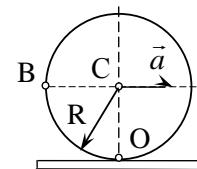


**Первый (отборочный) этап академического соревнования  
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по образовательному предмету  
«Физика», осень 2016 г.**

**Вариант № 2**

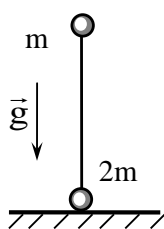
**ЗАДАЧА 1.**

Диск катится без проскальзывания по горизонтальной плоскости так, что его центр  $C$  движется с постоянным ускорением  $a = 2,5 \text{ см/с}^2$ . Через время  $t = 2 \text{ с}$  после начала движения его положение соответствует рисунку. Найдите модуль скорости точки  $B$  диска относительно горизонтальной плоскости.

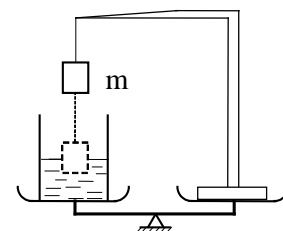


**ЗАДАЧА 2.**

На одной чаше весов стоит сосуд с водой, а на другой – штатив, на котором подвешен металлический груз объёмом  $V = 1 \text{ дм}^3$ . Чашы весов уравновешены. Нить, на которой подвешен груз, удлиняют так, что



подвешенный на ней груз оказался наполовину погруженным в воду. Равновесие весов при этом нарушится. На какую чашу весов и какой массы нужно положить гирьку, чтобы восстановить равновесие? Массой нити пренебречь.



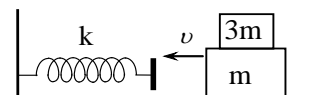
Плотность воды  $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$ .

**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 коснётся горизонтальной поверхности, и величину перемещения нижнего шарика к этому моменту времени. Силами трения пренебречь.

**ЗАДАЧА 4.**

Два бруска движутся со скоростью  $v$  по горизонтальной гладкой поверхности и налетают на упор, соединённый с вертикальной стенкой пружиной жёсткости  $k$ . Масса нижнего бруска  $m$ , верхнего –  $3m$ . Определите минимальное значение коэффициента трения  $\mu$  между брусками, при котором верхний брусок не будет проскальзывать относительно нижнего в процессе сжатия пружины. Массами упора и пружины пренебречь.

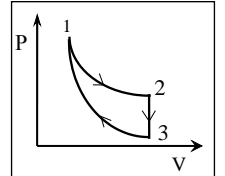


### ЗАДАЧА 5.

Теплоизолированный баллон разделён теплоизолирующей перегородкой с клапаном на две части. При закрытом клапане в одной части баллона объёма  $V_1=1$  л находится аргон при давлении  $p_1=4\cdot 10^5$  и температуре  $T_1=600\text{К}$ , а в другой части баллона объёма  $V_2=2$  л находится гелий при давлении  $p_2=8\cdot 10^5$  и температуре  $T_2=300\text{К}$ . Найдите температуру газа, которая установится в баллоне после открытия клапана.

### ЗАДАЧА 6.

Цикл тепловой машины, рабочим телом которой являются два моля идеального одноатомного газа, состоит из изотермы 1-2, изохоры 2-3 и адиабаты 3-1. КПД машины

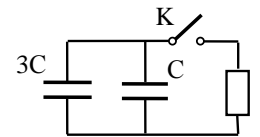


$\eta = 0,17$ , а разность максимальной и минимальной температур газа в

цикле  $\Delta T = 300\text{ К}$ . Найдите работу, совершённую газом в изотермическом процессе.

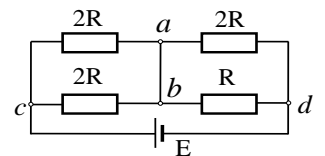
### ЗАДАЧА 7.

В электрической схеме, показанной на рисунке, ёмкости плоских конденсаторов равны  $C$  и  $3C$ . Расстояние между обкладками конденсатора  $3C$  равно  $d$ , а максимальная сила притяжения между его обкладками равна  $F$ . Определите количество теплоты  $Q$ , выделившееся на сопротивлении после замыкания ключа  $K$ .



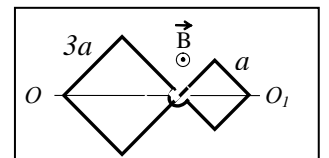
### ЗАДАЧА 8.

