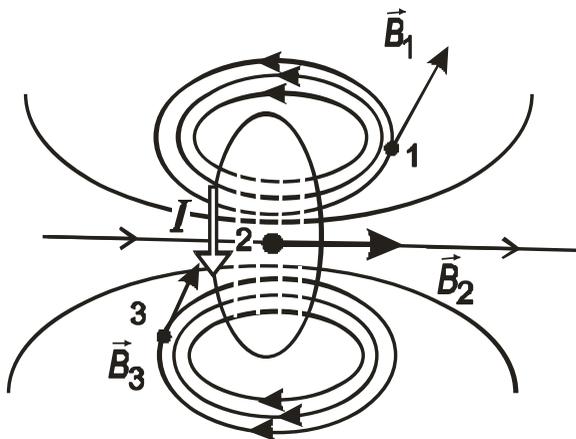


ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЁВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ЗАДАЧИ ПО ФИЗИКЕ



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЁВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ЗАДАЧИ ПО ФИЗИКЕ

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия для подготовки к ЕГЭ*

САМАРА
Издательство СГАУ
2012

УДК 53(075)
ББК 22.3

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. Н.Д. Семкин,
канд. пед. наук И.А. Завершинская

Задачи по физике: учеб. пособие для подготовки к ЕГЭ / авт.-сост. *Н.М. Рогачев*. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2012. – 76 с.

ISBN 978-5-7883-0894-4

Представлены задачи для самостоятельного решения по следующим разделам программы: «Механика», «Молекулярная физика», «Тепловые явления», «Основы электродинамики», «Колебания и волны», «Оптика», «Элементы теории относительности», «Квантовая физика»; приведены примеры решения задач с указанием характерных ошибок.

Пособие составлено в соответствии с программой вступительных испытаний абитуриентов, поступающих в СГАУ. Оно может быть полезно слушателям подготовительных отделений и курсов, а также учащимся старших классов общеобразовательных школ, лицеев и колледжей. Работа выполнена на кафедре физики.

Учебное издание

ЗАДАЧИ ПО ФИЗИКЕ

Учебное пособие для подготовки к ЕГЭ

Автор-составитель ***Рогачев Николай Михайлович***

Редактор Т.С. Зинкина

Доверстка Т.С. Зинкина

Подписано в печать 24.12.2012. Формат 60×84 1/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Печ. л. 4,75.

Тираж 300 экз. Заказ . Арт. С – Д1(1)/2012.

Самарский государственный аэрокосмический университет.

443086, Самара, Московское шоссе, 34.

Изд-во Самарского государственного аэрокосмического университета.

443086, Самара, Московское шоссе, 34.

ISBN 978-5-7883-0894-4

© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

РЕКОМЕНДАЦИИ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ	4
ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ С АНАЛИЗОМ ХАРАКТЕРНЫХ ОШИБОК	6
ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ	30
1. МЕХАНИКА	30
Кинематика	30
Элементы статики твердых тел	32
Основы динамики	35
Законы сохранения в механике	38
Жидкости и газы	40
2. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА. ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ	41
3. ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ	46
Электростатика	46
Постоянный ток	49
Магнитное поле. Электромагнитная индукция	52
4. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ	53
Механические колебания и волны	53
Электромагнитные колебания и волны	54
5. ОПТИКА	55
6. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ	60
7. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА	60
Световые кванты	60
Атом и атомное ядро	61
8. ЗАДАЧИ ПОВЫШЕННОЙ СЛОЖНОСТИ	61
ТАБЛИЦЫ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН	73
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	76

РЕКОМЕНДАЦИИ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

В изучении курса физики решение задач имеет исключительно важное значение, так как способствует усвоению материала программы и позволяет приобрести навыки практического применения основных законов и формул. Умение решать задачи является одним из основных критериев оценки глубины изучения материала.

Данное учебное пособие составлено по вариантам заданий, предлагаемых на вступительных испытаниях в Самарский аэрокосмический университет. Основная цель – оказать методическую помощь абитуриентам, обратить внимание на наиболее распространенные ошибки, а также ознакомить с различными типами конкурсных задач.

При решении многих физических задач в основном используется дедуктивный метод (общие физические законы применяются к конкретному частному случаю). Поэтому очень важно научиться проводить анализ задачи, т.е. разделять сложное физическое явление на ряд простых явлений, к которым легче применить тот или иной физический закон. Результаты, полученные при выполнении анализа, требуется затем объединить, т.е. провести синтез. Анализ и синтез составляют основные этапы решения задачи.

При решении задач необходимо:

1. Изучить по учебнику теоретический материал соответствующего раздела курса, добиться наиболее полного понимания сущности рассматриваемых физических явлений, запомнить законы и основные формулы, знать единицы измерения величин, входящих в них.

2. Внимательно прочитать условие задачи. Сделать сокращенную запись данных и искомых величин, предварительно представив их в системе СИ.

3. Провести качественный анализ содержания задачи. Для этого надо мысленно представить физическое явление, сформулированное в условии, и четко уяснить цель задачи и требования, накладываемые на физические параметры условием задачи. Необходимо проанализировать все отношения, связывающие элементы задачи, выяснить характер этих отношений. Уяснив цель задачи, надо попытаться своими словами так перефразировать ее условие, чтобы оно освободилось от всего лишнего и несущественного для рассматриваемого явления. Для этого необходимо использовать такие абстракции, как материальная точка, абсолютно твердое тело, точечный заряд, луч света и т.д.

4. Выполнить схематический чертеж, на котором указать систему отсчета, а также величины и направления основных параметров рассматриваемого явления.

5. Провести количественный анализ задачи. Это наиболее сложный и ответственный этап решения, в ходе которого с помощью физических законов устанавливаются количественные связи между данными и искомыми величинами. Конечной целью количественного анализа является составление замкнутой системы уравнений, т.е. такой системы, в которой число уравнений равнялось бы числу неизвестных.

6. Найти решение полученной системы уравнений в виде алгоритма, отвечающего на вопрос задачи.

7. Провести проверку совпадения единиц измерения правой и левой частей полученного алгоритма. Несовпадение единиц измерения указывает на допущенные ошибки при решении задачи.

8. Провести анализ полученного результата, т.е. найти условия, при которых данное решение имеет физический смысл и удовлетворяет требованиям задачи.

9. Подставить в полученную формулу численные значения физических величин и провести вычисление. Обратит внимание на точность числового ответа, которая не может быть больше точности исходных величин. Ответ должен сопровождаться наименованием физической величины.

10. В целях развития навыков и культуры решения задач необходимо просмотреть еще раз выполненное решение, проанализировать его с точки зрения рациональности, поискать другие способы решения. Лучше решить одну и ту же задачу несколькими способами, чем несколько задач одним и тем же способом.

11. При решении задач возможны отступления от вышеизложенной схемы.

Далее в пособии даются примеры решения типовых задач, в которых приводится последовательность рассуждений при использовании того или иного закона. Эти примеры не имеют цели научить решать задачи. Как говорил великий режиссер и педагог К.С. Станиславский: «Научить нельзя, научиться можно». Если Вы прорешаете самостоятельно большое число задач, то непременно научитесь их решать.

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ С АНАЛИЗОМ ХАРАКТЕРНЫХ ОШИБОК

Задача №1. При равномерном движении навстречу друг другу двух велосипедистов расстояние между ними уменьшается на 100 м за каждые 5 с. При движении велосипедистов в одном направлении с прежними скоростями расстояние между ними увеличивается на 18 м за каждые 3 с движения. Определите скорости движения велосипедистов.

Дано:

$$\Delta S_1 = 100 \text{ м}$$

$$\Delta t_1 = 5 \text{ с}$$

$$\Delta S_2 = 18 \text{ м}$$

$$\Delta t_2 = 3 \text{ с}$$

$$v_1 - ?, \quad v_2 - ?$$

По условию задачи движение велосипедистов является равномерным. Условимся его считать и прямолинейным. Будем рассматривать движение велосипедистов как движение двух материальных точек. Пусть ось x совпадает с направлением движения первого велосипедиста, а начало координат – с точкой, в которой он находится в момент времени $t=0$. Сделаем схематический рисунок для случая сближения велосипедистов (рис. 1).

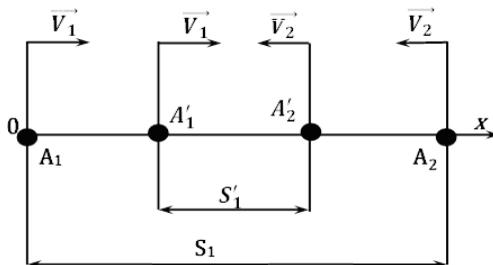


Рис. 1

Обозначим через A_1 и A_2 положения велосипедистов в начальный момент времени, а через A_1' и A_2' – положения их по истечении промежутка времени Δt_1 ; S_1 и S_1' – расстояния между велосипедистами в начальный момент времени и по истечении промежутка времени Δt_1 . Величина сокращения расстояния между велосипедистами $\Delta S_1 = S_1 - S_1'$ определяется суммарным пробегом обоих велосипедистов, т.е.

$$\Delta S_1 = v_1 \Delta t_1 + v_2 \Delta t_1 = (v_1 + v_2) \Delta t_1. \quad (1)$$

Повторим аналогичные рассуждения для случая, когда велосипедисты движутся в одном направлении, и сделаем схематический чертеж (рис. 2).

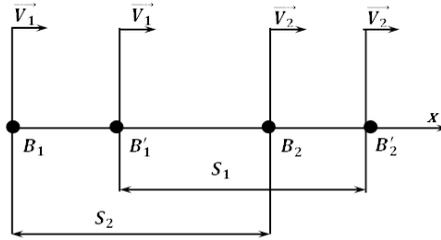


Рис. 2

Расстояние S_2 обозначает положение велосипедистов в начальный момент времени, а S_2' – по истечении промежутка времени Δt_2 . Увеличение расстояния $\Delta S_2 = S_2' - S_2$ определяется их разностной скоростью, т.е.

$$\Delta S_2 = (v_2 - v_1)\Delta t_2. \quad (2)$$

В результате анализа получаем систему уравнений (1) и (2) с двумя неизвестными:

$$\left. \begin{aligned} \Delta S_1 &= (v_1 + v_2)\Delta t_1, \\ \Delta S_2 &= (v_2 - v_1)\Delta t_2. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Решая систему уравнений (3) относительно неизвестных v_1 и v_2 и подставляя численные значения, получим ответ на вопрос задачи:

$$v_1 = \frac{\frac{\Delta S_1}{\Delta t_1} - \frac{\Delta S_2}{\Delta t_2}}{2}, \quad v_1 = \frac{100 - 18}{2} = 7 \text{ м/с};$$

$$v_2 = \frac{\frac{\Delta S_1}{\Delta t_1} + \frac{\Delta S_2}{\Delta t_2}}{2}, \quad v_2 = 13 \text{ м/с}.$$

Рассмотрим еще один способ решения данной задачи.

Переведем исходные данные в одну систему отсчета, связанную, например, с первым велосипедистом. В этой системе отсчета первый велосипедист считается неподвижным, а скорость второго равна их относительной скорости u , т.е.

$$u_1 = v_1 + v_2 \quad (4)$$

для случая сближения и

$$u_2 = v_2 - v_1 \quad (5)$$

для случая движения в одном направлении.

Здесь v_1 и v_2 – скорости велосипедистов относительно неподвижной системы отсчета. Движение второго велосипедиста в подвижной

системе отсчета происходит равномерно со скоростью u_1 или u_2 , поэтому расстояние ΔS_1 и ΔS_2 он преодолевает соответственно за время Δt_1 и Δt_2 по закону равномерного движения:

$$\Delta S_1 = u_1 \Delta t_1, \tag{6}$$

$$\Delta S_2 = u_2 \Delta t_2. \tag{7}$$

Решая уравнения (6) и (7) совместно с уравнениями (4) и (5) получим систему уравнений, тождественную системе (3) первого способа решения. Система уравнений (6)-(7) является полной, поэтому, решая ее относительно v_1 и v_2 и подставляя численные значения, получаем такой же ответ, что и в первом варианте решения:

$$v_1 = 7 \text{ м/с} \text{ и } v_2 = 13 \text{ м/с}.$$

При решении этой задачи нередко возникают трудности, связанные с тем, что:

- 1) задача решается без построения чертежа;
- 2) чертеж не соответствует условию задачи.

Задача № 2. Уравнение прямолинейного движения материальной точки имеет вид: $x = at + bt^2$, где $a=3 \text{ м/с}$, $b=-0,25 \text{ м/с}$. Постройте графики зависимости координаты x и пути S от времени t движения точки.

Решение

Задаваясь значениями времени t , найдем величины координат x . Полученные данные занесем в таблицу.

$t, \text{ с}$	0	1	2	3	5	6	7	9	11	12
$x, \text{ м}$	0	2,75	5	6,75	8,75	9	8,75	6,75	2,75	0

Как видно из таблицы, при движении точки значения координаты x сначала возрастают, а потом уменьшаются. Максимальное значение координаты x_{\max} достигается, когда скорость движения точки v меняет знак, т.е. точка начинает двигаться в обратном направлении (рис. 3): $v = dx/dt = a + 2bt = 0$, откуда $t = -a/(2b) = 6 \text{ с}$, $x_{\max} = 9 \text{ м}$. Приравняем к нулю x в заданном уравнении, получим: $x = at - bt^2 = 0$, $t_1 = 0$, $t_2 = 12 \text{ с}$.

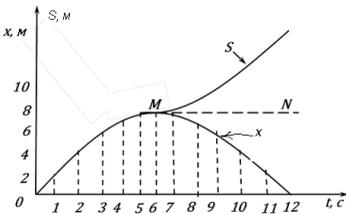


Рис. 3

При движении точки от нуля до $t=6$ с графики координаты и пути совпадают. После прохождения x_{\max} координаты начнут уменьшаться, а путь возрастет. Дальнейший график пути можно построить зеркальным отражением графика координаты x относительно горизонтальной прямой MN .

Задача №3. Мяч брошен со скоростью v_0 под углом α к горизонту. Найдите v_0 и α , если известна максимальная высота подъема мяча $h=2,5$ м и радиус кривизны траектории мяча в этой точке $R=5$ м.

Дано: $h=2,5$ м $R=5$ м v_0 — ?, α — ?	Если не учитывать сопротивление воздуха, то траекторией движения мяча будет парабола (рис. 4). Разложим вектор скорости v_0 на составляющие: $v_{0x} = v_0 \cos \alpha, v_{0y} = v_0 \sin \alpha.$ Движение по оси ox равномерное и $x = v_{0x}t = v_0t \cos \alpha,$
---	--

(1)

где t — время движения.

По оси oy движение равнопеременное с ускорением $a_y=-g$ и начальной скоростью v_{0y} . Тогда запишем:

$$v_y = v_{0y}t - gt = v_0 \sin \alpha - gt, \quad (2)$$

$$y = v_{0y}t - gt^2 / 2 = v_0t \sin \alpha - gt^2 / 2. \quad (3)$$

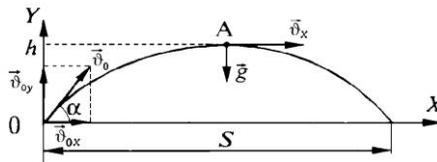


Рис. 4

В момент падения мяча на Землю $y=0$. Решая уравнение (3), найдем время полета:

$$t(v_0 \sin \alpha - gt / 2) = 0, t_1 = 0, t_2 = 2v_0 \sin \alpha / g. \quad (4)$$

Значение $t_1=0$ соответствует точке бросания мяча, а t_2 — времени его полета. Время подъема t_n до максимальной высоты равно $t_2/2$, т.е.

$$t_n = v_0 \sin \alpha / g. \quad (5)$$

Подставив в (3) время t_n , найдем максимальную высоту подъема мяча:

$$y_{\max} = h = v_0^2 \sin^2 \alpha / (2g). \quad (6)$$

Скорость мяча в точке A $v = v_0 \cos \alpha$, а центростремительное ускорение $a_y = v^2 / R = (v_0 \cos \alpha)^2 / R$. Поскольку ускорение в точке A равно g , то

$$a_y = g = v_0^2 \cos^2 \alpha / R. \quad (7)$$

Уравнения (6) и (7) запишем в виде:

$$v_0^2 \cos^2 \alpha = Rg, \quad (8)$$

$$v_0^2 \sin^2 \alpha = 2gh. \quad (9)$$

После сложения левых и правых частей уравнений (8) и (9) получим: $v_0^2 (\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha) = g(R + 2h)$, откуда найдем: $v_0 = \sqrt{g(R + 2h)}$,

$v_0 = 10$ м/с. Из уравнения (6) определим $\sin \alpha = \sqrt{2gh / v_0^2}$, $\sin \alpha = 0,707$, $\alpha = 45^\circ$.

При решении данной задачи наибольшее число ошибок допускается при написании уравнения (7).

Задача №4. Тело массой 100 кг перемещают равномерно по горизонтальной плоскости, прилагая силу, направленную под углом 30° к горизонту. Определите коэффициент трения, если величина прикладываемой силы равна 290 Н.

Дано:
 $m = 100$ кг
 $\alpha = 30^\circ$
 $F = 290$ Н

 $k = ?$

Для решения задачи необходимо построить чертеж (рис. 5), на котором следует указать все силы, действующие на тело, и дать направление координатных осей x и y .

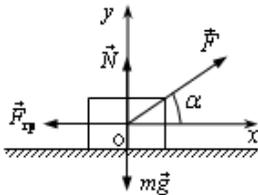


Рис. 5

Согласно условию задачи на тело действуют следующие силы: $m\vec{g}$ – сила тяжести тела, \vec{F} – сила тяги, \vec{N} – сила нормальной реакции плоскости. При движении тела возникает сила трения \vec{F}_{mp} , направленная в сторону, противоположную движению. Итак, на тело действуют силы $m\vec{g}$, \vec{F} , \vec{N} , \vec{F}_{mp} . Так как эти силы действуют не по одной прямой, то выберем два взаимно перпендикулярных направления x и y (оси координат), лежащие в плоскости действия сил. Ось x совместим с поверхностью Земли, полагая, что движение происходит по ее поверхности. Тогда силы $m\vec{g}$ и \vec{N} будут направлены перпендикулярно оси x . Сила \vec{F} определяет направление движения тела.

Пусть сила \vec{F} направлена в сторону оси x , образуя с ней угол α . Тогда сила трения \vec{F}_{mp} будет направлена в сторону, противоположную оси x . Она действует между движущимся телом и плоскостью. Считая размеры тела несущественными для решения задачи, будем рассматривать данное тело как материальную точку. Тогда все силы приложим к одной точке, которую совместим с началом осей координат.

Выбирая направление координатных осей, следует стремиться к тому, чтобы проекции некоторых сил на координатные оси оказались равными нулю. Это существенно упрощает решение задачи.

По условию задачи тело движется равномерно. Но мы установили, что на тело действует несколько сил. Согласно первому закону Ньютона тело может двигаться равномерно, если равнодействующая всех сил, приложенных к нему, равна нулю:

$$m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{mp} + \vec{F} = 0. \quad (1)$$

Найдем проекции сил на координатные оси, т.е. запишем уравнение (1) в скалярной форме:

$$F \cos \alpha = F_{mp}, \quad (2)$$

$$N + F \sin \alpha = mg. \quad (3)$$

Из уравнения (3) находим, что

$$N = mg - F \sin \alpha. \quad (4)$$

Коэффициент силы трения k по определению есть отношение силы трения к силе нормального давления, т.е.

$$k = F_{mp} / N. \quad (5)$$

Подставив в уравнение (5) значение F_{mp} и N из уравнений (2) и (4), получим алгоритм для коэффициента трения:

$$k = \frac{F \cos \alpha}{mg - F \sin \alpha}, \quad k = \frac{290 \cos 30^\circ}{100 \cdot 9,8 - 290 \sin 30^\circ} = 0,3.$$

При решении данной задачи допускаются различные ошибки:

- 1) на чертеже указывают не все силы, действующие на тело;
- 2) не задают систему отсчета;
- 3) неверно применяют законы Ньютона;
- 4) при определении силы N не учитывают вертикальную составляющую силы тяги, уменьшающую реакцию опоры;
- 5) не умеют переходить от векторной формы записи уравнений к уравнениям в скалярной форме;
- 6) не знают определения коэффициента трения.

