

УТВЕРЖДАЮ

Ректор МГТУ им. Н.Э. Баумана

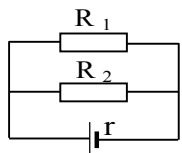
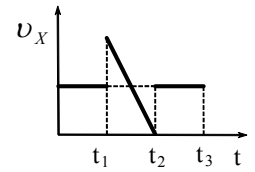
_____ А. А. Александров

« _____ » _____ 2015 г.

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП АКАДЕМИЧЕСКОГО СОРЕВНОВАНИЯ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ «ШАГ В БУДУЩЕЕ» ПО КОМПЛЕКСУ ПРЕДМЕТОВ «ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ» ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРЕДМЕТ «ФИЗИКА»
ТИПОВОЙ ВАРИАНТ ЗАДАНИЯ

ЗАДАЧА 1. (8 баллов)

На рисунке изображён график зависимости проекции скорости автомобиля на ось x , направленную вдоль направления движения автомобиля по прямолинейному участку дороги, от времени. Изобразите для этого автомобиля график зависимости пройденного пути S от времени в интервале $0 - t_3$.



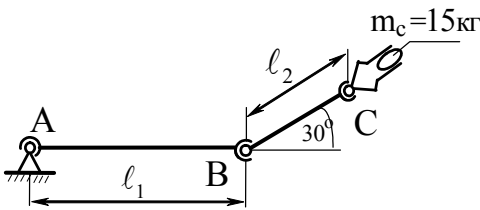
ЗАДАЧА 2. (8 баллов)

Определите КПД электрической цепи, изображенной на рисунке. Сопротивление $R_1 = 2$ Ом, $R_2 = 5$ Ом. Внутреннее сопротивление источника тока $r = 0,5$ Ом.

ЗАДАЧА 3. (10 баллов)

Определите силу давления жидкого топлива на дно полностью заполненного топливом бака при вертикальном старте ракеты, если ускорение ракеты $a = 4g$. Топливный бак имеет цилиндрическую форму. Диаметр бака $D = 1,2$ м, длина $L = 2,5$ м, плотность топлива в нём $\rho = 0,9 \cdot 10^3$ кг/м³.

ЗАДАЧА 4. (10 баллов)



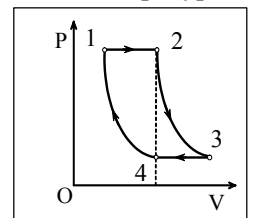
Найдите моменты сил приводов в шарнирах А и В механизма робота –манипулятора, находящегося в равновесии, когда второе звено поднято под углом 30° к горизонту. Масса объекта манипулирования вместе с механизмом захвата, сосредоточенного в точке С, $m_c = 15$ кг. Длины звеньев: $l_1 = 0,7$ м, $l_2 = 0,5$ м. Звенья однородные и их массы соответственно равны $m_1 = 35$ кг; $m_2 = 25$ кг.

ЗАДАЧА 5. (10 баллов)

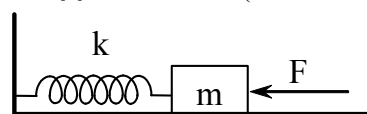
Сосуд объема $V = 40$ дм³ разделен тонкой подвижной перегородкой на две части. В левую часть помещены 36 граммов льда при температуре -10°C , а в правую – 28 граммов азота (N_2). Цилиндр нагревают и поддерживают температуру, равную 100°C . Определите объём правой части сосуда при этой температуре.

ЗАДАЧА 6. (10 баллов)

Цикл теплового двигателя, рабочим телом которого является идеальный газ, показан на рисунке. Цикл состоит из двух изотерм и двух изобар, пересекающихся в точках 1,2,3,4. Найдите отношение температуры в точке 3 (T_3) к температуре в точке 1 (T_1), если отношение объёмов газа в этих точках $V_3 / V_1 = 2$. Объёмы газа в точках 2 и 4 одинаковые.



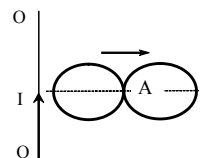
ЗАДАЧА 7. (10 баллов)



На неподвижный груз массы $m = 1$ кг, лежащий на горизонтальном столе и прикрепленный к стенке пружиной жесткости $k = 9 \cdot 10^2$ Н/м, начинает действовать постоянная горизонтальная сила $F = 1$ Н. Через некоторое время действие силы прекращается. При каком времени t смещение груза будет равно нулю в момент прекращения действия силы? Силами сопротивления пренебречь.

ЗАДАЧА 8. (10 баллов)

Проводящий контур, имеющий форму восьмерки, перемещают поступательно в магнитном поле тока, текущего по прямолинейному длинному проводнику. Покажите на рисунке направление результирующей силы Ампера, действующей на контур, если он удаляется от проводника. Электрический контакт в месте пересечения проводников (в точке А) отсутствует. Ответ поясните.



