

ЕДИНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКЗАМЕН ПО ФИЗИКЕ

Вариант 1

Ответы к задачам групп А и В

A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
3	2	1	2	3	2	1	4	3	4	1	2	4	3	1
A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24	A25					
2	4	1	4	3	3	2	2	4	1					
B1	B2	B3	B4											
331	313	43	42											

Указания и решения к избранным задачам

A21. Сила натяжения нити, действующая на груз, равна F независимо от угла α .

A22. Время движения мотоциклиста от места старта до встречи с грузовиком найдем из уравнения

$$s = \frac{at^2}{2}, \text{ откуда } t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = 10 \text{ с.}$$

Поскольку время движения грузовика на $\Delta t = 5$ с больше, скорость грузовика равна

$$v = \frac{s}{t + \Delta t} = 10 \text{ м/с.}$$

C1. После замыкания ключа сопротивление цепи уменьшается от R до $R/2$, поэтому конечное (установившееся) значение силы тока равно

$$I_1 = 2I_0 = 6 \text{ А}$$

(если пренебречь сопротивлением источника и активным сопротивлением катушки). При возрастании тока в катушке возникает ЭДС самоиндукции

$$\mathcal{E}_{\text{сам}} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t},$$

пропорциональная скорости изменения тока и действующая,

согласно правилу Ленца, против тока. Поскольку $\mathcal{E}_{\text{сам}}$ не может превышать ЭДС источника, то возрастание тока происходит плавно, за конечный промежуток времени. По мере приближения силы тока к установившемуся значению I_1 ЭДС самоиндукции стремится к нулю.

С2. Найдем максимальное сжатие пружины x , при котором груз после остановки не начнет двигаться в обратном направлении:

$$F_{\text{тр пок}} - kx = 0,$$

$$F_{\text{тр пок}} = \mu N = \mu mg,$$

откуда

$$x = \frac{\mu mg}{k}.$$

Запишем для движения груза закон сохранения энергии с учетом перехода части энергии в тепло, т.е. с учетом работы силы трения:

$$\frac{kd^2}{2} = \frac{kx^2}{2} + \mu mg(d + x).$$

Сокращая на $(d + x)$, получим

$$\frac{k(d - x)}{2} = \mu mg.$$

Подставляя сюда $x = \mu mg/k$, находим

$$m = \frac{kd}{3\mu g} = 2,5 \text{ кг.}$$

С3. Пробка придет в движение, когда дополнительная сила давления со стороны газа станет больше атмосферного давления на величину, равную максимальной силе трения покоя:

$$\Delta ps = F.$$

Внутренняя энергия одноатомного газа равна

$$U = \frac{3}{2} pV.$$

Поскольку объем газа при нагревании не меняется, то работа газа равна нулю, и из первого закона термодинамики получаем

$$Q = \Delta U = \frac{3}{2} V \Delta p = \frac{3}{2} V \frac{F}{s}.$$

Отсюда находим

$$s = \frac{3}{2} \frac{VF}{Q} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

С4. Когда ключ находится в положении 1, ток в цепи не течет, конденсатор заряжен до напряжения \mathcal{E} . После перевода ключа в положение 2 конденсатор разряжается через резистор, и запасенная в конденсаторе энергия переходит во внутреннюю тепловую энергию. Разность потенциалов на конденсаторе к тому моменту, когда в сопротивлении выделилась тепловая энергия Q , можно найти из закона сохранения энергии

$$\frac{C\mathcal{E}^2}{2} = Q + \frac{CU^2}{2}.$$

Такая же разность потенциалов приложена к сопротивлению, и из закона Ома находим

$$R = \frac{U}{I} = \frac{1}{I} \sqrt{\mathcal{E}^2 - \frac{2Q}{C}} = 100 \text{ кОм}.$$

С5. Из второго закона Ньютона для движения частицы по окружности в магнитном поле:

$$qvB = \frac{mv^2}{R}$$

можно любую интересующую нас меняющуюся величину выразить через R и B . В частности, для кинетической энергии и частоты вращения получаем

$$v = \frac{qBR}{m}, \quad E = \frac{mv^2}{2} = \frac{q^2 B^2 R^2}{2m}, \quad \nu = \frac{v}{2\pi R} = \frac{qB}{2\pi m}.$$

Поскольку по условию кинетическая энергия при медленном изменении B меняется пропорционально частоте ν (этот факт, доказываемый в теоретической физике, дается школьникам без объяснений, как некое «священное знание»), то их отношение остается постоянным:

$$\frac{E}{\nu} = \pi q B R^2 = \text{const}, \text{ или } B_0 R_0^2 = B R^2.$$

Отсюда получаем

$$R = R_0 \sqrt{\frac{B_0}{B}}.$$

С6. Поскольку кинетической энергией образовавшегося атома можно пренебречь, закон сохранения энергии приобретает вид

$$\frac{p^2}{2m} = E_n + h\nu.$$

После вычислений получаем

$$\nu = 4,12 \cdot 10^{15} \text{ Гц}.$$

Ответы к задачам групп А и В

A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15
3	3	4	4	1	2	3	1	2	3	3	4	1	3	1
A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24	A25					
2	2	3	2	4	1	2	4	1	4					
B1	B2	B3	B4											
122	121	31	41											

Указания и решения к избранным задачам

A22. Из закона сохранения импульса в проекции на ось x , направленную вдоль первоначальной скорости снаряда, найдем

$$p_{2x} = mv.$$

Зная модуль импульса второго осколка, найдем угол, который его скорость составляет с осью x :

$$\cos \alpha = \frac{p_x}{m_2 v_2} = \frac{mv}{m_2 v_2} = \frac{1}{2}, \text{ и } \alpha = 60^\circ.$$

A25. Закон сохранения энергии имеет вид

$$E_1 + \frac{hc}{\lambda} = \frac{mv^2}{2}.$$

C1. Идеальный вольтметр имеет бесконечно большое сопротивление, поэтому ток по участку цепи с вольтметром равен нулю. Следовательно, разность потенциалов на реостате равна нулю, а разность потенциалов на вольтметре равна разности потенциалов на зажимах идеального (с нулевым сопротивлением) источника, т.е. его ЭДС \mathcal{E} :

$$U = \mathcal{E} - IR = \mathcal{E}.$$

Показания вольтметра при перемещении движка реостата не меняются.

C2. Так как трение в системе отсутствует, механическая энергия системы сохраняется:

$$mg \cdot \frac{5}{2} h = mgh + \frac{mv^2}{2} + \frac{MV^2}{2}.$$

Кроме того, в отсутствие трения между горкой и полом сохраняется горизонтальная составляющая импульса системы:

$$0 = mv - MV.$$

Выразив отсюда V и подставив в закон сохранения энергии,

получим

$$\frac{m}{M} = \frac{3gh}{v^2} - 1.$$

С3. Первый закон термодинамики для одноатомного газа имеет вид

$$Q = \frac{3}{2} \nu R(T_2 - T_1) + A.$$

Конечную температуру найдем из уравнения состояния

$$\frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

и уравнения процесса

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_1}{T_2},$$

откуда

$$T_2 = T_1 \sqrt{\frac{p_2}{p_1}}.$$

В итоге получим

$$Q = \frac{3}{2} \nu R T_1 \left(\sqrt{\frac{p_2}{p_1}} - 1 \right) + A \approx -1,25 \text{ кДж}.$$

С4. В конечном состоянии, после установления равновесия, токи в цепи равны нулю, разность потенциалов на конденсаторе емкостью C_2 равна нулю, а разность потенциалов на конденсаторе емкостью C_1 равна ε . Закон сохранения энергии можно записать следующим образом:

$$A_{\text{ист}} = (W_2 - W_1) + Q, \text{ или } A_{\text{ист}} = \frac{C_1 \varepsilon^2}{2} + Q,$$

т.е. работа сторонних сил источника равна сумме изменения электростатической энергии системы и изменения внутренней (тепловой) энергии. Работа источника равна

$$A_{\text{ист}} = \Delta q \varepsilon = (C_1 \varepsilon - 0) \varepsilon = C_1 \varepsilon^2.$$

Отсюда получаем

$$Q = \frac{C_1 \varepsilon^2}{2} = 0,3 \text{ Дж}.$$

С5. Точка A' – изображение вершины A – находится на расстоянии $2F$ от линзы (рис.1), а длину x отрезка $A'C'$ найдем из формулы линзы

$$\frac{1}{2F - a} + \frac{1}{2F + x} = \frac{1}{F},$$

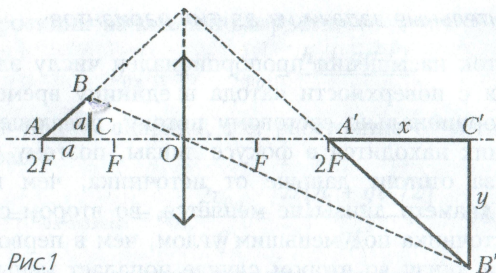


Рис.1

откуда

$$x = \frac{aF}{F-a} = \frac{a}{1-aD}.$$

Длину y катета $B'C'$ найдем из подобия треугольников $OC'B'$ и OCB :

$$y = a \frac{2F+x}{2F-a} = \frac{aF}{F-a} = \frac{a}{1-aD}.$$

Площадь равнобедренного ($y=x$) прямоугольного треугольника $A'B'C'$ равна

$$S = \frac{1}{2}xy = \frac{a^2}{2(1-aD)^2} \approx 9,9 \text{ см}^2.$$

С6. Действующая на электрон со стороны электрического поля сила

$$\vec{F}_{\text{эл}} = -e\vec{E}$$

направлена против оси y , а сила Лоренца, равная

$$F_{\text{Л}} = evB,$$

направлена вдоль оси y . Чтобы ускорение самых быстрых электронов было направлено против оси y , для них должно выполняться неравенство

$$ev_{\text{max}}B < eE, \text{ или } v_{\text{max}} < \frac{E}{B}.$$

В соответствии с уравнением Эйнштейна

$$hv = A_{\text{вых}} + \frac{mv_{\text{max}}^2}{2}$$

получаем

$$v < \frac{1}{h} \left(A_{\text{вых}} + \frac{mE^2}{2B^2} \right) = 6,4 \cdot 10^{14} \text{ Гц}.$$