Задача №5. На невесомой и нерастяжимой нити, перекинутой через неподвижный блок A (рис. 6, а), подвешен груз массой 1 кг. К подвижному блоку B прикреплен груз массой 3 кг. Определите ускорения грузов и силу натяжения нити. Блоки считать невесомыми.

Дано: $m_1 = 1 \text{ кг}$ $m_2 = 3 \text{ кг}$ $a_1 = ?$, $a_2 = ?$, $T = ?$	В качестве системы отсчета возьмем Землю, относительно которой грузы движутся прямолинейно по вертикали. За положительное направление выберем направление оси x (вниз). Анализируя характер движения, видим, что при поднятии первого груза второй груз опускается. При этом длина нити остается постоянной. На груз массой m_1 действует сила тяжести равная $m_1 g$ и сила натяжения нити T .
--	--

Согласно второму закону Ньютона результирующая этих сил $m_1 g - T$ сообщает массе груза m_1 ускорение a_1 :

$$m_1 g - T = m_1 a_1. \quad (1)$$

На второй груз кроме силы тяжести $m_2 g$ действуют силы натяжения двух частей нити, удерживающих блок B . По условию задачи нить и блоки невесомы, поэтому натяжение нити во всех точках одинаково. Для второго груза уравнение 2-го закона Ньютона примет вид:

$$2T - m_2 g = -m_2 a_2 \text{ или } m_2 g - 2T = m_2 a_2. \quad (2)$$

Получили систему из двух уравнений, но в них три неизвестных: a_1 , a_2 , T . Система неполная. Недостающее уравнение находится из следующих соображений. Во время движения длина нити не изменяется. Допустим, что груз массой m_1 опустился вниз на высоту h_1 (рис. 6, б). Тогда длина нити, на которой висит блок B , укоротится на такую же величину, что вызовет перемещение блока B и груза m_2 на расстояние

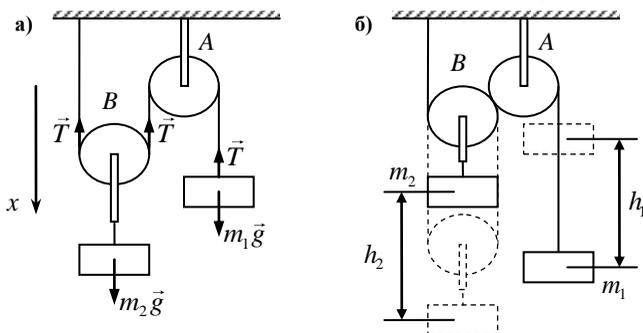


Рис. 6

$$h_2 = -h_1 / 2. \quad (3)$$

$$\text{Поскольку } h_1 = \frac{a_1 t}{2}, \quad h_2 = \frac{a_2 t}{2}, \quad \text{то } a_1 = -2a_2. \quad (4)$$

Знак минус поставлен из-за того, что грузы двигаются в разные стороны. Отметим, что соотношение (3) справедливо для любых моментов времени.

Выражение (4) является недостающим уравнением для решения задачи. Решая систему уравнений (1), (2), (4), получим:

$$a_1 = 2 \frac{2m_1 - m_2}{4m_1 + m_2} g; \quad a_2 = 2 \frac{2m_1 - m_2}{4m_1 + m_2} g; \quad T = \frac{3m_1 m_2}{4m_1 + m_2} g.$$

Подставляя численные значения, имеем

$$a_1 = -2,8 \text{ м/с}^2, \quad a_2 = 1,4 \text{ м/с}^2, \quad T = 13 \text{ Н}.$$

Обратим внимание, что ускорения a_1 и a_2 обращаются в нуль, если $m_2 = 2m_1$. В этом случае система находится в равновесии, а сила натяжения нити $T = m_1 g$.

Если $m_2 < 2m_1$, то $a_1 > 0$ и $a_2 < 0$; первый груз будет опускаться, а второй – подниматься.

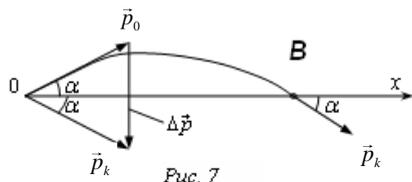
В рассматриваемом примере $m_2 > 2m_1$, тогда $a_1 < 0$ и $a_2 > 0$; первый груз будет подниматься, а второй – опускаться.

При решении данной задачи учащиеся часто делают ошибки в определении величины силы натяжения нити, действующей на второй груз. Также большие затруднения вызывает составление уравнения (4).

Задача №6. Камень массой m брошен под углом α к горизонту. За время полета импульс камня изменился на величину ΔP . Найдите наибольшую высоту подъема камня.

Дано:	Траекторией движения камня является парабола. На
m	рис. 7 \vec{P}_0 и \vec{P}_k – импульсы камня в начале и в конце полета.
ΔP	Проведем вычитание векторов. Для этого перенесем вектор
$h_{\max} - ?$	\vec{P}_k из точки B в точку O .

Отрезок ΔP , соединяющий концы векторов \vec{P}_0 и \vec{P}_k , является вектором изменения импульса камня за время его полета. Из треугольника векторов найдем:



$$\sin \alpha = \Delta P / (2P_0) = \Delta P / (2m\nu_0), \quad (1)$$

$$\nu_0 \sin \alpha = \Delta P / (2m). \quad (2)$$

Так как максимальная высота подъема камня (см. формулу 6 в задаче №3)

$$h = \nu_0^2 \sin^2 \alpha / (2g), \quad (3)$$

то окончательно получим: $h = 2\Delta P / (16mg)$.

Наибольшие трудности в решении данной задачи возникают при построении треугольника векторов.

Задача №7. Под каким наименьшим углом α к горизонту можно прислонить лестницу к гладкой вертикальной стене, если коэффициент трения лестницы о пол μ . Центр тяжести лестницы находится в ее середине.

Решение

Сделаем рис. 8, на котором покажем силы, действующие на прислоненную к стене лестницу. Обозначим за l длину лестницы. Силы трения F_{mp} и F'_{mp} направлены в стороны, противоположные движению лестницы. По условию задачи стена гладкая, поэтому $F'_{mp} = 0$. Силу тяжести mg приложим в центре лестницы, силы реакции опор N_A и N_B перпендикулярны опорам. По условию равновесия векторная сумма всех действующих на лестницу сил должна равняться нулю. Проекции сил на оси координат также равны нулю:

$$Ox: N_A - F_{mp} = 0; \quad Oy: N_B - mg = 0. \quad (1)$$

Из уравнений (1) имеем:

$$N_A = F_{mp}, \quad N_B = mg. \quad (2)$$

По определению коэффициент трения

$$\mu = F_{mp} / N_B. \quad (3)$$

Из уравнений (2), (3) получим выражение для силы трения: $F_{mp} = \mu mg$.

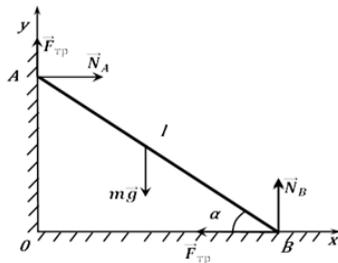


Рис. 8

Используем далее второе условие равновесия тела: алгебраическая сумма моментов всех сил относительно какой-либо оси равна нулю. Выберем ось, проходящую через точку A , перпендикулярно плоскости чертежа (рис. 8).

$$mgl \cos \alpha - 0,5mgl \cos \alpha - \mu mgl \sin \alpha = 0,$$

откуда $\cos \alpha - 0,5 \cos \alpha - \mu \sin \alpha = 0$, или $0,5 \cos \alpha = \mu \sin \alpha$,

откуда $\operatorname{tg} \alpha = 1$, $\alpha = 45^\circ$.

Наибольшие затруднения учащиеся испытывают при расстановке сил на рис.8 и выборе точки, относительно которой записываются моменты сил.

Задача №8. На нити в вертикальной плоскости вращается груз массой $m=0,5$ кг. Найдите разность сил натяжения нити при прохождении грузом нижней и верхней точек траектории.

Дано: $m=0,5$ кг	На рис. 9 показаны силы, действующие на груз, находящийся в верхней и нижней точках окружности. Равнодействующая каждой пары этих сил сообщает грузу центростремительное ускорение:
$\Delta T - ?$	$mg + T_1 = m\omega_1^2 / R, \quad (1)$ $T_2 - mg = m\omega_2^2 / R. \quad (2)$

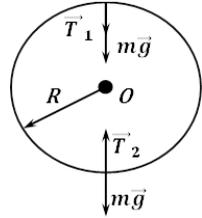


Рис. 9

Из (1) и (2) найдем разность сил натяжения нити:

$$\Delta T = T_2 - T_1 = 2mg + (m\omega_2^2 - m\omega_1^2) / R. \quad (3)$$

Применив закон сохранения энергии, запишем:

$$m\omega_2^2 / 2 - m\omega_1^2 / 2 = 2mgR. \quad (4)$$

Откуда

$$m\omega_2^2 - m\omega_1^2 = 4mgR. \quad (5)$$

Подставив (5) в (3), получим:

$$\Delta T = 2mg + 4mg = 6mg, \quad \Delta T = 30\text{Н}.$$

При решении данной задачи многие учащиеся считают, что величины скоростей в точках 1 и 2 траектории одинаковы, хотя в условии задачи не сказано, что вращение груза равномерное.

Задача №9. До какой высоты надо налить воды в цилиндрический сосуд радиусом 5 см, чтобы силы давления воды на дно и на боковую поверхность сосуда были равны между собой?

Дано: $R=5 \cdot 10^{-2}$ м	Из определения давления можно найти силу давления $F = pS$, где p – давление, S – площадь. Так как давление жидкости на дно сосуда $p_d = \rho gh$, а площадь дна цилиндра $S_d = \pi R^2$, то силу давления на дно цилиндра можно определить по формуле:
$h - ?$	

$$F_d = \rho gh\pi R^2, \quad (1)$$

где ρ – плотность жидкости, g – ускорение свободного падения, h – высота столба жидкости.

Аналогично сила давления на боковую поверхность сосуда равна: $F_6 = \langle p \rangle S_6$, где $\langle p \rangle$ – среднее давление воды на боковую поверхность сосуда, S_6 – площадь боковой поверхности сосуда. Так как давление на боковую поверхность изменяется от нуля до величины $p_d = \rho gh$ по линейному закону, то $\langle p \rangle = p_d / 2$. Площадь боковой поверхности $S_6 = 2\pi Rh$. Тогда

$$F_6 = \rho g R h^2 \pi. \quad (2)$$

По условию задачи $F_d = F_6$ и, используя уравнения (1) и (2), получим $\rho g h \pi R^2 = \rho g \pi R h^2$, откуда $h = R = 5 \cdot 10^{-2}$ м.

При решении данной задачи часто неверно определяется давление жидкости на боковую поверхность сосуда.

Задача №10. Для приготовления ванны смешали 300 л воды при температуре 10°C и 140 л воды при температуре 62°C . Определите температуру полученной смеси.

Дано:
 $V_1 = 0,3 \text{ м}^3$
 $t_1 = 10^\circ\text{C}$
 $V_2 = 0,14 \text{ м}^3$
 $t_2 = 62^\circ\text{C}$

Θ – ?

Допустим, что полная внутренняя энергия системы остается неизменной, а имеет место только ее перераспределение между отдельными частями. Уравнение, описывающее процесс теплового взаимодействия между телами, называется уравнением энергетического (теплового) баланса. В данном случае согласно этому уравнению величина энергии, отдаваемая более нагретым телом, должна быть равна величине энергии, получаемой менее нагретым телом.

В рассматриваемой системе холодная вода нагревается, а горячая остывает. При нагревании холодной воды внутренняя энергия ее молекул увеличивается на величину:

$$\Delta U_1 = c m_1 (\Theta - t_1). \quad (1)$$

При охлаждении воды внутренняя энергия ее молекул уменьшается на величину:

$$\Delta U_2 = c m_2 (t_2 - \Theta), \quad (2)$$

где c – удельная теплоемкость воды, m_1 и m_2 – массы смешиваемой воды.

Составим уравнение энергетического баланса, используя уравнения (1) и (2):

$$cm_1(\Theta - t_1) + cm_2(t_2 - \Theta) = 0. \quad (3)$$

Учитывая, что $m = \rho V$, где ρ – плотность воды, из уравнения (3) получим:

$$c\rho V_1(\Theta - t_1) + c\rho V_2(t_2 - \Theta) = 0. \quad (4)$$

Решая уравнение (4) относительно Θ , найдем температуру смеси:

$$\Theta = \frac{-V_1 t_1 + V_2 t_2}{V_1 - V_2}; \quad \Theta \approx 35,5^\circ\text{C}.$$

При решении задач данного типа часто учащиеся затрудняются составить уравнение энергетического баланса.

Задача №11. В горизонтальном цилиндре (рис. 10), закрытом поршнем, находится одноатомный идеальный газ под давлением $p_1=0,5$ МПа. Площадь поперечного сечения поршня $S=20$ см², расстояние от поршня до дна цилиндра $l=0,2$ м. При медленном подогреве газа поршень подвинулся на расстояние $x=5$ см. Между цилиндром и поршнем при его движении действует сила трения $F_{mp}=4$ кН. Определите количество теплоты Q , полученное газом в этом процессе. Среда, окружающая цилиндр и поршень, является вакуумом.

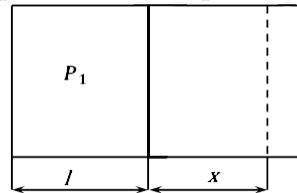


Рис. 10

Дано:
 $p_1=0,5$ МПа
 $l=0,2$ м
 $S=0,002$ м²
 $x=0,05$ м
 $F_{mp}=4$ кН
 $Q - ?$

При нагревании давление газа возрастает. Поршень начнет двигаться, когда сила трения $F_{mp}=p_2S$, откуда $p_2=F/S=4000/0,002=2$ МПа. Для достижения давления p_2 газ должен получить количество теплоты Q_1 . Чтобы поршень продолжил двигаться дальше, увеличивая объем цилиндра, газ должен получить еще количество теплоты Q_2 .

В процессе нагревания газ получит количество теплоты Q , определяемое по первому началу термодинамики:

$$Q = Q_1 + Q_2 = (U_2 - U_1) + p_2 S x = (U_2 - U_1) + F_{mp} x. \quad (1)$$

Внутренняя энергия одноатомного идеального газа в начальном состоянии запишется в виде:

$$U_1 = 3\nu RT_1 / 2 = 3p_1 V_1 / 2 = 3p_1 S l / 2, \quad (2)$$

а в конечном состоянии:

$$U_2 = 3\nu RT_2 / 2 = 3p_2 S (l + x) / 2 = 3F_{mp} (l + x) / 2. \quad (3)$$

Из (1)-(3) находим: $Q = 5F_{mp}x / 2 + 3(F_{mp} - p_1S)l / 2$.

Подставляя численные значения, получим: $Q = 1,4$ кДж.

При решении задачи часто не учитывается количество теплоты Q_2 , которое необходимо для того, чтобы поршень, тронувшись с места, сместился на расстояние x .

Задача №12. Электрическое поле в вакууме образовано точечными зарядами $q_1 = 30$ нКл и $q_2 = -10$ нКл, расстояние между которыми $r = 5$ см. Определите напряженность электрического поля в точке, находящейся на расстоянии $r_1 = 3$ см от первого и на расстоянии $r_2 = 4$ см от второго заряда.

Дано:

$$q_1 = 30 \text{ нКл}$$

$$q_2 = -10 \text{ нКл}$$

$$r = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$r_1 = 3 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$r_2 = 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

E - ?

Согласно принципу суперпозиции полей каждый заряд создает поле независимо от присутствия других зарядов. В связи с этим напряженность поля в искомой точке можно определять как векторную сумму напряженностей, создаваемых зарядами q_1 и q_2 :

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2, \quad (1)$$

где $|\vec{E}_1| = \frac{q_1}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_1^2}$, $|\vec{E}_2| = \frac{q_2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_2^2}$ – напряженности электрического поля, создаваемые в данной точке первым и вторым зарядами соответственно.

Сделаем чертеж (рис. 11). По заданным величинам r , r_1 и r_2 нарисуем треугольник ABC . В точках A и C расположим электрические заряды q_1 и q_2 . Напряженность поля будем определять в точке B .

Вектор \vec{E}_1 в нашем случае направлен от заряда q_1 , так как данный заряд положителен. Заряд q_2 имеет отрицательный знак, поэтому вектор \vec{E}_2 направлен к заряду q_2 . Искомый вектор \vec{E} является диагональю параллелограмма, сторонами которого служат векторы \vec{E}_1 и \vec{E}_2 .

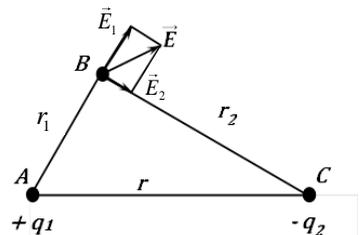


Рис. 11

Применив теорему Пифагора к треугольнику ABC , убеждаемся, что заданный треугольник – прямоугольный: $AB^2 + BC^2 = AC^2$ или $r_1^2 + r_2^2 = r^2$, т.е. $9 + 16 = 25$.

Значит, $\angle ABC=90^\circ$. Из чертежа видно, что $\angle BE_1E$ тоже равен 90° , так как сторона E_1E параллельна BC , а сторона BE_1 является продолжением AB . Из прямоугольного треугольника BE_1E найдем гипотенузу BE , т.е. модуль вектора \vec{E} :

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{\left(\frac{q_1}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_1^2}\right)^2 + \left(\frac{q_2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_2^2}\right)^2},$$

$$E = \sqrt{\left(\frac{30 \cdot 10^{-9}}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 9 \cdot 10^{-4}}\right)^2 + \left(\frac{10 \cdot 10^{-9}}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 16 \cdot 10^{-4}}\right)^2} \frac{\text{В}}{\text{м}},$$

$$E \approx 3 \cdot 10^5 \text{ В/м.}$$

При решении задач данного типа допускаются следующие ошибки:

- 1) не учитывается, что напряженность электрического поля – величина векторная;
- 2) при построении чертежа неверно выбираются направления векторов \vec{E}_1 и \vec{E}_2 .

Задача №13. Маленький эбонитовый шарик (рис. 12), имеющий сквозное отверстие, проходящее через его центр, может скользить по гладкой горизонтальной направляющей длиной $2l$. Масса шарика m , заряд $+Q$. На концах направляющей расположены положительные заряды q . Шарик может совершать малые колебания относительно середины направляющей. Определите период этих колебаний.

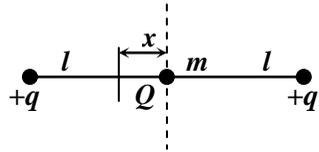


Рис. 12

Решение

При смещении шарика на расстояние $x < l$ на него будет действовать возвращающая сила, определяемая по закону Кулона:

$$F = kqQ / (l+x)^2 - kqQ / (l-x)^2 = -4kqQlx / (l+x)^2(l-x)^2 \approx -4kqQx / l^3, \quad (1)$$

где $k=9 \cdot 10^9 \text{ Нм}^2/\text{Кл}^2$ – постоянная в законе Кулона.

Преобразуя уравнение (1), смещением x в знаменателе пренебрегаем ввиду его малости по сравнению с l . Для квазиупругих колебаний возвращающая сила определяется по закону Гука:

$$F = -\kappa x. \quad (2)$$

Из (1) и (2) для коэффициента квазиупругой силы получим:

$$\kappa = 4kqQ / l^3. \quad (3)$$

Период колебаний $T = 2\pi\sqrt{m/\kappa}$. С учетом выражения (3) период колебаний определится по формуле: $T = \pi\sqrt{ml^3 / kqQ}$.

Основные затруднения при решении задачи возникают при преобразовании уравнения (1).

Задача №14. На сколько равных частей надо разрезать проводник сопротивлением 100 Ом, чтобы при параллельном соединении этих частей получить сопротивление 1 Ом?

Дано: $R=100$ Ом $r=1$ Ом $n - ?$	Допустим, что проводник разрезан на n частей. Целый проводник можно представить состоящим из соединенных последовательно n частей. При этом его сопротивление равно R , т.е.
--	--

$$R = nr_1, \quad (1)$$

где r_1 – сопротивление одной части.

