

A 1 Велосипедист съезжает с горки, двигаясь равноускоренно. Начальная скорость велосипедиста равна нулю. У основания горки длиной 100 м скорость велосипедиста 10 м/с. Его ускорение равно

- 1) $0,25 \text{ м/с}^2$
- 2) $0,50 \text{ м/с}^2$
- 3) 1 м/с^2
- 4) 2 м/с^2

Решение.

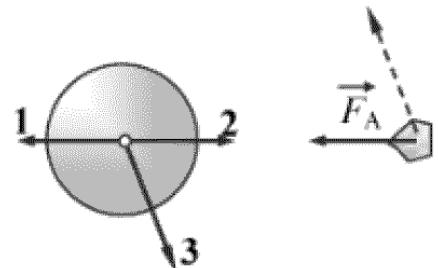
Для решения данной задачи удобно использовать так называемую формулу "без времени" для пути, пройденного равноускоренно движущимся телом:

$$S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} \Leftrightarrow a = \frac{v^2 - v_0^2}{2S} = \frac{(10 \text{ м/с})^2 - 0}{2 \cdot 100 \text{ м}} = 0,5 \text{ м/с}^2$$

Правильный ответ: 2

A 2 Мимо Земли летит астероид в направлении, показанном на рисунке пунктирной стрелкой. Вектор \vec{F}_A показывает силу притяжения астероида Землёй. Известно, что масса Земли в 10^5 раз больше массы астероида. Вдоль какой стрелки (1, 2 или 3) направлена и чему равна по модулю сила, действующая на Землю со стороны астероида?

- 1) вдоль стрелки 1, равна $10^5 F_A$
- 2) вдоль стрелки 2, равна F_A
- 3) вдоль стрелки 3, равна $10^{-5} F_A$
- 4) вдоль стрелки 3, равна F_A



Решение.

Согласно третьему закону Ньютона, сила действия равна по величине силе противодействия, а направлены они противоположно. Поэтому сила, действующая на Землю со стороны астероида направлена вдоль стрелки 2 и равна F_A .

Правильный ответ: 2

A 3 Деревянный брускок массой m , площади граней которого связаны отношение $m S_1 : S_2 : S_3 = 1 : 2 : 3$, скользит равномерно и прямолинейно под действием горизонтальной силы \vec{F} по горизонтальной шероховатой опоре, соприкасаясь с ней гранью площадью S_3 . Какова масса бруска, если коэффициент трения бруска об опору равен μ ?

- 1) $\frac{F}{\mu g}$
- 2) $\frac{3F}{\mu g}$
- 3) $\frac{6F}{\mu g}$
- 4) $\frac{2F}{\mu g}$

Решение.

Поскольку бруск скользит равномерно, равнодействующая всех сил, действующих на него равна нулю. Следовательно, сила трения равна по величине горизонтальной силе F .

Сила трения скольжения не зависит от площади соприкосновения поверхностей, а определяется только коэффициентом трения и величиной силы реакции опоры: $F_{\text{тр}} = \mu N$.

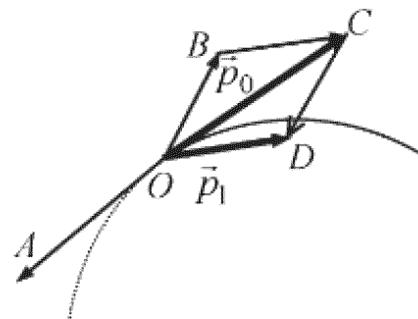
Силу реакции опоры, можно найти, рассмотрев второй закон Ньютона в проекции на вертикальную ось: $N - mg = 0$.

Объединяя все полученные равенства, имеем: $m = \frac{F}{\mu g}$

Правильный ответ: 1

A 4 Снаряд, имеющий в точке O траектории импульс \vec{p}_0 , разорвался на два осколка (см. рисунок). Один из осколков имеет импульс \vec{p}_1 . Импульс второго осколка изображён на рисунке вектором

- 1) \overrightarrow{BC}
- 2) \overrightarrow{CD}
- 3) \overrightarrow{OB}
- 4) \overrightarrow{OA}

**Решение.**

Пренебрегая действием внешних сил на снаряд в момент разрыва, заключаем, что для него и его осколков выполняется закон сохранения импульса. То есть геометрическая сумма векторов импульсов осколков должна равняться вектору импульса снаряда. Из рисунка ясно, что импульс второго осколка изображается вектором \overrightarrow{OB} , так как $\vec{p}_0 = \vec{p}_1 + \overrightarrow{OB}$

Правильный ответ: 3

A 5

Скорость груза массой 0,4 кг равна 2 м/с. Кинетическая энергия груза равна

- 1) 0,16 Дж
- 2) 0,8 Дж
- 3) 0,32 Дж
- 4) 0,4 Дж

Решение.

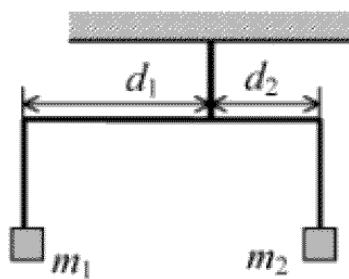
Кинетическая энергия груза равна

$$E = \frac{mv^2}{2} = \frac{0,4 \text{ кг} \cdot (2 \text{ м/с})^2}{2} = 0,8 \text{ Дж}$$

Правильный ответ: 2

A 6 Коромысло весов, к которому подвешены на нитях два тела (см. рисунок), находится в равновесии. Как нужно изменить массу второго груза, чтобы после увеличения массы первого груза в 2 раза равновесие сохранилось? (Коромысло и нити считать невесомыми.)

- 1) уменьшить в 4 раза
- 2) уменьшить в 2 раза
- 3) увеличить в 2 раза
- 4) увеличить в 4 раза



Решение.

Одним из условий равновесия стержня является то, что полный момент всех внешних сил относительно любой точки равен нулю. Рассмотрим моменты сил относительно точки подвеса (при этом момент, создаваемый силой натяжения нити равен нулю). Момент, создаваемый левым грузом равен m_1gd_1 , он вращает стержень против часовой стрелки. Момент, создаваемый правым грузом: m_2gd_2 , — он вращает по часовой. Условие равновесия имеет вид: $m_1d_1 = m_2d_2$. Следовательно, для того чтобы при увеличении массы первого тела в 2 раза равновесие сохранилось, необходимо массу второго тела также увеличить в 2 раза.

