



Вариант задания

2

Лист работы

1 из 3

Задача 2 Пусть есть две горизонтальной оси Q_0 , масса воды и льда m (у каждого); c_1 — удельная теплоёмкость воды, c_2 — удельная теплоёмкость льда; λ — удельная теплота плавления льда. Тогда из графика:

$$4Q_0 = c_2 m (0 - t_2)$$

$$10Q_0 = m\lambda \rightarrow Q_0 = \frac{m\lambda}{10}$$

$$\rightarrow \frac{4}{10} m \lambda = c_2 m (-t_2)$$

$$(-t_2) = \frac{2\lambda}{5c_2}, \text{ из графика}$$

$$t_2 = -\frac{2\lambda}{5c_2} = -\frac{2 \cdot 0,32 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}}{5 \cdot 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}} =$$

$$\approx -60,95^\circ\text{C}$$

$$4Q_0 = c_1 m (\theta - 0) = c_1 m \theta$$

$$\frac{4m\lambda}{10} = c_1 m \theta \rightarrow \theta = \frac{2\lambda}{5c_1}$$

$$\theta = \frac{2 \cdot 0,32 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}}{5 \cdot 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}} \approx 30,48^\circ\text{C}$$

$$18Q_0 = c_1 m (t_1 - \theta) \rightarrow t_1 = \frac{18\lambda}{10c_1} + \theta = \frac{18 \cdot 0,32 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}}{10 \cdot 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}} + 30,48^\circ\text{C} = 167,62^\circ\text{C}$$

Результаты эксперимента неграфикодобны.

В рамках простого эксперимента невозможно нагреть воду до $167,62^\circ\text{C}$. Руководитель будет недоволен такой работой.

Ответ: $t_1 \approx 167,62^\circ\text{C}$; $\theta = 30,48^\circ\text{C}$; $t_2 = -60,95^\circ\text{C}$

Задача 5 При включении лампы происходит нагрев воздуха.

Параметры комнаты:

$$a = 3 \text{ м}$$

$$b = 3 \text{ м}$$

$$c = 2,5 \text{ м}$$

Объём воздуха в комнате $V = abc = \text{const}$, т.е. все двери и окна плотно закрыты. Начальное давление в комнате равно атмосферному.

и равно 10^5 Па . Возьмем $p_0 = 10^5 \text{ Па}$. Т.к. давление насыщенного пара (а соответственно и пара в комнате) гораздо меньше атмосферного давления, то соответственно масса водяного пара в комнате гораздо меньше массы воздуха. Поэтому в расчетах пренебрежим затратами на нагрев водяного пара и будем рассматривать только нагрев воздуха в комнате.



$$V = \text{const} \rightarrow A = 0$$

$$T_0 = 20^\circ \text{C} = 293 \text{ K}$$

то есть начало термодинамики:

T_2 - температура при которой закон расчете

$$Q = \Delta U + A$$

$$P \cdot t = \frac{5}{2} \nu R (T_2 - T_0) \quad \left[\begin{array}{l} \text{воздух} \\ \text{двухатомный газ} \end{array} \right]$$

$$p_0 V = \nu R T_0, \text{ тогда } P t = \frac{5}{2} \frac{p_0 V}{T_0} (T_2 - T_0), \text{ откуда}$$

$$T_2 = \frac{2 T_0 P t}{5 p_0 V} + T_0 = \frac{2 T_0 P t}{5 p_0 V} + T_0 \approx 305 \text{ K} = 32^\circ \text{C} \rightarrow p_{\text{H}_2\text{O}} = 4,7578 \text{ кПа}$$

Затем уравнение Менделеева - Клапейрона для пара:

(и график)

$$p_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \varphi_0 \cdot V = \nu_{\text{H}_2\text{O}} R T_0$$

$$p_{\text{H}_2\text{O}} = 2,3388 \text{ кПа}$$

$$p_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \varphi \cdot V = \nu_{\text{H}_2\text{O}} R T_2$$

(при 20°C)

$$\frac{p_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \varphi}{p_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \varphi_0} = \frac{T_0}{T_2}$$

φ_0 - начальная влажность

$\varphi = 30\%$ - когда закон

$$\varphi_0 = \frac{T_0}{T_2} \cdot \frac{p_{\text{H}_2\text{O}}}{p_{\text{H}_2\text{O}}} \cdot \varphi = 63,5\%$$

Ответ: $\varphi_0 = 63,5\%$

Ситуационная задача

Затем закон сохранения энергии в процессе работы электродвигателя:

$$U dq = I^2 R \cdot dt + P_0 \cdot dt \quad | : dt$$

$$\eta = 0,6 = \frac{P_0}{UI} \rightarrow (P_0 = 0,6 \cdot UI)$$

$$UI = I^2 R + P_0 \leftarrow \begin{array}{l} \text{полезная} \\ \text{мощность} \\ \text{двигателя} \end{array}$$

Диск или раскручивается благодаря силе трения диска о вал.

