

Второй (заключительный) этап академического соревнования

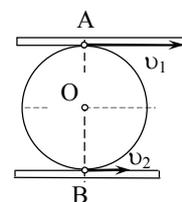
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по общеобразовательному предмету «Физика»

Весна, 2016 г.

Вариант № 20.

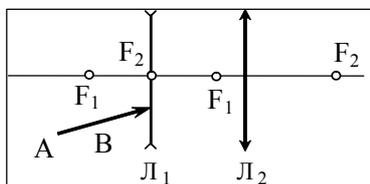
**ЗАДАЧА 1.**

Две параллельные рейки движутся со скоростями  $v_1 = 6 \text{ м/с}$  и  $v_2 = 4 \text{ м/с}$  относительно земли. Между рейками зажат диск, катящийся по рейкам без скольжения. Найдите скорость центра  $O$  диска относительно земли.



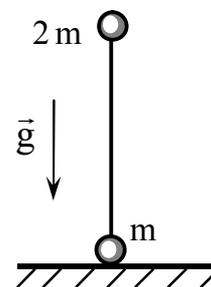
**ЗАДАЧА 2.**

Оптическая система состоит из рассеивающей  $L_1$  и собирающей  $L_2$  линз с общей главной оптической осью. Главные фокусы рассеивающей линзы обозначены  $F_1$ , а собирающей линзы –  $F_2$ . Постройте дальнейший ход луча  $AB$  через оптическую систему.



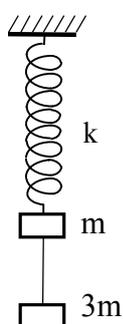
**ЗАДАЧА 3.**

На гладкую горизонтальную поверхность поставили вертикально гантельку длины  $\ell$ , состоящую из невесомого жесткого стержня с двумя маленькими шариками на концах, массы которых  $2m$  и  $m$ . 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.**

К пружине жесткости  $k$  подвешены два груза, соединенных невесомой нитью, массы которых  $m$  и  $3m$ . Найдите, на какую максимальную величину  $\Delta \ell$  поднимется верхний груз относительно первоначального положения после пережигания нити.

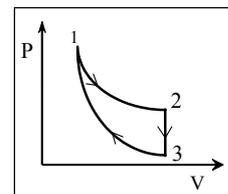


**ЗАДАЧА 5.** Теплоизолированный баллон разделен теплоизолирующей перегородкой с клапаном на две части. При закрытом клапане в одной части баллона объема  $V_1 = 1 \text{ л}$  находится гелий при давлении  $p_1 = 8 \cdot 10^5$  и температуре  $T_1 = 300 \text{ К}$ , а в другой части баллона объема  $V_2 = 2 \text{ л}$

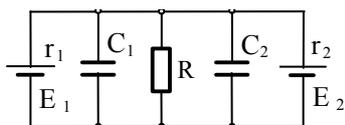
находится неон при давлении  $p_2 = 4 \cdot 10^5$  и температуре  $T_2 = 600\text{К}$ . Найдите температуру газа, которая установится в баллоне после открытия клапана.

### ЗАДАЧА 6.

Цикл тепловой машины, рабочим телом которой является один моль 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  $\Delta T = 600\text{ К}$ . Найдите работу, совершенную газом в изотермическом процессе.



### ЗАДАЧА 7



В электрической цепи, схема которой показана на рисунке, ЭДС источников тока  $E_1 = 6\text{ В}$ ,  $E_2 = 5\text{ В}$ , внутренние сопротивления  $r_1 = 1\text{ Ом}$ ,  $r_2 = 2\text{ Ом}$ . Сопротивление  $R = 10\text{ Ом}$ , ёмкость конденсатора

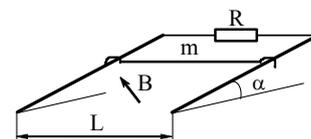
$C_1 = 1\text{ мкФ}$ ,  $C_2 = 3\text{ мкФ}$ . Найдите величину заряда конденсатора  $C_1$ .

