

**Демонстрационный вариант**  
контрольных измерительных материалов  
единого государственного экзамена 2016 года  
по физике

# Система оценивания экзаменационной работы по физике

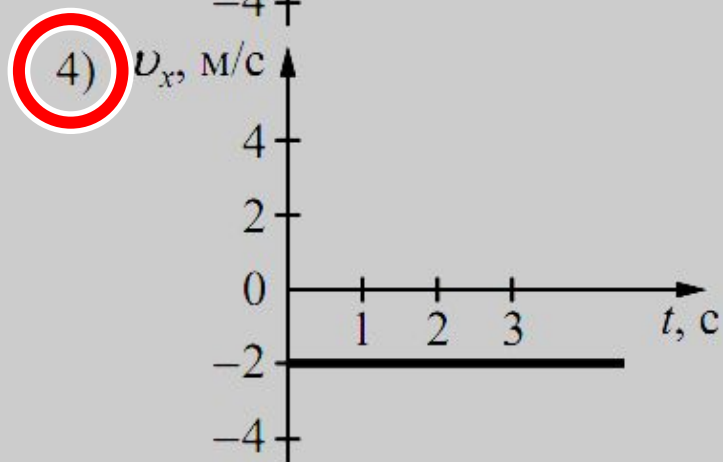
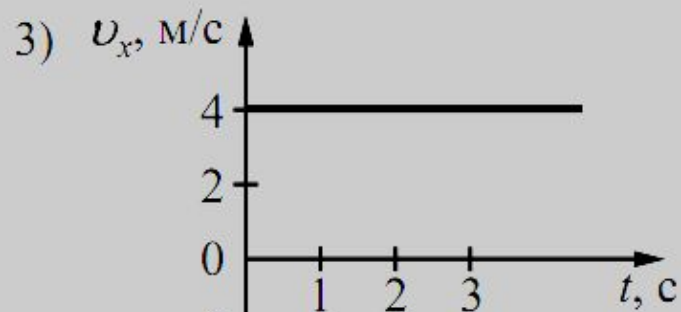
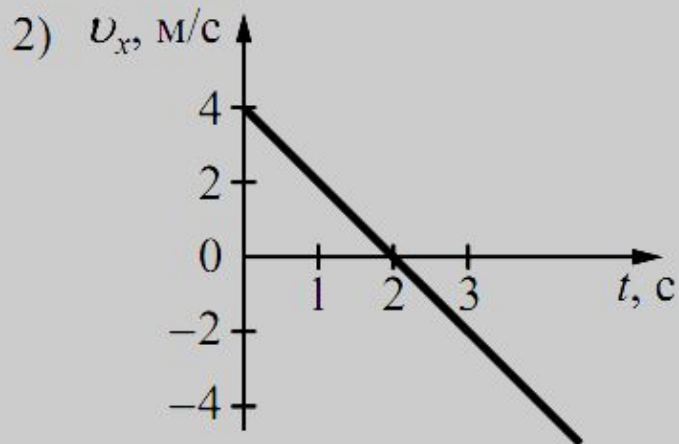
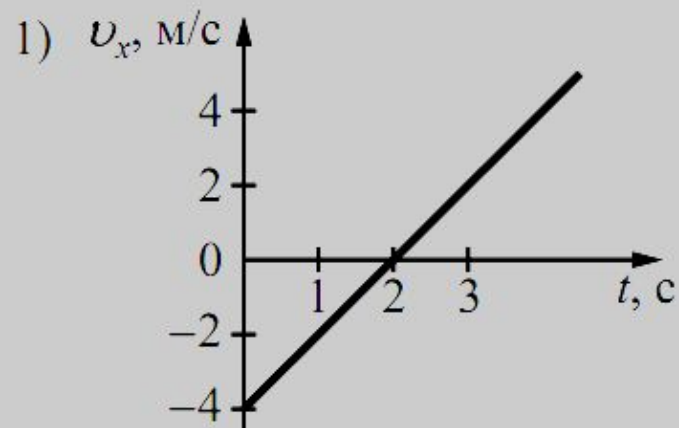
## Задания 1–27

За правильный ответ на каждое из заданий 1–5, 8–10, 13–16, 19–21, 23 и 25–27 ставится по 1 баллу. Эти задания считаются выполненными верно, если правильно указаны требуемая цифра или число.

Каждое из заданий 6, 7, 11, 12, 17, 18, 22 и 24 оценивается в 2 балла, если верно указаны оба элемента ответа; в 1 балл, если допущена одна ошибка; в 0 баллов, если оба элемента указаны неверно. Если указано более двух элементов (в том числе, возможно, и правильные) или ответ отсутствует – 0 баллов.

**1**

Координата тела меняется с течением времени согласно закону  $x = 4 - 2t$ , где все величины выражены в СИ. Какой из графиков отражает зависимость проекции скорости движения тела от времени?



**Решение.**

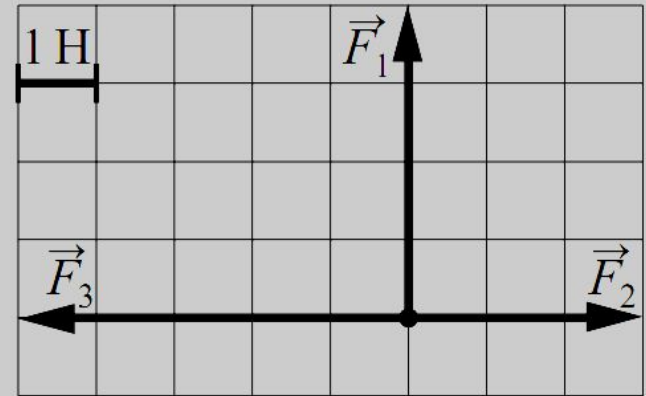
Из уравнения движения видно, что тело движется равномерно со скоростью  $V = -2$ . Единственный рисунок удовлетворяющий данному условию - это рисунок под номером 4.

**2** На рисунке показаны силы (в заданном масштабе), действующие на материальную точку. Модуль равнодействующей силы равен

- 1)  $2\sqrt{5}$  Н
- 2) 6 Н
- 3)  $2\sqrt{3}$  Н
- 4) 2 Н

Ответ:

**1**



Решение.

Равнодействующая всех сил равна:  $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$

Сначала сложим силы направленные вдоль одной оси  $\vec{F}_2 + \vec{F}_3$ . Так как  $\vec{F}_3$  больше  $\vec{F}_2$ , то результирующая будет направлена в сторону  $\vec{F}_3$ . Тогда модуль равнодействующей всех сил можно определить из прямоугольного треугольника (см. рисунок). Таким обра-

$$F = \sqrt{(F_3 - F_2)^2 + F_1^2} = 2\sqrt{5}\text{Н.}$$

Ответ: 1.



**3**

Две планеты с одинаковыми массами обращаются по круговым орбитам вокруг звезды. Для первой из них сила притяжения к звезде в 4 раза больше, чем для второй. Каково отношение  $\frac{R_1}{R_2}$  радиусов орбит первой и второй планет?

Ответ: 0,5.

Решение.