В режиме холостого хода мощность двигателя тратится только на вращение диска:

$$P_0 = M_{\text{тр}} \cdot \omega$$

где $M_{\text{тр}}$ - момент силы трения относительно оси ~~вала~~ вала, ω - угловая скорость вращения диска

$$\int_0^{2\pi} dM_{\text{тр}} = \int_0^{2\pi} \tau d\alpha \cdot h \cdot \rho \cdot \mu \cdot \tau$$

$$M_{\text{тр}} = 2\pi \tau^2 \rho h r$$



Вариант задания

2

Лист работы

2 из 3

Таким образом $0,6 UI = 2\pi r^2 \rho h m \cdot \omega \rightarrow \omega = \frac{0,3 UI}{\pi r^2 \rho h m}$

γ - частота вращения $\gamma = \frac{\omega}{2\pi}$

$$\gamma = \frac{0,3 UI}{2\pi r^2 \rho h m} = 87,75 \text{ Гц}$$

Мм, действующая на проводник с током пропорциональна току. Вращающий момент двигателя пропорционален току

$$M = \beta \cdot I, \quad \beta - \text{коэф. пропорц.}$$

Когда тень заклинило $P_0 = 0$, пропала ЭДС индукции в датчике

$$UI_2 = I_2^2 R \rightarrow I_2 = \frac{U}{R}$$

$$M_2 = \beta I_2 = \beta \frac{U}{R}$$

$$M_1 = \beta I$$

$$\rightarrow \frac{M_2}{M_1} = \frac{U}{IR} \rightarrow M_2 = \frac{U}{IR} \cdot M_1$$

$$M_1 = M_{tr} = 2\pi r^2 \rho h m, \quad \text{тогда } M_2 = \frac{U}{IR} \cdot 2\pi r^2 \rho h m$$

При этом: $UI = I^2 R + P_0$

$$UI - 0,6 UI = I^2 R \rightarrow 0,4 UI = I^2 R \rightarrow IR = 0,4 U$$

$$M_2 = \frac{1}{0,4} 2\pi r^2 \rho h m \approx 2,4 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Ответ: $\gamma = 87,75 \text{ Гц}$; $M_2 = 2,4 \text{ Н}\cdot\text{м}$

Задача 1

На постыле профессора изобретён источник звука, из этих полоски — звуковые волны, распространяющегося со скоростью $v_0 = 340 \text{ м/с}$

В системе отсчёта источника:

Пусть v — скорость источника

волна, идущие влево, движутся со скоростью $(v_0 - v)$

волна, идущие вправо, движутся со скоростью $(v_0 + v)$

Полоски по разные стороны источника на равном расстоянии друг от друга (х и 3х), значит

источник испускает импульсы через равные промежутки времени.



