

Второй (заключительный) этап научно-образовательного соревнования

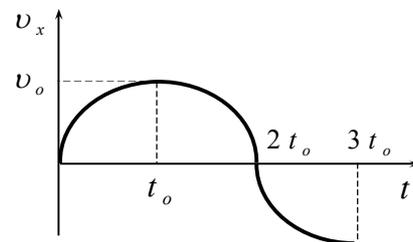
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по общеобразовательному предмету «Физика»

Весна, 2016 г.

Вариант № 5.

**ЗАДАЧА 1.**

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

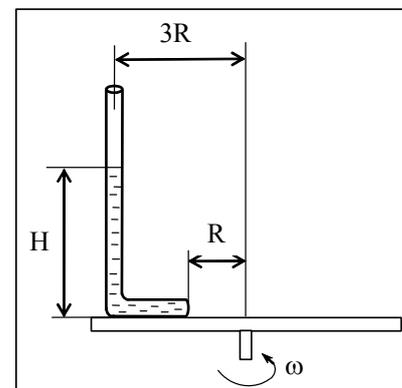


**ЗАДАЧА 2.**

Циклическая частота свободных малых колебаний материальной точки равна  $\omega$ . Найдите наименьшее время, через которое её импульс уменьшится в  $\sqrt{2}/2$  раз по сравнению с максимальным значением.

**ЗАДАЧА 3.**

Тонкая запаянная с одного конца трубка заполнена ртутью и закреплена на горизонтальной платформе, вращающейся с угловой скоростью  $\omega$  вокруг вертикальной оси так, что ртуть не выливается и заполняет полностью горизонтальное колено трубки. Открытое колено трубки вертикально. Геометрические размеры установки указаны на рисунке. Атмосферное давление  $P_0$ , плотность ртути  $\rho$ . Найдите давление ртути у запаянного конца трубки. Силами поверхностного натяжения пренебречь.



**ЗАДАЧА 4**

Сосуд объема  $V = 40 \text{ дм}^3$  разделен тонкой подвижной перегородкой на две части. В левую часть помещены 36 граммов воды, а в правую – 28 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 положительный точечный заряд  $q$ . Линейная плотность зарядов одного кольца равна  $+\tau$ , а его радиус равен  $R$ . Линейная плотность зарядов второго кольца равна  $-2\tau$ , 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 освещается монохроматическим светом с длиной волны  $\lambda$ . Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле с индукцией  $B$  и движутся по окружностям, наибольший радиус которых равен  $R$ . Определите работу выхода  $A$  электронов с поверхности катода.

### ЗАДАЧА 7.

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

## Решение варианта № 5

### ЗАДАЧА 1. (8 баллов)

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

### ЗАДАЧА 2. (10 баллов)

Ответ:  $t = \frac{\pi}{4\omega}$ .

### ЗАДАЧА 3. (10 баллов)

Ответ:  $p_2 = p_o + \rho g H - 4\rho\omega^2 R^2$

Давление ртути в месте изгиба трубки  $p_1 = p_o + \rho g H$ . Для ртути в вертикальном колене проекция ускорения на вертикальное направление равна нулю. Центр масс ртути в горизонтальном колене (точка С) находится на расстоянии  $2R$  от оси вращения и имеет центростремительное ускорение  $a = \omega^2 \cdot 2R$ . Масса ртути в горизонтальном колене  $m = 2RS\rho$ , где  $S$  – площадь поперечного сечения трубки. Запишем второй закон Ньютона для этой массы ртути:  $ma = p_1 S - p_2 S$  или  $\rho S 2R \cdot \omega^2 2R = (p_1 - p_2) S$ . Подставив в это уравнение выражения для  $p_1$ , находим

$$p_2 = p_1 - 4\rho\omega^2 R^2 = p_o + \rho g H - 4\rho\omega^2 R^2.$$

### ЗАДАЧА 4. (10 баллов)

Ответ: 
$$V_A = \frac{m_A}{\mu_A} \cdot \frac{RT}{P_0} = 31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

При температуре  $t = 100^\circ\text{C}$  насыщенный пар воды имеет давление  $P_0 = 10^5$  Па. Таким же будет давление и в правой части цилиндра, занимаемой азотом. Занимаемый азотом объем

$$V_A = \frac{m_A}{\mu_A} \cdot \frac{RT}{P_0} = \frac{0,028}{0,028} \cdot \frac{8,31 \cdot 373}{10^5} = 31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

**З А Д А Ч А 5.** (10 баллов)

Ответ: 
$$A = -\frac{q\tau}{2\varepsilon_0}.$$

$$A = q\varphi_0 \quad (1),$$

где, согласно принципу суперпозиции, потенциал в точке О равен

$$\varphi_0 = \varphi + \varphi_2 = \frac{\tau 2\pi R}{4\pi\varepsilon_0 R} - \frac{2\tau \cdot 2\pi \cdot 2R}{4\pi\varepsilon_0 \cdot 2R} = \frac{\tau}{2\varepsilon_0} - \frac{\tau}{\varepsilon_0} = -\frac{\tau}{2\varepsilon_0} \quad (2)$$

Подставляя  $\varphi_0$  в (1), получим  $A = -\frac{q\tau}{2\varepsilon_0}.$

**З А Д А Ч А 6.** (10 баллов)

Ответ: 
$$A = \frac{hc}{\lambda} - \frac{q^2 B^2 R^2}{2m}.$$

$$h\frac{c}{\lambda} = A + \frac{mv^2}{2}, \text{ откуда } A = \frac{hc}{\lambda} - \frac{mv^2}{2} \quad (1)$$

$$\frac{mv^2}{R} = qvB, \text{ откуда } v = \frac{qBR}{m} \quad (2). \text{ Тогда } A = \frac{hc}{\lambda} - \frac{m}{2} \cdot \frac{q^2 B^2 R^2}{m^2} = h\frac{c}{\lambda} - \frac{q^2 B^2 R^2}{2m}.$$

**З А Д А Ч А 7.** (12 баллов)

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

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

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

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