Правильный ответ: 3.

A 7 Газ в сосуде сжали, увеличив концентрацию молекул газа в 5 раз. Давление газа при этом снизилось в 2 раза. Следовательно, средняя энергия теплового движения молекул газа

- 1) увеличилась в 10 раз
- 2) уменьшилась в 10 раз
- 3) увеличилась в 5 раз
- 4) уменьшилась в 2 раза

Решение.

Для разреженного газа законно использование модели идеального газа.

Согласно уравнению состояния идеального газа, давление связано с концентрацией и температурой соотношением: $p = nkT$. Принимая во внимание, связь температуры и средней энергии теплового движения молекул $E = \frac{3}{2}kT$, получаем, что $p = \frac{2}{3}nE$.

Таким образом, при уменьшении давления газа в сосуде в 2 раза и увеличении концентрации в 5 раз, средняя энергия теплового движения молекул газа уменьшается 10 раз.

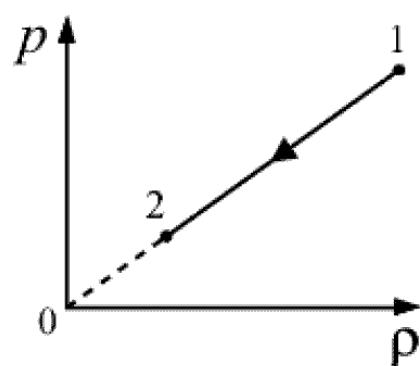
Правильный ответ: 2

A 8 При переводе идеального газа из состояния 1 в состояние 2 давление газа пропорционально его плотности. Масса газа в процессе остаётся постоянной. Утверждается, что в этом процессе

- А. происходит изотермическое расширение газа.
- Б. концентрация молекул газа увеличивается.

Из этих утверждений

- 1) верно только А
- 2) верно только Б
- 3) оба утверждения верны
- 4) оба утверждения неверны



Решение.

Плотность обратно пропорциональна объему газа, а значит, в ходе процесса произведение давления газа на занимаемый им объем остается постоянным

$$p = \text{const} \rho = \text{const} \frac{m}{V} \Leftrightarrow pV = \text{const} \cdot m = \text{const}'$$

Такое поведение свойственно для изотермического процесса. Поскольку, согласно графику, плотность уменьшается, газ расширяется, а значит, данный процесс представляет собой изотермическое расширение. Утверждение А верно.

Плотность газа пропорциональна его концентрации ($\rho = m_0 n$, где m_0 — масса одной молекулы). Следовательно, при переводе газа из состояния 1 в состояние 2 концентрация молекул газа уменьшается. Утверждение Б ошибочно.

Правильный ответ: 1

A 9 При плавлении льда вода переходит из кристаллического состояния в жидкое. При этом переходе

- 1) возрастает температура, уменьшается внутренняя энергия
- 2) возрастает температура, не изменяется внутренняя энергия
- 3) возрастает и температура, и внутренняя энергия
- 4) возрастает внутренняя энергия, не меняется температура

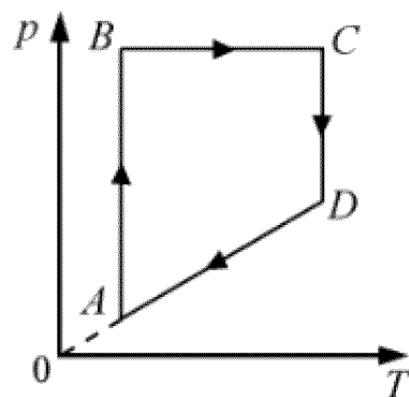
Решение.

Как показывает опыт, кристаллизация и плавление происходят при постоянной температуре. С другой стороны, при плавлении поглощается тепло, а значит, внутренняя энергия увеличивается.

Правильный ответ: 4

A 10 На рисунке приведён цикл, осуществляемый с идеальным газом. Работа не совершается на участке

- 1) AB
- 2) BC
- 3) CD
- 4) DA

**Решение.**

Работа газа связана с изменением его объема. Если газ расширяется, он совершает положительную работу над внешними силами. Напротив, если его объем уменьшается, внешние силы совершают над ним положительную работу. Таким образом, работа равна нулю, если объем газа не изменяется.

Согласно закону Шарля, при изохорическом процессе, отношение давления и температуры остается постоянным: $p/T = \text{const}$. Из диаграммы ясно, что подобным свойством обладает участок DA. Именно на нем не совершается работа.

Правильный ответ: 4

A 11 Как изменится ускорение заряженной пылинки, движущейся в электрическом поле, если и заряд пылинки, и напряжённость поля уменьшить вдвое? Силу тяжести не учитывать.

- 1) увеличится в 2 раза
- 2) уменьшится в 4 раза
- 3) не изменится
- 4) уменьшится в 2 раза

Решение.

На заряженную частицу в электрическом поле действует сила $\vec{F}_{\text{эп}} = q\vec{E}$. Поскольку силой тяжести можно пренебречь, ускорение пылинке сообщает только электрическое поле: $\vec{F}_{\text{эп}} = m\vec{a}$. Следовательно, при уменьшении заряда пылинки в 2 раза и уменьшении напряженности электрического поля в 2 раза, ускорение пылинки уменьшится в 4 раза.

Правильный ответ: 2

A 12 Комната освещается четырьмя одинаковыми параллельно включёнными лампочками. Расход электроэнергии за час равен Q . Каким должно быть число параллельно включённых лампочек, чтобы расход электроэнергии в час был равен $2Q$?

- 1)
- 2)
- 3) 8
- 4) 16

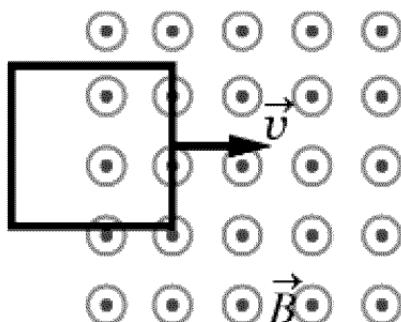
Решение.

