

ФГБОУ ВПО РУТ(МИИТ)
ОЛИМПИАДА ПО ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ «ПАРУСА НАДЕЖДЫ»
2017-2018 уч. год
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
11 класс
1 Вариант
Решения

1. Дано: V – скорость толкания, α - угол к вертикали, ρ - средняя плотность предмета, ρ_0 - плотность воды, U – скорость равномерного погружения предмета.

Найти: скорость течения воды в реке V_p .

Решение: Второй закон Ньютона по горизонтали ОХ и вертикали ОУ: $ma_y = -mg \cdot (1 - \rho_0/\rho) - k \cdot V_y$; $ma_x = k \cdot (V_x + V_p)$; где k – коэффициент пропорциональности. По условию движение прямолинейное, что возможно лишь при условии, что члены одного уравнения пропорциональны членам другого, т.е. $mg \cdot (1 - \rho_0/\rho) \cdot \operatorname{tg} \alpha = k \cdot V_p$. Уравнение устоявшегося падения предмета имеет вид: $mg \cdot (1 - \rho_0/\rho) = k \cdot U$, т.е. $V_p = U \cdot \operatorname{tg} \alpha$.

Ответ: $V_p = U \cdot \operatorname{tg} \alpha$.

2. Дано: двухатомный идеальный газ.

Найти: КПД тепловой машины.

Решение: Первое начало термодинамики: $Q = \Delta U + A$, где Q – энергия полученная газом, ΔU - изменение внутренней энергии газа, A – работа совершенная газом. $A = p \Delta V$, где p – давление газа, ΔV – изменение объёма газа. $U = (i/2) \cdot pV$, где i – число степеней свободы газа. Для двухатомного идеального газа $i=5$, т.е. $U = 2,5 \cdot pV$. 1) Для состояния 1 внутренняя энергия $U_1 = 2,5 p_1 V_1 = 2,5 \cdot pV$; 2) Для состояния 2 внутренняя энергия $U_2 = 2,5 p_2 V_2 = 2,5 \cdot 2pV$; 3) Для состояния 3 внутренняя энергия $U_3 = 2,5 p_3 V_3 = 2,5 \cdot 2p \cdot 3V = 2,5 \cdot 6pV$; 4) Для состояния 4 внутренняя энергия $U_4 = 2,5 p_4 V_4 = 2,5 \cdot p \cdot 3V = 2,5 \cdot 3pV$; 5) Переход 1-2: $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$; $\Delta U_{12} = U_2 - U_1 = 2,5 \cdot 2pV - 2,5 \cdot pV = 2,5 \cdot pV$; $A_{12} = 1,5 p(V - V) = 0$; $Q_{12} = 2,5 \cdot pV$; 6) Переход 2-3: $Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23}$; $\Delta U_{23} = U_3 - U_2 = 2,5 \cdot 6pV - 2,5 \cdot 2pV = 2,5 \cdot 4pV$; $A_{23} = 2p(3V - V) = 4pV$; $Q_{23} = 2,5 \cdot 4pV + 4pV = 3,5 \cdot 4pV$; 7) Переход 3-4: $Q_{34} = \Delta U_{34} + A_{34}$; $\Delta U_{34} = U_4 - U_3 = 2,5 \cdot 3pV - 2,5 \cdot 6pV = -2,5 \cdot 3pV$; $A_{34} = 1,5p(3V - 3V) = 0$; $Q_{34} = -2,5 \cdot 3pV + 0 = -2,5 \cdot 3pV$; 8) Переход 4-1: $Q_{41} = \Delta U_{41} + A_{41}$; $\Delta U_{41} = U_1 - U_4 = 2,5 \cdot pV - 2,5 \cdot 3pV = -2,5 \cdot 2pV$; $A_{41} = p(V - 3V) = -2pV$; $Q_{41} = -2,5 \cdot 2pV - 2pV = -3,5 \cdot 2pV$.

КПД = $A/Q_{\text{полученное}}$; $Q_{\text{полученное}} = 2,5 \cdot pV + 3,5 \cdot 4pV = 33pV/2$; $A = 4pV - 2pV = 2pV$; КПД = $(2pV)/(33pV/2) = 0,121 \approx 0,12 = 12\%$.

