

О НЕКОТОРЫХ ПРИНЦИПАХ ПОСТРОЕНИЯ КУРСА ФИЗИКИ В ШКОЛЕ НА ПРИМЕРЕ НОВОГО УЧЕБНО- МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКТА

А.В. Грачев, В.А. Погожев,
А.М. Салецкий, П.Ю. Боков.

Восприятие школьников

- ❑ Физика – наука, содержащая набор огромного числа не связанных между собой понятий, экспериментальных фактов, величин, законов и формул
 - ❑ Нарушено ощущение целостности и логической стройности курса и, как следствие, у школьников формируется бессистемный набор разрозненных сведений из разных разделов курса
-

Восприятие школьников

- ❑ Огромное количество разных, непохожих друг на друга задач

Результат – страх, неуверенность в собственных силах

- ❑ Задача – изменить ситуацию
 - ❑ Путь – соблюдение некоторых методологических принципов построения курса физики
-

УМК Физика 7-9 и 10-11

Базовый и профильный уровни

Грачев А.В., доцент, к.ф.-м.н., Лауреат Ломоносовской премии 2008

Погожев В.А., доцент, к.ф.-м.н., Лауреат Ломоносовской премии 2010

Салецкий А.М., профессор, зав. Кафедрой общей физики, д.ф.-м.н., Лауреат Ломоносовской премии, 1998 2004 (наука)

Боков П.Ю., старший преподаватель, к.ф.-м.н., учитель физики Московской гимназии на Юго-Западе № 1543

Преподаватели кафедры общей физики физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова

Логически последовательное изложение
каждого раздела с параллельным
изучением итоговых таблиц и схем

- Цель: систематизация
знаний+возможность поэтапного
контроля
 - Задача-максимум: Убедить
школьника в том, что курс физики
представляет собой логически
стройную теорию, базирующуюся
на более чем ограниченном
количестве утверждений
-

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ И ТЕРМОДИНАМИКИ

Все процессы в этих разделах рассматриваются в ИСО, в которой центр масс термодинамической системы покоится.

Все вещества состоят из частиц. Эти частицы находятся в непрерывном хаотическом движении. Частицы взаимодействуют друг с другом.

Основное уравнение МКТ

$$p = \frac{1}{3} \cdot n \cdot m_0 \cdot v^2$$

Физический смысл температуры

$$\frac{m_0 \cdot v^2}{2} = \frac{3}{2} \cdot k \cdot T,$$

$$k = \frac{R}{N_A} \approx 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

Внутренняя энергия идеального одноатомного газа

$$U = N \cdot \frac{m_0 \cdot v^2}{2} = \frac{3}{2} \cdot \nu \cdot R \cdot T$$

Применение первого закона термодинамики к изопроцессам

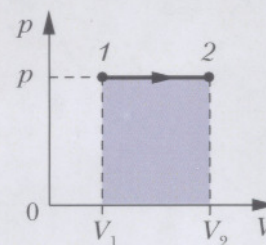
$$Q_{12} = U_2 - U_1 + A_{12}$$

Изолированная термодинамическая система самопроизвольно переходит в состояние термодинамического равновесия. (Нулевой закон термодинамики)

Уравнение состояния вещества
Уравнение Менделеева – Клапейрона

$$p \cdot V = \nu \cdot R \cdot T = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T$$

$U_0 + A + Q = U_k$
(Первый закон термодинамики)



$$A = p \cdot \Delta V = p \cdot (V_2 - V_1)$$

ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ

Импульс материальной точки в ИСО:

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}.$$

Изменение импульса материальной точки в ИСО:

$$\Delta \vec{p} = \vec{F} \cdot \Delta t,$$

где $\vec{F}$ – сумма всех действующих на тело сил, Δt – время их действия.

Импульс системы материальных точек:

$$\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots + \vec{p}_N$$

Изменение суммарного импульса системы материальных точек в ИСО:

$$\Delta \vec{p} = (\vec{F}_{1\text{ex}} + \vec{F}_{2\text{ex}} + \dots + \vec{F}_{N\text{ex}}) \cdot \Delta t,$$

где $\vec{F}_{1\text{ex}} + \vec{F}_{2\text{ex}} + \dots + \vec{F}_{N\text{ex}}$ – сумма всех внешних сил.

Закон сохранения импульса

Если сумма всех внешних сил, действующих на тела системы, равна нулю, то импульс системы тел в ИСО не изменяется с течением времени (сохраняется).

$$\text{Если } (\vec{F}_{1\text{ex}} + \vec{F}_{2\text{ex}}) = 0, \text{ то } \Delta \vec{p} = 0.$$

Закон сохранения проекции импульса

Если проекция на координатную ось ИСО суммы всех внешних сил, действующих на тела системы, равна нулю, то проекция импульса системы тел на эту ось не изменяется с течением времени (сохраняется).

Центром масс системы, состоящей из N материальных точек, называют точку, радиус-вектор которой равен отношению суммы произведений массы каждой точки на её радиус-вектор к сумме масс этих точек:

$$\vec{r}_{\text{цм}} = \frac{m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2 + \dots + m_N \vec{r}_N}{m_1 + m_2 + \dots + m_N}.$$

Теорема о движении центра масс системы

Ускорение $\vec{a}$ центра масс системы, состоящей из N материальных точек, в ИСО равно отношению суммы всех внешних сил, действующих на точки этой системы, к сумме масс всех её точек:

$$\vec{a}_{\text{цм}} = \frac{\vec{F}_{1\text{ex}} + \vec{F}_{2\text{ex}} + \dots + \vec{F}_{N\text{ex}}}{m_1 + m_2 + \dots + m_N}.$$

Ступенчатость изложения

- Обусловлена отсутствием необходимого математического аппарата: идем от простого к сложному

Преемственность

- Введенные на начальных этапах понятия, определения и формулировки основных законов используются и в старших классах

Переучивать сложнее, чем учить!

Классификация задач: цель

- ❑ Научить ориентироваться
- ❑ Показать, что число видов задач весьма ограничено

Алгоритмы решения задач с примерами: цель

- ❑ Приучить к логически правильной последовательности действий при решении задач
 - ❑ Научить самостоятельно разрабатывать такие последовательности
-

Уровневая дифференциация+возможность самообразования

- ❑ Наличие параграфов для доп.изучения
 - ❑ Наличие разнообразных задач повышенного уровня сложности
 - ❑ Недостаток часов физики в школе не должен лишать школьника возможности самостоятельно осваивать более сложные темы
-

Цели:

- ☐ Сделать курс доступным
 - ☐ Заложить правильную базу для поэтапного систематического изучения физики в соответствии с современными требованиями
-

Состав УМК

Вышло в свет:

- ☐ Учебник «Физика-7»
- ☐ Учебник «Физика-8»
- ☐ Учебник «Физика-9»
- ☐ Учебник «Физика-10»
- ☐ Учебник «Физика-11»
- ☐ Рабочая тетрадь к учебнику «Физика-7», части 1 и 2
- ☐ Рабочая тетрадь к учебнику «Физика-8», часть 1 и 2
- ☐ Рабочая тетрадь к учебнику «Физика-9», часть 1, 2 и 3
- ☐ Книга для учителя к учебнику «Физика-7», «Физика-8»
- ☐ Программы 7-9 и 10-11 классы

В печати:

- ☐ Рабочая тетрадь к учебнику «Физика-10»
 - ☐ Книга для учителя к учебнику «Физика-9»
-

Структура УМК «Физика-10» **авт. Грачев А.В., Погожев В.А.,** **Салецкий А.М., Боков П.Ю.**