### ЗАДАЧА 8.

Удаленный от других тел вольфрамовый шарик освещается электромагнитным излучением. Определите длину волны  $\lambda$  этого излучения, если известно, что максимальный потенциал, до которого зарядился шарик,  $\phi = 7,92\text{ В}$ . Работа выхода для вольфрама  $A = 4,5\text{ эВ}$ .

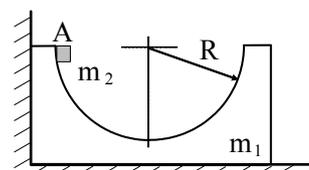
### ЗАДАЧА 9.

По двум гладким медным шинам, установленным под углом  $\alpha$  к горизонту, скользит под действием силы тяжести с постоянной скоростью медная перемычка массы  $m$ . Шины замкнуты на сопротивление  $R$ . Расстояние между шинами  $L$ . Система находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B$ , перпендикулярном к плоскости, в которой перемещается перемычка. Сопротивления шин, перемычки и скользящих контактов, а также самоиндукция контура пренебрежимо малы. Найдите скорость перемычки.



### ЗАДАЧА 10.

На гладкой горизонтальной поверхности около стенки стоит симметричный брусок массы  $m_1 = 3\text{ кг}$  с углублением полусферической формы радиуса  $R = 0,1\text{ м}$ . Из точки А без трения соскальзывает маленькая шайба массы  $m_2 = 1\text{ кг}$ . Найдите максимальную скорость бруска при его последующем движении. При вычислениях принять ускорение свободного падения  $g = 10\text{ м/с}^2$ .

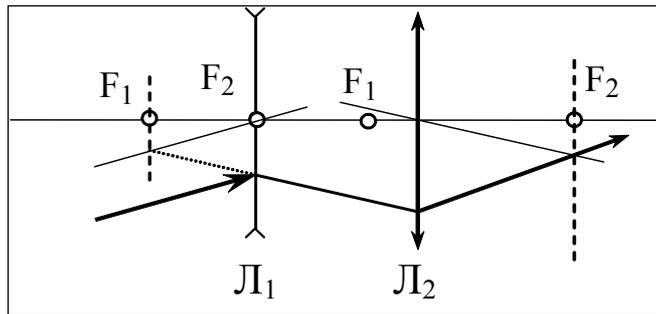


## Решение варианта № 20

### З А Д А Ч А 1. (8 баллов)

Ответ: 
$$v_0 = v_2 + \frac{v_1 - v_2}{2} = 5 \text{ м/с}.$$

### З А Д А Ч А 2. (8 баллов)

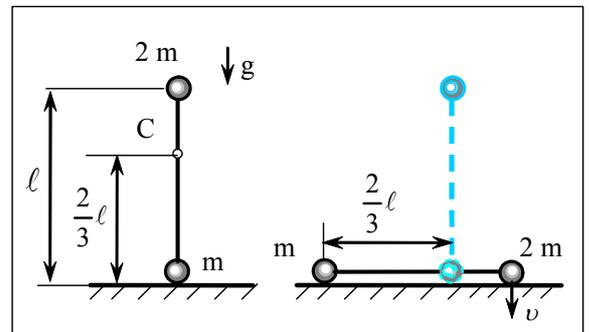


### З А Д А Ч А 3. (10 баллов)

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

Центр масс гантельки находится в точке С, расположенной на высоте  $\frac{2}{3}\ell$  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  $\Delta r = \frac{2}{3}\ell$ .

