

# Единый государственный экзамен по физике, 2006 год демонстрационная версия

## Часть А

**А1.** Велосипедист съезжает с горки, двигаясь прямолинейно и равноускоренно. За время спуска скорость велосипедиста увеличилась на 10 м/с. Ускорение велосипедиста  $0,5 \text{ м/с}^2$ . Сколько времени длится спуск?

- 1) 0,05 с                      2) 2 с                      3) 5 с                      4) 20 с

**Решение.** Время спуска равно  $10 \text{ м/с} / 0,5 \text{ м/с}^2 = 20 \text{ с}$ .

Правильный ответ: 4.

**А2.** В инерциальной системе отсчёта движутся два тела. Первому телу массой  $m$  сила  $F$  сообщает ускорение  $a$ . Чему равна масса второго тела, если вдвое меньшая сила сообщила ему в 4 раза большее ускорение?

- 1)  $2m$                       2)  $\frac{m}{8}$                       3)  $\frac{m}{2}$                       4)  $m$

**Решение.** Масса может быть рассчитана по формуле  $m = F/a$ . Вдвое меньшая сила сообщает в 4 раза большее ускорение телу с массой  $0,5F/4a = m/8$ .

Правильный ответ: 2.

**А3.** На какой стадии полёта в космическом корабле, который становится на орбите спутником Земли, будет наблюдаться невесомость?

- 1) на стартовой позиции с включенным двигателем  
2) при выходе на орбиту с включенным двигателем  
3) при орбитальном полете с выключенным двигателем  
4) при посадке с парашютом с выключенным двигателем

**Решение.** Невесомость наблюдается в условиях отсутствия всех внешних сил, за исключением гравитационных. В таких условиях находится космический корабль при орбитальном полете с выключенным двигателем.

Правильный ответ: 3.

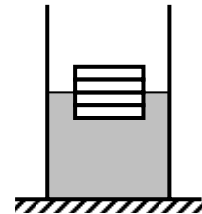
**А4.** Два шара массами  $m$  и  $2m$  движутся со скоростями, равными соответственно  $2v$  и  $v$ . Первый шар движется за вторым и, догнав, прилипает к нему. Каков суммарный импульс шаров после удара?

- 1)  $mv$                       2)  $2mv$                       3)  $3mv$                       4)  $4mv$

**Решение.** По закону сохранения суммарный импульс шаров после удара равен сумме импульсов шаров до столкновения:  $m \cdot 2v + 2m \cdot v = 4mv$ .

Правильный ответ: 4.

**A5.** Четыре одинаковых листа фанеры толщиной  $L$  каждый, связанные в стопку, плавают в воде так, что уровень воды соответствует границе между двумя средними листами. Если в стопку добавить еще один такой же лист, то глубина погружения стопки листов увеличится на

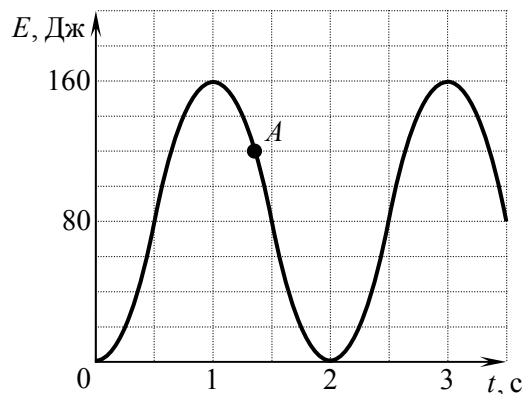


- 1)  $\frac{L}{4}$       2)  $\frac{L}{3}$       3)  $\frac{L}{2}$       4)  $L$

**Решение.** Глубина погружения составляет половину высоты стопки: для четырёх листов —  $2L$ , для пяти листов —  $2,5L$ . Глубина погружения увеличится на  $2,5L - 2L = L/2$ .

Правильный ответ: 3.

**A6.** На рисунке представлен график изменения со временем кинетической энергии ребёнка, качающегося на качелях. В момент, соответствующий точке  $A$  на графике, его потенциальная энергия, отсчитанная от положения равновесия качелей, равна



- 1) 40 Дж    2) 80 Дж    3) 120 Дж    4) 160 Дж

**Решение.** Известно, что в положении равновесия наблюдается максимум кинетической энергии, а разность потенциальных энергий в двух состояниях равна по модулю разности кинетических энергий. Из графика видно, что максимальная кинетическая энергия равна 160 Дж, а для точки  $A$  она равна 120 Дж. Таким образом, потенциальная энергия, отсчитанная от положения равновесия качелей, равна  $160 \text{ Дж} - 120 \text{ Дж} = 40 \text{ Дж}$ .

