

Второй (заключительный) этап академического соревнования

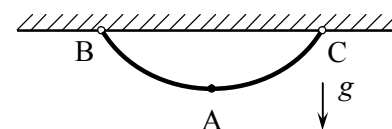
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по общеобразовательному предмету «Физика»

Весна, 2016 г.

Вариант № 22.

**ЗАДАЧА 1.**

Гибкий трос подвешен за концы к горизонтальному потолку так, что расстояние между точками подвеса меньше длины троса. Натяжение троса в нижней точке А равно  $T$ , а в точках подвеса В и С равно  $T_0$ .



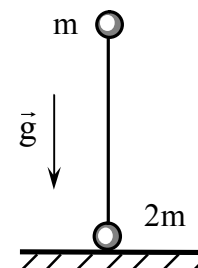
Определите массу троса.

**ЗАДАЧА 2.**

Циклическая частота свободных малых колебаний материальной точки равна  $\omega$ . Найдите наименьшее время, через которое её импульс уменьшится вдвое по сравнению с максимальным значением.

**ЗАДАЧА 3.**

На гладкую горизонтальную поверхность поставили вертикально гантельку длины  $\ell$ , состоящую из невесомого жесткого стержня с двумя маленькими шариками на концах, массы которых  $m$  и  $2m$ . Гантельку отпускают без начальной скорости, и она начинает падать. Найдите скорость, с которой верхний шарик коснется горизонтальной поверхности, и величину перемещения нижнего шарика к этому моменту времени. Силами трения пренебречь.



**ЗАДАЧА 4.**

На гладкой горизонтальной плоскости лежит доска массы  $M = 4$  кг, у левого края которой находится небольшая шайба массы  $m = 1$  кг. Шайбе толчком сообщают скорость, направленную вдоль доски. Вследствие трения между шайбой и доской шайба тормозится и, начиная с некоторого момента, движется вместе с доской как единое целое. Найдите скорость  $v$ , которую сообщили шайбе, если путь пройденный шайбой по доске до остановки  $S = 2$  м. Коэффициент трения между шайбой и доской равен

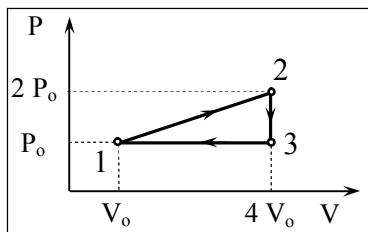


$\mu = \mu_0 \cdot x$ , где  $\mu_0 = 0,2 \frac{1}{m}$ , а  $x$  – расстояние шайбы от левого края доски.

**ЗАДАЧА 5.**

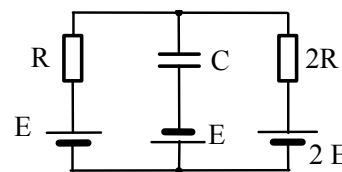
Абсолютная влажность при температуре  $t_1 = 60^\circ \text{C}$  равна  $\rho_1 = 0,005 \text{ кг/м}^3$ . Определите абсолютную влажность  $\rho_2$  после понижения температуры до  $t_2 = 20^\circ \text{C}$ . Давление насыщенных паров при температуре  $t_2$  равно  $p_2 = 2335 \text{ Па}$ .

### ЗАДАЧА 6.



На  $P - V$  диаграмме изображен цикл 1–2–3–1, проводимый с одноатомным идеальным газом. Определите отношение количества теплоты  $Q_{23}$ , отданной газом в процессе 2-3, к  $Q_{31}$ , отданной газом в процессе 3–1.

**ЗАДАЧА 7.** Определите энергию электрического поля в конденсаторе  $C$ . Параметры элементов схемы, указанные на рисунке, считать известными. Внутренними сопротивлениями источников тока пренебречь.

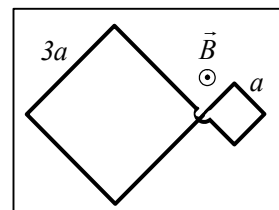


### ЗАДАЧА 8.

Найдите предельный угол полного отражения света на границе раздела стекла и воды. Абсолютный показатель преломления стекла  $n_1 = 1,5$ , а воды  $n_2 = 1,33$ .

### ЗАДАЧА 9.

Из проволоки, общим сопротивлением  $R$ , сделан плоский замкнутый контур, состоящий из двух квадратов со сторонами  $a$  и  $3a$ . Контур находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B$ , направленной перпендикулярно плоскости контура. Найдите заряд, который протечёт через поперечное сечение провода при равномерном уменьшении индукции поля до нуля. Между пересекающимися на рисунке проводами электрический контакт отсутствует.



### ЗАДАЧА 10.

Энергия атома водорода в основном состоянии равна  $E_1 = -13,53 \text{ эВ}$ . Найдите длину волны излучения, поглощённого электроном при переходе его со второго энергетического уровня на третий.

## Решение варианта № 22

### ЗАДАЧА 1. (8 баллов)

Ответ:  $m = \frac{2}{g} \sqrt{T_0^2 - T^2}$ .

**З А Д А Ч А 2.** (8 баллов)

Ответ:  $t = \frac{\pi}{3\omega}$ .

**З А Д А Ч А 3.** (10 баллов)

Ответ:  $v = \sqrt{2g\ell}$ ,  $\Delta r = \frac{\ell}{3}$ .

Центр масс гантели находится в точке С, расположенной на высоте  $\frac{1}{3}\ell$  от поверхности.

