

**ОПОРНЫЕ КАРТОЧКИ ЛЕКЦИЙ ПО
«МЕХАНИКЕ И МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКЕ»**

Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Физика» для студентов 1-курса бакалавриата всех направлений

Ташкент – 2010

**Г А Ж К
“ЎЗБЕКИСТОН ТЕМИР ЙЎЛЛАРИ”**

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта

**ОПОРНЫЕ КАРТОЧКИ ЛЕКЦИЙ ПО
«МЕХАНИКЕ И МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКЕ»**

Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Физика» для студентов 1-курса бакалавриата всех направлений

Ташкент – 2010

УДК 531.

L-125

Данное методическое указание по самостоятельной работе студентов в виде опорных карточек охватывает следующие разделы курса физики: «Механика», «Молекулярная физика»

Настоящее методическое указание рекомендуется студентам 1-курса бакалавриата ТашИИТ обучающиеся по всем специальностям.

Составители:

Умаров А.В. – д.т.н., проф.;

Мирсалихов Б.А. – к.ф.-м.н., доц.;

Усаров Р.Р. – ассистент.

Рецензенты:

Абдурахманов У. – д.ф.-м.н., проф.

общей физики НУУзб.;

Салимов С.Х. – к.ф.-м.н., доц.

Введение

В данной методической работе приведены опорные карточки по механике и молекулярной физике которые помогают студентам и преподавателям в изучении этих разделов физики, как в самостоятельной работе студентов, так и в ведении лекции преподавателям.

Опорная карточка представляет собой лист с рисунками, отдельными словами, формулами. В них закодирована определенная информация. Запоминая отдельные символы (рисунки, слова), студент фактически запоминает и их расшифровку. Иногда это небольшой рассказ, в котором содержится один или несколько абзацев учебника или дополнительной литературы.

Умение студента по данному символу построить целый рассказ свидетельствует о понимании им изученного учебного материала.

Опорные карточки позволяют студенту:

- глубже разобраться в изучаемом материале, вычленить вопросы, связанные с отдельными положениями темы, и с помощью преподавателя до конца понять данный материал;

- легче запомнить изучаемый материал;

- используя опорные карточки при ответе, грамотно, точно изложить материал;

- приводить в систему полученные знания, особенно при повторении.

Опорные карточки помогают преподавателю:

- наглядно представить весь изучаемый материал;

- сконцентрировать внимание на отдельных, наиболее трудных местах, изучаемого материала;

- многократно повторять изучаемый материал;

- быстро, без больших временных и энергетических затрат, проверить, как студент понял и запомнил изученный материал.

Получив опорные карточки, студент дома должен работать в следующей последовательности:

- положив перед собой карточку, он восстанавливает рассказ преподавателя по памяти, сразу же замечая при этом, что не запомнил, чего не понял. На эти места он должен обратить особое внимание при последующей работе;

- затем читает учебник, иногда заглядывая к карточке. Так как карточка в основном составлен по учебнику, то читая текст, соответствующего параграфа, студент одновременно расшифровывает карточку. Разбирается в отдельных, наиболее трудных и непонятных местах. К концу чтения учебника весь материал им должен быть понятным. Если что-то осталось невыясненным, следует записать вопрос, чтобы проконсультироваться у преподавателя.

Затем студент переписывает карточку в конспект лекций.

После переписывания конспекта студент его выучивает. Как показывает наш опыт, это делается очень быстро, занимает всего несколько дополнительных минут. Студенту гораздо легче выучить карточку, чем текст учебника. Пытаясь запомнить материал всего параграфа, студент зачастую теряет его физический смысл. А запоминая карточку, выделяя главное, отделяя один блок материала от другого, он гораздо глубже и осмысленнее запоминает содержание учебника.

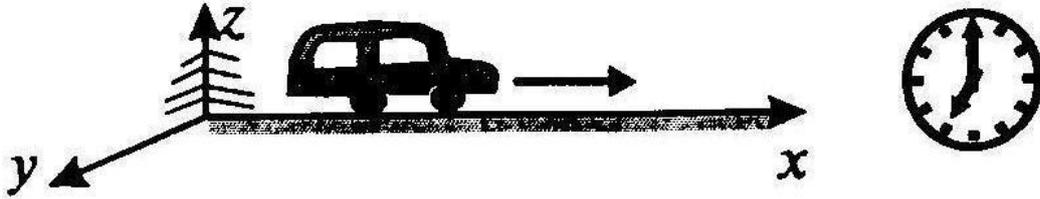
МЕХАНИКА

КИНЕМАТИКА

ОК-1

Механическое движение ...

Система отсчета (СО) ...



$$C.O. = T.O. + C.K. + П.О.В.$$

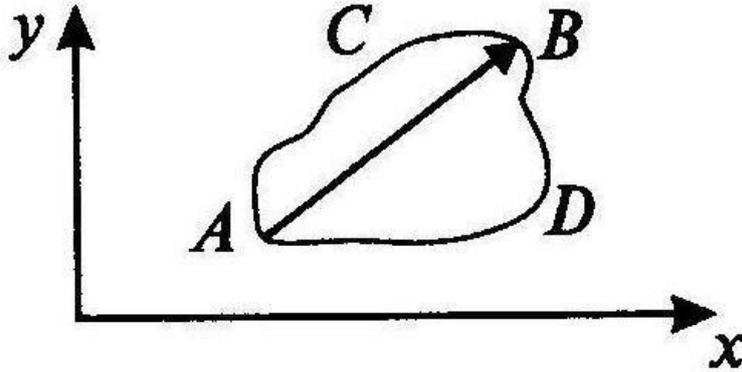
Тело отсчета ← система координат прибор для отсчета времени

Траектория ...

Поступательное движение...

Перемещение...

- вектор! AB



ACB, ADB (длина траектории) – пройденный путь – скаляр!

Равномерное прямолинейное движение ...

Скорость ...

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t} = \frac{\vec{s}}{t} \quad \vec{v} = \text{Const}$$

Равнопеременное движение

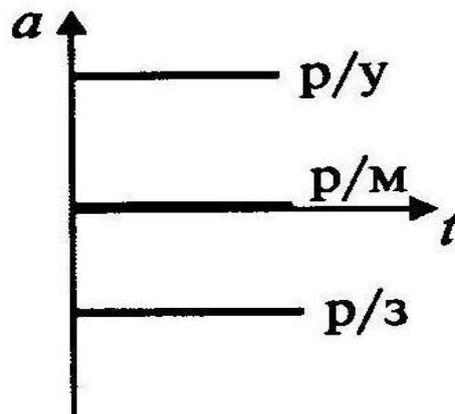
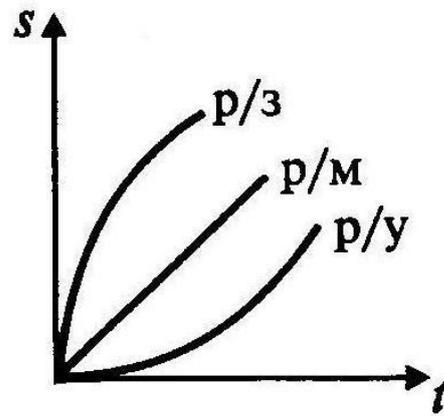
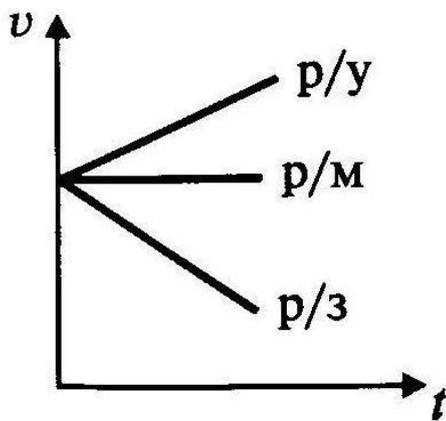
$$\begin{aligned} &\rightarrow v + 2 \frac{M}{c} \quad 4 \frac{M}{c} \quad 6 \frac{M}{c} \quad 8 \frac{M}{c} \rightarrow p/y \\ &\rightarrow v + 11 \frac{M}{c} \quad 8 \frac{M}{c} \quad 5 \frac{M}{c} \quad 2 \frac{M}{c} \rightarrow p/z \end{aligned}$$

Ускорение...

$$\bar{\alpha} = \frac{\Delta \bar{v}}{\Delta t} = \frac{\bar{v} - \bar{v}_0}{t}$$

$$\begin{aligned} \bar{v} &= \bar{v}_0 + \bar{\alpha}t \\ \bar{s} &= \bar{v}_0t + \frac{\bar{\alpha}t^2}{2} \\ v^2 - v_0^2 &= \pm 2as \end{aligned}$$

ГРАФИКИ ДВИЖЕНИЯ



ДВИЖЕНИЕ ПО ОКРУЖНОСТИ

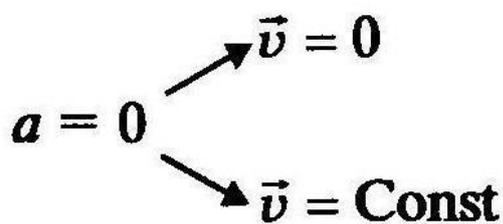
Физические величины		Математическое выражение (формула)
название	символ	
Вектор угловой скорости тела	$\vec{\omega}$	$\frac{d\vec{\varphi}}{dt}$
Величина угловой скорости тела	ω	$\frac{d\varphi}{dt}$
Период вращения	T	$\frac{2\pi}{\omega}$
Число вращений за единицу времени	ν	$\frac{1}{T}$
Вектор углового ускорения тела	$\vec{\beta}$	$\frac{d\vec{\omega}}{dt}$
Величина углового ускорения тела	β	$\frac{d\omega}{dt}$
Вектор тангенциального ускорения тела в любой точке	\vec{a}_t	$\vec{a}_t = \frac{dv}{dt} \vec{\tau}$
Величина тангенциального ускорения тела в любой точке	a_t	$a_t = \frac{dv}{dt} \tau$
Вектор нормального ускорения тела в любой точке	\vec{a}_n	$\vec{a}_n = \frac{v^2}{r} \vec{n}$
Величина нормального ускорения тела в любой точке	a_n	$a_n = \frac{v^2}{r} n$

ОК-2

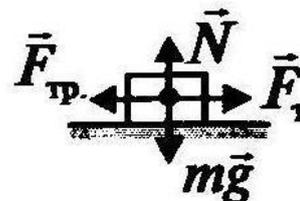
ДИНАМИКА

Задачи динамики: причины, величина, направление « a »

I закон Ньютона –

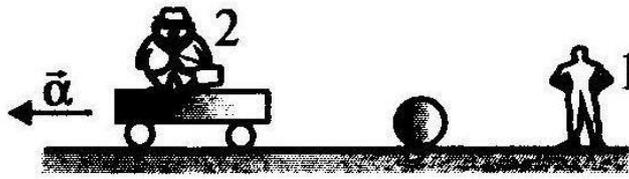


$$f_{\text{тр.}} = 0$$



$$\left. \begin{aligned} F_t &= F_{\text{тр.}} \\ N &= mg \end{aligned} \right\}$$

Движение по инерции.