Согласно формуле сила притяжения планеты к звезде  $F = G \cdot \frac{M \cdot m}{R^2}$  обратно пропорциональна квадрату расстояния до звезды.

$$\text{Тогда } \frac{F_1}{F_2} = 4 = \frac{G \cdot \frac{M \cdot m}{R_1^2}}{G \cdot \frac{M \cdot m}{R_2^2}} = \frac{R_2^2}{R_1^2}, \text{ отсюда } \frac{R_1}{R_2} = 0,5.$$

Ответ: 0,5

4

Шарик массой 200 г падает с высоты 20 м с начальной скоростью, равной нулю. Какова его кинетическая энергия в момент перед ударом о землю, если потеря энергии за счёт сопротивления воздуха составила 4 Дж?

Ответ: 36 Дж.

**Решение.**

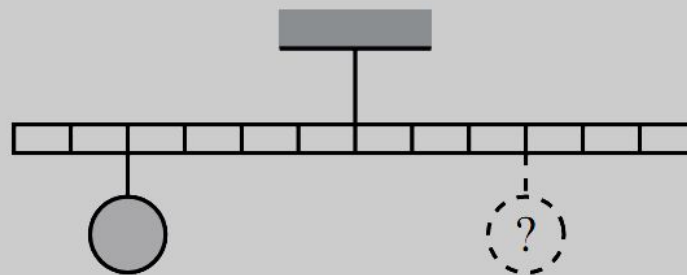
В верхней точке кинетическая энергия шарика равна нулю, т.к. начальная скорость равна нулю. Тогда полная энергия шарика равна его потенциальной энергии в верхней точке  $E_p = m \cdot g \cdot h = 0,2 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} \cdot 20 \text{ м} = 40 \text{ Дж}$ .

Согласно закону сохранения энергии,  $E_1 = E_k + \delta E$ , где  $E_k$  - это кинетическая энергия шарика перед ударом об землю, а  $\delta E$  - потеря энергии за счет сопротивления воздуха. Тогда  $E_k = E_1 - \delta E = 40 - 4 = 36 \text{ Дж}$

Ответ: 36 Дж.

**5**

Тело массой 0,3 кг подвешено к невесомому рычагу так, как показано на рисунке. Груз какой массы надо подвесить к третьей метке в правой части рычага для достижения равновесия?



Ответ:           **0,4**           кг.

**Решение.**

Для того, чтобы система находилась в равновесии необходимо, чтобы моменты сил тяжести двух грузов были равны по модулю:  $m_1 * g * l_1 = m_2 * g * l_2$ , где  $l_1$  и  $l_2$  - соответствующие плечи. Выразим отсюда массу второго груза:

$$m_2 = \frac{m_1 * l_1}{l_2} = \frac{0,3 * 4}{3} = 0,4 \text{ кг.}$$

Ответ: 0,4 кг.

**6**

На поверхности воды плавает сплошной деревянный брусок. Как изменятся глубина погружения бруска и сила Архимеда, действующая на брусок, если его заменить сплошным бруском той же плотности и высоты, но большей массы?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Глубина погружения бруска	Сила Архимеда
<b>3</b>	<b>1</b>

**Решение.**

Так как брусок плавает на поверхности воды, то сила тяжести уравновешена силой Архимеда:  $mg = \rho_{\text{ж}} * g * V_{\text{т}}$ .

Учитывая, что  $V_{\text{т}} = m/\rho_{\text{т}}$ , можем переписать данное выражение в виде:  $mg = \rho_{\text{ж}} * g * \frac{m}{\rho_{\text{т}}}$ . Видно, что при изменении массы тела и постоянстве прочих параметров, равновесие сохранится, значит глубина погружения не изменится.

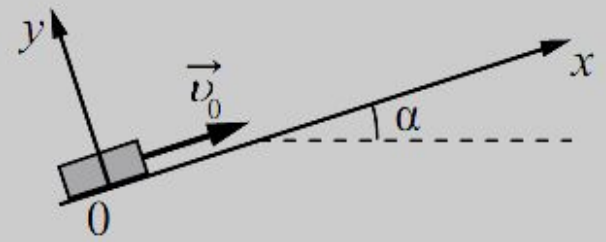
Замена бруска бруском такой же плотности, но большей массы, означает, что новый брусок имеет больший объем, а значит сила Архимеда, действующая на него будет больше.

Ответ: 31.



7

После удара шайба массой  $m$  начала скользить со скоростью  $\vec{v}_0$  вверх по плоскости, установленной под углом  $\alpha$  к горизонту (см. рисунок). Коэффициент трения шайбы о плоскость равен  $\mu$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.



К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) модуль ускорения при движении шайбы вверх  
 Б) модуль силы трения

### ФОРМУЛЫ

- 1)  $g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$   
 2)  $\mu mg \cos \alpha$   
 3)  $\mu mg \sin \alpha$

Решение.

Силы, действующие на шайбу: сила тяжести  $m\vec{g}$ , направленное вниз, сила трения  $\vec{F}_{\text{тр}}$ , направленная против движения

и сила реакции опоры  $\vec{N}$ .

Проекция на  $Oy$ :  $N = mg * \cos \alpha$

Проекция на  $Ox$ :  $-ma = -mg * \sin \alpha - F_{\text{тр}}$  Ускорение отрицательно так как тело движущееся вверх по наклонной плоскости замедляется.

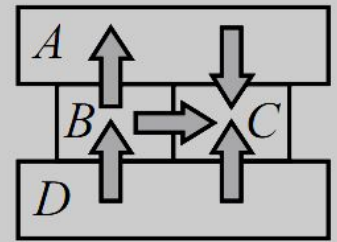
По определению  $F_{\text{тр}} = \mu * N = \mu * mg * \cos \alpha$

Тогда  $a = g * \sin \alpha + \mu * g * \cos \alpha = g(\sin \alpha + \mu * \cos \alpha)$

Ответ: 42

**8**

Четыре металлических бруска, имеющих разные температуры, положили вплотную друг к другу, как показано на рисунке. Стрелки указывают направление теплопередачи от бруска к бруску. Выберите верное утверждение о температуре(-ах) брусков.



- 1) Брусок *C* имеет самую низкую температуру.
- 2) Температура бруска *C* выше, чем бруска *B*.
- 3) Брусок *D* имеет самую низкую температуру.
- 4) Температура бруска *A* выше, чем бруска *B*.

Ответ:

**1****Решение.**

Теплопередача идет от более нагретых тел к менее нагретым телам. Из рисунка мы видим, что нет выходящих стрелочек из бруска *C*, а есть только входящие. Следовательно он имеет самую низкую температуру.

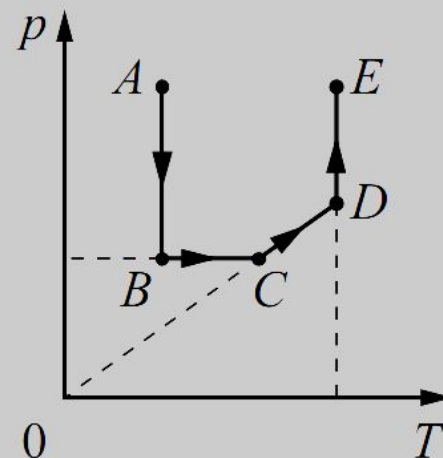
Ответ: 1.

