

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ
«КОЛЛЕДЖ ГУМАНИТАРНЫХ И СОЦИАЛЬНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ
ДИСЦИПЛИН ИМЕНИ СВЯТИТЕЛЯ АЛЕКСИЯ,
МИТРОПОЛИТА МОСКОВСКОГО»



МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
по решению задач по дисциплине «Естествознание»
по разделу «Физика»
для студентов 1 курса очной формы обучения
гуманитарного профиля

ТОЛЬЯТТИ (СТАВРОПОЛЬ-НА-ВОЛГЕ)
2016

СОГЛАСОВАНО научным руководителем, председателем Управляющего совета
Гуманитарного колледжа **д.ф.н. протоиереем Д.Ю. Лескиным**

Утверждено на заседании кафедры (цикловой комиссии)
общеобразовательных дисциплин: протокол № 1 от 09.09.2014 г.

Рецензенты:

Житенев Т.Е., к.и.н., доцент, заведующий кафедрой теологии
Поволжского православного института.

Джусоева О.В. Методические рекомендации по решению задач по
дисциплине «Естествознание» по разделу «Физика» для студентов 1 курса очной
формы обучения гуманитарного профиля. – Тольятти: ГБПОУ СО
«Гуманитарный колледж», 2016.

Методическое пособие содержит теоретические и справочные материалы,
примеры решения задач, тексты задач для самостоятельного решения, примерные
критерии оценки правильности решения задач.

Методическое пособие предназначено для студентов 1 курса колледжа,
обучающихся по специальностям 44.02.01 Дошкольное образование, 44.02.02
Преподавание в начальных классах, 44.02.05 Коррекционная педагогика в
начальном образовании, 44.02.04 Специальное дошкольное образование по
ФГОС СПО.

© Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
Самарской области «Колледж гуманитарных и социально-педагогических
дисциплин имени Святителя Алексия, Митрополита Московского», 2016 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ЗАЧЕМ РЕШАЮТ ЗАДАЧИ?	4
ЧТО НУЖНО ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ?	6
КАК НАДО РЕШАТЬ ЗАДАЧИ ПО ФИЗИКЕ	9
МЕХАНИКА	10
ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ.....	30
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ.....	45
СТРОЕНИЕ АТОМА И КВАНТОВАЯ ФИЗИКА.....	58
ПРИМЕРНЫЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ	66
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	69
ПРИЛОЖЕНИЕ	70

ЗАЧЕМ РЕШАЮТ ЗАДАЧИ?

Всю сознательную жизнь нам приходится решать различные задачи. В школе и институте мы это делаем по заданию преподавателей, на работе — выполняя служебные обязанности, а в быту — в силу жизненной необходимости. Однако мало кто из нас задумывается над тем, какой смысл вкладывается в термин «задача». А если кто-либо и задает себе такой вопрос, то ответ на него получает с большим трудом. Трудность эта заключается в самом ответе, в его многозначности.

Действительно, одни только ученые-психологи используют термин «задача» в трех различных значениях. При этом все они исходят из теории деятельности, предложенной известным советским психологом академиком АПН СССР А. Н. Леонтьевым. Ученые-психологи под термином «задача» подразумевают ситуацию, требующую от человека (субъекта) некоторого действия, направленного на нахождение неизвестного на основе использования его связей с известным. И показывают, что в зависимости от условий, в которых находится субъект, возможны следующие три случая. Субъект обладает способом (алгоритмом) этого действия, т. е. способ решения задачи известен человеку, решающему эту задачу. Такие задачи получили название стандартных задач.

Алгоритм этого действия в принципе существует, но субъект им не обладает. Другими словами, способ решения, вообще говоря, имеется, но он неизвестен человеку, решающему задачу. Решающий должен найти этот способ сам. Такого рода задачи обычно называют нестандартными (поисковыми, творческими, проблемными).

Психологи утверждают, что всякая деятельность должна иметь мотив, а каждое действие — преследовать какую-то цель. Тогда возникает вопрос, с какой же целью люди решают задачи? «Задачи для того и даются,— скажет читатель,— чтобы их решать: получать правильные ответы на поставленные на них вопросы». Такой ответ может оказаться и правильным и неправильным — все зависит от того, кем читатель является. Иначе говоря, ответ на этот вопрос неоднозначен.

Рассмотрим причину неоднозначности на примерах. Производственник, кем бы он ни был — ученым, конструктором, инженером, рабочим, перед которым поставлена конкретная задача - должен ее решать. Это его служебная обязанность, его главная цель. Вторичной целью может быть отыскание наиболее общего, экономически или педагогически более выгодного решения. В результате решения задачи ученым, конструктором, инженером, рабочим создается духовная или материальная ценность.

Какую же ценность создают студенты при успешном решении задач из стандартных задачников? Никаких! Это означает, что сам результат решения задачи не может служить главной целью. **Главное для Вас — в процессе решения каждой конкретной задачи научиться чему-то новому, связанному с изучаемой дисциплиной, узнать и усвоить новые факты, а в процессе решения задач в целом овладеть новыми методами, накопить определенный опыт и приобрести устойчивые умения и навыки решения задач практического характера.**

Короче говоря, главная цель решения задач студентами — учебная, подготовка к инженерно-конструкторской, педагогической деятельности и исследовательской деятельности.

Жизнь предлагает задачи, решение которых невозможно подогнать под ответ, напечатанный в конце задачника. Она обычно подкидывает вопросы на темы, которые мы «не проходили». Решение отдельных производственных задач требует усилий большого числа специалистов, причем специалистов разного профиля. Нередки такие случаи, когда задачи из-за производственной необходимости должны решаться в крайне сжатые сроки и в чрезвычайной обстановке. Излишне здесь подробно писать о том, что решение производственных задач должно отличаться исключительно высокой точностью и аккуратностью. Любая небрежность или неточность при решении таких задач чревата потерей больших материальных ценностей и созданием чрезвычайной обстановки.

Проще говоря, для решения производственных задач нужны не только глубокие и прочные знания, но и умение применять их в нестандартных

условиях, способность работать в коллективе и решать продуктивно задачи в крайне сжатые сроки.

Перечисленные качества не врожденные — их нужно долго, упорно и целенаправленно формировать в процессе учебы. И начинать такую работу следует на первом курсе. Достижению этой цели служат практические занятия по физике, математике, химии и другим учебным дисциплинам. Для этого созданы и учебные пособия, по которым Вы решаете задачи в аудитории и при выполнении домашних заданий.

Практические занятия (упражнения по решению задач)— один из обязательных видов учебной работы при изучении курса физики.

Только самостоятельно решая задачи, можно перевести знания на уровне воспроизведения на уровень знаний-умений и далее знаний трансформаций (уровень творчества). Отсутствие умения решать задачи очень часто приводит к тому, что даже самые совершенные знания не находят применения, забываются и исчезают. Тысячу раз был прав основоположник квантовой механики Макс Планк, когда писал, что **знание без умения не имеет значения**.

Решая задачи по физике, в особенности практического характера и профессионально направленные, Вы обращаетесь к инженерно-техническим справочникам и специальной литературе, пользуетесь понятиями и терминами избранной Вами специальности, приучаетесь к физическому подходу и проблемам той отрасли техники, в которой Вам предстоит работать. Таким путем Вы можете приобретать нужные профессиональные знания и умения, начиная с первого курса.

ЧТО НУЖНО ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ?

Для серьезного овладения любым умением, прежде всего, нужно **осознанное желание человека**. Психологи считают, что желание человека — это проявление его воли и характера. На самом деле, если у человека возникает желание выработать у себя какое-то умение, которое постоянно поддерживается внутренним убеждением в личной профессиональной необходимости такого умения, то такое целеустремленное желание мобилизует его внимание, повышает

интерес, создает настроение выполнить любую работу, нужную для овладения этим умением.

Желание — важнейшее условие не только для приобретения умения решать задачи, но и для любой самостоятельной деятельности. Оно любое дело превращает в творческое, делает его любимым, сливает воедино наши «хочу», «должен» и «могу». Творческий же труд всегда оказывается более легким, рациональным, ибо он сродни самой природе человека. А следовать своей природе, как Вы знаете, куда легче, нежели противиться ей.

Для облегчения обсуждаемого вопроса расшифруем предварительно значение терминов «учебная физическая задача» и «решить учебную задачу по физике».

Учебная физическая задача — это ситуация, требующая от учащегося мыслительных и практических действий, основанных на знании им понятий и законов физики и направленных на закрепление, углубление и развитие этих знаний; формирование умений применять их на практике и развитие научного мышления. Научное мышление — это способность анализировать явления (процессы), находить в них общие черты и различия, устанавливать причинные связи, отыскивать функциональные зависимости и, наконец, сопоставлять факты с теоретическими предпосылками.

Решить учебную задачу по физике — это значит найти такую последовательность общих положений физики (законов, формул, определений, правил), использование которых позволяет получить то, что требуется в задаче, — ее ответ. Иначе говоря, процесс решения физической задачи — это последовательность научно обоснованных действий:

- изучение условий и требований задачи;
- запись условий в буквенных выражениях;
- перевод единиц физических величин в систему СИ;
- графическое изображение процесса, описанного в задаче;
- поиск пути решения;
- составление плана решения;
- осуществление решения;

- запись искомых величин в виде формул и вычисление их значений с требуемой точностью;
- проверка правильности решения;
- оценка полученных результатов по здравому смыслу;
- анализ процесса решения задачи и отбор информации, полезной для дальнейшей деятельности.

Правильное и рациональное исполнение этих действий требует определенной системы знаний и умений, причем знаний не только тех разделов физики, к которым относится данная конкретная задача, но и знаний по физике, математике и другим учебным дисциплинам, полученным ранее в средней школе и институте. Кроме того, необходимыми являются знания о четырех уже названных общих этапах решения задач, об особенностях и роли каждого из этих этапов.

Овладеть устойчивым умением решать задачи по физике могут все студенты. Для этого нужно с самого начала изучения курса физики не только посещать все занятия, но регулярно прорабатывать и осваивать излагаемый на лекциях материал по конспектам лекций и по рекомендованным учебным пособиям, серьезно готовиться к практическим занятиям и стараться задачи, рассматриваемые в аудитории и задаваемые на дом, решать самостоятельно. **Помните, нельзя научиться решать задачи, только наблюдая за тем, как это делают другие!** «Когда задачу решает другой, все ясно, когда решаешь сам, ничего не выходит» (Леонард Эйлер). И только при возникновении конкретной трудности обращайтесь за помощью к преподавателю или товарищам. Серьезные затруднения, возникающие при выполнении домашних заданий, нужно устранять на ближайшей же консультации с помощью преподавателя. Своевременное преодоление возникающих трудностей позволит Вам успешно выполнять план самостоятельной работы по изучению курса физики.

КАК НАДО РЕШАТЬ ЗАДАЧИ ПО ФИЗИКЕ

Чтобы правильно и осмысленно решать задачи по физике, необходимо следовать алгоритму.

Алгоритм решения задач по физике:

1. Внимательно прочитайте условие задачи.
2. Установите о каком (каких) физических явлениях идёт речь в задаче.
3. Вспомните основные количественные и качественные закономерности, объясняющие это (эти) явление.
4. Определите, что требуется найти в задаче.
5. Установите, какие физические величины даны в задаче. Не забудьте о табличных величинах.

Примечание: Иногда использование табличных величин зашифровано текстовой информацией:

*-определить массу **молекулы азота***

*-найти количество вещества в массе **алюминия***

6. Переведите, если этого необходимо, физические величины в систему СИ (стандартные единицы измерения).

7. Определите какую (какие) количественную (количественные) зависимость (зависимости) надо использовать в решении. Для этого лучше всего определить количественные зависимости, куда входит искомая физическая величина, а также данные физических величин по условию задачи.

8. Используя преобразования в физических формулах, получите окончательную расчётную формулу.

Примечание: при проверке правильности полученной формулы используйте размерность физической величины.

Например: Если мы должны найти силу F , то в результате сокращения размерности должны получить Н (Ньютон), если получилось какая-либо другая размерность, значит, формула получена неверно.

9. Выполните вычисления по полученной формуле.
10. Запишите ответ задачи.

Примечание: Иногда, для успешного решения задачи требуется выполнить чертёж.

Помните о том, что правильно выполненный чертёж помогает в решении задач.

МЕХАНИКА

Основные формулы

Кинематика

Обозначение	Единица измерения	Физический смысл
S	м	пройденный путь
v	м/с	скорость
t	с	время
x	м	координата
a	м/с ²	ускорение
ω	с ⁻¹	угловая скорость
T	с	период
ν	Гц	частота
ε	с ⁻²	угловое ускорение
R	м	радиус

Скорость и ускорение.

$$\vec{v} = \frac{d\vec{S}}{dt}, \quad \vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}, \quad \vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

Равномерное движение: $v = \text{const}$

$$S = vt, \quad x = x_0 + vt;$$

Равнопеременное движение:

$$a = \text{const}, \quad a = \frac{v - v_0}{t}, \quad a = \frac{v^2 - v_0^2}{2S};$$

$$S = v_0 t + \frac{at^2}{2}, \quad S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}; \quad v = v_0 + at, \quad v = \sqrt{v_0^2 + 2aS};$$

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2};$$

Криволинейное движение.

$$\vec{v} = |\vec{v}| \cdot \vec{e}_\tau$$

$$\vec{a} = a_\tau \vec{e}_\tau + \frac{v^2}{R} \vec{e}_n, \quad \vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$$

Вращательное движение.

$$\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}, \quad \omega = \frac{v}{R}, \quad \omega = \frac{2\pi}{T}; \quad \vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt};$$

$$\vec{v} = [\vec{\omega} * \vec{r}], \quad v = \frac{2\pi R}{T}; \quad v = \frac{1}{T}, \quad v = \frac{N}{t};$$

$$a_{\pi} = [\vec{\varepsilon} * \vec{r}], \quad a_{\pi} = \omega v, \quad a_{\pi} = \frac{v^2}{R}, \quad a_{\pi} = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$$

Динамика и статика

Обозначение	Единица измерения	Физический смысл
F	Н	сила
P	кг·м/с	импульс
a	м/с ²	ускорение
m	кг	масса
v	м/с	скорость
p	Н	вес тела
g	м/с ²	ускорение свободного падения
E	Дж	энергия
A	Дж	работа
N	Вт	мощность
t	с	время
I	кг·м ²	момент инерции
L	кг·м ² /с	момент импульса
M	Н·м	момент силы
ω	с ⁻¹	угловая скорость

Первый закон Ньютона:

$$\text{при } \sum F = 0 \Rightarrow v = \text{const.}$$

Второй закон Ньютона.

$$\vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt}, \quad \vec{F} = m\vec{a} + \frac{dm}{dt} \vec{v}, \quad \text{при } m=\text{const} \rightarrow \vec{F} = m\vec{a}$$

Третий закон Ньютона.

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

Основной закон динамики для неинерциальных систем отчета.

$m\vec{a} = m\vec{a}_0 + \vec{F}_{\text{инерц}}$, где $\vec{a}$ - ускорение в неинерциальной $\vec{a}_0$ - в инерциальной системе отчета.

Силы разной природы.

$$V_{ц.м.} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{\sum_{i=1}^n m_i};$$

Скорость центра масс

Закон всемирного тяготения.

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

$g = G \frac{m_{\text{планеты}}}{R_{\text{планеты}}^2}$ - ускорение свободного падения на планете.

$v = \sqrt{m_{\text{пл}} G}$ - первая космическая скорость.

Вес тела.

$p = mg$ - вес тела в покое.

$p = m(g+a)$ - опора движется с ускорением вверх.

$p = m(g-a)$ - опора движется с ускорением вниз.

$p = m(g - v^2/r)$ - движение по выпуклой траектории.

$p = m(g + v^2/r)$ - движение по вогнутой траектории.

Сила трения.

$$\vec{F} = \mu N,$$

Закон Гука.

$F_{\text{упр}} = -kx$, - сила упругости деформированной пружины.

$\sigma = \frac{F}{S}$ - механическое напряжение

$\varepsilon = \Delta l / l_0$ - относительное продольное удлинение (сжатие)

$\varepsilon' = \Delta d / d_0$ - относительное поперечное удлинение (сжатие)

$\frac{\varepsilon'}{\varepsilon} = \mu$, где μ - коэффициент Пуассона.

Закон Гука: $\sigma = E\varepsilon$, где E - модуль Юнга.

$$\vec{F} = \frac{Es\Delta l}{l_0}$$

$W_{\text{кин}} = V \frac{E\varepsilon^2}{2}$, кинетическая энергия упругорастянутого (сжатого) стержня. (V-
объем тела)

Динамика и статика вращательного движения.

$$\vec{L} = I\vec{\omega} \quad - \text{момент импульса}$$

$$\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt}; \quad \vec{M} = I\vec{\varepsilon} + \vec{\omega} \frac{dI}{dt} \quad - \text{момент силы}$$

$L = \text{const}$ - закон сохранения момента импульса.

$$M = Fl, \text{ где } l - \text{плечо}$$

$$I = I_0 + mb^2 \quad - \text{теорема Штейнера}$$

система	ось	I
точка по окружности	ось симметрии	mR^2
стержень	через середину	$\frac{1}{12} mR^2$
стержень	через конец	$\frac{1}{3} mR^2$
шар	через центр шара	$\frac{2}{5} mR^2$
сфера	через центр сферы	$\frac{2}{3} mR^2$
кольцо или тонкостенный цилиндр	ось симметрии	mR^2
диск сплошной цилиндр	ось симметрии	$\frac{1}{2} mR^2$

Условие равновесия тел $\sum M = 0$

Законы сохранения.

