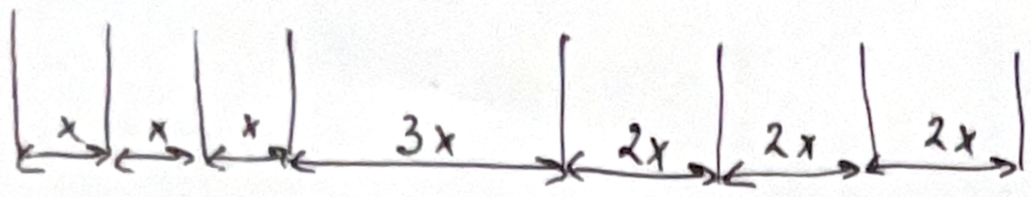
Задача 1.



Пусть ν - частота источника звука, v - его скорость, c - скорость звука. Перейдём в систему отсчета источника, тогда сигналы испущенные влево распространяются со скоростью $c-v$. Вправо: $c+v$.

Рассмотрим промежуток времени $T = \frac{1}{\nu}$ между двумя последовательными сигналами.

Тогда $x = (c-v)T$

$2x = (c+v)T$

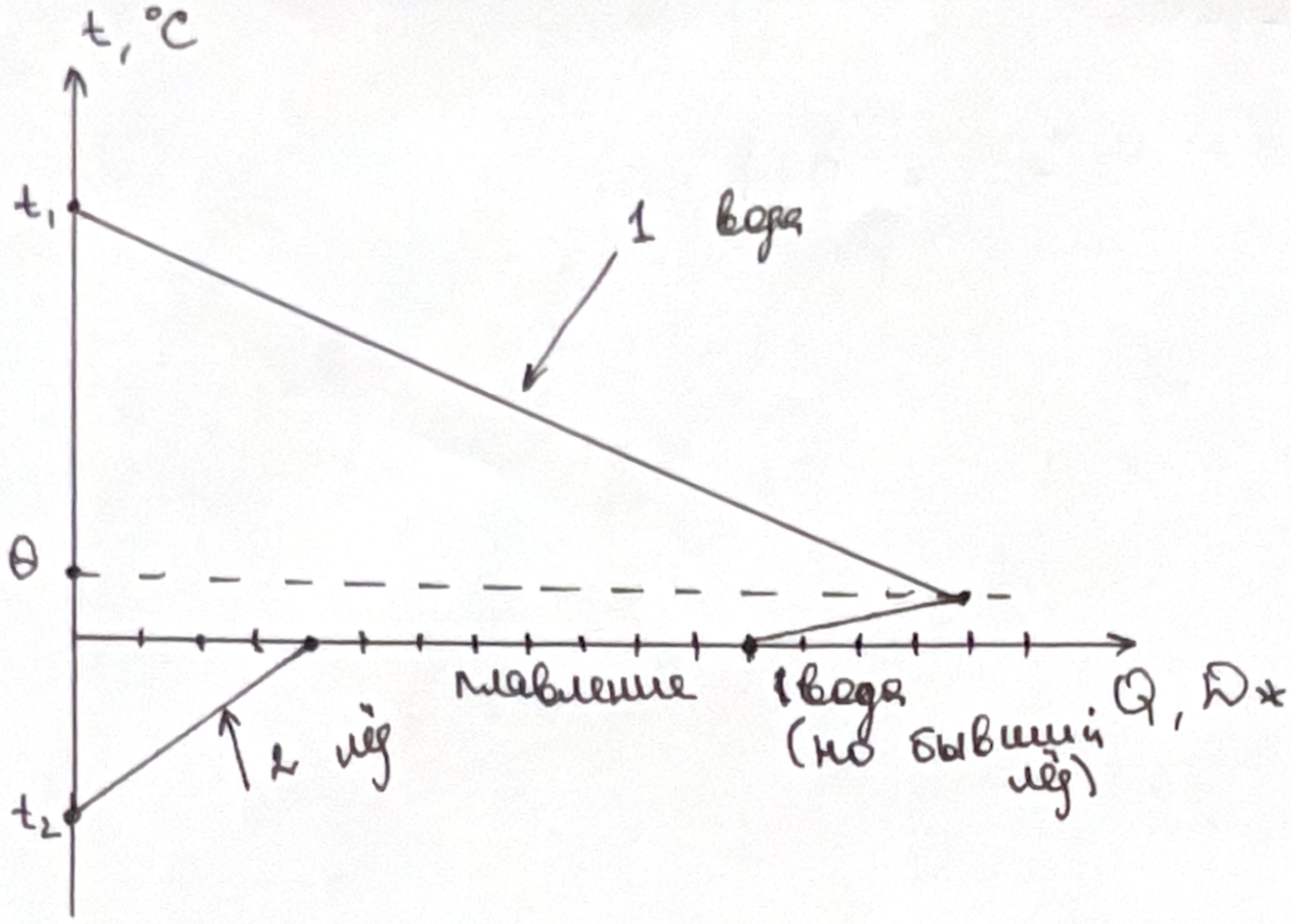
Отсюда $2 = \frac{c+v}{c-v}$

$2c - 2v = c + v$

$c = 3v \Rightarrow v = \frac{c}{3}$

Ответ: $v = \frac{c}{3}$

Задача 2.



1) На графике заметим, что изображены сразу лёд и вода. Так как на одной ломанной тепло падает, а на другой увеличивается.

2) Запишем уравнение теплового баланса:

$$m \cdot C_B (t_1 - \theta) = m \cdot C_Л |t_2| + \lambda m + m \cdot C_B \cdot \theta$$

$$\frac{C_B}{C_Л}(t_1 - \theta) = |t_2| + \frac{\lambda}{C_Л} + \frac{C_B}{C_Л} \cdot \theta$$

Вспомним, что $C_B = 4200 \frac{Дж}{кг \cdot °C}$, $C_Л = 2100 \frac{Дж}{кг \cdot °C}$, $\lambda = 320000 \frac{Дж}{кг}$ $\Rightarrow$

