

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
85	14.01.25	Александров	Сидор
Шифр			041755

1/2/3/4/5/3
20/20/20/20/5/85

1) Дано

$t; g$
 $\alpha = 120^\circ$

$S = ?$

$A = ?$

Решение

1) $\vec{S} = \vec{V}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}$ — уравнение кинематики движения тела с постоянным ускорением в векторной форме

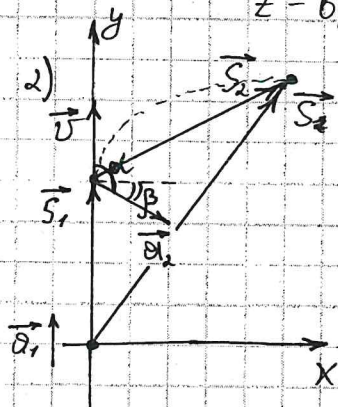
2.5

S — перемещение тела

V_0 — начальная скорость тела

a — ускорение тела

t — время движения



Введем декартову систему координат, где начало отсчета будет положением тела в начальный момент времени

$$\vec{S} = \vec{S}_1 + \vec{S}_2; \quad \vec{S}_1 = \frac{\vec{a}_1 t^2}{2}$$

$$\vec{S}_2 = \frac{\vec{a}_2 t^2}{2} + \vec{V} t; \quad \vec{V} = \vec{a}_1 t$$

$$\vec{S} = \frac{\vec{a}_1 t^2}{2} + \vec{a}_1 t^2 + \frac{\vec{a}_2 t^2}{2}$$

$$\vec{S}_2 = \frac{\vec{a}_2 t^2}{2} + \vec{a}_1 t^2$$

$$\vec{S} = \frac{3\vec{a}_1 t^2}{2} + \frac{\vec{a}_2 t^2}{2}; \quad |\vec{a}_1| = |\vec{a}_2| = a$$

$$Ox: S_x = \frac{3a_{ox} t^2}{2} + \frac{a_{2x} t^2}{2}$$

$$S_x = \frac{9 \cos 30^\circ t^2}{2}, \quad \text{где } \beta = \alpha - 90^\circ = 120^\circ - 90^\circ = 30^\circ$$

$$Oy: S_y = \frac{3a_{1y} t^2}{2} + \frac{a_{2y} t^2}{2}$$

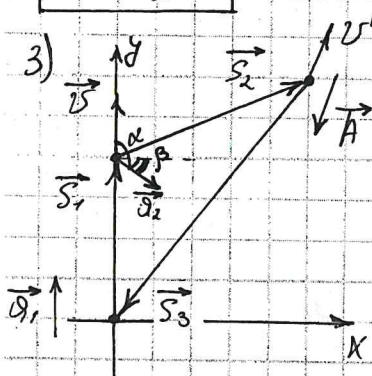
$$S_y = \frac{3at^2}{2} - \frac{a \sin 30^\circ t^2}{2} = at^2 \left(\frac{3}{2} - \frac{\sin 30^\circ}{2} \right) = \frac{5at^2}{4}$$

$$S_x = \frac{9 \cos 30^\circ t^2}{2} = \frac{\sqrt{3} at^2}{4}$$

$$S = \sqrt{S_x^2 + S_y^2} = \sqrt{\frac{3(at^2)^2}{16} + \frac{25(at^2)^2}{16}} = \sqrt{\frac{28(at^2)^2}{16}} = \frac{\sqrt{7} at^2}{2}$$

$$S = \frac{\sqrt{7} at^2}{2}$$

1.25



Чтобы тело вернулось в начальную точку нужно чтобы:

$$\vec{S}_1 + \vec{S}_2 + \vec{S}_3 = 0$$

$$\text{Из пункта 2: } \vec{S}_1 + \vec{S}_2 = \vec{S} = \frac{3\vec{a}_1 t^2}{2} + \frac{\vec{a}_2 t^2}{2}$$