Физический факультет МГУ,
Москва, Россия

Авторский коллектив

- ❑ Грачев А.В., доцент, к.ф.-м.н., Лауреат Ломоносовской премии 2008
 - ❑ Погожев В.А., доцент, к.ф.-м.н., Лауреат Ломоносовской премии 2010
 - ❑ Салецкий А.М., профессор, д.ф.-м.н., зав. кафедрой общей физики, Лауреат Ломоносовской премии 1998, 2004 (наука)
 - ❑ Боков П.Ю., старший преподаватель, к.ф.-м.н., учитель физики Московской гимназии на Юго-Западе №1543
 - ❑ Преподаватели кафедры общей физики физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова
-

Кинематика

1. Положение тела в пространстве. Системы отсчета. Способы описания механического движение
 2. Перемещение. Путь
 3. Скорость
 4. Равномерное прямолинейное движение.
 5. Решение задач кинематики равномерного прямолинейного движения
 6. Сложение движений
 7. Ускорение. Прямолинейное равноускоренное движение
 8. Решение задач о равноускоренном движении
 9. Равномерное движение по окружности
 10. Равноускоренное движение по окружности
-

Кинематика твердого тела

- 11. Поступательное и вращательное движения твердого тела
 - 12. Сложение поступательного и вращательного движений.
Плоское движение
 - 13. Примеры решения задач о
плоском движении
-

КИНЕМАТИКА

МЕХАНИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ — это

Для его описания необходима

СИСТЕМА ОТСЧЁТА

изменение
положения тела
или его частей

СИСТЕМА
КООРДИНАТ

относительно
других тел

ТЕЛО
ОТСЧЁТА

с течением
времени

ЧАСЫ

ТРАЕКТОРИЯ — линия, в каждой точке которой последовательно находилась, находится или будет находиться движущееся точечное тело (точка).

Скорость точечного тела в момент времени t :

$$\vec{v}(t) = \frac{\vec{r}(t + \Delta t) - \vec{r}(t)}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}, \text{ где } \Delta t \rightarrow 0.$$

Ускорение точечного тела в момент времени t :

$$\vec{a}(t) = \frac{\vec{v}(t + \Delta t) - \vec{v}(t)}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}, \text{ где } \Delta t \rightarrow 0.$$

РАВНОМЕРНОЕ ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ ДВИЖЕНИЕ ВДОЛЬ ОСИ X

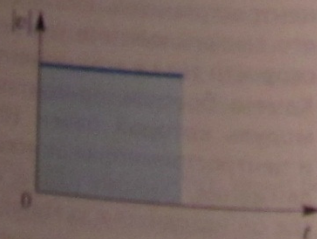
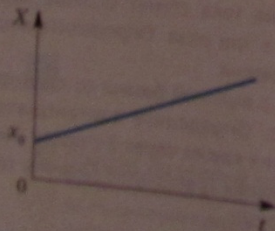
Закон движения:

$$x(t) = x_0 + v_x \cdot t,$$

где $v_x = \text{const.}$

Путь за время от 0 до t :

$$S = |x(t) - x_0| = |v_x| \cdot t.$$



РАВНОУСКОРЕННОЕ ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ ДВИЖЕНИЕ ВДОЛЬ ОСИ X

Закон движения:

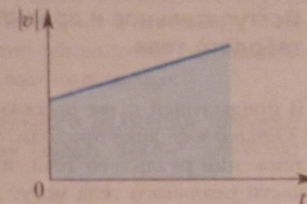
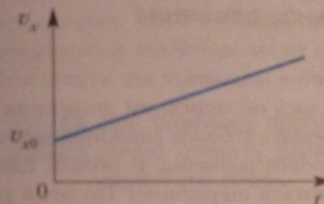
$$x(t) = x_0 + v_{x0} \cdot t + \frac{a_x \cdot t^2}{2}, \quad a_x = \text{const.}$$

Путь за время от 0 до t :

$$S = v_{x0} \cdot t + \frac{a_x \cdot t^2}{2}.$$

Закон изменения скорости:

$$v_x(t) = v_{x0} + a_x \cdot t.$$



РАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ ПО ОКРУЖНОСТИ

Закон движения:

$$\varphi(t) = \varphi_0 + \omega \cdot t, \text{ где } \omega = \text{const.}$$

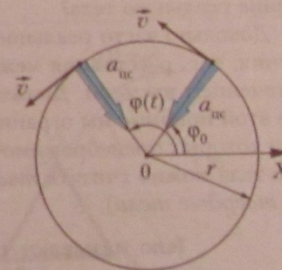
$$\text{Угловая скорость: } \omega = \frac{\varphi(t) - \varphi_0}{t} = \frac{\Delta \varphi}{t}.$$

Модуль линейной скорости: $v = \omega \cdot r$.

$$\text{Частота вращения: } \nu = \frac{N}{t}.$$

$$\text{Период вращения: } T = \frac{1}{\nu} = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{t}{N}.$$

Движущаяся равномерно по окружности точечное тело (точка) имеет ускорение, направленное к центру окружности (центростремительное ускорение), модуль которого $a_{\text{ис}} = \omega^2 \cdot r = \frac{v^2}{r}$.



Динамика

- 14. Закон инерции. ИСО. Первый закон Ньютона
 - 15. Сила. Измерение сил
 - 16. Инертность. Масса. Второй закон Ньютона
 - 17. Взаимодействие тел. Третий закон Ньютона
 - 18. Деформации. Сила упругости. Закон Гука
 - 19. Сила трения
 - 20. Решение задач о движении тела под действием нескольких сил
 - 21. Решение задач о движении взаимодействующих тел
 - 22. Решение задач, требующих анализа возможных вариантов движения и взаимодействия тел
-

Динамика

23. Динамика равномерного движения материальной точки по окружности

24. Динамика равноускоренного движения материальной точки по окружности

25. Закон всемирного тяготения. Движение планет и искусственных спутников

26. Принцип относительности Галилея. ИСО и НИСО

ДИНАМИКА

Первый закон Ньютона

Инерциальные системы отсчёта существуют

Систему отсчёта называют инерциальной (ИСО), если в ней свободная (удалённая от всех других объектов) материальная точка покоится или движется равномерно и прямолинейно.

Силой в механике называют векторную физическую величину, характеризующую действие одного тела на другое, в результате которого это другое тело получает ускорение в инерциальной системе отсчёта.

Второй закон Ньютона

В ИСО ускорение $\vec{a}$ материальной точки равно отношению суммы $\vec{F}$ всех действующих на неё сил к её массе: $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$.

Третий закон Ньютона

Два тела взаимодействуют друг с другом с силами:

- 1) равными по модулю;
- 2) противоположными по направлению;
- 3) лежащими на одной прямой.

Силы взаимодействия двух тел всегда являются силами одной природы.

Силы взаимодействия приложены к разным телам и поэтому не могут уравновешивать друг друга.

Закон всемирного тяготения

Все тела во Вселенной притягиваются друг к другу. Силы этого притяжения называют силами всемирного тяготения или гравитационными силами.

Две материальные точки массами m_1 и m_2 притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной произведению их масс и обратно пропорциональной квадрату расстояния R между ними: $|\vec{F}| = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{R^2}$, где гравитационная постоянная $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$.

Принцип относительности Галилея

Все механические процессы протекают одинаково во всех инерциальных системах отсчёта при одинаковых начальных условиях. Другими словами, во всех ИСО законы динамики имеют один и тот же вид.