При параллельном соединении ко всем лампочкам приложено одинаковое напряжение U . Независимо от общего количества лампочек за 1 час каждая лампочка расходует одинаковое количество энергии $\frac{U^2}{R} \cdot 1 \text{ ч}$, где R — сопротивление лампочки. Согласно условию, расход 4 лампочек равен $Q = 4 \cdot \frac{U^2}{R} \cdot 1 \text{ ч}$.

Следовательно, чтобы расход энергии за час стал равен $2Q$, необходимо, чтобы было включено 8 лампочек (параллельно соединенных).

Правильный ответ: 3

A 13 В некоторой области пространства создано однородное магнитное поле (см. рисунок). Квадратная металлическая рамка движется через границу этой области с постоянной скоростью \vec{v} , направленной вдоль плоскости рамки и перпендикулярно вектору магнитной индукции \vec{B} . При этом в ней возникает ЭДС индукции, равная ϵ .



Какой станет ЭДС, если рамка будет двигаться со скоростью $4v$?

- 1) $\frac{\epsilon}{4}$
- 2) ϵ
- 3) 2ϵ
- 4) 4ϵ

Решение.

Согласно закону электромагнитной индукции Фарадея, при изменении магнитного потока через замкнутый контур, в нем возникает ЭДС индукции, равная

$$\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Величина магнитного потока через рамку определяется выражением $\Phi = Bs$, где s — площадь части контура, которую пронизывает магнитное поле. Обозначим сторону рамки через $a = \sqrt{s}$, тогда изменение магнитного потока за время Δt равно $\Delta\Phi = Bav\Delta t$ (рамка успеет сдвинуться на расстояние $v\Delta t$, при этом площадь s увеличится на $\Delta s = av\Delta t$).

Таким образом, ЭДС индукции равна $\varepsilon_i = -Bav$. Следовательно, если рамку будет двигаться в 4 раза быстрее, то ЭДС индукции увеличится в 4 раза и станет равна 4ε .

Правильный ответ: 4

A 14 Выберите среди электромагнитных волн, излучаемых Солнцем, волны с максимальной частотой.

- 1) ультрафиолетовое излучение
- 2) видимое излучение
- 3) инфракрасное излучение
- 4) рентгеновское излучение

Решение.

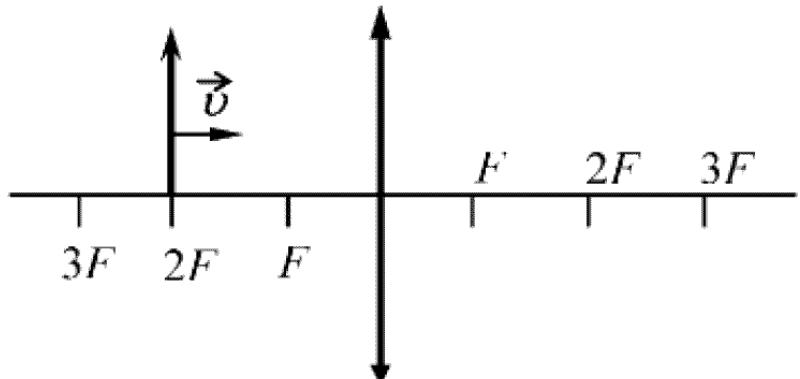
Максимальную частоту имеет рентгеновское излучение.

$$v_{\text{рент}} > v_{\text{уФ}} > v_{\text{вид.св.}} > v_{\text{ИК}}$$

Правильный ответ: 4

A 15 Предмет, расположенный на двойном фокусном расстоянии от тонкой собирающей линзы, передвигают к фокусу линзы (см. рисунок). Его изображение при этом движется от двойного фокуса

- 1) к фокусу
- 2) к положению на расстоянии $1,5F$ от линзы
- 3) в бесконечность
- 4) к положению на расстоянии $3,5F$ от линзы

**Решение.**

Любой пучок лучей, расходящихся из точки на фокальной плоскости, после преломления в линзе становится параллельным, то есть изображение предмета, расположенного в фокальной плоскости собирается на бесконечности.

Правильный ответ: 3

A 16

Дифракцией света объясняется спектральное разложение

А. солнечного света призмой.

Б. белого света, прошедшего сначала малое отверстие, а затем — два близко расположенных отверстия.

Верно(-ы) утверждение(-я):

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

Решение.

Дифракцией света называется явление отклонения света от прямолинейного направления распространения при прохождении вблизи препятствий.

Спектральное разложение солнечного света призмой объясняется дисперсией.

Спектральное разложение белого света, прошедшего сначала малое отверстие, а затем — два близко расположенных отверстия объясняется интерференцией света от двух получившихся когерентных источников.

Оба утверждения ошибочны.

Правильный ответ: 4

Примечание

Строго говоря, в приведенном опыте с двумя отверстиями явление интерференции не отделимо от явления дифракция. Интерференционная картина наблюдается там, где накладывается свет, пришедший от двух отверстий. Но если бы дифракции не было, и свет распространялся бы по законам геометрической оптики, то лучи вообще бы не пересеклись.

A 17

Какое из утверждений соответствует планетарной модели атома?

- 1) В центре атома находится ядро, состоящее из протонов и нейтронов. Вокруг ядра врачаются электроны. Количество протонов равно количеству электронов.
- 2) Атом представляет собой шар, заполненный электронами, протонами и нейтронами в равных количествах.
- 3) В центре атома находится ядро, состоящее из протонов и электронов. Вокруг ядра врачаются нейтроны. Количество нейтронов равно общему количеству электронов и протонов.
- 4) Атом состоит из положительно заряженных протонов и такого же числа отрицательно заряженных электронов.

Решение.

Согласно планетарной модели атома Резерфорда, в центре атома находится положительно заряженное ядро, вокруг которого, как планеты вокруг Солнца, по орбитам врачаются отрицательно заряженные электроны. Ядро состоит из протонов и нейтронов. В целом, атом нейтрален, поэтому количество протонов равно количеству электронов.

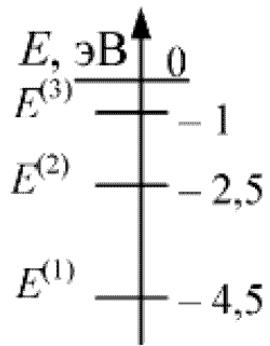
Правильный ответ: 1.

A 18

На рисунке показана схема низших энергетических уровней атома. В начальный момент времени атом находится в состоянии с энергией $E^{(2)}$.