Правильный ответ: 1.

**A7.** Две материальные точки движутся по окружностям радиусами  $R_1$  и  $R_2 = 2R_1$  с одинаковыми по модулю скоростями. Их периоды обращения по окружностям связаны соотношением

- 1)  $T_1 = 2T_2$       2)  $T_1 = T_2$       3)  $T_1 = 4T_2$       4)  $T_1 = \frac{1}{2}T_2$

**Решение.** Период обращения по окружности равен  $T = 2\pi R/v$ . Поскольку  $R_1 = R_2/2$ , то  $T_1 = T_2/2$ .

Правильный ответ: 4.

**A8.** В жидкостях частицы совершают колебания возле положения равновесия, сталкиваясь с соседними частицами. Время от времени частица совершает «прыжок» к другому положению равновесия. Какое свойство жидкостей можно объяснить таким характером движения частиц?

- 1) малую сжимаемость  
2) текучесть  
3) давление на дно сосуда  
4) изменение объёма при нагревании

**Решение.** Таким характером движения частиц жидкости объясняется её текучесть.

Правильный ответ: 2.

**A9.** Лёд при температуре  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  внесли в тёплое помещение. Температура льда до того, как он растает,

- 1) не изменится, так как вся энергия, получаемая льдом в это время, расходуется на разрушение кристаллической решетки
- 2) не изменится, так как при плавлении лёд получает тепло от окружающей среды, а затем отдаёт его обратно
- 3) повысится, так как лёд получает тепло от окружающей среды, значит, его внутренняя энергия растёт, и температура льда повышается
- 4) понизится, так как при плавлении лёд отдаёт окружающей среде некоторое количество теплоты

**Решение.** Температура льда до того, как он растает, не изменится, так как вся энергия, получаемая льдом в это время, расходуется на разрушение кристаллической решетки.

Правильный ответ: 1.

**A10.** При какой влажности воздуха человек легче переносит высокую температуру воздуха и почему?

- 1) при низкой, так как при этом пот испаряется быстро
- 2) при низкой, так как при этом пот испаряется медленно
- 3) при высокой, так как при этом пот испаряется быстро
- 4) при высокой, так как при этом пот испаряется медленно

**Решение.** Человек легче переносит высокую температуру воздуха при низкой влажности, так как при этом пот испаряется быстро.

Правильный ответ: 1.

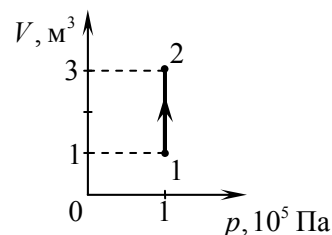
**A11.** Абсолютная температура тела равна  $300\text{ K}$ . По шкале Цельсия она равна

- 1)  $-27\text{ }^{\circ}\text{C}$                       2)  $27\text{ }^{\circ}\text{C}$                       3)  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$                       4)  $573\text{ }^{\circ}\text{C}$

**Решение.** По шкале Цельсия она равна  $300 - 273 = 27\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Правильный ответ: 2.

**A12.** На рисунке приведён график зависимости объёма идеального одноатомного газа от давления в процессе 1–2. Внутренняя энергия газа при этом увеличилась на  $300\text{ кДж}$ . Количество теплоты, сообщенное газу в этом процессе, равно



- 1)  $0\text{ кДж}$             2)  $100\text{ кДж}$             3)  $200\text{ кДж}$             4)  $500\text{ кДж}$

**Решение.** По первому началу термодинамики сообщенное газу количество теплоты равно  $Q = \Delta U + A = \Delta U + p\Delta V = 300\text{ кДж} + 1 \cdot 10^5\text{ Па} \cdot (3 - 1)\text{ м}^3 = 500\text{ кДж}$ .

Правильный ответ: 4.

**A13.** Тепловая машина с КПД  $60\%$  за цикл работы получает от нагревателя количество теплоты, равное  $100\text{ Дж}$ . Какую полезную работу машина совершает за цикл?