$$2t_1 - 2\theta = |t_2| + 152{,}4 + 2\theta \Rightarrow$$

$$\boxed{2t_1 - 4\theta - |t_2| = 152{,}4} \quad (1)$$

Ответ: $t_1 = 190{,}5$; $t_2 = 76{,}2$; $\theta = 38{,}1$. Руководитель будет не доволен данной работой, т.к. по графику аспирант получил температуру воды больше тысячи градусов, что физически невозможно

3) Заметим, что $|t_2| \cdot C_Л m = 4 Дж$, $\theta C_B m = 4 Дж$ $\Rightarrow |t_2| C_Л = \theta C_B \Rightarrow$

$$\Rightarrow \boxed{|t_2| = 2\theta} \quad (2)$$

4) Также $m C_B (t_1 - \theta) = 16 Дж \Rightarrow m C_B (t_1 - \theta) = 4 m C_B \theta$

$$\Rightarrow (t_1 - \theta) = 4\theta \Rightarrow \boxed{t_1 = 5\theta} \quad (3)$$

5) (3), (2) в (1)

$$10\theta - 4\theta - 2\theta = 4\theta = 152{,}4 \Rightarrow \theta \approx 38{,}1 \Rightarrow$$

$$t_2 = 76{,}2 \Rightarrow t_1 = 190{,}5$$

Задача 3.

1) Так как участники на одной горе, то разница в конечной скорости зависит только от A_{FTP}