Ответ: КПД = 0,12 = 12%.

3. Дано: $\varepsilon = 12$ В, $r = 0,1$ Ом.

Найти: N_{\max} , R_{\max} , КПД.

Решение: Сила тока в цепи равна $I = \varepsilon / (R + r)$, мощность $N = I^2 \cdot R = R \cdot (\varepsilon / (R + r))^2$, т.е. N – это функция от R . Находим производную функции N от R и приравняем её нулю. $dN/dR = 0$. Решением этого уравнения является: $R_{\max} = r$. Т.е. $R_{\max} = r = 0,1$ Ом. $N_{\max} = I^2 \cdot R_{\max} = R_{\max} \cdot (\varepsilon / (R_{\max} + r))^2 = r \cdot (\varepsilon / (r + r))^2 = \varepsilon^2 / 4r$, т.е. $N_{\max} = \varepsilon^2 / 4r$. $N_{\max} = 12^2 / 4 \cdot 0,1 =$

$144/0,4 = 360$ (Вт). $\text{КПД} = N_{\text{полезная}}/N_{\text{затраченная}} = (I^2 \cdot R)/(I^2 \cdot (R+r)) = R/(R+r)$. Т.к. $R_{\text{max}}=r$, то $\text{КПД} = R_{\text{max}}/(R_{\text{max}}+r) = r/(r+r) = r/2r = 1/2 = 0,5 = 50\%$.

Ответ: $N_{\text{max}}=360$ Вт; $R_{\text{max}}=r=0,1$ Ом; $\text{КПД}=0,5=50\%$.

4. $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$; $F_x = -\rho g S x$, где $\rho g S = k = \text{const}$ – коэффициент жесткости.

$$T = \frac{2}{r} \sqrt{\frac{\pi m}{\rho g}} \approx 4 \text{ с.}$$

5. Масса воздуха, перемещаемая лопастями вниз за время Δt

$$\Delta m = \rho S v \Delta t$$

$S = \pi l^2$ – площадь, затеняемая лопастями

Изменение импульса

$$\Delta p = \Delta(mv) = \rho S v^2 \Delta t$$

II-го закона Ньютона $\Delta p = F \Delta t$, где $F = Mg$ – сила тяжести дрона

$$\Delta(mv) = Mg \Delta t, \rho S v^2 \Delta t = Mg \Delta t, \text{ откуда } v = \sqrt{\frac{mg}{\rho S}} = \sqrt{\frac{mg}{\rho \pi l^2}}$$

Мощность двигателя равна изменению кинетической энергии воздуха за единицу времени $N = \frac{\Delta m v^2}{2 \Delta t}$ или $N = \frac{\rho S v^3}{2}$

Подставляем в выражение для N значение скорости воздуха, получим

$$N = \frac{\rho S}{2} \sqrt{\frac{m^3 g^3}{\rho^3 S^3}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{m^3 g^3}{\rho \pi l^2}}, N = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{125 \cdot 10^3}{1 \cdot 3,14 \cdot 0,1}} = 315 \text{ Вт}$$

6. $D = \frac{1}{d} - \frac{1}{L} = 3 \text{ дптр.}$

7. $\frac{238}{92} U \rightarrow \frac{206}{82} Pb + 8 * \frac{4}{2} He + 6 * \frac{0}{-1} e$; 8 α -распадов и 6 β -распадов.

8. Дано: $T_1=6r$; $T_2=4r$; $p_H=p_0 2^t$, где $t=T/r$.

Найти: T_3 .

Решение: Из условия следует, что начальное давление паров жидкости равно $16p_0$. Их давление при изохорическом охлаждении равно $16p_0 T/6r$. Осадок выпадет, если эта величина сравняется с p_H . Решая уравнение $2^t = 8/3t$, где $t=T/r$ получим $t=3$, т.е. $T_3=3r$.

Ответ: $T_3=3r$.