При параллельном соединении этих частей общее сопротивление цепи определяется выражением

$$1/r = n/r_1, \quad (2)$$

Решая систему уравнений (1) и (2) относительно n , получим

$$n = \sqrt{R/r}. \quad (3)$$

Подставим в полученное выражение (3) численные значения из условия задачи: $n = \sqrt{100/1} = 10$.

При решении данной задачи затруднения возникают при составлении уравнений (1) и (2). Часто сопротивление при параллельном соединении r принимается за сопротивление отдельной части r_1 .

Задача №15. Стержень длиной 1 м вращается в однородном магнитном поле с постоянной угловой скоростью $\omega = 30 \text{ с}^{-1}$. Ось вращения стержня параллельна магнитным силовым линиям поля и проходит через его конец. Определите ЭДС индукции, возникающую на концах стержня, если индукция магнитного поля $B=2 \cdot 10^{-2}$ Тл.

Дано: $l=1$ м $\omega = 30 \text{ с}^{-1}$ $B=2 \cdot 10^{-2}$ Тл $\mathcal{E} - ?$	По закону Фарадея величина ЭДС индукции $\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}. \quad (1)$
---	---

При вращении стержень пересекает магнитные силовые линии, при этом площадь, описываемая стержнем, увеличивается, магнитный поток Φ возрастает, т.е. имеется изменение магнитного потока в единицу времени. Согласно уравнению (1) на концах стержня должна возникать ЭДС индукции.

При каждом обороте стержень пересекает магнитный поток

$$\Phi = BS = B\pi l^2 n. \quad (2)$$

Делая n оборотов в секунду, стержень пересекает поток в n раз больше. Поскольку при этом изменение потока происходит за единицу времени, то величину ЭДС, согласно уравнениям (1) и (2), можно определить:

$$\mathcal{E} = -B\pi l^2 n. \quad (3)$$

Так как $\omega = 2\pi n$, то $n = \omega / \langle 2\pi \rangle$. (4)

Подставив в уравнение (3) выражение (4), окончательно получим

$$\mathcal{E} = -B\pi l^2 \frac{\omega}{2\pi} = -\frac{Bl^2 \omega}{2}.$$

Подсчитаем значение ЭДС:

$$\mathcal{E} = -\frac{2 \cdot 10^{-2} \text{ Тл} \cdot 1 \text{ м}^2 \cdot 30 \text{ с}^{-1}}{2} = -0,3 \text{ В}.$$

Знак «-» определяет направление ЭДС индукции.

Рассмотрим еще один способ решения данной задачи.

При вращении стержня в любом его бесконечно малом участке dx (рис. 13), взятом на расстоянии x от оси вращения O , возникает элементарная ЭДС

$$d\mathcal{E} = -Bvdx, \quad (5)$$

где v – линейная скорость участка dx . Поскольку $v = \omega x$, то

$$d\mathcal{E} = -B\omega x dx. \quad (6)$$

Интегрируя выражение (6) по длине стержня (от 0 до l), найдем ЭДС индукции:

$$\mathcal{E} = -\int_0^l B\omega x dx = -B\omega \frac{x^2}{2} \Big|_0^l = -\frac{1}{2} B\omega l^2.$$

Наибольшие трудности при решении данной задачи возникают при составлении уравнений (3)-(6).

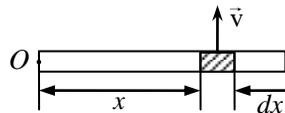


Рис. 13

Задача №16. Найдите количество электроэнергии, потребной для никелирования детали площадью 150 м^2 , если слой никеля наносится толщиной $0,01 \text{ мм}$. Напряжение на зажимах электролитической ванны 4 В .

Дано:

$$h=0,01 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$S=150 \text{ м}^2$$

$$U=4 \text{ В}$$

$$\rho=8,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$$

$$A=59 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$n=2$$

$$W - ?$$

По закону Фарадея для электролиза

$$m = \frac{1}{F} \frac{A}{n} q, \quad (1)$$

где $F=9,65 \cdot 10^4 \text{ Кл/моль}$ – число Фарадея; A – атомный вес никеля; n – валентность никеля; q – количество электричества, прошедшее через электролит; m – масса никеля.

При этом совершается работа, равная затраченной энергии:

$$W = qU. \quad (2)$$

С другой стороны, массу выделившегося никеля можно найти следующим образом:

$$m = \rho Sh. \quad (3)$$

Приравняв правые части уравнений (1) и (3), найдем q и, подставив его значение в выражение (2), получим

$$W = \frac{FhS\rho nU}{A}, \quad W = 1,7 \cdot 10^8 \text{ Дж.}$$

Большое число заданных величин необходимо определять по таблицам, что и составляет наибольшую трудность при решении задачи.

Задача №17. Маленький шарик подвешен на нити длиной $0,5 \text{ м}$ к потолку трамвайного вагона. При какой скорости вагона отклонения шарика будут максимальными, если длина рельса $12,5 \text{ м}$?

Дано:

$$l=0,5 \text{ м}$$

$$S=12,5 \text{ м}$$

$$v - ?$$

Шарик, подвешенный к потолку вагона, при его движении совершает вынужденные колебания с частотой ν , равной частоте ударов колес вагона о стыки рельсов. Эта частота

$$\nu = v/S, \quad (1)$$

где v – скорость движения вагона, S – длина рельса.

По условию задачи шарик маленький, т.е. его можно принять за математический маятник, период колебаний которого

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}.$$

Применяя формулу тонкой линзы $\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$, найдем расстояние

от изображения до объектива $f = \frac{Fd}{F-d}$.

Искомое расстояние $b = f - d = \frac{Fd}{F-d} - d = \frac{d^2}{F-d}$; $b = 0,1$ м.

Наибольшее число ошибок при решении задач по геометрической оптике связано с построением изображений в линзах и оптических приборах.

Задача №19. Выйдет ли луч белого света из стекла в воздух, если показатели преломления стекла для красной и фиолетовой частей спектра равны соответственно $n_k = 1,51$ и $n_\phi = 1,53$. Угол падения луча на границу раздела сред равен 40° .

Дано:

$$n_k = 1,51$$

$$n_\phi = 1,53$$

$$i = 40^\circ$$

$$i'_k - ?, i'_\phi - ?$$

Луч белого света распространяется из среды оптически более плотной в среду оптически менее плотную, так как показатель преломления стекла больше показателя преломления воздуха. При этом угол преломления луча будет больше угла падения. С увеличением угла падения угол преломления, увеличиваясь, может достигать значения 90° .

Такой угол падения, при котором угол преломления равен 90° , называется предельным углом i'_i полного отражения. При этом преломленный луч скользит вдоль границы раздела сред. Если увеличивать и дальше угол падения луча, то свет во вторую среду не проникает, а полностью отражается от границы раздела сред. Таким образом, луч света перейдет из стекла в воздух, если не наступит полное отражение, т.е. если угол падения луча i будет меньше предельного угла i'_i . Найдем значения предельных углов для крайних лучей белого света, т.е. для красного и фиолетового:

$$i'_k = \arcsin \frac{1}{n_k} = \arcsin \frac{1}{1,51} = 41,47^\circ;$$

$$i'_\phi = \arcsin \frac{1}{n_\phi} = \arcsin \frac{1}{1,53} = 40,81^\circ.$$

Красные лучи выходят из стекла в воздух, так как $i < i'_k$; фиолетовые лучи испытывают полное отражение, поскольку $i > i'_\phi$.

Таким образом, из стекла в воздух выйдет свет, но не белый, т.к. часть спектра белого света испытывает полное отражение.

Задача №20. На мыльную пленку с показателем преломления $n_2=1,33$ падает под углом $i=30^\circ$ монохроматический свет с длиной волны $\lambda=0,6$ мкм. Отраженный от пленки свет в результате интерференции имеет наибольшую яркость. Какова наименьшая возможная толщина пленки?

Дано:

$$n_1=1$$

$$n_2=1,33$$

$$i=30^\circ$$

$$\lambda=6 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

$$d_{\min} - ?$$

При падении световой волны на пленку (рис. 15) происходит ее отражение от верхней и нижней поверхностей пленки. В результате образуются две волны 1 и 2, которые, пройдя линзу L , интерферируют в точке M . Оптическая разность хода лучей 1 и 2:

$$\delta = (AB + BC)n_2 - (ADn_1 - \frac{\lambda}{2}) = 2ABn_2 - ADn_1 + \frac{\lambda}{2}. \quad (1)$$

В точке A отражение луча происходит от оптически более плотной среды, поэтому фаза волны изменяется на π , что эквивалентно «потере» полуволны (оптический путь ADn_1 уменьшается на $\lambda/2$). Из рис. 15

$$AB = \frac{d}{\cos r},$$

$$AD = AC \sin i = 2d \operatorname{tg} r \sin i. \quad (2)$$

По закону преломления запишем:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1}, \text{ откуда } n_1 \sin i = n_2 \sin r. \quad (3)$$

Подставив выражения (2) и (3) в (1), получим

$$\delta = \frac{2dn_2}{\cos r} (1 - \sin^2 r) + \frac{\lambda}{2} = 2dn_2 \cos r + \frac{\lambda}{2}. \quad (4)$$

Так как $\cos r = \sqrt{1 - \sin^2 r}$, то уравнение (3) примет вид

$$\sin^2 r = \frac{n_1^2}{n_2^2} \sin^2 i, \text{ тогда } \cos r = \sqrt{1 - \frac{n_1^2}{n_2^2} \sin^2 i}. \quad (5)$$

Из выражений (5) и (4) окончательно получим

$$\delta = 2d \sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i} + \frac{\lambda}{2}. \quad (6)$$

Запишем условие максимума освещенности при интерференции:

$$\delta = k\lambda. \quad (7)$$

Приравняв правые части уравнений (6) и (7), получим:

$$2d\sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i} + \frac{\lambda}{2} = k\lambda.$$

Для определения d_{\min} необходимо в последнем уравнении принять $k=1$, т.е.

$$2d_{\min} = \sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i} = \frac{\lambda}{2}, \text{ откуда}$$

$$d_{\min} = 1,2 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$$

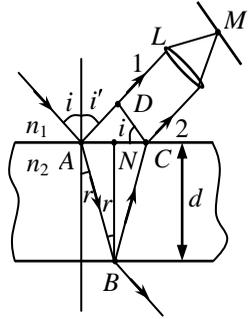


Рис. 15

Задача №21. На стеклянный клин нормально его грани падает монохроматический свет с длиной волны $\lambda=0,66$ мкм. Определите преломляющий угол клина, если на 1 см его длины образуется 10 интерференционных полос.

Дано:
 $\lambda=0,66$ мкм
 $n=1,5$
 $N=10$
 $l=10^{-2}$ м
 $\alpha=?$

Параллельный пучок световых лучей, отраженный от верхней и нижней граней клина, образует интерференционную картину вблизи верхней поверхности клина. Лучи 1 и 2 (рис. 16) при малом угле клина можно считать параллельными. Найдем оптическую разность хода лучей 1 и 2:

$$\delta = 2d_k n \cos r + \frac{\lambda}{2}, \tag{1}$$

где d_k – толщина клина в том месте, где наблюдается интерференционная полоса, соответствующая номеру полосы; r – угол преломления лучей; λ – длина волны.

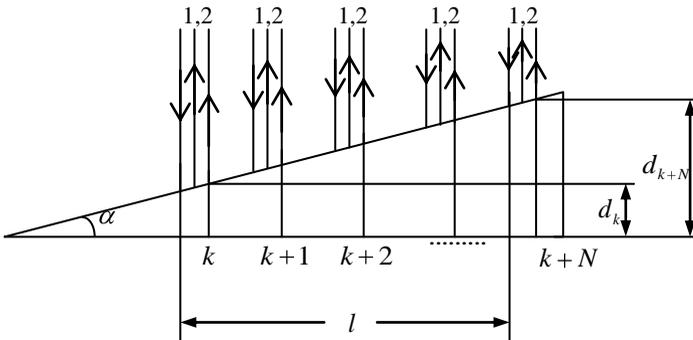


Рис. 16

При отражении от верхней грани клина фаза волны изменяется на π , поэтому в уравнении (1) появилась разность хода, равная половине длины волны. Запишем условие интерференционного минимума:

$$\delta = 2d_k n \cos r + \frac{\lambda}{2} = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}. \quad (2)$$

Учитывая, что угол падения луча равен нулю, а $\cos r = 1$ (при малых углах α), уравнение (2) примет вид

$$2d_k = k\lambda, \quad (3)$$

откуда $d_k = \frac{k\lambda}{2n}$.

Пусть темной полосе с номером $(k + N)$ соответствует толщина клина d_{k+N} (рис. 16). На расстоянии l по условию задачи укладывается N темных полос. Из рис. 16 находим:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{(d_{k+N} - d_k)}{l}. \quad (4)$$

Вследствие малости угла α можно считать, что $\operatorname{tg} \alpha = \alpha$ и

$$\alpha = \frac{(d_{k+N} - d_k)}{l} = \frac{(k + N)\lambda - k\lambda}{2nl} = \frac{N\lambda}{2nl}. \quad (5)$$

Подставив в уравнение (5) численные значения, получим

$$\alpha = \frac{5 \cdot 0,66 \cdot 10^{-9} \text{ м}}{1,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ рад.}$$

Так как $1 \text{ рад} = 2,06''$, то $\alpha = 41,2''$.

Задача №22. На дифракционную решетку нормально падает свет длиной волны $0,424 \text{ мкм}$. Период дифракционной решетки 2 мкм . Чему равен наибольший порядок спектра, который можно наблюдать с помощью этой дифракционной решетки?

Дано:

$$\lambda = 0,424 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

$$d = 2 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

$k_{\text{макс}} - ?$

При решении задачи воспользуемся формулой дифракционной решетки

$$d \sin \varphi = k\lambda, \quad (1)$$

где φ – угол отклонения луча, $k = 1, 2, 3, \dots$ – порядок дифракционного спектра.

Из уравнения (1) для k имеем выражение:

$$k = d \frac{\sin \varphi}{\lambda}. \quad (2)$$

При заданных значениях d и λ порядок спектра k будет определяться величиной $\sin \varphi$ и иметь максимальное значение, когда $\sin \varphi = 1$, т.е. $k_{\max} = d / \lambda$, $k_{\max} = \frac{2 \cdot 10^{-6}}{0,424 \cdot 10^{-6}} = 4,7$.

О т в е т : $k_{\max} = 4$. Поскольку k – целое число. При округлении полученного результата часто допускается ошибка. Действительно, при $k_{\max} = 5$ значение $\sin \varphi > 1$, что невозможно.

Задача №23. Найдите кинетическую энергию электрона, движущегося со скоростью $v = 0,9c$ (где c – скорость света в вакууме).

Дано: $v = 0,9c$ $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ $W_k = ?$	Кинетическая энергия частицы определяется как разность полной энергии W и энергии покоя W_0 этой частицы, т.е. $W_k = W - W_0$.	(1)
--	---	-----

По закону взаимосвязи массы и энергии

$$W = mc^2 \text{ и } W_0 = m_0c^2, \quad (2)$$

где m_0 – масса покоя частицы.

Учитывая зависимость массы m от скорости

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}, \quad (3)$$

подставим уравнения (2) и (3) в (1) и получим:

$$W_k = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} - m_0c^2 = m_0c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} - 1 \right).$$

Сделав вычисления, найдем:

$$W_k = 1,06 \cdot 10^{-13} \text{ Дж.}$$

Часто допускаются ошибки при составлении уравнений (1) и (2).

Задача №24. Пучок света падает на поверхность цинка, находящегося в однородном магнитном поле. Электроны, вырываемые с поверхности, движутся по окружностям перпендикулярно линиям индукции магнитного поля. Максимальный радиус окружности электрона $R = 6$ см, индукция магнитного поля $B = 10^{-4}$ Тл. Определите длину волны света.

Дано: $B=10^{-4}$ Тл $A=4,25$ эВ $R=0,06$ м $\lambda - ?$	Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта: $h\nu = E_k + A, \quad hc / \lambda = mv^2 / 2 + A, \quad (1)$ где h – постоянная Планка, c – скорость света в вакууме, m, v – масса и скорость электрона, A – работа выхода электрона из цинка.
---	---

На электрон, движущийся в магнитном поле, действует сила Лоренца: $F = evB \sin \alpha$, которая при $\alpha = 90^\circ$, сообщает электрону центростремительное ускорение, т.е.

$$Bev = mv^2 / R. \quad (2)$$

Из уравнения (2) можно получить:

$$mv^2 / 2 = (BeR)^2 / (2m). \quad (3)$$

Подставив (3) в (1), получим:

$$\lambda = \frac{hc}{\frac{(BeR)^2}{2m} + A}, \quad \lambda = 167 \text{ нм.}$$

Задача №25. Напишите ядерную реакцию и определите неизвестный элемент, образующийся при бомбардировке ядер изотопа алюминия ${}_{13}^{27}\text{Al}$ α -частицами, если известно, что при этом вылетает нейтрон.

Дано: ${}_{13}^{27}\text{Al}$ 1_0n ${}^4_2\alpha$ ${}^A_ZX - ?$	Запишем ядерную реакцию: ${}_{13}^{27}\text{Al} + {}^4_2\alpha \rightarrow {}^A_ZX + {}^1_0n$. По закону сохранения массовых чисел и зарядов можно записать $27 + 4 = A + 1,$ $13 + 2 = Z + 0,$ откуда $A=30, Z=15$, т.е. ${}_{15}^{30}\text{P}$.
--	--

По таблице элементов Менделеева найдем, что неизвестный элемент – это изотоп фосфора ${}_{15}^{30}\text{P}$.

Итак, ядерная реакция запишется ${}_{13}^{27}\text{Al} + {}^4_2\alpha \rightarrow {}_{15}^{30}\text{P} + {}^1_0n$.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. МЕХАНИКА

Кинематика

№ 1. Два велосипедиста, находясь на расстоянии 160 м, одновременно выехали навстречу друг другу со скоростью 3 и 5 м/с. Через сколько времени они встретятся? Каково перемещение каждого велосипедиста?

О т в е т : 20 с; 60 м, 100 м.

№ 2. Автомобиль, двигаясь из пункта А в пункт Б, первую половину пути проехал со скоростью 20 км/ч, а вторую – со скоростью 16 м/с. Определите среднюю скорость автомобиля при его движении из пункта А в пункт Б.

О т в е т : 8,25 м/с.

№ 3. В безветренную погоду на вагонном стекле равномерно движущегося поезда остаются следы от капель дождя в виде полосок, направленных под углом 60° к вертикали. Определите скорость капель дождя относительно Земли, если поезд движется со скоростью 36 км/ч.

О т в е т : $\approx 5,8$ м/с.

№ 4. Два поезда движутся навстречу друг другу со скоростями 72 и 54 км/ч. Пассажир первого поезда замечает, что второй поезд проходит мимо него в течение 10 с. Определите длину второго поезда.

О т в е т : 350 м.

№ 5. Расстояние между двумя пунктами на реке катер проходит по течению за 6 ч, против течения за 9 ч. За какое время катер прошел бы это расстояние в стоячей воде?

О т в е т : 7,2 ч.

№ 6. Расстояние между пунктами А и Б равно 108 км. Из пункта А и Б начали одновременно двигаться навстречу друг другу два автомобиля: первый со скоростью 36 км/ч, второй со скоростью 18 км/ч. Постройте графики движения и по ним определите время встречи автомобилей и расстояние от места их встречи до пункта А.

О т в е т : 2 ч; 72 км.

№ 7. Уравнение движения тела задано функцией $S = 15t - t^2$. Определите скорость тела в момент времени $t = 2$ с.

О т в е т : 11 м/с.

№ 8. Движение частицы описывается уравнениями проекций на координатные оси:

$$x = a + bt, \text{ где } a = 5 \text{ м}; b = 15 \text{ м};$$

$$y = c + dt, \text{ где } c = 8 \text{ м/с}; d = 6 \text{ м/с}.$$

Найдите модуль и направление скорости частицы.

О т в е т : 10 м/с, 37°.

№ 9. Самолет затрачивает на разбег 24 с. Определите длину разбега самолета и скорость в момент отрыва от земли, если на половине длины разбега самолет имел скорость, равную 30 м/с.

О т в е т : 509 м; 42,4 м/с.

№ 10. Тело, двигаясь равноускоренно, в течение пятой секунды от начала движения прошло 45 м. С каким ускорением двигалось тело и какой путь оно прошло за первую секунду?

О т в е т : 10 м/с²; 5 м.