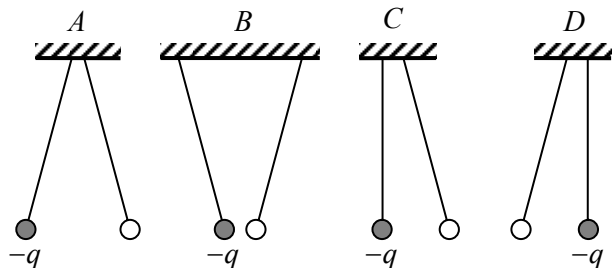
- 1)  $40\text{ Дж}$                       2)  $60\text{ Дж}$                       3)  $100\text{ Дж}$                       4)  $160\text{ Дж}$

**Решение.** КПД тепловой машины, совершаемая ею полезная работа и получаемое от нагревателя количество теплоты связаны равенством  $\eta = A/Q$ , откуда  $A = \eta Q = 0,6 \cdot 100\text{ Дж} = 60\text{ Дж}$ .

Правильный ответ: 2.

**A14.** Два одинаковых лёгких шарика, заряды которых равны по модулю, подвешены на шёлковых нитях. Заряд одного из шариков указан на рисунках. Какой(-ие) из рисунков соответствует(-ют) ситуации, когда заряд 2-го шарика отрицателен?

- 1) *A*    2) *B*    3) *C* и *D*    4) *A* и *C*

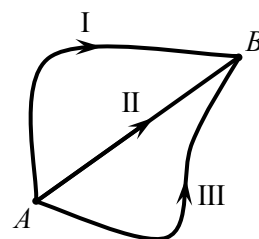


**Решение.** Указанный заряд шарика — отрицательный. Одноимённые заряды отталкиваются. Отталкивание наблюдается на рисунке *A*.

Правильный ответ: 1.

**A15.**  $\alpha$ -частица перемещается в однородном электростатическом поле из точки *A* в точку *B* по траекториям I, II, III (см. рис.). Работа сил электростатического поля

- 1) наибольшая на траектории I  
2) наибольшая на траектории II  
3) одинаковая только на траекториях I и III  
4) одинаковая на траекториях I, II и III



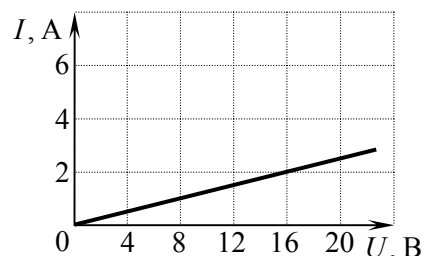
**Решение.** Электростатическое поле является потенциальным. В нём работа по перемещению заряда не зависит от траектории, а зависит от положения начальной и конечной точек. Для нарисованных траекторий начальные и конечные точки совпадают, значит, и работы сил электростатического поля одинаковы.

Правильный ответ: 4.

**A16.** На рисунке изображен график зависимости силы тока в проводнике от напряжения на его концах. Чему равно сопротивление проводника?

- 1) 0,125 Ом    2) 2 Ом    3) 16 Ом    4) 8 Ом

**Решение.** Сопротивление может быть рассчитано по формуле  $R = U / I$ . Из графика видно, что  $R = 16 \text{ В} / 2 \text{ А} = 8 \text{ Ом}$ .



Правильный ответ: 4.

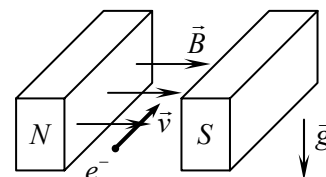
**A17.** Какими носителями электрического заряда создаётся ток в водном растворе соли?

- 1) только ионами  
2) электронами и «дырками»  
3) электронами и ионами  
4) только электронами

**Решение.** В водном растворе соли ток создаётся только ионами.

Правильный ответ: 1.

**A18.** Электрон  $e^-$ , влетевший в зазор между полюсами электромагнита, имеет горизонтально направленную скорость  $\vec{v}$ , перпендикулярную вектору индукции магнитного поля  $\vec{B}$  (см. рис.). Куда направлена действующая на электрон сила Лоренца?

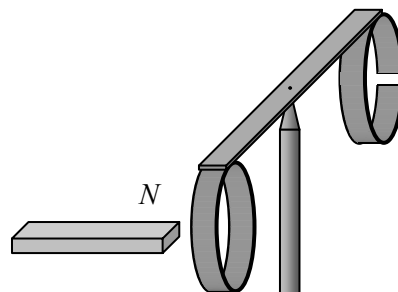


- 1) вертикально вниз                      2) вертикально вверх  
3) горизонтально влево                4) горизонтально вправо

**Решение.** Воспользуемся правилом «левой руки»: направим четыре пальца руки в сторону направления движения электрона (от себя), а ладонь развернём так, чтобы линии магнитного поля входили в неё (влево). Тогда оттопыренный большой палец покажет направление действующей силы (он будет направлен вниз), если бы частица была заряжена положительно. Заряд электрона отрицательный, значит, сила Лоренца будет направлена в противоположную сторону: вертикально вверх.

