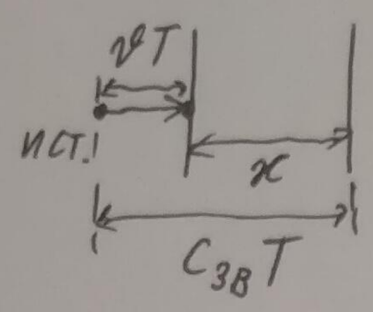
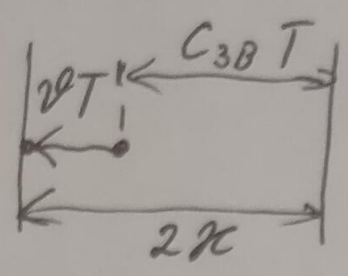
Задача 1

Из-за эффекта Доплера, длина волны с той стороны, куда движется источник, уменьшается, а с противоположной увеличивается.





$x = c_{зв} T - \vartheta T$ $\qquad$ $2x = c_{зв} T + \vartheta T$

$2\cancel{T}(c_{зв} - \vartheta) = \cancel{T}(c_{зв} + \vartheta)$

$2c_{зв} - 2\vartheta = c_{зв} + \vartheta$

$3\vartheta = c_{зв}; \quad \vartheta = \frac{c_{зв}}{3}$

Ответ: скорость источника равна $\frac{1}{3} c_{зв}$

Задача 3

Дано:

$\mu = 0{,}25$

$L = 0{,}5S$

$L = 2S$

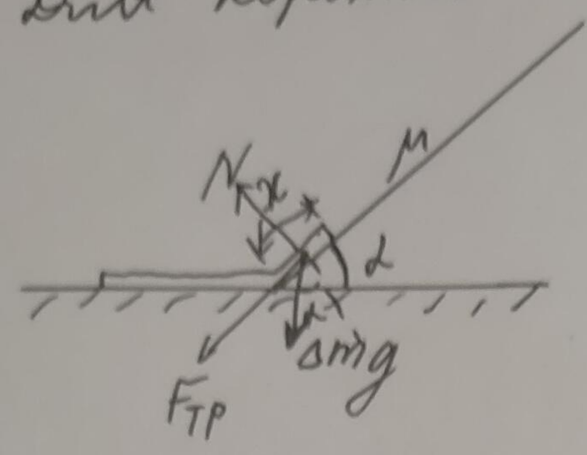
v_0

$\sin\alpha = \frac{3}{5}$

$|v_L - v_L| - ?$

Решение:

Для короткой ледянки:



$$|A_{тр}| = \int_0^L F_{тр}(x)\cdot dx + F_{тр}(L)\cdot 0{,}5S$$

$$F_{тр}(x) = \mu mg\cdot\cos\alpha = \mu g\cdot\cos\alpha\cdot\frac{m}{L}\cdot x$$

$$\int_0^L \mu g\frac{m}{L}\cdot\cos\alpha\, x\cdot dx = \mu g\frac{m}{L}\cdot\cos\alpha\,\frac{x^2}{2}\Big|_0^L =$$

$$= \mu g\frac{m}{\cancel{L}}\cdot\cos\alpha\,\frac{L^{\cancel{2}}}{2} = \frac{\mu mgL}{2}\cdot\cos\alpha$$

$$|A_{тр}| = \frac{\mu mgL}{2}\cdot\cos\alpha + \mu mg\cdot\cos\alpha\cdot 0{,}5S = 1{,}5\mu mgL\cdot\cos\alpha\,\frac{S}{2}$$

$$\frac{mv_L^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} - |A_{тр}|\ 1{,}5\mu mg\frac{S}{2}\cdot\cos\alpha\cdot\frac{S}{2}$$

Для длинной ледянки:

$$|A_{тр}| = \int_0^S F_{тр}(x)\cdot dx = \int_0^S \mu g\cdot\cos\alpha\cdot\frac{m}{L}\cdot x\cdot dx = \mu g\cdot\cos\alpha\,\frac{m}{L}\cdot\frac{x^2}{2}\Big|_0^S =$$

$$= \mu mg\cdot\cos\alpha\,\frac{S^2}{2L}$$

$$\frac{mv_L^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} - \mu mg\cdot\cos\alpha\,\frac{S^2}{2\cdot 2S}$$

$$v_L^2 = v_0^2 - 2\mu mg\cdot\frac{S}{4_2}\cdot\cos\alpha;\quad v_L = \sqrt{v_0^2 - 2\mu mg\frac{S}{2}\cdot\cos\alpha}$$

$$v_L^2 = v_0^2 - 3\mu mg\frac{S}{2}\cdot\cos\alpha;\quad v_L = \sqrt{v_0^2 - 1{,}5\mu mgS\cdot\cos\alpha}$$

$$\cos\alpha = \sqrt{1 - \frac{9}{25}} = \frac{4}{5}$$

$$v_L - v_L = \sqrt{v_0^2 - \mu mg\frac{S}{2}\cdot\frac{4}{5}} - \sqrt{v_0^2 - 1{,}5\mu mgS\cdot\frac{4}{5}} =$$

$$= \sqrt{v_0^2 - 0{,}25\cdot 9{,}81\cdot 0{,}4\,mS} - \sqrt{v_0^2 - 1{,}5\cdot 0{,}25\cdot 9{,}81\cdot 0{,}8\,mS} =$$