ФГБОУ ВПО РУТ(МИИТ)
ОЛИМПИАДА ПО ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ «ПАРУСА НАДЕЖДЫ»
2017-2018 уч. год
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
11 класс
2 Вариант
Решения

1. Дано: V – скорость толкания, α - угол к вертикали, ρ - средняя плотность предмета, ρ_0 - плотность воды, U – скорость равномерного погружения предмета

Найти: скорость течения воды в реке V_p

Решение: Второй закон Ньютона по горизонтали ОХ и вертикали ОУ: $ma_y = -mg \cdot (1 - \rho_0/\rho) - k \cdot V_y$; $ma_x = k \cdot (V_x + V_p)$; где k – коэффициент пропорциональности. По условию движение прямолинейное, что возможно лишь при условии, что члены одного уравнения пропорциональны членам другого, т.е. $mg \cdot (1 - \rho_0/\rho) \cdot \operatorname{tg} \alpha = k \cdot V_p$. Уравнение устоявшегося падения предмета имеет вид: $mg \cdot (1 - \rho_0/\rho) = k \cdot U$, т.е. $V_p = U \cdot \operatorname{tg} \alpha$

Ответ: $V_p = U \cdot \operatorname{tg} \alpha$

2. Дано: **одноатомный** идеальный газ

Найти: КПД тепловой машины

Решение: Первое начало термодинамики: $Q = \Delta U + A$, где Q – энергия полученная газом, ΔU - изменение внутренней энергии газа, A – работа совершенная газом. $A = p \Delta V$, где p – давление газа, ΔV – изменение объёма газа. $U = (i/2) \cdot pV$, где i – число степеней свободы газа. Для **одноатомного** идеального газа $i=3$, т.е. $U = 1,5 \cdot pV$. 1) Для состояния 1 внутренняя энергия $U_1 = 1,5 p_1 V_1 = 1,5 \cdot pV$; 2) Для состояния 2 внутренняя энергия $U_2 = 1,5 p_2 V_2 = 1,5 \cdot 2pV$; 3) Для состояния 3 внутренняя энергия $U_3 = 1,5 p_3 V_3 = 1,5 \cdot 2p3V = 1,5 \cdot 6pV$; 4) Для состояния 4 внутренняя энергия $U_4 = 1,5 p_4 V_4 = 1,5 \cdot p3V = 1,5 \cdot 3pV$; 5) Переход 1-2: $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$; $\Delta U_{12} = U_2 - U_1 = 1,5 \cdot 2pV - 1,5 \cdot pV = 1,5 \cdot pV$; $A_{12} = 1,5 p(V - V) = 0$; $Q_{12} = 1,5 \cdot pV$; 6) Переход 2-3: $Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23}$; $\Delta U_{23} = U_3 - U_2 = 1,5 \cdot 6pV - 1,5 \cdot 2pV = 1,5 \cdot 4pV$; $A_{23} = 2p(3V - V) = 4pV$; $Q_{23} = 1,5 \cdot 4pV + 4pV = 2,5 \cdot 4pV$; 7) Переход 3-4: $Q_{34} = \Delta U_{34} + A_{34}$; $\Delta U_{34} = U_4 - U_3 = 1,5 \cdot 3pV - 1,5 \cdot 6pV = -1,5 \cdot 3pV$; $A_{34} = 1,5p(3V - 3V) = 0$; $Q_{34} = -1,5 \cdot 3pV + 0 = -1,5 \cdot 3pV$; 8) Переход 4-1: $Q_{41} = \Delta U_{41} + A_{41}$; $\Delta U_{41} = U_1 - U_4 = 1,5 \cdot pV - 1,5 \cdot 3pV = -1,5 \cdot 2pV$; $A_{41} = p(V - 3V) = -2pV$; $Q_{41} = -1,5 \cdot 2pV - 2pV = -2,5 \cdot 2pV$.