Правильный ответ: 2.

**A19.** На рисунке приведена демонстрация опыта по проверке правила Ленца. Опыт проводится со сплошным кольцом, а не разрезанным, потому что



- 1) сплошное кольцо сделано из стали, а разрезанное — из алюминия
- 2) в сплошном кольце не возникает вихревое электрическое поле, а в разрезанном — возникает
- 3) в сплошном кольце возникает индукционный ток, а в разрезанном — нет
- 4) в сплошном кольце возникает ЭДС индукции, а в разрезанном — нет

**Решение.** Опыт проводится со сплошным кольцом, потому что в сплошном кольце возникает индукционный ток, а в разрезанном — нет.

Правильный ответ: 3.

**A20.** Разложение белого света в спектр при прохождении через призму обусловлено:

- 1) интерференцией света
- 2) дисперсией света
- 3) отражением света
- 4) дифракцией света

**Решение.** Разложение белого света в спектр при прохождении через призму обусловлено дисперсией света.

Правильный ответ: 2.

**A21.** Объектив фотоаппарата — собирающая линза с фокусным расстоянием  $F = 50$  мм. При фотографировании предмета, удалённого от фотоаппарата на 40 см, изображение предмета получается чётким, если плоскость фотоплёнки находится от объектива на расстоянии

- 1) бóльшем, чем  $2F$
- 2) равном  $2F$
- 3) между  $F$  и  $2F$
- 4) равном  $F$

**Решение.** Используя формулу для линзы, определим положение изображения предмета:

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} = \frac{1}{F} \Leftrightarrow d_2 = \frac{d_1 F}{d_1 - F} = \frac{40 \text{ см} \cdot 5 \text{ см}}{40 \text{ см} - 5 \text{ см}} = 5,7 \text{ см}.$$

Если на этом расстоянии расположить плоскость фотоплёнки, то получится чёткое изображение. Видно, что  $50 \text{ мм} < 57 \text{ мм} < 100 \text{ мм}$ .

Правильный ответ: 3.

**A22.** Скорость света во всех инерциальных системах отсчёта

- 1) не зависит ни от скорости приёмника света, ни от скорости источника света
- 2) зависит только от скорости движения источника света
- 3) зависит только от скорости приёмника света
- 4) зависит как от скорости приёмника света, так и от скорости источника света

**Решение.** Согласно постулату специальной теории относительности скорость света во всех инерциальных системах отсчёта одинакова и не зависит ни от скорости приёмника света, ни от скорости источника света.

Правильный ответ: 1.

**A23.** Бета-излучение — это

- |                     |                           |
|---------------------|---------------------------|
| 1) поток ядер гелия | 2) поток протонов         |
| 3) поток электронов | 4) электромагнитные волны |

**Решение.** Бета-излучение — это поток электронов.

Правильный ответ: 3.

**A24.** Реакция термоядерного синтеза  ${}^3_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$  идёт с выделением энергии, при этом:  
 А. Сумма зарядов частиц — продуктов реакции — точно равна сумме зарядов исходных ядер.  
 Б. Сумма масс частиц — продуктов реакции — точно равна сумме масс исходных ядер.

Верны ли приведенные выше утверждения?

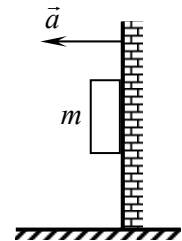
- 1) верно только А      2) верно только Б      3) верны и А, и Б      4) не верны ни А, ни Б

**Решение.** Заряд сохраняется всегда. Поскольку реакция идёт с выделением энергии, суммарная масса продуктов реакции меньше суммарной массы исходных ядер. Верно только А.

Правильный ответ: 1.

**A25.** К подвижной вертикальной стенке приложили груз массой 10 кг. Коэффициент трения между грузом и стенкой равен 0,4. С каким минимальным ускорением надо передвигать стенку влево, чтобы груз не соскользнул вниз?

- 1)  $4 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}^2$       2)  $4 \text{ м/с}^2$       3)  $25 \text{ м/с}^2$       4)  $250 \text{ м/с}^2$

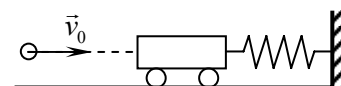


**Решение.** Чтобы груз не соскользнул вниз, нужно чтобы сила трения между грузом и стенкой уравновесила силу тяжести:  $F_{mp} = mg$ . Для неподвижного относительно стенки груза верно соотношение  $F_{mp} \leq \mu N$ , где  $\mu$  — коэффициент трения,  $N$  — сила реакции опоры, которая по второму закону Ньютона связана с ускорением стенки равенством  $N = ma$ . В итоге получаем:

$$mg \leq \mu ma \Leftrightarrow a \geq \frac{g}{\mu} = \frac{10 \text{ м/с}^2}{0,4} = 25 \text{ м/с}^2.$$

Правильный ответ: 3.