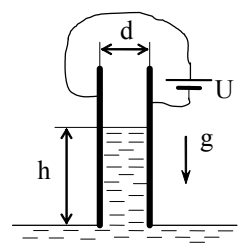
ЗАДАЧА 9. (12 баллов)

Для изготовления объектива оптического устройства из одного сорта стека изготовлены три линзы, которые при составлении их вместе образуют тонкую плоскопараллельную пластину. При этом оказалось, что оптическая сила системы линз 1,2 $D_{1,2} = -2$ дптр, а оптическая сила

системы линз 2-3 $D_{2,3} = -3$ дптр. Найдите оптическую силу линзы 2.

ЗАДАЧА 10. (12 баллов)

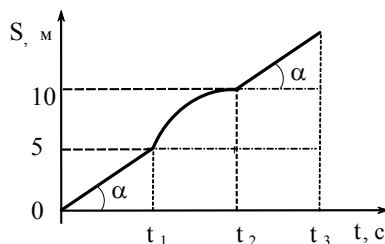
В установке для нанесения защитных покрытий две прямоугольные металлические пластины расположены так, что они соприкасаются с наносимым жидким диэлектрическим составом. Расстояние между пластинами d много меньше линейных размеров пластин. Плотность жидкости равна ρ , а её диэлектрическая проницаемость ϵ . Найдите разность



потенциалов U источника постоянного напряжения, при которой установившаяся высота подъёма жидкости равна h . Силами поверхностного натяжения пренебречь.

ОТВЕТЫ И РЕШЕНИЯ ТИПОВОГО ВАРИАНТА ЗАДАНИЯ

ЗАДАЧА 1. (8 баллов)



ЗАДАЧА 2. (8 баллов)

Ответ: $\eta = \frac{R_1 R_2}{R_1 R_2 + r(R_1 + R_2)} = 0,74$

$\eta = \frac{I \cdot R}{I \cdot (R + r)}$, где $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$

ЗАДАЧА 3. (10 баллов)

Ответ: $F = \rho \pi \frac{D^2}{4} L(g + a) = 2,54 \text{ кН}$

ЗАДАЧА 4. (10 баллов)

Ответ: $M_A = 511 \text{ Нм}$ $M_B = 117 \text{ Нм}$

Чтобы робот манипулятор находился в равновесии, необходимо равенство нулю суммы моментов всех сил, действующих на звенья манипулятора.

$$\sum M_A(F_i) = 0.$$

$$M_A = m_1 g \frac{\ell_1}{2} + m_2 g \left(\ell_1 + \frac{\ell_2}{2} \cos \alpha \right) + m_c g (\ell_1 + \ell_2 \cos \alpha)$$

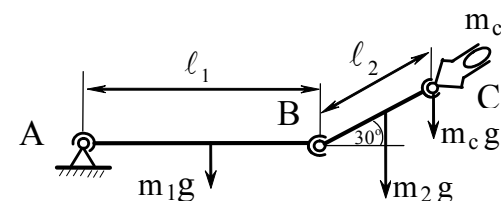
$$M_A = 9,8 \left[35 \cdot \frac{0,7}{2} + 25 \left(0,7 + \frac{0,5 \sqrt{3}}{2} \right) + 15 \left(0,7 + 0,5 \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \right];$$

$$M_A = 511 \text{ Нм}$$

$$= 9,8(12,25 + 22,9 + 16,99) = 9,8 \cdot 52,14 = 511 \text{ Нм}$$

$$\sum M_B(F_i) = 0. \quad M_B = m_2 g \frac{\ell_2}{2} \cos \alpha + m_c g \ell_2 \cos \alpha$$

$$M_B = g \ell_2 \cos \alpha \left(\frac{1}{2} m_2 + m_c \right) = 9,8 \cdot 0,5 \frac{\sqrt{3}}{2} \left(\frac{1}{2} 25 + 15 \right) = 117 \text{ Нм};$$



$$M_B = 117 \text{ Нм}$$

ЗАДАЧА 5. (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 $P_0 = 10^5 \text{ Па}$. 1 моль газа при таком давлении и температуре $t_0 = 0^\circ \text{C}$ занимает объем $V_0 = 22,4 \text{ дм}^3$, а при температуре $t = 100^\circ \text{C}$ - ещё больший объем. Объем всего сосуда по условию задачи $V = 40 \text{ дм}^3$; а количество воды равно 2 моль, следовательно, вся вода испариться не может. Наряду с остатком воды в левой части сосуда будет её насыщенный пар. Давление окажется равным P_0 .