Закон сохранения импульса.

$$P = mv; \quad - \text{импульс тела.}$$

$$\sum F = 0$$

$$Ft = \Delta P$$

Потенциальная и кинетическая энергия. Мощность.

$$A = \vec{F} \cdot \vec{S} \quad - \text{работа силы } F$$

$$A = \Delta E$$

$$N = \frac{dA}{dt} \quad - \text{мощность}$$

$$E_{кин} = \frac{mv^2}{2} \text{ - кинетическая энергия}$$

$$E_{кин} = \frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} \text{ - кинетическая энергия вращательного движения.}$$

$$E_p = mgh \text{ - потенциальная энергия поднятого над землей тела.}$$

$$E_p = \frac{kx^2}{2} \text{ - потенциальная энергия пружины}$$

Закон сохранения энергии.

$$E_{к1} + E_{р1} = E_{к2} + E_{р2}$$

Механические колебания

$$x = A \cos(\omega_0 t + \varphi) \text{ - уравнение гармонических колебаний.}$$

$$a = -A\omega_0^2 \cos(\omega_0 t + \varphi) = -\omega_0^2 x$$

$$E = \frac{1}{2} m A^2 \omega_0^2 \text{ - полная энергия колеблющейся точки.}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

Система	Период	Циклическая частота	Уравнение
Математический маятник	$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$	$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$	$\ddot{\alpha} + \frac{g}{l} \alpha = 0$
Пружинный маятник	$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{g}}$	$\omega = \sqrt{\frac{g}{m}}$	$\ddot{x} + \frac{k}{m} x = 0$

Сложение колебаний.

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2 A_1 A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1), \text{ при } \omega_1 = \omega_2$$

$$x = x_1 + x_2 = \hat{x}_{m1} e^{i\omega_1 t} + \hat{x}_{m2} e^{i\omega_2 t} = \hat{x}_{m1} e^{i\omega_1 t} \left(1 + \frac{\hat{x}_{m2}}{\hat{x}_{m1}} e^{i\Delta\omega t}\right)$$

$$T = \frac{2\pi}{\Delta\omega} \text{ - период пульсации.}$$

Затухающие колебания.

$$\omega = i\lambda \pm \omega_0, \quad \omega_0 = \sqrt{\omega^2 - \lambda^2}$$

$$x = \hat{x}_m e^{-\lambda t} e^{\pm i\omega_0 t}$$

$$q = q_0 e^{-\lambda t} e^{-t\sqrt{\frac{R^2}{4L} - \frac{1}{LC}}}$$

Упругие волны.

Скорость волны в газе: $c = \sqrt{\gamma \frac{kT}{m_0}}$, в твердом теле: $c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$

$$\lambda = vT, \quad v = \lambda \nu$$

уравнение плоской волны: $\xi(x, t) = A \cos(\omega t - kx + \varphi_0)$

Интерференция: $\Delta_{\max} = \pm 2m \frac{\lambda}{2}, \quad \Delta_{\min} = \pm (2m+1) \frac{\lambda}{2}$

$$\Delta x = A_1 \cos(\omega t - kx_1) + A_2 \cos(\omega t - kx)$$

фазовая v и групповая u скорости: $v = \frac{\omega}{k}, \quad u = \frac{d\omega}{dk}, \quad u = v - \lambda \frac{dv}{d\lambda}$

$$\nu = \frac{(v \pm v_{\text{пр.лем}})}{(v \mp v_{\text{ист.от.}})} \nu_0 \quad - \text{ эффект Доплера.}$$

Задачи по кинематике, разбираемые в курсе элементарной физики, включают в себя задачи о равнопеременном прямолинейном движении одной или нескольких точек и задачи о криволинейном движении точки на плоскости.

ОБЩИЕ ПРАВИЛА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО КИНЕМАТИКЕ

Сделать схематический чертеж, на котором следует, прежде всего, изобразить систему отсчета и указать траекторию движения точки. Удачно выбранная система координат может значительно упростить решение и сделать кинематические уравнения предельно простыми. Начало координат удобно совмещать с положением движущейся точки в начальный рассматриваемый момент времени, а оси направлять так, чтобы приходилось делать как можно меньше разложений векторов.

Установить связь между величинами, отмеченными на чертеже. При этом следует иметь в виду, что в уравнения скорости и перемещения входят все кинематические характеристики равнопеременного прямолинейного движения (скорость, ускорение, время, перемещение).

Составляя полную систему кинематических уравнений, описывающих движение точки, нужно записать в виде вспомогательных уравнений все

дополнительные условия задачи, после чего, проверив число неизвестных в полученной системе уравнений, можно приступить к ее решению относительно искомых величин. Если неизвестных величин в уравнениях оказалось больше, то это может означать, что в процессе их определения, «лишние неизвестные» сократятся.

Составляя уравнения, необходимо следить за тем, чтобы начало отсчета времени было одинаковым для всех тел, участвующих в движении.

Решая задачи на движение тел, брошенных вертикально вверх, нужно обратить особое внимание на следующее. Уравнения скорости и перемещения для тела, брошенного вертикально вверх, дают общую зависимость скорости V и высоты h от времени t для всего времени движения тела.

Они справедливы (со знаком минус) не только для замедленного подъема вверх, но и для дальнейшего равноускоренного падения тела, поскольку движение тела после мгновенной остановки в верхней точке траектории происходит с прежним ускорением.

Под высотой h при этом всегда подразумевают перемещение движущейся точки по вертикали, т.е. ее координату в данный момент времени — расстояние от начала отсчета движения до точки.

Движение тел, брошенных под углом к горизонту, можно рассматривать как результат наложения двух одновременных прямолинейных движений по осям OX и OY , направленных вдоль поверхности Земли и по нормали к ней.

Учитывая это, решение всех задач такого типа удобно начинать с разложения вектора скорости и ускорения по указанным осям и затем составлять кинематические уравнения движения для каждого направления.

Необходимо при этом иметь в виду, что тело, брошенное под углом к горизонту, при отсутствии сопротивления воздуха и небольшой начальной скорости летит по параболе и время движения по оси OX равно времени движения по оси OY , поскольку оба эти движения происходят одновременно.

Время падения тела в исходную точку равно времени его подъема на максимальную высоту, а скорость падения равна начальной скорости бросания.

Решение задач о движении точки по окружности принципиально ничем не отличается от решения задач о прямолинейном движении. Особенность состоит лишь в том, что здесь наряду с общими формулами кинематики приходится учитывать связь между угловыми и линейными характеристиками движения.

ОБЩИЕ ПРАВИЛА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ДИНАМИКЕ

Характерная особенность решения задач механики о движении материальной точки, требующих применения законов Ньютона, состоит в следующем:

Сделать схематический чертеж и указать на нем все кинематические характеристики движения, о которых говорится в задаче. При этом, если возможно, обязательно проставить вектор ускорения.

Изобразить все силы, действующие на данное тело (материальную точку), в текущий (произвольный) момент времени.

Выражение «на тело действует сила» всегда означает, что данное тело взаимодействует с другим телом, в результате чего приобретает ускорение. Следовательно, к данному телу всегда приложено столько сил, сколько имеется других тел, с которыми оно взаимодействует

Расставляя силы, приложенные к телу, необходимо все время руководствоваться третьим законом Ньютона, помня, что силы могут действовать на это тело только со стороны каких-то других тел: со стороны Земли это будет сила тяжести, со стороны нити — сила натяжения, со стороны поверхности — силы нормальной реакции опоры и трения.

Полезно также иметь в виду и то обстоятельство, что для тел, расположенных вблизи поверхности Земли, надо учитывать только силу тяжести и силы, возникающие в местах непосредственного соприкосновения тел.

Силы притяжения, действующие между отдельными телами, настолько малы по сравнению с силой земного притяжения, что во всех задачах, где нет специальных оговорок, ими пренебрегают.

Говоря о движении какого-либо тела, например поезда, самолета, автомобиля и т.д., то под этим подразумевают движение материальной точки.

Материальную точку нужно при этом изображать отдельно от связей, заменив их действие силами. Связями в механике называют тела (нити, опоры, подставки и т.д.), ограничивающие свободу движения рассматриваемого тела.

Расставив силы, приложенные к материальной точке, необходимо составить основное уравнение динамики:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = m \cdot \vec{a}$$

Далее, пользуясь правилом параллелограмма, определяют величину равнодействующей, выразив ее через заданные силы, и подставляют выражение для модуля равнодействующей в исходное уравнение.

В большинстве случаев, и особенно когда дается три и более сил, выгоднее поступать иначе: движение частицы (на плоскости) описывать двумя скалярными уравнениями. Для этого нужно разложить все силы, приложенные к частице, по линии скорости (касательной к траектории движения — оси OX) и по направлению, ей перпендикулярному (нормали к траектории — оси OY), найти проекции F_x и F_y составляющих сил по этим осям и затем составить основное уравнение динамики точки в проекциях:

$$\sum F_x = m \cdot a_x; \quad \sum F_y = m \cdot a_y$$

где a_x и a_y — ускорения точки по осям.

Положительное направление осей удобно выбирать так, чтобы оно совпадало с направлением ускорения частицы. При указанном выборе осей легко установить, какие из приложенных сил (или их составляющие) влияют на величину вектора скорости, какие — на направление.

Само собой разумеется, что, если все силы действуют по одной прямой или по двум взаимно перпендикулярным направлениям, раскладывать их не надо и можно сразу записывать уравнение динамики в проекциях.

В случае прямолинейного движения материальной точки одно из ускорений (a_x и a_y) обычно равно нулю.

При наличии трения силу трения, входящую в уравнение динамики, нужно сразу же представить через коэффициент трения и силу нормального давления,

если известно, что тело скользит по поверхности или находится на грани скольжения.

Составив основное уравнение динамики и, если можно, упростив его (проведя возможные сокращения), необходимо еще раз прочитать задачу и определить число неизвестных в уравнении. Если число неизвестных оказывается больше числа уравнений динамики, то недостающие соотношения между величинами, фигурирующими в задаче, составляют на основании формул кинематики, законов сохранения импульса и энергии.

После того как получена полная система уравнений, можно приступить к ее решению относительно искомого неизвестного.

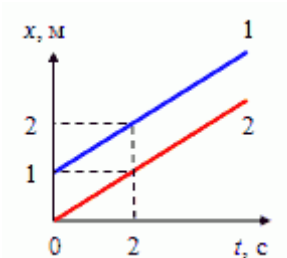
Выписав числовые значения заданных величин в единицах одной системы, принятой для расчета, и подставив их в окончательную формулу, прежде чем делать арифметический подсчет, нужно проверить правильность решения методом сокращения наименований. В задачах динамики, особенно там, где ответ получается в виде сложной формулы, этого правила в начальной стадии обучения желательно придерживаться всегда, поскольку в этих задачах делают много ошибок.

Задачи на динамику движения материальной точки по окружности с равномерным движением точки по окружности решают только на основании законов Ньютона и формул кинематики, но уравнение второго закона динамики здесь нужно записывать в форме:

$$\left| \sum \vec{F}_i \right| = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Пример 1.1. На рисунке представлены графики зависимости координаты двух тел от времени. Графики каких зависимостей показаны? Какой вид имеют графики зависимости скорости и пути, пройденного телом, от времени?



Решение

На рисунке показаны графики равномерного движения тел.

1) В начальный момент времени $t = 0$ первое тело имеет начальную координату $x_{o1} = 1$ м, второе тело — координату $x_{o2} = 0$.

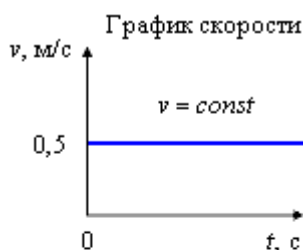
2) Оба тела движутся в направлении оси X , так как координата возрастает с течением времени.

3) Уравнение движения для равномерного прямолинейного движения имеет вид: $x = x_o + v_x t$.

Тогда для первого, второго тела соответственно:

$$x_1 = x_{o1} + v_1 t \text{ и } x_2 = x_{o2} + v_2 t \text{ или } x_1 = 1 + v_1 t, \quad x_2 = v_2 t.$$

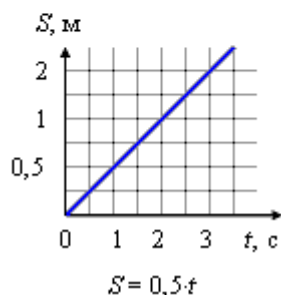
Определим скорости первого и второго тела: $v_{1x} = (x_1 - 1)/t = (2 - 1)/2 = 0,5$ м/с.



$$v_{2x} = (x_2)/t = 1/2 = 0,5 \text{ м/с.}$$

Уравнения скорости имеют вид: $v_{1x} = v_{2x} = 0,5$ м/с.

Так как $S = v_x t$, то уравнение пути $S = 0,5t$.



Пример 1.2. Пассажир едет в поезде, скорость которого 80 км/ч. Навстречу этому поезду движется товарный поезд длиной 1 км со скоростью 40 км/ч. Сколько времени товарный поезд будет двигаться мимо пассажира?

Решение

Систему отсчета свяжем с Землей. Наблюдатель находится в точке O с координатой $x = 0$. Координата хвоста товарного поезда $x_T = 1$ км. Уравнение движения обоих тел имеет вид: $x_1 = v_1 t$ и $x_2 = x_T - v_2 t$. В момент встречи хвоста поезда с пассажиром $x_1 = x_2$ или $v_1 t = x_T - v_2 t$, отсюда время встречи равно $t = x_T / (v_1 + v_2)$

Пример 1.3. Теплоход плывет по реке из точки А в точку Б в течение 3 часов, а обратно — в течение 5 часов. Собственная скорость теплохода одинакова в обоих случаях. За какое время из точки А в точку Б доплывет плот?

Решение

Обозначим скорость теплохода как v_m , а скорость реки как v_p .

Время движения теплохода по течению равно: $t_1 = S/(v_m + v_p)$

Время движения теплохода против течения: $t_2 = S/(v_m - v_p)$

Выражаем S из обоих уравнений и приравниваем правые части: $t_1(v_m + v_p) = t_2(v_m - v_p)$.

Получаем: $v_m = 4v_p$.

Получается, что теплоход без течения преодолеет это расстояние за 4 часа, по течению — за 3 часа и против — за 5 часов.

Скорость теплохода, плывущего против течения относительно берега равна 3-м скоростям течения.

Ответ: плот проплывет данное расстояние за 15 часов.

Пример 1.4. Наблюдатель, стоящий на платформе, определил, что первый вагон электропоезда прошёл мимо него в течение 4 с, а второй — в течение 5 с. После этого передний край поезда остановился на расстоянии 75 м от наблюдателя. Считая движение поезда равнозамедленным, определить его начальную скорость, ускорение и время замедленного движения.

Решение

Составим уравнение движения для первого вагона: $L = v_0 t_1 - at_1^2/2$,

для двух вагонов сразу: $2L = v_0(t_1 + t_2) - a(t_1 + t_2)^2/2$.

Нам понадобится еще одно уравнение, в котором будет скорость и ускорение: $S = v_0^2/2a$.

Таким образом, мы имеем систему из трех уравнений, решая которую (поупражняйтесь в математике самостоятельно), выйдем на конечную формулу: $a = 8S(t_2 - t_1)^2/(2t_1 t_2 + t_2^2 - t_1^2)^2 = 0,25 \text{ м/с}^2$.

Пример 1.5. Экваториальный радиус Земли равен 6370 км. Определить линейную и угловую скорости движения точек экватора при вращении Земли вокруг оси.

Решение

Линейная скорость вращения v точек земного экватора: $v = 2\pi R / T$, а угловая скорость вращения ω всех точек Земли равна: $\omega = 2\pi / T$.

После вычислений будем иметь: $v = 463 \text{ м/с}$, $\omega = 7,3 \times 10^{-5} \text{ рад/с}$.

ЗАДАЧИ

1. Поезд прошел расстояние 17 км между двумя станциями со средней скоростью 60 км/ч. При этом на разгон в начале движения и торможения перед остановкой ушло в общей сложности 4 мин, а остальное время поезд двигался с постоянной скоростью. Чему равна эта скорость?

2. При аварийном торможении автомобиль, движущийся со скоростью 72 км/ч, остановился через 5 с. Найти тормозной путь.

3. Вертикально вверх с начальной скоростью 20 м/с брошен камень. Через 1 с после этого брошен вертикально вверх другой камень с такой же скоростью. На какой высоте встретятся камни?

4. Лыжник съехал с горы длиной 40 м за 10 с, после чего он проехал по горизонтальной площадке до остановки 20 м. Считая движение с горы равноускоренным без начальной скорости, а по горизонтальной площадке равнозамедленным, найти скорость лыжника в конце горы и среднюю скорость на всем пути.

5. При равноускоренном движении мотоциклист за первые 5 с прошел путь в 45 м, а в следующие 5 с – путь в 95 м. Найти начальную и среднюю скорости мотоциклиста.