**A26.** Пластилиновый шар массой 0,1 кг летит горизонтально со скоростью 1 м/с (см. рис.). Он налетает на неподвижную тележку массой 0,1 кг, прикрепленную к легкой пружине, и прилипает к тележке. Чему равна максимальная кинетическая энергия системы при её дальнейших колебаниях? Трением пренебречь. Удар считать мгновенным.



- 1) 0,1 Дж                      2) 0,5 Дж                      3) 0,05 Дж                      4) 0,025 Дж

**Решение.** По закону сохранения импульса скорость тележки с прилипшим пластилиновым шаром равна

$$v = \frac{m_u v_u}{m_u + m_m} = \frac{0,1 \text{ кг} \cdot 1 \text{ м/с}}{0,1 \text{ кг} + 0,1 \text{ кг}} = 0,5 \text{ м/с} .$$

Далее в отсутствии сил трения энергия системы будет сохраняться. В момент после столкновения потенциальная энергия равна нулю, а кинетическая энергия максимальна:

$$E = \frac{(m_u + m_m)v^2}{2} = \frac{(0,1 \text{ кг} + 0,1 \text{ кг}) \cdot (0,5 \text{ м/с})^2}{2} = 0,025 \text{ Дж} .$$

Правильный ответ: 4.

**A27.** Экспериментаторы закачивают воздух в стеклянный сосуд, одновременно охлаждая его. При этом температура воздуха в сосуде понизилась в 2 раза, а его давление возросло в 3 раза. Во сколько раз увеличилась масса воздуха в сосуде?

- 1) в 2 раза                      2) в 3 раза                      3) в 6 раз                      4) в 1,5 раза

**Решение.** Используя уравнение Менделеева — Клапейрона, можно рассчитать массу воздуха в сосуде:

$$pV = \frac{m}{M} RT \Leftrightarrow m = \frac{pVM}{RT} .$$

Если температура понизилась в 2 раза, а его давление возросло в 3 раза, то масса воздуха увеличилась в 6 раз.

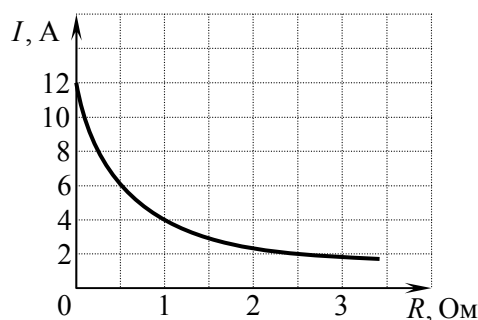
Правильный ответ: 3.

**A28.** К источнику тока с внутренним сопротивлением 0,5 Ом подключили реостат. На рисунке показан график зависимости силы тока в реостате от его сопротивления. Чему равна ЭДС источника тока?

- 1) 12 В      2) 6 В      3) 4 В      4) 2 В

**Решение.** По закону Ома для полной цепи:

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} \Leftrightarrow \varepsilon = I(R+r) .$$



При внешнем сопротивлении равном нулю ЭДС источника тока находится по формуле:

$$\varepsilon = Ir = 12 \text{ А} \cdot 0,5 \text{ Ом} = 6 \text{ В} .$$

Правильный ответ: 2.

**A29.** Последовательно соединены конденсатор, катушка индуктивности и резистор. Если при неизменной частоте и амплитуде напряжения на концах цепи увеличивать ёмкость конденсатора от 0 до  $\infty$ , то амплитуда тока в цепи будет

- 1) монотонно убывать                      2) монотонно возрастать  
3) сначала возрастать, затем убывать                      4) сначала убывать, затем возрастать

**Решение.** Сопротивление схемы переменному току равно  $\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}$ . Амплитуда тока в цепи равна

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}.$$

Эта зависимость как функция  $C$  на промежутке  $[0, \infty)$  имеет максимум при  $C = \frac{1}{\omega^2 L}$ . Амплитуда тока в цепи будет сначала возрастать, затем убывать.

Правильный ответ: 3.

**А30.** Сколько  $\alpha$ - и  $\beta$ -распадов должно произойти при радиоактивном распаде ядра урана  ${}_{92}^{238}\text{U}$  и конечном превращении его в ядро свинца  ${}_{82}^{198}\text{Pb}$ ?