Найдите ток через переключку  $ab$  в схеме, представленной на рисунке. Сопротивления переключки, проводящих проводов и внутренним сопротивлением батареи пренебречь.



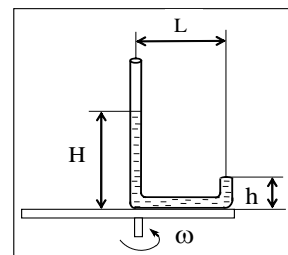
### ЗАДАЧА 9.

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 повороте контура вокруг оси симметрии  $OO_1$  на  $180^\circ$ . Между пересекающимися на рисунке проводами электрический контакт отсутствует.



### ЗАДАЧА 10.

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



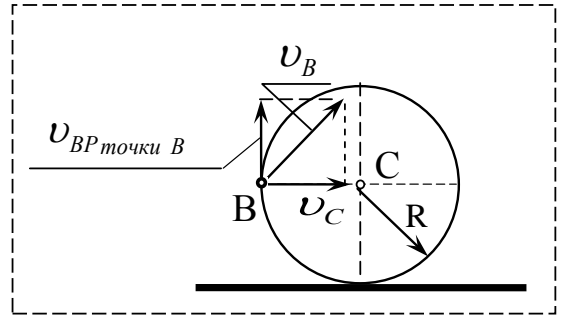
## Решение варианта №2

### ЗАДАЧА 1. (8 баллов)

Ответ:  $\boxed{v_B = 7 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}}$  .

Скорость центра диска (точки С) через время  $t$  после начала движения равна  $v_C = a \cdot t$  и определяет скорость поступательного движения диска в этот момент времени. Каждая точка на поверхности диска участвует одновременно в двух

движениях- поступательном со скоростью центра диска  $v_C$  и вращательном относительно центра диска точки С со скоростью  $v_{BP} = v_C$ . Скорость точки В  $v_B = \sqrt{v_C^2 + v_{BP}^2}$ . Используя численные условия задачи, получим  $v_B = 7 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}$ .

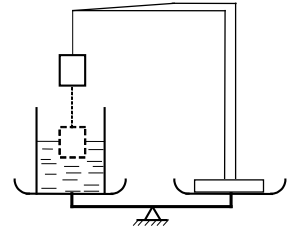


### ЗАДАЧА 2. (8 баллов)

Ответ:  $\boxed{m = \rho \cdot V = 1 \text{ кг}}$

На правую чашку весов нужно положить груз, масса которого

$\boxed{m = \rho \cdot V = 1 \text{ кг}}$ , где  $\rho$ - плотность воды, а  $V$  – объём груза.



### ЗАДАЧА 3. (10 баллов)

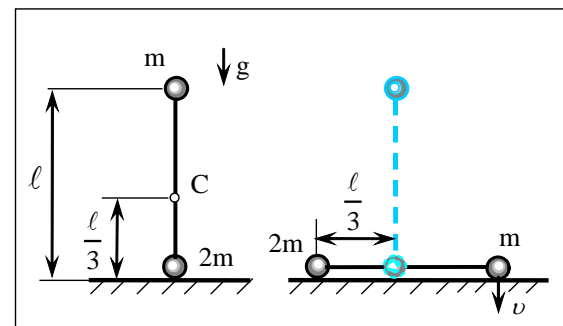
Ответ:  $\boxed{v = \sqrt{2gl}}$ ,  $\boxed{\Delta r = \frac{\ell}{3}}$  .

Центр масс гантельки 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 гантельки будет двигаться вниз по вертикали.

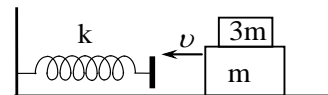
Скорость, с которой верхний шарик коснется горизонтальной поверхности, равна  $v = \sqrt{2gl}$ .

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



### ЗАДАЧА 4. (10 баллов)

Ответ:  $\mu \geq \frac{v}{2g} \sqrt{\frac{k}{m}}$ .



При сжатии пружины максимальное ускорение брусков

$$a = v \cdot \omega \quad (1), \text{ где } \omega = \sqrt{\frac{k}{3m + m}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{k}{m}} - \text{циклическая частота колебательной системы.}$$

Максимальная величина силы трения покоя, действующей на верхний брусок,  $F_{TP} = \mu 3mg$  и, следовательно, ускорение верхнего бруска  $a_1 = \mu \cdot g$  (2). Из (1) и (2) следует, что верхний брусок не будет проскальзывать при условии, что  $a \leq a_1$ , то есть  $v \cdot \omega \leq \mu \cdot g$ . Откуда находим

$$\mu \geq \frac{v \cdot \omega}{g} \geq \frac{v}{2g} \sqrt{\frac{k}{m}}.$$

### ЗАДАЧА 5. (10 баллов)

Ответ:  $T = \frac{(p_1 V_1 + p_2 V_2) \cdot T_1 T_2}{p_1 V_1 T_2 + p_2 V_2 T_1} = 333K$ .

Так как баллон теплоизолирован, то внутренняя энергия газа остаётся постоянной..

$$c_V (v_1 + v_2) T = c_V v_1 T_1 + c_V v_2 T_2, \text{ где } T - \text{температура газа, которая установится в}$$

баллоне после открытия клапана. Выразим из этого равенства  $T = \frac{v_1 T_1 + v_2 T_2}{v_1 + v_2}$  (1)

Здесь  $v_1$  и  $v_2$  находим, используя уравнение состояния идеального газа  $v_1 = \frac{p_1 V_1}{RT_1}$

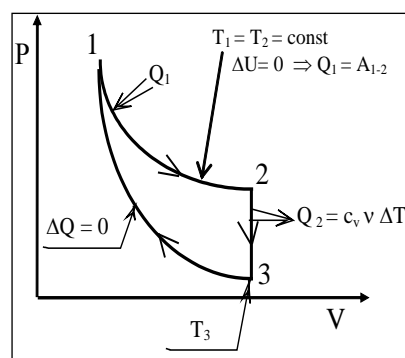
и  $v_2 = \frac{p_2 V_2}{RT_2}$ . Подставляя эти выражения в (1), получим  $T = \frac{(p_1 V_1 + p_2 V_2) \cdot T_1 T_2}{p_1 V_1 T_2 + p_2 V_2 T_1}$ .

Подставив числовые значения, найдём

$$T = \frac{(4 \cdot 10^5 \cdot 10^{-3} + 8 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-3}) \cdot 600 \cdot 300}{4 \cdot 10^5 \cdot 10^{-3} \cdot 300 + 8 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 600} = \frac{(4 \cdot 10^2 + 16 \cdot 10^2) \cdot 18 \cdot 10^4}{12 \cdot 10^4 + 96 \cdot 10^4} = \frac{360 \cdot 10^2}{108} = 333K.$$

### ЗАДАЧА 6. (10 баллов)

Ответ:  $A_{1-2} = \frac{3}{2} \cdot \frac{v \cdot R \Delta T}{(1 - \eta)} = 9000 \text{ Дж}$



Минимальная температура газа  $T_3$ , максимальная  $T_1$  ( $T_1 = T_2$ ).

Теплота подводится на участке 1-2, и её количество  $Q_1$  равно работе газа на изотерме  $A_{12}$ .

Тепло в цикле отводится только в изохорном процессе 2-3.

$$|Q_2| = \nu c_v \Delta T = \nu \frac{3}{2} R (T_2 - T_3) = \nu \frac{3}{2} R \Delta T > 0$$

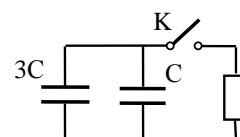
КПД по определению равен

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \quad \eta = 1 - \frac{\nu \frac{3}{2} R \Delta T}{A_{1-2}}, \quad \text{откуда} \quad A_{1-2} = \frac{3}{2} \cdot \frac{\nu R \Delta T}{(1 - \eta)}, \quad \text{где } \nu = 2, \Delta T = 300,$$

$$\eta = 0,17. \quad \text{Тогда} \quad A_{1-2} = \frac{3}{2} \cdot \frac{2 \cdot 8,31 \cdot 300}{(1 - 0,17)} = 9000 \text{ Дж}.$$

### ЗАДАЧА 7. (10 баллов)

Ответ:  $Q = \frac{4}{3} Fd$



1)  $F = \frac{3CU^2}{2d}$ , откуда  $\frac{U^2}{2} = \frac{Fd}{3C}$

2) Так как  $Q = \frac{C_{\text{БАТ}} U^2}{2}$ , где  $C_{\text{БАТ}} = 3C + C = 4C$ , то  $Q = \frac{4C \cdot Fd}{3C} = \frac{4}{3} Fd$

### ЗАДАЧА 8. (10 баллов)

Ответ:  $I = \frac{E}{10R}$  Ток течёт от точки  $a$  к точке  $b$ .

По закону Ома для замкнутого контура  $I_o = \frac{E}{R_\Sigma}$ ,

где  $R_\Sigma = R + \frac{2R}{3} = \frac{5}{3}R$  и  $I_o = \frac{3E}{5R}$  (1).

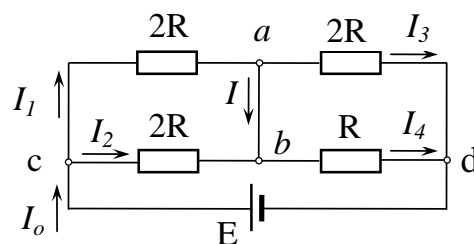
Воспользуемся уравнением Кирхгофа

для узла  $c$ :

$$I_o = I_1 + I_2 \quad ; \quad (2) \quad \text{для контура } abca: \quad I_1 2R - I_2 2R = 0 \quad . \quad (3) \quad \text{Из (2) и (3) получим}$$

$$I_1 = I_2 = \frac{I_o}{2} \quad (4)$$

для узла  $d$ :



$$I_o = I_3 + I_4 \quad (5) \quad \text{для контура } adba: \quad I_3 2R - I_4 R = 0 \quad (6) \quad \text{Из (5) и (6) получим } I_3 = \frac{1}{3} I_o$$

$$I_4 = \frac{2}{3} I_o \quad (7)$$

$$\text{для узла } a: \quad I_1 = I + I_3, \quad \text{где } I = I_1 - I_3 \quad (8)$$

Подставляя найденные значения токов (1), (4) и (7), найдём

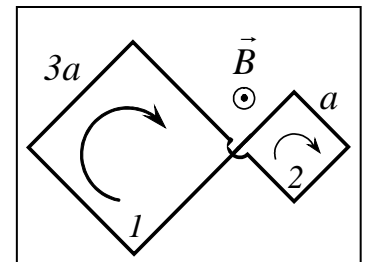
$$I = \frac{I_o}{2} - \frac{1}{3} I_o = \frac{I_o}{6} = -\frac{3E}{6 \cdot 5 \cdot R} = -\frac{E}{10R}.$$

### ЗАДАЧА 9. (12 баллов)

Ответ: 
$$q = \frac{16a^2 B}{R}.$$

$$q = \frac{\Delta\Phi_1 - \Delta\Phi_2}{R} = \frac{S_1 - S_2}{R} \Delta B, \quad \text{где } \Delta\Phi_1 \text{ и } \Delta\Phi_2 - \text{изменения}$$

магнитных потоков через поверхность большого и малого квадратов;  $\Delta B = 2B$ .



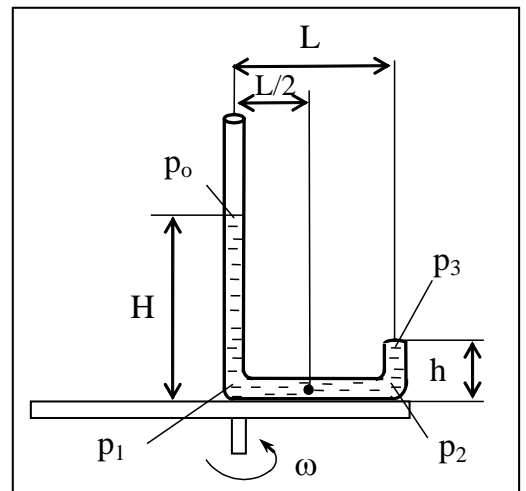
$$q = \frac{S_1 - S_2}{R} \Delta B = \frac{(3a)^2 - a^2}{R} \cdot 2B = \frac{16a^2 B}{R}.$$

### ЗАДАЧА 10. (12 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  $m = \rho L S$ , где  $S$  -

площадь поперечного сечения трубки. По второму закону Ньютона  $ma = p_2S - p_1S$  или

$$\rho SL \cdot \frac{\omega^2 L}{2} = (p_2 - p_1)S.$$

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

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

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