**9**

На рисунке приведён график зависимости давления неизменной массы газа от температуры. Изменения происходят в направлении, указанном стрелкой. Какой процесс происходит с газом на участке  $AB$ ?

- 1) изотермическое расширение
- 2) изотермическое сжатие
- 3) изохорное нагревание
- 4) изобарное нагревание

Ответ:

**1****Решение.**

На участке  $AB$  температура газа постоянна, значит это изотермический процесс. При этом давление уменьшается. Согласно уравнению Менделеева-Клапейрона:  $pV = \nu RT$  объем при этом должен увеличиваться. Данный процесс называется изотермическое расширение.

Ответ: 1.

**10**

Тепловая машина с КПД 40% за цикл работы отдаёт холодильнику количество теплоты, равное 60 Дж. Какое количество теплоты машина получает за цикл от нагревателя?

Ответ: 100 Дж.

Решение.

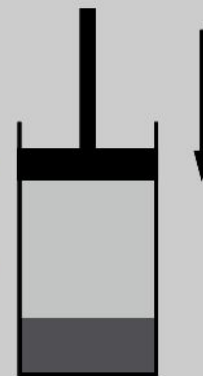
Формула для КПД:  $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$ , где  $Q_1$ - количество теплоты, полученное от нагревателя, а  $Q_2$ - количество теплоты, отданное холодильнику

$$\text{Тогда } Q_1 = \frac{Q_2}{1 - \eta} = 100 \text{ Дж}$$

Ответ: 100 Дж.

**11**

В цилиндре под поршнем находятся жидкость и её насыщенный пар (см. рисунок). Как будут изменяться давление пара и масса жидкости при небольшом медленном перемещении поршня вниз при постоянной температуре?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Давление пара	Масса жидкости
<b>3</b>	<b>1</b>

**Решение.**

Поскольку пар насыщенный, то его давление при данной температуре невозможно увеличить. Когда мы сжимаем поршень происходит кратковременное "увеличение" давления, за счет чего часть пара сразу же конденсируется, увеличивая массу жидкости. Давление в данном процессе остается неизменным.

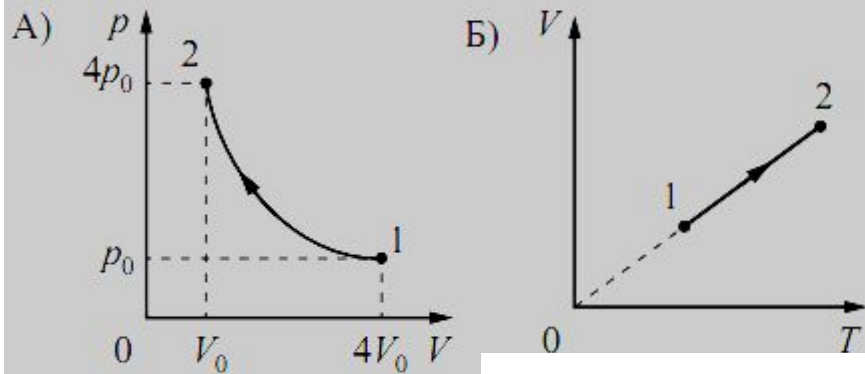
Ответ: 31

12

Установите соответствие между графиками процессов, в которых участвует 1 моль идеального газа, и значениями физических величин, характеризующих эти процессы ( $\Delta U$  – изменение внутренней энергии;  $A$  – работа газа).

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

## ГРАФИКИ

ЗНАЧЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ  
ВЕЛИЧИН

- 1)  $\Delta U = 0$ ;  $A > 0$
- 2)  $\Delta U > 0$ ;  $A > 0$
- 3)  $\Delta U > 0$ ;  $A = 0$
- 4)  $\Delta U = 0$ ;  $A < 0$

Ответ:

А	Б
4	2

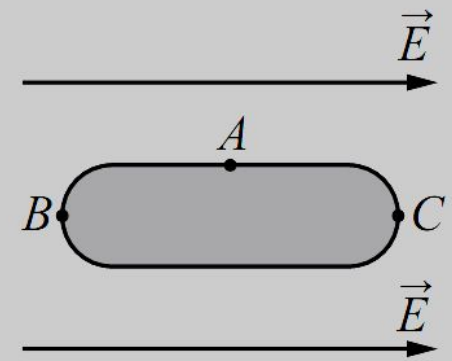
На рисунке А) представлен изотермический процесс, т.к. величина  $pV = const$ . При изотермическом процессе внутренняя энергия газа не изменяется, т.е.  $\Delta U = 0$ . Работа газа в изотермическом процессе описывается формулой  $NkT \ln \frac{V_2}{V_1}$ . В данном процессе  $V_1 = 4V_2$  и значит  $\ln \frac{V_2}{V_1} < 0$  и значит работа, совершаемая газом отрицательна.

На рисунке Б) представлен изобарный процесс, т.к. отношение  $\frac{V}{T} = const$ . В этом процессе происходит увеличение температуры, а значит увеличивается внутренняя энергия  $\Delta U > 0$ . Объем газа увеличивается, следовательно газ совершает работу  $A > 0$

Ответ: 42.

**13**

Металлическое тело, продольное сечение которого показано на рисунке, поместили в однородное электрическое поле напряжённостью  $\vec{E}$ . Под действием этого поля концентрация свободных электронов на поверхности тела станет



- 1) самой большой в точке  $A$
- 2) самой большой в точке  $C$
- 3) самой большой в точке  $B$
- 4) одинаковой в точках  $A$ ,  $B$  и  $C$

Ответ:

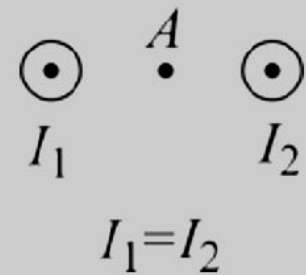
**3****Решение.**

При внесении незаряженного проводника в электрическое поле все свободные носители заряда немедленно приходят в движение: положительные в направлении вектора напряжённости  $E$ , отрицательные в противоположную сторону.

Ответ: 3

14

На рисунке показаны сечения двух параллельных прямых проводников и направления токов в них. Как направлен вектор магнитной индукции в точке  $A$ , находящейся точно посередине между проводниками?



- 1) вниз ↓
- 2) по направлению токов
- 3) равен 0
- 4) вверх ↑

Ответ:

**3****Решение.**

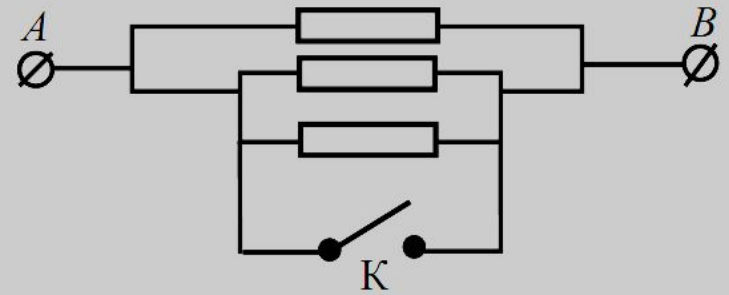
По правилу буравчика, вектор магнитной индукции, вызванной левым проводником с током, будет направлен вверх. В то же время, вектор магнитной индукции, вызванной правым проводником с током, будет направлен вниз. Так как ток в проводниках одинаковый, то вклады в суммарную индукцию от левого и правого проводников будут одинаковы, но направлены в разные стороны. Исходя из этого, делаем вывод, что вектор магнитной индукции в точке  $A$  равен 0.