$$\frac{3\vec{a}_1 t^2}{2} + \frac{\vec{a}_2 t^2}{2} + (\vec{a}_1 + \vec{a}_2)t + \frac{\vec{A} t^2}{2} = 0; \quad \vec{S}_3 = \vec{V}' t + \frac{\vec{A} t^2}{2}; \quad \vec{V}' = \vec{V} + \vec{a}_2 t$$

$$\text{из п. 2: } \vec{V} = \vec{a}_1 t$$

$$\vec{V} = \vec{a}_1 t + \vec{a}_2 t = (\vec{a}_1 + \vec{a}_2) t$$

$$\vec{S}_3 = (\vec{a}_1 + \vec{a}_2) t^2 + \frac{\vec{A} t^2}{2}$$

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
Шифр			

$$5\vec{a}_1 + 3\vec{a}_2 + \vec{A} = 0$$

$$Ox: 3a \cos \beta + A_x = 0$$

$$A_x = -3a \cos \beta = -3a \cdot \cos 30^\circ = -\frac{3\sqrt{3}a}{2}$$

$$Oy: 5a - 3a \sin \beta + A_y = 0$$

$$A_y = 3a \sin \beta - 5a = a(3 \cdot \sin 30^\circ - 5) = -\frac{7a}{2}$$

$$A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2} = \sqrt{\frac{9 \cdot 3a^2}{4} + \frac{49a^2}{4}} = a\sqrt{19}$$

$$A = a\sqrt{19}$$

$$\text{Ответ: } S = \frac{\sqrt{7}at^2}{2}; A = a\sqrt{19}$$

2) Дано

$L; m; k$

$\Delta x - ?$

$a_1 - ?$

$a_2 - ?$

Решение

$$1) \sum_{i=1}^N \vec{F}_i = 0 - 1\text{-ое условие равновесия}$$

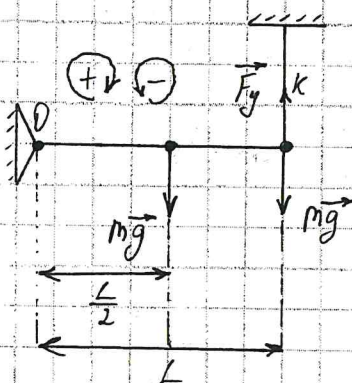
F_i - сила действующая на тело

$$\sum_{i=1}^N \vec{M}_i = 0 - 2\text{-ое условие равновесия}$$

M_i - момент силы действующей на тело; $M_i = F_i \cdot d$, где F_i - модуль силы, d - плечо силы

плечо силы - это кратчайшее расстояние от точки вращения до линии действия силы

2)



Условие равновесия:

$$\vec{M}_1 + \vec{M}_2 + \vec{M}_3 = 0$$

$$M_1 + M_2 - M_3 = 0$$

$$M_3 = M_1 + M_2$$

$$F_y L = mg \frac{L}{2} + mg L \quad | :L$$

$$F_y = \frac{3}{2} mg; \text{ По закону Гука:}$$

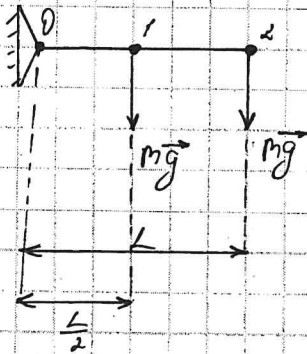
$$k \Delta x = \frac{3}{2} mg$$

$$F_y = k \Delta x$$

$$\Delta x = \frac{3mg}{2k}$$

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
Шифр			

3)



Т.к. стержень жесткий то

Основное уравнение динамики вращательного движения:

$M_1 + M_2 = I \varepsilon$, где I - момент инерции системы
 ε - угловое ускорение стержня

$$M_1 = mg \frac{L}{2} ; I = I_1 + I_2 = m \left(\frac{L}{2} \right)^2 + mL^2 = \frac{5}{4} mL^2$$

$$M_2 = mgL$$

$$mg \frac{L}{2} + mgL = \frac{5}{4} mL^2 \varepsilon \quad | : Lm$$

$$\frac{3}{2} g = \frac{5}{4} L \varepsilon$$

$$\varepsilon = \frac{3}{2} g \cdot \frac{4}{5L} = \frac{6g}{5L}$$

Т.к. стержень жесткий то угловое ускорение любой его точки одно и тоже. Т.к. в начальный момент времени тела не обладали скоростями, то у них в начале не было ~~нормального~~ ускорения, а было только тангенциальное

$$\varepsilon = \frac{a_1}{\frac{L}{2}} = \frac{a_2}{L}$$

$$a_1 = \frac{\varepsilon L}{2} = \frac{3g}{5} \cdot \frac{L}{2} \cdot \frac{2}{L} = \frac{3}{5} g ; \quad \boxed{a_1 = \frac{3}{5} g}$$

$$a_2 = \varepsilon L = \frac{6g}{5} \cdot \frac{L}{L} = \frac{6}{5} g ; \quad \boxed{a_2 = \frac{6}{5} g}$$

Ответ: $\Delta x = \frac{3mg}{2k} ; a_1 = \frac{3}{5} g \quad a_2 = \frac{6}{5} g$ / 20 б

4) Дано
 $P_0 = 1400 \text{ Вт}$
 $\alpha = 42 \frac{\text{Вт}}{\text{°C}}$
 $T_{\text{окр}} = 20^\circ \text{C}$

Решение

$P_0 = P_{\text{п}} + P_{\text{нп}}$, где $P_{\text{п}}$ - полезная мощность
 $P_{\text{нп}}$ - мощность идущая на нагревание двигателя

$P_{\text{п}} - ?$ В установившемся режиме вся мощность идущая на нагревание двигателя рассеивается в окружающую среду

$$P_{\text{нп}} = \alpha (T - T_{\text{окр}})$$

$$P_0 = P_{\text{п}} + \alpha (T - T_{\text{окр}}) \rightarrow P_{\text{п}} = P_0 - \alpha (T - T_{\text{окр}})$$

$$\eta = \frac{P_{\text{п}}}{P_0} = \frac{P_0 - \alpha (T - T_{\text{окр}})}{P_0} = 1 - \frac{\alpha (T - T_{\text{окр}})}{P_0}$$

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
Шифр			

По графику: 0,2

График функции описывается уравнением $\beta = kT + b$, найдем k и b

$$\text{По графику: } \begin{cases} 0,2 = 20k + b \\ 0 = 60k + b \end{cases} \rightarrow \begin{cases} k = -0,005 \\ b = 0,3 \end{cases}$$

$$\text{Т.е. } \beta = -0,005T + 0,3$$

$$P = \frac{\alpha(T - T_{\text{окр}})}{P_0} = -0,005T + 0,3$$

$$-\frac{\alpha(T - T_{\text{окр}})}{P_0} = -0,005T - 0,7 \quad | \cdot (-1) P_0$$

$$\alpha(T - T_{\text{окр}}) = 0,005P_0T + 0,7P_0$$

$$\alpha T - \alpha T_{\text{окр}} = 0,005P_0T + 0,7P_0$$

$$\alpha T - 0,005P_0T = \alpha T_{\text{окр}} + 0,7P_0$$

$$T(\alpha - 0,005P_0) = 0,7P_0 + \alpha T_{\text{окр}}$$

$$T = \frac{0,7P_0 + \alpha T_{\text{окр}}}{\alpha - 0,005P_0} = \frac{0,7 \cdot 1400 + 42 \cdot 20}{42 - 0,005 \cdot 1400} = 52^\circ \text{C}$$

$$P_{\text{п}} = P_0 - \alpha(T - T_{\text{окр}}) = 1400 - 42(52 - 20) = 56 \text{ Вт}$$