- |   |  |
|---|--|
| 1) 10 $\alpha$ - и 10 $\beta$ -распадов | 2) 10 $\alpha$ - и 8 $\beta$ -распадов |
| 3) 8 $\alpha$ - и 10 $\beta$ -распадов  | 4) 10 $\alpha$ - и 9 $\beta$ -распадов |

**Решение.** При  $\alpha$ -распаде масса ядра уменьшается на 4 а. е. м., а при  $\beta$ -распаде масса не изменяется. В серии распадов масса ядра уменьшилась на  $238 - 198 = 40$  а. е. м. Для такого уменьшения массы требуется 10  $\alpha$ -распадов. При  $\alpha$ -распаде заряд ядра уменьшается на 2, а при  $\beta$ -распаде — увеличивается на 1. В серии распадов заряд ядра уменьшился на 10. Для такого уменьшения заряда кроме 10  $\alpha$ -распадов требуется 10  $\beta$ -распадов.

Правильный ответ: 1.

## Часть В

**В1.** Небольшой камень, брошенный с ровной горизонтальной поверхности земли под углом к горизонту, упал обратно на землю через 2 с в 20 м от места броска. Чему равна минимальная скорость камня за время полёта?

**Решение.** За 2 с камень преодолел 20 м по горизонтали, следовательно, составляющая его скорости, направленная вдоль горизонта, равна 10 м/с. Скорость камня минимальна в наивысшей точке полёта. В верхней точке полная скорость совпадает со своей горизонтальной проекцией и, следовательно, равна 10 м/с.

Ответ: 10.

**В2.** Для определения удельной теплоты плавления льда в сосуд с водой стали бросать кусочки тающего льда при непрерывном помешивании. Первоначально в сосуде находилось 300 г воды при температуре 20 °С. К моменту времени, когда лёд перестал таять, масса воды увеличилась на 84 г. Определите по данным опыта удельную теплоту плавления льда. Ответ выразите в кДж/кг. Теплоёмкостью сосуда пренебечь.

**Решение.** Вода отдала  $4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,3 \text{ кг} \cdot 20 ^\circ\text{C} = 25,2 \text{ кДж}$  теплоты. Это количество теплоты пошло на таяние 84 г льда. Удельная теплота плавления льда равна  $\frac{25,2 \text{ кДж}}{0,084 \text{ кг}} = 300 \text{ кДж/кг}$ .

Ответ: 300.

**В3.** При лечении электростатическим душем к электродам прикладывается разность потенциалов  $10^5 \text{ В}$ . Какой заряд проходит между электродами за время процедуры, если известно, что электрическое поле совершает при этом работу, равную 1800 Дж? Ответ выразите в мКл.



**Решение.** Работа электрического поля по перемещению заряда равна  $A = qU$ . Откуда можно выразить заряд:

$$q = \frac{A}{U} = \frac{1800 \text{ Дж}}{10^5 \text{ В}} = 18 \text{ мКл}.$$

Ответ: 18.

**В4.** Дифракционная решетка с периодом  $10^{-5}$  м расположена параллельно экрану на расстоянии 1,8 м от него. Какого порядка максимум в спектре будет наблюдаться на экране на расстоянии 21 см от центра дифракционной картины при освещении решетки нормально падающим параллельным пучком света с длиной волны 580 нм? Считать  $\sin \alpha \approx \text{tg } \alpha$ .

**Решение.** Угол отклонения связан с постоянной решетки и длиной волны света равенством  $d \sin \alpha = n\lambda$ . Отклонение на экране составляет  $x = l \text{tg } \alpha$ . Таким образом, порядка максимум в спектре равен

$$n = \frac{d \sin \alpha}{\lambda} = \frac{d \text{tg } \alpha}{\lambda} = \frac{d \cdot x}{\lambda \cdot l} = \frac{10^{-5} \text{ м} \cdot 0,21 \text{ м}}{5,8 \cdot 10^{-7} \text{ м} \cdot 1,8 \text{ м}} = 2.$$

Ответ: 2.

## Часть С

**С1.** Масса Марса составляет 0,1 от массы Земли, диаметр Марса вдвое меньше, чем диаметр Земли. Каково отношение периодов обращения искусственных спутников Марса и Земли  $T_M / T_3$ , движущихся по круговым орбитам на небольшой высоте?