6. Колесо начинает вращаться из состояния покоя и через 1,5 с достигает угловой скорости 20 рад/с. На какой угол оно повернулось за указанное время?

7. Колесо, вращаясь равноускоренно, достигло угловой скорости 20 рад/с через 10 оборотов после начала вращения. Найти угловое ускорение колеса.

8. Камень брошен горизонтально. Через 3 с его скорость оказалась направленной под углом 45° к горизонту. Определить начальную скорость камня.

9. Камень брошен с вышки в горизонтальном направлении. Через промежуток времени 2 с камень упал на землю на расстоянии 40 м от основания вышки. Определить начальную и конечную скорости камня.

10. В шахту равноускоренно опускается бадья массой 280 кг. В первые 10 с она проходит 35 м. Найти силу натяжения каната, на котором висит бадья.

11. Стальная проволока выдерживает груз до 5000 Н. С каким наибольшим ускорением можно поднимать груз в 4500 Н, подвешенный на этой проволоке, чтобы она не разорвалась?

12. С каким ускорением нужно поднимать гирю, чтобы ее вес увеличился вдвое? С каким ускорением нужно ее опускать, чтобы вес уменьшился вдвое?

13. По наклонной плоскости высотой 0,5 м и длиной склона 1 м скользит тело массой 3 кг. Тело приходит к основанию наклонной плоскости со скоростью 2,45 м/с. Найти коэффициент трения тела о плоскость. Начальная скорость равна нулю.

14. Камень, пущенный по поверхности льда со скоростью 3 м/с, прошел до остановки расстояние 20,4 м. Найти коэффициент трения камня о лед.

15. На столе стоит тележка массой 4 кг. К тележке привязан один конец шнура, перекинутого через блок. С каким ускорением будет двигаться тележка, если к другому концу шнура привязать гирю массой 1 кг?

16. Стальная проволока выдерживает груз до 5000 Н. С каким наибольшим ускорением можно поднимать груз в 4500 Н, подвешенный на этой проволоке, чтобы она не разорвалась?

17. Шар массой 2 кг движется со скоростью 3 м/с и сталкивается с шаром массой 1 кг, движущимся ему навстречу со скоростью 4 м/с. Определить скорость шаров после прямого центрального абсолютно упругого удара.

18. Два абсолютно неупругих шара, имеющих массы 15 г и 10 г, двигались навстречу друг другу со скоростями, модули которых 0,6 м/с и 0,4 м/с соответственно. Найти их скорость после столкновения и потерю кинетической энергии при ударе.

19. Снаряд массой 20 кг, летевший со скоростью, направленной под углом 30° к горизонту, попадает в платформу с песком массой 10^4 кг и застревает в

песке. С какой скоростью летел снаряд, если платформа начинает двигаться со скоростью 1 м/с ?

20. Камень массой 400 г бросили со скоростью 20 м/с в горизонтальном направлении с башни, высота которой 50 м . Найти потенциальную и кинетическую энергии камня через 2 с после начала его движения.

21. Тело массой 2 кг движется со скоростью 3 м/с и нагоняет второе тело массой 3 кг , движущееся со скоростью 1 м/с . Каково должно быть соотношение между массами тел, чтобы при упругом ударе первое тело после удара остановилось?

22. Пружина жесткостью 10^3 Н/м была сжата на 5 см . Какую нужно совершить работу, чтобы сжатие пружины увеличить до 15 см ?

23. Автомобиль массой 2 т затормозил и остановился, пройдя путь 50 м . Найти работу силы трения, если дорога горизонтальна и коэффициент трения равен $0,4$.

24. Найти, какую мощность развивает двигатель автомобиля массой 1 т , если известно, что автомобиль едет с постоянной скоростью 36 км/ч по горизонтальной дороге.

25. Определить работу, совершаемую человеком при поднятии груза массой 2 кг на высоту 1 м с ускорением 3 м/с^2 .

26. Определить КПД наклонной плоскости длиной 1 м и высотой $0,6 \text{ м}$, если коэффициент трения при движении по ней тела равен $0,1$.

27. В безветренную погоду скорость приземления парашютиста $V_1 = 4 \text{ м/с}$. Какой будет скорость его приземления, если в горизонтальном направлении ветер дует со скоростью $V_2 = 3 \text{ м/с}$? Сделайте чертеж.

28. При какой максимальной скорости самолеты могут приземляться на посадочную полосу аэродрома длиной 800 м при торможении с ускорением $a_1 = -2,7 \text{ м/с}^2$? $a_2 = -5 \text{ м/с}^2$?

29. Сигнальная ракета, запущенная вертикально вверх, вспыхнула через 6 с после запуска в наивысшей точке своей траектории. На какую высоту поднялась ракета? С какой начальной скоростью ее запустили?

30. Луна движется вокруг Земли по окружности, радиусом 384 000 км с периодом 27 сут. 7 ч 43 мин. Какова линейная скорость Луны? Каково центростремительное ускорение Луны к Земле?

31. На опускающегося парашютиста действует сила земного притяжения. Объясните, почему он движется равномерно.

32. Почему машинисту подъемного крана запрещается резко поднимать с места тяжелые грузы?

33. Вагонетка массой 500 кг движется под действием силы 100 Н. Определите ее ускорение.

34. Автобус массой 8000 кг едет по горизонтальному шоссе. Какая сила требуется для сообщения ему ускорения $1,2 \text{ м/с}^2$?

35. Два человека тянут за веревку в разные стороны с силой 90 Н каждый. Разорвется ли веревка, если она выдерживает натяжение до 120 Н?

36. На самолет, летящий в горизонтальном направлении, действует в направлении полета сила тяги двигателя $F = 15000 \text{ Н}$, сила сопротивления воздуха $F_C = 11000 \text{ Н}$ и сила давления бокового ветра $F_B = 3000 \text{ Н}$, направленная под углом $\alpha = 90^\circ$ к курсу. Найти равнодействующую этих сил. Какие еще силы действуют на самолет в полете и чему равна их равнодействующая?

37. Определите силу, с которой притягиваются друг к другу два корабля массой по 107 кг каждый, находящиеся на расстоянии 500 м друг от друга.

38. Между всеми телами существует взаимное притяжение. Почему же мы наблюдаем притяжение тел к Земле и не замечаем взаимного тяготения окружающих нас предметов друг к другу?

39. Пружину детского пистолета сжали на 3 см. Определите возникшую в ней силу упругости, если жесткость пружины равна 700 Н/м.

40. Какую начальную скорость нужно сообщить сигнальной ракете, выпущенной под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту, чтобы она вспыхнула в наивысшей точке траектории, если запал ракеты горит $t = 6 \text{ с}$?

41. Вычислить первую космическую скорость у поверхности Луны, если радиус Луны $R = 1760 \text{ км}$, а ускорение свободного падения на Луне составляет 0,17 земного.

42. Пуля массой 10 г, летящая горизонтально со скоростью 400 м/с, ударяется в преграду и останавливается. Чему равен импульс, полученный пулей от преграды? Куда он направлен?

43. Космический корабль массой 4800 кг двигался по орбите со скоростью 8000 м/с. При торможении из него тормозными двигателями было выброшено 500 кг продуктов сгорания со скоростью 800 м/с относительно его корпуса в направлении движения. Определите скорость корабля после торможения.

44. Снаряд, летевший горизонтально со скоростью 480 м/с, разорвался на два осколка равной массы. Один осколок полетел вертикально вверх со скоростью 400 м/с относительно Земли. Определите скорость второго осколка.

45. Охотник, плывя по озеру на легкой надувной лодке, стреляет в уток. Какую скорость приобретает лодка в момент выстрела из двух стволов ружья (дуплетом)? Масса охотника с лодкой и ружьем 80 кг, масса пороха и дроби в одном патроне 40 г, начальная скорость дроби 320 м/с, ствол ружья во время выстрела направлен под углом 60° к горизонту.

46. Самолет должен иметь для взлета скорость 25 м/с. Длина пробега по полосе аэродрома составляет 100 м. Какую мощность должны развивать двигатели при взлете, если масса самолета 1000 кг и сопротивление движению равно 200 Н?

47. Футбольный мяч массой 400 г падает на Землю с высоты 6 м и отскакивает на высоту 2,4 м. Какое количество механической энергии мяча превращается в другие виды энергии?

48. Автомобиль массой 5000 кг при движении в горной местности поднялся на высоту 400 м над уровнем моря. Определите потенциальную энергию автомобиля относительно уровня моря.

49. Перед загрузкой в плавильную печь чугунный металлолом измельчают ударами падающего бойка молота массой 6000 кг. Определите полную энергию в нижней точке при падении бойка с высоты 9 м. Сравните ее с полной энергией, которую имеет боек, пройдя при падении 5 м.

50. Самолет массой 1000 кг летит горизонтально на высоте 1200 м со скоростью 50 м/с. При выключенном двигателе самолет планирует и

приземляется со скоростью 25 м/с. Определите силу сопротивления воздуха при спуске, считая длину спуска равной 8 км.

51. Достаточна ли мощность электродвигателя токарного станка 1А62 (7,8 кВт) для обработки детали со скоростью резания 5 м/с, если сопротивление металла резанию составляет 600 Н? КПД станка 0,75.

52. Автомобиль, мощность двигателя которого 50 кВт, движется по горизонтальному шоссе. Масса автомобиля 1250 кг. Сопротивление движению равно 1225 Н. Какую максимальную скорость может развить автомобиль?

53. При формировании железнодорожного состава происходят соударения вагонов буферами. Пружины двух буферов вагона сжались при ударе на 10 см каждая. Определите работу сжатия пружин, если коэффициент их жесткости равен $5 \cdot 10^6$ Н/м.

54. Во время грозы человек услышал гром через 15 с после вспышки молнии. Как далеко от него произошел разряд?

55. Грузик, колеблющийся на пружине, за 8 с совершил 32 колебания. Найти период и частоту колебаний.

56. Частота колебаний крыльев комара 600 Гц, а период колебаний крыльев шмеля 5 мс. Какое из насекомых сделает при полете больше взмахов крыльями за 1 мин и на сколько?

57. Амплитуда колебаний точки струны 1 мм, частота 1 кГц. Какой путь пройдет точка за 0,2 с? В этой и следующих задачах колебания считать незатухающими.

58. Крылья пчелы, летящей за нектаром, колеблются с частотой = 420 Гц, а при полете обратно (с нектаром) — $\nu_2 = 300$ Гц. За нектаром пчела летит со скоростью $\nu_1 = 7$ м/с, а обратно со скоростью $\nu_2 = 6$ м/с. При полете в каком направлении пчела сделает бол

59. Как привести в колебания маятник стенных часов, сообщив ему: а) потенциальную энергию; б) кинетическую энергию?

60. На какое расстояние надо отвести от положения равновесия груз массой 640 г, закрепленный на пружине жесткостью 0,4 кН/м, чтобы он проходил положение равновесия со скоростью 1 м/с?

61. Какова масса груза, колеблющегося на пружине жесткостью $0,5 \text{ кН/м}$, если при амплитуде колебаний 6 см он имеет максимальную скорость 3 м/с ?

62. Найти массу груза, который на пружине жесткостью 250 Н/м делает 20 колебаний за 16 с .

63. Определить по графику, приведенному на рисунке 54, амплитуду, период и частоту колебаний. Найти максимальную силу, действующую на тело массой 100 г .

64. Если к некоторому грузу, колеблющемуся на пружине, подвесить гирю массой 100 г , то частота колебаний уменьшится в $1,41$ раза. Какой массы груз был первоначально подвешен к пружине?

65. Во сколько раз изменится период колебаний груза, подвешенного на резиновом жгуте, если отрезать $3/4$ длины жгута и подвесить на оставшуюся часть тот же груз?

66. Во сколько раз изменится частота колебаний математического маятника при увеличении длины нити в 3 раза?

67. Груз массой 400 г совершает колебания на пружине жесткостью 250 Н/м . Амплитуда колебаний 15 см . Найти полную механическую энергию колебаний и наибольшую скорость движения груза.

68. Как относятся длины математических маятников, если за одно и то же время один совершает 10 , а второй 30 колебаний?

69. Какое значение ускорения свободного падения получил ученик при выполнении лабораторной работы, если маятник длиной 80 см совершил за 1 мин 34 колебания?

70. Во сколько раз изменится полная механическая энергия колеблющегося маятника при уменьшении его длины в 3 раза и увеличении амплитуды колебаний в 2 раза?

71. За одно и то же время один математический маятник делает 50 колебаний, а другой 30 . Найти их длины, если один из маятников на 32 см короче другого.

72. Чтобы отвести качели с сидящим на них человеком на большой угол, необходимо приложить значительную силу. Почему же раскачать качели до такого же угла отклонения можно с помощью значительно меньшего усилия?

73. Чтобы помочь шоферу вытащить автомобиль, застрявший в грязи, несколько человек раскачивают автомобиль, причем толчки, как правило, производятся по команде. Важно ли, через какие промежутки времени подавать команду?

74. Спортсмен раскачивается при прыжках на батуте со строго определенной частотой. От чего зависит эта частота?

75. На некоторых участках дороги встречаются расположенные на приблизительно одинаковых расстояниях выбоины (это обычно отмечается соответствующим дорожным знаком). Водитель вел автомобиль по такому участку один раз порожним, а другой раз нагруженным.

76. По поверхности воды в озере волна распространяется со скоростью 6 м/с. Каковы период и частота колебаний бакена, если длина волны 3 м?

77. Рыболов заметил, что за 10 с поплавок совершил на волнах 20 колебаний, а расстояние между соседними гребнями волн 1,2 м. Какова скорость распространения волн?

78. Мальчик несет на коромысле ведра с водой, период собственных колебаний которых 1,6 с. При какой скорости движения мальчика вода начнет особенно сильно выплескиваться, если длина его шага 60 см?

79. Длина звуковой волны в воздухе для самого низкого мужского голоса достигает 4,3 м, а для самого высокого женского голоса 25 см. Найти частоты колебаний этих голосов.

80. Частотный диапазон рояля от 90 до 9000 Гц. Найти диапазон длин звуковых волн в воздухе.

81. Когда наблюдатель воспринимает по звуку, что самолет находится в зените, он видит его под углом $\alpha = 73^\circ$ к горизонту. С какой скоростью летит самолет?

82. На поверхности воды распространяется волна со скоростью 2,4 м/с при частоте колебаний 2 Гц. Какова разность фаз в точках, лежащих на одном луче и отстоящих друг от друга на 10, 60, 90, 120 и 140 см?

83. Звук взрыва, произведенного в воде вблизи поверхности, приборы, установленные на корабле и принимающие звук по воде, зарегистрировали на 45 с раньше, чем он пришел по воздуху. На каком расстоянии от корабля произошел взрыв?

84. Кто чаще взмахивает крылышками при полете — комар или муха?

85. Как на слух отличить, работает ли электродрель вхолостую или сверлит отверстие?

86. Расстояние до преграды, отражающей звук, 68 м. Через какое время человек услышит эхо?

87. Какая из величин и во сколько раз изменится при переходе звука из воздуха в воду — частота или длина волны?

88. При измерении глубины моря под кораблем при помощи эхолота оказалось, что моменты отправления и приема ультразвука разделены промежутком времени 0,6 с. Какова глубина моря под кораблем?

89. Почему в пустом зрительном зале звук громче и раскатистей, чем в зале, заполненном публикой?

ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

Обозначение	Единица измерения	Физический смысл
P	Па	давление
V	м ³	объем
T	К	температура
N	—	число молекул
M	кг	масса
μ	кг/Моль	молярная масса
ν	Моль	количество вещества

U	Дж	внутренняя энергия газа
Q	Дж	количество теплоты
η	–	КПД

Уравнение состояния.

$pV=NkT$ - уравнение состояния (уравнение Менделеева-Клапейрона)

$$N = \nu N_A, \quad \nu = \frac{m}{\mu}, \quad N = \frac{m}{m_0};$$

$$U = \frac{i}{2} NkT, \quad U = \frac{i}{2} pV \quad \text{- полная внутренняя энергия системы.}$$

Число атомов	i	$\gamma = \frac{i+2}{i}$
1	3	5/3
2	7	9/7
3	13 (12)	15/13 (7/6)

$p = \frac{1}{3} m_0 n v^2$ - основное уравнение молекулярно-кинетической теории.

$p = \sum p_i$ - закон Дальтона для давления смеси газов.

$$n = \frac{N}{V}, \quad p = nkT;$$

$$\text{при } N = \text{const} \rightarrow \frac{pV}{T} = \text{const}$$

$T = \text{const}$	изотерма	$PV = \text{const}$	закон Бойля-Мариотта
$p = \text{const}$	изобара	$V/T = \text{const}$	закон Гей-Люссака
$V = \text{const}$	изохора	$p/T = \text{const}$	закон Шарля

Броуновское движение.

$$\langle v^2 \rangle = \frac{3kT}{m_0} \quad \text{среднеквадратичная скорость молекул.}$$

$$v = \sqrt{2kT / m_0} \quad \text{- наиболее вероятная скорость молекул.}$$

$$v = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_0}} \quad \text{- средняя арифметическая скорость молекул.}$$

$f(v) = 4\pi \left(\frac{m_0}{2\pi kT} \right)^{3/2} v^2 e^{-\frac{m_0 v^2}{2kT}}$ - Закон Максвелла для распределения молекул идеального газа по скоростям.

