

Второй (заключительный) этап научно-образовательного соревнования

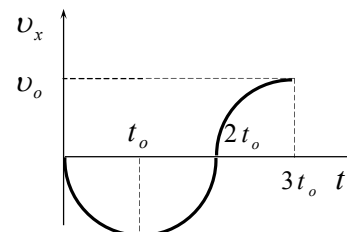
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по общеобразовательному предмету «Физика»

Весна, 2016 г.

Вариант № 7.

ЗАДАЧА 1.

Тело движется прямолинейно вдоль оси x . График зависимости проекции скорости движения тела от времени имеет вид полуокружности и $1/4$ части окружности. Максимальная скорость тела v_0 , время движения $3t_0$.



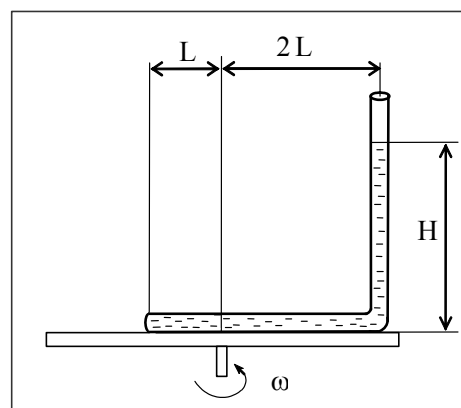
Определите перемещение тела Δr_x к моменту времени $3t_0$.

ЗАДАЧА 2.

Циклическая частота свободных малых колебаний материальной точки равна ω . Найдите наименьшее время, через которое её кинетическая энергия уменьшится в 4 раза по сравнению с её наибольшим значением.

ЗАДАЧА 3.

Тонкая трубка, запаянная с одного конца, заполнена жидкостью и закреплена на горизонтальной платформе, вращающейся с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси так, что жидкость не выливается и заполняет полностью горизонтальное колено трубки. Открытое колено трубки вертикально. Геометрические размеры установки указаны на рисунке. Атмосферное давление P_0 , плотность жидкости ρ . Найдите давление жидкости u у запаянного конца трубки. Силами поверхностного натяжения пренебречь.



ЗАДАЧА 4

Сосуд объема $V = 50 \text{ дм}^3$ разделен тонкой подвижной перегородкой на две части. В левую часть помещены 54 грамма воды, а в правую – 32 грамма кислорода (O_2). Температура поддерживается равной $t = 100^\circ\text{C}$. Определите объём правой части сосуда.

ЗАДАЧА 5.

Два равномерно заряженных тонких кольца находятся в одной плоскости и имеют общий центр. Линейная плотность зарядов одного кольца равна $+\tau$, а его радиус равен R . Линейная плотность зарядов второго кольца равна -2τ , а его радиус равен $2R$. Найдите работу сил электрического поля при перемещении положительного точечного заряда $+q$ из бесконечности в центр колец, принимая потенциал поля в бесконечности равным нулю.

ЗАДАЧА 6

Электроны, вылетевшие из фотокатода при освещении его монохроматическим светом, попадают в однородное магнитное поле с индукцией B и движутся по окружностям, наибольший радиус которых равен R . Определите частоту ν излучения, падающего на фотокатод, если работа выхода материала катода равна A .

ЗАДАЧА 7.

Найдите импульс фотона, излучённого электроном атома водорода при переходе с четвёртого энергетического уровня на второй. Энергия атома водорода в основном состоянии равна $E_1 = -13,53$ эВ.

РЕШЕНИЕ ВАРИАНТА № 7

ЗАДАЧА 1. (8 баллов)

Ответ: $\Delta r_x = \frac{1}{4} \pi v_o t_o$.

ЗАДАЧА 2. (8 баллов)

Ответ: $t = \frac{\pi}{3\omega}$.