Таким же будет и давление в правой части цилиндра, занимаемой азотом. Занимаемый азотом

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

ЗАДАЧА 6. (10 баллов)

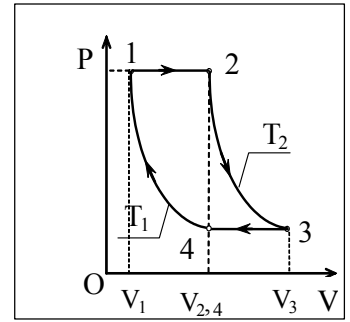
Ответ: $\frac{T_3}{T_1} = \sqrt{2}$

Так как для изобары T пропорциональна V , то, используя обозначения, приведенные на рисунке, запишем:

Для изобары 1–2, $\frac{T_2}{T_1} = \frac{V_{2,4}}{V_1}$ (1) Для изобары 3–4, $\frac{T_2}{T_1} = \frac{V_3}{V_{2,4}}$ (2)

Перемножив (1) и (2), получим $\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{V_3}{V_1}}$

Т.к. $\frac{T_2}{T_1} = \frac{T_3}{T_1}$, то $\frac{T_3}{T_1} = \sqrt{\frac{V_3}{V_1}} = \sqrt{2}$



ЗАДАЧА 7. (10 баллов)

Ответ: $t = n \cdot T$

Когда на груз начинает действовать постоянная сила, он будет совершать колебания около нового положения равновесия.. Груз останется после прекращения действия силы неподвижным, если $t = n \cdot T$ ($n=1, 2, 3,$), где период колебаний груза $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 0,21 \text{ с}$.

ЗАДАЧА 8. (10 баллов)

Ответ: Сила Ампера препятствует движению контура.

ЗАДАЧА 9. (12 баллов)

Ответ: $D_2 = -5 \text{ дптр.}$

Линзы 1, 2 и 3 образуют плоскую стеклянную пластину, оптическая сила которой равна нулю

$$D = D_1 + D_2 + D_3 = 0,$$

где D_1 -оптическая сила 1-ой линзы,

D_2 -оптическая сила 2-ой линзы,

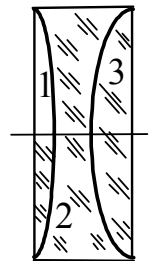
D_3 -оптическая сила 3-ей линзы.

Кроме того, $D_1 + D_2 = -2 \text{ дптр.}$, а

$D_2 + D_3 = -3 \text{ дптр.}$

Решив систему из трех уравнений с тремя неизвестными, получим

$$D_2 = -5 \text{ дптр.}$$



ЗАДАЧА 10. (12 баллов)

Ответ: $h = z_1 = -\frac{\epsilon_0(\epsilon - 1) U^2}{2d^2 \rho g}$

Любая замкнутая система стремится прийти в состояние, при котором она обладает минимумом энергии. Пусть в стационарном состоянии высота подъема уровня диэлектрической жидкости равна h . Полная энергия системы включает в себя энергию поднятой жидкости $W_{ж}$ и энергию источника постоянного напряжения $W_{и}$.

1) Емкость конденсатора равна сумме емкостей конденсатора высотой z , заполненного диэлектрической жидкостью, и пустого конденсатора высотой $(H-z)$.

$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 Lh}{d} + \frac{\varepsilon_0 L(H - h)}{d} = \frac{\varepsilon_0 L}{d} (H + (\varepsilon - 1)z),$$

Где H - высота пластин конденсатора, L - их длина.

2) Электрическая энергия, запасенная в таком конденсаторе, составляет

$$W_K = \frac{CU^2}{2} = \frac{\varepsilon_0 LU^2}{2d} (H + (\varepsilon - 1)z)$$

3) Потенциальная энергия поднятой жидкости равна $W_{ж} = \frac{\rho Ldgz^2}{2}$. За нулевой уровень отсчета принят уровень $z=0$.

4) Энергия источника: Пусть W_0 - исходная энергия источника. В момент, когда емкость между пластинами конденсатора равна C , на них находится заряд $Q = CU$. Следовательно, источник истратил часть своей энергии, равную совершенной работе $A = QU = CU^2$. Тогда оставшаяся

энергия источника $W_H = W_0 - CU^2 = W_0 - \frac{\varepsilon_0 LU^2}{d} (H + (\varepsilon - 1)z)$.

5) Полная энергия системы равна

$$W(z) = W_K + W_H + W_{ж} = W_0 - \frac{\varepsilon_0 LU^2}{2d} (H + (\varepsilon - 1)z) + \frac{\rho Ldgz^2}{2}$$

6). Продифференцируем это выражение по z и приравняем нулю

$$\frac{dW(z)}{dz} = -\frac{\varepsilon_0(\varepsilon - 1) LU^2}{2d} + \rho Ldgz = 0$$

Отсюда следует, что полная энергия нашей

электромеханической системы будет минимальна при высоте жидкости $z_1 = \frac{\varepsilon_0(\varepsilon - 1) U^2}{2d^2 \rho g}$