Ответ: 3.



**15**

Каким будет сопротивление участка цепи  $AB$  (см. рисунок), если ключ  $K$  замкнуть? Каждый из резисторов имеет сопротивление  $5\text{ Ом}$ .



Ответ:                     **0**                     Ом.

**Решение.**

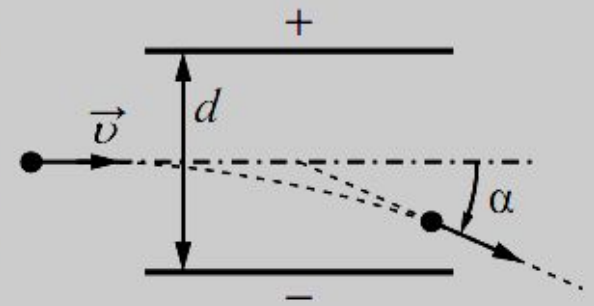
Если ключ  $K$  замкнуть, то ток будет течь в обход резисторов. Сопротивление участка  $AB$  будет равно нулю.

Ответ: 0.



17

Заряженная частица массой  $m$ , движущаяся со скоростью  $\vec{v}$ , влетает в поле плоского конденсатора (см. рисунок). Расстояние между пластинами конденсатора равно  $d$ , а напряжённость электрического поля между пластинами равна  $E$ . Пролетев конденсатор, частица отклоняется от первоначального направления на угол  $\alpha$ .



Как изменятся модуль скорости вылетевшей частицы и угол  $\alpha$ , если уменьшить напряжённость электрического поля между пластинами конденсатора?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

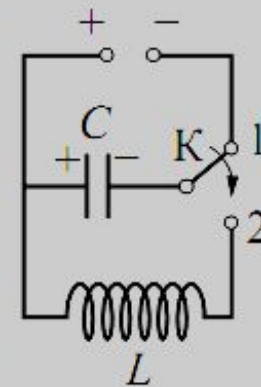
Модуль скорости вылетевшей частицы	Угол отклонения $\alpha$
<b>2</b>	<b>2</b>

**Решение.**

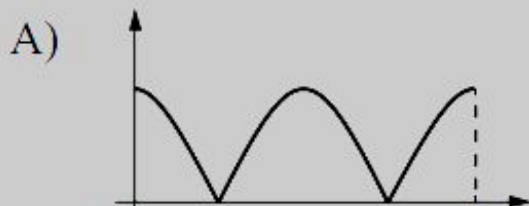
При уменьшении напряжённости электрического поля в конденсаторе сила, действующая на частицу уменьшится, следовательно, уменьшится модуль ускорения частицы. А значит уменьшится скорость частицы в вертикальном направлении. Скорость частицы в горизонтальном направлении в первом и во втором случае одинаковы, следовательно, модуль скорости вылетевшей частицы и угол отклонения  $\alpha$  во втором случае уменьшаться.

Ответ: 22

Конденсатор колебательного контура подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент  $t=0$  переключатель К переводят из положения 1 в положение 2. Графики А и Б представляют изменения физических величин, характеризующих колебания в контуре после этого.  $T$  – период колебаний. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



## ГРАФИКИ



## ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) сила тока в катушке
- 2) заряд левой обкладки конденсатора
- 3) энергия магнитного поля катушки
- 4) модуль напряжения на конденсаторе

**Решение.**

С учетом того, что в момент начала колебаний весь заряд сосредоточен на конденсаторе колебательного контура, для зависимости заряда левой обкладки конденсатора от времени имеем

$$q(t) = q_m \cos \frac{t}{\sqrt{LC}}.$$

Следовательно, для силы тока в катушке получаем:

$$I(t) = -q_m \frac{1}{\sqrt{LC}} \sin \frac{t}{\sqrt{LC}} = -I_m \sin \frac{t}{\sqrt{LC}}.$$

**41**

График Б отображает именно такую зависимость от времени. Таким образом, график Б соответствует силе тока в катушке (Б — 1). Легко видеть, что график А представляет собой модуль напряжения на конденсаторе. Максимумы соответствуют полностью заряженному конденсатору (ток на катушке равен нулю), минимумы — моментам времени, когда конденсатор полностью разряжен (ток на катушке максимален).

**19**

Сравните состав ядер изотопов фосфора  ${}_{15}^{33}\text{P}$  и хлора  ${}_{17}^{33}\text{Cl}$ .

У этих изотопов одинакова(-о)

- 1) разность чисел нейтронов и протонов
- 2) число нейтронов
- 3) сумма чисел протонов и нейтронов
- 4) число протонов

Ответ:

**3**

**Решение.**

У этих изотопов одинаковые массовые числа, а значит сумма числа нейтронов и протонов в ядрах одинакова

Ответ: 3

**20**

В результате какой из серий радиоактивных распадов полоний  ${}_{84}^{214}\text{Po}$  превращается в висмут  ${}_{83}^{210}\text{Bi}$ ?

- 1) двух  $\alpha$ -распадов и одного  $\beta$ -распада
- 2) одного  $\alpha$ -распада и двух  $\beta$ -распадов
- 3) одного  $\alpha$ -распада и одного  $\beta$ -распада
- 4) четырёх  $\alpha$ -распадов и одного  $\beta$ -распада

Ответ:

**3****Решение.**

В результате  $\alpha$ -распада, элемент испускает  $\alpha$ -частицу (атом гелия  ${}_{2}^{4}\text{He}$ , т.е. массовое число будет уменьшаться на 4, а зарядовое на 2.

В результате  $\beta$ -распада, элемент испускает электрон, т.е. массовое число не изменится, а зарядовое увеличится на 1.

В результате одного  $\alpha$ -распада и одного  $\beta$ -распада массовое число элемента уменьшится на 4, а зарядовое на 1

Ответ: 3.

21

Образец радиоактивного радия находится в закрытом сосуде. Ядра радия  ${}^{224}_{88}\text{Ra}$  испытывают  $\alpha$ -распад с периодом полураспада 3,6 суток. Определите количество гелия (в моль) в сосуде через 3,6 суток, если в начальный момент времени образец содержал 1,8 моль радия-224.

Ответ: \_\_\_\_\_ **0,9** \_\_\_\_\_ моль.

**Решение.**

Период полураспада - это время за которое распадается половина от всех имеющихся изначально атомов. Изначально имелось 1,8 моль радия, значит через период полураспада распадется  $1,8/2=0,9$  моль.

Ответ: 0,9 моль.