2) Закон сохранения энергии:

$$mgS\sin\alpha = \frac{m v_k^2}{2} + A_{FTP}$$

3) $A_{FTP} = F_{TP} \cdot S$

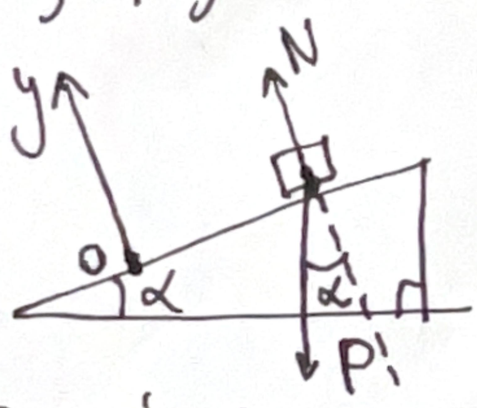
разное одинаковое

4) $F_{TP} = \mu N$

разное для разных ледянок

Тогда $\boxed{2gS\sin\alpha - 2S\frac{F_{TP}}{\mu} = v_k^2}$

5) Изобразим схему



Второй закон Ньютона на Oy:

$$N = P\cos\alpha \Rightarrow 2gS\sin\alpha - 2S\mu\cos\alpha \cdot \frac{P}{m} = v_k^2$$

вес

6) Причём если $l = 0{,}25S$, то $P = mg$, т.к. все ледянка всё время на горе, а если $l = 2S$ $P = \frac{mg}{2}$, т.к. только половина ледянки катится на горе

7) случай $l = 0{,}25S$

$$2gS\sin\alpha - 2S\mu\cos\alpha g = v_{k_1}^2$$

случай $l = 2S$

$$2gS\sin\alpha - \mu\cos\alpha g = v_{k_2}^2$$

скорость в конце больше

время потребовало меньше

8) $v_{k_1}^2 = 2gS(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$

$\cos\alpha = \sqrt{1 - \sin^2\alpha} = \frac{4}{5}$

$\Rightarrow v_{k_1}^2 = \frac{4}{5}gS \Rightarrow$

$\Rightarrow v_{k_1} = \sqrt{\frac{4gS}{5}}$

$v_{k_2}^2 = gS(2\sin\alpha - \mu\cos\alpha) = gS \Rightarrow v_{k_2} = \sqrt{gS} \Rightarrow$

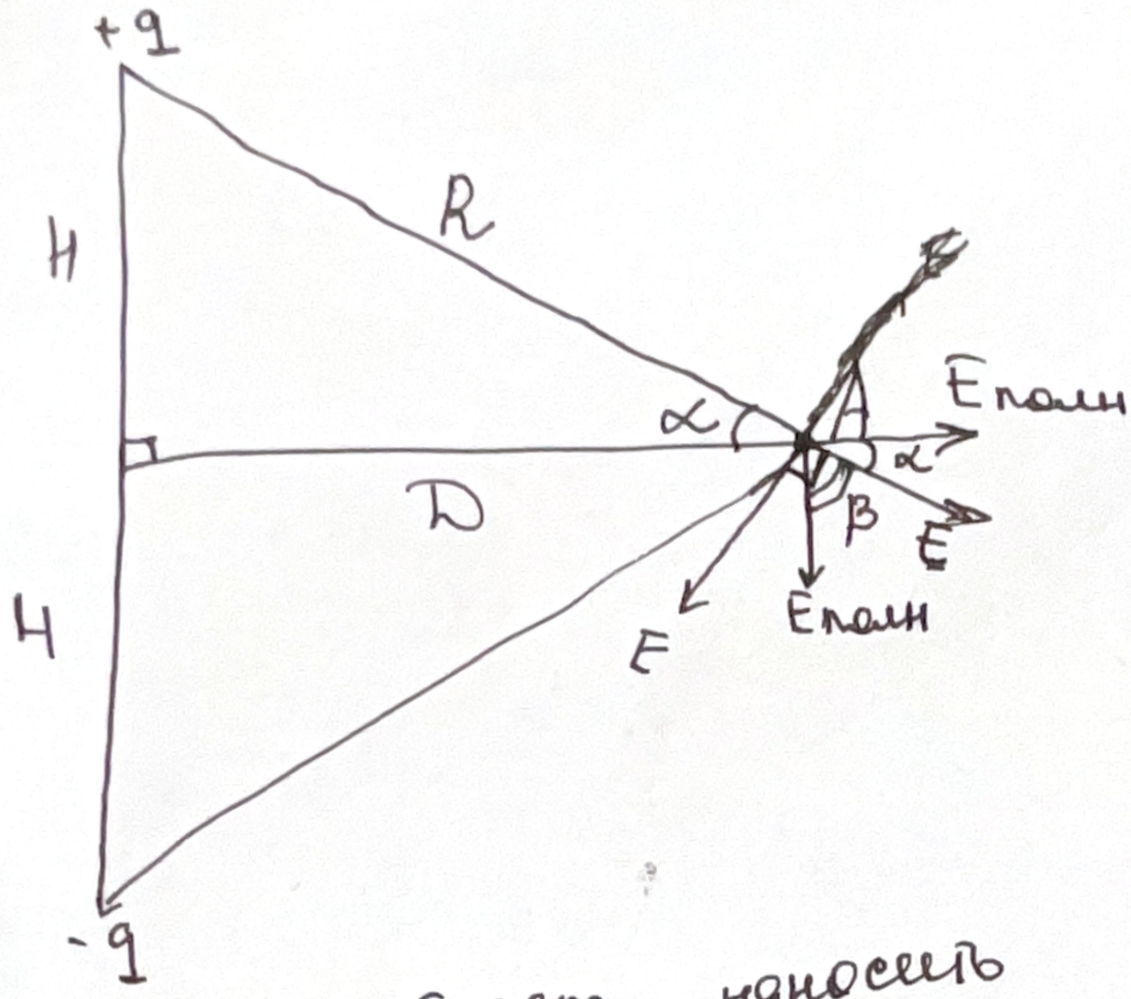
$\Rightarrow v_{k_2} - v_{k_1} = \sqrt{gS}\left(1 - \frac{2}{\sqrt{5}}\right)$