Среднее число соударений молекулы за 1с: $\langle z \rangle = \sqrt{2} \pi d^2 n \langle v \rangle$

Средняя длина свободного пробега молекул $\langle l \rangle = \frac{1}{\sqrt{2} \pi d^2 n}$

$\langle r \rangle = \frac{\langle v \rangle t}{n \sqrt{2} \pi d^2}$ - средний путь молекулы за время t .

Распределение в потенциальном поле.

$p_h = p_0 e^{-\frac{mgh}{kT}}$ - барометрическая формула.

$n_h = n_0 e^{-\frac{mgh}{kT}}$ - распределение Больцмана.

Термодинамика.

$\Delta U = \Delta Q - A$ - первое начало термодинамики.

$A = p \Delta V$ - работа газа.

$N_2 - \frac{d_2}{k_2} N_1 - \frac{d_1}{k_1}$ - уравнение адиабаты.

Теплоемкость $C = \frac{dQ}{dT}$, удельная теплоемкость $c = C/m$.

Название	Определение	Уравнение	A	Q	C
Изохора	$V = \text{const}$	$Q = \Delta U$	0	$Nk\Delta T/(\gamma-1)$	$Nk/(\gamma-1)$
Изобара	$p = \text{const}$	$\Delta U = Q + p\Delta V$	$p\Delta V$	$\gamma p\Delta V/(\gamma-1)$	$\gamma Nk/(\gamma-1)$
Изотерма	$T = \text{const}$	$Q = A$	$NkT \ln \frac{V_1}{V_2}$ $p_1 V_1 \ln \frac{p_1}{p_2}$	A	∞
Адиабата	$Q = \text{const}$	$\Delta U = -A$	$\frac{1}{\gamma-1} p_1 V_1 \left(1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} \right)$	0	0

Тепловой баланс.

$Q_{отд} = Q_{получ}$

$Q = cm\Delta T$ - теплота на нагрев (охлаждение)

$Q = r m$ - Теплота парообразования (конденсации)

$Q = \lambda t$ - плавление (кристаллизация)

$Q = qt$ - сгорание.

Тепловое расширение.

$$l = l_0(1 + \alpha \Delta T) \quad V = V_0(1 + \beta \Delta T)$$

Тепловые машины.

$$\eta = \frac{A}{Q} \text{ - коэффициент полезного действия}$$

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}, \quad \eta_{\max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

Гидростатика, гидродинамика.

Обозначение	Единица измерения	Физический смысл
p	Па	давление
V	м ³	объем
m	кг	масса
σ	Н/м	коэффициент поверхностного натяжения
v	м/с	скорость жидкости
S	м ²	площадь
ρ	кг/м ³	плотность
h	м	высота столба жидкости.

$$p = \frac{F_{\text{давл}}}{S}, \quad p = \rho gh \text{ (давление на глубине } h \text{).}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ - плотность.}$$

$$F_A = \rho_{\text{жид}} V_{\text{тела}} \text{ (сила Архимеда).}$$

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \text{ - (гидравлический пресс).}$$

$$\rho h = \text{const} \text{ - закон сообщающихся сосудов.}$$

$$\rho Sv = \text{const} \text{ - уравнение неразрывности.}$$

$\frac{\rho v^2}{2} + \rho gh + p = \text{const}$ - уравнение Бернулли ($\frac{\rho v^2}{2}$ - динамическое, p - статическое, ρgh - гидростатическое давление.)

$F_{\text{п.н.}} = \sigma l$ $E_{\text{п.н.}} = \sigma S$ - сила и энергия поверхностного натяжения.

$h = \frac{2\sigma}{\rho g r}$ - высота подъема жидкости в капилляре.

МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ

Основным уравнением, характеризующим состояние идеального газа, является уравнение Менделеева-Клапейрона. Составив это уравнение для каждого из рассматриваемых состояний, газа и записав дополнительные условия в виде формул, можно сравнительно легко решить почти любую задачу на газы элементарного курса физики.

Однако этот метод решения в ряде случаев усложняет решение и приводит к лишним математическим выкладкам, мало поясняющим физическую сущность явления.

Учитывая это, задачи на расчет параметров состояния газов можно разделить на две основные группы.

К первой следует отнести такие задачи, где даны два или несколько состояний газа, в которых его масса остается неизменной ($m = \text{const}$) и к которым, следовательно, применимо уравнение объединенного газового закона:

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

Вторую группу составляют задачи, в условии которых дана масса газа или рассматриваются такие процессы, в которых масса газа изменяется. При решении этих задач пользоваться объединенным газовым законом нецелесообразно, более удобно применять уравнение Менделеева-Клапейрона:

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

Решение задач на нагревание и работу газа при изохорическом и изобарическом процессе основано на первом начале термодинамики.

Если по условию задачи даны два состояния газа и при переходе газа из одного состояния в другое его масса не меняется, то для решения задачи можно рекомендовать следующую последовательность:

Прочитав условие задачи, нужно ясно представить, какой газ участвует в том или ином процессе, и убедиться, что при изменении параметров состояния газа его масса не меняется.

Сделать, если это возможно, схематический чертеж и, отметив каждое состояние газа, указать параметры p , V , T , характеризующие эти состояния. Определить из условия задачи, какой из этих трех параметров не меняется и какому газовому закону подчиняются переменные параметры.

В общем случае могут изменяться все три параметра p , V и T .

Записать уравнение объединенного газового закона Клапейрона для двух данных состояний. Если какой-либо параметр остается неизменным, уравнение автоматически переходит в одно из трех уравнений: закон Бойля-Мариотта, Гей-Люссака или Шарля.

Представить в развернутом виде параметры p_1 , V_1 , p_2 , V_2 выразив их через заданные величины. Вполне естественно, что расшифровывать нужно только те параметры, которые заданы косвенно, но не те, что даны явно.

Особое внимание здесь следует обратить на определение давления. Чтобы его найти, часто приходится использовать закон Паскаля: провести нулевой уровень через границу, отделяющую газ от жидкости, и записать уравнение равновесия жидкости.

Записать математически все вспомогательные условия и решить полученную систему уравнений относительно неизвестной величины.

Если в задаче рассматривают процессы, связанные с изменением состояния двух или трех газов, отделенных друг от друга поршнями или входящих в состав смеси, то все указанные действия нужно проделать для каждого газа отдельно.

В задачах на газовые законы рекомендуется пользоваться только абсолютной температурой и сразу же переводить значения температуры по шкале Цельсия в значения по шкале Кельвина.

Если по условию задачи дано только одно состояние газа и требуется определить какой-либо параметр этого состояния или же даны два состояния с разной массой газа, то рекомендуется поступать так:

Установить, какие газы участвуют в рассматриваемых процессах.

Для каждого состояния каждого газа (если их несколько) составить уравнение Менделеева-Клапейрона.

Если дана смесь газов, то это уравнение записывают для каждого компонента. Связь между значениями давлений отдельных газов и результирующим давлением смеси устанавливается законом Дальтона.

Записать математически дополнительные условия задачи и решить полученную систему уравнений относительно искомой величины.

В комбинированных задачах, где рассматривается движение сосуда с газом, уравнение газового состояния добавляют к уравнениям механики.

Задания на чтение графиков изменения состояния газа при фазовых переходах. Алгоритм выполнения:

1. Определить фазовые переходы состояния газа (изотермический, изобарный, изохорный процессы). Записать анализ ниже предложенного графика.
2. Установить на каждом переходе изменения макроскопических параметров (увеличиваются или уменьшаются).
3. Учитывая графики изопроцессов в различных осях координат, построить графики изменения состояния газа в недостающих.

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Пример 2.1. В вертикальном цилиндрическом сосуде под подвижным поршнем находится 2 моля гелия и 1 моль молекулярного водорода. Температуру смеси увеличивают в два раза. При этом весь водород распадается на атомы. Во сколько раз увеличивается объем газа под поршнем?

Решение

Так как поршень открыт, то процесс изменения объема будет происходить при постоянном давлении.

Для первого состояния:

$$p = (RT_1/V_1) (v_1 + v_2).$$

Для второго состояния:

$$p = (RT_2/V_2) (v_1 + 2v_2).$$

Приравняйте правые части и найдите отношение объемов.

Пример 2.1. Какое количество вещества содержится в газе, если при давлении 200кПа и температуре 240К его объем равен 40л?

Решение

Воспользуемся уравнением состояния идеального газа, поскольку в задаче идет речь о состоянии газа.

$$PV = \frac{m}{M} RT$$

Зная, что количество вещества определяется $\nu = \frac{m}{M}$,

подставим в исходную формулу: $PV = \nu RT$, выразим ν и получим: $\nu = \frac{PV}{RT}$

$$\nu = \frac{2 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 240 \text{ К}} = 4 \text{ моль}$$

Ответ: 4 моль.

Пример 2.2. Газ был изотермически сжат с 8л до 5л. При этом давление возросло на 60кПа. Найти первоначальное давление газа.

Решение

Воспользуемся законом Бойля-Мариотта, так как в задаче идет речь о изотермическом процессе без изменения массы газа.

$$m = \text{const}, P_0 V_0 = P_1 V_1, T = \text{const}$$

Так как $P_1 = P_0 + \Delta P$, то имеем

$$P_0 V_0 = (P_0 + \Delta P) V_1$$

$$P_0 V_0 = P_0 V_1 + \Delta P V_1$$

$$P_0 V_0 - P_0 V_1 = \Delta P V_1$$

$$P_0 (V_0 - V_1) = \Delta P V_1$$

Выразим P_0 из предыдущего выражения, получим:

$$P_0 = \frac{\Delta P V_1}{V_0 - V_1} = \frac{6 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot 5 \text{ л}}{8 \text{ л} - 5 \text{ л}} = 10^5 \text{ Па}$$

Ответ: 10^5 Па .

Пример 2.3. Влажный термометр психрометра показывает 10°C , а сухой 14°C . Найти относительную влажность воздуха.

Решение

Для решения данной задачи воспользуемся психрометрической таблицей:

Найдем показания сухого термометра (14°C).

Определим разность в показаниях сухого и влажного термометров

$$\Delta t = t_{\text{сух}} - t_{\text{влаж}} = 4^\circ\text{C}$$

На пересечении соответствующих строк и столбца найдем показания психрометра: $\varphi = 60\%$

Ответ: 60% .

Пример 2.4. Температура нагревателя идеальной тепловой машины 117°C , а холодильника 27°C . Количество теплоты, получаемое машиной от нагревателя за 1с, равно 60 кДж . Вычислить КПД машины, количество теплоты, отдаваемое холодильнику в 1с и мощность машины.

Решение

Для решения задачи воспользуемся формулами: идеальной тепловой машины Карно, КПД, мощность машины.

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad - \text{формула Карно идеальной тепловой машины}$$

$$\eta = \frac{390\text{K} - 300\text{K}}{390\text{K}} = 0,23(23\%)$$

Найдем количество теплоты, отданной холодильнику.

$$N = \frac{A_{\text{полезная}}}{t}, A_{\text{полезная}} = Q_1 - Q_2, \eta = \frac{A_{\text{полезная}}}{Q_1}, A_{\text{полезная}} = \eta \cdot Q_1$$

$$\text{Значит, } Q_2 = Q_1 - \eta Q_1 = 60 \cdot 10^3 \text{ Дж} - 0,23 \cdot 60 \cdot 10^3 \text{ Дж} = 46,2 \text{ кДж}$$

Теперь определим мощность тепловой машины.

$$N = \frac{Q_1 - Q_2}{t} = \frac{60 \cdot 10^3 \text{ Дж} - 46,2 \cdot 10^3 \text{ Дж}}{1\text{с}} = 14 \text{ кВт}$$

Ответ: 23%, 46,2кДЖ, 14кВт

Пример 2.5. Свинцовая пуля летит со скоростью 200м/с и попадает в земляной вал. На сколько градусов нагреется пуля, если 78% кинетической энергии пули превратилось во внутреннюю?

Решение

Так часть кинетической энергии перешла во внутреннюю, следовательно, пуля нагрелась. Значит $\Delta U = Q$

$$0,78E_k = \Delta U = Q, Q = Cm\Delta t, E_k = \frac{mv^2}{2}$$

Получим:

$$0,78 \frac{mv^2}{2} = Cm\Delta t, \text{ массу можно сократить}$$

Выразим Δt

$$\Delta t = \frac{0,78v^2}{2C} = \frac{0,78 \cdot (200 \text{ м/с})^2}{2 \cdot 130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}} = 120 \text{ К}$$

Ответ: 120К

ЗАДАЧИ

1. Воспользовавшись таблицей Менделеева, определите относительную молекулярную массу кислорода O_2 , метана CH_4 , сероводорода H_2S .
2. Определите массу молекулы кислорода, метана и сероводорода.
3. Сколько молей содержится в 45 г воды?
4. Сколько молекул содержат 2 г водяного пара?
5. Какая масса воздуха требуется для наполнения камеры в шине автомобиля, если ее объем 12 л? Камеру накачивают при температуре 27°C до давления $2,2 \cdot 10^5$ Па.
6. Баллон емкостью 100 л содержит 5,76 кг кислорода. При какой температуре возникает опасность взрыва, если баллон выдерживает давление до $5 \cdot 10^5$ Па?
7. В сварочном цехе стоят 40 баллонов ацетилена (C_2H_2) емкостью 40 дм³ каждый. Все они включены в общую магистраль. После 12 ч непрерывной работы

давление во всех баллонах упало с $1,3 \cdot 10^7$ до $0,7 \cdot 10^7$ Па. Определите расход ацетилена, если температура в цехе оставалась неизменной и была равна 32°C .

8. Баллон содержит сжатый кислород при температуре 25°C и давлении $1,5 \cdot 10^7$ Па. В ходе газовой сварки израсходована половина кислорода. Определите, какое давление установится в баллоне, если температура газа снизилась до 15°C .

9. Воздушный шар, объем которого 600 м^3 , наполнен водородом при температуре 27°C и давлении 10^5 Па. Водород перед заполнением воздушного шара находился в газовых бомбах при давлении $4 \cdot 10^6$ Па и температуре 7°C . Каков объем каждой газовой бомбы, если их потребовалось 200 штук?

10. В баллоне емкостью 100 л находится газ под давлением $4,9 \cdot 10^5$ Па. Какой объем займет газ при нормальном атмосферном давлении ($1,01 \cdot 10^5$ Па)? Его температура не меняется.

11. До какой температуры нужно изобарически охладить некоторую массу газа с начальной температурой 37°C , чтобы объем газа уменьшился при этом на одну четверть?

12. При температуре 5°C давление воздуха в баллоне равно 10^4 Па. При какой температуре давление в нем будет $2,6 \cdot 10^4$ Па?

13. Манометр на баллоне со сжатым кислородом показывал при температуре -3°C давление $1,8 \cdot 10^6$ Па, а при температуре 27°C давление $2 \cdot 10^6$ Па. Происходила ли утечка газа из баллона?

14. Давление в кабине космического корабля «Союз» при температуре 290 К равно $9,7 \cdot 10^4$ Па. Как изменится давление воздуха при повышении температуры на 8 К ?

15. Почему баллоны со сжатыми газами (кислородом, водородом, ацетиленом) нельзя нагревать выше 35°C ?

16. При измерении поверхностного натяжения спирт поднялся в капиллярной трубке с диаметром канала $0,15 \text{ мм}$ на высоту $7,6 \text{ см}$. Чему равно поверхностное натяжение спирта по результатам опыта? Плотность спирта $0,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

17. В технике для смазки подшипников скольжения, работающих в условиях относительно небольших скоростей, применяется фитильная смазка: один конец фитиля опускается в масло, а по другому масло поступает на смазываемую поверхность (цапфу или шейку вала). Определите, на какую высоту может подняться масло по фитилю, если он сделан из ткани, диаметр капилляров которой 0,2 мм. Плотность масла 870 кг/м^3 , поверхностное натяжение $26 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$.

18. В сосуд с горячей водой опущена капиллярная трубка. Будет ли изменяться уровень воды в трубке при ее остывании?

19. В батарею водяного отопления поступает вода объемом $6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ в 1 с при температуре 80°C , а выходит из батареи при температуре 25°C . Какое количество теплоты получает отапливаемое помещение в течение суток?

20. Стальной резец массой 200 г нагрели до температуры 800°C и погрузили для закалки в воду, взятую при 20°C . Через некоторое время температура воды поднялась до 60°C . Какое количество теплоты было передано резцом воде?

21. Какое количество теплоты требуется для нагревания и расплавления 10^4 кг стального лома в мартеновской печи, если начальная его температура 20°C ? Температура плавления стали 1500°C . Удельная теплота плавления стали $2,7 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$.

22. В плавильной печи за одну плавку получили 250 кг алюминия при температуре 660°C . Определите, на сколько изменилась внутренняя энергия алюминия, если его начальная температура была 20°C . Удельная теплота плавления алюминия $3,9 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$.

23. В электроплавильную печь загрузили 3 т стального лома при температуре 20°C . Какое количество электроэнергии требуется для расплавления стали, если КПД печи 95%?