**Решение.** Период обращения искусственного спутника, движущегося вокруг планеты по круговой орбите на небольшой высоте, равен

$$T = \frac{\pi D}{v},$$

где  $D$  — диаметр планеты,  $v$  — скорость движения спутника, которая связана с центростремительным ускорением соотношением:

$$a = \frac{v^2}{R} = \frac{2v^2}{D} \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{aD}{2}} \Rightarrow T = \pi \sqrt{\frac{2D}{a}}.$$

Центростремительное ускорением равно ускорению свободного падения на поверхности планеты ( $M$  — масса планеты):

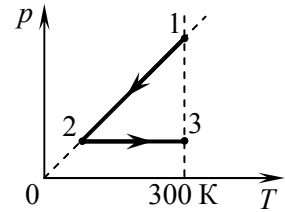
$$a = \frac{GM}{R^2} = \frac{4GM}{D^2} \Rightarrow T = \pi \sqrt{\frac{D^3}{2GM}}.$$

Отношение периодов обращения искусственных спутников Марса и Земли равно:

$$\frac{T_M}{T_3} = \left( \frac{D_M}{D_3} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot \left( \frac{M_3}{M_M} \right)^{\frac{1}{2}} = \left( \frac{1}{2} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot (10)^{\frac{1}{2}} = 1,12.$$

Ответ: 1,12.

**С2.** 1 моль идеального одноатомного газа сначала охладил, а затем нагрел до первоначальной температуры 300 К, увеличив объём газа в 3 раза (см. рис.). Какое количество теплоты отдал газ на участке 1–2?

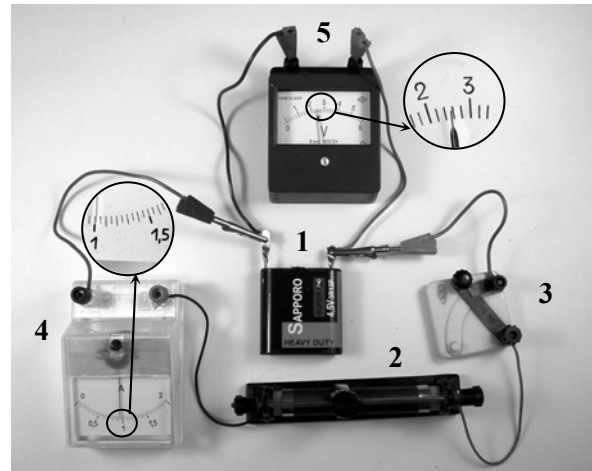
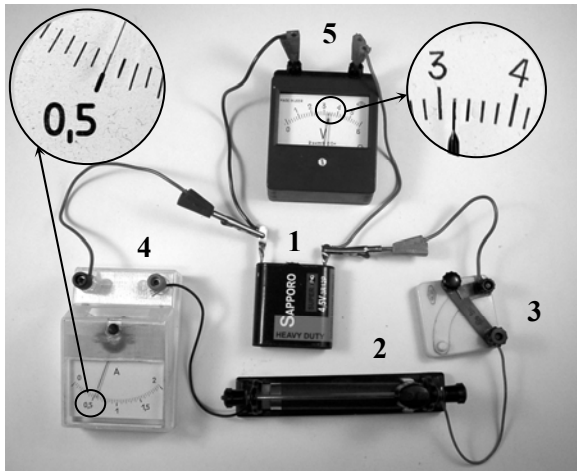


**Решение.** Поскольку при изобарном нагревании объём увеличился в 3 раза, температура также увеличилась в 3 раза. Значит,  $T_2 = 100$  К. На участке 1–2 объём газа остаётся постоянным. Теплоёмкость идеального одноатомного газа в изобарном процессе равна  $C_p = 3\nu R/2$ . Количество теплоты, отданное газом на участке 1–2, равно

$$Q = C_p(T_1 - T_2) = \frac{3}{2} \cdot 1 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot (300 \text{ К} - 100 \text{ К}) = 2500 \text{ Дж}.$$

Ответ: 2,5 кДж.

**С3.** Ученик собрал электрическую цепь, состоящую из батарейки (1), реостата (2), ключа (3), амперметра (4) и вольтметра (5). После этого он провел измерения напряжения на полюсах и силы тока в цепи при двух положениях ползунка реостата (см. рисунки). Определите КПД источника тока в первом опыте.