№ 11. С аэростата, находящегося на высоте 500 м, упал предмет. Через сколько секунд предмет достигнет Земли, если: а) аэростат неподвижен; б) аэростат поднимается вверх со скоростью 9,8 м/с? Сопротивлением воздуха пренебречь.

О т в е т : ≈10 с; ≈11 с.

№ 12. Тело свободно падает с высоты 240 м. Определите отрезок пути, проходимый телом за последнюю секунду падения. Сопротивлением воздуха пренебречь.

О т в е т : ≈63,7 м.

№ 13. График проекции скорости изображен на рис. 17. Нарисуйте графики зависимости ускорения, пути и координаты x от времени.

№ 14. Тело свободно падает с высоты 270 м. Разделите эту высоту на такие три части, чтобы на прохождение каждой из них потребовалось одно и то же время.

О т в е т : 30 м; 90 м; 150 м.

№ 15. С какой скоростью и по какому курсу должен лететь самолёт, чтобы за 2 часа пролететь точно на север 500 км, если во время полета дует северо-западный ветер под углом 30° к меридиану со скоростью 30 км/ч?

О т в е т : ≈276 км/ч, ≈3°.

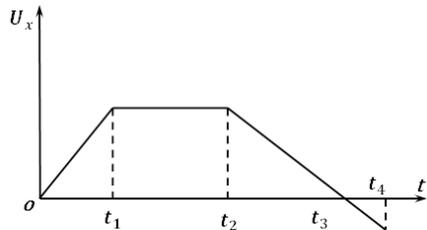


Рис. 17

№ 16. Тело, двигаясь с постоянным ускорением a , потеряло половину своей начальной скорости v_0 . За какое время это произошло и какой путь прошло тело за это время?

О т в е т : $t = \frac{v_0}{2a}$; $S = 3v_0^2 / (8a)$.

№ 17. Автомобиль, движущийся равноускоренно из состояния покоя, пройдя некоторый путь, достиг 20 м/с. Какова была скорость в средней точке этого пути?

О т в е т : $\approx 14,1$ м/с.

№ 18. Мяч брошен вертикально вверх. На высоте 6 м он побывал дважды с интервалом 3 с. Определите начальную скорость мяча.

О т в е т : ≈ 18 м/с.

№ 19. Камень брошен со скоростью $v_0 = 10$ м/с под углом $\alpha = 40^\circ$ к горизонту. На какую высоту поднимется камень? На каком расстоянии от места бросания он упадет на землю? Какое время он будет в движении?

О т в е т : 2,1 м; 10 м; 1,3 с.

№ 20. С башни высотой $H = 25$ м горизонтально брошен камень со скоростью $v_0 = 15$ м/с. Найдите: 1) сколько времени камень будет в движении? 2) на каком расстоянии от основания башни он упадет на землю? 3) с какой скоростью он упадет на землю? 4) какой угол составит траектория камня с горизонтом в точке его падения на землю? Сопротивление воздуха не учитывать.

О т в е т : 2,3 с; 34,5 м; 27 м/с; 56° .

№ 21. Камень брошен на склоне горы под углом $\alpha = 30^\circ$ к поверхности горы. Определите дальность полета камня, если его начальная скорость $v_0 = 30$ м/с, угол наклона горы к горизонту $\beta = 15^\circ$.

О т в е т : ≈ 68 м.

№ 22. На станке производится сверление отверстия диаметром 20 мм при скорости внешних точек сверла 400 мм/с и подаче 0,5 мм на один оборот сверла. Сколько времени потребуется, чтобы просверлить отверстие в детали толщиной 15 см?

О т в е т : 47 с.

Элементы статики твердых тел

№ 23. На парашютиста массой 90 кг в начале прыжка действует сила сопротивления воздуха, вертикальная составляющая которой равна 500 Н и горизонтальная – 300 Н. Найдите равнодействующую всех сил.

О т в е т : 500 Н.

№ 24. На реактивный самолет действуют в вертикальном направлении сила тяжести 550 кН и подъемная сила 555 кН, а в горизонтальном направлении – сила тяги 162 кН и сила сопротивления воздуха 150 кН. Найдите равнодействующую сил, действующих на самолет (по модулю и направлению).

О т в е т : 13 кН, 23° .

№ 25. К концу стержня AC (рис. 18) длиной 2 м, укрепленного шарнирно одним концом к стене, а с другого конца поддерживаемого тросом BC длиной 2,5 м, подвешен груз массой 120 кг. Найдите силы, действующие на трос и стержень.

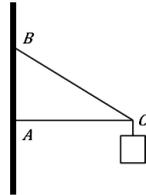


Рис. 18

О т в е т : 2 кН; 1,6 кН.

№ 26. Найдите силы, действующие на подкос BC и тягу AC (рис. 19), если $AB=1,5$ м, $AC=3$ м, $BC=4$ м, а масса груза 200 кг.

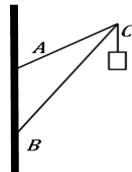


Рис. 19

О т в е т : 4 кН; 5,3 кН.

№ 27. Две силы по 5 Н приложены к одной точке тела под углом 90° . Как нужно приложить к этому телу другие две силы по 4 Н, чтобы они уравновесили первые?

О т в е т : под углом 56° друг к другу, симметрично относительно биссектрисы угла, по которому направлены первые две силы.

№ 28. Как легче везти тачку: толкать ее перед собой или тащить позади себя? Почему?

№ 29. На концах однородного стержня массой 1 кг и длиной 60 см подвешены грузы массой 1 и 2 кг. Где нужно подпереть этот стержень, чтобы он остался в равновесии?

О т в е т : на расстоянии 37,5 см от конца с малым грузом.

№ 30. Колеса трактора радиусом 0,7 м, на которые приходится нагрузка $P=10$ кН, уперлись в твердый выступ дороги высотой $h=10$ см (рис. 20). Какова должна быть сила F , чтобы трактор преодолел выступ?

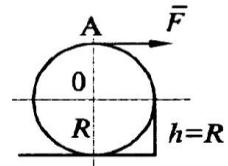


Рис. 20

О т в е т : $\approx 2,8$ кН.

№ 31. Бревно длиной 12 м можно уравновесить в горизонтальном положении на подставке, отстоящей на 3 м от его толстого конца. Если же подставка находится в 6 м от толстого конца и на тонкий конец сядет рабочий массой 60 кг, бревно будет снова в равновесии. Определите массу бревна.

О т в е т : 120 кг.

№ 32. Рельс длиной 10 м и массой 900 кг поднимают на двух параллельных тросах. Найдите силу натяжения тросов, если один из них укреплен на конце рельса, а другой на расстоянии 1 м от другого конца.

О т в е т : 4 кН; 5 кН.

№ 33. К балке массой 200 кг и длиной 5 м подвешен груз массой 250 кг на расстоянии 3 м от одного из концов. Балка своими концами лежит на опорах. Каковы силы давления на каждую из опор?

О т в е т : 2,5 кН; 2 кН.

№ 34. Невесомый стержень длиной L висит на двух параллельных пружинах одинаковой длины и жесткостью k_1 и k_2 . На каком расстоянии от первой пружины надо подвесить груз, чтобы стержень остался в равновесии?

О т в е т : $k_2 L / (k_1 + k_2)$.

№ 35. Два взаимно перпендикулярных стержня (рис. 21) $AB=2$ м и $BC=1$ м образуют рычаг ABC , способный поворачиваться вокруг оси, проходящей через точку B перпендикулярно плоскости чертежа. Рычаг будет неподвижен под действием сил F_1 и F_2 , приложенных под углами $\alpha=30^\circ$ и $\beta=60^\circ$, если сила $F_1 = \sqrt{3}$ Н. Найдите силу F_2 .

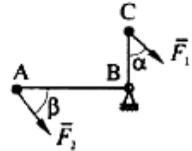


Рис. 21

О т в е т : 0,5 Н.

№ 36. Два одинаковых груза массами $m=5$ кг подвешены к концам нити, перекинутой через два блока (рис. 22). Какой груз можно подвесить к нити между блоками, чтобы при равновесии угол был равен $\alpha=120^\circ$?

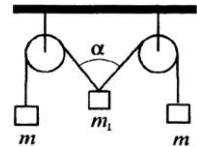


Рис. 22

О т в е т : 5 кг.

№ 37. Натянутая тетива лука в месте контакта со стрелой образует прямой угол. Стрела расположена симметрично относительно тетивы. Натяжение тетивы равно 500 Н. Найдите силу, действующую на тетиву.

О т в е т : 707 Н.

№ 38. Цилиндр радиуса R и высоты h стоит на наклонной плоскости. При постепенном увеличении угла наклона плоскости возможно его скольжение или опрокидывание. Найдите критическое значение коэффициента трения μ , при котором происходят оба явления одновременно.

О т в е т : $2R/h$.

№ 39. Шесть шаров, массы которых равны соответственно m , $2m$, $3m$, $4m$, $5m$ и $6m$, расположены вдоль стержня на одинаковых расстояниях $a = 3$ см друг от друга. Найдите центр тяжести системы шаров. Силой тяжести самого стержня пренебречь.

О т в е т : $0,1$ м от m .

Основы динамики

№ 40. Молот массой $10,0$ кг свободно падает на наковальню с высоты $1,25$ м. Найдите силу удара, если длительность его $0,01$ с.

О т в е т : 5 кН.

№ 41. Сила сообщает телу массой m_1 ускорение $2,0$ м/с², а телу массой m_2 – ускорение $3,0$ м/с². Какое ускорение под действием той же силы получат оба тела, если их соединить вместе?

О т в е т : $1,2$ м/с².

№ 42. Два груза массой по 450 г уравновешены на неподвижном блоке на высоте $4,42$ м от поверхности земли. Через сколько времени один из грузов опустится на землю, если на него положить перегрузок массой 100 г?

О т в е т : 3 с.

№ 43. Брусок толкнули резко вверх по наклонной плоскости, образующей угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом. Время подъема бруска до высшей точки оказалось в два раза меньше, чем время спуска до исходной точки. Найдите коэффициент трения между бруском и наклонной плоскостью.

О т в е т : $0,35$.

№ 44. С какой силой на дно шахтной клетки будет давить груз массой 100 кг, если клеть будет подниматься вертикально вверх с ускорением $24,5$ см/с²?

О т в е т : ≈ 1000 Н.

№ 45. Лифт, поднимаясь равноускоренно, за 2 с достигает скорости 4 м/с, с которой продолжает подъем в течение 4 с. За последующие 3 с равнозамедленного движения лифт останавливается. Определите высоту подъема лифта.

О т в е т : 26 м.

№ 46. Реактивный самолет пикирует со скоростью 900 км/ч. На пути самолета оказалась птица массой 2 кг. Определите силу удара птицы о стекло кабины летчика, если длительность удара $0,001$ с.

О т в е т : ≈ 500 кН.

№ 47. Найдите силу давления передних колес автомобиля массой $m = 1500$ кг, движущегося по горизонтальной дороге с коэффициентом трения $\mu = 0,4$ без скольжения при торможении задних колес. Центр тяжести автомобиля находится посередине между колесами и приподнят над землей на $r = 60$ см, расстояние между передними и задними колесами $d = 3,5$ м.

О т в е т : 7,98 кН.

№ 48. Вратарь схватил футбольный мяч, летевший со скоростью 50 м/с, и остановил его в течение 0,1 с. Масса мяча 700 г. Найдите силу, приложенную вратарем к мячу.

О т в е т : 350 Н.

№ 49. С каким ускорением движется тело по наклонной плоскости с углом наклона 30° при коэффициенте трения 0,2?

О т в е т : $3,3 \text{ м/с}^2$.

№ 50. Пуля, летящая со скоростью 500 м/с, попадает в препятствие и застревает в нем, пройдя расстояние 1,25 м. Определите силу сопротивления движению пули в препятствии, если масса пули равна 25 г.

О т в е т : 2,5 кН.

№ 51. Груз массой 1 кг падает с высоты 240 м и углубляется в песок на 0,2 м. Определите силу сопротивления грунта, если начальная скорость падения груза 14 м/с.

О т в е т : 500 Н.

№ 52. Какова должна быть сила тяги F двигателя, чтобы автомобиль массой $m = 1500$ кг набрал скорость $v = 60$ км/ч за время $t = 5$ с, если коэффициент трения $\mu = 0,5$?

О т в е т : $F = 12,36$ кН.

№ 53. Какую работу нужно совершить, чтобы веревку длиной l и массой m , лежащую на столе, перевести из горизонтального положения в вертикальное положение, не отрывая одного конца ее от стола?

О т в е т : $mgl/2$.

№ 54. Найдите удлинение буксирного троса, имеющего жесткость 10^5 Н/м, при буксировке автомобиля массой 2 т с ускорением $0,5 \text{ м/с}^2$. Трением пренебречь.

О т в е т : 0,01 м.

№ 55. При удлинении спиральной пружины на 10 см возникает сила упругости 150 Н. Начертите график зависимости силы упругости от удлинения пружины. По графику определите работу, совершаемую силой упругости при удлинении пружины на 8,5 см.

О т в е т : $\approx 5,3$ Дж.

№ 56. Автодрезина везет равноускоренно две платформы. Сила тяги 1,78 кН. Масса первой платформы 12 т, второй – 8 т. С какой силой упругости натянута сцепка между платформами?

О т в е т : 0,71 кН.

№ 57. С какой максимальной скоростью может повернуть мотоциклист на горизонтальной плоскости при коэффициенте трения 0,40, если радиус поворота 25 м?

О т в е т : ≈ 10 м/с.

№ 58. Гирия массой 100 г вращается равномерно на нити в вертикальной плоскости. На сколько сила натяжения нити при прохождении гири через нижнюю точку будет больше, чем при прохождении через верхнюю точку?

О т в е т : 1,96 Н.

№ 59. Высота спутника над поверхностью Земли 1700 км. Определите период обращения спутника.

О т в е т : $7,3 \cdot 10^3$ с.

№ 60. Шарик, привязанный к нити длиной 0,3 м, образует конический маятник, который обращается в горизонтальной плоскости по окружности радиусом 0,15 м. Сколько оборотов в секунду делает шарик?

О т в е т : ≈ 1 об/с.

№ 61. Период обращения спутника, движущегося вблизи поверхности планеты, равен 1,4 часа. Считая планету однородным шаром, найдите ее плотность.

О т в е т : 5560 кг/м³.

№ 62. Дорожка для велосипедных гонок делает закругления с радиусом 40 м. В этом месте дорожка сделана с наклоном в 30° к горизонту. На какую скорость рассчитана дорожка?

О т в е т : 15 м/с.

№ 63. Монета катится без наклона по прямой линии, а с наклоном поворачивается в сторону наклона. Почему?

№ 64. С какой скоростью автомобиль должен проходить середину выпуклого моста с радиусом 40 м, чтобы пассажир на мгновение оказался в состоянии невесомости?

О т в е т : 20 м/с.

№ 65. Определите силу, прижимающую летчика к сиденью самолета в верхней и нижней точках петли Нестерова, если масса летчика 75 кг, радиус петли 200 м, а скорость самолета при прохождении петли постоянна и равна 360 км/ч.

О т в е т : 3015 Н; 4485 Н.

№ 66. Мальчик массой 50 кг качается на качелях с длиной подвеса 4 м. С какой силой он давит на сидение при прохождении положения равновесия со скоростью 6 м/с?

О т в е т : 950 Н.

№ 67. Луна движется вокруг Земли со скоростью 1,0 км/с. Радиус орбиты 384000 км. Какова масса Земли?

О т в е т : $\approx 6 \cdot 10^{24}$ кг.

№ 68. На каком расстоянии от поверхности Земли сила притяжения спутника станет вдвое меньше, чем на поверхности?

О т в е т : 0,41 радиуса Земли.

Законы сохранения в механике

№ 69. На вагонетку массой 800 кг, катящуюся по горизонтальному пути со скоростью 0,42 м/с, высыпали 600 кг щебня. На какую величину при этом уменьшилась скорость вагонетки?

О т в е т : 0,18 м/с.

№ 70. С неподвижной лодки массой 50 кг, стоящей перпендикулярно к берегу озера, прыгает на берег человек, масса которого 80 кг. Скорость человека 1,2 м/с. С какой скоростью начнет двигаться лодка?

О т в е т : $\approx 1,9$ м/с.

№ 71. На спокойной воде пруда стоит лодка длиной $L=2$ м и массой $M=25$ кг перпендикулярно берегу, обращенная к нему носом. На корме лодки стоит человек массой $m=75$ кг. На какое расстояние приблизится лодка к берегу, если человек перейдет с кормы на нос лодки? Трением пренебречь.

О т в е т : 1,5 м.

№ 72. Стоящий на льду человек массой 60 кг ловит мяч массой 0,50 кг, который летит горизонтально со скоростью 20 м/с. На какое расстояние откатится человек с мячом по горизонтальной поверхности льда, если коэффициент трения 0,05?

О т в е т : 0,03 м.

№ 73. Три лодки одинаковой массой $m=60$ кг каждая движутся друг за другом с одинаковой скоростью $v=36$ км/ч. Со средней лодки в крайние одновременно перебрасывают грузы массой $m_1=12$ кг каждый со скоростью $v_1=15$ м/с относительно лодок. Найдите скорости лодок после переброски грузов. *Примечание:* масса средней лодки с грузами 84 кг.

О т в е т : 12,5 м/с; 10 м/с; 7,5 м/с.

№ 74. Лыжник съезжает с горы высотой 15 м, образующей с горизонтом угол 45° . Определите коэффициент трения, если лыжник, спустившись с горы, проезжает по инерции 125 м.

О т в е т : 0,11.

№ 75. Теннисный шарик радиусом 15 мм и массой 5 г погружен в воду на глубину 30 см. Когда шарик отпустили, он выпрыгнул из воды на высоту 10 см. Определите количество энергии, которое перешло в тепло вследствие трения шарика о воду?

О т в е т : $2,24 \cdot 10^{-2}$ Дж.

№ 76. Вокруг горизонтальной оси может без трения вращаться легкий рычаг (рис. 23) плечи которого $L_1=10$ см и $L_2=15$ см. На концах рычага укреплены грузы массой $m_1=20$ г и $m_2=30$ г. Предоставленный самому себе, рычаг переходит из горизонтального положения в вертикальное. Какую скорость будет иметь в нижней точке второй груз?

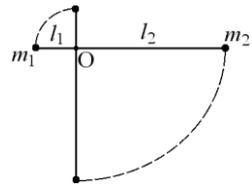


Рис. 23

О т в е т : 1,13 м/с.

№ 77. Из шахты глубиной 200 м поднимается груз массой 500 кг на канате, каждый метр длины которого имеет массу 1,5 кг. Определите работу, совершаемую при поднятии груза, и коэффициент полезного действия установки. Трением пренебречь.

О т в е т : ≈ 1300 кДж; $\approx 77\%$.

№ 78. Тело массой 20 кг поднимают равноускоренно из состояния покоя на высоту 20 м за 10 с. Определите величину совершенной работы. Сопротивлением пренебречь.

О т в е т : 4,16 кДж.

№ 79. Поезд, масса которого 4000 т, трогается с места и движется с ускорением $0,20$ м/с² в течение 1,5 мин. Найдите работу локомотива при разгоне, если коэффициент сопротивления 0,05.

О т в е т : ≈ 2236 МДж.

№ 80. Тело массой 1 кг брошено под углом к горизонту. За время полета (от бросания до падения на Землю) его импульс изменился на 10 кгм/с. Определите наибольшую высоту подъема тела.

О т в е т : 1,25 м.

№ 81. Небольшое тело скользит с вершины сферы с радиусом $R=0,9$ м. На какой высоте h от вершины тело оторвется от поверхности сферы и полетит вниз? Трение не учитывать.

О т в е т : 0,3 м.

№ 82. Через реку шириной 100 м переброшен выпуклый мост в форме дуги окружности. Верхняя точка моста поднимается над берегом на высоту 10 м. Мост может выдержать максимальную силу давления 44,1 кН. При какой скорости грузовик массой 5000 кг может переехать через мост?

О т в е т : 45 км/ч.

№ 83. С какой высоты должно начать скользить тело по наклонному желобу, чтобы описать «мертвую петлю» радиусом 8 м, не отрываясь от желоба в верхней точке. Силами сопротивления пренебречь.

О т в е т : $h \geq 20$ м.