Для  С.О. «земля» - инерциальная
 С.О. «тележка» - неинерциальная

Причина « a » - сила

Опыт: $a \propto F \Rightarrow \frac{F}{a} \equiv const$ для данного тела

Масса $m = \frac{F}{a} \dots$

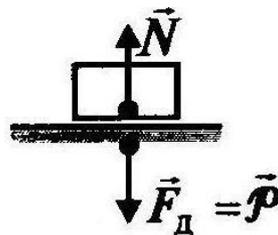
II закон Ньютона

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

$$\vec{a} \uparrow \uparrow \Sigma \vec{F}$$

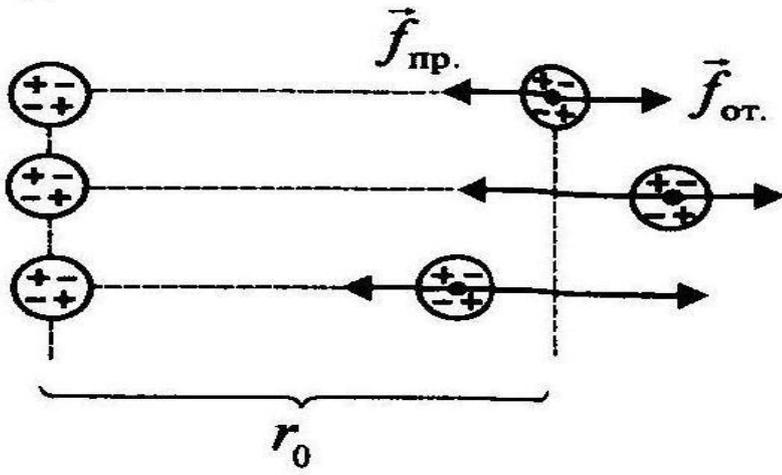
III закон Ньютона

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2 \dots$$



$$F_1 = F_2 \Rightarrow m_1 a_1 = m_2 a_2 \Rightarrow \frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1} \text{ --- Const ---}$$

1. Электромагнитные силы



$$F_y = \Sigma | \vec{f}_{np} + \vec{f}_{ot} |$$

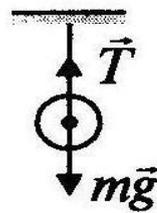
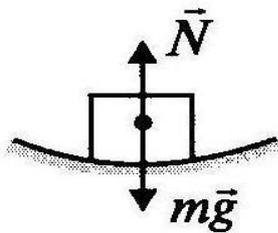
- сила

упругости

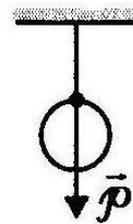
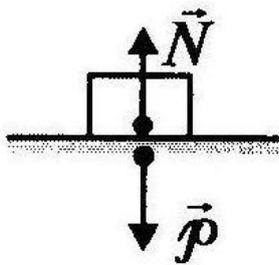
$$F_y = -kx \text{ - закон Гука}$$

k - жесткость

На пример:



2. Вес тела –



Если $a = 0$, то

$$mg = N = P$$

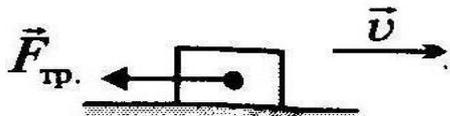
\swarrow \searrow
 I з-н Н. III з-н Н.

Если, $a \uparrow$ то $\rho > mg$

Если, $a \downarrow$ то $\rho < mg$

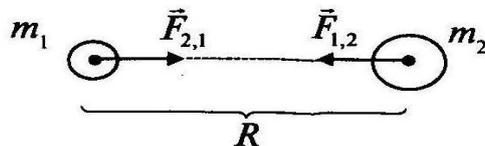
Если, $a = 0$ то $\rho = 0$, невесомость

3. Сила трения



$$F_{\text{тр. макс}} = \mu N$$

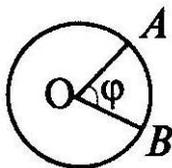
4. Гравитационная сила



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

Сила тяжести: $F = G \frac{M_{\text{Земли}} \cdot m}{R_{\text{Земли}}^2} = mg$

ОК-4 КРИВОЛИНЕЙНОЕ ДВИЖЕНИЕ



$$a_n = \frac{V^2}{R}$$

$$\omega = \frac{\varphi}{\Delta t} \quad \text{- угловая скорость}$$

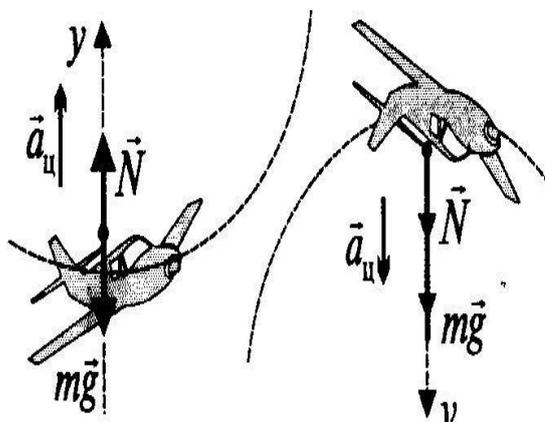
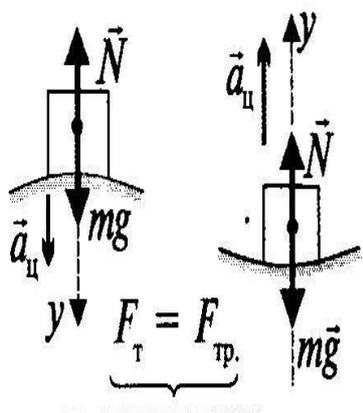
$$\nu = \frac{n}{t} \quad \text{- частота}$$

$$V = \frac{S}{t} = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi \cdot R \nu = \omega \cdot R \quad T = \frac{t}{n} \quad \text{- период}$$

ДИНАМИКА КРИВОЛИНЕЙНОГО ДВИЖЕНИЯ

1. выпуклые и вогнутые мосты

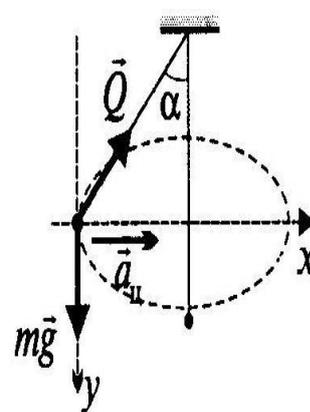
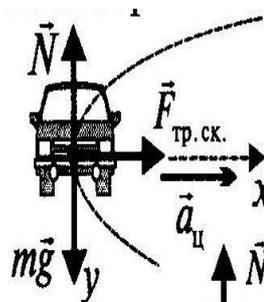
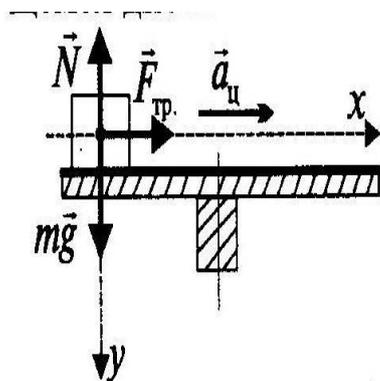
2. Петля Нестерова



3. Тело на вращающемся Диске

4. Автомобиль на повороте

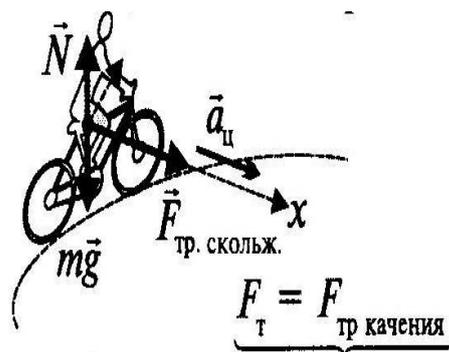
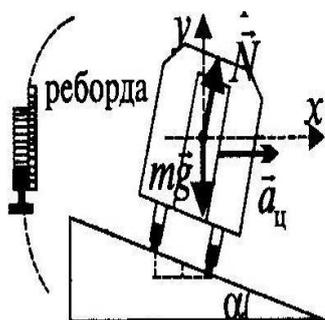
5. Конический маятник