Ответ: $\Delta v = \sqrt{gS}\left(1 - \frac{2}{\sqrt{5}}\right)$

Физик выбрал $l = 2S$, т.к.

Задача 4.

1)



2) Вспомним, что земля проводник ⇒ в ней появится изображение заряда ⇒ по методу изображения заряд -q на расстоянии H под землей

3) Тогда поле будет наносить

$$\vec{E_{полн}} = \vec{E} + \vec{E}_- \Rightarrow \frac{kq}{R^2} \cdot \cos\beta \cdot 2 = |\vec{E_{полн}}|$$

$$\beta = 90^\circ - \alpha \Rightarrow E_{полн} = \frac{2kq}{R^2} \cdot \sin\alpha = \frac{2kqH}{R^3}$$

$$\vec{E_{полн}} = 2kq \cdot \frac{H}{R^3} = \frac{2kq \cdot H}{(H^2 + D^2)^{\frac{3}{2}}}$$

Тогда найдём максимум ф-ии

$$E_{полн}(H).$$

$$E'_{полн}(H) = 2kq \cdot \frac{(H^2+D^2)^{\frac{3}{2}} - H \cdot \frac{3}{2} \cdot 2H\sqrt{H^2+D^2}}{(H^2+D^2)^3} = 0$$

$$\Rightarrow H^2 + D^2 - 3H^2 = 0 \Rightarrow D^2 = 2H^2 \Rightarrow R^2 = D^2 + H^2 = 3H^2$$

$$\Rightarrow E_{полн} = 2kq \cdot \frac{H}{(\sqrt{3})^3}$$

$$H^2 = \frac{2kq}{E_{полн} \cdot 3\sqrt{3}}$$

Ответ: $H = \sqrt{\frac{2kq}{E_{полн} \cdot 3\sqrt{3}}} = 7{,}2$ км

Задача 5.

