

УТВЕРЖДАЮ

Ректор МГТУ им. Н.Э. Баумана

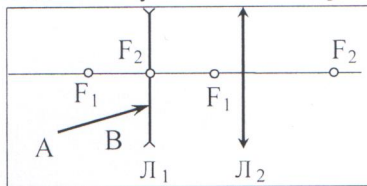
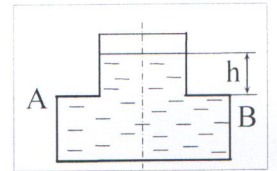
А. А. Александров

2014 г.

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СОРЕВНОВАНИЯ ОЛИМПИАДЫ  
«ШАГ В БУДУЩЕЕ 2014» ПО КОМПЛЕКСУ ПРЕДМЕТОВ «ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ»  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРЕДМЕТ «ФИЗИКА»

**ЗАДАЧА 1.** (4 балла)

Открытый бак, состоящий из двух соосных цилиндров диаметрами  $d$  и  $2d$ , заполненный жидкостью плотности  $\rho$ , стоит на горизонтальной поверхности. Определите силу давления жидкости на горизонтальную поверхность АВ, соединяющую оба цилиндра. Атмосферное давление равно  $p_0$ .

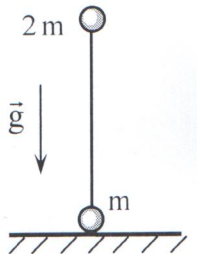


**ЗАДАЧА 2.** (4 балла)

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 АВ через оптическую систему.

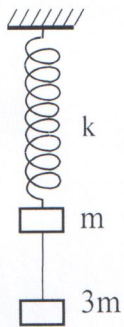
**ЗАДАЧА 3.** (5 баллов)

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.** (5 баллов)

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.

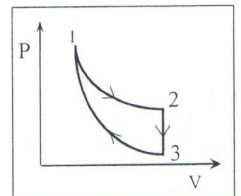


**ЗАДАЧА 5.** (5 баллов)

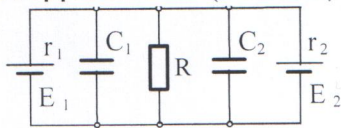
Теплоизолированный баллон разделен теплоизолирующей перегородкой с клапаном на две части. При закрытом клапане в одной части баллона объема  $V_1 = 1$  л находится гелий при давлении  $p_1 = 8 \cdot 10^5$  и температуре  $T_1 = 300$  К, а в другой части баллона объема  $V_2 = 2$  л находится неон при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

**ЗАДАЧА 6.** (5 баллов)

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  $\Delta T = 600$  К. Найдите работу, совершенную газом в изотермическом процессе.



**ЗАДАЧА 7** (5 баллов)



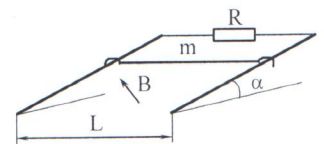
В электрической цепи, схема которой показана на рисунке, ЭДС источников тока  $E_1 = 6$  В,  $E_2 = 5$  В, внутренние сопротивления  $r_1 = 1$  Ом,  $r_2 = 2$  Ом. Сопротивление  $R = 10$  Ом, ёмкость конденсатора  $C_1 = 1$  мкФ,  $C_2 = 3$  мкФ. Найдите величину заряда конденсатора  $C_1$ .

**ЗАДАЧА 8.** (5 баллов)

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

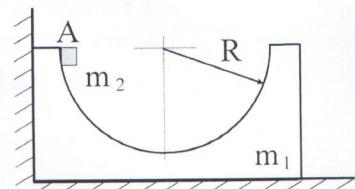
**ЗАДАЧА 9.** (6 баллов)

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.** (6 баллов)

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



ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП – НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СОРЕВНОВАНИЯ ОЛИМПИАДЫ  
«ШАГ В БУДУЩЕЕ - 2014» ПО КОМПЛЕКСУ ПРЕДМЕТОВ «ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ»

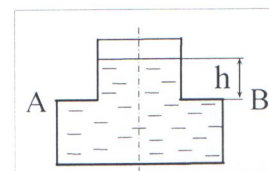
ФИЗИКА  
РЕШЕНИЕ

ЗАДАЧА 1. (4 балла)

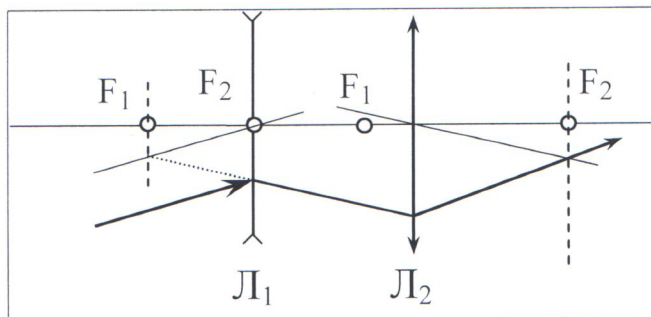
Ответ:  $F = \frac{3}{4} \pi d^2 (p_o + \rho gh)$

$$F = [p_o + \rho gh] S, \text{ где } S = \frac{\pi}{4} \left( (2d)^2 - d^2 \right) = \frac{3}{4} \pi d^2.$$

$$F = [p_o + \rho gh] \frac{3}{4} \pi d^2 = \frac{3}{4} \pi d^2 (p_o + \rho gh). \quad F = \frac{3}{4} \pi d^2 (p_o + \rho gh).$$



ЗАДАЧА 2. (4 балла)



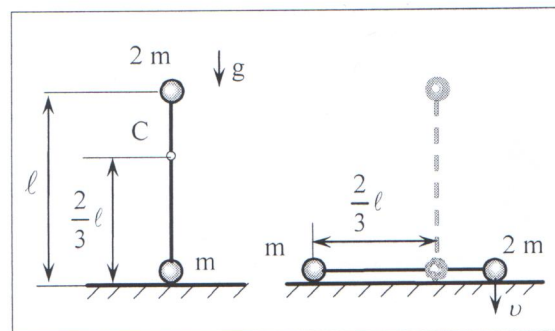
ЗАДАЧА 3. (5 баллов)

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

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  $\Delta r = \frac{2}{3} \ell$ .



ЗАДАЧА 4. (5 баллов)

Ответ:  $h = \frac{6mg}{k}$ .

ЗАДАЧА 5. (5 баллов)

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

Так как баллон теплоизолирован, то внутренняя энергия газа остается 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

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

Подставив числовые значения, найдём

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

### ЗАДАЧА 6. (5 баллов)

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

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.

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

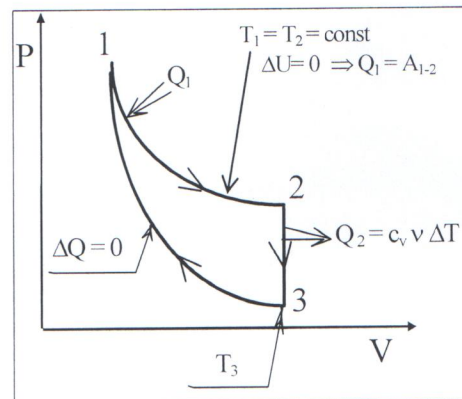
КПД по определению равен

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{\nu \frac{3}{2} R \Delta T}{A_{1-2}}, \text{ откуда}$$

$$A_{1-2} = \frac{3}{2} \cdot \frac{\nu R \Delta T}{(1-\eta)},$$

где  $\nu = 1$ ,  $\Delta T = 600$ ,  $\eta = 0,17$ . Тогда

$$A_{1-2} = \frac{3}{2} \cdot \frac{8,31 \cdot 600}{(1-0,17)} = 9000 \text{ Дж}.$$



### ЗАДАЧА 7. (5 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,  $I = \frac{r_1 E_2 + r_2 E_1}{r_1 r_2 + R(r_1 + r_2)} \approx 0,53 \text{ A}.$

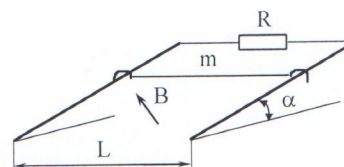
Величина заряда на конденсаторе  $C_1$ :  $q = C_1 I R = 1 \cdot 10^{-6} \cdot 0,53 \cdot 10 = 5,3 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}.$

### ЗАДАЧА 8. (5 баллов)

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

### ЗАДАЧА 9. (6 баллов)

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



При постоянной скорости перемещения перемычки, мощность силы тяжести, действующей на перемычку, равна электрической мощности, выделяющейся на сопротивлении  $R$ , то есть  $F \cdot v = I^2 R$ , или

$$mg \sin \alpha \cdot v = I^2 R \quad (1) \quad I = \frac{\varepsilon}{R} \quad (2), \text{ где } \varepsilon = vBL. \text{ Подставив } \varepsilon \text{ в (2), получим } I = \frac{vBL}{R} \quad (3).$$

Подставив (3) в (1), получим

$$mgv \sin \alpha = \frac{v^2 B^2 L^2}{R}. \quad (4) \quad \text{Из (4) найдем } v = \frac{mgR \sin \alpha}{B^2 L^2}.$$

### ЗАДАЧА 10. (6 баллов)

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

Максимальная скорость бруска будет в момент прохождения шайбой нижнего положения при ее движении назад относительно бруска.

Запишем закон сохранения импульса после «отрыва» бруска от стены:

$$m_2 \sqrt{2gR} = m_1 v_1 + m_2 v_2,$$

и закон сохранения энергии для момента прохождения шайбой нижнего положения:

$$m_2 gR = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2}.$$

Решая систему уравнений, найдем

$$v_{1\max} = \frac{2m_2}{m_1 + m_2} \sqrt{2gR}.$$

Подставляя числовые значения  $m_1 = 3 \text{ кг}$  и  $m_2 = 1 \text{ кг}$ ,  $R = 0,1 \text{ м}$ , получим

$$v_{1\max} = \frac{2 \cdot 1}{3 + 1} \sqrt{2g \cdot 0,1} \approx 0,7 \text{ м/с}.$$