Фотоны какой энергии может излучать атом?

- 1) только 2 эВ
- 2) только 2,5 эВ
- 3) любой, но меньшей 2,5 эВ
- 4) любой в пределах от 2,5 до 4,5 эВ



Решение.

Согласно постулатам Бора, свет излучается при переходе атома на более низкие уровни энергии, при этом фотоны несут энергию, равную разности энергий начального и конечного состояний. Из приведенной здесь схемы видно, что фотон может излучаться только при переходе атома в состояние $E^{(1)}$, при этом его энергия будет равна $-2,5 \text{ эВ} - (-4,5 \text{ эВ}) = 2 \text{ эВ}$.

Правильный ответ: 1

A 19

Период полураспада ядер атомов мышьяка означает, что в препарате мышьяка

$^{72}_{33}\text{As}$ составляет 26 ч. Это означает, что в препарате мышьяка $^{72}_{33}\text{As}$ начальной массой 1 г

- 1) все изначально имевшиеся ядра мышьяка распадутся через 52 ч
- 2) одно ядро мышьяка из всех изначально имевшихся ядер распадается каждые 26 ч
- 3) примерно половина изначально имевшихся ядер мышьяка распадается за 26 ч
- 4) за 26 ч массовое число каждого ядра мышьяка уменьшится вдвое

Решение.

Период полураспада — это время, в течение которого распадается приблизительно половина наличного числа радиоактивных атомов. Верным является утверждение, что примерно половина изначально имевшихся ядер атомов мышьяка $^{72}_{33}\text{As}$ распадется за 26 ч.

Правильный ответ: 1.

A 20

Учитель продемонстрировал опыт, установка для которого представлена на фотографии (рис. 1). Сначала он подключил конденсатор к источнику напряжения, а затем перевёл переключатель в положение 2. Напряжение с катушки индуктивности поступает в компьютерную измерительную систему, и результаты изменения напряжения с течением времени отображаются на мониторе (рис. 2).

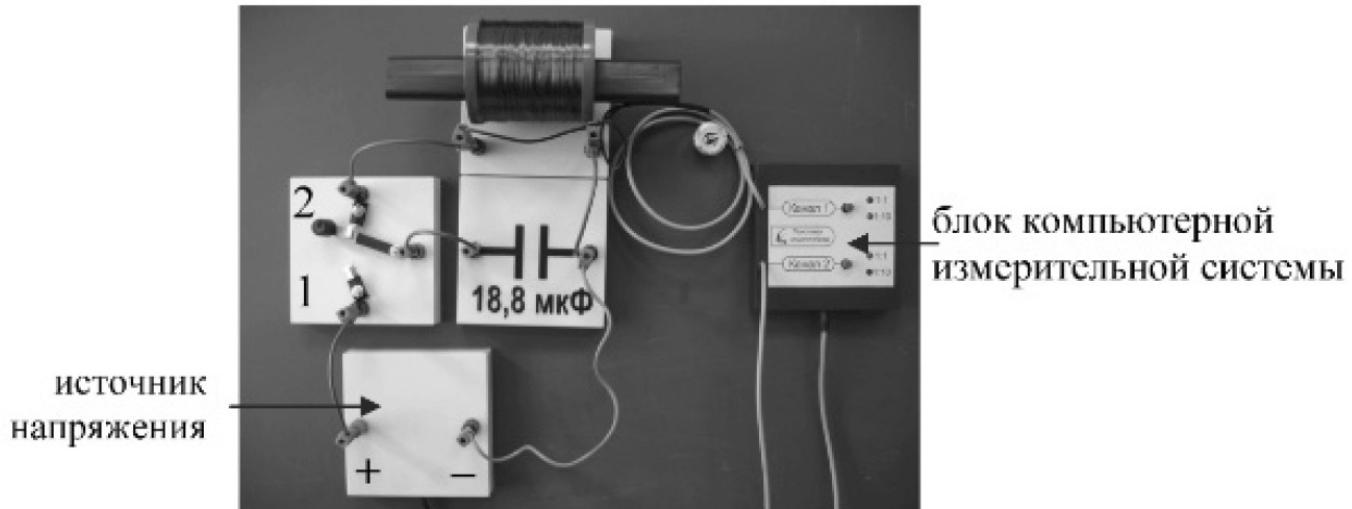


Рис. 1

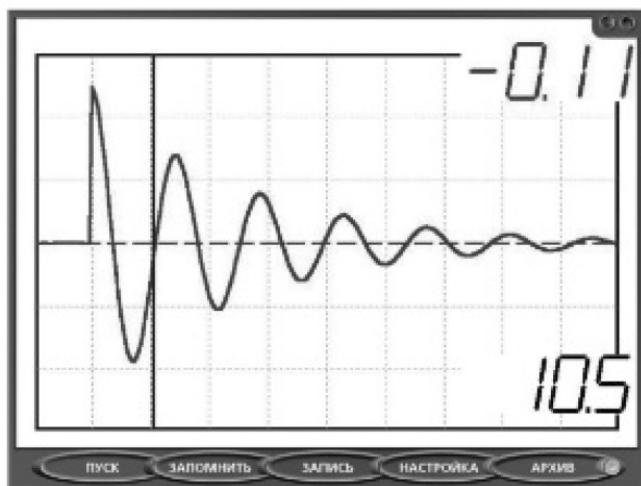


Рис. 2

Что наблюдалось в опыте?

- 1) свободные затухающие колебания в колебательном контуре
- 2) явление возникновения резонанса в колебательном контуре
- 3) вынужденные электромагнитные колебания в контуре
- 4) свободные незатухающие колебания в идеальном контуре

Решение.

Схема с переведенным в положение 2 ключом представляет собой колебательный контур. Учитель демонстрировал свободные электромагнитные колебания, которые постепенно затухали из-за наличия в цепи энергопотерь (амплитуда колебания уменьшается).