**22**

На металлическую пластинку направили пучок света от лазера, вызвав фотоэффект. Интенсивность лазерного излучения плавно увеличивают, не меняя его частоты. Как меняются в результате этого число вылетающих в единицу времени фотоэлектронов и их максимальная кинетическая энергия? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не меняется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Число фотоэлектронов, вылетающих в единицу времени	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов
<b>1</b>	<b>3</b>

**Решение.**

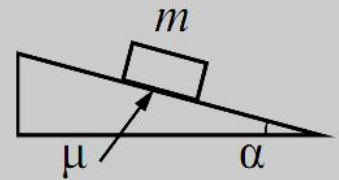
Интенсивность лазерного излучения - количество фотонов, прошедших через единицу площади за единицу времени. Значит при увеличении интенсивности число фотонов увеличится и увеличится число фотоэлектронов. По второму закону фотоэффекта  $E_{\text{фот}} = A_{\text{вых}} + E_{\text{кин}}$  кинетическая энергия фотоэлектронов зависит от работы выхода материала и от энергии фотона. При увеличении интенсивности энергия фотонов не изменяется, а значит максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов остается неизменной.

Ответ: 13.

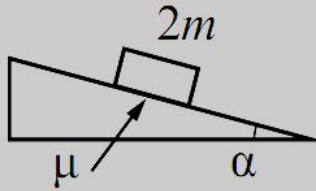


23

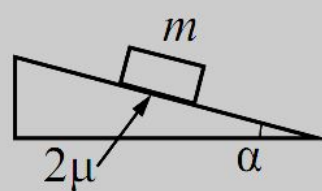
Необходимо экспериментально изучить зависимость ускорения тела, скользящего по шероховатой наклонной плоскости, от массы груза на установке, представленной справа (на всех рисунках  $m$  – масса тела,  $\alpha$  – угол наклона плоскости к горизонту,  $\mu$  – коэффициент трения между бруском и плоскостью). Какую из установок, изображённых ниже, следует использовать совместно с заданной, чтобы провести такое исследование?



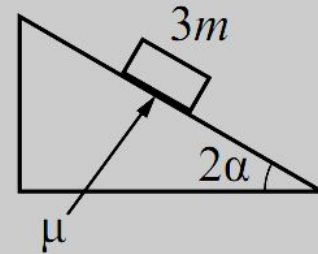
1)



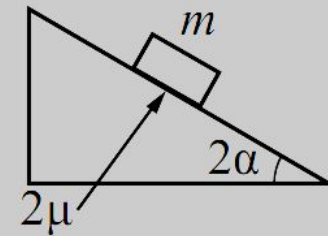
2)



3)



4)



Ответ:

1

**Решение.**

Перед нами стоит задача изучить зависимость ускорения тела, от массы груза на установке. Для этого мы должны провести один и тот же опыт при одних и тех же условиях, но для грузов имеющих разные массы. Таким образом, для подобного опыта подходит рисунок под номером 1.

Ответ: 1.

24

Стекланную линзу (показатель преломления стекла  $n_{\text{стекла}} = 1,54$ ), показанную на рисунке, перенесли из воздуха ( $n_{\text{воздуха}} = 1$ ) в воду ( $n_{\text{воды}} = 1,33$ ). Выберите **два** верных утверждения о характере изменений, произошедших с оптической системой «линза + окружающая среда».

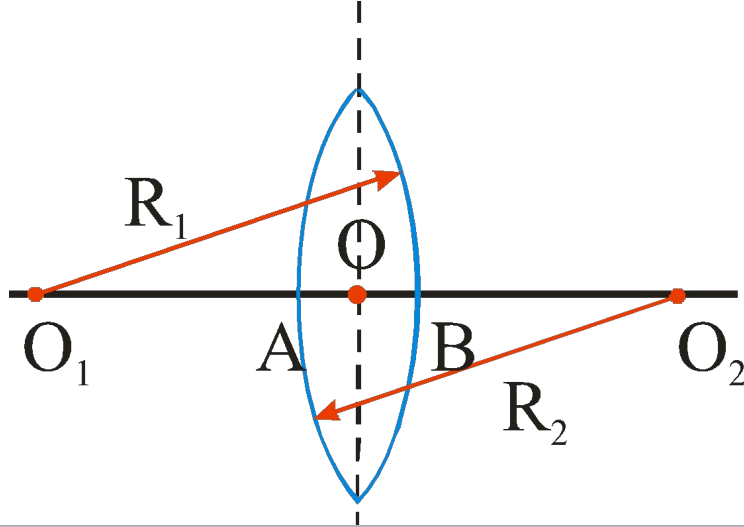


- 1) Линза из собирающей превратилась в рассеивающую.
- 2) Линза была и осталась рассеивающей.
- 3) Фокусное расстояние уменьшилось, оптическая сила увеличилась.
- 4) Фокусное расстояние увеличилось, оптическая сила уменьшилась.
- 5) Линза была и осталась собирающей.

Ответ:

--	--

# Оптическая сила линзы



$$D = \frac{1}{F} = \left( \frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \left( \pm \frac{1}{R_1} \pm \frac{1}{R_2} \right)$$

« + » - если выпуклая поверхность

« - » - если вогнутая поверхность

« 0 » - если плоская поверхность

$n_2$  – показатель преломления материала линзы

$n_1$  – показатель преломления окружающей среды

24

Стекло́нную линзу (показатель преломления стекла  $n_{\text{стекла}} = 1,54$ ), показанную на рисунке, перенесли из воздуха ( $n_{\text{воздуха}} = 1$ ) в воду ( $n_{\text{воды}} = 1,33$ ). Выберите **два** верных утверждения о характере изменений, произошедших с оптической системой «линза + + окружающая среда».



- 1) Линза из собирающей превратилась в рассеивающую.
- 2) Линза была и осталась рассеивающей.
- 3) Фокусное расстояние уменьшилось, оптическая сила увеличилась.
- 4) Фокусное расстояние увеличилось, оптическая сила уменьшилась.
- 5) Линза была и осталась собирающей.

Ответ:

4	5
---	---

$$D = \frac{1}{F} = \left( \frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \left( \pm \frac{1}{R_1} \pm \frac{1}{R_2} \right)$$

**25**

Мяч брошен вертикально вверх с начальной скоростью 20 м/с. Чему равно перемещение мяча за 3 с, считая от момента броска? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: 15 м.

Решение.

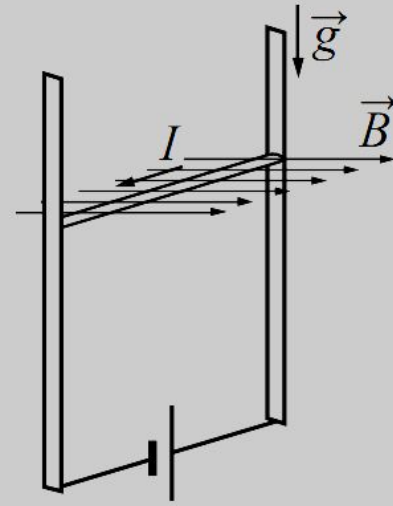
Координата мяча описывается уравнением:  $x = V_0t - \frac{gt^2}{2}$

$$x(3c) = 60 - 45 = 15 \text{ м}$$

Ответ: 15 м.

26

В однородном магнитном поле по вертикальным направляющим без трения скользит прямой горизонтальный проводник массой  $0,2$  кг, по которому течёт ток  $2$  А. Вектор магнитной индукции направлен горизонтально перпендикулярно проводнику (см. рисунок),  $B = 2$  Тл. Чему равна длина проводника, если известно, что ускорение проводника направлено вниз и равно  $2$  м/с<sup>2</sup>?



Ответ: 0,4 м.