Жидкости и газы

№ 84. Аквариум наполнен доверху водой. С какой силой давит вода на стенку аквариума длиной 0,5 м и высотой 0,3 м?

О т в е т : 220,5 Н.

№ 85. Цилиндрический бак высотой 6 м заполнен нефтью. Найдите силу давления нефти на пробку, закрывающую отверстие около дна бака, если ее площадь равна 50 см^2 .

О т в е т : 240 Н.

№ 86. Какая разница получится в высоте уровней в сообщающихся сосудах, если в один сосуд поверх ртути налить керосин высотой 25,5 см?

О т в е т : $24 \cdot 10^{-2}$ м.

№ 87. На какую высоту нужно подняться вверх, чтобы давление воздуха уменьшилось на 1 мм рт. ст.? Плотность воздуха считать постоянной и равной $0,0013 \text{ г/см}^3$.

О т в е т : 10,5 м.

№ 88. У основания здания давление воды в водопроводе равно 490 кПа. Под каким давлением вытекает вода из крана на четвертом этаже здания на высоте 15 м от его основания? С какой силой давит вода в отверстие крана площадью $0,5 \text{ см}^2$?

О т в е т : 343 кПа; 17,15 Н.

№ 89. Почему опасно стоять близко к краю платформы, когда проходит скорый поезд?

№ 90. Площади поршней гидравлического пресса 10 и 1000 см^2 . Отношение плеч рычага равно 6. Какую силу давления можно будет получить на прессе, если к длинному плечу рычага, передающему давление на малый поршень, приложена сила 80 Н (рис. 24)? КПД пресса 75%.

О т в е т : 36 кН.

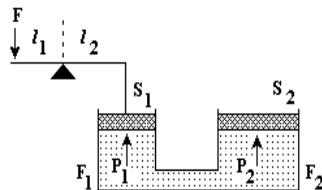


Рис. 24

№ 91. Полый медный шар, внешний объем которого равен $44,5 \text{ см}^3$, плавает в воде, погружаясь в нее наполовину. Каков объем полости шара?

О т в е т : $42 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$.

№ 92. Вес тела в воде в k раз меньше, чем в воздухе. Какова плотность вещества тела? Выталкивающей силой воздуха пренебречь.

О т в е т : $\frac{k}{k-1} \rho$.

№ 93. Теплоход переходит из реки (из пресной воды) в море (в соленую воду). Как изменится сила Архимеда, действующая на теплоход?

№ 94. Определите наименьшую площадь плоской льдины толщиной 40 см, способной удержать на воде человека массой 75 кг.

О т в е т : $1,87 \text{ м}^2$.

№ 95. Кусок сплава меди с цинком весит в воздухе 8,24 Н, а в воде – 7,26 Н. Определите по весу, сколько меди и цинка находится в куске.

О т в е т : 6,31 Н; 1,93 Н.

№ 96. Какое количество гелия потребуется для заполнения оболочки аэростата, если его подъемная сила 9,7 кН. Масса оболочки с гондолой 940 кг.

О т в е т : $\approx 310 \text{ кг}$.

№ 97. Пробковый спасательный круг имеет массу 3,6 кг. Определите подъемную силу этого круга в пресной воде.

О т в е т : $\approx 112 \text{ Н}$.

№ 98. У какого воздушного шара подъемная сила больше: заполненного сухим или влажным воздухом (давление, объем и температуру считать одинаковыми)?

2. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА. ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

№ 99. Определите число молекул, содержащихся в капле воды массой 0,2 г.

О т в е т : $6,7 \cdot 10^{21}$.

№ 100. Вычислите увеличение внутренней энергии 2 кг гелия при повышении его температуры на 10°C .

О т в е т : 62 кДж.

№ 101. Сколько молекул воздуха находится в комнате объемом 240 м^3 при температуре 15°C и давлении 10^5 Па ?

О т в е т : $\approx 6 \cdot 10^{27}$.

№ 102. Определите давление и среднюю энергию поступательного движения молекул идеального газа при температуре 27°C , если концентрация молекул равна 10^{26} м^{-3} .

О т в е т : $0,4\text{ МПа}$; $6,2 \cdot 10^{-21}\text{ Дж}$.

№ 103. В помещении площадью 100 м^2 и высотой 4 м разлили 800 г ацетона: $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$. Сколько молекул ацетона будет находиться в 1 м^3 воздуха, если весь ацетон испарится?

О т в е т : $2 \cdot 10^{22}\text{ 1/м}^3$.

№ 104. Два баллона емкостью 2 л и 6 л соединены трубкой с краном. В первом баллоне газ находится под давлением $0,2\text{ МПа}$, а во втором – $0,12\text{ МПа}$. Температура газа одинакова. Найдите давление в баллонах после открытия крана.

О т в е т : $0,14\text{ МПа}$.

№ 105. Электрическую лампу при изготовлении заполняют азотом под давлением $5 \cdot 10^4\text{ Па}$ и при температуре 17°C . Какова температура газа в горящей лампе, если давление в ней повысилось до 10^5 Па ?

О т в е т : 580 К .

№ 106. Найдите массу воздуха в комнате размерами $8 \times 5 \times 4\text{ м}$ при температуре 10°C и давлении 780 мм рт. ст.

О т в е т : $\approx 204\text{ кг}$.

№ 107. Какова плотность углекислого газа, которым газифицируется вода, если его температура 300 К , а давление в баллоне $9,8 \cdot 10^6\text{ Па}$?

О т в е т : $\approx 170\text{ кг/м}^3$.

№ 108. Определите температуру газа, занимающего объем 4 м^3 и находящегося под давлением 75 кПа , если он содержит $8,1 \cdot 10^{25}$ молекул.

О т в е т : -5°C .

№ 109. До какой температуры следует изобарически нагреть газ, чтобы его плотность уменьшилась вдвое по сравнению с плотностью при 0°C ?

О т в е т : 546 К .

№ 110. Объем горючей смеси в цилиндре двигателя внутреннего сгорания при сжатии уменьшается в 6 раз, а давление при этом возрастает в 10 раз. До какой температуры нагревается смесь, если первоначальная ее температура 27°C ?

О т в е т : 227°C .

№ 111. Сжатый компрессором воздух используется для приведения в действие воздушных тормозов железнодорожных вагонов. Под каким давлением он находится, если при температуре 20°C его плотность равна 8 кг/м^3 ?

О т в е т : $0,67\text{ МПа}$.

№ 112. Найдите число молей идеального газа, если при давлении 200 кПа и температуре 15°C его объем составляет 40 л.

О т в е т : 3,3 моля.

№ 113. Бутылка, наполненная газом, плотно закрыта пробкой, площадь сечения которой равна 2,5 см². До какой температуры надо нагреть газ, чтобы пробка вылетела из бутылки, если сила трения, удерживающая пробку, 12 Н? Первоначальное давление воздуха в бутылке и наружное давление 760 мм рт. ст., а температура 13°C.

О т в е т : 144,8°C.

№ 114. В баллоне находится газ при температуре 15°C. Во сколько раз уменьшится давление газа, если 40% его выйдет из баллона, а температура при этом понизится до 8°C?

О т в е т : в 1,7 раза.

№ 115. Аэростат наполняют водородом при 20°C и давлении 750 мм рт. ст. до объема 300 м³. Сколько времени будет производиться наполнение, если из баллонов каждую секунду переходит в аэростат 2,5 г водорода?

О т в е т : 2,76 ч.

№ 116. Чему равна молярная масса газа, который при давлении 100 кПа и температуре 27°C имеет плотность 0,16 кг/м³?

О т в е т : 0,004 кг/моль.

№ 117. При увеличении абсолютной температуры идеального газа в 2 раза давление его увеличилось на 25%. Как при этом изменился объем?

О т в е т : увеличился в 1,6 раза.

№ 118. Стальной баллон наполнен азотом при температуре 12°C. Давление азота 15 МПа. Найдите плотность азота при этих условиях. При какой температуре давление возрастет до 18 МПа? Расширением стенок баллона пренебречь.

О т в е т : 180 кг/м³; 69°C.

№ 119. В сосуде находится смесь воды со льдом массой $m = 10$ кг. Сосуд внесли в комнату и сразу же начали измерять температуру смеси. Зависимость температуры смеси t от времени τ приведена на рис. 25. Определите начальную массу льда. Теплоемкостью сосуда пренебречь.

О т в е т : 1,23 кг.

№ 120. Смешали 6 кг воды при 42°C, 4 кг воды при 72°C и 20 кг воды при 18°C. Определите температуру смеси.

О т в е т : 30°C.

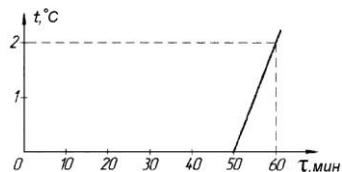


Рис. 25

№ 121. Какую массу должны иметь железные тормоза трамвая, чтобы при полной его остановке на скорости 36 км/ч они нагревались не более чем на 100 градусов? Массу трамвая принять равной 10 т.

О т в е т : ≈ 11 кг.

№ 122. Для приготовления ванны необходимо смешать холодную воду при 11°C с горячей при 66°C . Какое количество той и другой воды необходимо взять для получения 550 л воды при 36°C ?

О т в е т : 300 л; 250 л.

№ 123. Относительная влажность воздуха составляла 63% при температуре 18°C . На сколько градусов должна понизиться температура воздуха до появления росы?

О т в е т : $7,5^\circ\text{C}$.

№ 124. В подвальном помещении относительная влажность при температуре 8°C равна 100%. На сколько градусов надо повысить температуру воздуха в подвале, чтобы влажность уменьшилась до 60%?

О т в е т : 8°C .

№ 125. При 20°C относительная влажность воздуха 90%. Сколько воды выделится из 1 м^3 воздуха при понижении температуры до 15°C ?

О т в е т : 2,8 г.

№ 126. Относительная влажность воздуха в комнате 60%, а температура 20°C . На сколько градусов должна понизиться температура воздуха на улице, чтобы стекла окон в комнате запотели?

О т в е т : 8,5 К.

№ 127. Насыщенный водяной пар, взятый при 100°C , изолировали от жидкости и нагрели изохорически на 60°C . Какое давление будет оказывать пар на стенки сосуда?

О т в е т : 0,12 МПа.

№ 128. Объем воздушного шара $V=224 \text{ м}^3$, масса оболочки $M=145$ кг. Шар наполнен горячим воздухом при нормальном атмосферном давлении. Какую температуру должен иметь воздух внутри оболочки, чтобы шар начал подниматься? Температура воздуха вне оболочки 0°C .

О т в е т : 546 К.

№ 129. После того, как в комнате протопили печь, температура воздуха поднялась с 15 до 27°C . На сколько процентов уменьшилось число молекул в комнате?

О т в е т : $\approx 4\%$.

№ 130. Параметры идеального одноатомного газа ($\nu = 3$ моля) изменились по циклу (рис. 26). Темпера-

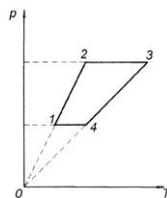


Рис. 26

туры газа в соответствующих точках равны: $T_1=400\text{ К}$, $T_2=800\text{ К}$, $T_4=1200\text{ К}$. Определите работу газа за цикл.

О т в е т : 20 кДж.

№ 131. В цилиндре под поршнем находится $0,1\text{ м}^3$ воздуха под давлением $2,4\text{ кПа}$. При изобарическом нагревании на 10°С была совершена работа $8,2\text{ Дж}$. Найдите конечную температуру воздуха.

О т в е т : 303 К.

№ 132. Определите работу адиабатического расширения 200 г гелия, если температура газа понизилась на 50 К .

О т в е т : 31 кДж.

№ 133. На V - T -диаграмме задан некоторый процесс (рис. 27). Масса газа не изменяется. Качественно определите, как изменяется давление в этом процессе.

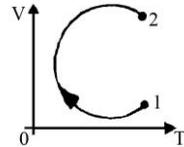


Рис. 27

О т в е т : сначала уменьшается, потом увеличивается.

№ 134. Над идеальным газом совершают два тепловых процесса, нагревая его из одного и того же начального состояния до одинаковой конечной температуры. На P - V -диаграмме (рис. 28) процессы изображены прямыми линиями $0-1$ и $0-2$. Определите, при каком из процессов газу сообщается большее количество теплоты.

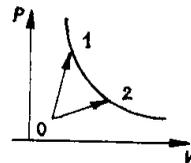


Рис. 28

О т в е т : $0 \rightarrow 2$.

№ 135. Идеальный одноатомный газ совершает цикл, показанный на рис. 29. Определите КПД цикла, если $V_1=1\text{ л}$; $V_2=2\text{ л}$; $P_1=0,1\text{ МПа}$; $P_2=0,2\text{ МПа}$.

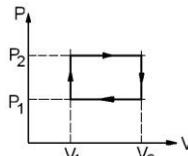


Рис. 29

О т в е т : $\approx 15\%$.

№ 136. Молотком массой 1 кг ударяют 10 раз по куску свинца массой 100 г . Скорость молотка при ударе 3 м/с . На сколько градусов нагревается свинец, если 50% выделившейся при ударе теплоты идет на его нагревание?

О т в е т : $1,7^\circ\text{С}$.

№ 137. Свинцовая дробишка, летящая со скоростью 100 м/с , попав в доску, углубилась в нее. На сколько градусов нагрелась дробишка, если 50% выделенной при ударе теплоты пошло на ее нагревание?

О т в е т : $\approx 20^\circ\text{С}$.

№ 138. Два свинцовых шара одинаковой массы движутся со скоростями v и $2v$ навстречу друг другу. Определите повышение температуры Δt шаров в результате неупругого удара.

О т в е т : $\Delta t = 9v^2 / (8c)$.

№ 139. Стальной резец массой 400 г, нагретый до температуры 820°C , погружают для заковки в 4 кг воды, температура которой 10°C . Определите, до какой температуры охладился резец.

О т в е т : $18,8^{\circ}\text{C}$.

№ 140. Тонкое алюминиевое кольцо массой 7 г и радиусом 7,8 см соприкасается с мыльным раствором. Каким усилием можно оторвать кольцо от раствора? Температуру раствора считать комнатной.

О т в е т : $\approx 0,1 \text{ Н}$.

№ 141. Железный шар упал с высоты 87 м и подскочил после удара на высоту 1,6 м. На сколько градусов нагрелся шар, если 50% выделившейся при ударе энергии пошло на его нагревание?

О т в е т : $0,9^{\circ}\text{C}$.

№ 142. При нагревании стального шара его объем увеличился на 30 см^3 . На сколько увеличилась внутренняя энергия шара?

О т в е т : $\approx 3 \text{ МДж}$.

№ 143. В канистру налито 20 кг бензина. Как изменится объем бензина, если температура понизится с 25°C до 5°C ?

О т в е т : $57 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$.

№ 144. Для определения коэффициента объемного расширения керосина в одном колене сообщающихся сосудов поддерживалась температура $t_1 = 10^{\circ}\text{C}$, в другом $t_2 = 80^{\circ}\text{C}$ (рис. 30). Уровень жидкости в одном колене $h_1 = 280 \text{ мм}$, в другом $h_2 = 300 \text{ мм}$. Найдите коэффициент объемного расширения керосина.

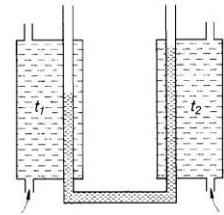


Рис. 30

О т в е т : $0,001 \text{ К}^{-1}$.

3. ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ

Электростатика

№ 145. Сила тяготения между двумя наэлектризованными шариками массой по 1 г уравновешена электрической силой отталкивания. Считая заряды шариков равными, определите их величину.

О т в е т : $0,86 \cdot 10^{-13} \text{ Кл}$.

№ 146. Два небольших изолированных шара, расположенных на расстоянии 60 см друг от друга, несут заряды $2,5 \cdot 10^{-8}$ и $5 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$. В какую точку нужно поместить третий заряд, чтобы он оказался в равновесии?

О т в е т : 0,25 м от первого заряда.

№ 147. Определите величину точечного заряда, образующего поле в вакууме, если на расстоянии 9 см от него напряженность составляет $4,0 \cdot 10^5$ В/м. На сколько ближе к заряду будет находиться точка, в которой напряженность окажется прежней, если заряд поместить в керосин?

О т в е т : $3,6 \cdot 10^{-7}$ Кл; $2,7 \cdot 10^{-2}$ м.

№ 148. Два одинаковых маленьких шарика, имеющих заряды $6 \cdot 10^{-9}$ и $-4 \cdot 10^{-9}$ Кл, приведены в соприкосновение и вновь раздвинуты на 2 см. Найдите силу взаимодействия между ними.

О т в е т : $2,25 \cdot 10^{-5}$ Н.

№ 149. Три одинаковых точечных заряда по $3 \cdot 10^{-9}$ Кл каждый расположены на одной прямой на расстоянии 5 см один от другого. Определите величину силы, которая действует на каждый заряд.

О т в е т : $4,1 \cdot 10^{-5}$ Н; 0; $4,1 \cdot 10^{-5}$ Н.

№ 150. Напряженность электрического поля, созданного точечным зарядом q в точках A и B (рис. 31) равна соответственно $E_A = 0,2$ кВ/м и $E_B = 0,1$ кВ/м. Определите напряженность электрического поля в точке C .

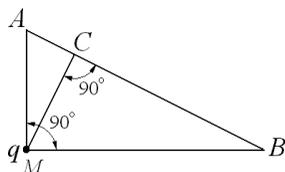


Рис. 31

О т в е т : 0,3 кВ/м.

№ 151. С какой силой взаимодействуют два заряда $0,66 \cdot 10^{-7}$ и $1,1 \cdot 10^{-5}$ Кл в воде на расстоянии 3,3 см? На каком расстоянии их следует поместить в вакууме, чтобы сила взаимодействия осталась прежней?

О т в е т : 0,074 Н; $29,7 \cdot 10^{-2}$ м.

№ 152. Шарик имеет массу 10 г и заряд 2 нКл. С каким ускорением он будет двигаться под действием однородного электрического поля с напряженностью 300 В/см?

О т в е т : $0,6 \cdot 10^{-2}$ м/с².

№ 153. Определите суммарную емкость цепи (рис. 32).

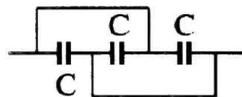


Рис. 32

№ 154. В поле точечного заряда 10^{-7} Кл две точки расположены на расстоянии 15 и 20 см от заряда. Найдите разность потенциалов этих точек.

О т в е т : 1500 В.

№ 155. В двух точках электрического поля точечного заряда потенциал отличается в 5 раз. Во сколько раз в этих точках отличается напряженность поля?

О т в е т : 25.

№ 156. На капельке ртути радиусом 0,1 см помещены одинаковые заряды $7 \cdot 10^{-13}$ Кл. Десять таких капель сливаются в одну большую каплю. Найдите потенциал этой капли.

О т в е т : ≈ 29 В.

№ 157. Электрическое поле образовано внешним однородным электрическим полем и электрическим полем заряженной металлической пластины (рис. 33), которое вблизи пластины тоже можно считать однородным. Напряженность результирующего электрического поля справа от пластины $E_1 = 30$ кВ/м, а слева $E_2 = 50$ кВ/м. Определите заряд, если сила, действующая на пластину со стороны внешнего электрического поля, $F_1 = 0,7$ Н.

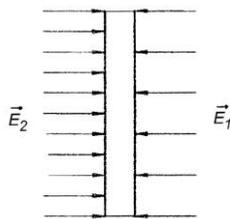


Рис. 33

О т в е т : $q = -7 \cdot 10^{-5}$ Кл.

№ 158. Два шара диаметром 10 см каждый заряжены до потенциалов 6 и 15 кВ, а затем соединены проволокой. Каким оказался потенциал шаров после соединения и как изменился заряд каждого из них?

О т в е т : 10,5 кВ; увеличился на $2,5 \cdot 10^{-8}$ Кл.

№ 159. Поле образовано зарядом $2 \cdot 10^{-7}$ Кл. Какую работу надо совершить, чтобы одноименный заряд $3 \cdot 10^{-9}$ Кл перенести из точки, удаленной от первого заряда на 50 см, в точку, удаленную от первого заряда на 5 см?

О т в е т : $9,7 \cdot 10^{-5}$ Дж.

№ 160. Два одинаковых конденсатора емкостью $C = 60$ мкФ каждый были заряжены до потенциалов $\varphi_1 = 300$ В и $\varphi_2 = 500$ В относительно заземленных отрицательных электродов. Затем конденсаторы соединили параллельно (пунктирная линия на рис. 34). Определите потенциал батареи конденсаторов после соединения и изменение энергии системы.



Рис. 34

О т в е т : 400 В; 0,6 Дж.

№ 161. Найдите емкость плоского конденсатора, состоящего из двух круглых пластин диаметром 20 см, разделенных парафиновой прослойкой толщиной 1 мм.

О т в е т : 583,6 пФ.

№ 162. Плоский конденсатор с квадратными пластинами размером 16 см каждая и расстоянием между ними $d = 4$ мм присоединен к по-

люсам батареи с ЭДС $\mathcal{E}=250$ В. В пространство между пластинами с постоянной скоростью $v=3$ мм/с вдвигают стеклянную пластину толщиной $b=4$ мм. Найдите силу тока в цепи. Диэлектрическая проницаемость стекла $\varepsilon=7$.

О т в е т : $I=1,6 \cdot 10^{-9}$ А.

№ 163. С каким ускорением надо двигать проводник, чтобы разность потенциалов на его концах равнялась $U=1$ мкВ, если длина проводника $l=1$ м?

О т в е т : $1,8 \cdot 10^5$ м/с².

Постоянный ток

№ 164. Кусок неизолированной проволоки разрезается пополам, и обе половины свиваются вместе. Как изменится сопротивление проводника?

О т в е т : уменьшится в 4 раза.

№ 165. Сопротивление двух проводников круглого сечения одинаковой длины и материала относятся как 1:2. Какой проводник тяжелее и во сколько раз?

О т в е т : первый, в 2 раза.

№ 166. Сопротивление двух проводников, соединенных параллельно, равно $1/7$ Ом. При последовательном соединении тех же проводников получается сопротивление $0,7$ Ом. Определите сопротивление каждого проводника.

О т в е т : $0,2$ Ом; $0,5$ Ом.

№ 167. В проводнике при напряжении 120 В был ток $1,5$ А. Когда в цепь ввели дополнительное сопротивление, ток стал $1,2$ А при том же напряжении. Определите величину включенного сопротивления.

О т в е т : 20 Ом.

№ 168. Три лампы сопротивлением 240 Ом каждая соединены параллельно и включены в сеть с напряжением 120 В. Определите мощность, потребляемую всеми лампами, общий ток и энергию, израсходованную за 8 ч горения.

О т в е т : 180 Вт; $1,5$ А; 5184 кДж.

№ 169. Сопротивление гальванометра 5 Ом, при предельном отклонении стрелки он дает показания 10 мА. Каким дополнительным сопротивлением надо снабдить прибор, чтобы использовать его в качестве вольтметра с предельным показанием 300 В?

О т в е т : 30 кОм.

№ 170. Генератор с ЭДС 150 В и внутренним сопротивлением 0,4 Ом питает 200 ламп сопротивлением по 320 Ом каждая, включенных параллельно. Каково напряжение на зажимах генератора? Сопротивлением подводящих проводов пренебречь.

О т в е т : 120 В.

№ 171. Найдите общее сопротивление электрической цепи (рис. 35), если сопротивление проводников AB , BD , CD и CA одинаковы и равны R каждый, а сопротивление проводника AD равно BC и равно $2R$.

О т в е т : $2R/3$.

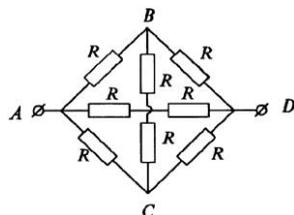


Рис. 35

№ 172. ЭДС батареи 9 В. При замыкании ее на внешнее сопротивление в 2 Ом она дает ток силой 3 А. Определите силу тока при коротком замыкании батареи.

О т в е т : 9 А.

№ 173. Батарея для карманного фонаря с ЭДС 4,5 В при включенной лампочке дает напряжение 4 В. Во сколько раз сопротивление лампочки больше внутреннего сопротивления батареи?

О т в е т : в 8 раз.

№ 174. Амперметр имеет сопротивление 0,02 Ом, его шкала рассчитана на 1,2 А. Шунт какого сопротивления надо подключить к амперметру, чтобы можно было измерять токи силой до 6 А?

О т в е т : 0,005 Ом.

№ 175. Два вольтметра, соединенные последовательно, подключены к источнику тока и показывают 8 и 4 В. Если подключить к источнику только второй вольтметр, то его показания 10 В. Найдите ЭДС источника.

О т в е т : 13,3 В.

№ 176. Какое напряжение необходимо поддерживать на зажимах генератора, питающего электродвигатель, расположенный на расстоянии 500 м от него? Двигатель рассчитан на ток 8 А и напряжение 120 В. Сечение медного кабеля, подающего ток, равно 7 мм^2 .

О т в е т : 140 В.

№ 177. Имеется 25-ваттная и 100-ваттная лампочки, соединенные последовательно и включенные в сеть. В какой лампочке выделится больше тепла?

О т в е т : в 25-ваттной.

№ 178. Лифт массой 1600 кг поднимается со скоростью 1 м/с. Какую мощность потребляет электродвигатель, приводящий в движение лифт? Определите силу тока, если напряжение в сети 220 В, а КПД двигателя 92%.

О т в е т : 17 кВт; 77 А.

№ 179. Через аккумулятор в конце зарядки течет ток 4 А при напряжении на клеммах 12,6 В. При разрядке этого аккумулятора током 6 А напряжение составляет 11,1 В. Найдите ток короткого замыкания.
О т в е т : 80 А.

№ 180. Электродвигатель подъемного крана работает под напряжением 380 В и потребляет силу тока 20 А. Определите КПД установки, если груз массой 1000 кг кран поднимает на высоту 19 м за 50 с.
О т в е т : 0,5.

№ 181. Определите ток короткого замыкания для аккумуляторной батареи, если при токе в 5 А она отдает во внешнюю цепь мощность 9,5 Вт, а при токе в 8 А – 14,4 Вт.
О т в е т : 62 А.

№ 182. Гальванический элемент замыкается один раз проволокой сопротивлением $R_1=9$ Ом, другой – проволокой сопротивлением $R_2=4$ Ом. В том и другом случаях количество тепла, выделившегося в проволоках за одно и то же время, оказывается одинаковым. Определите внутреннее сопротивление элемента.
О т в е т : 6 Ом.

№ 183. При электролизе раствора $ZnSO_4$ была совершена работа в 1000 Вт·ч. Определите количество полученного цинка, если напряжение на зажимах ванны было 4 В.
О т в е т : 306 г.

№ 184. Никелирование пластины с поверхностью 100 см^2 продолжается 4 часа при токе 0,4 А. Найдите толщину слоя никеля, который покроет за это время пластину.
О т в е т : 20 мкм.

№ 185. Какое количество теплоты получит серная кислота при электролизе, если за 10 мин на катоде выделилось 60 мг водорода? Сопротивление раствора 0,3 Ом.
О т в е т : 18 кДж.

№ 186. Сколько атомов цинка выделится на катоде гальванической ванны при пропускании через раствор азотнокислого цинка тока в 5 А в течение 0,5 ч?
О т в е т : $2,8 \cdot 10^{22}$.

№ 187. Мощность тока, проходящего через электролит, равна 5 Вт. Сколько меди выделится в течение часа при напряжении 3,6 В?
О т в е т : 1,65 г.

№ 188. При электролизе раствора хлористой меди (CuCl_2) на катоде выделилось 32 г меди. Какой объем хлора выделится на аноде за то же время, если температура газа равна 23°C , а давление 760 мм рт. ст.?

О т в е т : 12,4 л.

Магнитное поле. Электромагнитная индукция

№ 189. Проводник, по которому течет ток силой 10 А, расположен горизонтально и перпендикулярен линиям индукции магнитного поля. Какова индукция поля, если проводник оказался в состоянии равновесия? Масса 1 м проводника равна 5 г.

О т в е т : 5 мТл.

№ 190. В проводнике с длиной активной части 8 см сила тока 50 А. Он находится в однородном магнитном поле с индукцией 20 мТл. Найдите совершаемую работу, если проводник переместился на 10 см перпендикулярно силовым линиям.

О т в е т : 8 мДж.

№ 191. В направлении, перпендикулярном линиям индукции, электрон влетает в магнитное поле со скоростью 10 мм/с. Найдите индукцию поля, если электрон описал в поле окружность радиусом 1 см.

О т в е т : 5,6 пТл.

№ 192. Циклотрон предназначен для ускорения протонов до энергии 5 МэВ. Определите наибольший радиус орбиты, по которой движется протон, если индукция магнитного поля циклотрона 1 Тл.

О т в е т : 0,3 м.

№ 193. Ток, замыкается на вертикальную пружину (рис. 36), нижний конец которой погружен на незначительную глубину в ртуть. Опишите дальнейшее состояние пружины и электрической цепи.

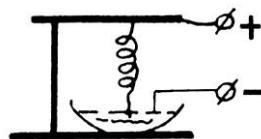


Рис. 36

№ 194. Найдите величину ЭДС индукции в проводнике с длиной активной части 0,25 м, перемещающемся в однородном магнитном поле с индукцией 8 мТл со скоростью 5 м/с под углом 30° к вектору магнитной индукции.

О т в е т : 5 мВ.

№ 195. Протон влетает со скоростью $v = 1000$ м/с в однородное магнитное поле под углом $\alpha = 60^\circ$ к линиям индукции. Определите радиус R и шаг спиральной линии h , по которой будет двигаться протон, если модуль вектора индукции магнитного поля равен $B = 0,001$ Тл.

О т в е т : $R = 0,009$ м, $h = 3,3$ мм.

№ 196. С какой скоростью надо перемещать проводник, длина активной части которого 1 м, под углом 60° к линиям индукции магнитного поля, чтобы в проводнике возбуждалась ЭДС индукции в 1 В? Индукция магнитного поля равна 0,2 Тл.

О т в е т : 5,8 м/с.

№ 197. Найдите индуктивность проводника, в котором равномерное изменение силы тока на 2 А в течение 0,25 с возбуждает ЭДС самоиндукции 20 мВ.

О т в е т : 2,5 мГн.

№ 198. Найдите энергию магнитного поля соленоида, в котором при силе тока 10 А возникает магнитный поток 0,5 Вб.

О т в е т : 2,5 Дж.

4. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

Механические колебания и волны

№ 199. Амплитуда незатухающих косинусоидальных колебаний точки струны 1 мм, частота 1 кГц. Какое расстояние пройдет точка за 0,2 с?

О т в е т : 0,8 м.

№ 200. Точные маятниковые часы установлены на уровне моря. Как изменится ход часов за сутки, если их установить на башне высотой 200 м над уровнем моря?

О т в е т : отстанут на $\approx 2,7$ с.

№ 201. На гладком горизонтальном столе лежит шар массой $M=111$ г, прикрепленный к пружине с жесткостью $k=10$ Н/м. В шар попадает пуля массой $m=10$ г, имеющая скорость $v_0=50$ м/с, направленную вдоль оси пружины (рис. 37).

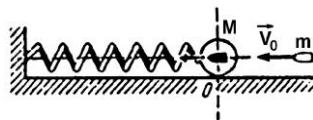


Рис. 37

Считая удар абсолютно неупругим и пренебрегая массой пружины и сопротивлением воздуха, определите амплитуду и период колебаний шара.

О т в е т : 0,45 м; 0,69 с.

№ 202. Математический маятник длиной $l=1$ м колеблется параллельно вертикальной стенке. Под точкой подвеса маятника на расстоянии $l_1 = \frac{l}{2}$ от нее в стенку забит гвоздь (рис. 38). Найдите период колебаний маятника.

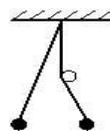


Рис. 38

О т в е т : 1,7 с.

№ 203. Чему равен период колебаний математического маятника, находящегося в лифте, который движется вниз с ускорением $0,25g$? Длина нити маятника $0,6$ м.

О т в е т : $1,79$ с.

№ 204. Медный шарик, подвешенный к пружине, совершает вертикальные колебания. Как изменится период колебаний, если к пружине вместо медного подвесить алюминиевый шарик того же радиуса?

О т в е т : уменьшится в $1,8$ раза.

№ 205. Найдите массу груза, который на пружине жесткостью 250 Н/м делает 20 колебаний за 16 с.

О т в е т : 4 кг.

№ 206. Мальчик несет на коромысле ведра с водой, период собственных колебаний которых $0,8$ с. При какой скорости движения вода начнет особенно сильно выплескиваться, если длина шага мальчика 60 см?

О т в е т : $2,7$ км/ч.

№ 207. Как изменится длина звуковой волны при переходе ее из воздуха в воду? Скорость распространения звука в воздухе 340 м/с, в воде 1450 м/с.

О т в е т : увеличится в $4,3$ раза.

Электромагнитные колебания и волны

№ 208. Амплитудное значение ЭДС синусоидального тока, изменяющегося с частотой 50 Гц, равно 220 В. Каковы мгновенные значения ЭДС через $2,5$; 4 ; 5 мс?

О т в е т : 155 ; 209 ; 220 В.

№ 209. Каков диапазон частот собственных колебаний в контуре, если его индуктивность $0,1$ мкГн, а емкость можно изменять в пределах от 50 до 5000 пФ?

О т в е т : от $7,1$ до 71 МГц.

№ 210. На какую длину волны настроен приемник, если его приемный контур обладает самоиндукцией в $0,003$ Гн и емкостью в 330 пФ.

О т в е т : 1876 м.

№ 211. Мгновенное значение ЭДС синусоидального тока для фазы 30° равно 120 В. Каково амплитудное и эффективное значения ЭДС?

О т в е т : 240 В; 170 В.

№ 212. Напряжение на концах участка цепи, по которому течет переменный ток, изменяется с течением времени по закону

$$U = U_0 \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right).$$
 В момент времени $t = T/12$ мгновенное напряжение равно 10 В. Определите амплитуду напряжения.

О т в е т : $11,5$ В.

№ 213. Катушка индуктивности с ничтожно малым активным сопротивлением включена в цепь переменного тока с частотой 50 Гц. При напряжении 125 В сила тока равна 2,5 А. Какова индуктивность катушки?

О т в е т : 0,16 Гн.

№ 214. Проводник имеет активное сопротивление 15 Ом и индуктивность 63 мГн. Найдите полное сопротивление проводника в сети переменного тока с частотой 50 Гц.

О т в е т : 24,8 Ом.

№ 215. В цепь переменного тока включены последовательно активное сопротивление 15 Ом, индуктивное сопротивление 30 Ом и емкостное сопротивление 22 Ом. Найдите полное сопротивление цепи.

О т в е т : 17 Ом.

№ 216. Электродпечь, сопротивление которой 22 Ом, питается от генератора переменного тока. Определите количество тепла, выделяемого печью за 1 ч, если амплитуда силы тока 10 А.

О т в е т : 3,96 МДж.

№ 217. Какой величины индуктивность надо включить в колебательный контур, чтобы при емкости конденсатора 50 пФ получить частоту свободных колебаний 10 МГц?

О т в е т : 5 мкГн.

№ 218. В цепь переменного тока с частотой 400 Гц включена катушка с индуктивностью 0,1 Гн. Какой емкости конденсатор надо включить в эту цепь, чтобы осуществился резонанс?

О т в е т : 1,6 мкФ.

№ 219. При изменении тока в катушке индуктивности на величину 1 А за 0,6 с в ней индуцируется ЭДС 0,2 мВ. Какую длину будет иметь радиоволна, излучаемая генератором, колебательный контур которого состоит из этой катушки и конденсатора емкости 14,1 нФ.

О т в е т : 2450 м.

5. ОПТИКА

№ 220. Луч падает под углом 60° на стеклянную плоскопараллельную пластину толщиной 2 см. Определите смещение луча, вышедшего из пластины.

О т в е т : $1,1 \cdot 10^{-2}$ м.

№ 221. Луч света направлен в сероуглероде на границу с воздухом под углом 39° . Нарисуйте дальнейший ход луча.

О т в е т : наступит полное отражение.

№ 222. Рыба видит солнце под углом 60° к поверхности воды. Какова настоящая высота Солнца над горизонтом?

О т в е т : $\approx 48^\circ$.

№ 223. Столб вбит в дно реки так, что часть его возвышается над водой. Длина тени на дне реки 3,9 м, высота Солнца над горизонтом 40° , а глубина реки 3 м. Найдите высоту столба над поверхностью воды.

О т в е т : 1,5 м.

№ 224. На дне бака, наполненного водой до высоты 0,5 м, установлен точечный источник света. На поверхности воды плавает круглый диск так, что его центр находится над источником. При каком минимальном диаметре диска лучи света не будут выходить из воды?

О т в е т : $\approx 1,1$ м.

№ 225. Свет за одно и то же время по кратчайшему пути проходит слой воды высотой 18 см и стеклянный (легкий крон) брусок с плоскопараллельными торцами. Определите длину бруса.

О т в е т : 0,16 м.

№ 226. В сосуд налиты две несмешивающиеся жидкости с показателями преломления $n_1=1,3$ и $n_2=1,5$. Сверху находится жидкость с показателем преломления n_1 . Толщина ее слоя $h_1=3$ см. Толщина слоя второй жидкости $h_2=5$ см. На каком расстоянии от поверхности жидкости будет казаться расположенным дно сосуда, если смотреть на него сверху через обе жидкости?

О т в е т : 5,6 см.

№ 227. Плоское зеркало установлено вертикально. Какова должна быть наименьшая высота зеркала, чтобы человек мог в нем видеть свое изображение во весь рост, не изменяя положения головы?

О т в е т : равна половине роста.

№ 228. Человек, находящийся на берегу, видит камень на дне озера. Глубина озера 1 м. На каком расстоянии от поверхности воды видит человек камень, если луч зрения составляет с вертикалью угол 60° ?

О т в е т : 0,5 м.

№ 229. Луч света падает на треугольную стеклянную призму под углом 36° . Преломляющий угол призмы составляет 40° . Под каким углом луч выйдет из призмы? На какой угол он отклонится от первоначального направления?

О т в е т : 22° ; 26° .

№ 230. Пучок света скользит вдоль боковой грани призмы, сечение которой имеет форму равнобедренного треугольника. При каком предельном преломляющем угле φ призмы преломленные лучи претерпят

полное отражение на второй боковой грани призмы? Показатель преломления материала призмы $n=1,6$.

О т в е т : $77,3^\circ$.

№ 231. На рассеивающую линзу падает цилиндрический пучок света параллельно главной оптической оси. Диаметр пучка света 5 см. За линзой на расстоянии 20 см установлен экран. Диаметр изображения пучка на экране 15 см. Определите оптическую силу линзы.

О т в е т : -10 дптр.

№ 232. Две равнофокусные линзы – выпуклая и вогнутая – с фокусными расстояниями $F=80$ см находятся одна от другой на расстоянии 80 см. Где надо поместить светящуюся точку перед выпуклой линзой, чтобы лучи, пройдя через обе линзы, образовали параллельный пучок?

О т в е т : 1,6 м.

№ 233. Как изменится фокусное расстояние линзы, если ее погрузить в воду?

О т в е т : увеличится в 3,9 раза.

№ 234. Фокусное расстояние собирающей линзы 10 см, расстояние предмета от переднего фокуса 5 см, линейные размеры предмета 2 см. Постройте изображение предмета и определите его величину.

О т в е т : $4 \cdot 10^{-2}$ м.

№ 235. При помощи собирающей линзы с фокусным расстоянием 6 см рассматривают монету диаметром 1,25 см и наблюдают ее мнимое изображение. На каком расстоянии от линзы находилась монета, если диаметр изображения монеты 5 см? Постройте изображение монеты.

О т в е т : $4,5 \cdot 10^{-2}$ м.

№ 236. Рассеивающая линза создает изображение предмета с увеличением $\Gamma_1=2/3$. Каким будет увеличение Γ_2 , если рассеивающую линзу заменить собирающей с таким же фокусным расстоянием?

О т в е т : +2.

№ 237. Предмет в виде отрезка длиной 20 см расположен вдоль оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием 40 см. Середина отрезка расположена на расстоянии 60 см от линзы. Линза дает действительное изображение всех точек предмета. Найдите продольное увеличение предмета.

О т в е т : $\approx 5,3$.

№ 238. Расстояние предмета от собирающей линзы 36 см, а высота изображения 10 см. Если же расстояние предмета от линзы 24 см, то высота изображения увеличится в 2 раза. Найдите фокусное расстояние линзы.

О т в е т : 12 см.

№ 239. Определите оптическую силу рассеивающей линзы, если известно, что предмет, помещенный перед ней на расстоянии 40 см, даст мнимое изображение, уменьшенное в 4 раза. Постройте изображение предмета.

О т в е т : $-7,5$ дптр.

№ 240. На рис. 39 точечный источник света S , его изображение S' , полученное с помощью собирающей линзы, и ближайший к источнику фокус F линзы. Расстояние $SF = l$, $SS' = L$. Найдите фокусное расстояние линзы.

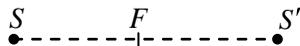


Рис. 39

О т в е т : $F = \sqrt{Ll} - l$.

№ 241. На рассеивающую линзу падает сходящийся пучок лучей. После преломления в линзе лучи пересекаются в точке, лежащей на расстоянии 20 см от линзы. Если линзу убрать, то точка пересечения лучей переместится на расстояние 12 см ближе к тому месту, где была линза. Определите фокусное расстояние линзы.

О т в е т : $-13,3$ см.

№ 242. Главная оптическая ось собирающей линзы совпадает с осью светового конуса, образованного сходящимся пучком лучей, а задний фокус линзы совпадает с вершиной конуса. На каком расстоянии от линзы пересекаются лучи после преломления, если оптическая сила линзы равна 5 дптр?

О т в е т : $0,1$ м.

№ 243. Объектив обладает оптической силой в 8 дптр. На каком расстоянии от экрана надо его поместить, чтобы получить двадцатикратное увеличение? Постройте изображение.

О т в е т : $2,62$ м.

№ 244. Какое увеличение можно получить при помощи объектива, который имеет главное фокусное расстояние 15 см, если расстояние от объектива до экрана равно 6 м? Постройте изображение.

О т в е т : 39.

№ 245. На сколько меняется оптическая сила хрусталика глаза за счет его аккомодации при переводе взгляда со звезды на книгу, находящуюся на расстоянии наилучшего зрения?

О т в е т : 4 дптр.

№ 246. Два параллельных пучка световых волн 1 и 2 падают на стеклянную призму с преломляющим углом $\varphi = 30^\circ$ (рис. 40) и после

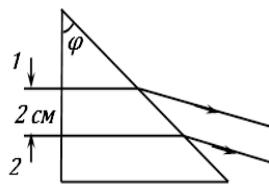


Рис. 40

преломления выходят из нее. Найдите оптическую разность хода волн после преломления их призмой.

О т в е т : 1,7 см.

№ 247. Два когерентных источника S_1 и S_2 (рис. 41) испускают монохроматический свет с длиной волны 600 нм. Определите, на каком расстоянии от точки O будет первый максимум освещенности, если $|OC|=4$ м и $|S_1S_2|=1$ мм.



Рис. 41

О т в е т : 2,4 мм.

№ 248. На мыльную пленку ($n=1,3$), находящуюся в воздухе, падает нормально пучок лучей белого света. При какой наименьшей толщине d пленки отраженный свет с длиной волны $\lambda=0,55$ мкм окажется максимально усиленным в результате интерференции?

О т в е т : 0,1 мкм.

№ 249. Поверхности стеклянного клина образуют между собой угол $\alpha=0,2'$. На клин нормально к его поверхности падает пучок лучей монохроматического света с длиной волны $\lambda=0,55$ мкм. Определите ширину интерференционной полосы.

О т в е т : 3,15 мм.

№ 250. Определите период дифракционной решетки, которая дает в спектре первого порядка на экране, отстоящем от нее на 5 м, две линии натрия ($\lambda_1=589,0$ и $\lambda_2=589,5$ нм) на расстоянии 0,5 мм друг от друга.

О т в е т : 5 мкм.

№ 251. Свет с длиной волны 579 нм падает на дифракционную решетку с периодом $2 \cdot 10^{-5}$ м, при этом на экране образуется дифракционный спектр. Расстояние от решетки до экрана 1,5 м. На каком расстоянии от центральной полосы будет находиться цветная линия в спектре первого порядка?

О т в е т : 4,34 см.

№ 252. Длина волны красных лучей в воздухе 700 нм. Какова длина волны их в воде?

О т в е т : 526 нм.

№ 253. На поверхность стеклянного объектива ($n_1=1,5$) нанесена тонкая пленка, показатель преломления которой $n_2=1,2$ («просветляющая» пленка). При какой наименьшей толщине d этой пленки произойдет максимальное ослабление отраженного света в средней части видимого спектра?

О т в е т : 115 нм.

6. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

№ 254. При какой скорости масса движущегося тела возрастает в два раза?

О т в е т : $2,6 \cdot 10^8$ м/с.

№ 255. Какую ускоряющую разность потенциалов должен пройти электрон, чтобы приобрести скорость, равную $0,9c$, где c – скорость света в вакууме?

О т в е т : 0,66 МВ.

№ 256. Во сколько раз увеличивается масса электрона при прохождении им разности потенциалов 10^6 В?

О т в е т : в 3 раза.

№ 257. Солнце излучает в пространство каждую секунду около $3,75 \cdot 10^{26}$ Дж. На сколько в связи с этим уменьшается каждую секунду масса Солнца?

О т в е т : 4,2 Мт.

7. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

Световые кванты

№ 258. С какой длиной волны следует направить световые лучи на поверхность платины, чтобы скорость вылетевших из нее электронов была равна 3000 км/с?

О т в е т : 4,02 мкм.

№ 259. Красная граница фотоэффекта для серебра равна 261 нм. Определите работу выхода электрона из серебра.

О т в е т : 4,8 эВ.

№ 260. На сколько энергия фотонов фиолетового излучения с частотой $7,5 \cdot 10^{14}$ Гц больше энергии фотона красного излучения с частотой $4 \cdot 10^{14}$ Гц?

О т в е т : на $23 \cdot 10^{-20}$ Дж.

№ 261. Какую максимальную скорость имеют электроны, вырванные из вещества светом с длиной волны $0,5$ мкм, если красная граница фотоэффекта равна $0,68$ мкм?

О т в е т : $48 \cdot 10^4$ м/с.

№ 262. Работа выхода электрона из цинка равна $3,74$ эВ. Произойдет ли фотоэффект, если на цинк будут падать световые лучи с длиной волны $0,45$ мкм?

О т в е т : нет.

№ 263. Источник света мощностью 100 Вт испускает за 1 с $5 \cdot 10^{20}$ фотонов. Найдите среднюю длину волны излучения.

О т в е т : 990 нм.

№ 264. Определите длину волны лучей, кванты которых имеют такую же энергию, как электрон, ускоренный разностью потенциалов 4 В.

О т в е т : 310 нм.

№ 265. С какой скоростью должен двигаться электрон, чтобы его кинетическая энергия была равна энергии фотона с длиной волны $\lambda = 436$ нм?

О т в е т : 10^6 м/с.

№ 266. Определите импульс фотона, если его длина волны $\lambda = 2,2 \cdot 10^{10}$ м.

О т в е т : $3 \cdot 10^{-24}$ кгм/с.

Атом и атомное ядро

№ 267. При переходе электрона в атоме водорода с одного энергетического уровня на другой энергия атома уменьшилась на 1,89 эВ. При этом атом излучает квант энергии. Определите длину волны излучения.

О т в е т : ≈ 660 нм.

№ 268. При радиоактивном распаде энергия α -частицы приближенно равна 5 МэВ. Определите скорость частицы.

О т в е т : $15,5 \cdot 10^{-6}$ м/с.

№ 269. Вычислите энергию связи ядра бора ${}_{5}^{11}\text{B}$.

О т в е т : 76,2 МэВ.

№ 270. Вычислите дефект массы ядра изотопа неона ${}_{10}^{20}\text{Ne}$.

О т в е т : $2,8 \cdot 10^{-28}$ кг.

№ 271. В результате захвата α -частицы ядром изотопа азота ${}_{7}^{14}\text{N}$ образуется неизвестный элемент и протон. Напишите ядерную реакцию и определите неизвестный элемент.

О т в е т : ${}_{8}^{17}\text{O}$.

№ 272. В какой элемент превращается ${}_{92}^{238}\text{U}$ после трех α - и двух β -распадов?

О т в е т : Ra.

8. ЗАДАЧИ ПОВЫШЕННОЙ СЛОЖНОСТИ

№ 273. По движущемуся эскалатору бегут вниз два человека: один со скоростью 4 м/с, другой 6 м/с. Первый насчитал при этом 38 ступенек, второй 40. Найдите скорость эскалатора.

О т в е т : 0,7 м/с.

№ 274. Каким способом можно закинуть льдинку дальше: бросив в воздух под углом 45° к горизонту или пустив ее скользить по льду? Коэффициент трения о лед $0,02$.

О т в е т : $S_1 : S_2 = 25$, пустив скользить по льду.

№ 275. Под каким углом α нужно тянуть тело, чтобы с наименьшим усилием передвигать его по горизонтальной поверхности? Коэффициент трения о поверхность $\mu=0,2$.

О т в е т : $\alpha=11^\circ 20'$.

№ 276. По рельсам фуникулера, проложенным под углом 15° к горизонту, с торможением опускается вагон массой 1500 кг. Скорость вагона в конце пути равна 10 м/с, время движения с торможением до остановки 10 с. Найдите силу натяжения каната, если коэффициент трения движению $0,2$.

О т в е т : $2,47$ кН.

№ 277. Автомобиль массой 5 т, двигаясь в гору с углом наклона 15° , на пути 150 м увеличивает скорость от 36 до 72 км/ч. Найдите силу тяги автомобиля, если коэффициент трения при движении $0,5$.

О т в е т : 41 кН.

№ 278. Два тела брошены вертикально вверх из одной точки, одно вслед за другим с интервалом времени $t=2$ с, с одинаковыми начальными скоростями $v=50$ м/с. Через сколько времени и на какой высоте они встретятся?

О т в е т : 6 с, 120 м.

№ 279. Два тела брошены с одной и той же скоростью под углом α и $(90 - \alpha)^\circ$ к горизонту. Определите отношение наибольших высот подъема этих тел.

О т в е т : $h_1 / h_2 = \operatorname{tg}^2 \alpha$.

№ 280. Два груза с массами $m_1=20$ кг и $m_2=10$ кг связаны между собой тросом, масса которого $M=12$ кг. Грузы движутся ускоренно вверх под действием вертикальной силы $F=600$ Н, приложенной к верхнему грузу с массой m_1 . Найдите натяжение в верхнем конце, в середине и нижнем конце троса.

О т в е т : 314 Н, 228 Н, 143 Н.

№ 281. Шарик, подвешенный на нити длиной $l=1$ м, описывает окружность в горизонтальной плоскости. Найдите период обращения шарика, если он находится в лифте, движущемся с постоянным направленным вниз ускорением $a=5$ м/с². Нить составляет с вертикалью угол $\alpha=60^\circ$.

О т в е т : ≈ 2 с.

№ 282. Тело массой $m = 0,1$ кг вращается в вертикальной плоскости на нити длиной $l = 1$ м. Ось вращения расположена над полом на высоте $H = 2$ м. При прохождении нижнего положения нить обрывается и тело падает на пол на расстоянии $L = 4$ м (по горизонтали) от точки обрыва. Определите силу натяжения нити в момент ее обрыва.

О т в е т : 9 Н.

№ 283. Преграда массой $M = 10$ кг, имеющая цилиндрическую поверхность с радиусом $R = 0,2$ м, расположена на горизонтальной плоскости (рис. 42). Тело массой $m = 1$ кг с начальной горизонтальной скоростью $v_0 = 3$ м/с скользит и поднимается вверх по цилиндрической поверхности. Определите скорость тела на высоте, равной радиусу R (в точке A). Трением пренебречь.

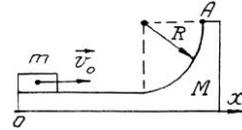


Рис. 42

О т в е т : 2 м/с.

№ 284. Имеются два тонкостенных цилиндра (рис. 43). Один из них, радиус которого $R = 20$ см, вращается с угловой скоростью $\omega = 20$ рад/с вокруг своей оси, а второй покоится.

Цилиндры приводятся в соприкосновение так, что их оси вращения параллельны. Через некоторое время за счет трения цилиндры начинают вращаться без проскальзывания. Какое количество энергии перешло в тепло, если массы цилиндров $m_1 = 100$ г и $m_2 = 50$ г?

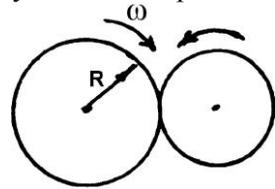


Рис. 43

О т в е т : $Q = 0,27$ Дж.

№ 285. Небольшое тело соскальзывает вниз по наклонному желобу, переходящему в «мертвую петлю» радиуса R . Верхняя часть петли срезана так, как показано на рис. 44. Определите, с какой высоты H должно спускаться тело, чтобы из точки A оно перелетело по воздуху в точку B . Сопротивлением воздуха пренебречь.

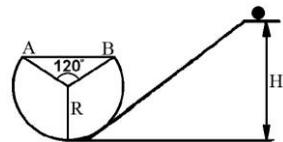


Рис. 44

О т в е т : $2,5R$.

№ 286. Тонкая деревянная палочка длиной 20 см закреплена шарнирно на одном конце и опущена свободным концом в воду. Какая часть длины палочки будет находиться в воде при равновесии? Плотность дерева 600 кг/м³.

О т в е т : 0,07 м.

№ 287. Пуля массой 10 г, летевшая со скоростью 600 м/с, попала в груз массой 5 кг, подвешенный на нити, и застряла в нем. На какую высоту, откатнувшись после удара, поднимется груз?

О т в е т : ≈ 7 см.

№ 288. Аэросани массой 380 кг, двигаясь по горизонтальному пути со скоростью 72 км/ч, развивают мощность 15 кВт. Какую мощность они должны развить при движении на подъеме с уклоном 30° с той же скоростью?

О т в е т : ≈ 50 кВт.

№ 289. От удара копра массой $m_1=50$ кг, падающего с высоты $h_1=5$ м, свая массой $m_2=200$ кг погружается в грунт на глубину $h_2=20$ см. Определите силу сопротивления грунта, считая ее постоянной. Удар копра о сваю считать абсолютно неупругим.

О т в е т : 5 кН.

№ 290. Радиус планеты больше радиуса Земли в 3,7 раза, а плотность – в 1,65 раза. Найдите ускорение силы тяжести на поверхности планеты.

О т в е т : 60 м/с^2 .

№ 291. Акробат прыгает в сетку с высоты 8 м. На какой предельной высоте над полом надо натянуть сетку, чтобы акробат не ударился о пол при прыжке? Известно, что сетка прогибается на 0,5 м, если акробат прыгает в нее с высоты 1 м.

О т в е т : 1,23 м.

№ 292. Поезд массой 600 тонн, отойдя от станции на 2,5 км, приобретает скорость 60 км/ч. Какую среднюю мощность развивает локомотив, если коэффициент трения движению 0,005?

О т в е т : 0,5 МВт.

№ 293. Два тела массой $m_1=1$ кг и $m_2=2$ кг движутся навстречу друг другу во взаимно перпендикулярных направлениях со скоростями $v_1=3$ м/с и $v_2=2$ м/с. В результате соударения тела слипаются. Какое количество теплоты Q выделится при соударении?

О т в е т : 4,3 Дж.

№ 294. Подъемный кран поднимает в воде бетонную плиту $\rho=2100$ кг/м³ объемом 0,5 м³ на высоту 1 м за 10 с. Определите силу тока в электродвигателе крана, если подаваемое напряжение 500 В, а КПД крана 25%.

О т в е т : $\approx 4,8$ А.

№ 295. Однородная бетонная свая длиной $l=5$ м и массой $m=5000$ кг лежит на дне водоема глубиной $h=5$ м. Привязав трос к одному концу сваи, ее медленно поднимают из воды. Найдите минимальную работу, совершаемую при вытаскивании сваи из воды на воздух. Плотность бетона принять равной $\rho=2500$ кг/м³.

О т в е т : 269,5 кДж.

№ 296. На какой глубине находился пузырек воздуха, если его объем при всплытии у поверхности воды оказался в 1,5 раза больше, чем под водой? Атмосферное давление принять равным 760 мм рт. ст.

О т в е т : 5,2 м.

№ 297. В озере на глубине 100 м при температуре 8°C находится в равновесии шар, наполненный воздухом, с общей массой 40 г. Найдите массу воздуха внутри шара, если атмосферное давление 99,7 кПа. Шар считать тонкостенным, изготовленным из резины.

О т в е т : $5,35 \cdot 10^{-4}$ кг.

№ 298. Внутри замкнутого цилиндра, наполненного воздухом, находится шарик радиусом 2 см и массой 3 г. Какое давление необходимо создать внутри цилиндра, чтобы шарик находился во взвешенном состоянии, если температура поддерживается 17°C?

О т в е т : 7,5 МПа.

№ 299. В цилиндрическом сосуде с площадью основания 250 см² находится 10 г азота, сжатого поршнем, на котором лежит груз массой 12,5 кг. Найдите работу газа при его нагревании от 25 до 625°C. Атмосферное давление 760 мм рт. ст. Как зависит работа от массы груза? Найдите величину перемещения поршня.

О т в е т : 1,78 кДж; 0,67 м.

№ 300. Пустой стальной цилиндр массой 200 г и емкостью 250 см³ плавает на поверхности воды. На какой глубине его можно утопить, погружая в воду вверх дном?

О т в е т : $h \geq 4,4$ м.

№ 301. Посередине откачанной и запаянной с обеих сторон горизонтальной трубки длиной 1 м находится столбик ртути длиной $h_1=20$ см. Если трубку поставить вертикально, то столбик ртути переместится вниз на расстояние $\Delta h=10$ см. До какого давления откачана трубка? Плотность ртути $\rho_{рт} = 13600$ кг/м³.

О т в е т : 0,05 МПа.

№ 302. Сплошной однородный шар, объем которого V , а плотность ρ , плавает на границе двух несмешивающихся жидкостей,

плотности которых ρ_1 и ρ_2 . Какая часть объема шара будет находиться в верхней, а какая в нижней жидкости, если $\rho_1 < \rho < \rho_2$?

О т в е т : $V_1 = \frac{\rho_2 - \rho}{\rho_2 - \rho_1} V$; $V_2 = \frac{\rho - \rho_1}{\rho_2 - \rho_1} V$.

№ 303. На сколько градусов надо нагреть воздух внутри сообщающегося с атмосферой воздушного шара, сферическая оболочка которого имеет диаметр $d = 10$ м и массу $m = 10$ кг, для того, чтобы шар взлетел? Атмосферное давление $p = 735$ мм рт. ст., температура $T = 300$ К, молекулярную массу воздуха принять равной $29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

О т в е т : 5 К.

№ 304. Компрессор захватывает при каждом такте нагнетания 0,5 л воздуха при давлении 10^5 Па и температуре 276 К и нагнетает его в автомобильный баллон объемом $0,5$ м³. Температура воздуха в баллоне 290 К. Сколько качаний должен сделать компрессор, чтобы уменьшить площадь соприкосновения покрышки с полотном дороги на 100 см²? До этого площадь соприкосновения была равна 450 см². Колесо находится под нагрузкой 5 кН.

О т в е т : 300.

№ 305. Расплавленный свинец массой $m_1 = 2$ кг при температуре плавления влили в сосуд, в котором находилось $m_2 = 500$ г льда при температуре $t_2 = -10^\circ\text{C}$. Какая температура установится в сосуде, если его теплоемкость $C = 800$ Дж/К.

О т в е т : 0°C .

№ 306. В открытую с обоих концов U-образную трубку с площадью сечения канала $S = 0,3$ см² быстро вливают ртуть массой $m = 121$ г. Определите период колебаний ртути в трубке.

О т в е т : 0,77 с.

№ 307. В воде плавает льдина в виде параллелепипеда высотой $H = 0,5$ м. Льдину погружают в воду на небольшую глубину и отпускают. Определите период колебаний льдины. Силами сопротивления пренебречь.

О т в е т : 1,35 с.

№ 308. Определите период колебаний шарика, скользящего вниз и вверх по двум наклонным плоскостям (рис. 45). Трение и потери скорости при ударе не учитывать. Принять $h = 10$ см, $\alpha = 40^\circ$, $\beta = 30^\circ$.