Название силы	Обозначение	На какое тело действует	Какое тело действует	Чему равна по модулю	Куда направлена	Проявление действия силы
Сила тяжести	$m \cdot \vec{g}$	На тело у поверхности Земли	Земля	$m \cdot g$	Вертикально вниз	Притягивает к Земле
Сила упругости	$\vec{F}_{\text{упр}}$	На тело, вызвавшее деформацию	Деформированное тело	Пропорциональна деформации: $k \cdot \Delta l$	В сторону, противоположную деформации	Стремится сдвинуть деформирующее тело
Сила реакции горизонтальной опоры	$\vec{N}$	На тело, лежащее на горизонтальной опоре	Горизонтальная опора	Силе тяжести тела	Вертикально вверх	Уравновешивает силу тяжести
Вес тела, лежащего на опоре	$\vec{P}$	На опору	Тело, лежащее на опоре	Силе реакции опоры	Вертикально вниз	Деформирует опору
Вес тела на подвесе	$\vec{P}$	На подвес	Висящее тело	Силе упругости подвеса	Вертикально вниз	Растягивает подвес
Сила сухого трения скольжения	$\vec{F}_{\text{тр}}$	На тело, скользящее по поверхности	Поверхность, по которой скользит тело	$\mu \cdot N$	В сторону, противоположную движению тела	Препятствует относительному движению
Сила Архимеда	$\vec{F}_A$	На тело, погружённое в жидкость (газ)	Окружающая жидкость (газ)	$\rho \cdot g \cdot V$	Вертикально вверх	Выталкивает тело

Законы сохранения

27. Импульс. Изменение импульса материальной точки.

28. Система тел. Закон сохранения импульса.

29. Центр масс. Теорема о движении центра масс.

ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ

Импульс материальной точки в ИСО:

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}.$$

Импульс системы материальных точек:

$$\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots + \vec{p}_N$$

Изменение импульса материальной точки в ИСО:

$$\Delta \vec{p} = \vec{F} \cdot \Delta t,$$

где $\vec{F}$ – сумма всех действующих на тело сил, Δt – время их действия.

Изменение суммарного импульса системы материальных точек в ИСО:

$$\Delta \vec{p} = (\vec{F}_{1ex} + \vec{F}_{2ex} + \dots + \vec{F}_{Nex}) \cdot \Delta t,$$

где $\vec{F}_{1ex} + \vec{F}_{2ex} + \dots + \vec{F}_{Nex}$ – сумма всех внешних сил.

Закон сохранения импульса

Если сумма всех внешних сил, действующих на тела системы, равна нулю, то импульс системы тел в ИСО не изменяется с течением времени (сохраняется).

$$\text{Если } (\vec{F}_{1ex} + \vec{F}_{2ex}) = 0, \text{ то } \Delta \vec{p} = 0.$$

Закон сохранения проекции импульса

Если проекция на координатную ось ИСО суммы всех внешних сил, действующих на тела системы, равна нулю, то проекция импульса системы тел на эту ось не изменяется с течением времени (сохраняется).

Центром масс системы, состоящей из N материальных точек, называют точку, радиус-вектор которой равен отношению суммы произведений массы каждой точки на её радиус-вектор к сумме масс этих точек:

$$\vec{r}_{\text{цм}} = \frac{m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2 + \dots + m_N \vec{r}_N}{m_1 + m_2 + \dots + m_N}.$$

Теорема о движении центра масс системы

Ускорение $\vec{a}$ центра масс системы, состоящей из N материальных точек, в ИСО равно отношению суммы всех внешних сил, действующих на точки этой системы, к сумме масс всех её точек:

$$\vec{a}_{\text{цм}} = \frac{\vec{F}_{1ex} + \vec{F}_{2ex} + \dots + \vec{F}_{Nex}}{m_1 + m_2 + \dots + m_N}.$$

Законы сохранения

- 30. Работа силы. Мощность
- 31. Кинетическая энергия
- 32. Потенциальная энергия
- 33. Механическая энергия системы тел. Изменение механической энергии системы тел. Закон сохранения механической энергии
- 34. Решение задач с использованием законов сохранения

МЕХАНИЧЕСКАЯ РАБОТА. МЕХАНИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ. ЗАКОНЫ ИЗМЕНЕНИЯ И СОХРАНЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Работой постоянной силы $\vec{F}$, действующей на материальную точку, при перемещении этой точки на $\Delta\vec{r}$ называют произведение модулей силы и перемещения, умноженное на косинус угла между ними: $A = F \Delta r \cos \alpha$.

Кинетическая энергия материальной точки массой m , движущейся в ИСО со скоростью $\vec{v}$, равна
$$K = \frac{mv^2}{2}.$$

Теорема о кинетической энергии
Изменение кинетической энергии материальной точки в ИСО равно совершенной над ней работе: $A = K_k - K_0$.

Кинетическая энергия системы материальных точек равна сумме их кинетических энергий: $K = K_1 + K_2 + \dots + K_N$.

Изменение кинетической энергии системы тел в ИСО $K_k - K_0$ равно совершенной над ними работе A , равной работе $A_{\text{п}}$ внутренних потенциальных сил, $A_{\text{тр}}$ внутренних сил трения и A_{ex} внешних сил:
$$K_k - K_0 = A_{\text{п}} + A_{\text{тр}} + A_{\text{ex}}.$$

Изменение механической энергии системы тел в ИСО равно сумме работ внутренних сил трения $A_{\text{тр}}$ и внешних сил A_{ex} над телами системы.
$$(K_k + \Pi_k) - (K_0 + \Pi_0) = A_{\text{тр}} + A_{\text{ex}}, \text{ или } E_k - E_0 = A_{\text{тр}} + A_{\text{ex}}.$$

Закон сохранения механической энергии

Если суммарная работа внутренних сил трения и внешних сил над телами системы равна нулю, то механическая энергия системы тел в ИСО не изменяется (сохраняется).

Если $A_{\text{тр}} + A_{\text{ex}} = 0$, то $E_0 = E_k$ (или $\Pi_0 + K_0 = \Pi_k + K_k$).

Потенциальными называют силы, работа которых не зависит от вида траектории, а определяется только начальным и конечным положениями материальной точки, на которую они действуют.

Потенциальной Π называют энергию системы, которая определяется расположением тел системы или их частей и потенциальными силами взаимодействия между ними. Потенциальная энергия:

- 1) системы «тело – Земля» $\Pi = mgh$,
- 2) деформированной пружины

$$\Pi = \frac{k\Delta l^2}{2}.$$

Изменение потенциальной энергии системы $\Pi_k - \Pi_0 = -A_{\text{п}}$, где $A_{\text{п}}$ – работа внутренних потенциальных сил этой системы.

Статика

35. Условия
равновесия
твёрдого тела.
Момент силы

36. Применение
условий
равновесия при
решении задач
статики

37. Законы гидро-
и аэростатики

СТАТИКА

Твёрдое тело в ИСО будет оставаться в равновесии, если одновременно выполнены два условия:

- 1) сумма всех действующих на тело сил равна нулю;
- 2) алгебраическая сумма моментов всех действующих на тело сил равна нулю относительно любой оси.

Линию, вдоль которой действует сила, называют линией действия этой силы.

Кратчайшее расстояние от оси вращения до линии действия силы называют плечом этой силы относительно данной оси.

Моментом M силы $\vec{F}$ относительно данной оси называют физическую величину, равную произведению модуля силы на её плечо:

$$M = F \cdot l.$$

Если сила стремится раскручивать тело против часовой стрелки, то её момент считают положительным ($M > 0$). Если же сила стремится раскручивать тело по часовой стрелке, то её момент считают отрицательным ($M < 0$).

Силу, действующую на твёрдое тело, называют равнодействующей всех действующих на это тело сил в случае, если она оказывает на это тело такое же механическое действие, как и все эти силы.