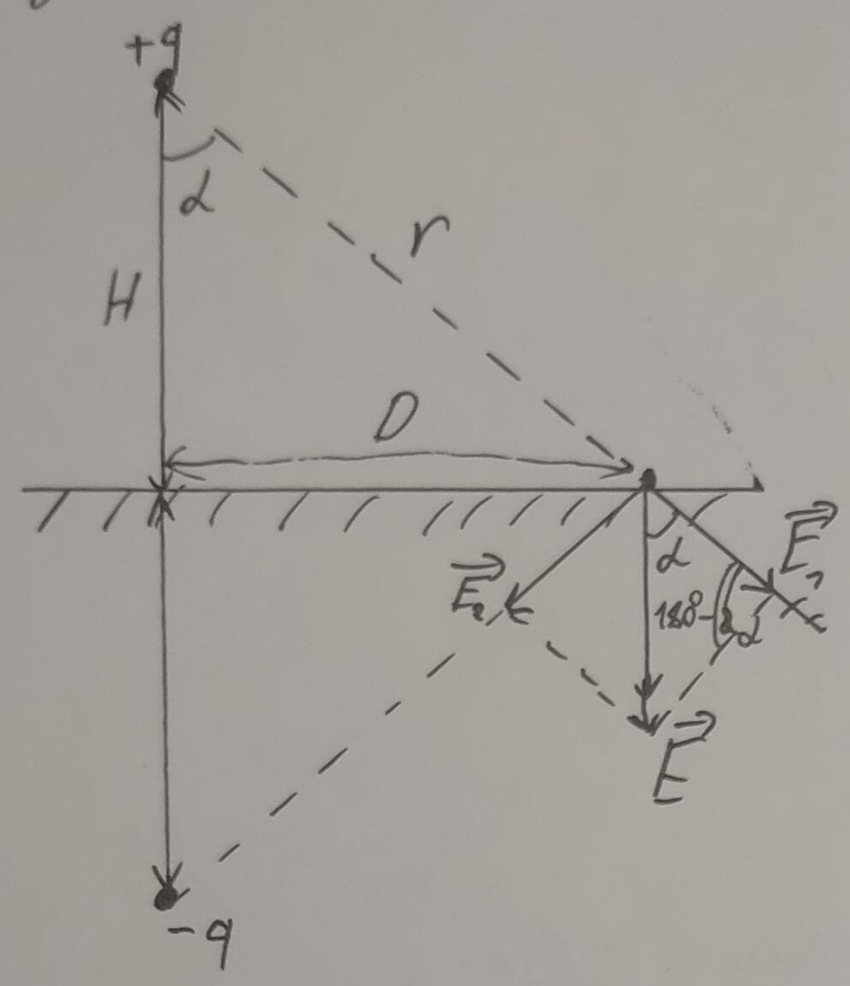
$$= \sqrt{v_0^2 - 0{,}981\,mS} - \sqrt{v_0^2 - 2{,}943\,mS}$$

Ответ: $v_L - v_L = \sqrt{v_0^2 - 0{,}981\,mS} - \sqrt{v_0^2 - 2{,}943\,mS}$

Физик выбрал длинную ледянку.

Задача 4

На земле будет индуцироваться отрицательный заряд, который можно заменить точечным с помощью метода электростатических изображений.