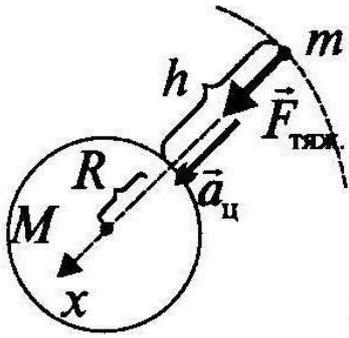
$$F_{\tau} = F_{\text{тр. качения}}$$

6. Вагон на повороте

7. Велосипедист на повороте



8. 1- космическая скорость



$$ma_m = mg_1 \Rightarrow \frac{V^2}{R+h} = g$$

$$\frac{mg}{mg_1} = \frac{G \frac{mM}{R^2}}{G \frac{mM}{(R+h)^2}} = \frac{(R+h)^2}{R^2}$$

$$\frac{g(R+h)}{V^2} = \frac{(R+h)^2}{R^2} \Rightarrow V_1 = \sqrt{\frac{gR^2}{R+h}}$$

Если $h=0$, то $V_1 = \sqrt{gR} = \sqrt{9,8 \cdot 64 \cdot 10^5} = 8 \left(\frac{\text{км}}{\text{сек}} \right)$

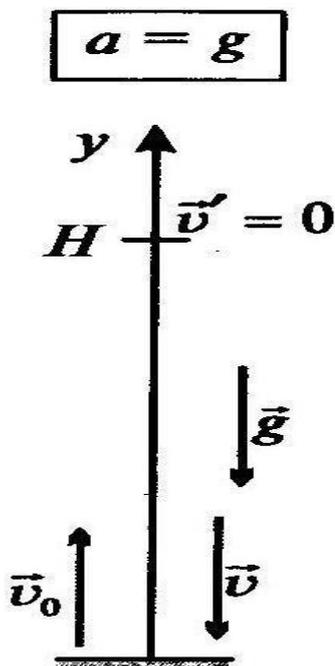
Из-за сопротивления воздуха $h \div 200-300 \text{ км}$

ОК-5 ДВИЖЕНИЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ

1. Движение по вертикали

$$\vec{h} = \vec{V}_0 t + \frac{gt^2}{2}$$

$$\vec{V} = \vec{V}_0 + \vec{gt}$$



$$V^2 - V_0^2 = \pm 2 \cdot g \cdot H$$

↑ вверх $V^2 - V_0^2 = \pm 2gH$



вниз $V^2 - V^2 = \pm 2gH$

$$-V_0^2 = -2gH \rightarrow V_0 = V \leftarrow$$

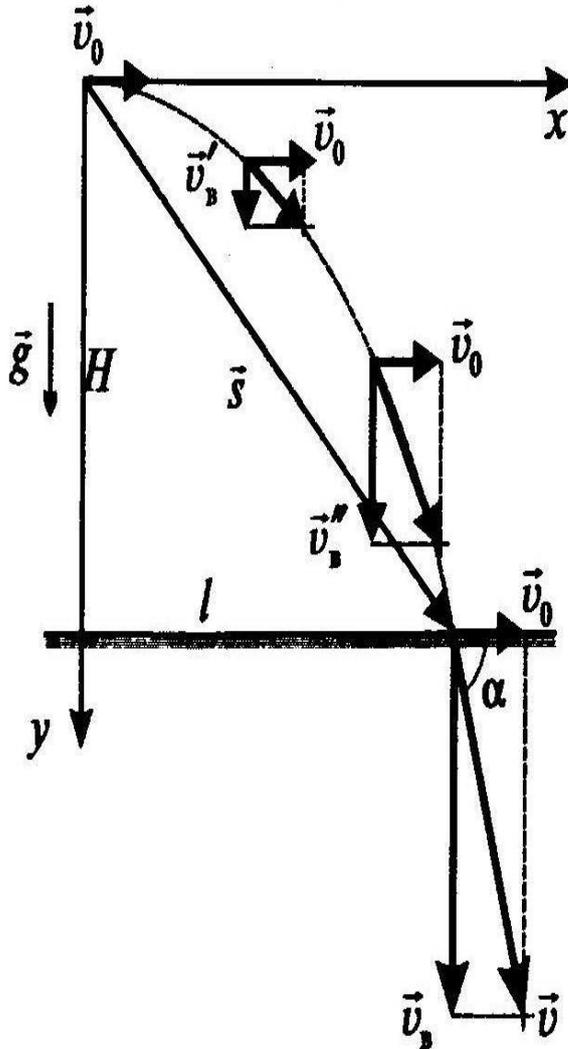
$$V^2 = 2gH \rightarrow H = \frac{V_0^2}{2g}$$

$$\vec{V} = \vec{V}_0 + \vec{g}t_{\uparrow} \qquad \vec{V} = \vec{V} + \vec{g}t_{\downarrow}$$

$$y: 0 = V_0 - gt_{\uparrow} \longrightarrow t_{\uparrow} = t_{\downarrow} \longleftarrow y: -V = -gt_{\downarrow}$$

$$t_{\uparrow} = \frac{V_0}{g}$$

2. Движение тела брошенного горизонтально



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

$$x: \begin{cases} l = v_0 t \\ y: \begin{cases} H = \frac{gt^2}{2} \end{cases} \end{cases}$$

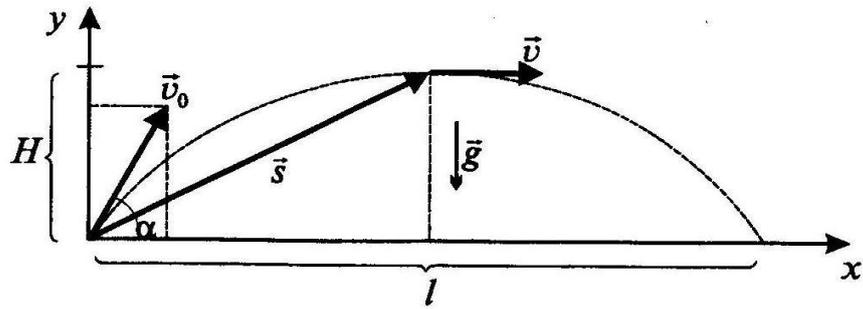
$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{g}t$$

$$y: v_b = gt$$

$$v = \sqrt{v_0^2 + v_b^2}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_b}{v_0}$$

3. Движение тела под углом к горизонту



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

$$x: \begin{cases} x = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t & (1) \\ y = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - \frac{g t^2}{2} & (2) \end{cases} \Rightarrow t = \frac{x}{v_0 \cdot \cos \alpha}$$

$$y = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot \frac{x}{v_0 \cdot \cos \alpha} - \frac{g}{2} \cdot \frac{x^2}{v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha} = ax - bx^2 \quad (\text{парабола!})$$

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

$$y: 0 = v_0 \cdot \sin \alpha - g t_{\uparrow} \Rightarrow t_{\uparrow} = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g} \quad (3)$$

$$(3) \text{ в } (1): \frac{l}{2} = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g} \Rightarrow l = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

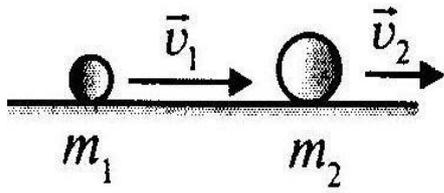
$$\text{Если } \alpha = 45^\circ \Rightarrow \sin 2\alpha = 1 \Rightarrow l_{\max} = \frac{v_0^2}{g}$$

$$(3) \text{ в } (2): H = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g} - \frac{g}{2} \cdot \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{g^2}$$

⇓

$$H = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$\text{Если } \alpha = 90^\circ \Rightarrow \sin^2 \alpha = 1 \Rightarrow H_{\max} = \frac{v_0^2}{2g}$$

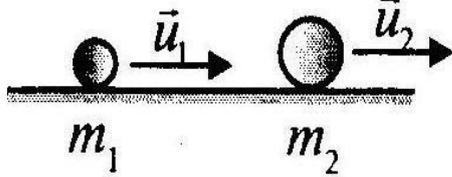


$$F = m \cdot a = m \frac{\vec{u} - \vec{V}}{\Delta t}$$



$$\vec{F} \cdot \Delta t = m\vec{u} - m\vec{V}$$

Импульс силы изменение
импульса тела



$$\vec{F}_1 \cdot \Delta t = m_1 \vec{u}_1 - m_1 \vec{V}_1$$

$$\vec{F}_2 \Delta t = m_2 \vec{u}_2 - m_2 \vec{V}_2$$

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

$$m_1 \vec{u}_1 - m_1 \vec{V}_1 = -m_2 \vec{u}_2 + m_2 \vec{V}_2$$

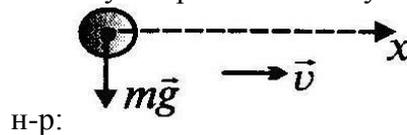
$$m_1 \vec{V}_1 + m_2 \vec{V}_2 = m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2$$

$$\Sigma m\vec{V}_{\text{до взаимодействия}} = \Sigma m\vec{u}_{\text{после взаимодействия}}$$

Геометрическая сумма импульсов тел, ...

2. Когда можно применять закон сохранения импульса

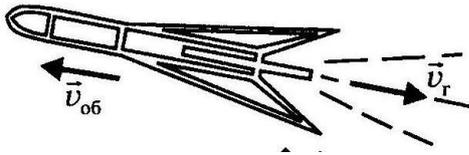
- В замкнутой системе всегда
- В незамкнутой системе (действуют внешние силы) в случаях:
 1. внешние силы уравновешиваются (н-р: N и mg)
 2. внешние силы малы по сравнению с внутренними
 3. внешние силы по искомому направлению отсутствуют



н-р:

4. внешние силы велики, но $t_{\text{взаим}} \rightarrow 0$ (взрывы, выстрелы, удары...)

3. Реактивное движение



$$m_{об} \cdot \vec{v}_{об} + m_r \cdot \vec{v}_r = 0$$

$$\vec{v}_{об} = -\frac{m_r}{m_{об}} \cdot \vec{v}_r$$

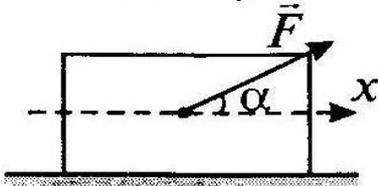
Чтобы $V_{об} \uparrow$ должны быть: $V_g \uparrow$, $m_g \uparrow$, $m_{об} \downarrow$ ракеты, реактивн. самолеты, ...
 Циолковский - Цандер - Королев - Гагарин

4.10.1957
И.С.З.