Перемещение точек приложения действующих на твёрдое тело сил вдоль линий их действия не изменяет суммарного действия этих сил на это тело.

Давлением называют отношение модуля F силы давления, действующей на опору, к площади S поверхности этой опоры:

$$p = \frac{F}{S}.$$

Закон Паскаля

Силы давления в данной точке покоящейся жидкости (или газа) действуют во всех направлениях одинаково.

Сумму сил гидростатического давления, действующих на тело, покоящееся внутри жидкости, называют силой Архимеда.

Закон Архимеда

На погружённое в жидкость (или газ) тело действует выталкивающая направленная вертикально вверх сила, равная по модулю весу вытесненной этим телом жидкости (или газа).

Молекулярная физика и термодинамика

- 38. Основные положения МКТ
 - 39. Масса молекул. Количество вещества
 - 40. Термодинамическая система. Внутренняя энергия и способы ее изменения
 - 41. Температура и тепловое равновесие
 - 42. Теплоемкость тела. Удельная и молярная теплоемкости
 - 43. Законы идеального газа
-

Молекулярная физика и термодинамика

- 44. Объединенный газовый закон. Уравнение состояния идеального газа
 - 45. Основное уравнение МКТ
 - 46. Температура – мера средней кинетической энергии
 - 47. Распределение молекул газа по скоростям
 - 48. Применение первого закона термодинамики к изобарическому процессу
 - 49. Применение первого закона термодинамики к изохорическому, изотермическому и адиабатическому процессам
-

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ И ТЕРМОДИНАМИКИ

Все процессы в этих разделах рассматриваются в ИСО, в которой центр масс термодинамической системы покоится.

Все вещества состоят из частиц. Эти частицы находятся в непрерывном хаотическом движении. Частицы взаимодействуют друг с другом.

Основное уравнение МКТ

$$p = \frac{1}{3} \cdot n \cdot m_0 \cdot v^2$$

Физический смысл температуры

$$\frac{m_0 \cdot v^2}{2} = \frac{3}{2} \cdot k \cdot T,$$
$$k = \frac{R}{N_A} \approx 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

Внутренняя энергия идеального одноатомного газа

$$U = N \cdot \frac{m_0 \cdot v^2}{2} = \frac{3}{2} \cdot \nu \cdot R \cdot T$$

Применение первого закона термодинамики к изопроцессам

$$Q_{12} = U_2 - U_1 + A_{12}$$

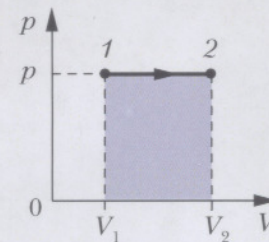
Изолированная термодинамическая система самопроизвольно переходит в состояние термодинамического равновесия. (Нулевой закон термодинамики)

Уравнение состояния вещества
Уравнение

Менделеева – Клапейрона

$$p \cdot V = \nu \cdot R \cdot T = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T$$

$U_0 + A + Q = U_k$
(Первый закон термодинамики)



$$A = p \cdot \Delta V = p \cdot (V_2 - V_1)$$

Тепловые машины

50. Принцип действия тепловых машин

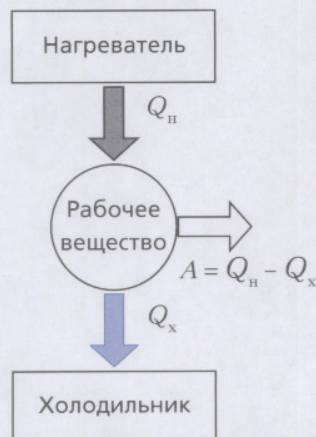
51. Принцип действия холодильных машин и тепловых насосов

52. Решение задач о тепловых машинах

53. Второй закон термодинамики. Необратимость процессов в природе

ТЕПЛОВЫЕ МАШИНЫ. ВТОРОЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ

Циклический тепловой двигатель



Для работы циклического теплового двигателя необходимо:

- 1) наличие рабочего вещества;
- 2) наличие нагревателя, передающего рабочему веществу необходимое для совершения работы количество теплоты;
- 3) наличие холодильника для того, чтобы возвращать рабочее вещество в исходное состояние

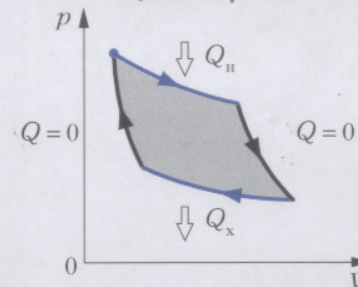
$$\text{КПД двигателя: } \eta = \frac{A}{Q_n} = \frac{Q_n - Q_x}{Q_n} < 1$$

Максимально возможный КПД

$$\eta_K = \frac{T_n - T_x}{T_n} = 1 - \frac{T_x}{T_n} < 1$$

при заданных температурах нагревателя T_n и холодильника T_x имеет двигатель, который работает по циклу, состоящему из двух изотерм и двух адиабат — циклу Карно

Цикл Карно



Второй закон термодинамики (три эквивалентные формулировки):

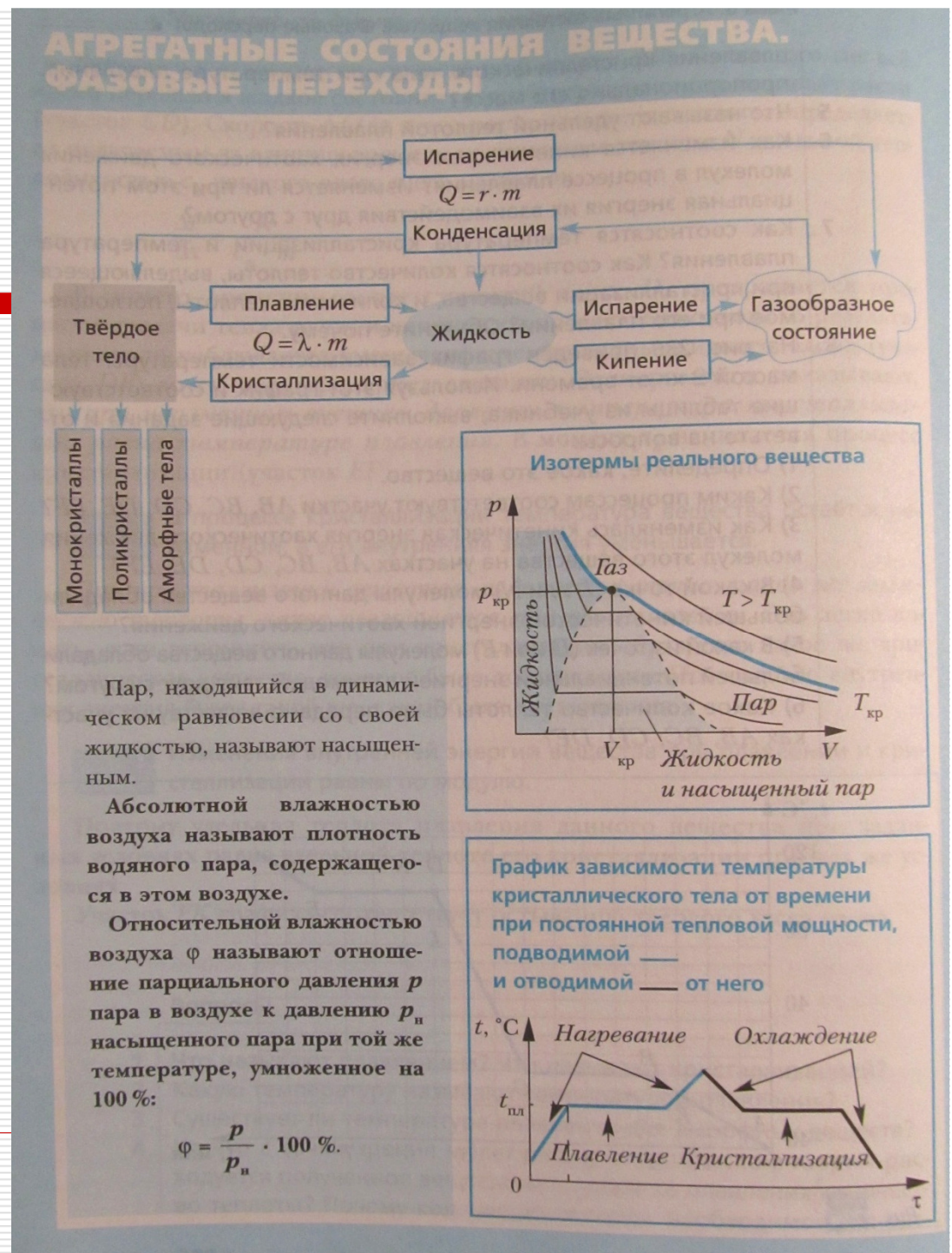
Нельзя создать циклический тепловой двигатель, который превращает в полезную работу всё полученное от нагревателя тепло.