1) Найдем V комнаты $V = 3 \cdot 8 \cdot 2{,}5 = 60\ м^3$

2) Посчитаем тепло, полученное комнатой от лампы:

$Q = P \cdot t = 340\ Вт \cdot 30 \cdot 60\ с = 612\ кДж$

3) Запишем первое начало термодинамики:

$Q = \Delta U + A$

$A = 0$, т.к. нет расширения

$\Delta U = \frac{5}{2} R \nu \Delta T = Q$

т.к. воздух двухатомный газ

4) Найдем ν из ур-ия Менделеева-Клапейрона:

$P_0 V = \nu R T_0 \Rightarrow \nu R = \frac{P_0 V}{T_0} \Rightarrow \frac{5}{2} \frac{P_0 V}{T_0} \cdot \Delta T = Q$

$\Rightarrow \Delta T = \frac{2Q \cdot T_0}{5 P_0 V} = 12\ °C \Rightarrow T_{конеч} = (20 + 12)°C = 32°C$

$P_0 = 1$ атм. $= 10^5$ Па

5) Найдём ν_0 воды в воздухе:

$P_1 \cdot V = \nu_0 R T_0$,

где $P_1 = \frac{P_{нп}(20°C)}{2}$ — т.к. влажность 50%

$\nu_0 = \frac{P_{нп}(20°C) \cdot V}{2 R T_0} = 28{,}8$ моль

6) Найдем P_2 воды в конце:

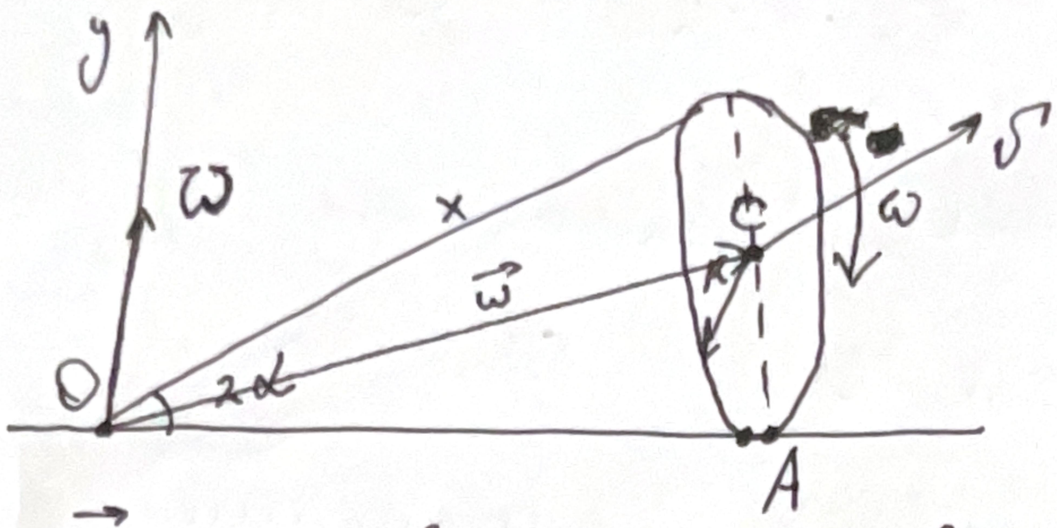
$P_2 \cdot V = \nu_0 R T_{конеч} \Rightarrow P_2 = 1{,}2173$ кПа

7) $f_{конеч} = \frac{P_2}{P_{нп}(32°C)} = 25{,}6\ \%$

Ответ: $f_{конеч} = 25{,}6\%$

№6.

1)



2) $\vec{\omega}$ – угловая скорость вращения конуса относительно своей оси

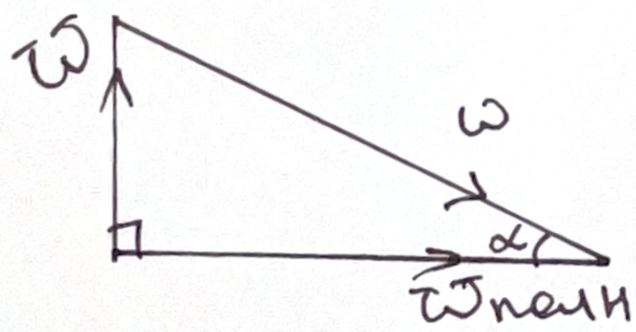
$\vec{\Omega}$ – угловая скорость вращения конуса