**Решение.** Показания вольтметра равны разности ЭДС и падения напряжения на внутреннем сопротивлении:  $U = \varepsilon - Ir$ . Из рисунков видно, что при силе тока в цепи  $I_1 = 0,5$  А вольтметр показывает напряжение  $U_1 = 3,2$  В, а при силе тока  $I_2 = 1$  А напряжение  $U_2 = 2,6$  В. Т. о. получаем систему двух уравнений, из которой находим ЭДС батарейки:

$$\begin{cases} U_1 = \varepsilon - I_1 r \\ U_2 = \varepsilon - I_2 r \end{cases} \Rightarrow \varepsilon = \frac{U_1 I_2 - U_2 I_1}{I_2 - I_1} = \frac{3,2 \text{ В} \cdot 1 \text{ А} - 2,6 \text{ В} \cdot 0,5 \text{ А}}{1 \text{ А} - 0,5 \text{ А}} = 3,8 \text{ В}.$$

КПД источника тока в первом опыте равно  $\eta = \frac{U_1 I_1}{\varepsilon I_1} = \frac{U_1}{\varepsilon} = \frac{3,2 \text{ В}}{3,8 \text{ В}} = 84 \%$ .

Ответ: 84 %.

**С4.** На экране с помощью тонкой линзы получено изображение предмета с пятикратным увеличением. Экран передвинули на 30 см вдоль главной оптической оси линзы. Затем при неизменном положении линзы передвинули предмет, чтобы изображение снова стало резким. В этом случае получилось изображение с трёхкратным увеличением. На каком расстоянии от линзы находилось изображение предмета в первом случае?

**Решение.** Обозначим расстояние от линзы до изображения предмета в первом случае  $x$ , фокусное расстояние линзы —  $f$ .

Поскольку увеличение в первом опыте было пятикратным, предмет находился на расстоянии  $x/5$  от линзы. Используя формулу для линзы, получаем:

$$\frac{5}{x} + \frac{1}{x} = \frac{1}{f} \Leftrightarrow f = \frac{x}{6}.$$

После сдвига экрана, он стал находиться на расстоянии  $x - 0,3$  (м) от линзы, а предмет — на расстоянии  $(x - 0,3)/3$  (м). Вновь используя формулу для линзы, получаем:

$$\begin{aligned} \frac{3}{x - 0,3} + \frac{1}{(x - 0,3)/3} &= \frac{1}{f} \Leftrightarrow f = \frac{x - 0,3}{4}, \\ \frac{x}{6} &= \frac{x - 0,3}{4} \Leftrightarrow x = 0,9 \text{ м}. \end{aligned}$$

Ответ: 0,9 м.

**С5.** Какова максимальная скорость электронов, выбиваемых из металлической пластины светом с длиной волны  $\lambda = 3 \cdot 10^{-7}$  м, если красная граница фотоэффекта  $\lambda_{кр} = 540$  нм?

**Решение.** Используя уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, получаем:

$$\begin{aligned} h\nu &= A_{\text{вых}} + E_k \Leftrightarrow \frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_{кр}} + \frac{mv^2}{2} \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{2hc}{m} \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_{кр}} \right)} = \\ &= \sqrt{\frac{2 \cdot 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}} \left( \frac{1}{3 \cdot 10^{-7} \text{ м}} - \frac{1}{5,4 \cdot 10^{-7} \text{ м}} \right)} = 8 \cdot 10^5 \text{ м/с}. \end{aligned}$$

Ответ:  $8 \cdot 10^5$  м/с.

**С6.** Две параллельные неподвижные диэлектрические пластины расположены вертикально и заряжены разноименно. Пластины находятся на расстоянии  $d = 2$  см друг от друга. Напряжённость поля в пространстве внутри пластин равна  $E = 4 \cdot 10^5$  В/м. Между пластинами на равном расстоянии от них помещен шарик с зарядом  $q = 10^{-10}$  Кл и массой  $m = 20$  мг. После того как шарик отпустили, он начинает падать и ударяется об одну из пластин. Насколько уменьшится высота местонахождения шарика  $\Delta h$  к моменту его удара об одну из пластин?

**Решение.** В горизонтальном направлении на шарик действует сила  $F = qE$ , которая сообщает ему ускорение  $a = F/m = qE/m$ . Для преодоления по горизонтали расстояния  $d/2$  шарик потребует время  $T = \sqrt{d/a} = \sqrt{md/qE}$ . За это время шарик сместится вниз на высоту

$$\Delta h = \frac{gT^2}{2} = \frac{gmd}{2qE} = \frac{10 \text{ Н/кг} \cdot 2 \cdot 10^{-5} \text{ кг} \cdot 0,02 \text{ м}}{2 \cdot 10^{-10} \text{ Кл} \cdot 4 \cdot 10^5 \text{ В/м}} = 0,05 \text{ м}.$$

Ответ: 0,05 м.