульсов тел остается постоянной
при любых взаимодействиях тел этой
системы между собой

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2$$

m – массы тел

$\vec{v}_1, \vec{v}_2$ и $\vec{v}'_1, \vec{v}'_2$ соответственно скорости тел до и после взаимодействия

РАБОТА И ЭНЕРГИЯ

Энергия – универсальная мера различных форм движения и взаимодействия.

Работа силы – количественная характеристика процесса обмена энергией между взаимодействующими телами,
единицы измерения дж $A = \vec{F} \vec{s} \cos \alpha$

Мощность – физическая величина характеризующая скорость совершения работы, единицы измерения $N = \frac{A}{t}$ (Вт)

Кинетическая энергия механической системы – энергия механического движения этой системы.

Кинетическая энергия определяется работой, которую надо совершить, чтобы сообщить телу $E_k = \frac{mv^2}{2}$ скорость

Теорема о кинетической энергии:

работа равнодействующей сил, приложенных к телу, равна изменению кинетической $A = E_{k_2} - E_{k_1}$ ла

Потенциальная энергия –

это энергия взаимодействия тел, либо частей тела, между собой.

Она зависит от расстояния, на котором находятся тела, и не зависит от их скорости. Потенциальная энергия это скалярная величина, имеющая числовое значение, но не имеющая вектора направления

Потенциальная энергия тела, поднятого над поверхностью земли на высоту h

$$E_p = mgh$$

Потенциальная энергия упругодеформированного тела

$$E_p = \frac{kx^2}{2}$$

- **ПОЛНАЯ МЕХАНИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ СИСТЕМЫ** – энергия механического движения и взаимодействия (равна сумме кинетической и потенциальной энергий) $E = E_k + E_p$
- **ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ПОЛНОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ** – полная механическая энергия системы остается неизменной при любых движениях тел системы $E = E_k + E_p = const$

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО –

совокупность явлений, обусловленных существованием, движением и взаимодействием заряженных тел или частиц - носителей электрических зарядов

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ –

это явления, возникающие в результате взаимодействия электрического тока и магнитного поля

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

- **ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ** — наэлектризованные тела создают вокруг себя особую субстанцию, через которую они действуют на другие наэлектризованные тела
- **ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗАРЯД** — это физическая скалярная величина, определяющая способность тел быть источником электромагнитных полей и принимать участие в электромагнитном взаимодействии.
Электрический заряд делим, наименьшим отрицательным зарядом обладает электрон
$$\bar{e} = 1,6 * 10^{-19} \text{ Кл} \quad [q] = \text{Кл}$$
- **ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК** — это упорядоченное движение свободных электрически заряженных частиц под действием электрического поля.

Основные характеристики электрической цепи

- **СИЛА ТОКА** — скалярная физическая величина, определяемая электрическим зарядом, проходящим через поперечное сечение проводника $I = \frac{q}{t}$ $[I] = 1A$

- **НАПРЯЖЕНИЕ** — физическая величина, определяемая работой, совершаемой электрическим полем при перемещении заряда $U = \frac{A}{q}$ $[U] = 1B$

- **СОПРОТИВЛЕНИЕ ПРОВОДНИКА** — физическая величина, характеризующая свойства проводника $R = \rho \frac{l}{S}$ $[R] = 1\Omega$
 ρ — удельное электрическое сопротивление
 S — площадь поперечного сечения
 l — длина проводника

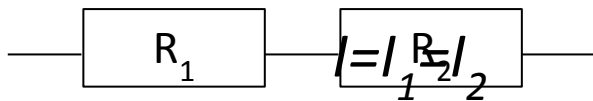
ЗАКОН ОМА

Сила тока в участке цепи прямо пропорциональна напряжению на концах этого проводника и обратно пропорциональна его сопротивлению

$$I = \frac{U}{R}$$

ВИДЫ СОЕДИНЕНИЯ ПРОВОДНИКОВ

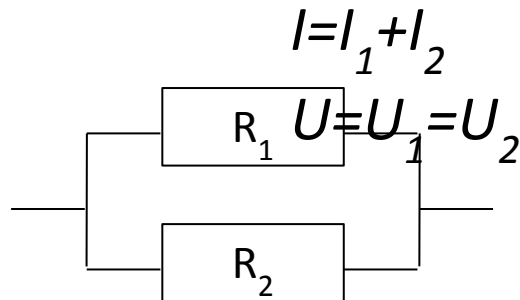
- ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ



$$U = U_1 + U_2$$

$$R = R_1 + R_2$$

- ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ



$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

- РАБОТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

$$A = IUt = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t \quad [A] = 1 \text{ Дж} = 1 \text{ Вт} \cdot \text{с}$$

- МОЩНОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

$$P = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R} \quad [P] = 1 \text{ Вт}$$

- ТЕПЛОВОЕ ДЕЙСТВИЕ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА
(КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛОТЫ)

ЗАКОН ЛЖОУЛЯ - ЛЕНЦА

$$Q = I^2 R t \quad [Q] = 1 \text{ Дж}$$

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

- **МАГНИТНОЕ ПОЛЕ** – силовое поле в пространстве, окружающем токи и постоянные магниты, создается только движущимися зарядами, т.е. ток – источник магнитного поля. Изображают с помощью линий магнитной индукции.
- **МАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ** – векторная вел $B = \frac{F}{Il}$, характеризующая магнитное поле. $[B] = 1\text{Тл}$

F – сила, с которой магнитное поле действует на проводник с током

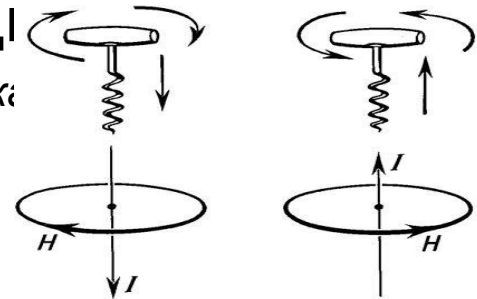
I – сила тока в проводнике

l – длина проводника

- **ПРАВИЛО БУРАВЧИКА:** определяет

направление линий магнитной индукции

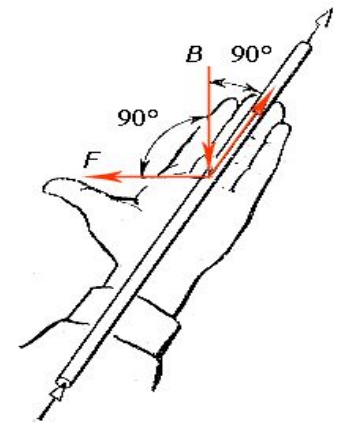
если направление поступательного движения буравчика совпадает с направлением тока в проводнике, то направление вращения ручки буравчика совпадает с направлением линий магнитного поля тока – линиями магнитной индукции.



- **ЗАКОН АМПЕРА:** определяет силу Ампера, которая действует на проводник с током, помещенный в магнитное поле

$$F = IB\Delta l \sin \alpha$$

направление силы Ампера определяется правилом левой руки: вектор магнитной индукции входит в ладонь, четыре вытянутых пальца расположить по направлению тока, то отогнутый большой палец покажет направление силы Ампера.



- **ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ** – физическое явление, заключающееся в возникновении электрического тока в замкнутом контуре при изменении потока магнитной индукции через поверхность, ограниченную этим контуром.

Явление электромагнитной индукции было открыто Майклом Фарадеем в 1831 году:

всякое изменение со временем магнитное поле приводит к возникновению переменного электрического поля, а всякое изменение со временем электрическое поле порождает переменное магнитное поле, эти порождающие друг друга переменные электрическое и магнитное поля образуют единое электромагнитное поле

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА –

раздел физики, изучающий строение и свойства вещества исходя из молекулярно-кинетических представлений, которые основываются на том, что все тела состоят из молекул, находящихся в непрерывном движении

ТЕРМОДИНАМИКА –

раздел физики, изучающий наиболее общие свойства макроскопических систем и способы передачи и превращения энергии в таких системах

МКТ

молекулярно-кинетическая теория

- **ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МКТ**

1. ВСЕ ТЕЛА СОСТОЯТ ИЗ ЧАСТИЦ, РАЗДЕЛЕННЫХ ПРОМЕЖУТКАМИ
2. ЧАСТИЦЫ НЕПРЕРЫВНО ХАОТИЧЕСКИ ДВИЖУТСЯ
3. ЧАСТИЦЫ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮТ С ДРУГ ДРУГОМ: ПРИТЯГИВАЮТСЯ И ОТТАЛКИВАЮТСЯ (СИЛЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИМЕЮТ ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ПРИРОДУ)

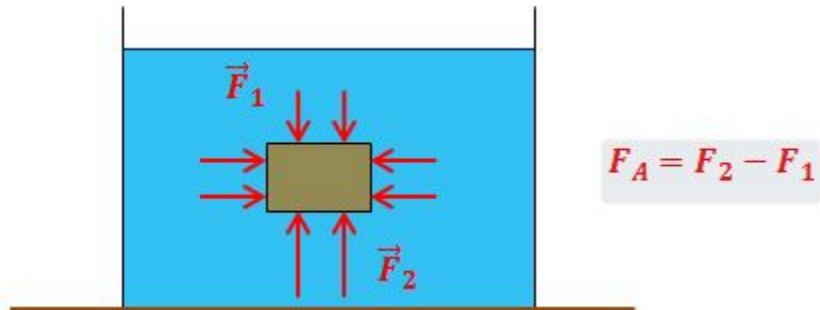
• ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

- ✓ равновесная замкнутая система – если внешние условия остаются неизменными, то с течением времени система переходит в равновесное состояние, в котором прекращаются все макроскопические процессы
- ✓ идеальный газ – это модель газа, объемы молекул пренебрежимо малы, силы взаимодействия отсутствуют
- ✓ молекула и ее характеристики: m , V , M
- ✓ параметры равновесной замкнутой системы, совокупность физических величин, характеризующих свойства системы: давление P , объём V , температура T , масса m , молярная масса вещества M

Закон (сила) Архимеда

Закон (Сила) Архимеда: На тело, погруженное в жидкость, действует выталкивающая сила, равная весу вытесненной жидкости: $F_A = \rho g V$

ρ – плотность тела, g – ускорение свободного падения, V – объем погруженной части тела



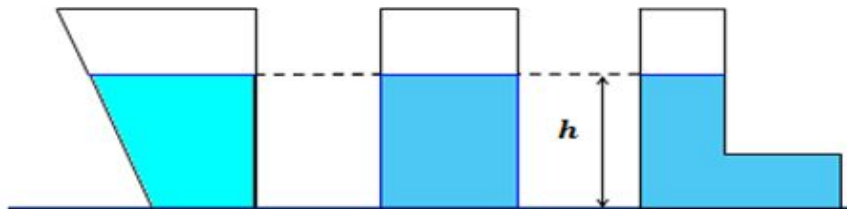
В состоянии покоя вес тела $P_0 = mg$ при погружении в жидкость вес изменится и станет равным: $P = P_0 - F_A = mg - \rho g V$

Закон Паскаля для жидкости

давление на поверхность жидкости, произведенное внешними силами, передается жидкостью одинаково во всех направлениях - его иногда называют основным законом гидростатики.