3) Рассмотрим путь, пройденной нижней точкой A двумя способами:

$$\underbrace{\Omega L t}_{\text{вращение вокруг оси Oy}} = \underbrace{\omega R t}_{\text{вращение вокруг оси Cx}} \Rightarrow \Omega L = \omega R$$

4) $$L = \frac{R}{\sin\alpha} \Rightarrow \Omega = \omega \sin\alpha$$

5) Причём мы знаем, что ось OA – мгновенная ось вращения, полная $\Omega_{полн}$ направлена вдоль OA

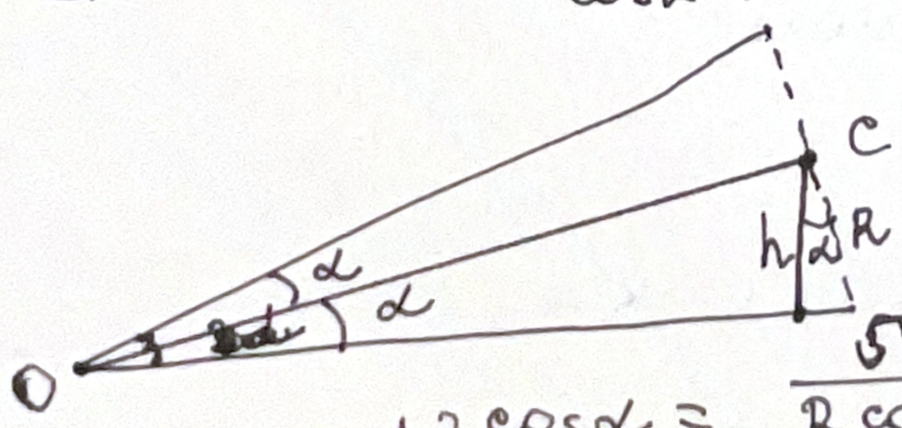


$$\Omega_{полн} = \omega \cos\alpha$$

6) С другой стороны, $v_c = v = \Omega_{полн} \cdot h = \omega \cdot \cos\alpha \cdot h$

$$\Rightarrow \omega = \frac{v}{\cos\alpha \cdot h}$$

$$h = R \cdot \cos\alpha \Rightarrow \boxed{\omega = \frac{v}{R \cdot \cos^2\alpha}}$$



Но $\Omega_{полн} = \omega \cos\alpha = \frac{v}{R\cos\alpha}$

7) Так как $\Omega_{полн}$ поворачивается с $\Omega \Rightarrow \varepsilon = \Omega \cdot \Omega_{полн} =$

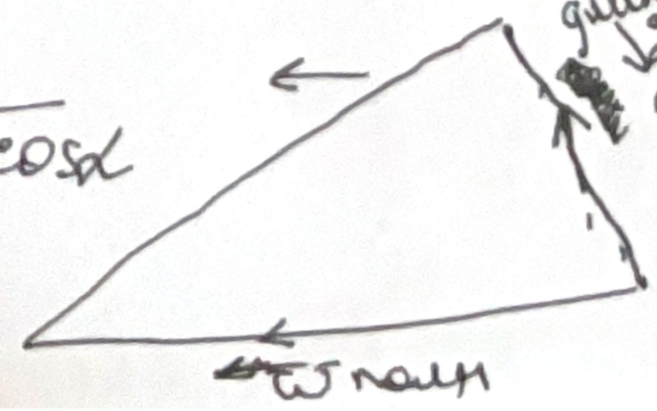
$$= \omega^2 \cdot \sin\alpha \cdot \cos\alpha = \frac{v^2}{R^2} \cdot \frac{tg\alpha}{\cos^2\alpha}$$

угловая скорость поворота вектора

длина дуги

$\Omega \cdot \Omega_{полн} t = \varepsilon \cdot t =$ радиус

$\varepsilon = \Omega_{полн} \cdot \Omega$



Ответ: $\Omega_{полн} = \frac{v}{R\cos\alpha}$

$$\varepsilon = \frac{v^2}{R^2} \cdot \frac{tg\alpha}{\cos^2\alpha}$$

Уточнение: