

Второй (заключительный) этап академического соревнования

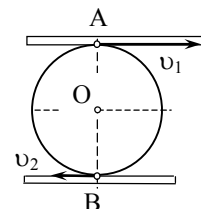
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по общеобразовательному предмету «Физика»

Весна, 2016 г.

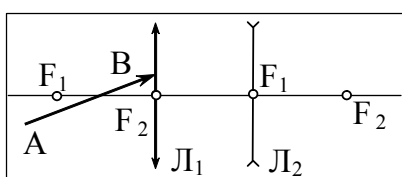
Вариант № 19.

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.

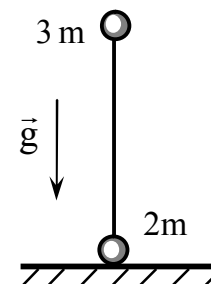


Оптическая система состоит из собирающей L_1 и рассеивающей L_2 линз с общей главной оптической осью. Главные фокусы собирающей линзы обозначены F_1 , а рассеивающей линзы – F_2 . Постройте дальнейший ход луча AB через оптическую

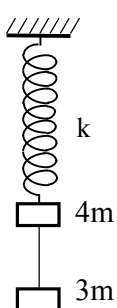
систему.

ЗАДАЧА 3.

На гладкую горизонтальную поверхность поставили вертикально гантельку длины ℓ , состоящую из невесомого жесткого стержня с двумя маленькими шариками на концах, массы которых $3m$ и $2m$. 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.

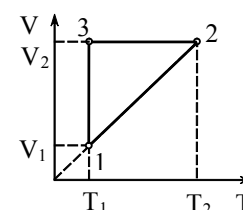


ЗАДАЧА 4.



К пружине жёсткости k подвешены два груза, соединенных невесомой нитью, массы которых $4m$ и $3m$. Найдите, на какую максимальную величину $\Delta \ell$ поднимется верхний груз относительно первоначального положения после пережигания нити.

ЗАДАЧА 5. Теплоизолированный баллон разделён теплоизолирующей перегородкой с клапаном на две части. При закрытом клапане в одной части баллона объёма $V_1 = 3 \text{ л}$ находится кислород при давлении $p_1 = 2 \cdot 10^5$ и температуре $T_1 = 900 \text{ К}$, а в другой части баллона объёма $V_2 = 6 \text{ л}$

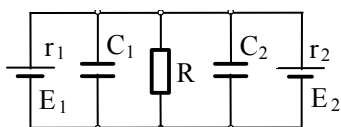


находится аргон при давлении $p_2 = 4 \cdot 10^5$ и температуре $T_2 = 300\text{К}$.
Найдите температуру газа, которая установится в баллоне после открытия клапана.

ЗАДАЧА 6.

На рисунке показан график цикла тепловой машины, рабочим телом которой является один моль идеального одноатомного газа. Определите КПД цикла, если известно, что $V_2 / V_1 = 3$, $T_1 = 300\text{ К}$, а работа, совершаемая над газом в процессе 3-1 $A_{3-1} = 2740\text{ Дж}$.

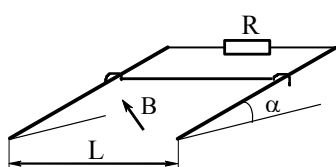
ЗАДАЧА 7.



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 $R = 1\text{ Ом}$, ёмкость конденсатора $C_1 = 5\text{ мкФ}$, $C_2 = 3\text{ мкФ}$. Найдите величину заряда конденсатора C_1 .

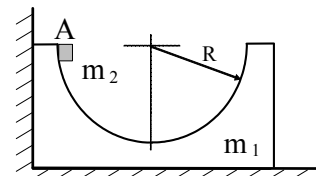
Найдите величину заряда конденсатора C_1 .

ЗАДАЧА 8. Удаленный от других тел серебряный шарик освещается электромагнитным излучением. Определите длину волны λ этого излучения, если известно, что максимальный потенциал, до которого зарядился шарик $\phi = 6,07\text{ В}$. Работа выхода для серебра $A = 4,28\text{ эВ}$.



ЗАДАЧА 9. По двум гладким медным шинам, установленным под углом α к горизонту, скользит под действием силы тяжести медная перемычка. Скорость перемычки постоянна и равна v . 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 массу перемычки.



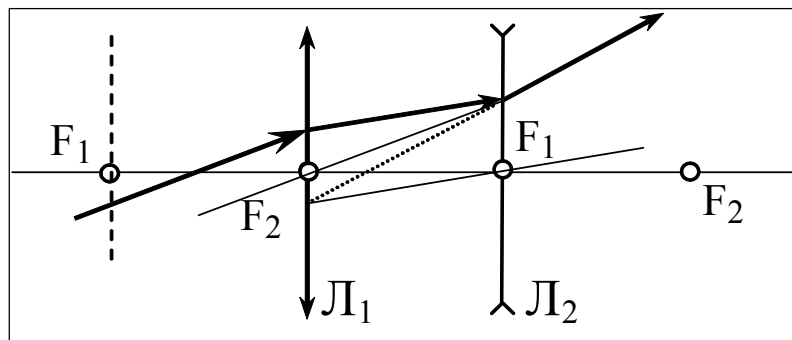
ЗАДАЧА 10. На гладкой горизонтальной поверхности около стенки стоит симметричный брусок массы $m_1 = 5\text{ кг}$ с углублением полусферической формы радиуса $R = 0,3\text{ м}$. Из точки A без трения соскальзывает маленькая шайба массы $m_2 = 1\text{ кг}$. Найдите максимальную скорость бруска при его последующем движении. При вычислениях принять ускорение свободного падения $g = 10\text{ м/с}^2$.

Решение варианта № 19

ЗАДАЧА 1. (8 баллов)

Ответ:
$$v_0 = -v_2 + \frac{v_1 + v_2}{2} = 1\text{ м/с}.$$

З А Д А Ч А 2. (8 баллов)

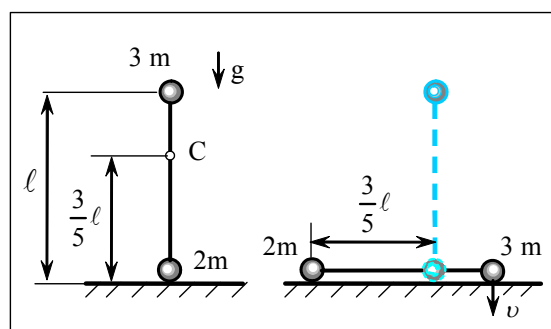


З А Д А Ч А 3. (10 баллов)

Ответ: $\boxed{v = \sqrt{2gl}}$, $\boxed{\Delta r = \frac{3}{5}l}$.

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 коснётся горизонтальной поверхности, равна $v = \sqrt{2gl}$.



Величина перемещения нижнего шарика к этому моменту времени равна $\Delta r = \frac{3}{5}l$.

З А Д А Ч А 4. (10 баллов)

Ответ: $\boxed{h = \frac{6mg}{k}}$.

После пережигания нити верхний груз массы 2m будет колебаться относительно уровня статической деформации пружины.

З А Д А Ч А 5. (10 баллов)

Ответ: $\boxed{T = \frac{(p_1V_1 + p_2V_2) \cdot T_1T_2}{p_1V_1T_2 + p_2V_2T_1} = 346 \text{ K}}$.

