

Второй (заключительный) этап научно-образовательного соревнования

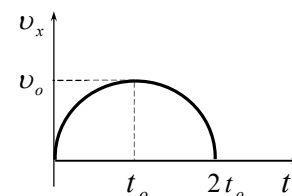
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по общеобразовательному предмету «Физика»

Весна, 2016 г.

Вариант № 6.

ЗАДАЧА 1. Олимп 2012-2013 вар 10 №1

Тело движется прямолинейно вдоль оси x . График зависимости проекции скорости движения тела от времени имеет вид полуокружности. Максимальная скорость тела v_0 , время движения $2t_0$. Определите путь, пройденным телом.

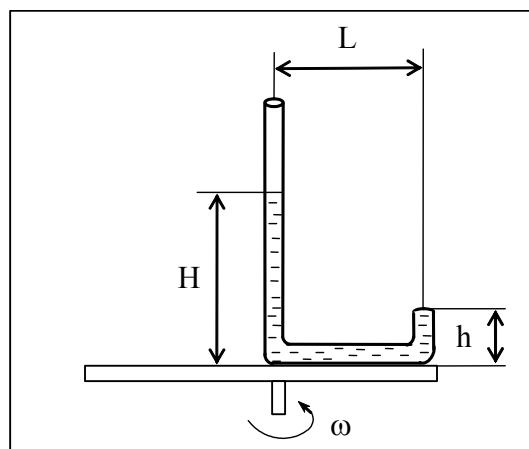


ЗАДАЧА 2.

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

ЗАДАЧА 3.

Тонкая, запаянная с одного конца трубка заполнена водой и закреплена на горизонтальной платформе, вращающейся с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси. Открытое и запаянное колена трубки вертикальны. Геометрические размеры установки указаны на рисунке. Атмосферное давление P_0 , плотность воды ρ . Найдите давление воды у запаянного конца трубки. Силами поверхностного натяжения пренебречь.



ЗАДАЧА 4

Сосуд объема $V = 20 \text{ дм}^3$ разделен тонкой подвижной перегородкой на две части. В левую часть помещены 18 граммов воды, а в правую – 14 граммов азота (N_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, в котором находится отрицательный точечный заряд $-q$. Линейная плотность зарядов одного

кольца равна -2τ , а его радиус равен R . Линейная плотность зарядов второго кольца равна $+\tau$, а его радиус равен $2R$. Найдите работу сил электрического поля при перемещении заряда $-q$ из центра кольца в бесконечность, где потенциал поля принять равным нулю.

ЗАДАЧА 6

Фотокатод с работой выхода A освещается монохроматическим светом с частотой ν . Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле и движутся по окружностям, наибольший радиус которых равен R . Определите индукцию B магнитного поля.

ЗАДАЧА 7.

Найдите импульс фотона, поглощённого электроном атома водорода при переходе электрона со второго энергетического уровня на третий. Энергия атома водорода в основном состоянии равна $E_1 = -13,53$ эВ.

Решение варианта № 6

ЗАДАЧА 1. (8 баллов)

Ответ: $S = \frac{1}{2} \pi v_o t_o$.

ЗАДАЧА 2. (8 баллов)

Ответ: $t = \frac{\pi}{3\omega}$.

ЗАДАЧА 3. (10 баллов)

Ответ: $p_3 = p_o + \rho g (H - h) + \frac{\rho \omega^2 L^2}{2}$

Обозначим p_1 , - давление воды в месте изгиба трубки на оси вращения, p_2 - в месте изгиба трубки, расположенном на расстоянии L от оси вращения, и p_3 - у запаянного конца. Тогда

$$p_1 = p_o + \rho g H.$$

Центр масс воды в горизонтальном колене находится на расстоянии $L/2$ от оси вращения и имеет ускорение $a = \frac{\omega^2 \cdot L}{2}$. Масса воды в горизонтальном колене $m = \rho LS$, где S – площадь поперечного сечения трубки.

По второму закону Ньютона $ma = p_2 S - p_1 S$ или $\rho SL \cdot \frac{\omega^2 L}{2} = (p_2 - p_1) S$.

Отсюда $p_2 = p_1 + \rho \frac{\omega^2 L^2}{2} = p_o + \rho g H + \rho \frac{\omega^2 L^2}{2}$. Тогда

$$p_3 = p_2 - \rho g h = p_o + \rho g H + \rho \frac{\omega^2 L^2}{2} - \rho g h = p_o + \rho g (H - h) + \rho \frac{\omega^2 L^2}{2}$$

$$p_3 = p_o + \rho g (H - h) + \frac{\rho \omega^2 L^2}{2} ..$$

З А Д А Ч А 4. (10 баллов)

Ответ:
$$V_A = \frac{m_A}{\mu_A} \cdot \frac{RT}{P_o} = 15,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

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 азотом. Занимаемый азотом объем

$$V_A = \frac{m_A}{\mu_A} \cdot \frac{RT}{P_o} = \frac{0,014}{0,028} \cdot \frac{8,31 \cdot 373}{10^5} = 15,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

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 в точке O равен

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

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

З А Д А Ч А 6. (10 баллов)

Ответ:
$$B = \frac{1}{qR} \sqrt{2m(h\nu - A)}.$$

1) $h\nu = A + \frac{m\nu^2}{2}$, откуда $\nu = \sqrt{\frac{2}{m}(h\nu - A)}$ (1)

2) $\frac{m\nu^2}{R} = q\nu B$, откуда $B = \frac{m\nu}{qR} = \frac{m}{qR} \sqrt{\frac{2}{m}(h\nu - A)} = \frac{1}{qR} \sqrt{2m(h\nu - A)}.$

З А Д А Ч А 7. (12 баллов.)

Ответ:
$$p = \frac{h\nu}{c} = \frac{E_3 - E_2}{c} = 1,00 \cdot 10^{-27} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}.$$

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 $E_3 = \frac{E_1}{3^2} = \frac{E_1}{9}$.

$$h\nu = E_3 - E_2 = \frac{E_1}{9} - \frac{E_1}{4} = -\frac{5E_1}{36},$$

Импульс фотона равен $p = \frac{h\nu}{c} = \frac{E_3 - E_2}{c} = -\frac{5E_1}{36 \cdot 3 \cdot 10^8} = \frac{5 \cdot 13,53 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{36 \cdot 3 \cdot 10^8} = 1,00 \cdot 10^{-27} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}.$