**Решение.**

Ток в цепи течет от "+" к "-". Значит в движущемся проводнике ток течет справа налево. На проводник действует сила тяжести и сила Ампера. Мнемоническое правило левой руки: если левую руку расположить так, чтобы вектор магнитной индукции входил в ладонь, а вытянутые четыре пальца были направлены вдоль тока, то отведенный на  $90^\circ$  большой палец укажет направление действия силы Ампера.

Тогда по второму закону Ньютона имеем  $ma = mg - IBl$ . Выражаем отсюда длину проводника:

$$l = \frac{mg - ma}{IB} = \frac{0,2(10 - 2)}{2 \cdot 2} = 0,4 \text{ м.}$$

Ответ: 0,4 м.

27

На дифракционную решётку, имеющую 100 штрихов на 1 мм, перпендикулярно её поверхности падает луч света, длина волны которого 650 нм. Каков максимальный порядок дифракционного максимума, доступного для наблюдения?

Ответ: **15**.

**Решение.**

Условие интерференционных максимумов дифракционной решётки имеет вид:  $d \sin \alpha = k\lambda$ . Для того, чтобы интерференционный максимум попадал на экран, необходимо выполнение условия

$$|\alpha_{max}| \leq 90^\circ \Leftrightarrow |\sin \alpha_{max}| \leq 1 \Leftrightarrow \frac{\max\{|k|\} \cdot \lambda}{d} \leq 1 \Leftrightarrow \max\{|k|\} \leq \frac{d}{\lambda} = \frac{1}{650 * 10^{-9} \text{ м}} \frac{1}{100} \text{ мм} = 15 .$$

Ответ: 15.

В вертикальном цилиндре с гладкими стенками под массивным металлическим поршнем находится идеальный газ. В первоначальном состоянии 1 поршень опирается на жёсткие выступы на внутренней стороне стенок цилиндра (рис. 1), а газ занимает объём  $V_0$  и находится под давлением  $p_0$ , равным внешнему атмосферному. Его температура в этом состоянии равна  $T_0$ . Газ медленно нагревают, и он переходит из состояния 1 в состояние 2, в котором давление газа равно  $2p_0$ , а его объём равен  $2V_0$  (рис. 2). Количество вещества газа при этом не меняется. Постройте график зависимости объёма газа от его температуры при переходе из состояния 1 в состояние 2. Ответ поясните, указав, какие явления и закономерности Вы использовали для объяснения.

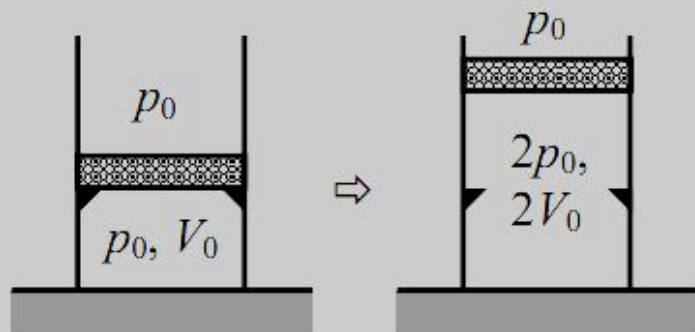
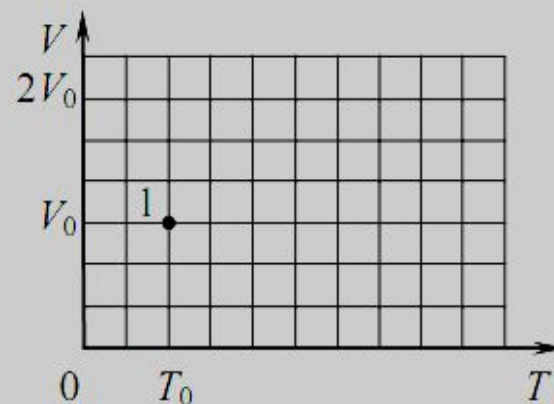


Рис. 1

Рис. 2





1. Определим температуру  $T_2$  конечного состояния газа. Запишем уравнение Клапейрона – Менделеева для газа в состояниях 1 и 2:

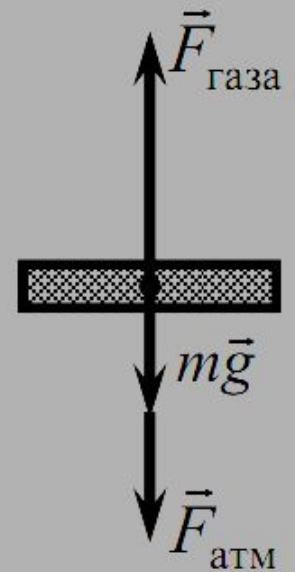
$$\begin{cases} p_0 V_0 = \nu R T_0, \\ 2 p_0 \cdot 2 V_0 = \nu R T_2, \end{cases}$$

откуда  $T_2 = 4 T_0$ .

2. Покажем силы, приложенные к поршню, когда он уже не опирается на выступы на стенках цилиндра. Сила тяжести  $m\vec{g}$  и сила давления на поршень со стороны атмосферы  $\vec{F}_{\text{атм}}$  постоянны. Поскольку поршень перемещается медленно, сумму приложенных к нему сил считаем равной нулю. Отсюда следует, что сила давления на поршень со стороны газа  $\vec{F}_{\text{газа}}$  тоже постоянна. Значит, её модуль  $F_{\text{газа}} = pS = \text{const}$  ( $S$  – площадь горизонтального сечения поршня) при любом положении поршня выше первоначального. Таким образом,  $p = 2 p_0 = \text{const}$  при  $V_0 < V \leq 2 V_0$ , процесс нагревания газа изобарный ( $\frac{V}{T} = \text{const}$ ). Определим температуру начала этого процесса  $T_{\text{Н}}$ :

$$\begin{cases} p_0 V_0 = \nu R T_0, \\ 2 p_0 \cdot V_0 = \nu R T_{\text{Н}}, \end{cases}$$

откуда  $T_{\text{Н}} = 2 T_0$ .



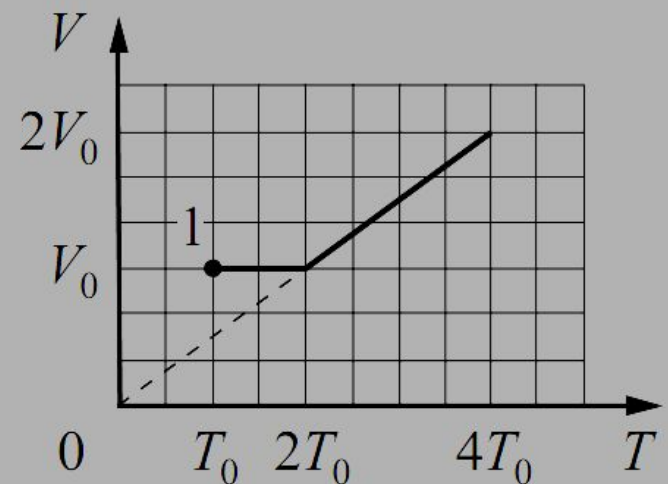
3. На отрезке температур  $T_0 \leq T \leq 2T_0$  процесс нагревания газа изохорный ( $V = V_0$ ), давление газа с ростом его температуры при нагревании увеличивается от  $p_0$  до  $2p_0$ .