24. На токарном станке обрабатывается вал со скоростью резания 100 м/мин. Сила резания равна 2150 Н. Какое количество теплоты надо отводить из зоны резания ежеминутно, если на нагревание резца, детали и стружки идет 80% механической энергии шпинделя?

25. С одинаковой высоты упали два тела одинаковой массы — медное и железное. Какое из них при ударе нагреется до более высокой температуры?
26. Паровой молот массой 10 т свободно падает с высоты 2,5 м на железную болванку массой 250 кг. На нагревание болванки идет 30% количества теплоты, выделенной при ударе. Сколько раз должен упасть молот, чтобы температура болванки поднялась на $20\text{ }^{\circ}\text{C}$?
27. Тепловоз массой 3000 т, двигавшийся со скоростью 72 км/ч, остановлен тормозами. Какое количество теплоты выделилось при торможении?
28. Газ, занимавший объем $V_1 = 11\text{ л}$ при давлении 10^5 Па , был изобарно нагрет от 20°C до 100°C . Определите работу расширения газа.
29. Начальное состояние газа характеризуется параметрами p_1 и V_1 . При каком расширении — изотермическом или изобарном — до объема V_2 газ совершает большую работу?
30. 1 м^3 воздуха при температуре 0°C находится в цилиндре при давлении $2 \cdot 10^5\text{ Па}$. Какая будет совершена работа при его изобарном нагревании на 10°C ?
31. Кислород, взятый при температуре $t_0 = 27^{\circ}\text{C}$, изобарически сжали до объема в 5 раз меньше первоначального. Определите работу внешней силы сжимающей газ, если его масса $m = 160\text{ г}$.
32. Один моль газа при изобарическом расширении совершает работу $A = 831\text{ кДж}$. В исходном состоянии объем газа $V_1 = 3\text{ м}^3$, а температура $T_1 = 300\text{ К}$. Каковы параметры газа p_2 , V_2 , T_2 после расширения?
33. Пневматический молот работает за счет энергии сжатого воздуха. Почему наблюдается обмерзание молота снаружи при работе? Какова причина охлаждения?
34. Определите КПД цикла Карно, если температуры нагревателя и холодильника соответственно равны 200°C и 15°C . На сколько нужно повысить температуру нагревателя, чтобы КПД цикла увеличился вдвое?
35. Какова внутренняя энергия 10 моль одноатомного газа при температуре 27°C ?
36. На сколько изменяется внутренняя энергия гелия массой 200 г при увеличении температуры на 20°C ?

37. Сравнить внутренние энергии аргона и гелия при одинаковой температуре. Массы газов одинаковы.
38. Как изменяется внутренняя энергия одноатомного газа при изобарном нагревании? при изохорном охлаждении? при изотермическом сжатии?
39. Какова внутренняя энергия гелия, заполняющего аэростат объемом 60 м³ при давлении 100 кПа?
40. При уменьшении объема одноатомного газа в 3,6 раза его давление увеличилось на 20% . Во сколько раз изменилась внутренняя энергия?
41. Сравнить внутреннюю энергию газа, находящегося в открытой колбе до нагревания, с внутренней энергией газа, оставшегося в колбе после изобарного нагревания.
42. В двух цилиндрах под подвижным поршнем находятся водород и кислород. Сравнить работы, которые совершают эти газы при изобарном нагревании, если их массы, а также начальные и конечные температуры равны.
43. Для изобарного нагревания газа, количество вещества которого 800 моль, на 500 К ему сообщили количество теплоты 9,4 МДж. Определить работу газа и приращение его внутренней энергии.
44. Объем кислорода массой 160 г, температура которого 27 °С, при изобарном нагревании увеличился вдвое. Найти работу газа при расширении, количество теплоты, которое пошло на нагревание кислорода, изменение внутренней энергии.
45. Какую работу совершил воздух массой 200 г при его изобарном нагревании на 20 К? Какое количество теплоты ему при этом сообщили?
46. Какое количество теплоты Q надо сообщить одноатомному газу, количество вещества которого V , для изобарного нагревания на ΔT ? Полученный результат можно использовать при решении последующих задач.
47. Какая часть количества теплоты, сообщенного одноатомному газу в изобарном процессе, идет на увеличение внутренней энергии, и какая часть — на совершение работы?
48. Для получения газированной воды через воду пропускают сжатый углекислый газ. Почему температура воды при этом понижается?

49. В сосуд, на дне которого была вода, накачали воздух. Когда открыли кран и сжатый воздух вырвался наружу, сосуд заполнился водяным туманом. Почему это произошло?

50. Свинцовая пуля, летящая со скоростью 200 м/с, падает в земляной вал. На сколько повысилась температура пули, если 78% кинетической энергии пули превратилось во внутреннюю энергию?

51. № 665. Стальной осколок, падая с высоты 500 м, имел у поверхности земли скорость 50 м/с. На сколько повысилась температура осколка, если считать, что вся работа сопротивления воздуха пошла на его нагревание?

52. С какой наименьшей скоростью должна лететь свинцовая дроби́нка, чтобы при ударе о препятствие она расплавилась? Считать, что 80% кинетической энергии превратилось во внутреннюю энергию дроби́нки, а температура дроби́нки до удара была 127 °С.

53. Что обладает большей внутренней энергией: рабочая смесь, находящаяся в цилиндре двигателя внутреннего сгорания к концу такта сжатия (до проскакивания искры), или продукт ее горения к концу рабочего хода?

54. Температура нагревателя идеальной тепловой машины 117 °С, а холодильника 27 °С. Количество теплоты, получаемое машиной от нагревателя за 1 с, равно 60 кДж. Вычислить КПД машины, количество теплоты, отдаваемое холодильнику в 1 с, и мощность машины.

55. В идеальной тепловой машине за счет каждого килоджоуля энергии, получаемой от нагревателя, совершается работа 300 Дж. Определить КПД машины и температуру нагревателя, если температура холодильника 280 К.

56. Какую среднюю мощность развивает двигатель мотоцикла, если при скорости движения 108 км/ч расход бензина составляет 3,7 л на 100 км пути, а КПД двигателя 25%?

57. Автомобиль массой 4,6 т трогается с места на подъеме, равном 0,025, и, двигаясь равноускоренно, за 40 с проходит 200 м. Найти расход бензина (в литрах) на этом участке, если коэффициент сопротивления 0,02 и КПД равен 20%.

58. Идеальная тепловая машина поднимает груз массой $m = 400$ кг. Рабочее тело машины получает от нагревателя с температурой $t = 200$ °С количество теплоты, равное $Q_1 = 80$ кДж. Определить КПД двигателя и количество теплоты, переданное холодильнику Q_2 .

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

Электростатика

$$F_K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2} \quad - \text{закон Кулона.}$$

$$E = \frac{F}{q}, \quad E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{|q|}{r^2} \quad - \text{напряженность электрического поля}$$

$$\vec{E} = \sum \vec{E}_i \quad - \text{принцип суперпозиции полей.}$$

$$\Phi = \vec{E} \cdot \vec{S} \quad - \text{поток через площадку } S.$$

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{\sum q_{\text{внутр}}}{\epsilon_0} \quad - \text{теорема Гаусса.}$$

$$\oint_L E \cdot dl = 0 \quad - \text{теорема о циркуляции.}$$

$$\varphi = \frac{W}{q}, \quad \varphi = -\int \vec{E} \cdot d\vec{r} \quad - \text{потенциал.}$$

плоскость	$\epsilon = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$	$\varphi = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} x $
сфера	$\epsilon = \begin{cases} 0, & \text{при } r < R \\ \frac{\sigma R^2}{\epsilon_0 r^2}, & \text{при } r \geq R \end{cases}$	$\varphi = \begin{cases} -\frac{\sigma R}{\epsilon_0}, & \text{при } r < R \\ -\frac{\sigma R}{\epsilon_0 r}, & \text{при } r \geq R \end{cases}$
шар	$\epsilon = \begin{cases} \frac{\rho r}{3\epsilon_0}, & \text{при } r < R \\ \frac{\rho R^3}{3r^2\epsilon_0}, & \text{при } r \geq R \end{cases}$	$\epsilon = \begin{cases} -\frac{\rho(3R^2 - r^2)}{6\epsilon_0}, & \text{при } r < R \\ -\frac{\rho R^3}{3r\epsilon_0}, & \text{при } r \geq R \end{cases}$
цилиндр (пустой)	$\epsilon = \begin{cases} 0, & \text{при } r < R \\ \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0 r}, & \text{при } r \geq R \end{cases}$	

$$A = q \int_A^B E \cdot dl, \quad A = q(\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$U = \varphi_1 - \varphi_2, \quad U = \frac{A}{q}, \quad U = E\Delta d$$

$$C = \frac{q}{\varphi} \quad - \text{емкость уединенного проводника.}$$

$$C = \frac{q}{U}, \quad C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}, \quad W = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C} \quad \text{плоский конденсатор.}$$

$$C = 4\pi\epsilon\epsilon_0 r \quad - \text{емкость заряженного шара.}$$

$$C = 4\pi\epsilon\epsilon_0 \frac{r_1 r_2}{r_2 - r_1} \quad - \text{емкость сферического конденсатора.}$$

$$C_{\text{парал}} = \sum C_i, \quad \frac{1}{C_{\text{послед}}} = \sum \frac{1}{C_i} \quad - \text{батарея конденсаторов. } p=qd \quad - \text{дипольный момент.}$$

$$P = \frac{\sum p_i}{V} \quad \text{поляризованность диэлектрика.}$$

$$P = \chi\epsilon_0 E \quad \text{где } \chi - \text{диэлектрическая восприимчивость.}$$

$$\epsilon = 1 + \chi, \quad \epsilon = \frac{E}{E_{\text{вак}}} \quad \epsilon - \text{диэлектрическая проницаемость.}$$

$$\oint \epsilon E ds = \frac{\sum q_{\text{связ}}}{\epsilon_0} \quad - \text{теорема Гаусса для диэлектриков.}$$

Электродинамика. Постоянный ток.

$$I = \frac{q}{\Delta t}, \quad I = qnSv, \quad j = \frac{I}{S} = qnv$$

$$I = \frac{U}{R}, \quad I = \frac{\epsilon}{R+r}, \quad j = \frac{E}{\rho} = E\gamma \quad \text{Закон Ома.}$$

$$R = \rho \frac{l}{S}; \quad R = R_0(1 + \alpha \Delta T) \quad - \text{температурное изменение температуры.}$$

$$\epsilon = \frac{A_{\text{вт}}}{q}, \quad A_{\text{вт}} = \epsilon I \Delta t, \quad I_{\text{к.з.}} = \frac{\epsilon}{r}$$

$$Q = A = IU \Delta t = I^2 R \Delta t = \frac{U^2}{R} \Delta t \quad - \text{закон Джоуля–Ленца.}$$

$$P = \frac{dA}{dt} = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R} \quad \omega = \gamma E^2 = \frac{E^2}{\rho} = jE$$

$$\sum I_i = 0 \quad - \text{правило Кирхгофа для узлов.}$$

$\sum I_i R_i = \sum \varepsilon_k$ - правило Кирхгофа для контуров.

Параллельное соединение проводников: $I = \text{const}$, $U = \sum U_i$, $R = \sum R_i$

Последовательное соединение: $I = \sum I_i$, $U = \text{const}$, $\frac{1}{R} = \sum \frac{1}{R_i}$

Законы электролиза.

$m = kq = k\Delta T$ - первый закон Фарадея.

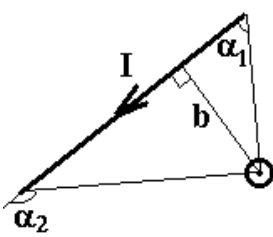
$k = \frac{\mu}{neN_A}$ - второй закон Фарадея.

Электромагнетизм.

$F_{\text{Лор}} = q[\vec{v} * \vec{B}]$, $F_{\text{Л}} = Bqv$ - сила Лоренца.

$F_A = BIl$ - сила Ампера, действующая на проводник длиной l .

$$\vec{B} = \frac{[\vec{v} * \vec{E}]}{c^2}, \quad \vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{q[\vec{v} * \vec{r}]}{r^3}$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi b} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)$$


магнитная индукция поля в точке.

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2R}$$

- магнитная индукция в центре витка.

$$\vec{B} = \mu_0 I \frac{N}{l}$$

- индукция внутри соленоида.

$$\vec{B} = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{2I}{R}$$

индукция поля проводника на расстоянии R от оси.

$$\oint \vec{B} d\vec{S} = 0 \quad \oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 \sum I_{\text{внутр}}$$

$\vec{B} = \mu\mu_0 \vec{H}$ связь между магнитной индукцией и напряженностью магнитного поля.

$$\vec{B} = \sum \vec{B}_i$$

- принцип суперпозиции магнитных полей.

$$F = \mu\mu_0 \frac{I_1 I_2}{2\pi R}$$

- сила взаимодействия двух проводников.

$$\Phi = \vec{B} d\vec{S}$$

магнитный поток.

$$W_{\text{м.п.}} = \frac{LI^2}{2}$$

- энергия магнитного поля.

$$L = \frac{\Phi}{I}$$

$$\varepsilon_i = -\frac{d\Phi}{dt} \quad \text{ЭДС индукции в замкнутом контуре.}$$

$$\varepsilon_{is} = -L \frac{dI}{dt} \quad \text{ЭДС самоиндукции.}$$

Электромагнитные колебания

Переменный ток.

$$I_m = \frac{\varepsilon}{Z}$$

$$Z = Z_R + Z_L + Z_C - \text{полный импеданс цепи.}$$

$$Z_R = R, \quad Z_L = i\Omega L, \quad Z_C = \frac{1}{i\Omega C}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\Omega L - \frac{1}{\Omega C}\right)^2} - \text{модуль полного импеданса цепи.}$$

$$I_{\text{действ}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}, \quad U_{\text{действ}} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} - \text{действующие значения.}$$

$$\text{Интерференция: } \Delta_{\max} = \pm 2m \frac{\lambda}{2}, \quad \Delta_{\min} = \pm (2m+1) \frac{\lambda}{2}$$

$$\Delta x = A_1 \cos(\omega t - kx_1) + A_2 \cos(\omega t - kx)$$

$$\text{фазовая } v \text{ и групповая } u \text{ скорости: } v = \frac{\omega}{k}, \quad u = \frac{d\omega}{dk}, \quad u = v - \lambda \frac{dv}{d\lambda}$$

$$v = \frac{(v \pm v_{\text{прим}})}{(v \mp v_{\text{ист.от}})} v_0 - \text{эффект Доплера.}$$

Электромагнитные волны.

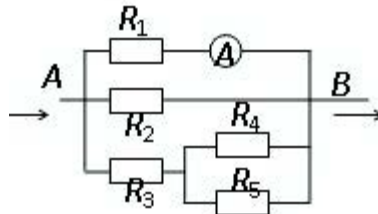
$$v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\varepsilon \mu}} = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon \mu}} - \text{фазовая скорость}$$

$$E \sqrt{\varepsilon_0 \varepsilon} = H \sqrt{\mu_0 \mu}$$

Отражение	$\alpha_{\text{пад}} = \alpha_{\text{отр}}$	$\Delta\varphi = \begin{cases} \pi, & \text{при } \rho_1 < \rho_2 \\ 0, & \text{при } \rho_1 > \rho_2 \end{cases}$
Преломление	$\frac{\sin \alpha_{\text{пад}}}{\sin \alpha_{\text{прел}}} = \frac{c_2}{c_1}$	$\Delta\varphi = 0$ $\lim \alpha_{\text{пад}} = \arcsin(c_2/c_1)$

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Пример 3.1. Амперметр, включенный в участок цепи, изображенный на рисунке, показывает силу тока $I_1 = 0,5$ А. Найдите силу тока через резистор R_4 . Сопротивления резисторов: $R_1 = R_4 = 2$ Ом; $R_2 = 4$ Ом, $R_3 = R_5 = 1$ Ом. Сопротивлением амперметра пренебречь.



Решение

Резисторы R_1 и R_2 , а также ветвь цепи, содержащая резисторы R_3 , R_4 и R_5 , соединены параллельно. Резистор R_3 включен последовательно с соединенными между собой параллельно резисторами R_4 и R_5 .

Найдем разность потенциалов U_{AB} по закону Ома для участка цепи: $U_{AB} = I_1 R_1$.

Под таким же напряжением находится и нижняя ветвь цепи. Тогда протекающий по ней ток

$I = U_{AB}/R_{3,4,5}$, где $R_{3,4,5}$ – общее сопротивление нижней ветви цепи:

$$R_{3,4,5} = R_3 + R_4 R_5 / (R_4 + R_5) = (R_3 R_4 + R_3 R_5 + R_4 R_5) / (R_4 + R_5).$$

Тогда

$$I = U_{AB} (R_4 + R_5) / (R_3 R_4 + R_3 R_5 + R_4 R_5) = I_1 R_1 (R_4 + R_5) / (R_3 R_4 + R_3 R_5 + R_4 R_5).$$

Этот ток создаст на параллельно соединенных резисторах R_4 и R_5 напряжение

$$U = I R_4 R_5 = I_1 R_1 R_4 R_5 / (R_3 R_4 + R_3 R_5 + R_4 R_5).$$

Тогда ток, протекающий по резистору R_4 , по закону Ома, равен

$$I_4 = U / R_4 = I_1 R_1 R_5 / (R_3 R_4 + R_3 R_5 + R_4 R_5).$$

После подстановки значений, находим $I_4 = 0,2$ А.