Ответ: $P_{\text{п}} = 56 \text{ Вт}$ / 205

⑤ Дано | Решение

U ; P_0

$U_0 = -U$

R

1) $Q = I^2 R t$ - закон Джоуля - Ленца

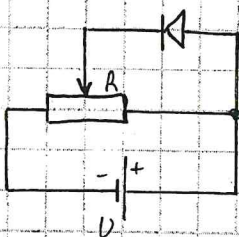
✓ 25

$P_{\text{отп}} - ?$

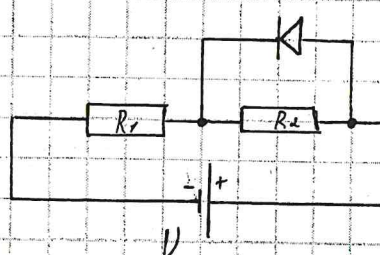
$\beta(t) - ?$

Q - количество теплоты выделяющееся на резисторе сопротивлением R за время t
 I - сила тока протекающего через резистор

2)



эквивалентная
схема



$$R = R_1 + R_2$$

Рассмотрим когда диод открыт то $R_1 = R$ и $U_1 = U_{R_2} = U$ ($U_1 = U_2$ т.к. они соединены параллельно)
Т.к. $U_{R_2} = U$, то $U_{R_1} = 0$ потому что $U = U_{R_1} + U_{R_2}$. Т.к. $U_{R_1} = 0$, то $R_1 = 0$, поэтому $P_{\text{отп}} = 0$

35

Общий балл	Дата	Ф.И.О. Жюри	Подпись
Шифр			

3) Дано

Решение

$$V_1 = 1 \text{ м}^3$$

$$p_1 = 10^5 \text{ Па}$$

$$V_2 = 2 \text{ м}^3$$

$$pV^2 = \text{const}$$

$$\Delta U = ?$$

$$A = ?$$

$$\Delta Q = ?$$

$$C = ?$$

1) $C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$ - молярная теплоемкость газа

ΔQ - количество теплоты подведенное к газу

ν - количество вещества

ΔT - изменение температуры

2) $\Delta U = \frac{i}{2} \nu R \Delta T = \frac{i}{2} (\nu R T_2 - \nu R T_1)$; т.к. газ двухатомный то $i = 5$

Уравнение Менделеева - Клапейрона

$$pV = \nu R T$$

$$\begin{cases} \Delta U = \frac{i}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) \\ p_1 V_1^2 = p_2 V_2^2 \end{cases}$$

$$p_2 = \frac{p_1 V_1^2}{V_2^2}$$

$$\begin{aligned} \Delta U &= \frac{i}{2} \left(\frac{p_1 V_1^2}{V_2} - p_1 V_1 \right) = \frac{i}{2} p_1 V_1 \left(\frac{V_1}{V_2} - 1 \right) = \\ &= \frac{5}{2} \cdot 10^5 \cdot 1 \left(\frac{1}{2} - 1 \right) = -125 \cdot 10^3 \text{ Дж} = -125 \text{ кДж} \end{aligned}$$

(минус означает что внутренняя энергия газа уменьшилась)

$$\Delta U = -125 \text{ кДж}$$

3) $pV^2 = \alpha \rightarrow \alpha = p_1 V_1^2 = 10^5 \cdot 1^2 = 10^5$

$$p = \frac{10^5}{V^2}$$

Работа газа численно равна площади под графиком $p(V)$, т.е.

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p(V) dV = \int_1^2 \frac{10^5}{V^2} dV = 50 \cdot 10^3 \text{ Дж} = 50 \text{ кДж} \quad \checkmark$$

4) По I началу термодинамики

$$\Delta Q = A + \Delta U = 50 \text{ кДж} - 125 \text{ кДж} = -75 \text{ кДж} \quad (\text{минус означает что тепло отводится})$$

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

$$\Delta U = \frac{i}{2} \nu R \Delta T \rightarrow \nu R \Delta T = \frac{2 \Delta U}{i}$$

$$C = \frac{\Delta Q \cdot i R}{2 \Delta U} = \frac{-75 \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 8,31}{2 \cdot (-125) \cdot 10^3} = 12,465 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot ^\circ\text{C}} \quad \checkmark$$

Ответ: $\Delta U = -125 \text{ кДж}$; $A = 50 \text{ кДж}$; $\Delta Q = -75 \text{ кДж}$; $C = 12,465 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot ^\circ\text{C}}$