12.04.1961
«Восток»

ОК-7 МЕХАНИЧЕСКАЯ РАБОТА И МОЩНОСТЬ

1. Формула . Единица измерения



$$A = F \cdot S = F \cdot S \cdot \cos \left(\overset{\curvearrowright}{\vec{F}} \overset{\curvearrowright}{\vec{S}} \right)$$

$$F - const \quad [A] = н \cdot м = Дж$$

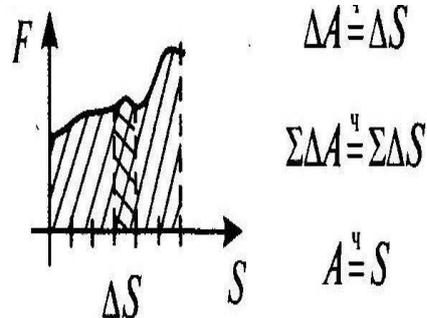
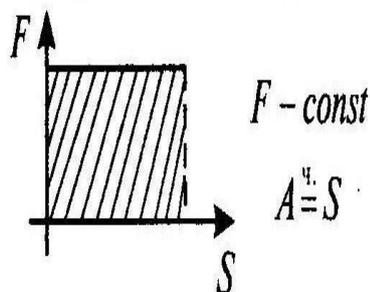
Если: $\alpha = 0 \rightarrow \cos \alpha = 1 \Rightarrow A = F \cdot S$

α - острый, то $A > 0$

$\alpha = 90^\circ \rightarrow \cos \alpha = 0 \Rightarrow A = 0$

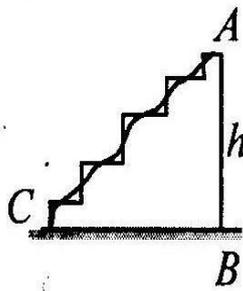
α - тупой, то $A < 0$

2. Графическое изображение работы



3. Работа силы тяжести

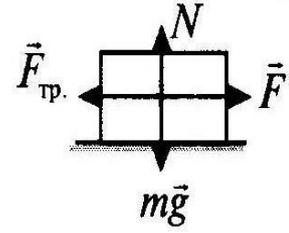
4. Работа силы трения



$$A_{AB} = mgh$$

$$A_{AC} = mgh_1 + mgh_2 + \dots + mgh_n =$$

$$= mg(h_1 + h_2 + \dots + h_n) = mgh$$



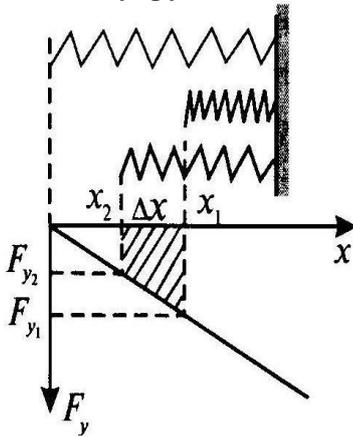
A_{mg} не зависит от формы

траектории

$$A_{mp} = F_{mp} \cdot S \cdot \cos(\vec{F}_{mp} \wedge S) =$$

$$= -F_{mp} \cdot S$$

5. Работа силы упругости



$$A_{\text{уп.}} = S = \frac{F_{y1} + F_{y2}}{2} \cdot \Delta x = \frac{kx_1 + kx_2}{2} \cdot \Delta x =$$

$$= \frac{k}{2}(x_1 + x_2)(x_1 - x_2)$$

$$A_y = \frac{k}{2}(x_1^2 - x_2^2)$$

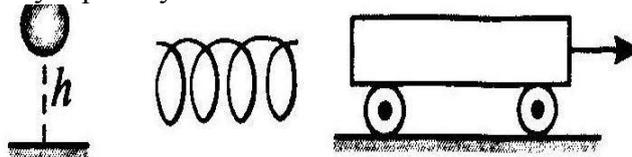
6. Мощность – работа, совершенная в единицу времени

$$N = \frac{A}{t} = \frac{F \cdot S \cdot \cos \alpha}{t} = F \cdot V_{\text{ср}} \cdot \cos \alpha \quad [N] = \frac{\text{Дж}}{\text{сек}} = \text{Вт}$$

ОК-8

ЭНЕРГИЯ

1. Энергия – величина, характеризующая способность тела или системы тел совершать механическую работу

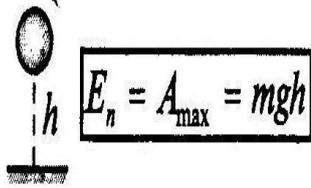


$$E = f(\text{состояния..тела})$$

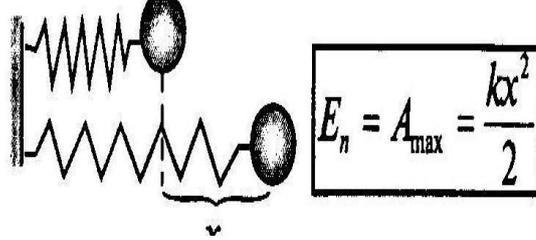
$$E = A_{\text{max}}$$

2. Потенциальная энергия – энергия взаимодействия

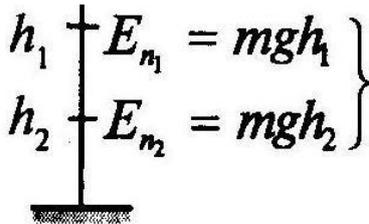
а) поднятого тела



б) упруго-деформир. Тела



в) СВЯЗЬ A и ΔE



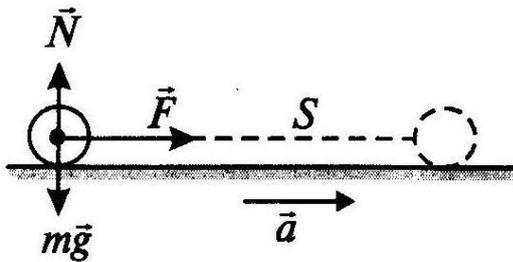
$$\Delta E_n = E_{n1} - E_{n2} = mgh_2 - mgh_1$$

$$A = mg(h_1 - h_2) = mgh_1 - mgh_2$$

Итак: $A = -\Delta E_n$

г) относительный хар-т E_n - выбор 0- уровня E_n

3. Кинетическая энергия – энергия движения



$$A = F \cdot S = ma \cdot \frac{V^2 - V_0^2}{2a} = \frac{mV^2 - mV_0^2}{2}$$

(1)

Если $V_0 = 0$, то, $A_{\max} = \frac{mV^2}{2}$

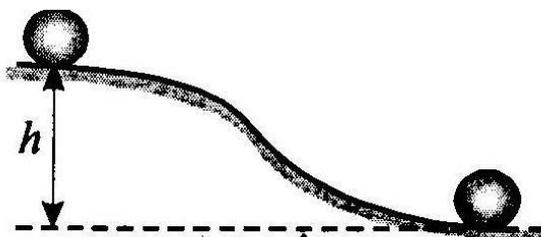
$$E_k = \frac{mV^2}{2}$$

Из (1): $A = \frac{mV^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} \Rightarrow A = \Delta E_k$ - теорема о E_k

4. Закон сохранения энергии (З.С.Э.)

$$\Delta E_n = -A_{\text{внут}}$$

$$\Delta E_k = A_{\text{внут}} + A_{\text{внешн.}}$$



$$\Delta E = \Delta E_n + \Delta E_k = A_{\text{внеш}}$$

$$\Delta E = A_{\text{внеш}} - \text{з.с.э.}$$

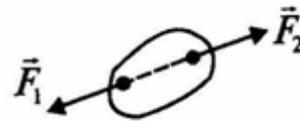
для незамкн. систем

$$\begin{cases} A_{\text{внеш}} = 0 \\ F_{\text{тр.внут}} = 0 \end{cases} \Rightarrow \Delta E = 0 \Rightarrow E_1 = E_2 \quad \text{з.с.э. для замкнутых}$$

систем

ОК-9 УСЛОВИЯ РАВНОВЕСИЯ ТЕЛ

1. Условия равновесия



1-е (для невращающихся тел) $\sum \vec{F} = 0$

2-е (для вращающихся тел)

$$\vec{N} + \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 0$$

$$x: 0 = F_1 \cdot \sin \alpha - F_2 \cdot \sin \beta$$

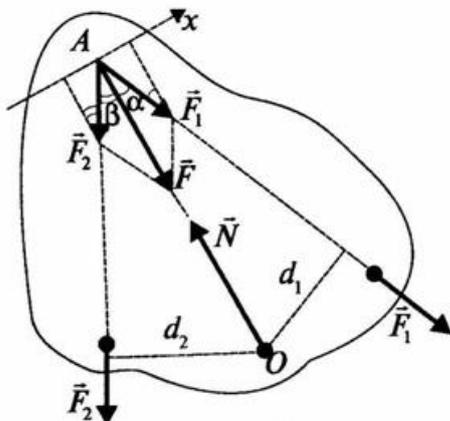
$$F_1 \cdot \sin \alpha = F_2 \cdot \sin \beta$$

$$F_1 \cdot \frac{d_1}{OA} = F_2 \cdot \frac{d_2}{OA}$$

$$F_1 \cdot d_1 = F_2 d_2$$

$$M_1 = M_2$$

О общем случае равновесие, если
 $\sum M_{\text{по часов}} = \sum M_{\text{против часов.}}$

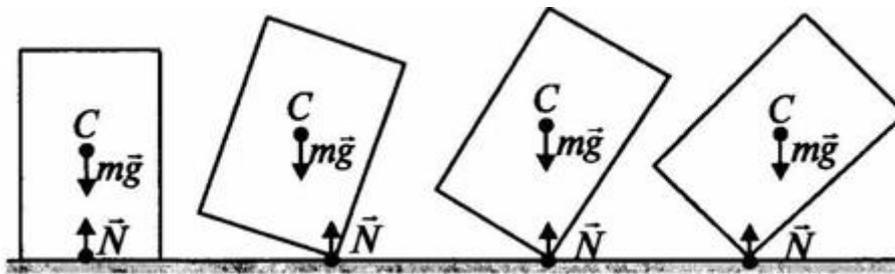


d_1, d_2 - плечи сил (\perp из оси вращения на линию действия силы)

2. Равновесие тел, имеющих точку опоры



3. Равновесие тел, имеющих площадь опоры



Равновесие – если отвесная линия, проходящая через ц.т., пересекает $S_{опор}$.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

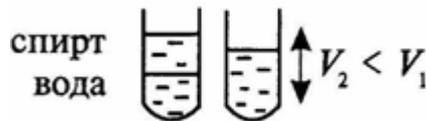
ОК-10

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ М.К.Т. И ИХ ПОДТВЕРЖДЕНИЕ

1. Вещество состоит из частиц (молекул, атомов, ионов), разделенных промежутками

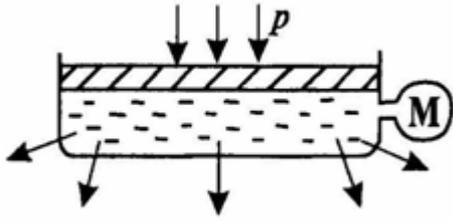
КОСВЕННЫЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВА:

- Дробление веществ (первокирпичик?!)
- Испарение
- Расширение и сжатие при Δt^0 или деформации
-



ПРЯМЫЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВА:

- Фотографии отдельных больших молекул
- Определение параметров молекул (d, m, v, \dots)
- Опыт Бриджмена

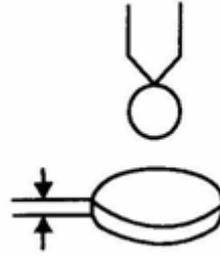


$$p=10^4 \text{ атм}$$

Просачивание масла через сталь

Размер молекул

Опыт Ленгмюра:



$$d = \frac{V}{S} = \frac{\frac{4}{3}\pi \cdot r^3}{\pi \cdot R^2} = \frac{4 \cdot r^3}{3 \cdot R^2}$$

$$d \approx 10^{-8} \text{ см}$$

$$m_r = \frac{m_0}{\frac{1}{12}m_{0c}} \text{ - относит. молекулярная (атомная) масса}$$

Кол-во в-ва $\nu = \frac{N}{N_A}$ -

N - число м. в данном теле

N_A - число атомов в 12 г С

Если $N = N_A$ то $\nu = 1$ моль -

N_A - число Авогадро - число атомов в моле любого вещества

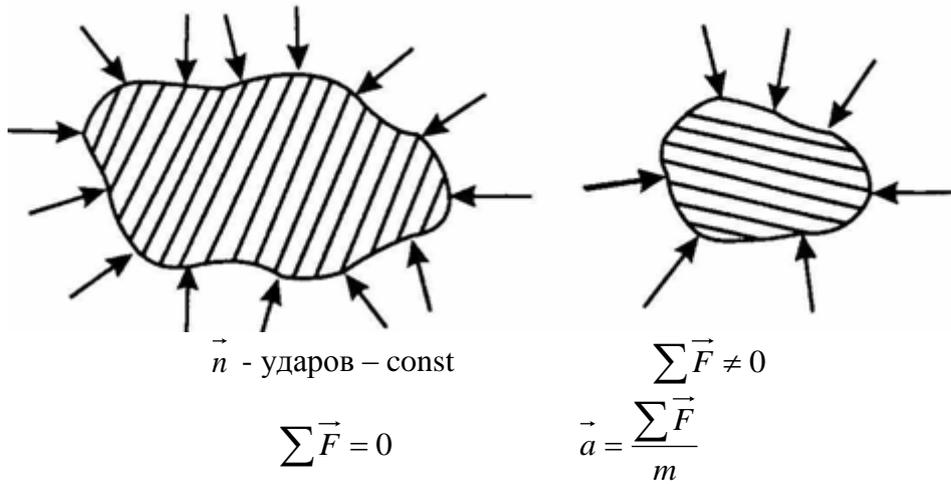
$$N_A = \frac{0,012 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{m_{0c}} = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

M - молярная масса (масса моля)

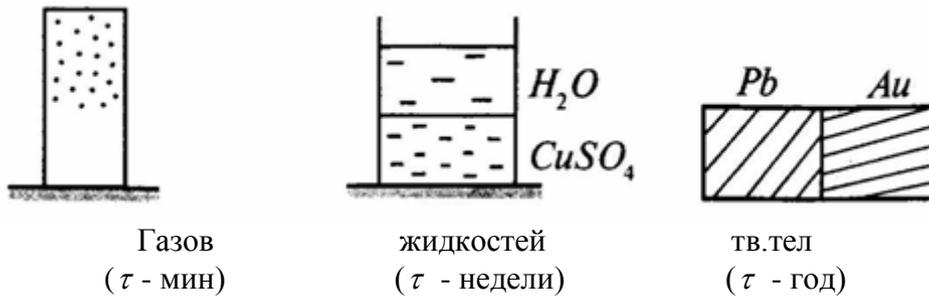
$$M = m_0 \cdot N_A = \frac{1}{12} m_{0c} \cdot m_r \cdot \frac{0,012}{m_{0c}} = 10^{-3} \cdot m_r \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

II. Частицы находятся в непрерывном хаотическом движении

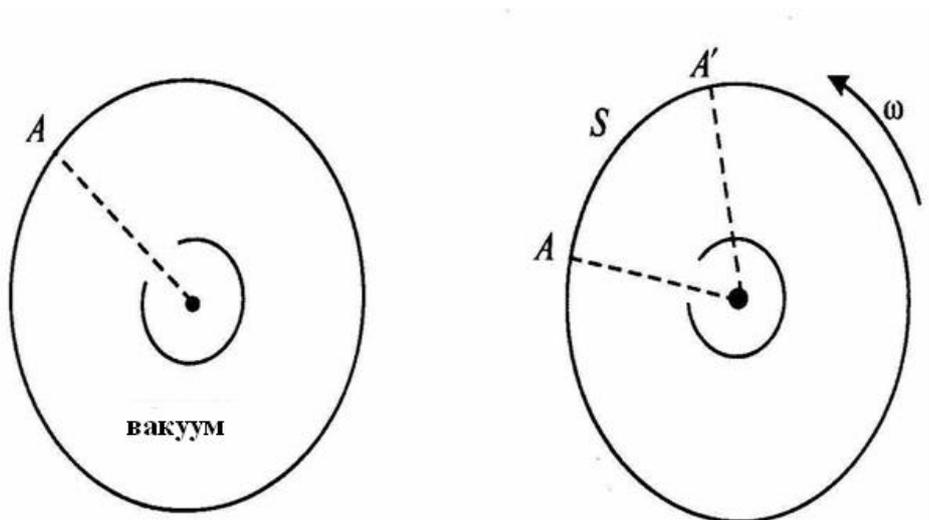
1. Броуновское движение – 1827 г.
 Теория Б.Д. – Эйнштейн – 1905 г.
 Опытная проверка – Перрен (фр.)



2. Диффузия – самопроизвольное перемешивание веществ



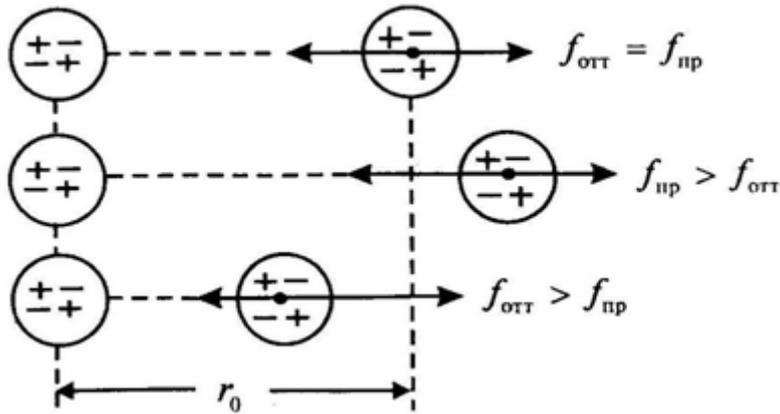
Диффузия зависит от t^0 (если $t^0 \uparrow \Rightarrow V_M \uparrow$)



$$\left. \begin{aligned} t &= \frac{R-r}{V_M} \\ t &= \frac{S}{V_y} = \frac{S}{\omega R} \end{aligned} \right\} \Rightarrow V_M = \frac{\omega R(R-r)}{S}$$

III. Частицы взаимодействуют друг с другом

Причина – электромагнитное взаимодействие \vec{e} и ядер соседних молекул

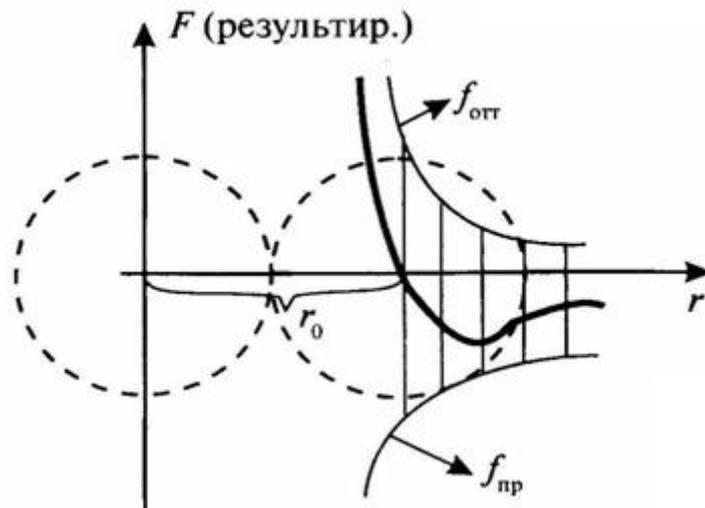


Примеры:

- Слипание свинцовых цилиндриков
- Прилипание стекла к воде
- Сопротивление растяжению и сжатию
- Малая сжимаемость твердых тел и жидкостей

F - короткодействующая, но

$$f_{пр} \propto \frac{1}{r^7} \quad f_{отт} \propto \frac{1}{r^9}$$



Если $f_{отт} = f_{пр} \Rightarrow F = 0$

Если $r \rightarrow \infty \Rightarrow F \rightarrow 0$

Если $r \rightarrow 0 \Rightarrow F \rightarrow \infty$

ОК-11 СТРОЕНИЕ ТВЕРДЫХ, ЖИДКИХ И ГАЗООБРАЗНЫХ ТЕЛ



$$\left. \begin{array}{l} p = \frac{2}{3} n \bar{E} \\ \bar{E} = \frac{3}{2} kT \end{array} \right\} \Rightarrow p = \hat{n} kT = \frac{\hat{N}}{V} kT \Rightarrow pV = \frac{m}{M} N_A kT$$

Универсальная газовая постоянная - $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$

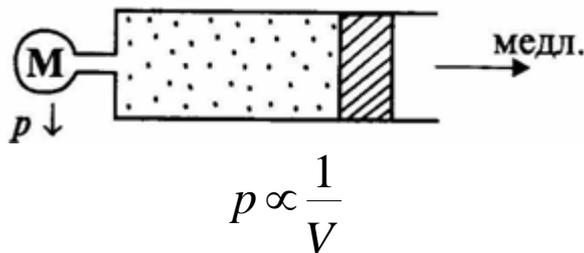
$$pV = \frac{m}{M} RT \quad \text{- уравнение Менделеева-Клайперона}$$

$$m, M - \text{const:} \quad \left. \begin{array}{l} p_1 V_1 = \frac{m}{M} RT_1 \\ p_2 V_2 = \frac{m}{M} RT_2 \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

Уравнение Клайперона

Изотермический процесс
(закон Б.М.)

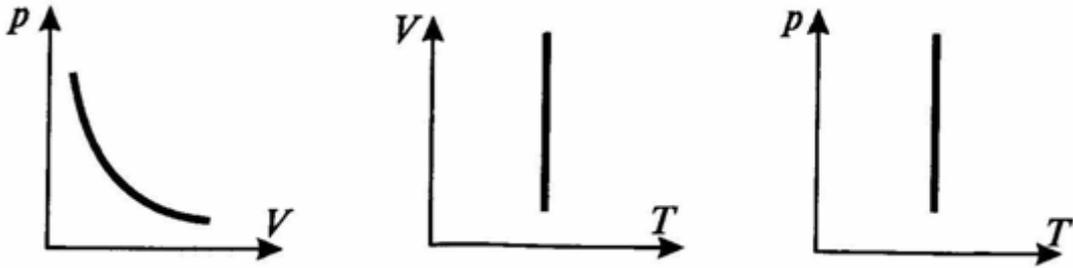
$T, m, M - \text{const}$



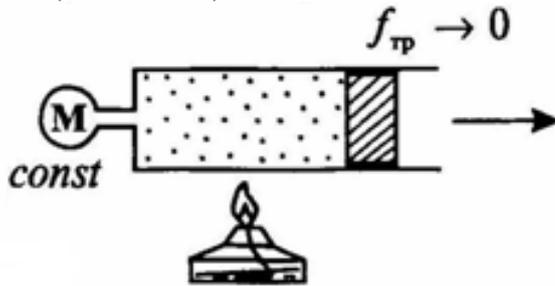
$$\left. \begin{array}{l} p_1 V_1 = \frac{m}{M} RT \\ p_2 V_2 = \frac{m}{M} RT \end{array} \right\} p_1 V_1 = p_2 V_2 \Rightarrow pV - \text{const}$$

Произведение « p » данной массы газа на его « V » постоянно, если « T » газа не меняется

Изотермы:



Изобарный процесс
(закон Г.-Л.)

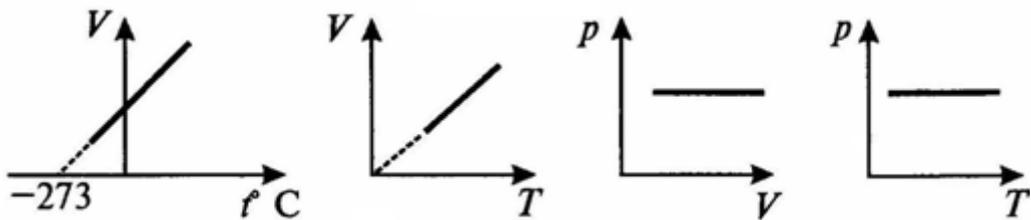


$p, m, M - const$

$$\left. \begin{aligned} pV_1 &= \frac{m}{M}RT_1 \\ pV_2 &= \frac{m}{M}RT_2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow V \propto T$$

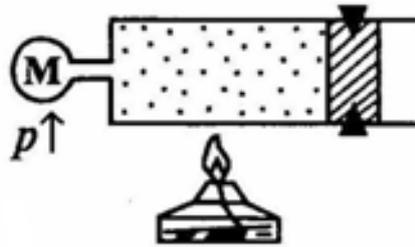
« V » данной массы газа при постоянной « p » пропорционален « T »

Изобары:



$V = V_0(1 + \alpha t)$, где $\alpha = \frac{1}{273}$ - термический коэффициент объемного расширения

Изохорный процесс
(закон Ш.)

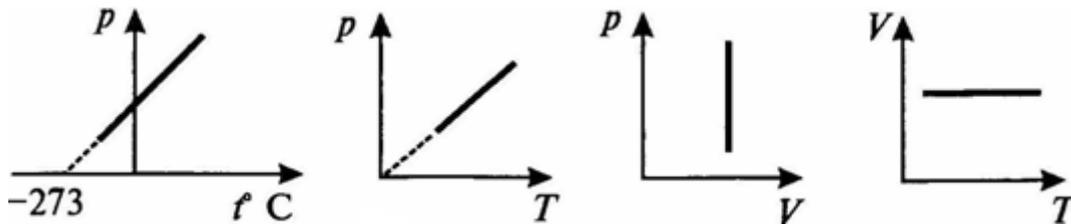


$$V, m, M - const$$

$$\left. \begin{aligned} p_1 V &= \frac{m}{M} R T_1 \\ p_2 V &= \frac{m}{M} R T_2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow p \propto T$$

« p » данной массы газа при постоянной « V » пропорционален « T »

Изохоры:



$$p = p_0(1 + \gamma t), \text{ где } \gamma = \frac{1}{273} - \text{термический коэффициент давления}$$

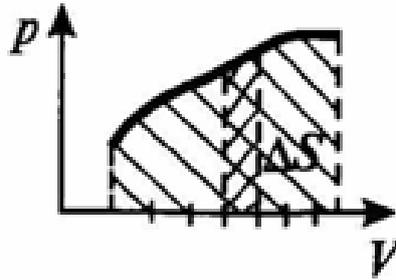
ОК – 13

ВНУТРЕННЯЯ ЭНЕРГИЯ

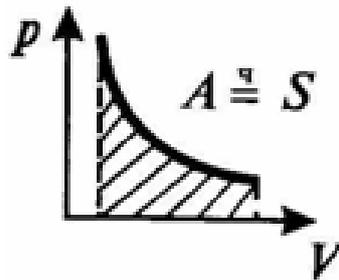
$$U = E_{k_M} + E_{n_M}$$

$$U = E_1 \cdot N_A \cdot \frac{m}{M} = \frac{3}{2} kT \cdot N_A \cdot \frac{m}{M} = \frac{3}{2} \cdot \frac{m}{M} \cdot R \cdot T \text{ для 1-атомного газа}$$

2. В общем случае



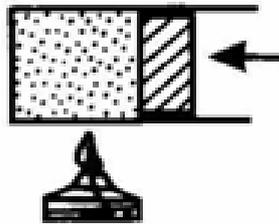
3. Изотермический процесс



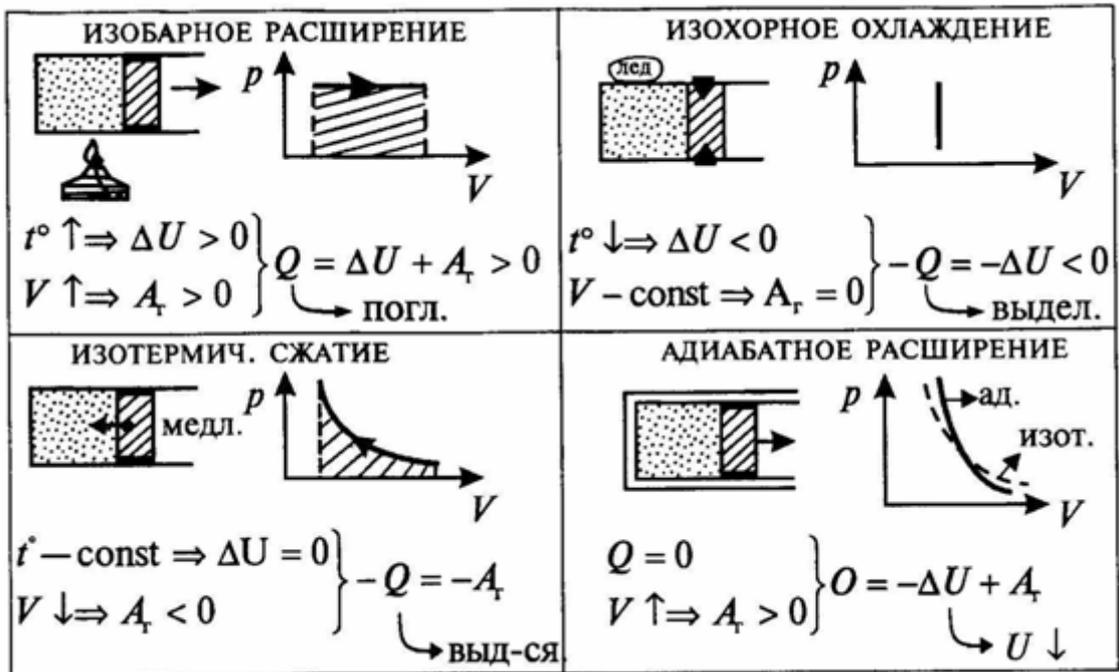
4. Изохорный процесс

$$\Delta V = 0 \Rightarrow A = 0$$

I ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ



$$\Delta U = Q + A_{\text{внешн.}} \quad \text{или} \quad \Delta U = Q - A_2$$
$$Q = \Delta U - A_2$$



ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Т.Д. – устройства, где часть $U \rightarrow A$

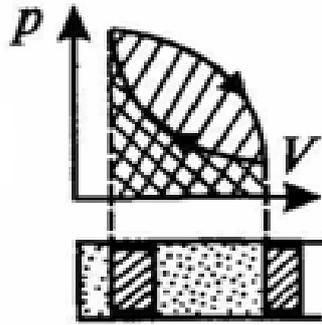
- Основные виды: турбинные, поршневые, реактивные
- Используется «А» расширения газа или пара
- Состоят из нагревателя, рабочего тела (газ, пар), холодильника → (для циклических)



$$Q_H = A_{пол} + Q_x + Q_{пол}$$

$$\eta = \frac{A_{пол}}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_x - Q_{пол}}{Q_H}$$

$$\eta < 1, \text{ даже если } Q_{пол} = 0$$

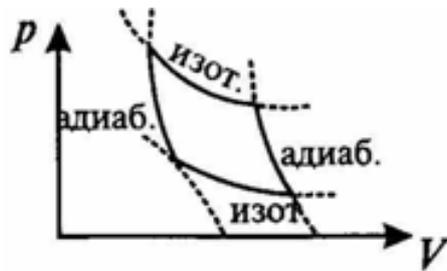


$$A_p > A_{сж}$$

$$A_n = A_p - A_{сж}$$

(если $A_p < A_{сж}$, то холодильная установка)

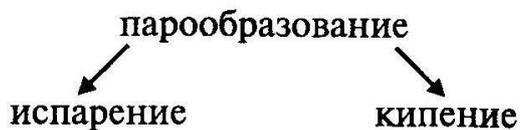
Идеальная тепловая машина Сади-Карно (фр.) – 1824 г.



$$\eta = \frac{T_H - T_X}{T_H} = 1 - \frac{T_X}{T_H}$$

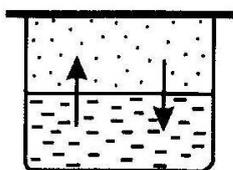
ВЗАИМНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ

① Насыщенный и ненасыщенный пар. Кипение

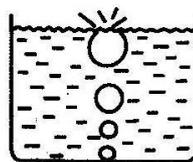


- а) при любой t°
б) со свободн. поверх. ж.

- а) при t° кип.
б) во всем объеме

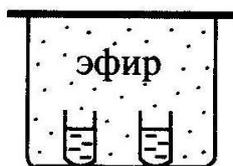


насыщенный пар
(ж. — пар — динамич. равнов.)

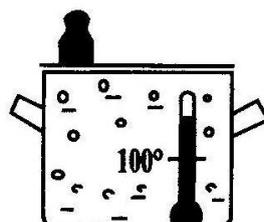


$$P_{\text{возд.}} + P_{\text{нас.}} = P_A + \rho gh$$

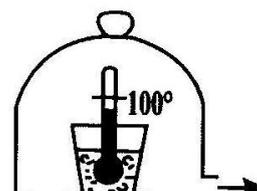
$t_{\text{кип.}}$ зависит от давления



ненасыщенный пар
(испарение > конденсац.)

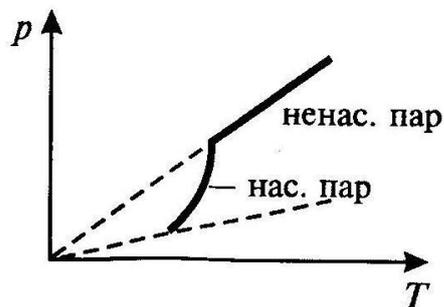
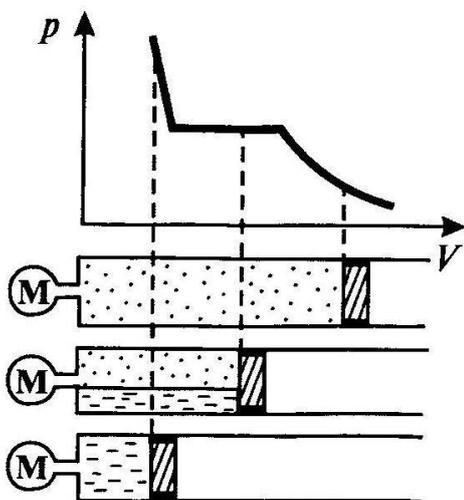


$$p \uparrow \Rightarrow t_k^\circ \uparrow$$



$$p \downarrow \Rightarrow t_k^\circ \downarrow$$

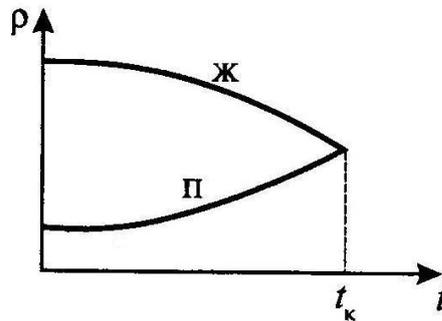
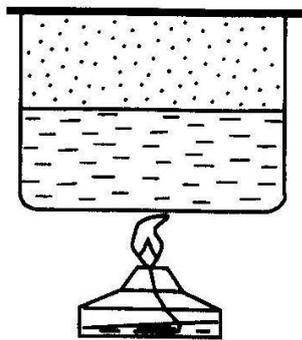
② Давление насыщенного пара



$$p \approx n \cdot k \cdot T$$

($p \uparrow$ за счет $n \uparrow$ и $T \uparrow$)

③ * Критическая температура



④ Влажность воздуха

Абсолютная — парциальное давление водяного пара
[Па, мм рт. ст.]

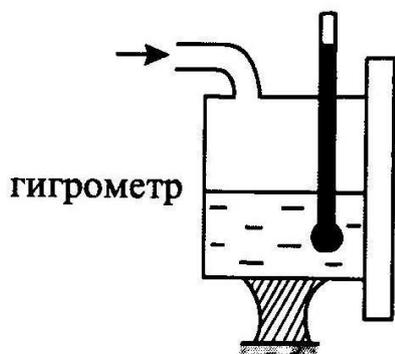
Относительная — $\varphi = \frac{p}{p_0} \cdot 100\%$ ($\varphi = \frac{p}{p_0} \cdot 100\%$)

p — парциальное давление водяного пара при данной t°

p_0 — давление насыщенного пара при той же t°

Точка росы — температура, при которой пар
становится насыщенным

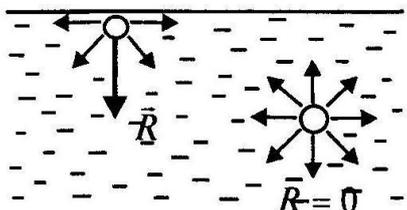
П Р И Б О Р Ы:



Значение влажности —

ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ. СМАЧИВАНИЕ. КАПИЛЛЯРНОСТЬ

① Поверхностное натяжение



Молек. поverd. слоя стремится ↓
 $\Rightarrow \rho_{\text{н.с.}} < \rho_{\text{внутри}} \Rightarrow f_{\text{притяж. м.}} \uparrow \Rightarrow$
 \Rightarrow создается своеобразн. натяжение

② Поверхностная энергия

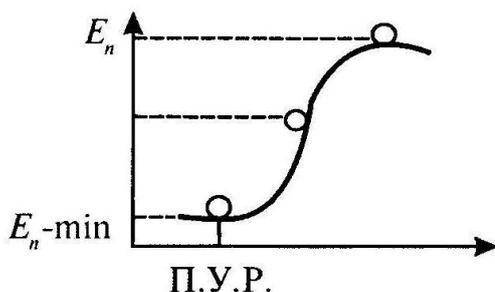
Если м. перемещ-ся вверх, то соверш-ся «А» против «R»

\Rightarrow м. получает энергию E_n

$\Sigma E_n = U_n$ — поверхностная энергия

$U_n \sim S \Rightarrow U_n = \sigma \cdot S$

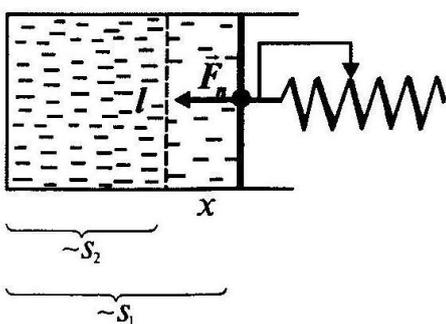
σ — коэфф. поverd. натяжения $\sigma = f(\text{вида ж., } t^\circ)$



Принцип $\min E_n$: все тела стремится к П.У.Р., но П.У.Р. при $E_n - \min$

$U_n - \min$, если $S - \min$ — ж. стремится принять форму шара

③ Сила поverd. натяжения



Опыт: $F_n \sim l \Rightarrow F_n = \sigma \cdot l$

$$[\sigma] = \frac{H}{M}$$

F_n направл. по касат. к поverdн. жидк.