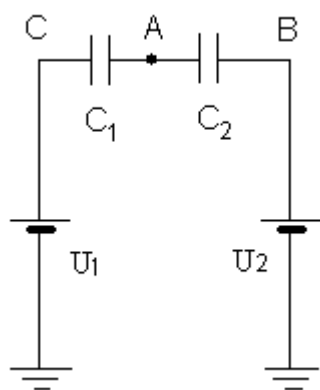


Рис.1

Пример 3.2. Два конденсатора и два источника тока соединены так, как показано на рисунке 1. Определите потенциал в точке А, если $C_1 = 0,1 \text{ мкФ}$, $C_2 = 0,4 \text{ мкФ}$, $U_1 = 1,5 \text{ В}$, $U_2 = 3 \text{ В}$.

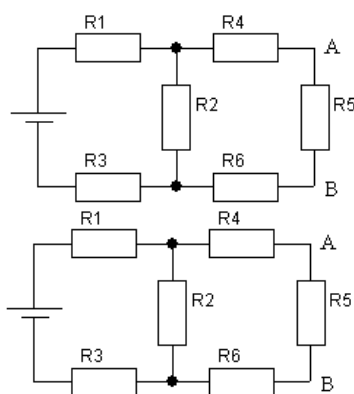
Решение

Конденсатор в цепи постоянного тока можно рассматривать как ее разрыв, следовательно в приведенной на рисунке цепи электрический ток не протекает. Учитывая, что потенциал земли равен нулю, то по отношению к земле $\varphi_B = U_2$ $\varphi_C = U_1$. Так как конденсаторы соединены последовательно, то их заряды равны и:

$$C_2(\varphi_B - \varphi_A) = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}(\varphi_B - \varphi_C)$$

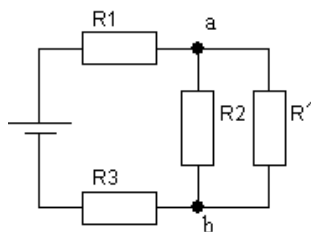
$$\varphi_A = \varphi_B - \frac{C_1}{C_1 + C_2}(\varphi_B - \varphi_C) = \varepsilon_2 - \frac{C_1}{C_1 + C_2}(U_2 - U_1) = 2,7 \text{ В}$$

Пример 3.3. Определите напряжение на участке АВ в цепи, показанной на рисунке, если $R_1 = R_3 = R_4 = R_6 = 1 \text{ Ом}$, $R_2 = R_5 = 4 \text{ Ом}$. Напряжение источника $U = 4,4 \text{ В}$.



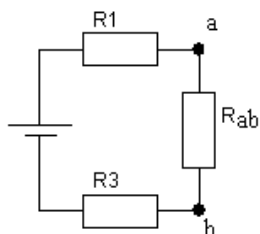
Решение

Из анализа схемы следует, что резисторы R_4 , R_5 и R_6 соединены последовательно и эквивалентное сопротивление этого участка цепи $R' = R_4 + R_5 + R_6 = 6 \text{ Ом}$. Изобразим эквивалентную схему.



Как видно из рисунка, в новой схеме резисторы R_2 и R' соединены параллельно. Эквивалентное сопротивление этого участка схемы $R_{ab} = \frac{R_2 R'}{R_2 + R'} = 2,4 \text{ Ом}$. Заменяв участок

параллельно соединенных резисторов – одним, получим конечную схему. К клеммам источника подключен резистор $R_e = R_1 + R_{ab} + R_3 = 4,4 \text{ Ом}$.



Ток протекающий в такой цепи $I = \frac{U}{R_e} = 1 \text{ А}$.

Напряжение на участке ab $U_{ab} = IR_{ab} = 2,4 \text{ В}$. Тогда ток, протекающий по участку AB $I_{AB} = \frac{U_{ab}}{R'} = \frac{U_{ab}}{R_4 + R_5 + R_6} = 0,4 \text{ А}$. Для

нахождения напряжения на участке AB $U_{AB} = I_{AB} R_5 = 1,6 \text{ В}$.

Пример 3.4. Обмотка реостата сопротивлением 84 Ом выполнена из никелиновой проволоки с площадью поперечного сечения 1 мм². Какова длина проволоки?

Решение

$$R = \rho \frac{l}{S}; l = \frac{RS}{\rho} = \frac{84 \text{ Ом} \cdot 10^{-6} \text{ м}^2}{42 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}} = 200 \text{ м}.$$

Ответ: $l = 200 \text{ м}$.

Пример 3.5. Десять параллельно соединенных ламп сопротивлением по 0,5 кОм, рассчитанных каждая на напряжение 120 В, питаются через реостат от сети напряжением 220 В. Какова мощность электрического тока в реостате?

Решение

$$U_2 = U - U_1; I_2 = I_1 = \frac{U_1}{R_1 / n} = \frac{n U_1}{R_1};$$

$$P = U_2 I_2 = (U - U_1) \frac{n U_1}{R_1} = (220 \text{ В} - 120 \text{ В}) \cdot \frac{10 \cdot 120 \text{ В}}{500 \text{ Ом}} = 240 \text{ Вт}.$$

Ответ: $P = 240 \text{ Вт}$.

ЗАДАЧИ

1. На расстоянии $l = 2$ см друг от друга закреплены два точечных заряда, равных по величине и противоположных по знаку. Величина напряженности электрического поля, созданного этими зарядами в точке, удаленной от каждого из них на $d = 1$ см, равна $E = 2$ В/м. Определите величину зарядов.

1.2. Два точечных заряда составляют в сумме $Q = 880$ мкКл. При расстоянии между зарядами $r = 3,0$ м между ними действует сила отталкивания, равная $F = 190$ Н. Чему равен по величине каждый из зарядов?

2. В центре квадрата, в вершинах которого находятся точечные заряды $q = 1,6 \cdot 10^{-12}$ Кл, помещен отрицательный точечный заряд. Какова величина этого заряда, если вся система зарядов находится в равновесии?

3. Три одинаковых точечных заряда $q = 8,5 \cdot 10^{-10}$ Кл расположены в вершинах воображаемого равностороннего треугольника. Где и какой точечный заряд Q нужно поместить, чтобы вся система находилась в равновесии?

4. Плоский воздушный конденсатор, имеющий емкость $C = 40$ мкФ, заряжен до напряжения $U = 100$ В и отключен от источника. Какую работу совершит внешняя сила при равномерном уменьшении расстояния между обкладками вдвое?

5. Разности потенциалов на конденсаторах с емкостями $C_1 = 3$ мкФ и $C_2 = 5$ мкФ равны $U_1 = 200$ В и $U_2 = 100$ В соответственно. Конденсаторы соединяют между собой разноименно заряженными пластинами. Найдите энергию, которая выделяется при перезарядке конденсаторов.

6. Почему электрический проводник, по которому идет электрический ток, не испытывает никаких механических сил в направлении движения электронов?

7. К батарее с ЭДС $\epsilon = 3,0$ В подключили резистор сопротивлением $R = 20$ Ом. Падение напряжения на резисторе оказалось $U = 2$ В. Определите ток короткого замыкания батареи.

8. Вольтметр, рассчитанный на измерение напряжений до $U_1 = 20$ В, необходимо включить в сеть с напряжением $U_2 = 120$ В. Какое для этого требуется включить дополнительное сопротивление, если ток в вольтметре не должен превышать $I_m = 5$ мА?

9. Два одинаковых вольтметра, соединенных последовательно, при подключении к источнику постоянного тока показывают напряжение $U_1 = 4,5$ В каждый. Один вольтметр, подключенный к тому же источнику, показывает напряжение $U_2 = 8$ В. Определите ЭДС источника.

10. Амперметр с сопротивлением $R_1 = 2$ Ом, подключенный к источнику ЭДС, показывает ток $I = 5$ А. Вольтметр с сопротивлением $R_2 = 150$ Ом, подключенный к тому же источнику ЭДС, показывает напряжение $U = 12$ В. Определите величину тока короткого замыкания источника.

11. Четыре проводника с сопротивлением по $R_1 = 1,5$ Ом каждый требуется соединить так, чтобы получить сопротивление $R_2 = 2$ Ом. Как это сделать?

12. Два одинаковых чайника, каждый из которых потребляет при напряжении $U = 220$ В, мощность $P = 400$ Вт, закипают при последовательном и параллельном включении за одно и то же время. Чему равно сопротивление подводящих проводов?

13. В каком случае электрическая лампа потребляет большую мощность: сразу после включения ее в сеть или по прошествии некоторого времени.

14. Шесть лампочек для карманного фонарика включены в сеть с помощью реостата, обеспечивающего нормальный накал каждой лампочки. Как изменится создаваемая этими лампочками освещенность, если одна из них перегорит?

15. Два точечных заряда 20 нКл и 160 нКл помещены на расстоянии 50 см друг от друга в воздухе. Определить напряженность электрического поля в точке, отстоящей от первого заряда на расстоянии 30 см, а от второго - на расстоянии 40 см. Показать направление напряженности поля в этой точке.

16. Электрическое поле создано двумя одноименными точечными зарядами по 4 мкКл каждый. Расстояние между зарядами 80 см. Определить напряженность электрического поля в точке, отстоящей от середины этого отрезка на расстоянии 30 см (по перпендикуляру). Показать направление напряженности поля в этой точке.

17. Частица, несущая на себе заряд, равный заряду 8 электронов, проходит ускоряющую разность потенциалов 2 кВ. Определить энергию, приобретенную частицей.

18. Напряженность электрического поля Земли вблизи поверхности равна 130 В/м. Определить электрический потенциал поверхности Земли.

19. Плоский конденсатор присоединен к источнику тока с ЭДС 200 В. На какую величину изменится напряженность поля конденсатора, если расстояние между пластинами изменить с 1 см до 2 см?

20. Конденсатор, заряженный до напряжении 100 В, соединяют параллельно с конденсатором, заряженным до напряжения 200 В. Какое напряжение установится между обкладками, если емкости обоих конденсаторов одинаковы?

21. Определить емкость конденсатора, заряженного до напряжения 1 кВ, если при подключении к нему параллельно незаряженного конденсатора емкостью 8 мкФ вольтметр показал напряжение 200 В.

22. Напряженность электрического поля плоского воздушного конденсатора емкостью 4 мкФ постоянна и равна 10 В/см. Расстояние между обкладками 1 мм. Определить энергию, запасенную в конденсаторе.

23. Сила тока в проводнике сопротивлением $R = 10 \text{ Ом}$ за время $t = 50 \text{ с}$ равномерно нарастает от $I_1 = 5 \text{ А}$ до $I_2 = 10 \text{ А}$. Определить количество теплоты Q , выделившееся за это время в проводнике.

24. Какое количество электричества пройдет по проводнику сопротивлением 10 Ом за время 20 с, если к концам проводника приложить напряжение 15 В?

25. Два сопротивления 60 Ом и 90 Ом соединены между собой параллельно. Через меньшее сопротивление проходит ток 3 А. Определить силу тока на большем сопротивлении.

26. В цепь постоянного тока с напряжением 220 В включены параллельно 4 одинаковые лампочки. Каким сопротивлением должна обладать каждая лампочка, чтобы сила тока в сети не превышала 5,5 А?

27. ЭДС источника 12 В. При внешнем сопротивлении 1 Ом ток в цепи равен 6 А. Определить ток короткого замыкания.

28. Электрический утюг мощностью 1 кВт включается в сеть с напряжением, вдвое меньшим номинального. Определить мощность утюга в этом случае.

29. Электрическая плитка, работающая от сети с напряжением 220 В, расходует мощность 600 Вт. Какой будет мощность плитки, если ее включить в сеть с напряжением 110 В?

30. Две электроплитки мощностью по 600 Вт каждая соединены между собой последовательно. Определить их общую мощность.

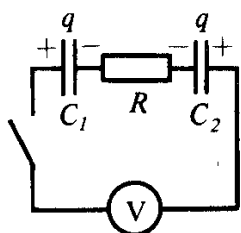
31. Две лампочки сопротивлением 360 Ом и 240 Ом включены в сеть параллельно. Мощность первой лампочки 100 Вт. Определить мощность второй лампочки.

32. Два проводника сопротивлениями 6 Ом и 10 Ом соединены параллельно. При прохождении через них тока в первом проводнике выделяется 40 кДж теплоты. Какое количество теплоты выделяется во втором проводнике?

33. Электрический чайник, содержащий 0,6 л воды при температуре 20 °С, включили в сеть с напряжением 220 В и забыли выключить. Через сколько времени от момента включения вся вода выкипит, если КПД чайника 60 %, а сопротивление его обмотки 20 Ом?

34. Электроплитка имеет два нагревателя. При включении в сеть одного нагревателя 0,5 л воды закипают через 10 мин. При включении второго нагревателя 1 л воды закипает через 15 минут. Через сколько минут закипит 2 л воды, имеющей ту же начальную температуру, если оба нагревателя включить последовательно в ту же сеть?

35. В схеме, изображенной на рисунке, ключ первоначально разомкнут, а конденсаторы емкостями $C_1 = 20$ мкФ и $C_2 = 40$ мкФ заряжены одинаковыми зарядами $q = 10$ мКл (знаки зарядов обкладок показаны на рисунке). Сопротивление резистора $R = 5$ кОм, внутреннее сопротивление вольтметра $R_v = 20$ кОм. Определите показание вольтметра сразу после замыкания ключа и затем после установления равновесия зарядов в цепи.



36. Соленоид, площадь сечения которого 5 см^2 , содержит 1200 витков. Индукция магнитного поля внутри соленоида при токе силой 2 А равна 0,01 Тл. Определить индуктивность соленоида.

37. К амперметру, внутреннее сопротивление которого 0,1 Ом, подключен шунт сопротивлением 0,0111 Ом. Определите силу тока, протекающего через амперметр, если сила тока в общей цепи 0,27 А.

38. Проводник находится в однородном магнитном поле с индукцией 1 Тл. Длина проводника 0,1 м. Какой ток надо пропустить по проводнику, чтобы он выталкивался из этого поля с силой 2,5 Н. Угол между проводником с током и вектором магнитной индукции равен 30° .

39. Проводник длиной 1,5 м с током 8 А перпендикулярен вектору индукции однородного магнитного поля, модуль которого равен 0,4 Тл. Найти работу сил Ампера, которая была совершена при перемещении проводника на 0,25 м по направлению действия силы.

40. В однородное магнитное поле с индукцией 7 Тл в вакууме влетает пылинка, несущая заряд 0,1 Кл, со скоростью 800 м/с под углом 30° к направлению линий магнитной индукции. Определить силу, действующую на пылинку со стороны магнитного поля.

41. Пылинка с зарядом 2 Кл влетает в вакууме в однородное магнитное поле со скоростью 500 м/с перпендикулярно линиям магнитной индукции. Величина магнитной индукции магнитного поля 6 Тл. Определить силу, действующую на пылинку со стороны магнитного поля.

42. По горизонтально расположенному проводнику длиной 0,2 м и массой 0,04 кг течет ток с силой 9,8 А. Найти минимальную индукцию магнитного поля, которая необходима для того, чтобы сила тяжести уравнивалась силой Ампера.

43. На частицу с зарядом 1 нКл которая движется в магнитном поле перпендикулярно линиям магнитной индукции, действует сила Лоренца 2 мкН. Определить скорость частицы, если известно, что на проводник длиной 20 см и током 8 А, расположенный в этом же поле, действует сила Ампера 0,4 мН.

44. При сообщении конденсатору заряда 5 мкКл энергия конденсатора оказалась равной 0,01 Дж. Определите напряжение на обкладках конденсатора.

45. Какую работу совершают силы электростатического поля при перемещении заряда 2 нКл из точки с потенциалом 20 В в точку с потенциалом 10 В ?

46. Два точечных электрических заряда на расстоянии R взаимодействуют с силой 20 Н в вакууме. Как изменится сила взаимодействия этих зарядов на том же расстоянии R в среде с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 2$?

47. Электрическое поле создано зарядом q . В точке A , находящейся на расстоянии $0,1 \text{ м}$ от заряда, напряженность поля 1800 В/м . Определить величину заряда.

48. Два одноименных заряженных тела в вакууме взаимодействуют с силой в 1 Н . Чему будет равна сила их взаимодействия, если расстояние между ними увеличить в 4 раза?

49. Точечный заряд, помещенный в жидкую среду, создает потенциал 15 В в точке, отстоящей от заряда на расстоянии $0,4 \text{ м}$. Заряд равен 5 нКл . Чему равна диэлектрическая проницаемость среды?

50. Индуктивность соленоида, намотанного в один слой на немагнитный каркас, равна $0,2 \text{ мГн}$. Длина соленоида $0,5 \text{ м}$, диаметр 1 см . Определить число витков, приходящихся на единицу длины соленоида.

51. Радиоприемник настроен на радиостанцию, работающую на длине волны 25 м . Во сколько раз нужно изменить емкость приемного колебательного контура радиоприемника, чтобы настроиться на длину волны 31 м ?