4. Ответ: а) при  $T_0 \leq T \leq 2T_0$   $V = V_0 = \text{const}$ ;

б) при  $2T_0 \leq T \leq 4T_0$  объём газа меняется от  $V_0$  до  $2V_0$  по закону

$$\frac{V}{T} = \text{const}.$$

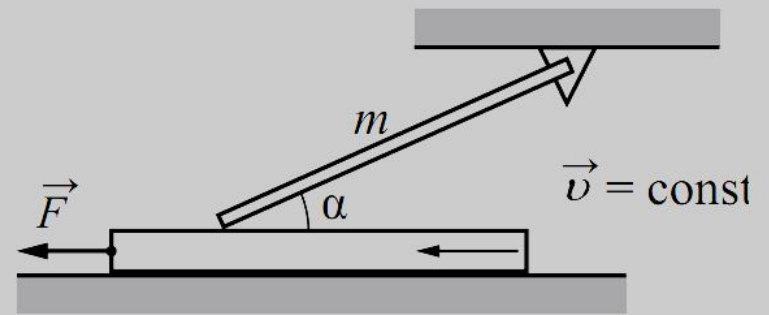
График, изображающий зависимости из п. а) и б), представляет собой ломаную линию



29

Однородный тонкий стержень массой  $m = 1$  кг одним концом шарнирно прикреплен к потолку, а другим концом опирается на массивную горизонтальную доску, образуя с ней угол  $\alpha = 30^\circ$ . Под действием

горизонтальной силы  $\vec{F}$  доска движется поступательно влево с постоянной скоростью (см. рисунок). Стержень при этом неподвижен. Найдите  $F$ , если коэффициент трения стержня по доске  $\mu = 0,2$ . Трением доски по опоре и трением в шарнире пренебечь.



1. В инерциальной системе отсчёта  $Oxy$ , связанной с Землёй, доска движется поступательно с постоянной скоростью. Поэтому сумма проекций на ось  $Ox$  всех сил, приложенных к доске, равна нулю (рис. *a*):

$$F_{\text{тр1}} - F = 0.$$

2. На рис. *б* показаны все силы, приложенные к стержню. Силы реакции шарнира и доски представлены горизонтальными и вертикальными составляющими:

$$\vec{T} = \vec{T}_1 + \vec{T}_2 \quad \text{и}$$

$\vec{R} = \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}}$  соответственно. По

третьему закону Ньютона  $\vec{F}_{\text{тр2}} = -\vec{F}_{\text{тр1}}$ , поэтому

$$F_{\text{тр2}} = F_{\text{тр1}} = F. \quad (1)$$

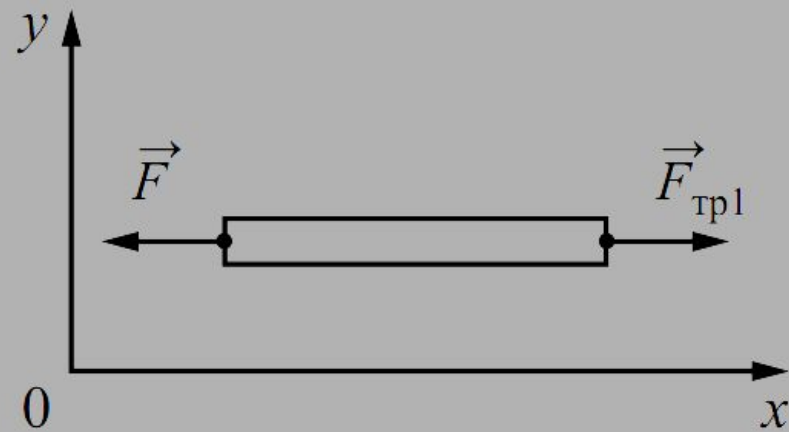


Рис. *a*

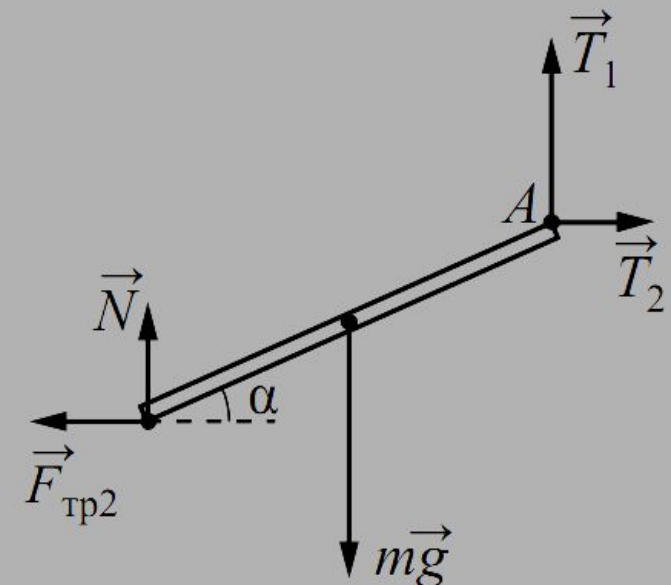


Рис. *б*

3. По условию задачи стержень покоится, поэтому сумма моментов сил относительно оси шарнира  $A$  равна нулю. Обозначив длину стержня через  $L$ , запишем это условие:

$$mg \frac{L}{2} \cos \alpha - F_{\text{тр}2} L \sin \alpha - NL \cos \alpha = 0. \quad (2)$$

4. Доска движется относительно стержня, поэтому сила трения является силой трения скольжения:

$$F_{\text{тр}2} = \mu N. \quad (3)$$

5. Подставив (3) в (2), получим уравнение

$$mg \cos \alpha - 2\mu N \sin \alpha - 2N \cos \alpha = 0,$$

позволяющее найти нормальную составляющую силы реакции доски:

$$N = \frac{mg}{2(1 + \mu \operatorname{tg} \alpha)}.$$

$$\text{Отсюда: } F = F_{\text{тр}2} = \mu N = \frac{\mu mg}{2(1 + \mu \operatorname{tg} \alpha)} = \frac{0,2 \cdot 1 \cdot 10}{2 \left( 1 + 0,2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{3} \right)} \approx 0,9 \text{ Н.}$$

Ответ:  $F \approx 0,9 \text{ Н}$

$$4. \frac{U_1}{U_2} = \frac{\nu_1}{\nu_2}, \quad \frac{U_1}{U_2} = \frac{1}{3}.$$

Ответ:  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{1}{3}$

аргона:  $T = 300 \text{ K}$ . Определите отношение внутренних энергий газов по разные стороны перегородки после установления термодинамического равновесия.

1. Так как сосуд теплоизолирован и начальные температуры газов одинаковы, то после установления равновесия температура в сосуде будет равна первоначальной, а гелий равномерно распределится по всему сосуду. После установления равновесия в системе в каждой части сосуда окажется по 1 моль гелия:  $\nu_1 = 1$ . В результате в сосуде с аргоном окажется 3 моль смеси:  $\nu_2 = \nu_1 + \nu = 3$ .