### З А Д А Ч А 4. (10 баллов)

Ответ: 
$$h = \frac{6mg}{k}.$$

### З А Д А Ч А 5. (10 баллов)

Ответ: 
$$T = \frac{(p_1 V_1 + p_2 V_2) \cdot T_1 T_2}{p_1 V_1 T_2 + p_2 V_2 T_1} = 400 \text{ К}.$$

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

$c_V(v_1 + v_2)T = c_V v_1 T_1 + c_V v_2 T_2$ , где  $T$  – 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

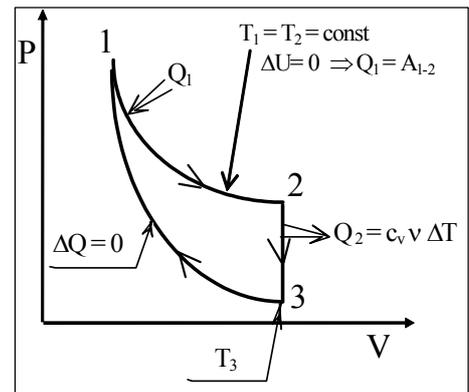
$v_2 = \frac{p_2 V_2}{RT_2}$ . Подставляя эти выражения в (1), получим  $T = \frac{(p_1 V_1 + p_2 V_2) \cdot T_1 T_2}{p_1 V_1 T_2 + p_2 V_2 T_1}$ .

Подставив числовые значения, найдём

$$T = \frac{(8 \cdot 10^5 \cdot 10^{-3} + 4 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-3}) \cdot 300 \cdot 600}{8 \cdot 10^5 \cdot 10^{-3} \cdot 600 + 4 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 300} = \frac{(8 \cdot 10^2 + 8 \cdot 10^2) \cdot 18 \cdot 10^4}{48 \cdot 10^4 + 24 \cdot 10^4} = \frac{288 \cdot 10^2}{72} = 400 \text{ K}.$$

### З А Д А Ч А 6. (10 баллов)

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

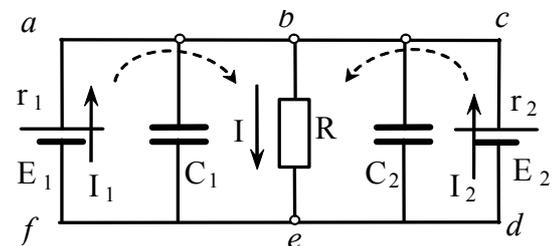


### З А Д А Ч А 7. (10 баллов)

Ответ:  $q = C_1 I R = 5,3 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$ .

Обозначим токи, протекающие через источники  $E_1$  и  $E_2$  как  $I_1$  и  $I_2$  соответственно, а ток, протекающий через сопротивление, как  $I$ , выберем их направления и направления обхода контуров abef и bcde. Запишем уравнения Кирхгофа:

- Для контура abef ( направление обхода по часовой стрелке):  $I_1 r_1 + IR = E_1$ .
- Для контура bcde ( направление обхода против часовой стрелки):  $I_2 r_2 + IR = E_2$ .
- Для узла b:  $I_1 + I_2 - I = 0$ .



Из этих уравнений найдём ток, протекающий через сопротивление,

$$I = \frac{r_1 E_2 + r_2 E_1}{r_1 r_2 + R(r_1 + r_2)} \approx 0,53 \text{ A}.$$

Величина заряда на конденсаторе  $C_1$ :  $q = C_1 I R = 1 \cdot 10^{-6} \cdot 0,53 \cdot 10 = 5,3 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$ .

**З А Д А Ч А 8.** (10 баллов)

Ответ:  $\lambda = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,6 \cdot 10^{-19} (4,5 + 7,92)} = 1,0 \cdot 10^{-7} \text{ м} .$

**З А Д А Ч А 9.** (12 баллов)

Ответ:  $v = \frac{mgR \sin \alpha}{B^2 L^2} .$

**З А Д А Ч А 10.** (12 баллов)

Ответ:  $v_{1\max} = \frac{2m_2}{m_1 + m_2} \sqrt{2gR} = 0,7 \text{ м/с} .$