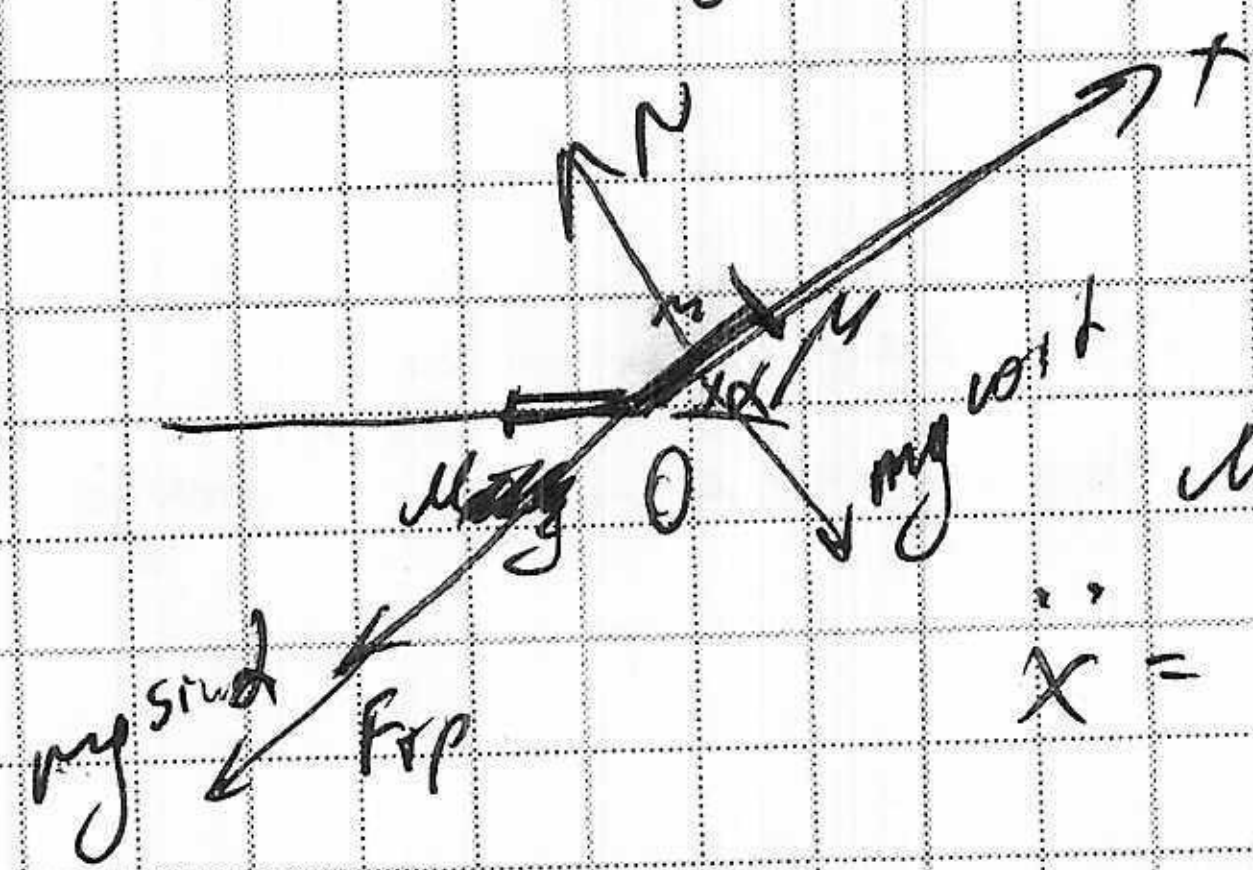
тогда $\frac{x}{v_0 - v} = \frac{3x}{v_0 + v}$ между соседними импульсами

$$v_0 + v = 3v_0 - 3v$$

$$4v = 2v_0 \rightarrow v = \frac{v_0}{2} \approx 170 \text{ м/с}$$

Ответ: $v = 170 \text{ м/с}$

Задача 3 1) Рассмотрим движение груза, взвешенного пружиной $l = 0,55$:



M - масса груза, l - длина пружины

$$M \ddot{x} = -\frac{Mx}{l} \mu \cos \alpha - \frac{Mx}{l} g \sin \alpha; \quad x \leq 0,55$$

$$\ddot{x} = -\frac{2x}{5} g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$

это уравнение гармонических колебаний

$$x_1 = x_{m1} \cos(\omega_1 t + \varphi_0)$$

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) 2g}{5}}$$

Из начальных условий:

$$x_1(0) = 0: \quad \cos \varphi_0 = 0 \rightarrow \varphi_0 = -\frac{\pi}{2}$$

$$\dot{x}_1(0) = v_0$$

$$x_1 = x_{m1} \sin \omega_1 t$$

$$\dot{x}_1 = x_{m1} \omega_1 \cos \omega_1 t$$

$$v_0 = x_{m1} \omega_1 \rightarrow x_{m1} = \frac{v_0}{\omega_1}$$

$$x_1 = \frac{v_0}{\omega_1} \sin(\omega_1 t)$$

$$v_1 = v_0 \cos(\omega_1 t)$$

при $x_1 \leq 0,55$

2) Рассмотрим движение груза, взвешенного пружиной $l = 25$

масса груза m

$$l = 25$$

$$M \ddot{x} = -\frac{Mx}{l} \mu \cos \alpha - \frac{Mx}{l} g \sin \alpha$$

$$\ddot{x} = -\frac{g}{l} (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{g}{25} (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}$$

$$\ddot{x} = -x \left(\frac{g}{25} (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) \right) \rightarrow x_2 = x_{m2} \cos(\omega_2 t + \varphi_2)$$