После того, как гантельку отпустили без начальной скорости, она начала падать. Так как трение отсутствует, то центр масс гантели будет двигаться вниз по вертикали.

Скорость, с которой верхний шарик коснется горизонтальной поверхности, равна  $v = \sqrt{2g\ell}$ .

Величина перемещения нижнего шарика к этому моменту времени равна  $\Delta r = \frac{\ell}{3}$ .

**З А Д А Ч А 4.** (10 баллов)

Ответ:  $v = S\sqrt{\mu_0 g \frac{m+M}{M}} = 3,2 \text{ м/с}$ .

1) В соответствии с законом сохранения импульса

$m v = (m + M) \cdot u$ , откуда  $u = \frac{m}{m + M} v$ .

2) Работа силы трения.  $A = -\frac{m v^2}{2} \frac{M}{m + M}$

3) С другой стороны, работа силы трения равна  $A = -\frac{1}{2} \mu_0 m g S^2$ , откуда

$v = S\sqrt{\mu_0 g \frac{m+M}{M}} = 3,2 \text{ м/с}$

**З А Д А Ч А 5.** (10 баллов)

Ответ:  $\rho_2 = 0,005 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ .

Плотность насыщенных паров при температуре  $t_2 = 20^\circ \text{C}$  равна  $\rho = \frac{\mu p_2}{RT} = 0,0173 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ . Эта величина больше, чем  $\rho_1$ . Поэтому при охлаждении до температуры  $t_2 = 20^\circ \text{C}$  насыщение не

будет достигнуто, конденсация не начнётся, и содержание водяных паров в единице объёма воздуха останется прежним, т.е.  $\rho_2 = \rho_1 = 0,005 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ .

**З А Д А Ч А 6.** (10 баллов)

Ответ:  $\frac{Q_{23}}{Q_{31}} = 0,8$ .

$$Q_{23} = \frac{3}{2}(2P_0 4V_0 - P_0 4V_0) = 6P_0 V_0; \quad Q_{31} = \frac{5}{2}(P_0 4V_0 - P_0 V_0) = \frac{15}{2}P_0 V_0; \quad \frac{Q_{23}}{Q_{31}} = 0,8.$$

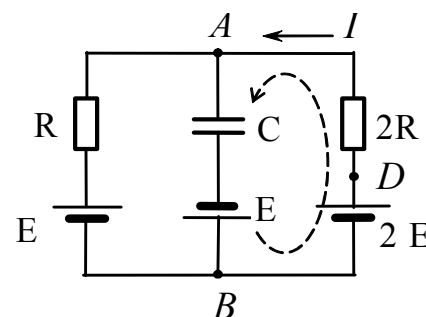
**З А Д А Ч А 7.** (10 баллов)

Ответ:  $W = \frac{49}{18} CE^2$ .

1. Ток в контуре (направление тока – против часовой стрелки)

$$I = \frac{E}{3R} \quad (1)$$

2. Для контура ABDA ( Направление обхода контура показано на рисунке стрелочкой )



$U + I \cdot 2R = E + 2E$  (2), где  $U$  – напряжение на конденсаторе.

Из (2) следует  $U = 3E - 2IR = 3E - 2 \frac{E}{3R} R = \frac{7}{3} E$ .

3. Энергия конденсатора  $W = \frac{CU^2}{2} = \frac{49}{18} CE^2$ .

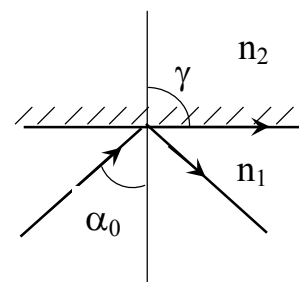
**З А Д А Ч А 8.** (10 баллов)

Ответ:  $\alpha_0 = \arcsin \frac{1,33}{1,5}$

$n_1 = 1,5, n_2 = 1,33$

Предельный угол падения, при котором наблюдается явление полного

отражения, находим из условия  $\sin \alpha_0 = \frac{n_2}{n_1}$ , откуда  $\alpha_0 = \arcsin \frac{1,33}{1,5}$



**З А Д А Ч А 9.** (12 баллов)

Ответ:  $q = \frac{8a^2}{R} B$

$$q = \frac{S_1 - S_2}{R} B = \frac{(3a)^2 - a^2}{R} \cdot B = \frac{8a^2}{R} B. \quad q = \frac{8a^2}{R} B.$$

**З А Д А Ч А 10.** (12 баллов)

Ответ:  $\lambda = -\frac{36}{5} \cdot \frac{hc}{E_1} = 6,58 \cdot 10^{-7} \text{ м}.$

В модели атома водорода Бора энергия атома на  $n$ -ом энергетическом уровне  $E_n = \frac{E_1}{n^2}.$

Тогда энергия атома на втором энергетическом уровне  $E_2 = \frac{E_1}{2^2} = \frac{E_1}{4}.$  а на третьем

$$E_3 = \frac{E_1}{3^2} = \frac{E_1}{9}. \quad h\nu = E_3 - E_2, \text{ откуда } \nu = \frac{E_3 - E_2}{h}. \text{ Тогда } \lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{ch}{E_3 - E_2}.$$

$$\lambda = \frac{ch}{\frac{E_1}{9} - \frac{E_1}{4}} = -\frac{36ch}{5E_1} = -\frac{36 \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 6,6 \cdot 10^{-34}}{5(-13,53) \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 6,58 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$