Правильный ответ: 1

A 21

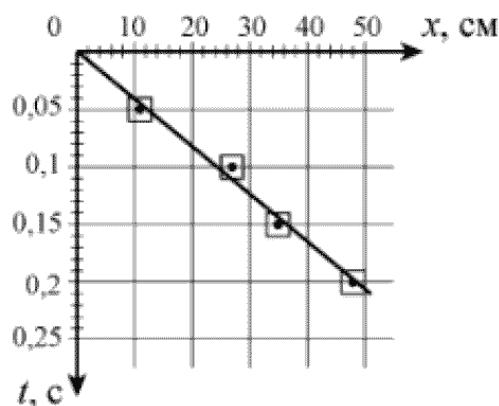
Ученик исследовал движение шарика, сброшенного горизонтально со стола. Для

этого он измерил координаты летящего шарика в разные моменты времени его движения и заполнил таблицу:

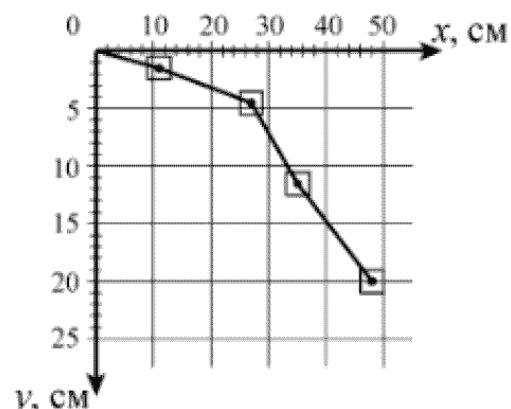
$t, \text{с}$	0	0,05	0,10	0,15	0,20
$x, \text{см}$	0	5,5	13,5	17,5	24
$y, \text{см}$	0	1,5	4,5	11,5	20

Погрешность измерения координат равна 1 см, а промежутков времени — 0,01 с. На каком из графиков верно представлена наиболее вероятная траектория движения шарика?

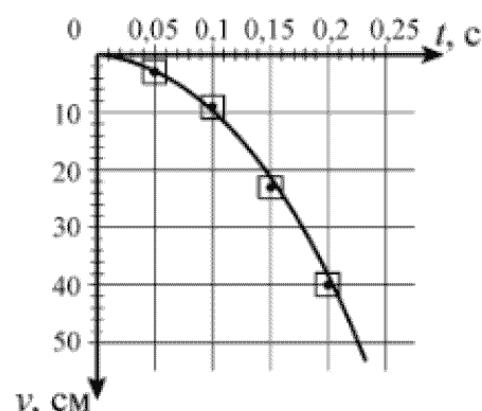
1)



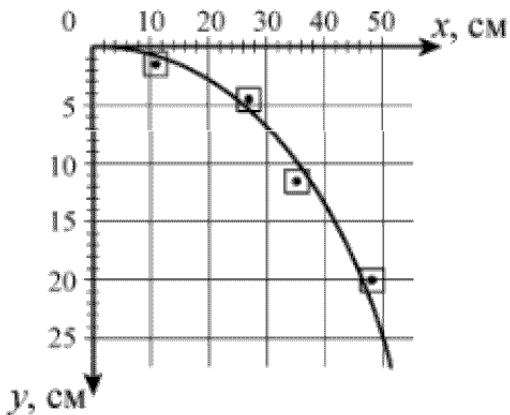
2)



3)



4)



Решение.

В задании нужно найти график, на котором наиболее верно представлена траектория движения шарика, поэтому графики 2 и 3 сразу отпадают, так как на них отображена не возможная траектория, а зависимость координат от времени. Остается выбрать между графиками 1 и 4. Как известно, свободно падающее тело летит по параболе. Следовательно, через экспериментальные точки нужно проводить параболическую интерполяционную кривую, что и сделано на рисунке 4.

Правильный ответ: 4

A 22 Горизонтально расположенная невесомая пружина жёсткостью $k = 1000 \text{ Н/м}$ находится в недеформированном состоянии. Один её конец закреплён, а другой касается бруска массой $M = 0,1 \text{ кг}$, находящегося на горизонтальной поверхности. Брускок сдвигают, сжимая пружину на $\Delta x = 1 \text{ см}$, и отпускают. Какой будет максимальная скорость бруска? Трение не учитывать.

- 1) 1 м/с
- 2) 2 м/с
- 3) 0,5 м/с
- 4) 2,5 м/с

Решение.

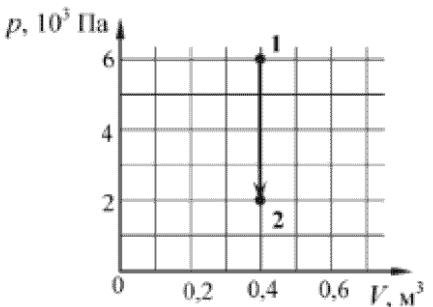
После того, как пружину сжали, совершив над ней работу, на систему пружина – брускок больше не действует внешних сил, совершающих работу, а значит, для этой системы выполняется закон сохранения полной механической энергии. Все потенциальная энергия сжатой пружины переходит в кинетическую энергию бруска:

$$E_{\text{пот}} = E_{\text{кин}} \Leftrightarrow \frac{Mv^2}{2} = \frac{k(\Delta x)^2}{2} \Leftrightarrow v = \Delta x \sqrt{\frac{k}{M}} = 0,01 \text{ м} \cdot \sqrt{\frac{1000 \text{ Н/м}}{0,1 \text{ кг}}} = 1 \text{ м/с}$$

Правильный ответ: 1

A 23 Во время опыта абсолютная температура воздуха в сосуде не менялся, воздух перешёл из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок). Кран у сосуда был закрыт неплотно, и сквозь него мог просачиваться воздух. Определите отношение $\frac{N_2}{N_1}$ числа молекул газа в сосуде в конце и начале опыта. Воздух считать идеальным газом.

- 1) $\frac{1}{3}$
- 2) $\frac{1}{4}$
- 3) $\frac{1}{6}$
- 4) $\frac{1}{10}$



Решение.

Согласно уравнению идеального газа, давление, объем, температура и количество вещества связаны соотношением:

$$p = nkT = \frac{N}{V}kT$$

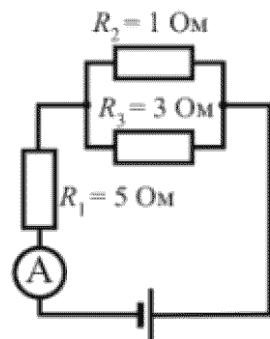
Таким образом, искомое отношение равно

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{p_2 V_2 / T}{p_1 V_1 / T} = \frac{p_2 V}{p_1 V} = \frac{p_2}{p_1} = \frac{2 \cdot 10^3 \text{ Па}}{6 \cdot 10^3 \text{ Па}} = \frac{1}{3}$$

Правильный ответ: 3

A 24 В цепи, изображённой на рисунке, идеальный амперметр показывает 8 А. Найдите ток через резистор R_2 .

- 1) 2 А
- 2) 4 А
- 3) 6 А
- 4) 8 А



Решение.

Идеальный амперметр имеет нулевое собственное сопротивление, то есть своим присутствием он не вносит возмущения в электрическую схему.

При параллельном соединении токи складываются, а напряжения совпадают. Используя закон Ома для участка цепи ($U = IR$), находим ток через резистор R_2 :

$$I_2 R_2 = I_3 R_3, \quad I_2 + I_3 = I_A$$

Решая систему из двух этих уравнений для искомой силы тока имеем

$$I_2 = I_A \frac{R_3}{R_2 + R_3} = 8 \text{ А} \cdot \frac{3 \text{ Ом}}{3 \text{ Ом} + 1 \text{ Ом}} = 6 \text{ А}$$

Правильный ответ: 3

A 25

Две частицы, имеющие отношение масс $\frac{m_1}{m_2} = 4$, влетели в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции и движутся по окружностям. Определить отношение зарядов $\frac{q_1}{q_2}$, если отношение периодов обращения этих частиц $\frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{2}$.

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 6
- 4) 8

Решение.

Заряженная частица, влетающая в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции, начинает двигаться по окружности под действием силы Лоренца, которая сообщает ей цен тростремительное ускорение. Второй закон Ньютона для первой и второй частиц в проекции на радиальную ось приобретает вид $q_1 v_1 B = \frac{m_1 v_1^2}{R_1}$ и $q_2 v_2 B = \frac{m_2 v_2^2}{R_2}$ соответственно. Поделив одно равенство на другое, получаем, что

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{q_1}{q_2} \cdot \frac{R_1/v_1}{R_2/v_2}$$

Период обращение по окружности связан с радиусом окружности и скоростью движения соотношением:

$$T = \frac{2\pi R}{v}$$

Таким образом, для отношения масс имеем

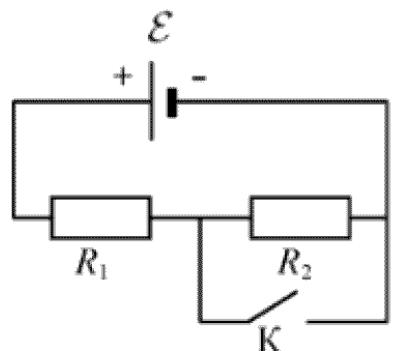
$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{T_2}{T_1} = 4 \cdot 2 = 8$$

Правильный ответ: 4

B 1 На рисунке показана цепь постоянного тока, содержащая источник тока с ЭДС ε и два резистора: R_1 и R_2 . В начальный момент времени ключ K был замкнут. Если ключ K разомкнуть, то как изменятся следующие три величины: сила тока через резистор R_1 ; на пряжение на резисторе R_2 ; суммарная тепловая мощность, выделяющаяся на внешнем участке цепи? Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.

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.

Сила тока через резистор R_1	Напряжение на резисторе R_2	Суммарная тепловая мощность, выделяющаяся на внешнем участке цепи

Решение.

Если ключ К разомкнут, то через резистор R_2 течет ток, а значит, на нем, согласно закону Ома для участка цепи ($U = IR$), падает ненулевое напряжение. Напротив, если ключ К замкнуть, то резистор R_2 окажется закороченным (к нему параллельно будет подсоединен провод с нулевым сопротивлением). При этом ток через него течь не будет, с напряжение на нем станет равным нулю. Таким образом, напряжение на резисторе R_2 при размыкании ключа увеличивается.

Сила тока в цепи связана с ЭДС и сопротивлением нагрузки соотношением: $I = \varepsilon / R$. При размыкании ключа сопротивление нагрузки увеличивается (было R_1 , а стало $R_1 + R_2$). Следовательно, сила тока через резистор R_1 уменьшается.

Остается разобраться с суммарной тепловой мощностью. Она зависит от полного сопротивления на грузки:

$$P = \frac{\varepsilon^2}{R}$$

Так как сопротивление нагрузки увеличивается, выделяющаяся мощность уменьшается.

Правильный ответ: 212

В 2 В результате торможения в верхних слоях атмосферы высота полёта искусственно-го спутника над Землёй уменьшилась с 400 до 300 км. Как изменились в результате этого скорость спутника, его потенциальная энергия и центростремительное ускорение?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

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

Скорость	Потенциальная энергия	Ускорение

Решение.

Примечание: В данной задаче упущено важное условие о том, что в обоих случаях спутник движется по круговой орбите. Решение, приведенное ниже, использует данное предположение.

На спутник действует сила притяжения со стороны Земли, она сообщает ему центростремительное ускорение:

$$F = m_{\text{сп}} a_{\text{ц}} \Leftrightarrow \frac{GM_{\text{Зем}} m_{\text{сп}}}{R^2} = \frac{m_{\text{сп}} v^2}{R} \Leftrightarrow v^2 = \frac{GM_{\text{Зем}}}{R},$$

здесь R — расстояние от спутника до центра Земли, которое уменьшилось в результате торможения в верхних слоях атмосферы.

В результате уменьшения R сила притяжения со стороны Земли увеличивается, а значит, центростремительное ускорение спутника увеличивается. Из последнего соотношения ясно, что скорость движения увеличивается.

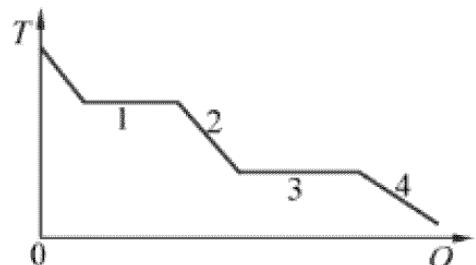
Потенциальная энергия взаимодействия спутника и Земли дается выражением

$$E = -\frac{GM_{\text{Зем}} m_{\text{сп}}}{R}$$

(обратите внимание на знак "-"). Следовательно, при уменьшении радиуса орбиты спутника, потенциальная энергия уменьшается.