Из начальных условий:

$$x_2(0) = 0 \rightarrow \varphi_2 = -\frac{\pi}{2} \rightarrow x_2 = x_{m2} \sin \omega_2 t$$

$$\dot{x}_2(0) = v_0 \rightarrow \dot{x}_2 = x_{m2} \omega_2 \cos \omega_2 t$$

$$v_0 = x_{m2} \omega_2 \rightarrow x_{m2} = \frac{v_0}{\omega_2}$$

$$x_2 = \frac{v_0}{\omega_2} \sin(\omega_2 t)$$

$$v_2 = v_0 \cos(\omega_2 t)$$



Вариант задания

2

Лист работы

3 из 3

Задача 3 Продолжение

Найдите скорости второго участника по достижении вершины.

$$x_2 = s = \frac{v_0}{\omega_2} \cdot \sin(\omega_2 t_0)$$

$$\sin(\omega_2 t_0) = \sqrt{\frac{gS}{2} (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} \cdot v_0$$

Для второго участника:

$$F_{\text{тр}} = M' \frac{x}{L} g \cos \alpha \mu$$

$$A_{\text{тр}} = \frac{M' g \cos \alpha \mu}{L} \int_0^s x dx = \frac{M' g \cos \alpha \mu}{2L} \frac{s^2}{2} = \frac{M' g \cos \alpha \mu s}{4}$$

ЗСД:

$$\frac{M' v_0^2}{2} = \frac{M' v_2^2}{2} + \frac{M' g \cos \alpha \mu s}{4} + \frac{M' g}{2} \cdot \frac{s}{2} \sin \alpha$$

$$v_0^2 = v_2^2 + \frac{\mu g \cos \alpha s}{2} + g \sin \alpha \frac{s}{2} \Rightarrow v_2 = \sqrt{v_0^2 - (\mu g \cos \alpha + g \sin \alpha) \frac{s}{2}}$$

Для первого участника:

$$\frac{M v_0^2}{2} = \frac{M v_1^2}{2}$$

$$F_{\text{тр}} = M \frac{x}{L} g \cos \alpha \mu$$

$$A_{\text{тр}} = \frac{2 M g \cos \alpha \mu}{L} \int_0^{\frac{s}{2}} x dx = \frac{\mu g \cos \alpha \mu s}{4}$$

пока не пошло
или юрке:

$$F_{\text{тр}}' = M g \cos \alpha \mu$$

$$A_{\text{тр}}' = M g \cos \alpha \mu \frac{s}{2}$$

$$\begin{cases} \sin \alpha = \frac{3}{5} \rightarrow \\ \cos \alpha = \frac{4}{5} \end{cases}$$

ЗСД:

$$\frac{M v_0^2}{2} = \frac{M v_1^2}{2} + \frac{3}{4} M g \cos \alpha \mu s + \frac{3}{4} M g \sin \alpha s$$

$$v_1 = \sqrt{v_0^2 - \frac{3}{2} g s (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}$$

v_2 - грузик
 v_1 - математик

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{v_0^2 - \frac{gS}{2} (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}{v_0^2 - \frac{3}{2} gS (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}} = \sqrt{\frac{v_0^2 - 0,34 gS}{v_0^2 - 1,02 gS}}$$

