

Пример экзаменационного задания по физике

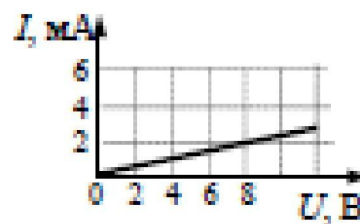
Экзаменационное задание вариант № 00 для вступительного испытания по предмету физика

1. Ядро цинка ${}^{65}_{30}\text{Zn}$ состоит из
- 1) 65 нейтронов и 30 протонов
 - 2) 30 протонов и 35 нейтронов
 - 3) 35 электронов и 65 протонов
 - 4) 65 протонов и 30 нейтронов

2. Как изменится период малых колебаний математического маятника, если его длину увеличить в 4 раза?
- 1) увеличится в 4 раза
 - 2) увеличится в 2 раза
 - 3) уменьшится в 4 раза
 - 4) уменьшится в 2 раза

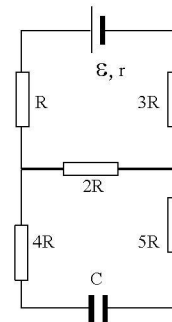
3. На рисунке изображен график зависимости силы тока в проводнике от напряжения между его концами. Чему равно сопротивление проводника?

- 1) 0,25 кОм 2) 2 кОм 3) 4 кОм 4) 8 кОм

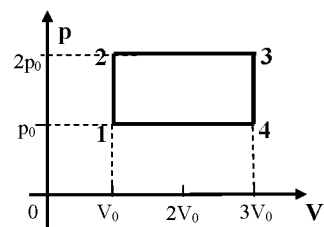


4. Движение материальной точки вдоль оси Ox описывается уравнением $x = 3 - 2t + t^2$ м (t – время в секундах). Определить среднюю скорость прохождения материальной точкой пути за первые 2 секунды от начала движения.
5. При сжатии пружины на некоторое расстояние была совершена работа 15 Дж. Какую работу надо дополнительно совершить, чтобы сжать пружину еще на такое же расстояние?
6. Частица с зарядом 10^{-6} Кл, обладающая импульсом 10^{-8} кг·м/с, движется по окружности в однородном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл. Определить радиус окружности.

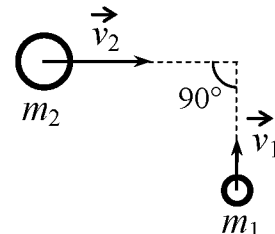
7. Чему равна энергия конденсатора емкости C , подключенного по электрической схеме, представленной на рисунке? Величины ε , R и r считать известными.



8. Рассчитайте КПД тепловой машины, использующей в качестве рабочего тела одноатомный идеальный газ и работающей по циклу, изображенному на рисунке.



9. Два тела, массы которых соответственно $m_1 = 1$ кг и $m_2 = 2$ кг, скользят по гладкому горизонтальному столу (см. рисунок). Скорость первого тела $v_1 = 3$ м/с, скорость второго тела $v_2 = 6$ м/с. Какое количество теплоты выделится, когда они столкнутся и будут двигаться дальше, сцепившись вместе? Вращения в системе не возникает. Действием внешних сил пренебречь.



10. На дифракционную решетку с периодом $d = 0,01$ мм нормально к поверхности решетки падает параллельный пучок монохроматического света с длиной волны $\lambda = 600$ нм. За решеткой, параллельно ее плоскости, расположена тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием $F = 5$ см. Чему равно расстояние между максимумами первого и второго порядков на экране, расположенном в фокальной плоскости линзы?

Возможные решения задания 00

I уровень Задание 1

Ядро цинка ${}^{65}_{30}\text{Zn}$ состоит из

- 1) 65 нейтронов и 30 протонов
- 2) 30 протонов и 35 нейтронов
- 3) 35 электронов и 65 протонов
- 4) 65 протонов и 30 нейтронов

Решение

Ядро атома A_ZX состоит из протонов и нейтронов (нуклонов). Количество протонов в ядре называется его зарядовым числом — это число равно порядковому номеру элемента, к которому относится атом, в таблице Менделеева. Полное количество нуклонов в ядре называется его массовым числом A () и приблизительно равно средней массе атома, указанной в таблице Менделеева.

Ответ 2) 30 протонов и 35 нейтронов

I уровень Задание 2

Как изменится период малых колебаний математического маятника, если его длину увеличить в 4 раза?

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

Решение

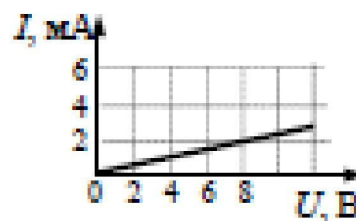
Период малых колебаний математического маятника определяется формулой $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$,

т.е. при увеличении длины маятника в 4 раза период его колебаний увеличится в 2 раза.

Ответ 2) увеличится в 2 раза

І уровень Задание 3

На рисунке изображен график зависимости силы тока в проводнике от напряжения между его концами. Чему равно сопротивление проводника?



- 1) 0,25 кОм 2) 2 кОм 3) 4 кОм 4) 8 кОм

Решение

Согласно закону Ома для однородного участка цепи $I = U/R$, откуда $R = U/I = 8/(2 \cdot 10^{-3}) = 4 \cdot 10^3 \text{ Ом} = 4 \text{ кОм}$.

Ответ 3) 4 кОм.

ІІ уровень Задание 4

Движение материальной точки вдоль оси Ox описывается уравнением $x = 3 - 2t + t^2$ м (t – время в секундах). Определить среднюю скорость прохождения материальной точкой пути за первые 2 секунды от начала движения.

Дано

$$x = 3 - 2t + t^2 \text{ м}$$

$$t_1 = 2 \text{ с}$$

$$v_{cp} = ?$$

Решение

$$\text{Средняя скорость } v_{cp} = \frac{s}{t_1}.$$

Из уравнения движения находим

$$x_0 = 3 \text{ м}; \quad v_0 = -2 \text{ м/с}; \quad a = 2 \text{ м/с}^2.$$

Зависимость скорости от времени $v = -2 + 2t$.

Из последнего находим, что в момент времени $t' = 1 \text{ с}$ $v = 0$, т.е. в точке с координатой $x(t') = 2 \text{ м}$ направление движения изменилось на противоположное.

$$\text{Тогда путь } s = |x(t') - x_0| + |x(t_1) - x(t')| = 2 \text{ м}.$$

$$\text{Окончательно } v_{cp} = \frac{s}{t_1} = 1 \text{ м/с}.$$

ІІ уровень Задание 5

При сжатии пружины на некоторое расстояние была совершена работа 15 Дж. Какую работу надо дополнительно совершить, чтобы сжать пружину еще на такое же расстояние?

Дано

$$A_1 = 15 \text{ Дж}$$

$$x_2 = 2x_1$$

$$A_2 = ?$$

Решение

Работа внешней консервативной силы, приложенной к пружине равна изменению потенциальной энергии пружины, т.е.

$$A_1 = \Pi_1 - \Pi_0; \quad A_2 = \Pi_2 - \Pi_1,$$

$$\text{где } \Pi_0 = 0, \quad \Pi_1 = \frac{kx_1^2}{2}, \quad \Pi_2 = \frac{kx_2^2}{2}.$$

$$A_1 = \frac{kx_1^2}{2}, \quad A_2 = \frac{kx_2^2}{2} - \frac{kx_1^2}{2} = 3 \frac{kx_1^2}{2} = 3A_1.$$

$$\text{Таким образом } A_2 = 3 \cdot 15 = 45 \text{ Дж}.$$

II уровень

Задание 6

Частица с зарядом 10^{-6} Кл, обладающая импульсом 10^{-8} кг·м/с, движется по окружности в однородном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл. Определить радиус окружности.

Дано

$$q = 10^{-6} \text{ Кл}$$

$$p = 10^{-8} \text{ кг} \cdot \text{м} / \text{с}$$

$$B = 0,1 \text{ Тл}$$

$$\vec{v} \perp \vec{B}$$

$$R = ?$$

Решение

При движении заряженной частицы в магнитном поле на нее действует перпендикулярная вектору скорости частицы сила Лоренца $F_{\text{л}} = qvB$, которая заставляет ее двигаться по окружности с ускорением $a = \frac{v^2}{R}$.

На основании второго закона Ньютона имеем

$$qvB = \frac{mv^2}{R}, \text{ откуда } R = \frac{mv}{qB} = \frac{p}{qB}. \quad R = \frac{10^{-8}}{10^{-6} \cdot 0,1} = 0,1 \text{ м}$$

III уровень

Задание 7

Чему равна энергия конденсатора емкости C , подключенного по электрической схеме, представленной на рисунке? Величины ε , R и r считать известными.

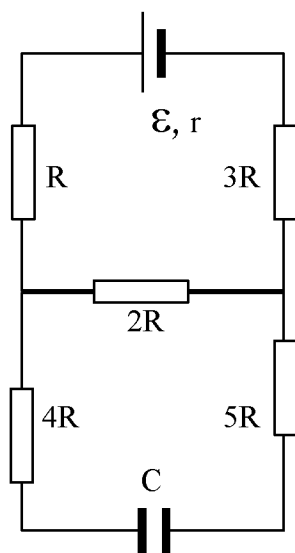
Дано

$$\varepsilon$$

$$R$$

$$r$$

$$W = ?$$



Решение

Используем связь между энергией, запасенной в конденсаторе, его емкостью и напряжением на нем для расчета энергии конденсатора:

$$W = \frac{CU^2}{2}.$$

Напряжение на конденсаторе равно напряжению на резисторе $2R$, поскольку ток по резисторам $4R$ и $5R$ в установившемся режиме в цепи не течет, и разность потенциалов на них равна нулю.

Применяем закон Ома для участка цепи для вычисления напряжения на резисторе $2R$:

$$U = I \cdot 2R.$$

Ток рассчитывается по закону Ома для замкнутой цепи, содержащей источник и резисторы сопротивлением R , $2R$, $3R$:

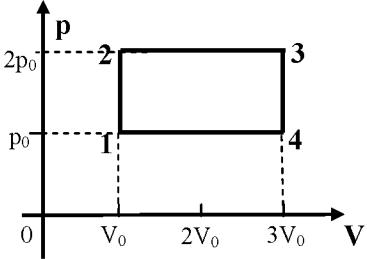
$$I = \frac{\varepsilon}{r + 6R}.$$

Объединение трех уравнений для расчета энергии, запасенной в конденсаторе и правильные алгебраические преобразования с получением ответа, использующего известные из условия задачи величины, дают:

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{C}{2} (I \cdot 2R)^2 = \frac{C}{2} \left(\frac{\varepsilon}{r + 6R} \right)^2 (2R)^2 = \frac{2C\varepsilon^2 R^2}{(6R + r)^2}.$$

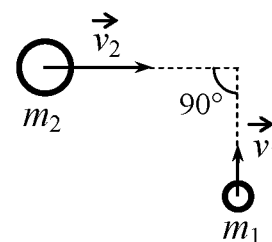
III уровень Задание 8

Рассчитайте КПД тепловой машины, использующей в качестве рабочего тела одноатомный идеальный газ и работающей по циклу, изображенному на рисунке.

Дано	Решение
 η — ?	КПД тепловой машины, работающей по циклу 1-2-3-4: $\eta = \frac{A_{1234}}{Q_{13}},$ где A_{1234} — работа газа в цикле, Q_{13} — суммарное количество теплоты, полученное на участках цикла 1-2 и 2-3. A_{1234} равна площади прямоугольника 1-2-3-4, изображающего график цикла в координатах p-V: $A_{1234} = 2p_0V_0.$ Тепло подводится к газу на участках 1-2 и 2-3, на участке 1-2 по первому закону термодинамики оно затрачивается только на увеличение внутренней энергии, а на участке 2-3 на увеличение внутренней энергии и совершение работы в изобарном процессе: $Q_{13} = \Delta U_{13} + A_{13} = \Delta U_{13} + A_{12} + A_{23} = \Delta U_{13} + A_{23}.$ Работа в изобарном процессе 2-3: $A_{23} = 2p_0 \cdot 2V_0 = 4p_0V_0.$ $\Delta U_{13} = \frac{3}{2} \nu RT_3 - \frac{3}{2} \nu RT_1.$ Используем уравнения Клапейрона-Менделеева для перехода от значений T к значениям p и V: $\Delta U_{13} = \frac{3}{2} 2p_0 3V_0 - \frac{3}{2} p_0V_0 = \frac{15}{2} p_0V_0.$ Совмещаем все уравнения для получения значения КПД и правильные алгебраические преобразования с получением численного ответа. Ответ $\eta = \frac{2p_0V_0}{4p_0V_0 + \frac{15}{2} p_0V_0} = \frac{4}{23}$ может быть приведен и в виде округленной десятичной дроби.

IV уровень Задание 9

Два тела, массы которых соответственно $m_1 = 1$ кг и $m_2 = 2$ кг, скользят по гладкому горизонтальному столу (см. рисунок). Скорость первого тела $v_1 = 3$ м/с, скорость второго тела $v_2 = 6$ м/с. Какое количество теплоты выделится, когда они столкнутся и будут двигаться дальше, сцепившись вместе? Вращения в системе не возникает. Действием внешних сил пренебречь.



Дано

$$m_1 = 1 \text{ кг}$$

$$m_2 = 2 \text{ кг}$$

$$v_1 = 3 \text{ м/с}$$

$$v_2 = 6 \text{ м/с}$$

$$Q = ?$$

Решение

1) Закон сохранения импульса

$$M\vec{v} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2; (Mv)^2 = (m_1v_1)^2 + (m_2v_2)^2;$$

$$M = m_1 + m_2 = m_1 + 2m_1 = 3m_1;$$

$$m_2v_2 = 2m_1 \cdot 2v_1 = 4m_1v_1; (3m_1v)^2 = (m_1v_1)^2 + (4m_1v_1)^2;$$

$$9m_1^2v^2 = m_1^2v_1^2 + 16m_1^2v_1^2; 9v^2 = 17v_1^2; v^2 = \frac{17}{9}v_1^2.$$

2) Запишем закон сохранения энергии

$$E_{\text{кин}1} + E_{\text{кин}2} = E_{\text{кин}} + Q; \text{ или } \frac{m_1v_1^2}{2} + \frac{m_2v_2^2}{2} = \frac{Mv^2}{2} + Q;$$

$$Q = \frac{m_1v_1^2}{2} + \frac{m_2v_2^2}{2} - \frac{Mv^2}{2};$$

3) Получим выражение для количества теплоты и рассчитаем его числовое значение

$$Q = \frac{m_1v_1^2}{2} + \frac{2m_1 \cdot 4v_1^2}{2} - \frac{3m_1 \cdot 17v_1^2}{2 \cdot 9} = \frac{5m_1v_1^2}{3};$$

$$Q = 15 \text{ Дж.}$$

IV уровень**Задание 10**

На дифракционную решетку с периодом $d = 0,01 \text{ мм}$ нормально к поверхности решетки падает параллельный пучок монохроматического света с длиной волны $\lambda = 600 \text{ нм}$. За решеткой, параллельно ее плоскости, расположена тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием $F = 5 \text{ см}$. Чему равно расстояние между максимумами первого и второго порядков на экране, расположенном в фокальной плоскости линзы?

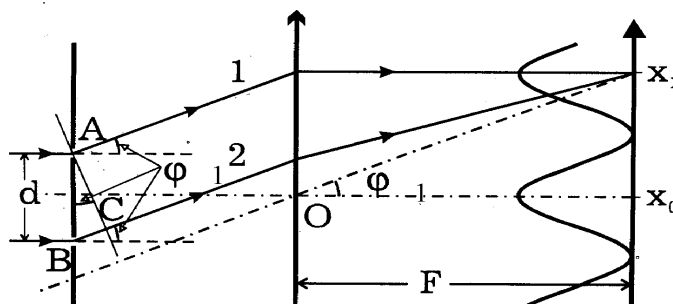
Дано

$$d = 0,01 \text{ мм}$$

$$\lambda = 600 \text{ нм}$$

$$F = 5 \text{ см}$$

$$X_2 - X_1 = ?$$

Решение

На экране наблюдаются светлые и темные полосы в результате интерференции световых пучков, образующихся в результате дифракции света на решетке. Прозрачную щель решетки можно представить согласно принципу Гюйгенса-Френеля совокупностью тонких светящихся нитей, параллельных краям щели, которые излучают когерентные цилиндрические волны. Поскольку в условии ничего не говорится о ширине щелей, будем считать их достаточно узкими. Светлые полосы на экране свидетельствуют о том, что волны от разных щелей приходят в эти точки в одинаковой фазе и интерферируют, давая максимум интенсивности световой волны. На рис. показан ход лучей 1 и 2 (луч – направление распространения

световой волны), образующих интерференционный максимум первого порядка на расстоянии X_1 от центрального (нулевого) максимума. Ход лучей, образующих второй максимум, строится аналогично, только лучи 3 и 4 пойдут под большим по сравнению с φ_1 углом φ_2 по отношению к главной оптической оси линзы.

Вычисляем разность хода лучей s_1 и s_2 , образующих первый и второй максимумы, на основе знания геометрии и тригонометрии:

$$s_1 = BC = d \sin \varphi_1, s_2 = d \sin \varphi_2.$$

Пролохождение лучей через линзу не приводит к изменению их разности фаз.

Условия интерференционных максимумов первого и второго порядков:

$$d \sin \varphi_1 = \lambda, d \sin \varphi_2 = 2\lambda.$$

Из рис. видно, что: $X_1 = F \operatorname{tg} \varphi_1$, $X_2 = F \operatorname{tg} \varphi_2$.

Откуда следует, что искомое расстояние между максимумами равно:

$$X_2 - X_1 = F(\operatorname{tg} \varphi_2 - \operatorname{tg} \varphi_1).$$

Вследствие малости углов φ_1 и φ_2 заменяем тангенсы углов их синусами.

Учтя, что при малых углах φ (малость углов $\sin \varphi = 0,06 \Rightarrow \varphi \approx 3^\circ$ можно проверить, используя данные задачи) $\sin \varphi = \operatorname{tg} \varphi = \varphi$, получим:

$$X_2 - X_1 = F(\sin \varphi_2 - \sin \varphi_1) = F(2\lambda/d - \lambda/d) = F\lambda/d.$$

Подставив численные значения физических величин, выраженных в СИ, получаем ответ: $X_2 - X_1 = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 3 \text{ мм}$.

Пособие, рекомендуемое для подготовки к экзамену

Физика: учебное пособие для подготовки к вступительным экзаменам и централизованному тестированию // П.Н. Логвинович, В.Н. Сытик, Г.М. Чобот, В.А. Чернявский – Минск: БГАТУ, 2013. – 364 с.