Правильный ответ: 121

В 3 В цилиндре под поршнем находится некоторое вещество. Цилиндр поместили в раскаленную печь. На рисунке показан график изменения температуры T вещества по мере поглощения им количества теплоты Q . В начальный момент времени вещество находилось в газообразном состоянии. Какие участки графика соответствуют кристаллизации вещества и остыванию жидкости? Установите соответствие между тепловыми процессами и участками графика.



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

ПРОЦЕССЫ

- А) кристаллизация вещества
Б) остывание жидкости

УЧАСТКИ ГРАФИКА

- 1)
2)
3)
4)

A	B

Решение.

Опыт показывает, что процесс конденсации и кристаллизации происходит при постоянных температурах, а значит, участки 1 и 3 графика соответствуют превращению пара в жидкость и жидкости в твердое тело, следовательно (А — 3). Остыванию жидкости отвечает участок графика под номером 2 (Б — 2).

Правильный ответ: 32

В 4 Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать (λ — длина волны фотона, E — энергия фотона, h — постоянная Планка, c — скорость света в вакууме).

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) частота фотона
- Б) импульс фотона

ФОРМУЛЫ

- 1) $\frac{E}{h}$
- 2) $\frac{c}{E}$
- 3) $\frac{\lambda}{h}$
- 4) $\frac{h}{\lambda}$

A	B

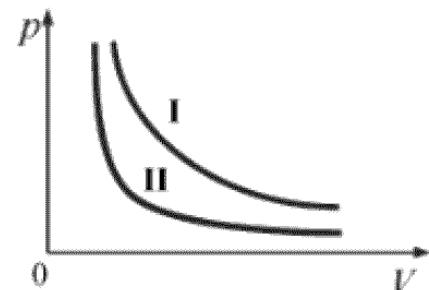
Решение.

Частота фотона: $v = \frac{E}{h}$ (А — 1)

Импульс фотона: $p = \frac{E}{c} = \frac{h}{\lambda}$ (Б — 4)

Правильный ответ: 14

С 1 Две порции одного и того же идеального газа изотермически расширяются при одной и той же температуре. Изотермы представлены на рисунке. Почему изотерма I лежит выше изотермы II? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.



Решение.

Идеальный газ подчиняется уравнению состояния Клапейрона-Менделеева: $pV = \nu RT$.

Следовательно, процесс изотермического нагревания фиксированного количества газа ν изображается на диаграмме $p - V$ линией $p(V) = \nu RT \frac{1}{V}$. То есть, чем больше количество газа ν , тем выше проходит гипербола, изображающая процесс. Именно этим и объясняется тот факт, что изотерма I лежит выше изотермы II: в первом случае в сосуде находилось больше газа, чем во втором: $V_1 > V_2$.

Более того, поскольку газ в обоих случаях одинаковый, можно заключить, что в первом случае масса газа больше, чем во втором: $V = \frac{m}{\mu} \Leftrightarrow m_1 > m_2$

С 2 Снаряд массой $2m$, движущийся со скоростью v_0 , разрывается на две равные части, одна из которых продолжает движение по направлению движения снаряда, а другая — в противоположную сторону. В момент разрыва суммарная кинетическая энергия осколков увеличивается за счёт энергии взрыва на величину ΔE . Скорость осколка, движущегося по направлению движения снаряда, равна v_1 . Найдите ΔE .

Решение.

Для системы выполняются законы сохранения импульса и энергии (не механической энергии, а просто энергии, так как в данном случае внутренняя энергия взрывчатого вещества переходит в кинетическую энергию осколков):

$$\frac{2mv_0^2}{2} + \Delta E = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2}$$

$$2mv_0 = mv_1 - mv_2$$

Здесь v_0 — скорость снаряда до взрыва. Решая систему из двух уравнений, для энергии взрыва получаем

$$v_2 = v_1 - 2v_0$$

$$\Delta E = \frac{m}{2}(v_1^2 + v_2^2 - 2v_0^2) = m(v_1 - v_0)^2$$

Ответ: $\Delta E = m(v_1 - v_0)^2$

С 3 Один моль аргона, находящийся в цилиндре при температуре $T_1 = 600$ К и давлении $p_1 = 4 \cdot 10^5$ Па, расширяется и одновременно охлаждается так, что его давление при расширении обратно пропорционально квадрату объёма. Конечное давление газа $p_2 = 10^5$ Па. На какую величину изменилась внутренняя энергия аргона в результате расширения?

Решение.

Для идеального одноатомного газа изменение внутренней энергии определяется только изменением его температуры: $\Delta U = \frac{3}{2} v R \Delta T$.

Согласно условию, процесс идет таким образом, что давление изменяется обратно пропорционально квадрату объема, то есть можно записать $p = \frac{\alpha^2}{V^2}$, где α — некоторая постоянная (константа выбрана таким образом для удобства дальнейшего изложения). Обращая данное равенство получаем, что $V = \frac{\alpha}{\sqrt{p}}$

Идеальный газ подчиняется уравнению Клапейрона-Менделеева:

$$pV = vRT \Leftrightarrow p \frac{\alpha}{\sqrt{p}} = vRT \Leftrightarrow \alpha \sqrt{p} = vRT$$

Записав последнее выражение для начального и конечного состояний, после чего поделив одно на другое, получаем выражение для конечной температуры

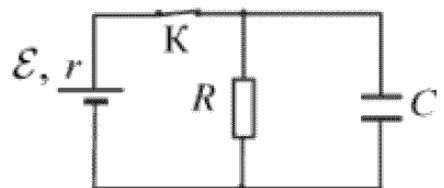
$$T_2 = T_1 \sqrt{\frac{p_2}{p_1}} = 600 \text{ K} \frac{10^5 \text{ Па}}{4 \cdot 10^5 \text{ Па}} = 300 \text{ K}$$

Таким образом, внутренняя энергия газа после расширения равна

$$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot 1 \text{ моль} \cdot 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К}) \cdot (300 \text{ К} - 600 \text{ К}) \approx -3740 \text{ Дж}$$

Ответ: $\approx -3740 \text{ Дж}$

С 4 В электрической схеме, показанной на рисунке, ключ K замкнут. ЭДС батарейки $\varepsilon = 12 \text{ В}$, отношение внутреннего со противления батарейки к сопротивлению резистора $a = k = \frac{r}{R} = 0.2$. После размыкания ключа K в результате разряда конденсатора на резисторе выделяется количество теплоты $Q = 10 \text{ мкДж}$. Найдите ёмкость конденсатора C .