Гидростатическое давление внутри жидкости на любой глубине не зависит от формы сосуда, в котором находится жидкость, и равно произведению плотности жидкости, ускорения свободного падения и глубины, на которой определяется давлени $p = \rho gh$

В однородной покоящейся жидкости давления в точках, лежащих в одной горизонтальной плоскости (на одном уровне), одинаковы. Во всех случаях, приведенных на рисунке, давление жидкости на дно сосудов одинаково



На рисунке показано: независимость гидростатического давления от формы сосуда

• ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

1. ЗАКОН БОЙЛЯ-МАРИОТТА:

для данной массы газа при постоянной температуре произведение давления газа на его объем есть величина постоянная

2. ЗАКОН ГЕЙ-ЛЮССАКА:

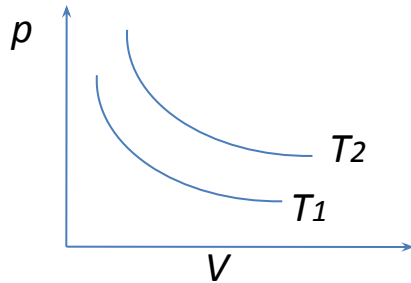
для данной массы газа при постоянном давлении отношение объема газа на её температуру есть величина постоянная

3. ЗАКОН ШАРЛЯ:

для данной массы газа при постоянном объеме отношение давления газа на её температуру есть величина постоянная

1. ЗАКОН БОЙЛЯ-МАРИОТТА:

$$pV = \text{const} \text{ при } T = \text{const}$$



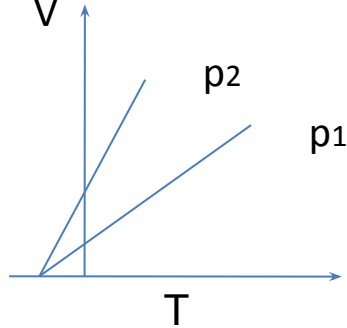
изотерма – график зависимости между параметрами состояния газа при постоянной температуре

$$T_1 < T_2$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

2. ЗАКОН ГЕЙ-ЛЮССАКА:

$$\frac{V}{T} = \text{const} \text{ при } p = \text{const}$$



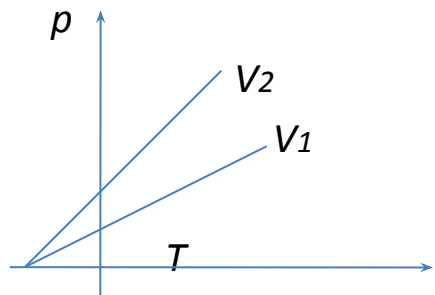
изобара – график зависимости между параметрами состояния газа при постоянном давлении

$$p_1 > p_2$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

3. ЗАКОН ШАРЛЯ:

$$\frac{p}{T} = \text{const при } V = \text{const}$$



изохора – график зависимости между параметрами состояния газа при постоянном объеме газа

$$V_1 > V_2$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА

$$pV_m = RT \text{ для 1 моль газа}$$

$$pV = \frac{m}{M} RT \text{ для произвольной массы газа}$$

V_m – молярный объем

R – молярная газовая постоянная

m – масса вещества

M – молярная масса

• ОПЫТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ МКТ

- 1. броуновское движение** - беспорядочное движение микроскопических видимых, взвешенных в жидкости или газе частиц твердого вещества, вызываемое тепловым движением частиц жидкости или газа
- 2. диффузия** - процесс взаимного проникновения молекул или атомов одного вещества между молекулами или атомами другого, приводящий к самопроизвольному выравниванию их концентраций по всему занимаемому объёму
- 3. давление газа на стенки сосуда**
- 4. стремление газа занять любой объём**

ТЕРМОДИНАМИКА

ПЕРВОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ: теплота, сообщаемая системе, расходуется на изменение ее внутренней энергии и на совершение ею работы против внешних сил

$$Q = \Delta U + A \quad A = p\Delta V$$

- При изотермическом процессе, изменения температуры газа не происходит, следовательно, не происходит и изменения внутренней энергии. В процессе изотермического расширения количество теплоты, которую получает газ, превращается в работу над внешними объектами.

$$Q=A$$

- При изобарном расширении, тепло газом поглощается, и он совершает работу положительную. При изобарном сжатии, температура газа уменьшается, тепло отдается внешним объектам, внутренняя энергия при этом убывает $Q= \Delta U + A$
- При изохорном процессе газ работу не совершает. Значит $Q=\Delta U$ (тепло будет поглощаться газом и будет увеличиваться его внутренняя энергия).

ВТОРОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ

физический принцип, накладывающий ограничение на направление процессов (однонаправленность), которые могут происходить в термодинамических системах.

Второе начало термодинамики запрещает так называемые вечные двигатели, показывая, что коэффициент полезного действия не может равняться единице.

КОЛЕБАНИЯ–

движения или процессы, которые характеризуются определенной повторяемостью во времени.

величины характеризующие колебательное движение:

амплитуда, период колебания T , частота колебаний $\nu = \frac{1}{T}$, единицы измерения Гц

ВОЛНЫ –

процесс распространения колебаний в сплошной среде (непрерывно распределенной в пространстве и обладающей упругими свойствами).

свойства - переносят энергию

вид волн: продольные – вдоль направления распространения волны, поперечные – перпендикулярно направлению распространения волны

величины характеризующие волну : длина волны – расстояние между ближайшими друг к другу точками, колеблющимися в одинаковых фазах $\lambda = \frac{v}{\nu}$
 $\lambda = \nu T$,

ОПТИКА –

учение о свете.

Свет – поперечная электромагнитная волна.

c – скорость света в вакууме,

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

$$v = \frac{c}{n}$$

n – абсолютный показатель преломления
вещества

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА

Закон отражения света

- падающий луч, отраженный луч и перпендикуляр к границе раздела сред в точке падения луча лежат в одной плоскости.
- угол падения равен углу отражения

Закон преломления света

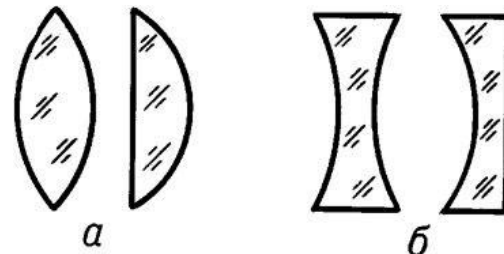
- падающий луч, преломленный луч и перпендикуляр к границе раздела сред в точке падения луча лежат в одной плоскости
- в зависимости от того, из какой среды в какую переходит луч, угол преломления может быть меньше или больше угла падения.

Линзы – прозрачное тело, ограниченное с двух сторон преломляющими сферическими поверхностями.

Фокус (F) - точка, в которой собираются лучи после преломления, их два (по обе стороны от линзы), фокусное расстояние – это расстояние от центра линзы до фокуса

Оптическая сила (D) – величина обратная фокусному расстоянию (диоптрия)

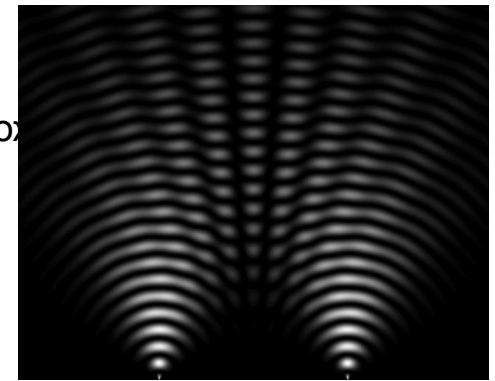
- а) выпуклая (собирающая) линза
- б) вогнутая (рассеивающая) линза, мнимый фокус, отрицательная оптическая сила



ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА - наложение

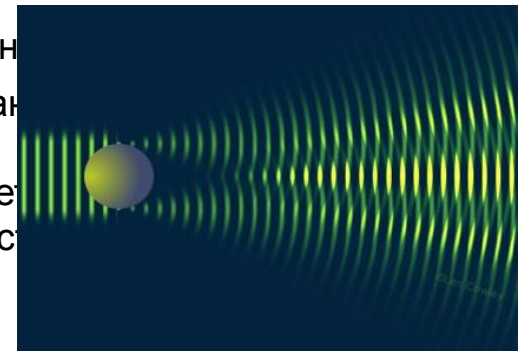
волн, при котором происходит их взаимное усиление в одних точках пространства (светлые пятна) и ослабление – в других (темные пятна).

Только для когерентных волн –
одинаковая частота, разность фаз неизменна.



ДИФРАКЦИЯ СВЕТА - прежде всего явление

наблюдаемое при прохождении волн мимо края препятствия, связанное с отклонением волн от прямолинейного распространения при взаимодействии с препятствием. Особенно отчетливо проявляется в тех случаях, когда длина волны сопоставима с размерами препятствия, а длина световой волны очень мала.



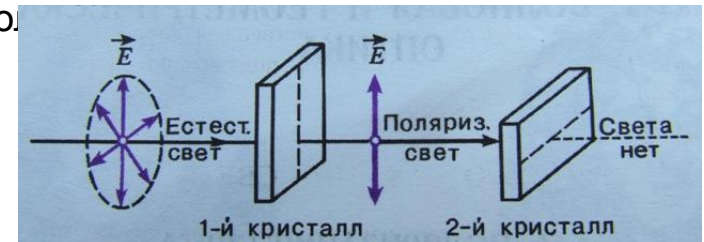
ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА - одно из фундаментальных свойств

электромагнитного излучения, состоящее в неравноправии различных направлений в плоскости, перпендикулярной световому лучу (поперечно направлению распространения световой волны) — явление направленного колебания векторов напряженности

электрического поля E или напряженности магнитного поля H .

Естественный свет – всевозможными равновероятными ориентациями E (напряженность электрического поля) и H (напряженность магнитного поля)

Поляризованный свет – направления колебаний светового вектора каким-то образом упорядочены



ФИЗИКА АТОМА И АТОМНОГО ЯДРА

- почти вся масса атома и весь положительный заряд сосредоточен в ядре
- планетарная модель атома Резерфорда: электроны движутся вокруг ядра под действием кулоновских сил
- постулаты Бора:
 1. атом может находиться только в определенных стационарных состояниях, каждому из которых соответствует определенная энергия, в таком состоянии атом не излучает.
 2. излучение света происходит при переходе атома из одного стационарного состояния в другое, энергия излучения равна разности энергий стационарных состояний:
$$\nu_{m,n} = \frac{E_m - E_n}{h}$$
где $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ – постоянная Планка

m, n – номера стационарных состояний

- ядро атома состоит из протонов и нейтронов (нуклонов)
- между нуклонами действуют ядерные силы: силы притяжения, короткодействующие силы
- радиоактивность – способность некоторых атомных ядер самопроизвольно превращаться в другие ядра с испусканием различных видов радиоактивных излучений и элементарных частиц
- три типа радиоактивного излучения:

1. **α -излучение:** отклоняется электрическим и магнитным полями, обладает высокой ионизирующей способностью и малой проникающей способностью, представляет собой поток атомов гелия He.

2. **β -излучение:** отклоняется электрическим и магнитным полями, его ионизирующая способность значительно меньше, а проникающая способность гораздо больше, чем у α -частиц, представляет собой поток электронов.

3. **γ -излучение :** не отклоняется электрическим и магнитным полями, обладает относительно слабой ионизирующей способностью и очень большой проникающей способностью, представляет собой коротковолновое электромагнитное излучение с очень маленькой длиной волны – поток фотонов, скорость распространения равна скорости света.