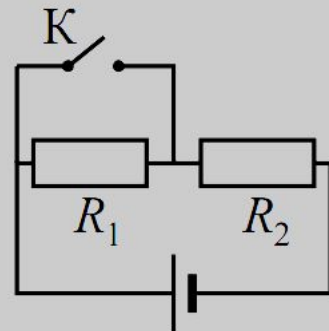
2. Внутренняя энергия одноатомного идеального газа пропорциональна температуре и количеству молей:

$$U = \frac{3}{2} \nu RT \Rightarrow U_1 = \frac{3}{2} \nu_1 RT_1, \quad U_2 = \frac{3}{2} \nu_2 RT_2.$$

3. Запишем условие термодинамического равновесия:  $T_1 = T_2$ .

31

Источник тока, два резистора и ключ включены в цепь, как показано на рисунке. При разомкнутом ключе на резисторе  $R_1$  выделяется мощность  $P_1 = 2$  Вт, а на резисторе  $R_2$  – мощность  $P_2 = 1$  Вт. Какая мощность будет выделяться на резисторе  $R_2$  после замыкания ключа К? Внутренним сопротивлением источника пренебречь.



Ток в цепи до замыкания ключа К

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2}, \quad (1)$$

где  $\mathcal{E}$  – ЭДС источника.

Мощность, выделяемая соответственно на резисторах  $R_1$  и  $R_2$ ,

$$P_1 = I^2 R_1, \quad (2)$$

$$P_2 = I^2 R_2. \quad (3)$$

Так как после замыкания ключа ток через резистор  $R_1$  не течёт, искомая мощность, выделяемая на резисторе  $R_2$  после замыкания ключа К,

$$P_2' = \frac{\mathcal{E}^2}{R_2}. \quad (4)$$

Объединяя (1)–(4), получаем:

$$P_2' = P_2 \left( \frac{P_1}{P_2} + 1 \right)^2 = 9 \text{ Вт.}$$

32

В вакууме находятся два кальциевых электрода, к которым подключён конденсатор ёмкостью 4000 пФ. При длительном освещении катода светом фототок между электродами, возникший вначале, прекращается, а на конденсаторе появляется заряд  $5,5 \cdot 10^{-9}$  Кл. «Красная граница» фотоэффекта для кальция  $\lambda_0 = 450$  нм. Определите частоту световой волны, освещающей катод. Ёмкостью системы электродов пренебречь.

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:  $h\nu = A_{\text{ВЫХ}} + E_{\text{К}}$ , где  $E_{\text{К}}$  – максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов,  $A_{\text{ВЫХ}} = \frac{hc}{\lambda_0}$ .

Фототок прекращается, когда  $E_{\text{К}} = eU$ , где  $U$  – напряжение между электродами, или напряжение на конденсаторе.

Заряд конденсатора  $q = CU$ .

В результате получаем:

$$\nu = \frac{c}{\lambda_0} + \frac{eq}{Ch} = \frac{3 \cdot 10^8}{450 \cdot 10^{-9}} + \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 5,5 \cdot 10^{-9}}{4000 \cdot 10^{-12} \cdot 6,6 \cdot 10^{-34}} \approx 10^{15} \text{ Гц.}$$

Ответ:  $\nu \approx 10^{15}$  Гц

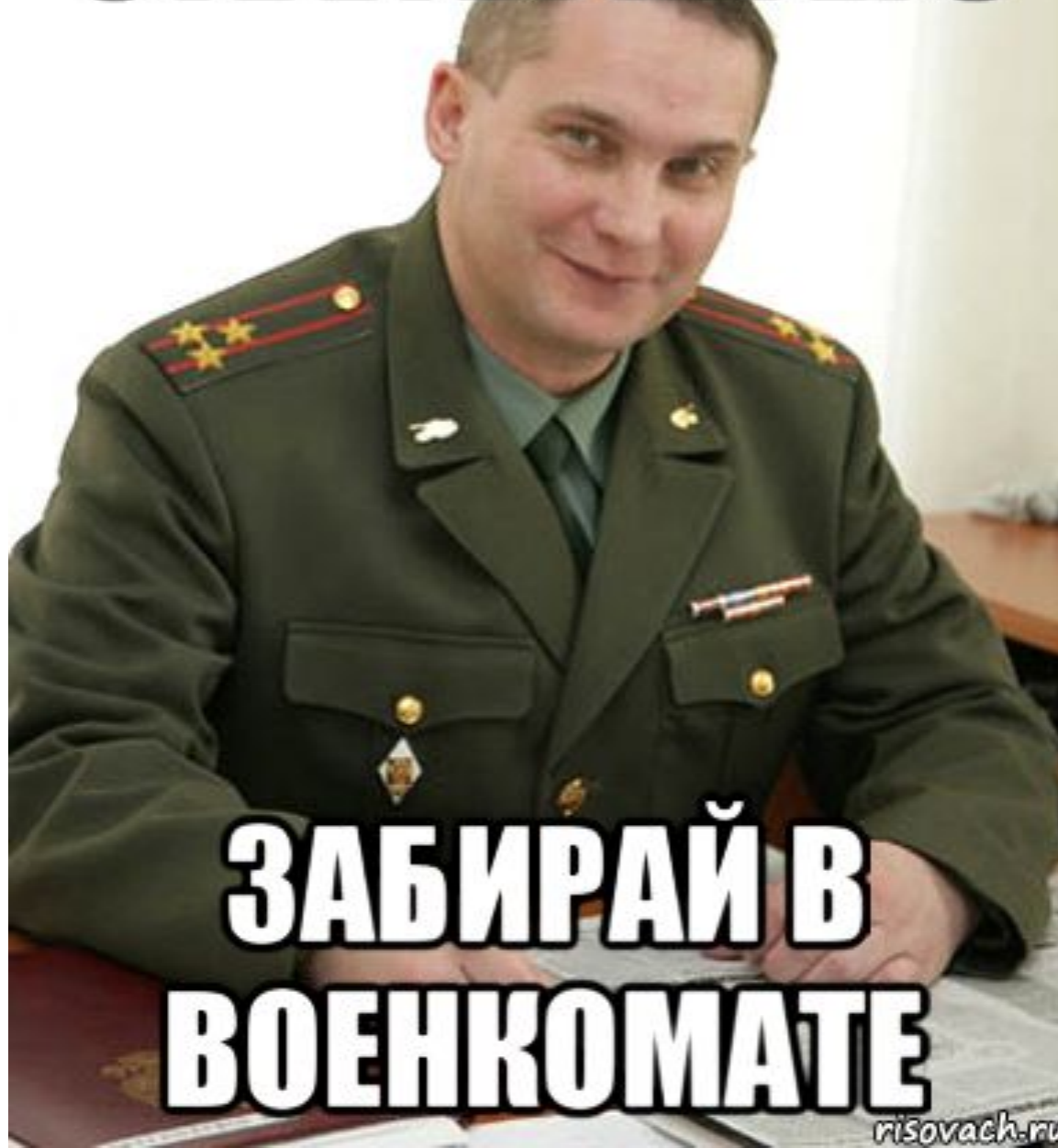


**НУ ЧТО**



**КАК ЕГЭ?**

**ОТВЕТЫ НА ЕГЭ**



**ЗАБИРАЙ В  
ВОЕНКОМАТЕ**

Удачи на  
экзаменах!