52. Каким может быть максимальное число импульсов, посылаемых радиолокатором за 1 с , при разведывании цели, находящейся на расстоянии 30 км от него?

53. Радиолокатор работает на волне 15 см и дает 4000 импульсов в 1 с . Длительность каждого импульса 2 мкс . Сколько колебаний содержится в каждом импульсе и какова глубина разведки локатора?

54. Время горизонтальной развертки электронно-лучевой трубки радиолокатора 2 мс . Найти наибольшую глубину разведки.

55. Определить длину электромагнитной волны в вакууме, на которую настроен колебательный контур, если максимальный заряд конденсатора 20 нКл, а максимальная сила тока в контуре 1 А.

56. Радиолокатор работает в импульсном режиме. Частота повторения импульсов равна 1700 Гц, а длительность импульса — 0,8 мкс. Найти наибольшую и наименьшую дальность обнаружения цели данным радиолокатором.

СТРОЕНИЕ АТОМА И КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

$E = h\nu$ - энергия фотона. h - постоянная Планка

$$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mv^2}{2} \quad \text{- фотоэффект}$$

$$E = m_0c^2 + \frac{mv^2}{2} \quad \text{- полная энергия.}$$

$$m = m_0 / \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$t' = t / \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$$S^2 = c^2 t^2 - l^2 = inv$$

Атомная физика.

$$r_n = \frac{4\pi\epsilon_0 \hbar^2 n^2}{mZe^2} = a_0 \frac{n^2}{Z}$$

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}} \quad \text{- закон распада}$$

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Пример 4.1. Фотокатод осветили светом с длиной волны $\lambda = 345 \text{ нм}$, запирающее напряжение оказалось равным $U_3 = 1,33 \text{ В}$. Возникнет ли фотоэффект, если этот катод осветить светом частотой $\nu_1 = 5 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$?

ДАНО: $\lambda = 345 \cdot 10^{-9} \text{ м}$, $U_3 = 1,33 \text{ В}$, $\nu_1 = 5 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$.

НАЙТИ: ν_0 .

Решение

Для того чтобы ответить на вопрос задачи необходимо найти частоту «красной границы» фотоэффекта - ν_0 .

Используем для этого формулу Эйнштейна для фотоэффекта:

$hc/\lambda = A_{\phi} + E_k$ (1), где hc/λ - энергия светового кванта, A_{ϕ} - работа выхода из катода, E_k - кинетическая энергия электронов, вылетевших из катода. $E_k = e \cdot U_z$ (e - заряд электрона), $A_{\phi} = h\nu_0$, т.о. формула (1) запишется так: $hc/\lambda = h\nu_0 + e \cdot U_z$, откуда выразим $\nu_0 = c/\lambda - e \cdot U_z/h$ (2). Подставив в формулу (2) $c = 3 \cdot 10^8$ м/с (скорость света в вакууме), $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с (постоянная Планка), найдем $\nu_0 = 5,5 \cdot 10^{14}$ Гц. Так как частота $\nu_1 < \nu_0$, то фотоэффект наблюдаться не будет.

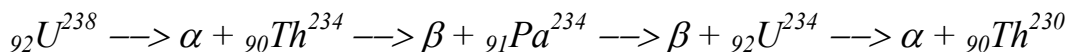
Пример 4.2. Ядро ${}_{92}\text{U}^{238}$ испытывает α -распад, затем два последовательных β -распада и еще один α -распад. Ядро какого элемента получилось в результате этих превращений?

Решение

α -частица - это ядро гелия, следовательно, она содержит два протона и два нейтрона. Т.о. при распаде заряд ядра уменьшается на две единицы, а масса на 4.

β -частица - это электрон, его массовое число равно 0, а зарядовое число равно -1, следовательно, при β -распаде массовое число ядра не изменяется, а заряд увеличивается на 1 (в ядре происходит превращение одного нейтрона в протон, в результате чего и появляется электрон).

Т.о. цепочка превращений, о которых идет речь в задаче, выглядит так:



Т.о. продукт распада по данной схеме изотоп тория (${}_{90}\text{Th}^{230}$).

Пример 4.3. Найти энергию связи и удельную энергию связи ядра ${}_{80}\text{Zn}^{16}$. Масса атома водорода $M_H = 1,00783$ а.е.м., масса нейтрона $m_n = 1,00867$ а.е.м., масса атома ${}_{80}\text{Zn}^{16}$ $M_a = 15,99491$ а.е.м.

Решение

Для нахождения энергии связи воспользуемся формулой Эйнштейна $E_{св} = \Delta m c^2$, где c - скорость света в вакууме, а Δm - дефект массы ядра, равный разности между суммарной массой протонов и нейтронов и массой ядра, т.е.

$$\Delta m = Zm_p + (A-Z)m_n - m_{\text{я}} \quad (1)$$

где Z – число протонов, а $(A-Z)$ – число нейтронов в данном ядре (в нашем случае $Z=8$, $A=16$), т.к. $m_p = M_H - m_e$, а $m_{\text{я}} = M_a - Zm_e$ (m_e – масса электрона), то для дефекта массы получили формулу:

$$\Delta m = ZM_H + (A-Z)m_n - M_a \quad (2)$$

где M_H – масса атома водорода, а M_a – масса данного атома.

Найдем Δm по формуле (2) :

$$\Delta m = 0,13709 \text{ а.е.м.}; 1 \text{ а.е.м.} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

$$E_{\text{св}} = 0,13709 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 2,06 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$$

Энергию связи обычно измеряют в Мэв (мега электрон-вольт)

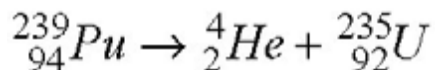
$$1 \text{ Мэв} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ Дж. Т.о. } E_{\text{св}} = 128,8 \text{ Мэв.}$$

Удельной энергией связи называется энергия связи, приходящаяся на один нуклон, т.е. $E_{\text{уд}} = E_{\text{св}}/A$, $E_{\text{уд}} = 8,05 \text{ Мэв}$.

Пример 4.4. В результате какого радиоактивного распада плутоний $^{239}_{94}\text{Pu}$ превращается в уран $^{235}_{92}\text{U}$?

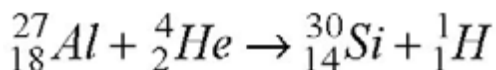
Решение

В результате α — распада.

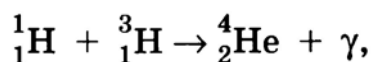


Пример 4.5. Написать ядерную реакцию, происходящую при бомбардировке алюминия $^{27}_{13}\text{Al}$ α -частицами и сопровождающуюся выбиванием протона.

Решение



Пример 4.6. Найти частоту γ -излучения, образующегося при термоядерной реакции:



Решение

$$\begin{aligned}
& {}^1_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + \gamma; \Delta m = m({}^1_1\text{H}) + m({}^3_1\text{H}) - m({}^4_2\text{He}) = (1,00783 + \\
& + 3,01605 - 4,0026) \text{ а.е.м} = 0,02128 \text{ а.е.м} \\
& E = \Delta m \cdot 931 = 0,02128 \text{ а.е.м} \cdot 931 \text{ МэВ/а.е.м.} \approx 19,822 \text{ МэВ} \\
& \Delta E = 19,812 \text{ МэВ} - 19,7 \text{ МэВ} = 0,112 \text{ МэВ}; \Delta E = h\nu; \\
& \nu = \frac{\Delta E}{h} = \frac{0,112 \cdot 10^6 \text{ эВ}}{4,136 \cdot 10^{-15} \text{ эВ} \cdot \text{с}} \approx 3 \cdot 10^{20} \text{ Гц.}
\end{aligned}$$

ЗАДАЧИ

1. Белый свет, падающий нормально на мыльную пленку постоянной толщины с показателем преломления 1,33, и отраженный от нее, дает в видимом спектре интерференционный максимум на волне длиной 630 нм и ближайший к нему минимум на волне длиной 450 нм. Какова толщина пленки?
2. Монохроматический свет с длиной волны 550 нм нормально падает на установку для получения колец Ньютона. Определить толщину воздушного зазора между плоскопараллельной пластинкой и соприкасающейся с ней плосковыпуклой линзы в том месте, где в отраженном свете наблюдается четвертое темное кольцо.
3. При наблюдении колец Ньютона в проходящем свете длиной волны 650 нм определяется толщина слоя воздуха там, где видно шестое светлое кольцо. Какова эта толщина?
4. На щель шириной 1800 нм нормально падает пучок света от разрядной трубки. В каком направлении φ совпадают минимумы линий $\lambda_1=640$ нм и $\lambda_2=400$ нм. ($k_1 \neq k_2$).
5. Постоянная дифракционной решетки в 4 раза больше длины световой волны монохроматического света, нормально падающего на ее поверхность. Определить угол между двумя первыми симметричными дифракционными максимумами.
6. На поверхность дифракционной решетки нормально падает монохроматический свет. Постоянная дифракционной решетки в 4,6 раза больше длины световой волны. Найти общее число дифракционных максимумов, которые теоретически возможно наблюдать в данном случае.

7. С какой скоростью должна двигаться α – частица, чтобы ее импульс был равен импульсу фотона с длиной волны 520 нм?
8. Какой импульс должен иметь фотон, чтобы его масса была равна массе покоя электрона?
9. Вычислить длину волны фотона, энергия которого равна энергии покоя электрона.
10. Облучение литиевого фотокатода производится фиолетовыми лучами, длина волны которых 400 мкм. Определить скорость фотоэлектронов, если красная граница фотоэффекта для лития равна 520 мкм.
11. Кинетическая энергия электронов, выбитых из цезиевого фотокатода, равна 3 эВ. Определить, при какой максимальной длине волны света выбивается этот электрон. Работа выхода электрона для цезия 1,9 эВ.
12. Фотон с длиной волны 0,2 мкм вырывает с поверхности натрия фотоэлектрон, кинетическая энергия которого 2 эВ. Определить работу выхода и красную границу фотоэффекта.
13. Красная граница фотоэффекта для цинка 310 нм. Определить максимальную кинетическую энергию фотоэлектронов в электрон-вольтах, если на цинк падает свет с длиной волны 200 нм.
14. На фотоэлемент с катодом из лития падает свет с длиной волны 200 нм. Найти наименьшее значение задерживающей разности потенциалов, которую нужно приложить к фотоэлементу, чтобы прекратить фототок. Работа выхода электрона для лития 2,7 эВ.
15. Какова должна быть длина волны γ – излучения, падающего на платиновую пластину, если максимальная скорость фотоэлектронов $3 \cdot 10^6$ м/с? Работа выхода электрона для платины 5,3 эВ.
16. На металлическую пластину направлен пучок ультрафиолетового излучения с длиной волны 0,25 мкм. Фототок прекращается при минимальной задерживающей разности потенциалов 0,98 В. Определить работу выхода электронов из металла.

17. При переходе атома водорода из четвертого энергетического состояния во второе излучаются фотоны с энергией 2,55 эВ (зеленая линия водородного спектра). Определить длину волны этой линии спектра.

18. В 1814 г. И. Фраунгофер обнаружил четыре линии поглощения водорода в видимой части спектра Солнца. Наибольшая длина волны в спектре поглощения была 656 нм. Найти длины волн в спектре поглощения, соответствующие остальным линиям.

19. Гелий-неоновый газовый лазер, работающий в непрерывном режиме, дает излучение монохроматического света с длиной волны 630 нм, развивая мощность 40 мВт. Сколько фотонов излучает лазер за 1 с?

20. В результате какого радиоактивного распада натрий ^{221}Na превращается в магний ^{221}Mg ?

21. Написать реакции α -распада урана $^{238}_{92}\text{U}$ и β -распада свинца $^{209}_{82}\text{Pb}$.

22. Написать реакцию α -распада радия $^{226}_{88}\text{Ra}$. Сравнить импульсы и кинетические энергии образовавшихся ядер, считая, что до распада ядро радия покоилось.

23. Какая доля радиоактивных ядер некоторого элемента распадается за время, равное половине периода полураспада?

24. Активность радиоактивного элемента уменьшилась в 4 раза за 8 суток. Найти период полураспада.

25. Каков состав ядер натрия $^{23}_{11}\text{Na}$, фтора $^{19}_{9}\text{F}$, серебра $^{107}_{47}\text{Ag}$, кюрия $^{247}_{96}\text{Cm}$, менделевия $^{257}_{101}\text{Md}$?

26. Каков состав изотопов неона $^{20}_{10}\text{Ne}$, $^{21}_{10}\text{Ne}$ и $^{22}_{10}\text{Ne}$?

27. Изменяются ли массовое число, масса и порядковый номер элемента при испускании ядром γ -кванта?

28. Как изменяются массовое число и номер элемента при выбрасывании из ядра протона? нейтрона?

29. Найти энергию связи ядра $E_{\text{св}}$ и удельную энергию связи $E_{\text{св}}/A$ для: 1) ^2_1H ; 2) ^6_3Li ; 3) ^7_3Li ; 4) $^{12}_6\text{C}$; 5) $^{16}_8\text{O}$; в) $^{27}_{13}\text{Al}$.

30. Какая минимальная энергия необходима для расщепления ядра азота $^{14}_7\text{N}$ на протоны и нейтроны?
31. Какой изотоп образуется из урана $^{238}_{92}\text{U}$ после двух β -распадов и одного α -распада?
32. Написать ядерную реакцию, происходящую при бомбардировке бора $^{11}_5\text{B}$ α -частицами и сопровождающуюся выбиванием нейтронов.
33. При бомбардировке изотопа бора $^{10}_5\text{B}$ нейтронами из образовавшегося ядра выбрасывается α -частица. Написать реакцию.
34. Элемент менделевий был получен при облучении эйнштейния $^{253}_{99}\text{Es}$ α -частицами с выделением нейтрона. Написать реакцию.
35. Элемент резерфордий получили, облучая плутоний $^{244}_{94}\text{Pu}$ ядрами неона $^{22}_{10}\text{Ne}$. Написать реакцию, если известно, что в результате образуется еще четыре нейтрона.
36. При облучении изотопа меди $^{63}_{29}\text{Cu}$ протонами реакция может идти несколькими путями: с выделением одного нейтрона; с выделением двух нейтронов; с выделением протона и нейтрона. Ядра каких элементов образуются в каждом случае?
37. Радиоактивный марганец $^{54}_{25}\text{Mn}$ получают двумя путями. Первый путь состоит в облучении изотопа железа $^{56}_{26}\text{Fe}$ дейтронами, второй — в облучении изотопа железа $^{54}_{26}\text{Fe}$ нейтронами. Написать ядерные реакции.
38. При бомбардировке азота $^{14}_7\text{N}$ нейтронами из образовавшегося ядра выбрасывается протон. Написать реакцию. Полученное ядро изотопа углерода оказывается β -радиоактивным. Написать происходящую при этом реакцию.
39. При бомбардировке железа $^{56}_{26}\text{Fe}$ нейтронами образуется (β -радиоактивный изотоп марганца с атомной массой 56. Написать реакцию получения искусственно радиоактивного марганца и реакцию происходящего с ним β -распада.
40. Ядро ^7_3Li , захватывая протон, распадается на две α -частицы. Определить сумму кинетических энергий этих частиц. Кинетической энергией протона пренебречь.

41. При облучении изотопа азота ^{15}N протонами образуется углерод и α -частица. Найти полезный энергетический выход ядерной реакции, если для ее осуществления энергия протона должна быть 1,2 МэВ.

42. Ввиду большой энергии связи, приходящейся на нуклон ядра гелия, возможны экзоэнергетические реакции деления легких ядер. Найти, какая энергия выделяется при бомбардировке бора ^{11}B протонами с образованием трех α -частиц.

43. При делении одного ядра ^{235}U на два осколка выделяется энергия 200 МэВ. Какая энергия освобождается при «сжигании» в ядерном реакторе 1 г этого изотопа? Сколько каменного угля нужно сжечь для получения такой энергии?

44. Какова электрическая мощность атомной электростанции, расходующей в сутки 220 г изотопа урана ^{235}U и имеющей КПД 25%?

45. Лучше всего нейтронное излучение ослабляет вода (в 4 раза лучше бетона и в 3 раза лучше свинца). Толщина слоя половинного ослабления нейтронного излучения для воды равна 3 см. Во сколько раз ослабит нейтронное излучение слой воды толщиной 30 см?

46. Гамма-излучение лучше всего поглощается свинцом (в 1,5 раза лучше стальной брони и в 22 раза лучше воды). Толщина слоя половинного ослабления γ -излучения для свинца равна 2 см. Какой толщины нужен слой свинца, чтобы ослабить γ -излучение

47. Средняя поглощенная доза излучения сотрудником, работающим с рентгеновской установкой, равна 7 мГр за 1 ч. Опасна ли работа сотрудника в течение 200 дней в году по 6 ч в день, если предельно допустимая доза облучения равна 50 мГр в год?

48. Сколько процентов ядер радиоактивного йода ^{131}I с периодом полураспада $T = 8$ суток останется через 16 суток?

49. При облучении углерода ^{12}C протонами образуется изотоп углерода. Какая при этом выбрасывается частица?