$\text{КПД} = A/Q_{\text{полученное}}$; $Q_{\text{полученное}} = 1,5 \cdot pV + 2,5 \cdot 4pV = 23pV/2$; $A = 4pV - 2pV = 2pV$; $\text{КПД} = (2pV)/(23pV/2) = 0,174 \approx 0,17 = 17\%$

Ответ: $\text{КПД} = 0,17 = 17\%$

3. Дано: $\varepsilon = 24$ В, $N_{\max} = 144$ Вт

Найти: внутреннее сопротивление r , КПД

Решение: Сила тока в цепи равна $I = \varepsilon / (R + r)$, мощность $N = I^2 \cdot R = R \cdot (\varepsilon / (R + r))^2$, т.е. N – это функция от R . Находим производную функции N от R и приравниваем её нулю. $dN/dR = 0$. Решением этого уравнения является: $R_{\max} = r$. Т.е. $N_{\max} = I^2 \cdot R_{\max} =$

$R_{\max} \cdot (\varepsilon / (R_{\max} + r))^2 = r \cdot (\varepsilon / (r + r))^2 = \varepsilon^2 / 4r$, т.е. $N_{\max} = \varepsilon^2 / 4r$. Поэтому $r = \varepsilon^2 / (4N_{\max})$, т.е. $r = 24^2 / (4 \cdot 144) = 1$ (Ом). КПД = $N_{\text{полезная}} / N_{\text{затраченная}} = (I^2 \cdot R) / (I^2 \cdot (R + r)) = R / (R + r)$. Т.к. $R_{\max} = r$, то КПД = $R_{\max} / (R_{\max} + r) = r / (r + r) = r / 2r = 1/2 = 0,5 = 50\%$

Ответ: $r = 1$ Ом; КПД = 0,5 = 50%

4. $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$; сила, действующая на термометр $F = -\rho g S x$, где $k = \rho g S$ –

коэффициент жесткости среды, тогда $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\rho g \pi r^2}} = \frac{2}{r} \sqrt{\frac{m \pi}{\rho g}}$, откуда $\rho = \frac{4\pi m}{g r^2 T^2} =$

$$\frac{4 \cdot 3,14 \cdot 60 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 4 \cdot 10^{-6} \cdot 16} = 1,18 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3.$$

5. Масса воздуха, перемещаемая лопастями вниз за время Δt

$$\Delta m = \rho S v \Delta t$$

$S = \pi l^2$ – площадь, затеняемая лопастями

Изменение импульса

$$\Delta p = \Delta(mv) = \rho S v^2 \Delta t$$

II-го закона Ньютона $\Delta p = F \Delta t$, где $F = Mg$ – сила тяжести дрона

$$\Delta(mv) = Mg \Delta t, \rho S v^2 \Delta t = Mg \Delta t, \text{ откуда } v = \sqrt{\frac{mg}{\rho S}} = \sqrt{\frac{mg}{\rho \pi l^2}}$$

Мощность двигателя равна изменению кинетической энергии воздуха за единицу времени $N = \frac{\Delta m v^2}{2 \Delta t}$ или $N = \frac{\rho S v^3}{2}$

Подставляем в выражение для N значение скорости воздуха, получим

$$N = \frac{\rho S}{2} \sqrt{\frac{m^3 g^3}{\rho^3 S^3}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{m^3 g^3}{\rho \pi l^2}}, N = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{10^3 \cdot 10^3}{1 \cdot 3,14 \cdot 0,1}} = 892 \text{ Вт}$$

$$6. d_2 = \frac{d_1}{1 + d_1 D}$$

$$7. \Delta m = \frac{E}{c^2} = 3,13 \cdot 10^{-29} \text{ кг}; \frac{2}{1} D + \frac{3}{1} T \rightarrow \frac{4}{2} He + \frac{1}{0} n.$$

8. Дано: $T_1 = 6r$; $T_2 = 4r$; $p_H = p_0 2^t$, где $t = T/r$

Найти: T_3

Решение: Из условия следует, что начальное давление паров жидкости равно $16p_0$. Их давление при изохорическом охлаждении равно $16p_0 T/6r$. Осадок выпадет, если эта величина сравняется с p_H . Решая уравнение $2^t = 8/3t$, где $t = T/r$ получим $t = 3$, т.е. $T_3 = 3r$

Ответ: $T_3 = 3r$