Невозможно создать вечный двигатель второго рода,

Нельзя передать тепло от менее нагретого тела более нагретому без изменения в других телах.

Агрегатные состояния вещества

54. Испарение и конденсация
55. Насыщенный пар. Влажность
56. Кипение
57. Реальные газы
58. Решение задач о парах
59. Структура твердых тел
60. Плавление и кристаллизация. Удельная теплота плавления



Электростатика

- 61. Электрический заряд. Закон сохранения электрического заряда
 - 62. Закон Кулона
 - 63. Сложение электрических сил
 - 64. Электрическое поле. Напряженность электрического поля
 - 65. Теорема Гаусса
 - 66. Работа сил электростатического поля. Потенциал. Разность потенциалов
 - 67. Доказательство потенциальности электростатического поля. Потенциал поля точечного заряда
 - 68. Проводники в постоянном электрическом поле
 - 69. Диэлектрики в постоянном электрическом поле
 - 70. Конденсаторы. Емкость плоского конденсатора. Энергия электрического поля
 - 71. Параллельное и последовательное соединения конденсаторов
-

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Электрический заряд — характеристика тела, определяющая интенсивность электромагнитного взаимодействия этого тела с другими телами.

Существуют два вида электрических зарядов: положительные и отрицательные. Носителями элементарного заряда являются протон ($p = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл) и электрон ($e = -p$).

Закон сохранения электрического заряда

Алгебраическая сумма электрических зарядов системы тел остается неизменной, если в неё не поступают и из неё не уходят заряды:

$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = \text{const},$$

где $q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$ — электрические заряды всех тел системы.

Закон Кулона

Два точечных неподвижных в ИСО заряда взаимодействуют между собой с силой F , модуль которой прямо пропорционален произведению модулей этих зарядов и обратно пропорционален квадрату расстояния r между ними:

$$|F| = k \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2},$$

где $|q_1|$ и $|q_2|$ — модули зарядов, k — коэффициент пропорциональности.

Силы взаимодействия точечных зарядов направлены вдоль прямой, соединяющей эти заряды, и являются силами притяжения, если заряды имеют разные знаки, и силами отталкивания, если их знаки одинаковы.

В СИ $k = 1/(4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0) = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{Кл}^2$, где ϵ_0 — электрическая постоянная.

Силовая характеристика электрического поля — напряжённость поля в данной точке.

Напряжённостью E электрического поля в данной точке называют отношение силы F электрического поля, действующей на помещённый в данную точку пробный заряд $q_{\text{пр}}$, к этому заряду:

$$E = \frac{F}{q_{\text{пр}}}.$$

Модуль напряжённости электростатического поля, создаваемого в вакууме точечным зарядом Q , на расстоянии r от него равен:

$$|\vec{E}(\vec{r})| = \frac{|\vec{F}|}{q} = k \cdot \frac{|Q|}{r^2} = \frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{|Q|}{r^2}.$$

Электростатическое поле потенциально, т. е. работа сил этого поля над пробным зарядом не зависит от вида его траектории, а определяется только начальным и конечным положениями этого заряда.

Энергетическая характеристика электростатического поля — потенциал в данной точке.

Потенциалом φ данной точки электростатического поля называют отношение работы ΔA сил этого поля над пробным зарядом $q_{\text{пр}}$ при его перемещении из данной точки в точку, потенциал которой принят равным нулю, к этому заряду:

$$\varphi = \frac{\Delta A}{q_{\text{пр}}}.$$

Разность потенциалов $\Delta\varphi_{12}$ между точками 1 и 2 — отношение работы ΔA_{12} , которую совершают силы электростатического поля при перемещении пробного заряда $q_{\text{пр}}$ из точки 1 в точку 2, к этому заряду:

$$\varphi_2 - \varphi_1 = \Delta\varphi_{12} = \frac{\Delta A_{12}}{q_{\text{пр}}}.$$

Разность потенциалов между точками 1 и 2 не зависит от выбора точки, потенциал которой принят равным нулю.

Однородное электрическое поле — поле, напряжённость которого во всех точках одинакова (как по модулю, так и по направлению). Если Δh — перемещение пробного заряда в направлении напряжённости $\vec{E}$ из точки, потенциал которой равен φ_1 , в точку, потенциал которой равен φ_2 , то $E \cdot \Delta h = \varphi_1 - \varphi_2$.

Вещества, в которых есть свободные носители заряда, называют *проводниками*.

В электростатике напряжённость поля внутри проводника равна нулю, все точки проводника имеют равные потенциалы.