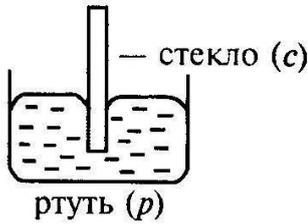
\perp границе поverdн. слоя

$$A = 2Fx = -(U_{n_2} - U_{n_1}) = -(\sigma \cdot 2S_2 - \sigma \cdot 2S_1)$$

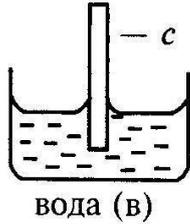
$$2Fx = 2\sigma(S_1 - S_2) = 2\sigma l$$

$$F = \sigma l$$

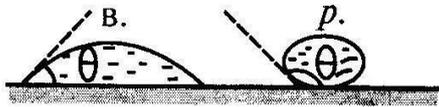
④ Смачивание



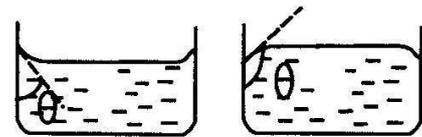
$$f_{p-p} > f_{p-c} \text{ — ртуть не смачивает стекло}$$



$$f_{c-в} > f_{в-в} \text{ — вода смачивает стекло}$$

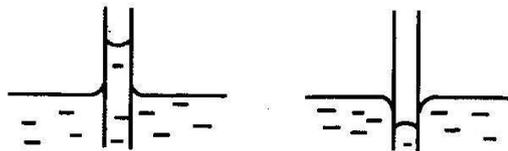


смачив. ж. стремятся растечься,
несмач. ж. — стянуться в шар
 θ — краевой угол

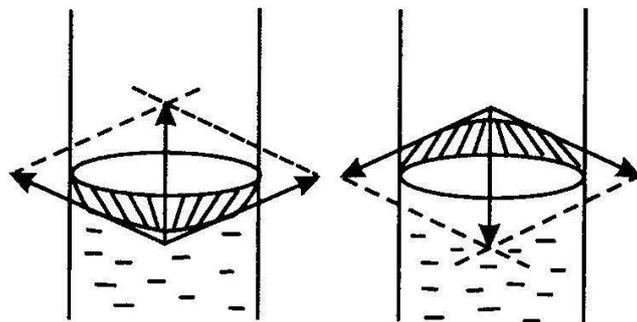


искривл. поверхн. ж. — мениск

⑤ Капиллярность



Под действием ΣF_n
создается дополнительное
(лапласовское) давление \Rightarrow
подъем (опускание) ж.



$$P_{л} = \frac{F_n}{S} = \frac{\sigma l}{S} = \frac{\sigma \cdot 2\pi r}{\pi r^2} = \frac{2\sigma}{r}$$

($S_{\text{поверхн. ж.}} \approx S_{\text{капилл.}}$)

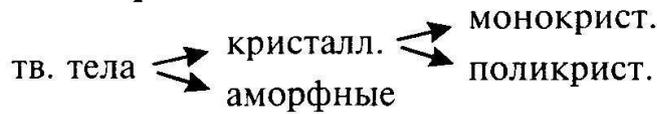
Подъем (опускание) ж. происходит до тех пор, пока

$$P_{л} = \rho g h \Rightarrow \frac{2\sigma}{r} = \rho g h \Rightarrow \boxed{h = \frac{2\sigma}{\rho g r}}$$

Значение — промокашка, фитиль, полотенце, кирпич,
питание растений, боронование,...

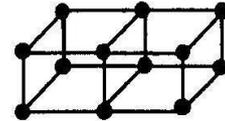
СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ ТЕЛ

① Свойства кристаллов



1) ЧАСТИЦЫ РАСПОЛОЖЕНЫ УПОРЯДОЧЕННО
виды кристалл. решеток:

- | | |
|--------------------|----------------------|
| а) ионные (NaCl) | в) металлич. (Cu) |
| б) атомные (алмаз) | г) молекулярн. (лед) |



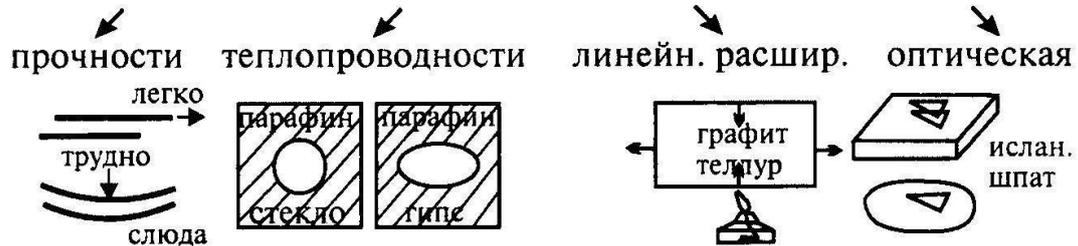
2) ОБЛАДАЮТ ПОЛИМОРФИЗМОМ
(образование различн. структур одинаков. атомами)



- | | |
|-----------------------------|---------------------------|
| а) тв. тело, драгоц. камень | а) мягкий минерал |
| б) не проводит эл-во | б) проводит эл-во |
| в) сгорает в струе кислор. | в) делают огнеупор. глину |

3) АНИЗОТРОПИЯ (для монокристаллов)

(неодинаковость физич. свойств по разным направлениям)



СВОЙСТВА АМОРФНЫХ ТЕЛ (ВАР, КАНИФОЛЬ, СТЕКЛО,...)

- нет строгого порядка (есть ближний порядок)
- изотропны
- не имеют постоянн. t° плавл.
- при повышении t° текут (застывшие жидкости)

②* Тепловое расширение

0°C $\overline{\quad l_0 \quad}$

$t^\circ \text{C}$ $\overline{\quad l \quad}$

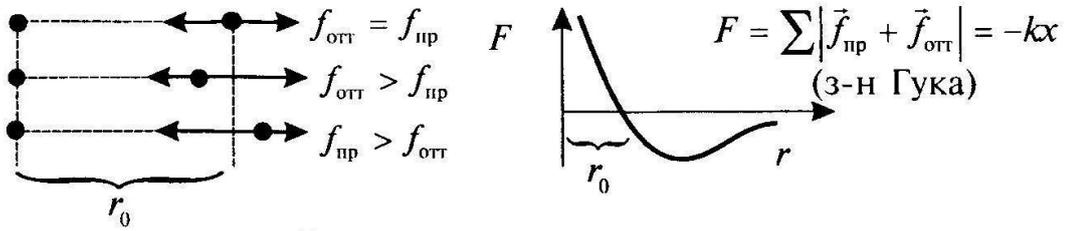
$$l = l_0(1 + \beta t)$$

$$S = S_0(1 + 2\beta t)$$

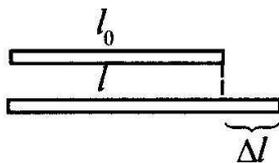
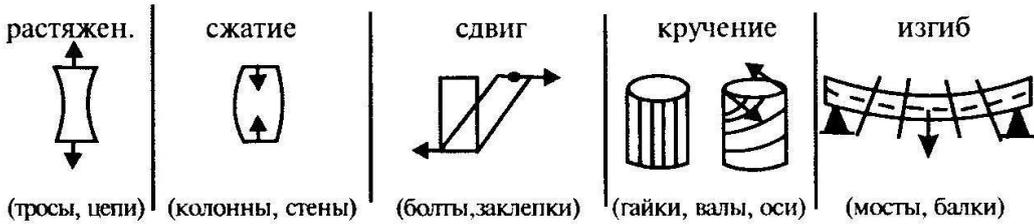
$$V = V_0(1 + 3\beta t)$$

③ * Деформация. Механическое напряжение

Деформация — изменение формы или «V» под действ. внешних сил



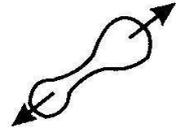
В И Д Ы Д Е Ф О Р М А Ц И Й:



Δl — абсолютное удлинение

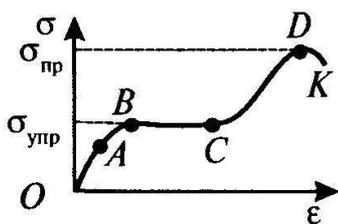
$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$ — относительное удлинение

$\sigma = \frac{|F_y|}{S}$ — мех. напряжение



упругость — свойство тел восстанавливать форму (резинка)

пластичность — свойство тел не восстанавливать форму (пластилин)



OA — область упругих деформаций

σ_b — предел упругости

BC — область текучести материала

σ_D — предел прочности

хрупкость — свойства тел разрушаться при малой деформации

④ Закон Гука

участок OA: $\sigma \sim \epsilon \Rightarrow \sigma = E \cdot \epsilon$

$$\frac{F}{S} = E \cdot \frac{\Delta l}{l_0} \Rightarrow \boxed{F = \frac{E \cdot S}{l_0} \cdot \Delta l} \quad F \sim \Delta l$$

$E = \frac{F \cdot l_0}{S \cdot \Delta l}$ — модуль Юнга.

$$[E] = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = \text{Па}$$

E характеризует сопротивляемость материала деформации

Содержание

Введение	3
Механика	5
ОК-1. Кинематика	5
ОК-2. Динамика	7
ОК-3. Силы в природе	8
ОК-4. Криволинейное движение	10
ОК-5. Движение под действием силы тяжести	13
ОК-6. Закон сохранения движения	15
ОК-7. Механическая работа и мощность	16
ОК-8. Энергия	17
ОК-9. Условия равновесия тел	18
ОК-10. Основные положения М.К.Т. и их подтверждение	19
ОК-11. Строение твердых, жидких и газообразных тел	23
ОК-12. Газовые законы	24
ОК-13. Внутренняя энергия	26
ОК-14. Взаимные превращения жидкостей и газов	28
ОК-15. Поверхностное натяжение. Смачивание. Капиллярность. 30	
ОК-16. Свойства твердых тел	32

Редактор:

Подписано в печать

Объем 3 п.л.

Формат бумаги 60x84/16

Тираж экз.

Заказ №

Типография ТашИИТ

г.Ташкент, ул. Адылходжаева, 1