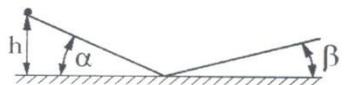


Рис. 45

О т в е т : ≈ 1 с.

№ 309. В центре диска, изготовленного из алюминия, имеется отверстие диаметром d_1 при температуре t_1 . На сколько градусов надо нагреть диск, чтобы в отверстие проходил цилиндр диаметром d ?

О т в е т : $\Delta t = (d - d_1)(1 + \alpha t_1) / (\alpha d_1)$.

№ 310. Три одинаковых заряда по $2 \cdot 10^{-7}$ Кл расположены в вершинах равностороннего треугольника. Какой заряд надо поместить в центре этого треугольника, чтобы результирующая сила, действующая на каждый заряд, была равна нулю?

О т в е т : $-1,2 \cdot 10^{-7}$ Кл.

№ 311. Какова напряженность поля в алюминиевом проводнике диаметром 2 мм при силе тока 10 А?

О т в е т : $8,6 \cdot 10^{-2}$ В/м.

№ 312. Два одинаковых маленьких шарика массой по 0,01 г подвешены на шелковых нитях длиной по 1 м так, что они касаются друг друга. Один из шариков отвели в сторону, зарядили и привели в соприкосновение с другим шариком, после чего шарики отошли друг от друга на расстояние 14 см. Определите величину заряда первого шарика до соприкосновения его с другим шариком.

О т в е т : $7,7 \cdot 10^{-9}$ Кл.

№ 313. Шарообразная капля ртути с зарядом $0,8 \cdot 10^{-18}$ Кл уравновешена в плоском конденсаторе. Определите радиус капли, если известно, что расстояние между пластинами конденсатора 1 мм, а разность потенциалов 60 В.

О т в е т : $4,4 \cdot 10^{-7}$ м.

№ 314. Напряжение между анодом и катодом вакуумного диода $U = 250$ В, анодный ток $I = 40$ мА. Найдите среднее давление электронов на анод, имеющий площадь $S = 20$ мм².

О т в е т : $\approx 0,1$ Па.

№ 315. Стационарный пучок электронов, движущихся со скоростью 10^6 м/с, падает на металлический изолированный шарик радиусом 1 см. Какое максимальное число электронов может накопиться на шарике?

О т в е т : $\approx 2 \cdot 10^7$.

№ 316. Определите стоимость получения 10 кг рафинированной меди при тарифе 2 руб. за 1 кВт/ч электроэнергии, если электролиз ведется при напряжении 10 В, а КПД 80%.

О т в е т : ≈ 2105 руб.

№ 317. Электрический звонок, сопротивление которого 2 Ом, работает от гальванического элемента с ЭДС 1,5 В и внутренним сопротив-

лением $0,5 \text{ Ом}$. Определите среднее время ежедневной работы звонка, если за месяц в элементе израсходовано 3 г цинка.

О т в е т : 495 с .

№ 318. Найдите ЭДС батареи (рис. 46), если сопротивления резисторов $R_1 = R_2 = R_3 = 200 \text{ Ом}$. Вольтметр показывает напряжение $U = 100 \text{ В}$. Сопротивление вольтметра $R_V = 1000 \text{ Ом}$. Внутренним сопротивлением батареи пренебречь.

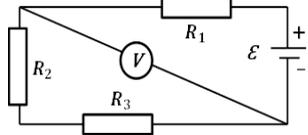


Рис. 46

О т в е т : 170 В .

№ 319. Шар радиусом $r_1 = 6 \text{ см}$ заряжен до потенциала $\varphi_1 = 300 \text{ В}$, а шар радиусом $r_2 = 4 \text{ см}$ до $\varphi_2 = 500 \text{ В}$. Определите потенциал шаров после того, как их соединили металлическим проводником. Емкостью соединительного проводника пренебречь.

О т в е т : 380 В .

№ 320. Из вертикально расположенного плоского конденсатора равномерно вытекает заполняющий его керосин. При этом в цепи, соединяющей конденсатор с батареей, имеющей ЭДС $\mathcal{E} = 100 \text{ В}$, течет ток $I = 2 \cdot 10^{-10} \text{ А}$. С какой скоростью понижается уровень керосина? Пластины конденсатора квадратные со стороной $b = 10 \text{ см}$, зазор между ними $d = 1 \text{ мм}$.

О т в е т : $2,26 \text{ мм/с}$.

№ 321. Два шарика, имеющие одинаковые заряды, размеры и массы, подвешены на нитях одинаковой длины в одной точке и опускаются в жидкий диэлектрик, плотность которого $d = 700 \text{ кг/м}^3$ и диэлектрическая проницаемость $\varepsilon = 2,4$. Из какого материала изготовлены шарики, если углы расхождения нитей в воздухе и в диэлектрике одинаковы?

О т в е т : эбонит.

№ 322. В пространство, где одновременно действуют горизонтальное и вертикальное однородные электрические поля с напряженностью $E_r = 400 \text{ В/м}$ и $E_b = 300 \text{ В/м}$, по направлению силовых линий результирующего электрического поля влетает электрон, скорость которого на пути $l = 2,7 \text{ мм}$ изменяется в два раза. Определите скорость электрона в конце пути.

О т в е т : $4 \cdot 10^5 \text{ м/с}$.

№ 323. Электрон, ускоренный разностью потенциалов U , влетает в электрическое поле отклоняющих пластин параллельно им, а затем

попадает на экран, расположенный на расстоянии L от конца пластин. На какое расстояние h сместится электронный луч на экране, если на пластины, имеющие длину l и расположенные на расстоянии d друг от друга, подать напряжение U_1 .

О т в е т : $h = U_1 l (l + 2L) / (4dU)$.

№ 324. В однородном горизонтальном магнитном поле с магнитной индукцией B по вертикально расположенным рельсам, замкнутым через последовательно соединенный резистор сопротивлением R и источник тока с ЭДС \mathcal{E} , свободно скользит без нарушения контакта проводник AB длиной L и массой m . Найдите величину скорости v и направление установившегося движения проводника.

О т в е т : $v = \pm (\mathcal{E} LB - mgR) / (L^2 B^2)$.

№ 325. Отрицательно заряженная частица влетает в область однородного магнитного поля с индукцией $B = 1$ мТл, где движется по дуге окружности радиуса $R = 0,2$ м. Затем частица попадает в однородное электрическое поле, где пролетает по направлению силовой линии участок с разностью потенциалов $U = 1$ кВ, при этом скорость частицы изменяется в $n = 3$ раза. Определите конечную скорость частицы.

О т в е т : $\approx 3,8 \cdot 10^6$ м/с.

№ 326. Электрочайник имеет в нагревателе две секции. При включении первой секции вода в чайнике закипает за время $t_1 = 10$ мин, а при включении второй секции – за $t_2 = 40$ мин. Через какое время закипит вода, если включить обе секции: параллельно; последовательно?

О т в е т : 8 мин; 50 мин.

№ 327. Сколько витков никелиновой проволоки надо намотать на фарфоровый цилиндр диаметром 1,5 см, чтобы устроить кипятильник, в котором за 10 мин закипает 1,2 л воды, взятой при 10°C ? КПД установки 60%, диаметр проволоки 0,2 мм, напряжение в сети 220 В.

О т в е т : 61.

№ 328. Какой ток создает электрон, вращающийся вокруг ядра в атоме водорода, если радиус его орбиты $5,3 \cdot 10^{-9}$ см?

О т в е т : ~ 1 мА.

№ 329. Найдите сечение свинцового предохранителя, который плавится при повышении температуры проводки на 10°C , если известно, что проводка выполнена из медного провода с сечением 5 мм^2 . Начальная температура 20°C .

О т в е т : $4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$.

№ 330. Найдите количество тепла, выделяющегося каждую секунду в единицу объема медного провода при плотности тока 30 А/см^2 .

О т в е т : $1,55 \text{ кВт/м}^3$.

№ 331. Спортсмен бежит со скоростью 8 м/с на расстоянии 200 м от фотоаппарата перпендикулярно к направлению съемки. Какую минимальную выдержку должен обеспечить затвор фотоаппарата, чтобы смещение изображения на снимке не превышало $0,1 \text{ мм}$? Фокусное расстояние фотообъектива 5 см .

О т в е т : $5 \cdot 10^{-2} \text{ с}$.

№ 332. При каком условии плоское зеркало может дать действительное изображение? Привести пример на построение.

№ 333. Светящаяся точка находится на главной оптической оси рассеивающей линзы. Постройте изображение точки.

№ 334. Постройте изображение светящейся точки в собирающей линзе, если точка находится на главной оптической оси линзы между фокусом и линзой.

№ 335. Фокусное расстояние двояковыпуклой линзы $F = 5 \text{ см}$. Точечный источник света находится на оси линзы на расстоянии $d = 6 \text{ см}$ от линзы. Линза разрезается плоскостью вдоль оптической оси на две равные части, которые раздвигаются на расстояние $S = 1 \text{ см}$ симметрично относительно оптической оси. Найдите расстояние между двумя изображениями точки.

О т в е т : 6 см .

№ 336. С самолета, летящего на высоте $2,5 \text{ км}$, фотографируется местность. Фокусное расстояние объектива $0,5 \text{ м}$. Каков масштаб снимков?

О т в е т : $1:5000$.

№ 337. Источник света расположен на главной оптической оси на расстоянии $d = 0,45 \text{ м}$ от собирающей линзы с оптической силой $D = 5 \text{ дптр}$. За линзой, перпендикулярно оптической оси, помещено плоское зеркало. На каком расстоянии от линзы нужно поместить плоское зеркало, чтобы лучи, отраженные от него, пройдя вторично через линзу, стали параллельными?

О т в е т : $0,28 \text{ м}$.

№ 338. На некотором расстоянии от тонкой собирающей линзы помещен предмет. На экране при этом получено его четкое изображение. Линейное увеличение полученного изображения $\Gamma_1 = 4$. Затем предмет был удален от линзы на расстояние $L = 5 \text{ см}$ от своего предыдущего положения. Передвинув экран, вновь получили четкое

изображение, причем линейное увеличение стало равным $\Gamma_2=2$. Найдите фокусное расстояние линзы.

О т в е т : 0,2 м.

№ 339. На каком расстоянии надо поместить предмет от собирающей линзы с фокусным расстоянием F , чтобы расстояние от предмета до его действительного изображения было наименьшим?

О т в е т : $4F$.

№ 340. С помощью собирающей линзы получено действительное уменьшенное изображение предмета на экране. Размер предмета $H=6$ см, размер изображения $h=3$ см. Оставляя предмет и экран неподвижными, перемещают линзу в сторону предмета и получают на экране второе четкое изображение предмета. Найдите его величину.

О т в е т : 12 см.

№ 341. Светящаяся точка движется со скоростью $v=4$ см/с перпендикулярно главной оптической оси рассеивающей линзы. С какой скоростью движется изображение этой точки, если оптическая сила линзы $D=-5$ дптр, а расстояние от точки до линзы, отсчитываемое по главной оптической оси, равно 0,3 м?

О т в е т : $1,6 \cdot 10^{-2}$ м/с.

№ 342. Собирающая линза с фокусным расстоянием $F=16$ см дает резкое изображение предмета в двух положениях, расстояние между которыми $l=60$ см. Найдите расстояние L от предмета до экрана.

О т в е т : 1 м.

№ 343. Молодой человек привык читать книгу, держа ее на расстоянии 20 см от глаз. Какова должна быть оптическая сила очков, которые должен носить молодой человек, чтобы читать книгу, держа ее на расстоянии наилучшего зрения?

О т в е т : -1 дптр.

№ 344. Из плоскопараллельной стеклянной пластинки изготовили три линзы (рис. 47). Фокусное расстояние линз 1 и 2, сложенных вместе, равно $-a$, фокусное расстояние линз 2 и 3 равно $-b$. Определите фокусное расстояние каждой линзы.

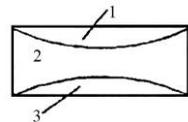


Рис. 47

О т в е т : $F_1=b$, $F_2=-ab/(a+b)$, $F_3=a$.

№ 345. Оптическая система состоит из рассеивающей линзы \mathcal{L} и плоского зеркала \mathcal{Z} , расположенного в фокальной плоскости линзы перпендикулярно ее главной оптической оси $o'o'$ (рис. 48).

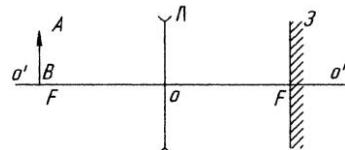


Рис. 48

Предмет AB находится в фокальной плоскости перед линзой. Построением найдите положение изображения предмета, даваемого такой системой, и определите его увеличение.

О т в е т : $\Gamma=1/7$.

№ 346. Найдите максимальную скорость электронов, вырванных с поверхности вольфрама γ -лучами с длиной волны $\lambda=0,001$ нм.

О т в е т : $1,9 \cdot 10^8$ м/с.

№ 347. При бомбардировке лития ${}^7_3\text{Li}$ протонами он превращается в гелий ${}^4_2\text{He}$. Определите объем гелия, образовавшегося из 1 г лития, если гелий после опыта имеет температуру 30°C и давление 700 мм рт. ст.

О т в е т : $V=7,5 \cdot 10^{-3}$ м³.

№ 348. Найдите энергию связи ядра алюминия ${}^{27}_{13}\text{Al}$.

О т в е т : 220 МэВ.

№ 349. Какую минимальную энергию должна иметь α -частица для осуществления ядерной реакции ${}^7_3\text{Li} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n}$?

О т в е т : 2,8 МэВ.

№ 350. Какая энергия выделяется при ядерной реакции ${}^7_3\text{Li} + {}^2_1\text{He} \rightarrow {}^8_4\text{Be} + {}^1_0\text{n}$?

О т в е т : 15 МэВ.

ТАБЛИЦЫ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Множители для образования десятичных кратных и дольных единиц

Наименование	Множитель	Русское обозначение	Международное обозначение
экса	10^{18}	Э	<i>E</i>
пета	10^{15}	П	<i>P</i>
тера	10^{12}	Т	<i>T</i>
гига	10^9	Г	<i>G</i>
мега	10^6	М	<i>M</i>
кило	10^3	к	<i>k</i>
гекто	10^2	г	<i>h</i>
дека	10	да	<i>da</i>
деци	10^{-1}	д	<i>d</i>
санти	10^{-2}	с	<i>c</i>
милли	10^{-3}	м	<i>m</i>
микро	10^{-6}	мк	μ
нано	10^{-9}	н	<i>n</i>
пико	10^{-12}	п	<i>p</i>
фемто	10^{-15}	ф	<i>f</i>
атто	10^{-18}	а	<i>a</i>

Фундаментальные физические константы

Ускорение свободного падения	$g = 9,81 \text{ м/с}^2$
Постоянная Авогадро	$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Атомная единица массы 1 а. е. м.	1 а. е. м. = $1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Универсальная газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ Дж/(моль}\cdot\text{К)}$
Постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
Молярный объём идеального газа при н. у.	$V_m = 22,41 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{моль}$
Нормальное атмосферное давление	$P_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$
Скорость света в вакууме	$c = 299\,792\,458 \text{ м/с}$
Магнитная постоянная	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$
Электрическая постоянная	$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$
Гравитационная постоянная	$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг}\cdot\text{с}^2)$
Постоянная Планка	$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$
Элементарный заряд	$e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Масса покоя электрона	$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
Масса покоя протона	$m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Масса покоя нейтрона	$m_n = 1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$

**Давление водяного пара, насыщающего пространство
при разных температурах**

$t, ^\circ\text{C}$	$p_n, \text{Па}$	$t, ^\circ\text{C}$	$p_n, \text{Па}$	$t, ^\circ\text{C}$	$p_n, \text{Па}$
-5	400	8	1070	40	7335
0	609	9	1145	50	12302
1	656	10	1225	60	19807
2	704	12	1396	70	31122
3	757	14	1596	80	47215
4	811	16	1809	90	69958
5	870	20	2328	100	101080
6	932	25	3165		
7	1025	30	4229		

Свойства некоторых жидкостей (при 20°C)

Вещество	Плотность, 10^3 кг/м^3	Удельная теплоёмкость, Дж/(кг·К)	Поверхностное натяжение, Н/м
Бензол	0,88	1720	0,03
Вода	1,00	4190	0,073
Глицерин	1,20	2430	0,064
Касторовое масло	0,90	1800	0,035
Керосин	0,80	2140	0,03
Ртуть	13,60	138	0,5
Спирт	0,79	2510	0,02

Диэлектрическая проницаемость некоторых веществ

Воск	7,8	Слюда	6
Вода	81	Стекло	6
Масло	5	Фарфор	6
Парафин	2	Эбонит	2,6

Удельное сопротивление проводников (при 0°C), мкОм·м

Алюминий	0,025	Нихром	1,00
Графит	0,039	Ртуть	0,94
Железо	0,087	Свинец	0,22
Медь	0,017	Сталь	0,10

Свойства некоторых твёрдых тел

Вещество	Плотность, 10^3 кг/м^3	Температура плавления, °С	Удельная теплоёмкость, Дж/(кг·К)	Удельная теплота плавления, кДж/кг	Температурный коэффициент линейного расширения, 10^{-5} К^{-1}
Алюминий	2,6	659	896	322	2,3
Железо	7,9	1530	500	272	1,2
Латунь	8,4	900	386	–	1,9
Лёд	0,9	0	2100	335	–
Медь	8,6	1100	395	176	1,6
Олово	7,2	232	230	58,6	2,7
Платина	21,4	1770	117	113	0,89
Пробка	0,2	–	2050	–	–
Свинец	11,3	327	126	22,6	2,9
Серебро	10,5	960	234	88	1,9
Сталь	7,7	1300	460	–	1,06
Цинк	7,0	420	391	117	2,9

Работа выхода электронов из металла, эВ

W	4,5	Ag	4,74
W + Cs	1,6	Li	2,4
W + Th	2,63	Na	2,3
Pt + Cs	1,40	K	2,0
Pt	5,3	Cs	1,9

Показатель преломления

Алмаз	2,42	Сероуглерод	1,63
Вода	1,33	Скипидар	1,48
Лёд	1,31	Стекло	1,5-1,9

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Задачи по физике для поступающих в вузы / Бендриков Г.А. [и др.]. – М.: Наука, 1985.
2. Сборник задач по элементарной физике / Буховцев Б.Б. [и др.]. – Изд. 4-е. – М.: Наука, 1974.
3. Вачугова, Л.И. Задачи по физике для поступающих в вузы / Л.И. Вачугова, О.В. Зорина, Р.Я. Шилова. – Казань: Таткнигоиздат, 1971.
4. Волькенштейн, В.С. Сборник задач по общему курсу физики / В.С. Волькенштейн. – М.: Наука, 1979.
5. Гольдфарб, Н.И. Сборник вопросов и задач по физике / Н.И. Гольдфарб. – Изд. 3-е. – М.: Высшая школа, 1973.
6. Гофман, Ю.В. Законы, формулы, задачи физики / Ю.В. Гофман. – Киев: Наукова думка, 1977.
7. Демкович, В.П. Сборник задач по физике для средней школы / В.П. Демкович. – М.: Просвещение, 1985.
8. Зубов, В.Г. Задачи по физике. Пособие для самообразования / В.Г. Зубов, В.П. Шальнов. – Изд. 10-е. – М.: Наука, 1975.
9. Козел, С.М. Сборник задач по физике / С.М. Козел, Э.И. Рашба, С.А. Славатинский. – Изд. 2-е. – М.: Наука, 1987.
10. Пинский, А.А. Задачи по физике / А.А. Пинский. – М.: Наука, 1977.
11. Физика для абитуриента / под ред. Н.М. Рогачева. – Самара: СГАУ, 2010.
12. Рогачев, Н.М. Задачи по физике для поступающих в вуз / Н.М. Рогачев. – Самара: СГАУ, 2003.
13. Решения задач по курсу общей физики / под ред. Н.М. Рогачева. – СПб.: Лань, 2008.
14. Рымкевич, А.П. Сборник задач по физике для 8-10 классов средней школы / А.П. Рымкевич, П.А. Рымкевич. – М.: Просвещение, 1975.
15. Степанова, Г.Н. Сборник задач по физике / Г.Н. Степанова. – М.: Просвещение, 1995.
16. Тульчинский, М.Е. Качественные задачи по физике / М.Е. Тульчинский. – Изд. 3-е. – М.: Просвещение, 1972.