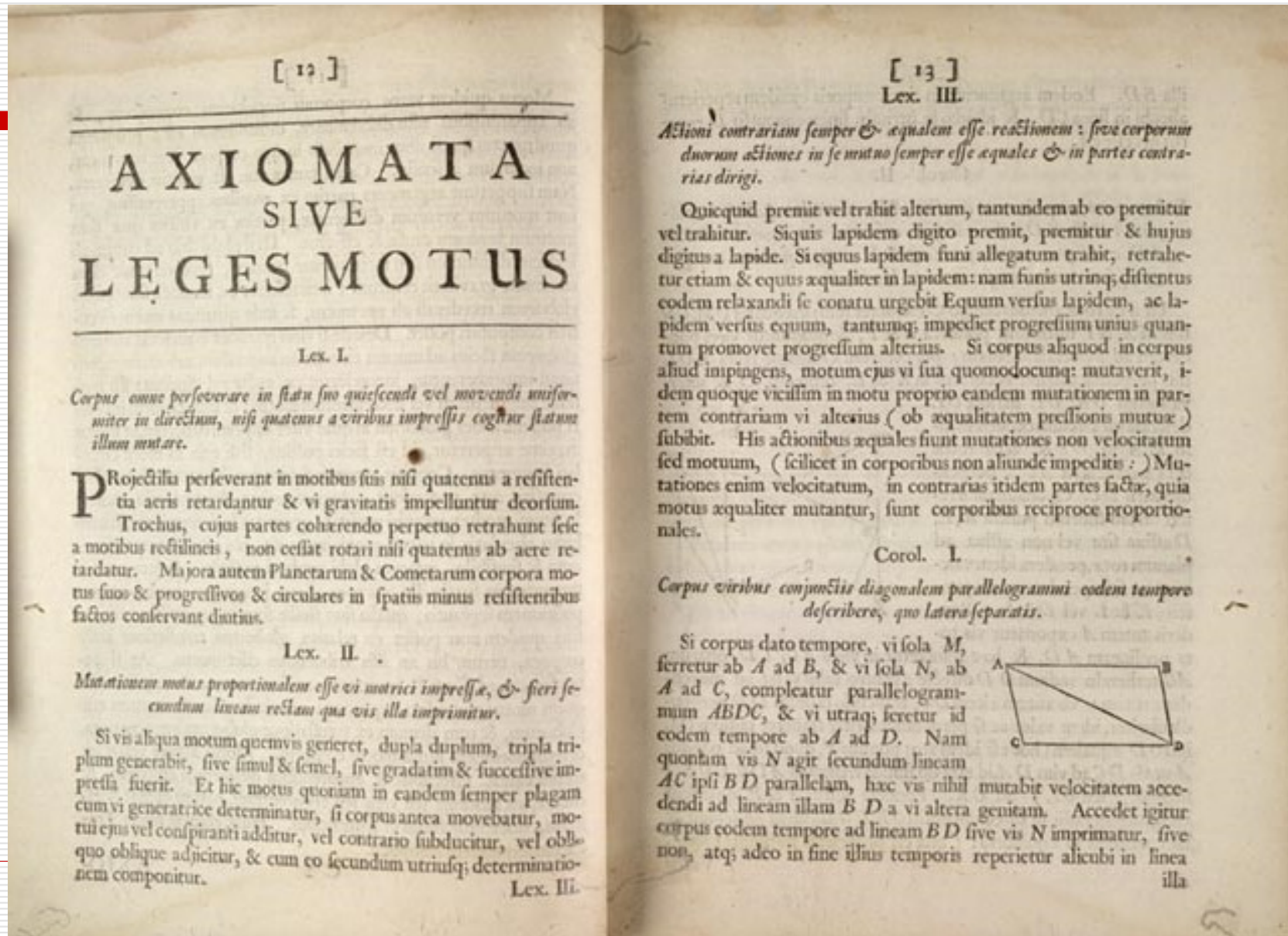
Вещества, в которых нет свободных носителей заряда, называют *диэлектриками*. Модуль E напряжённости электрического поля в однородном изотропном диэлектрике меньше модуля E_0 напряжённости поля в вакууме в ϵ раз, где $\epsilon = E_0/E$, диэлектрическая проницаемость диэлектрика.

Конденсатор — устройство для накопления зарядов, состоящее из двух изолированных проводников (обкладок). Электрическая ёмкость C конденсатора $C = q/U$.

Ёмкость плоского конденсатора $C = \frac{\epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot S}{d}$.

Энергия электрического поля конденсатора $W = \frac{q \cdot U}{2} = \frac{C \cdot U^2}{2} = \frac{q^2}{2 \cdot C}$.

Законы Ньютона



Первый закон Ньютона: концепция

- ❑ **Аристотель:** для движения телеги **нужна** «лошадиная сила»
 - ❑ **Галилей (закон инерции) и Ньютон (первый закон):** для равномерного прямолинейного движения точечного тела **не нужно ничего**
-

□ **Ньютон:** Всякое тело продолжает удерживаться в состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока и поскольку оно не понуждается иными телами изменить это состояние.

В некоторых учебниках:

Если сумма всех действующих на тело сил равна нулю, тело либо покоится, либо движется прямолинейно равномерно»...

Проблемы:

1. Нельзя говорить о движении, не указав СО!

**2. Что такое «понуждение - действие»?
Нельзя говорить о механическом
действии до введения особых СО!**

Галилей – закон инерции относительно Земли

Ньютон – относительно **абсолютной**
неподвижной системы отсчёта
(гелиоцентрическая)

ИСО

Свободное точечное тело – точечное тело, которое находится очень далеко от всех других тел

Современная формулировка:
СО называют инерциальной, если в ней свободное (удаленное от всех других объектов) точечное тело (материальная точка) покоится или движется равномерно прямолинейно

Первый закон Ньютона

**Инерциальные системы отсчета
существуют**

**Смысл: Всегда можно найти
(выбрать) СО, которую с
требуемой точностью можно
считать инерциальной.**

Множество ИСО

- Всякая система отсчёта, движущаяся относительно ИСО равномерно и прямолинейно, также является ИСО.
- Согласно принципу относительности, все ИСО равноправны, и все законы физики инвариантны относительно перехода из одной ИСО в другую. Это значит, что проявления законов физики в них выглядят одинаково, и записи этих законов имеют одинаковую форму в разных ИСО.

Изучение законов Ньютона в школе

- ☐ Инерциальная система отсчета
 - ☐ **Первый закон Ньютона**
 - ☐ Механическое действие. Сила
 - ☐ Инертность. Масса
 - ☐ **Второй закон Ньютона**
 - ☐ Взаимодействие тел
 - ☐ **Третий закон Ньютона**
-

Второй закон Ньютона:

концепция

□ Для **изменения состояния**

движения равномерно прямолинейно движущегося тела необходимо **действие на него силы**

□ **Силой** в механике называют векторную физическую величину, характеризующую механическое действие на материальную точку, в результате которого она приобретает ускорение в **ИСО**

□ Разговор о силе можно вести только после введения ИСО

Инертность. Масса

- Под действием одной и той же силы разные тела приобретают разные ускорения в ИСО. Это позволяет ввести понятие инертности.
 - Мера инертности – масса
 - Эталон и правила измерения (аддитивность)
-

Второй закон Ньютона

-
- Изменение количества движения пропорционально приложенной движущей силе и происходит по направлению той прямой, по которой эта сила действует.

Современная формулировка:

- В инерциальной системе отсчета ускорение материальной точки равно отношению суммы всех действующих на неё сил к её массе: $\mathbf{a} = \mathbf{F}/m$.
-

Важно!

- $\mathbf{a} = \mathbf{F}/m$ только в ИСО!
 - Сумма всех сил
 - Материальная точка, а не тело
-

Следствие второго закона Ньютона

- Если $\mathbf{F}=0$, то $\mathbf{a}=0$ и, следовательно $v=\text{const}$

Но!

- Это справедливо в ИСО, т.е. в «сфере влияния» первого закона Ньютона
-

Следствие второго закона Ньютона

- Если $m=0$, то всегда для этого тела $\mathbf{F}=0$
 - Поэтому, например, вдоль невесомой нити (в отсутствие трения о другие тела) модуль силы натяжения сохраняется неизменным
-

Третий закон Ньютона: концепция

- Наличие **силы**, всегда подразумевает наличие **взаимодействия**
 - А действует на В, следовательно В действует на А
-

Третий закон Ньютона

□ Ньютон

Действию всегда есть равное и
противоположное противодействие, иначе —
взаимодействия двух тел друг на друга равны
и направлены в противоположные стороны.

■ Современная форм улировка

Два тела взаимодействуют друг с другом силами

- 1) равными по модулю;
- 2) противоположными по направлению;
- 3) лежащими на одной прямой;

Силы взаимодействия двух тел всегда являются
силами одной природы

(физический смысл, примеры)

Третий закон Ньютона

Важно!

- Два тела
 - Взаимодействие, т.е. силы приложены к разным телам
 - Точки приложения сил и линия их действия (примеры)
-

Законы Ньютона: концепция

- Для равномерного прямолинейного движения точечного тела **не нужно ничего**
- Для **изменения состояния движения** равномерно прямолинейно движущейся в ИСО материальной точки необходимо **действие на неё силы**
- **Действие** всегда подразумевает **взаимодействие**, для которого выполняются соответствующие правила
- **Важно:** законы Ньютона есть обобщение опытных фактов. **Друг из друга они не следуют!**

Вопрос о покоящемся теле

□ Вопрос: Книга лежит на горизонтальной крышке стола. По какому закону Ньютона она находится в состоянии покоя относительно крышки стола?