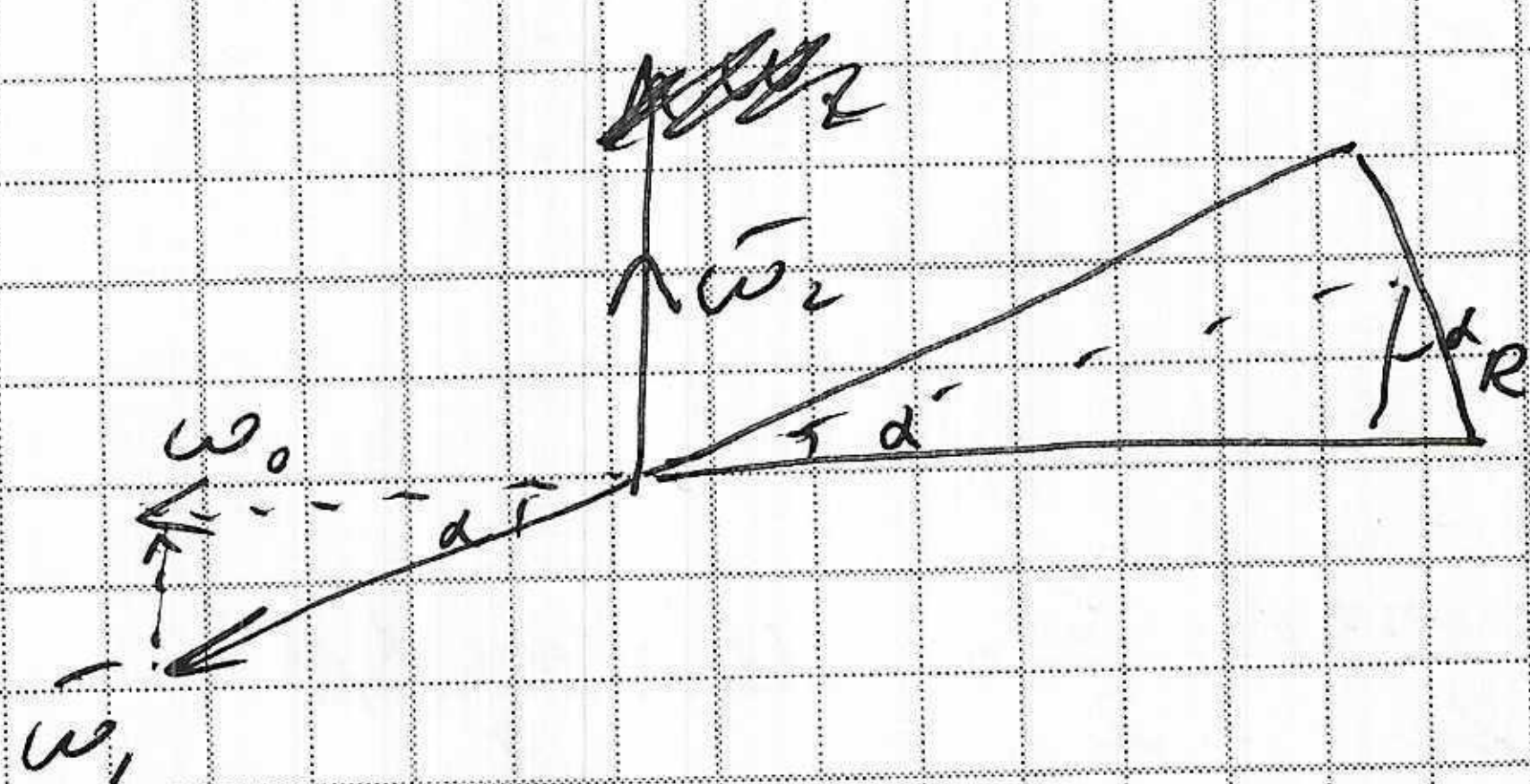
Из угасших выне тот, кто к более короткой оси (т.е. математик)



Ответ: $\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{v_0^2 - 0,3495}{v_0^2 - 1,0295}}$

(Задача 6)

При вращении колпак складывается для вращения (вдоль оси) колпак и вокруг точки O , так чтобы в каждый момент времени суммарный вектор ~~вращения~~ был направлен горизонтально вдоль известной оси вращения:



$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = \sin \alpha$$

$$\omega_2 = \frac{v}{\frac{R}{\sin \alpha} - R \sin \alpha} = \frac{v \sin \alpha}{R \cos \alpha}$$

$$= \frac{v}{R} \tan \alpha \rightarrow \omega_1 = \frac{v}{R \cos \alpha}$$

$$\omega_0 = \frac{v}{R} \cdot \frac{1}{\cos \alpha}$$

(Задача 4)

$$E = \frac{Kq}{r^2}$$

$$E_0 = \frac{Kq}{R^2 + D^2}$$

, E_0 - напряженность поля в точке

на расстоянии D от земли

$$E_0 = 2000 \frac{В}{м}$$