ЗАДАЧА 3. (10 баллов)

Ответ: $p_2 = p_o + \rho g H - \frac{3\rho\omega^2 L^2}{2}$

Пусть p_1 - давление масла в месте изгиба трубки и p_2 - у запаянного конца трубки. Рассмотрим столб масла в вертикальном колене трубки, найдем, что давление жидкости в месте изгиба трубки $p_1 = p_o + \rho g H$. Центр масс масла в горизонтальном колене трубки находится на расстоянии $L/2$ от

оси вращения и имеет ускорение $a = \omega^2 \cdot \frac{L}{2}$. Масса масла в горизонтальном колене $m = \rho 3LS$, где

S – площадь поперечного сечения трубки. Запишем второй закон Ньютона для этой массы жидкости $ma = p_1S - p_2S$. Подставив в это уравнение выражения , m и a , находим

$$\rho 3LS \cdot \omega^2 \frac{L}{2} = (p_1 - p_2)S. \quad \text{Подставив в это уравнение } p_1, \quad \text{находим}$$

$$p_2 = p_1 - \rho \frac{3}{2} L^2 \omega^2 = p_o + \rho gH - \frac{3}{2} \rho L^2 \omega^2.$$

З А Д А Ч А 4. (10 баллов)

Ответ:
$$V_K = \frac{m_K}{\mu_K} \cdot \frac{RT}{P_o} = 31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

При температуре $t = 100$ °С насыщенный пар воды имеет давление $P_o = 10^5$ Па. Таким же будет и давление в правой части цилиндра, занимаемой кислородом. Занимаемый кислородом объем

$$V_K = \frac{m_K}{\mu_K} \cdot \frac{RT}{P_o} = \frac{0,032}{0,032} \cdot \frac{8,31 \cdot 373}{10^5} = 31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

З А Д А Ч А 5. (10 баллов)

Ответ:
$$A = \frac{q\tau}{2\varepsilon_o}$$

$$A = q(-\varphi_o) \quad (1),$$

где, согласно принципу суперпозиции, потенциал а точке О равен

$$\varphi_o = \varphi + \varphi_2 = \frac{\tau 2\pi R}{4\pi\varepsilon_o R} - \frac{2\tau \cdot 2\pi \cdot 2R}{4\pi\varepsilon_o \cdot 2R} = \frac{\tau}{2\varepsilon_o} - \frac{\tau}{\varepsilon_o} = -\frac{\tau}{2\varepsilon_o} \quad (2)$$

Подставляя φ_o в (1), получим $A = \frac{q\tau}{2\varepsilon_o}$.

З А Д А Ч А 6. (10 баллов)

Ответ:
$$v = \frac{1}{h} \left(A + \frac{q^2 B^2 R^2}{2m} \right)$$

$$1) \frac{mv^2}{R} = qvB, \text{ откуда } v = \frac{qBR}{m}. (1)$$

$$2) h\nu = A + \frac{mv^2}{2}. \text{ Подставляя (1), получим } \nu = \frac{1}{h} \left(A + \frac{m q^2 B^2 R^2}{2 m^2} \right) = \frac{1}{h} \left(A + \frac{q^2 B^2 R^2}{2m} \right);$$

З А Д А Ч А 7. (12 баллов)

Ответ:
$$p = \frac{h\nu}{c} = \frac{E_4 - E_2}{c} = 1,35 \cdot 10^{-27} \frac{\text{кэ} \cdot \text{м}}{c}.$$

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 четвёртом $E_4 = \frac{E_1}{4^2} = \frac{E_1}{16}$.

$$h\nu = E_4 - E_2 = \frac{E_1}{16} - \frac{E_1}{4} = -\frac{3E_1}{16},$$

Импульс фотона равен $p = \frac{h\nu}{c} = \frac{E_4 - E_2}{c} = -\frac{3E_1}{16 \cdot 3 \cdot 10^8} = \frac{13,53 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{16 \cdot 10^8} = 1,35 \cdot 10^{-27} \frac{\text{кэ} \cdot \text{м}}{c}.$