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

$c_V(v_1 + v_2)T = c_Vv_1T_1 + c_Vv_2T_2$, где T – температура газа, которая установится в баллоне после

открытия клапана. Выразим из этого равенства $T = \frac{v_1T_1 + v_2T_2}{v_1 + v_2}$ (1),

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

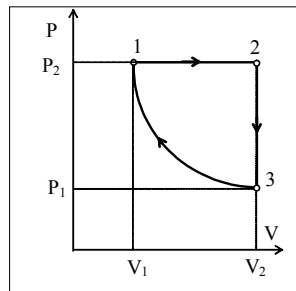
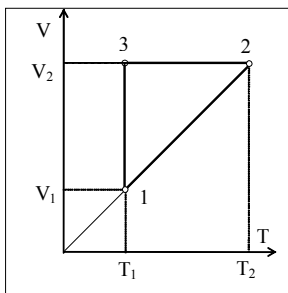
$$v_2 = \frac{p_2 V_2}{RT_2}. \text{ Подставляя эти выражения в (1), получим } T = \frac{(p_1 V_1 + p_2 V_2) \cdot T_1 T_2}{p_1 V_1 T_2 + p_2 V_2 T_1}.$$

Подставив числовые значения, найдём

$$T = \frac{(2 \cdot 10^5 \cdot 3 \cdot 10^{-3} + 4 \cdot 10^5 \cdot 6 \cdot 10^{-3}) \cdot 900 \cdot 300}{2 \cdot 10^5 \cdot 3 \cdot 10^{-3} \cdot 300 + 4 \cdot 10^5 \cdot 6 \cdot 10^{-3} \cdot 900} = \frac{(6 \cdot 10^2 + 24 \cdot 10^2) \cdot 27 \cdot 10^4}{18 \cdot 10^4 + 216 \cdot 10^4} = \frac{810 \cdot 10^2}{234} = 346 K.$$

ЗАДАЧА 6. (10 баллов)

Ответ: $\eta = \frac{A_{\text{полезная}}}{Q_{\text{подведеному}}} = \frac{\nu \cdot R \cdot \Delta T_{1-2} - A_{1-3}}{\frac{5}{2} \nu \cdot R \cdot \Delta T_{1-2}} = 0,18$

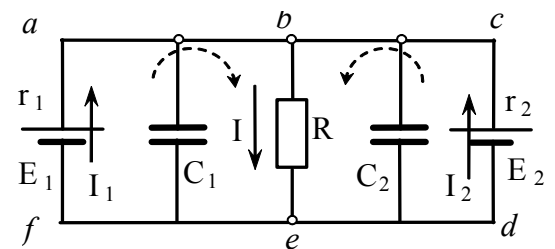


ЗАДАЧА 7. (10 баллов)

ответ: $q = C_1 IR = 17 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$

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, $I = \frac{r_1 E_2 + r_2 E_1}{r_1 r_2 + R(r_1 + r_2)} \approx 3,4 A$.

Величина заряда на конденсаторе C_1 : $q = C_1 IR = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 3,4 \cdot 1 = 17 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$.

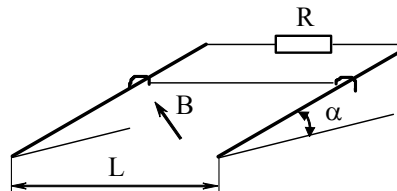
З А Д А Ч А 8. (10 баллов)

Ответ: $\lambda = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,6 \cdot 10^{-19} (5,3 + 7,12)} = 1,0 \cdot 10^{-7} \text{ м}.$

З А Д А Ч А 9. (12 баллов)

Ответ: $m = \frac{\nu B^2 L^2}{gR \sin \alpha}.$

При постоянной скорости перемещения перемычки, мощность силы тяжести, действующей на перемычку, равна электрической



мощности, выделяющейся на сопротивлении R, то есть $F \cdot \nu = I^2 R$, или

$mg \sin \alpha \cdot \nu = I^2 R$ (1) $I = \frac{\varepsilon}{R}$ (2), где $\varepsilon = \nu B L$. Подставив ε в (2), получим $I = \frac{\nu B L}{R}$ (3). Подставив

(3) в (1), получим

$mg \nu \sin \alpha = \frac{\nu^2 B^2 L^2}{R}$. (4) Из (4) найдем $m = \frac{\nu B^2 L^2}{gR \sin \alpha}.$

З А Д А Ч А 10. (12 баллов)

Ответ: $v_{1\max} = \frac{2m_2}{m_1 + m_2} \sqrt{2gR} = 0,8 \text{ м/с}.$

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