□ Ответ: Тело покоится **по второму закону** Ньютона

Вопрос о равномерно прямолинейно движущемся теле

□ **Вопрос:** Самолет летит равномерно прямолинейно. Какой закон Ньютона описывает данное движение самолета?

□ **Ответ:** второй закон Ньютона

О законах сохранения импульса и механической энергии в курсе физики средней школы

П.Ю. Боков, А.В. Грачев, В.А.
Погожев, А.М. Салецкий

Москва, 2010

Формулировки законов сохранения

□ Учебник 1

В замкнутой консервативной системе полная механическая энергия сохраняется (не изменяется с течением времени)

Изменение механической энергии системы равно работе всех непотенциальных сил

Замкнутая система – система тел, для которой равнодействующая внешних сил равна нулю

Результирующая (равнодействующая) сила, действующая на частицу со стороны других тел, равна векторной сумме сил, с которыми каждое из этих тел действует на частицу

Формулировки законов сохранения

☐ Учебник 2

Если на систему тел не действуют внешние силы, то такую систему называют **замкнутой**, или **изолированной**

☐ Учебник 3

Полная механическая энергия системы тел, взаимодействующих между собой только силами тяготения и упругости, остается неизменной

☐ Учебник 4

Полная механическая энергия замкнутой системы тел, взаимодействующих силами тяготения и упругости, остается неизменной

Формулировки законов сохранения

☐ Учебник 5

Система тел называется замкнутой, если внешние силы отсутствуют

☐ Учебник 6

В изолированной системе тел, в которой действуют консервативные силы, механическая энергия сохраняется

О системах тел

- Изолированной называют такую систему тел, на тела которой не действуют другие тела
 - Замкнутой называют такую систему тел, для которой сумма_всех внешних сил равна нулю
-

Закон сохранения импульса

- Суммарный импульс замкнутой системы тел сохраняется

Или

- Суммарный импульс системы тел сохраняется неизменным, если сумма всех внешних сил равна нулю

В.И. Николаев «О законах сохранения в разделе «Механика»», Физическое образование в вузах т. 13, №2, 2007

ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ

Импульс материальной точки в ИСО:

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}.$$

Импульс системы материальных точек:

$$\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots + \vec{p}_N$$

Изменение импульса материальной точки в ИСО:

$$\Delta \vec{p} = \vec{F} \cdot \Delta t,$$

где $\vec{F}$ – сумма всех действующих на тело сил, Δt – время их действия.

Изменение суммарного импульса системы материальных точек в ИСО:

$$\Delta \vec{p} = (\vec{F}_{1\text{ex}} + \vec{F}_{2\text{ex}} + \dots + \vec{F}_{N\text{ex}}) \cdot \Delta t,$$

где $\vec{F}_{1\text{ex}} + \vec{F}_{2\text{ex}} + \dots + \vec{F}_{N\text{ex}}$ – сумма всех внешних сил.

Закон сохранения импульса

Если сумма всех внешних сил, действующих на тела системы, равна нулю, то импульс системы тел в ИСО не изменяется с течением времени (сохраняется).

$$\text{Если } (\vec{F}_{1\text{ex}} + \vec{F}_{2\text{ex}}) = 0, \text{ то } \Delta \vec{p} = 0.$$

Закон сохранения проекции импульса

Если проекция на координатную ось ИСО суммы всех внешних сил, действующих на тела системы, равна нулю, то проекция импульса системы тел на эту ось не изменяется с течением времени (сохраняется).

Центром масс системы, состоящей из N материальных точек, называют точку, радиус-вектор которой равен отношению суммы произведений массы каждой точки на её радиус-вектор к сумме масс этих точек:

$$\vec{r}_{\text{цм}} = \frac{m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2 + \dots + m_N \vec{r}_N}{m_1 + m_2 + \dots + m_N}.$$

Теорема о движении центра масс системы

Ускорение $\vec{a}$ центра масс системы, состоящей из N материальных точек, в ИСО равно отношению суммы всех внешних сил, действующих на точки этой системы, к сумме масс всех её точек:

$$\vec{a}_{\text{цм}} = \frac{\vec{F}_{1\text{ex}} + \vec{F}_{2\text{ex}} + \dots + \vec{F}_{N\text{ex}}}{m_1 + m_2 + \dots + m_N}.$$

Обобщающая
схема из
учебника
«Физика-10»

Закон сохранения механической энергии

- Механическая энергия системы тел сохраняется неизменной, если эта система является изолированной и в ней отсутствуют силы трения

Или

- Механическая энергия системы тел сохраняется неизменной, если, во-первых, эта система является изолированной и, кроме того, во-вторых, в ней отсутствуют силы трения
-

Закон сохранения механической энергии и работа сил

-
- Механическая энергия системы тел сохраняется неизменной если, во-первых, работа внешних сил равна нулю и, кроме того, во-вторых, работа сил трения внутри системы также равна нулю

Или

- Механическая энергия системы тел сохраняется неизменной если суммарная работа всех внешних сил и внутренних сил трения равна нулю
-

МЕХАНИЧЕСКАЯ РАБОТА. МЕХАНИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ. ЗАКОНЫ ИЗМЕНЕНИЯ И СОХРАНЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Работой постоянной силы $\vec{F}$, действующей на материальную точку, при перемещении этой точки на $\Delta\vec{r}$ называют произведение модулей силы и перемещения, умноженное на косинус угла между ними: $A = F \Delta r \cos \alpha$.

Кинетическая энергия материальной точки массой m , движущейся в ИСО со скоростью $\vec{v}$, равна

$$K = \frac{mv^2}{2}.$$

Теорема о кинетической энергии
Изменение кинетической энергии материальной точки в ИСО равно совершенной над ней работе: $A = K_k - K_0$.

Кинетическая энергия системы материальных точек равна сумме их кинетических энергий: $K = K_1 + K_2 + \dots + K_N$.

Изменение кинетической энергии системы тел в ИСО $K_k - K_0$ равно совершенной над ними работе A , равной работе $A_{\text{п}}$ внутренних потенциальных сил, $A_{\text{тр}}$ внутренних сил трения и A_{ex} внешних сил:

$$K_k - K_0 = A_{\text{п}} + A_{\text{тр}} + A_{\text{ex}}.$$

Изменение механической энергии системы тел в ИСО равно сумме работ внутренних сил трения $A_{\text{тр}}$ и внешних сил A_{ex} над телами системы.

$$(K_k + \Pi_k) - (K_0 + \Pi_0) = A_{\text{тр}} + A_{\text{ex}}, \text{ или } E_k - E_0 = A_{\text{тр}} + A_{\text{ex}}.$$

Закон сохранения механической энергии
Если суммарная работа внутренних сил трения и внешних сил над телами системы равна нулю, то механическая энергия системы тел в ИСО не изменяется (сохраняется).
Если $A_{\text{тр}} + A_{\text{ex}} = 0$, то $E_0 = E_k$ (или $\Pi_0 + K_0 = \Pi_k + K_k$).

Потенциальными называют силы, работа которых не зависит от вида траектории, а определяется только начальным и конечным положениями материальной точки, на которую они действуют.

Потенциальной Π называют энергию системы, которая определяется расположением тел системы или их частей и потенциальными силами взаимодействия между ними. Потенциальная энергия:

- 1) системы «тело – Земля» $\Pi = mgh$,
- 2) деформированной пружины $\Pi = \frac{k\Delta l^2}{2}$.