Решение.

Когда ключ замкнут, конденсатор заряжен, а через резистор течет ток, который можно найти, при менив закон Ома для полной цепи:

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r}$$

Поскольку резистор и конденсатор подключены параллельно, напряжения на них совпадают и равны

$$U = IR = \frac{R\varepsilon}{R+r}$$

После размыкания ключа, конденсатор разряжается через сопротивление, и вся накопленная в нем энергия электрического поля переходит в тепло. Выделившееся количество теплоты равно

$$Q = \frac{CU^2}{2} = \frac{C}{2} \left(\frac{\varepsilon}{1+r/R} \right)^2$$

Отсюда сразу находим емкость конденсатора

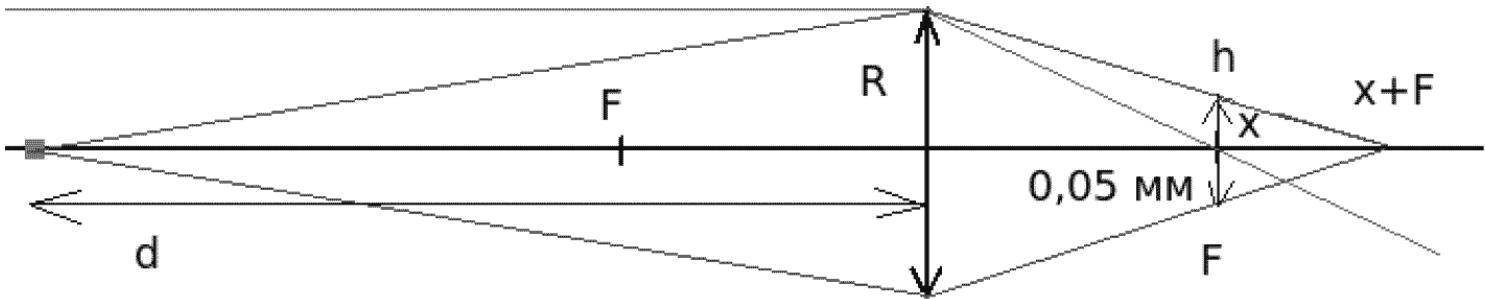
$$C = 2Q \left(\frac{1+r/R}{\varepsilon} \right)^2 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Дж} \cdot \left(\frac{1+0,2}{12 \text{ В}} \right)^2 = 0,2 \cdot 10^{-6} \Phi$$

Ответ: $0,2 \cdot 10^{-6} \Phi$

C 5

Условимся считать изображение на плёнке фотоаппарата резким, если вместо идеального изображения точки на плёнке получается изображение пятна диаметром не более 0,05 мм. По этому если объектив находится на фокусном расстоянии от плёнки, то резкими считаются не только бесконечно удалённые предметы, но и все предметы, находящиеся дальше некоторого расстояния d . Объектив имеет переменное фокусное расстояние. При этом расстояние, на которое он настроен (в данном случае ∞), не изменяется. При «относительном отверстии» $\alpha = 4$ минимальное расстояние, на котором предметы получаются резкими, меняется (при изменении фокусного расстояния объектива) от 12,5 до 50 м. («Относительное отверстие» — это отношение фокусного расстояния к диаметру входного отверстия объектива.) В каком диапазоне изменяется фокусное расстояние объектива? При расчётах счи-тать объектив тонкой линзой. Сделайте рисунок, поясняющий образование пятна.

Решение.



Из рисунка видно, что размер пятна определяется размером входного отверстия.

Обозначим радиус входного отверстия объектива через R , фокусное расстояние через F , радиус до пустимого пятна через h , расстояние от пленки до точки, где пересекаются лучи, через x . Согласно формуле тонкой линзы,

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{F+x} = \frac{1}{F}$$

Из условия подобия треугольников, имеем

$$\frac{R}{F+x} = \frac{h}{x}$$

Кроме того, по условию

$$\frac{F}{2R} = \alpha = 4$$

Решая систему из этих уравнений для фокусного расстояния имеем

$$F = \sqrt{8hd}$$

Таким образом, фокусное расстояние меняется от

$$F_1 = \sqrt{8 \cdot 0,025 \text{ мм} \cdot 12500 \text{ мм}} = 50 \text{ мм}$$

до

$$F_2 = \sqrt{8 \cdot 0,025 \text{ мм} \cdot 50000 \text{ мм}} = 100 \text{ мм}$$

Ответ: от 50 мм до 100 мм

С 6 Уровни энергии электрона в атоме водорода задаются формулой

$E = -\frac{13,6}{n^2}$ эВ, где $n = 1, 2, 3, \dots$. При переходе атома из состояния E_2 в состояние E_1 атом испускает фотон. Попав на поверхность фотокатода, этот фотон выбивает фотоэлектрон. Частота света, соответствующая красной границе фотоэффекта для материала поверхности фотокатода, $v_{kp} = 6 \cdot 10^{14}$ Гц. Чему равна максимальная возможная кинетическая энергия фотоэлектрона?

Решение.

Согласно постулатам Бора, свет излучается при переходе атома на более низкие уровни энергии, при этом фотоны несут энергию, равную разности энергий начального и конечного состояний. Таким образом, испущенный фотон имел нес энергию

$$h\nu = E_2 - E_1 = -13,6 \text{ эВ} \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{1^2} \right) = 10,2 \text{ эВ}$$

Согласно уравнению фотоэффекта, максимальная кинетическая энергия вылетающих фотоэлектронов связана с энергией фотона и работой выхода соотношением

$$h\nu = A + E$$

Работа выхода связана с частотой красной границы соотношением:

$$A = h\nu_{\text{кр}}$$

Таким образом, максимально возможная кинетическая энергия фотоэлектрон равна

$$E = h\nu - A = 10,2 \text{ эВ} - 6,62 \cdot 10^{-34} (\text{Дж} \cdot \text{с}) \cdot 6 \cdot 10^{14} \text{ Гц} \cdot \frac{1}{1,6} \cdot 10^{19} \text{ эВ} \approx 7,7 \text{ эВ}$$

Ответ: $\approx 7,7 \text{ эВ}$