50. В результате термоядерной реакции соединения двух протонов образуется дейтрон и нейтрино. Какая еще появляется частица?

51. При бомбардировке изотопа бора ^{105}B α -частицами образуется изотоп азота ^{137}N . Какая при этом выбрасывается частица? Изотоп азота является радиоактивным, дающим позитронный распад с излучением нейтрино. Написать реакцию.

52. В установках для γ -облучения в сельском хозяйстве используется β -радиоактивный изотоп цезия ^{137}Cs . Написать реакцию β -распада. Найти максимальную частоту γ -излучения, если наибольшая энергия γ -квантов равна 0,66 МэВ.

53. Поглощая фотон γ -излучения ($\lambda = 4,7 \cdot 10^{-13} \text{ м}$), дейтрон распадается на протон и нейтрон. Вычислить суммарную кинетическую энергию образовавшихся частиц.

54. При аннигиляции электрона и позитрона образовалось два одинаковых γ -кванта. Найти длину волны, пренебрегая кинетической энергией частиц до реакции.

55. Элементарная частица пи-нуль-мезон (π^0) распадается на два γ -кванта. Найти частоту γ -излучения, если масса покоя этой частицы равна 264,3 массы электрона.

ПРИМЕРНЫЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Оценка «отлично» - ставится в том случае, если студент применяет теоретический материал для решения задач в субъективно новой ситуации, для чего «переносит» знания из других разделов физики или других учебных предметов. Конструирует физические приборы, описывает их устройство и принцип действия, оценивает отдельные новые факты и явления, в полной мере владеет основными положениями физических теорий (классической механики, МКТ, электронной теории строения металлов). Студент проявляет творческие способности при анализе и оценке теоретического материала; решает нестандартные физические задачи, в том числе задачи с неопределенным условием; создает новые алгоритмы решения, составляет задачи, выполняет

исследовательские лабораторные работы (без инструкции), предъявляет методологические знания (знания методов физической науки) и мировоззренческие представления (материальность мира и его познаваемость, единство и взаимосвязь явлений и т. д.). Работает над развитием своих способностей, умеет самостоятельно добывать знания.

Оценка «хорошо» - ставится в том случае, если студент применяет теоретические знания для решения экспериментальных, расчетных, качественных и графических многошаговых задач по алгоритму, владеет способами самоконтроля. Имеет навыки обращения с физическими приборами. Студент применяет знания теоретического материала для решения комбинированных многошаговых задач (необходимы знания из других разделов физики) всех типов по известному алгоритму, самостоятельно исправляет допущенные ошибки. Владеет необходимыми экспериментальными навыками, вычисляет погрешности измерений, отвечает на контрольные вопросы.

Оценка «удовлетворительно» - ставится в том случае, если студент достаточно последовательно излагает основной объем теоретического материала, допуская негрубые ошибки (неточность рисунка, графика, схемы, формулировки), которые может исправить с помощью преподавателя. Решает двух шаговые задачи по образцу с негрубыми ошибками (пропуск или неточное наименование единицы измерения величины, неверное ее обозначение) и недочетами (ошибки вычислительного характера; грамматические ошибки в физических терминах, небрежное выполнение рисунков, схем, записей, например, отсутствие знаков проекций или векторов). Студент воспроизводит практически весь объем теоретического материала, при этом приводит свои примеры; владеет логикой изложения, вычлняя главное. Без затруднений переводит словесную информацию в графическую или символьную. Допускает погрешности в формулировках, которые исправляет сам после наводящих вопросов преподавателя. Решает расчетные двух шаговые задачи, умеет читать и строить графики, делать рисунки. Умеет решать несложные качественные задачи, опираясь на необходимые теоретические знания.

Оценка «неудовлетворительно» - ставится в том случае, если студент воспроизводит учебный материал без осмысления связей между элементами, фрагментарно; допускает ошибки, которые может частично исправить сам. Решая одношаговые задачи по образцу, допуская грубые ошибки (не знает формул или не умеет оперировать ими, не умеет преобразовывать значения величин в СИ). Допускает запись абсурдного ответа и ошибки в прямых измерениях. Студент воспроизводит большую часть учебного материала, сохраняя последовательность текста учебника (в том числе формулировки, формулы, выводы и т. д.) Умеет решать одношаговые задачи по образцу (записывает краткое условие с помощью символов, переводит значения величин в СИ, находит нужную формулу, подставляет значения физических величин, вычисляет, оценивает ответ и записывает его.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

ОСНОВНАЯ

1. Физика (для нетехнических специальностей): Учеб. для студ. образоват. учреждений сред. проф. образования / П.И. Самойленко, А.В. Сергеев. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 400 с.
2. Физика. Задачник. 10-11 кл.: Пособие для общеобразоват. учеб. заведений. – 4-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2010. – 208 с.
3. Контрольные работы по физике: 10-11 кл. : кн. для учителя / А.Н. Марон, Е.А. Марон. – 3-е изд. – М.: Просвещение, 2012. – 111 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

1. Сборник задач по физике: Для 10-11 кл. общеобразоват. учреждений. / Сост. Г.Н. Степанова. – 5-е изд., доп. – М.: Просвещение, 2009. – 284 с.
2. Физика. Тесты. 10-11 классы: учебно-методическое пособие/ Н.К. Гладышева, И.И. Нурминский, А.И. Нурминский и др. – 2-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2011. – 217 с.
3. Физика: Механика. Теория относительности. Электродинамика: Учеб. для 10 кл. общеобразоват. учреждений/ С.В. Громов; Под ред. Н.В. Шароновой. – 3-е изд. – М.: Просвещение, 2013. – 383 с.

ОСНОВНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ КОНСТАНТЫ

Гравитационная постоянная	$G = 6.6720 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$
Скорость света в вакууме	$c = 2.99792458 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
Магнитная постоянная	$\mu_0 = 1.25663706144 \cdot 10^{-6} \text{ Гн/м}$
Электрическая постоянная	$\epsilon_0 = 8.85418782 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$
Постоянная Планка	$h = 6.626176 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ $\hbar = h/(2\pi) = 1,05457 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
Масса покоя электрона	$m_e = 9.109534 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
Масса покоя протона	$m_p = 1.6726485 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Масса покоя нейтрона	$m_n = 1.6749543 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Заряд электрона	$e = 1.6021892 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Атомная единица массы	$1.660565 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Постоянная Авогадро	$N_A = 6.022045 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Постоянная Фарадея	$F = 96484.56 \text{ Кл/моль}$
Молярная газовая постоянная	$R = 8.31441 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$
Постоянная Больцмана	$k = 1.380662 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
Нормальный (молярный) объем идеального газа при нормальных условиях	$V_0 = 2.241 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3 / \text{моль}$
Нормальное атмосферное давление	$P_{\text{атм.}} = 101325 \text{ Па}$
Радиус первой боровской орбиты	$a_0 = 5.2917706 \cdot 10^{-11} \text{ м}$
Ускорение свободного падения	$g = 9.80665 \text{ м/с}^2$

ПРИСТАВКИ СИ ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ КРАТНЫХ И ДОЛЬНЫХ ЕДИНИЦ

Наименование	Обозначение приставки		Множитель
	международное	русское	
ЭКСА	Э	E	10 ¹⁸
ПЕТА	П	P	10 ¹⁵
ТЕРА	Т	T	10 ¹²
ГИГА	Г	G	10 ⁹
МЕГА	М	M	10 ⁶
КИЛО	к	k	10 ³
ГЕКТО	г	h	10 ²
ДЕКА	да	da	10 ¹
ДЕЦИ	д	d	10 ⁻¹
САНТИ	с	c	10 ⁻²
МИЛЛИ	м	m	10 ⁻³
МИКРО	мк	μ	10 ⁻⁶
НАНО	н	n	10 ⁻⁹
ПИКО	п	p	10 ⁻¹²
ФЕМТО	ф	f	10 ⁻¹⁵
АТТО	а	a	10 ⁻¹⁸

СПРАВОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ ПО ФИЗИКЕ, ТАБЛИЧНЫЕ ДАННЫЕ

Плотность тел (20 °С)

Твердое	10 ³ кг/м ³	Жидкость	10 ³ кг/м ³	Газ	10 ³ кг/м ³
Алюминий	2,7	Ацетон	0,792	Азот	1,25
Германий	5,4	Бензин	0,7	Аммиак	0,77
Кремний	2,4	Бензол (0 °С)	0,899	Водород	0,09
Лед	0,9	Вода (4 °С)	1,00	Воздух	1,29
Медь	8,9	Глицерин	1,26	Гелий	0,179
Нихром	8,4	Керосин	0,80	Кислород	1,43
Олово	7,3	Нефть	0,80	Озон	2,22
Свинец	11,3	Ртуть	13,6	Углерод (СО ₂)	1,977
Серебро	10,5	Спирт	0,79	Фтор	1,695
Сталь	7,8	Сероуглерод	1,293	Хлор	3,22
Хром	7,2	Эфир	0,736	Этилен	1,26

Коэффициент трения скольжения

Вещество	μ
Бронза по бронзе	0,2
Бронза по стали без смазки	0,18
Бронза по стали со смазкой	0,02 - 0,08
Дерево сухое по дереву	0,25 - 0,5
Лед по льду	0,028
Медь по чугуноу	0,27
Резина по твердому грунту	0,4 - 0,6
Резина по чугуноу	0,83

Сталь по железу	0,19
Сталь по льду (коньки)	0,02 - 0,03
Сталь по стали	0,18
Сталь по чугуну	0,16
Фторопласт по нержавеющей стали	0,06 - 0,08
Фторопласт по фторопласту	0,05 - 0,09
Чугун по бронзе	0,21
Чугун по чугуну	0,16

Удельная теплоемкость некоторых веществ

Вещество	с, Дж/(кг × °С)	Вещество	с, Дж/(кг × °С)	Вещество	с, Дж/(кг × °С)
Алюминий	920	Песок	970	Керосин	2140
Бетон	880	Платина	130	Масло подсолн.	1700
Дерево	2700	Свинец	120	Масло трансф.	2000
Железо, сталь	460	Серебро	250	Ртуть	120
Золото	130	Стекло	840	Спирт этиловый	2400
Кирпич	750	Цемент	800	Азот	1000
Латунь	380	Цинк	400	Аммиак	2100
Лед	2100	Чугун	550	Водород	14300
Медь	380	Сера	710	Водяной пар	2200
Нафталин	1300	Вода	4200	Воздух	1000
Олово	250	Глицерин	2400	Гелий	5200

Парафин	3200	Железо (жидк.)	830	Кислород	920
---------	------	-------------------	-----	----------	-----

Удельная теплота плавления и температура плавления

Вещество	$t_{\text{плав}}, ^\circ\text{C}$	$\lambda, \times 10^5 \text{ Дж/кг}$
Вольфрам	3387	
Платина	1772	
Железо	1539	2,7
Сталь	1500	0,84
Медь	1085	2,1
Золото	1064	0,67
Серебро	962	0,87
Алюминий	660	3,9
Свинец	327	0,247
Олово	232	0,603
Лед	0	3,33
Ртуть	-39	0,118
Спирт	-114	0,11
Азот	-210	0,255
Кислород	-219	0,14
Водород	-259	0,582

Удельная теплота парообразования, температура кипения

Вещество	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$	$\lambda, \times 10^5 \text{ Дж/кг}$
Воздух	-192	2,1
Аммиак	-33,4	13,7

Эфир	35	3,52
Ацетон	56,2	5,2
Спирт	78	8,57
Вода	100	22,6
Ртуть	357	2,85
Железо	3050	0,58

Удельная теплота сгорания топлива

Вещество	$q, \times 10^6 \text{Дж/кг}$	Вещество	$q, \times 10^6 \text{Дж/кг}$
Бурый уголь	9,3	Нефть	46,0
Древесный уголь	29,7	Дизельное горючее	42,0
Дрова сухие	8,3	Керосин	43,0
Солома	8,3	Мазут	40,0
Древесные чурки	15,0	Спирт этиловый	27,0
Каменный уголь:		Генераторный газ	5,5
марка АІ	20,5	Коксовый газ	16,4
марка АІІ	30,3	Природный газ	35,5
Кокс	30,3	Светильный газ	21,0
Порох	3,0	Водород	120,0
Торф	15,0	Условное топливо	29,3
Бензин	46,0	Метан	35,8

Диэлектрическая проницаемость вещества (ϵ)

Вещество	ϵ	Вещество	ϵ
Вакуум	1,0000	Полистирол	2,45 - 2,65
Воздух (1 атм.)	1,0006	Полихлорвинил	3 - 5

Керосин	2,1	Полиэтилен	2,2 - 2,3
Парафин	2,2	Резина изоляционная	2,5 - 5
Плексиглас	3,3	Резина кремний органическая	4
Кварц	4,3	Смола эпоксидная	3,7
Стекло	7,0	Текстолит	8
Слюда	7,0	Фенопласт	7
Этиловый спирт	24	Церезин	2,1 - 2,3
Вода	81	Эбонит	2,7 - 3,0
Лед	3,2	Янтарь	2,8
Мрамор	8 - 10	Масло трансформаторное	2,1 - 2,2
Антрацен	3,46	Азот жидкий (–198,4 °С)	1,445
Винипласт	3,1 - 3,5	Сероводород (–61,8 °С)	8,04
Воск пчелиный	2,8 - 2,9	Толуол (0 °С)	2,435
Дуб сухой	2,2 - 3,7	Эфир диэтиловый	4,22
Канифоль	3	Водяной пар	1,0126
Капрон	3,6	Водород	1,00027
Каучук натуральный	2,3 - 2,4	Гелий	1,000068

**Удельное электрическое сопротивление (ρ),
температурный коэффициент сопротивления(α)**

Металл, сплав	t, °С	$\rho, \times 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$	$\alpha, \times 10^{-3} \text{ К}^{-1}$
Серебро	0	1,468	4,033
Медь	20	1,673	4,30
Золото	0	2,065	4,5
Алюминий	20	2,69	4,2

Вольфрам	20	5,5	4,6
Железо	20	9,71	6,51
Свинец	20	20,6	3,66
Никелин	20	42	0,02
Никель	20	6,844	6,00
Манганин	20	48	0,03
Констатан	20	45 - 50	0,01
Ртуть	20	95,8	0,89
Нихром	18	111	0,2
Фехраль	20	110 - 130	0,1
Графит	0	800 - 1400	-0,5
Фарфор	20	1010 - 1012 Ом•м	—
Эбонит	20	1013 Ом•м	—
Олово	20	12,8	4,2
Титан	20	55	3,5

Работа выхода электронов

Вещество	эВ	Вещество	эВ	Вещество	эВ
Алюминий	4,25	Кремний	4,8	Рутений	4,60
Барий	2,49	Лантан	3,3	Свинец	4,0
Бериллий	3,92	Литий	2,38	Селен	4,72
Бор	4,5	Магний	3,64	Серебро	4,3
Ванадий	4,12	Марганец	3,83	Скандий	3,3
Висмут	4,4	Медь	4,40	Стронций	2,35
Вольфрам	4,54	Молибден	4,3	Сурьма	4,08
Галлий	3,96	Мышьяк	4,72	Таллий	3,7

Гафний	3,53	Натрий	2,35	Тантал	4,12
Германий	4,76	Никель	4,5	Теллур	4,73
Железо	4,31	Ниобий	3,99	Титан	3,95
Золото	4,30	Олово	4,38	Торий	3,3
Индий	3,8	Осмий	4,7	Углерод	4,7
Иридий	4,7	Палладий	4,8	Уран	3,3
Иттрий	3,3	Платина	5,32	Хром	4,58
Кадмий	4,1	Рений	5,0	Цезий	1,81
Калий	2,22	Родий	4,75	Церий	2,7
Кальций	2,80	Ртуть	4,52	Цинк	4,24
Кобальт	4,41	Рубидий	2,16	Цирконий	3,9

Атомные массы некоторых изотопов

Изотоп	а.е.м	Изотоп	а.е.м
H11	1,00782522	Na1122	22,9897707
D12	2,01410222	K1940	39,964000
T13	3,01604971	Ca2040	39,962592
He23	3,01602968	Co2759	58,933188
He24	4,00260361	Co2760	59,933811
Li36	6,0151432	Sr3890	89,9077490
Li37	7,0160053	Sr3894	93,91547
Be47	7,0169293	Y3989	88,9058628
Be49	9,0121858	Y3991	90,9069
C612	12,0000000	Xe54139	138,91844
C613	13,003355	La57139	138,906404
C614	14,0032420	Rn86222	222,017605

N714	14,0030744	Ra88226	226,025433
N715	15,0001091	U92234	234,040971
O816	15,99491494	U92235	235,043941
O817	16,9991334	U92238	238,050812
O818	17,9991598	Pu94239	239,051223

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
по решению задач по дисциплине «Естествознание»
по разделу «Физика»
для студентов 1 курса очной формы обучения
гуманитарного профиля

Подписано к печати 11.05.2016 г.

Печать оперативная. Усл.п.л. 0,7

Заказ № 159. Тираж 100 экз.

Отпечатано в типографии Архиерейского подворья.

Россия, Самарская область, 445028, г. Тольятти, ул. Революционная, 74.

Тел./факс: (8482) 35-10-13, 35-34-72. E-mail: pkg@pravtlt.ru