Изменение потенциальной энергии системы $\Pi_k - \Pi_0 = -A_{\text{п}}$, где $A_{\text{п}}$ – работа внутренних потенциальных сил этой системы.

Обобщающая
схема из
учебника
«Физика-10»

Заключение

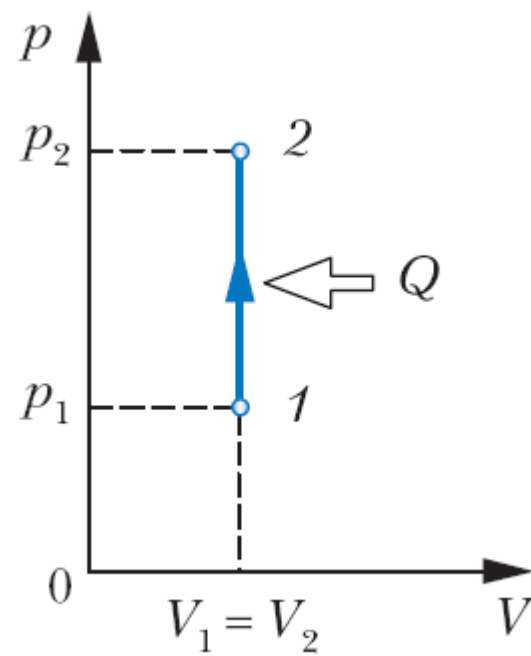
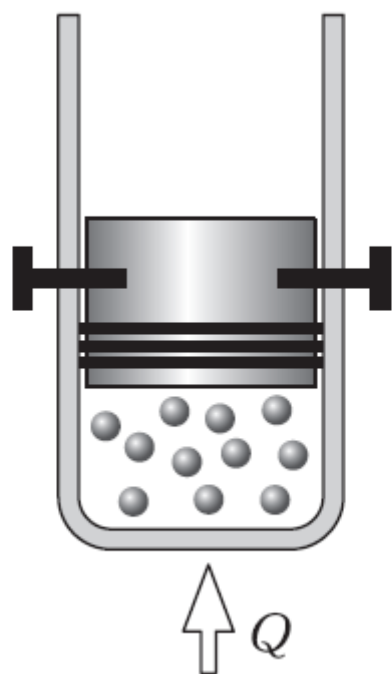
- Закон сохранения – следствие закона изменения!
-

Основные положения молекулярно-кинетической теории. Начала термодинамики

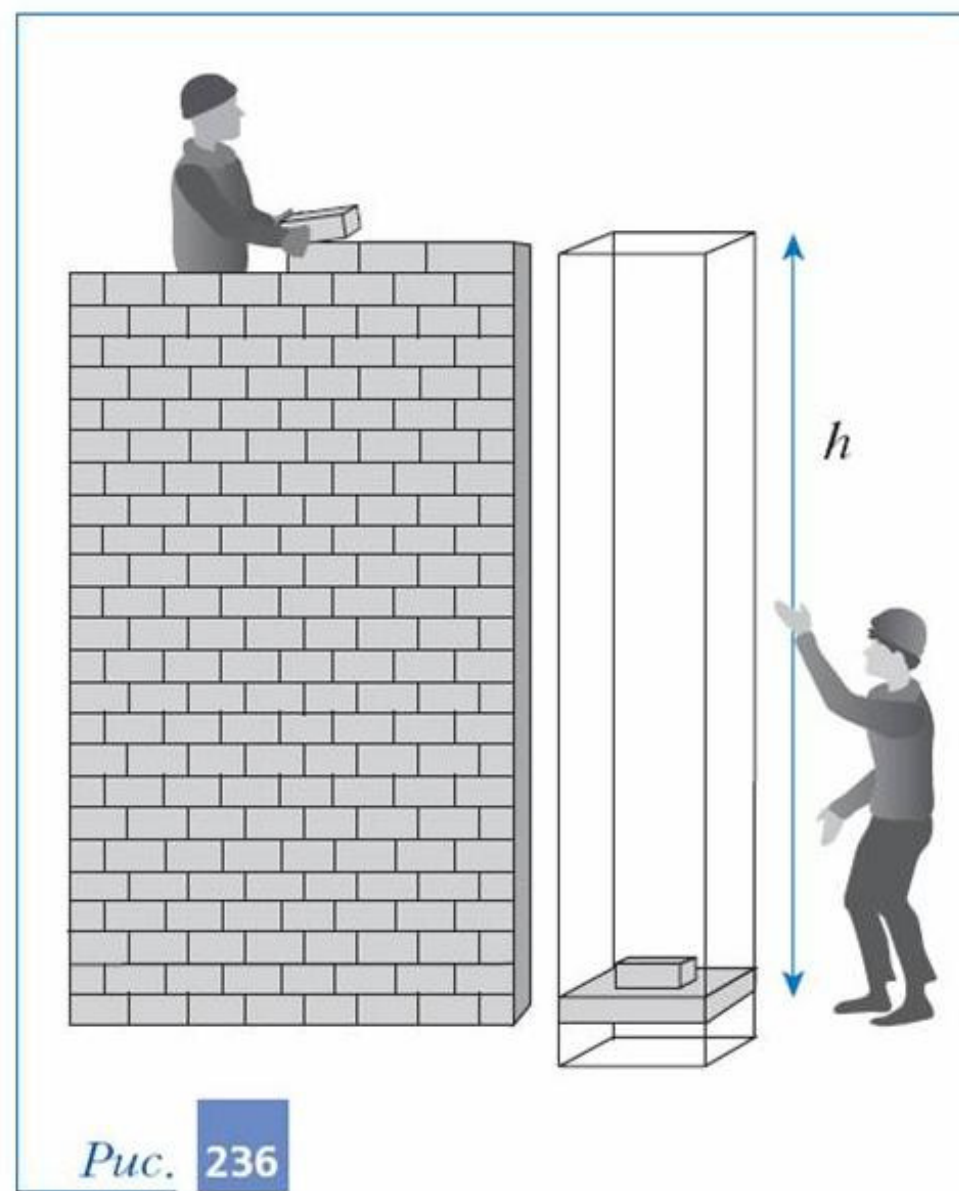
**Доцент
Грачёв Александр Васильевич**

Четыре вопроса:

- ☐ Изменение внутренней энергии (температуры)
 - ☐ Работа (изменение объема)
 - ☐ Количество теплоты (получает/отдает)
 - ☐ Расчет количество теплоты
 - ☐ Теплоемкость
-



Принцип действия тепловых машин



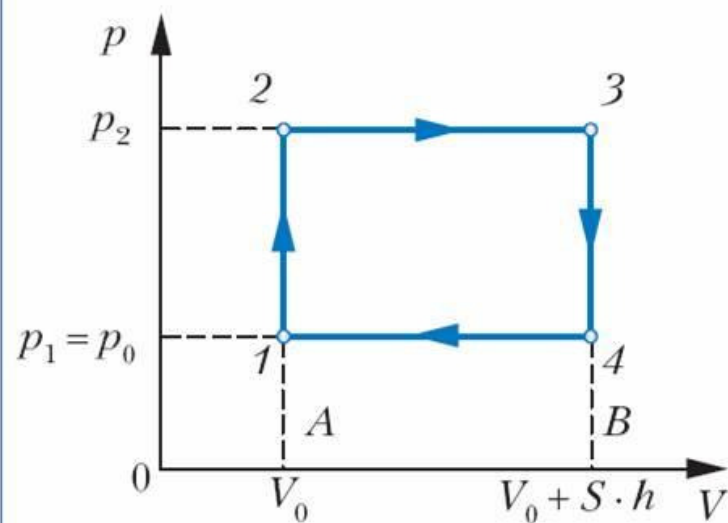


Рис. 238