$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

$$E_1 = E_2 = k\frac{q}{r^2}$$

$$E^2 = 2E_1^2 - 2E_1^2 \cdot \cos(180° - 2\alpha)$$

$$E^2 = 2E_1^2(1 + \cos 2\alpha)$$

$$= 2E_1^2(2\cos^2 \alpha)$$

$$\cos\alpha = \frac{H}{r}$$

$$E_1^2 = 4 \cdot \left(k\frac{q}{r^2}\right)^2 \cdot \frac{H^2}{r^2}$$

$$E^2 = 4k^2q^2 \frac{1}{(H^2+D^2)^2} \cdot \frac{H^2}{(H^2+D^2)}$$

$$r^2 = H^2 + D^2$$

$$\frac{H^2}{(H^2+D^2)^3} = \frac{E^2}{4k^2q^2}$$

Сказано, что дождем увидели облако вдалеке, это значит, что $H^2 << D^2$

$$H^2 = \frac{E^2D^6}{4k^2q^2}; \quad H = \frac{ED^3}{\cancel{4k^2q^2}\,2kq}$$

$$H = \frac{2000\,\cancel{В}\ \cancel{Кл}^2\ \cancel{м}}{\cancel{м} \cdot 2 \cdot 30\,\cancel{Кл} \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot \cancel{Н}\,м^2} \cdot D^3 = 3{,}7 \cdot 10^{-9}\,\frac{1}{м^2} \cdot D^3$$

Ответ: $H = 3{,}7 \cdot 10^{-9}\,\frac{1}{м^2}\,D^3$

Задача 5

Дано:

$a = 3$ м
$b = 8$ м
$c = 2{,}5$ м
$P = 340$ Вт
$t_0 = 20°C$
$\tau = 30$ мин
$\varphi_0 = 50\%$

$\varphi_{кон}$ - ?

Решение:

Так как окна и двери мастерской плотно закрыты, ~~а~~ воздух внутри остаётся постоянным и с ним происходит изохорный процесс.

1-ое начало термодинамики для изохорного процесса:

$$P\tau = \frac{i}{2}\nu R\Delta T$$

$p_0V = \nu RT_0$ $\quad \nu = \frac{p_0V}{RT_0}$, где p_0 - атмосферное давление

$V = abc$

$$\Delta T = \frac{2P\tau}{i\nu R} = \frac{2P\tau RT_0}{iR\cdot p_0V} = \frac{2P\tau T_0}{ip_0V}$$

При увеличении температуры пар не может сконденсироваться, поэтому для него верно:

$$\frac{P_{пар.0}}{T_0} = \frac{P_{пар.кон}}{T_0+\Delta T}; \quad P_{пар.кон} = P_{пар.0}\cdot\frac{T_0+\Delta T}{T_0} = P_{пар.0}\left(1+\frac{2P\tau}{ip_0V}\right)$$

$P_{пар.0} = \varphi_0 \cdot P_{нп}(t_0)$

$$\varphi_{кон} = \frac{P_{пар.кон}}{P_{нп}(t_0+\Delta T)}$$

Воздух состоит в основном из двухатомных молекул, поэтому $i = 5$

$$\Delta T = \frac{2\cdot 340\cdot 30\cdot 60\cdot 293}{5\cdot 10^5\cdot 3\cdot 8\cdot 2{,}5}\,K = 12\,K$$

$P_{нп}(t_0+\Delta T) = 4{,}7578$ кПа

$$P_{пар.кон} = 0{,}5\cdot 2{,}3388\cdot 10^3\left(1+\frac{2\cdot 340\cdot 30\cdot 60}{5\cdot 10^5\cdot 3\cdot 8\cdot 2{,}5}\right) = 1217\text{ Па}$$

$$\varphi_{кон} = \frac{1217\text{ Па}}{4757{,}8\text{ Па}} = 0{,}256 = 25{,}6\%$$

Ответ: растение погибнет при влажности 25,6 %

Ситуационная задача

Дано:

$r = 20$ мм

$h = 15$ мм

$p = 25$ кПа

$\mu = 0{,}8$

$U = 220$ В

$\nu_1 = 5340 \frac{об}{мин}$

$\eta_{xx} = 60\%$

$n = 1{,}5$

$\nu_2 = 3240 \frac{об}{мин}$

P – ?

I' – ?

Решение

1) $\eta_{xx} = \frac{N_м}{P}$, $N_м$ – механическая мощность

$N_м = F_{тр} \cdot v$; $v = \omega_1 r = 2\pi \nu_1 r$

$F_{тр} = \mu N = \mu p S = \mu p \cdot 2\pi r \cdot h$

$N_м = 2\pi r h \mu p \cdot 2\pi \nu_1 r = 4\pi^2 r^2 \mu p \nu_1 h$

$P = \frac{N_м}{\eta_{xx}} = \frac{4\pi^2 r^2 \mu p \nu_1 h}{\eta_{xx}}$

$P = \frac{4 \cdot 3{,}14^2 \cdot 0{,}02^2 \cdot 0{,}8 \cdot 25 \cdot 10^3 \cdot 5340 \cdot 0{,}015}{60\% \cdot 0{,}6} = 702$ Вт

2) Известно, что крутящий момент M прямо пропорционален силе тока I, поэтому:

$\frac{I'}{I} = \frac{M'}{M}$ $\quad \frac{M'}{M} = \frac{F'_{тр} r}{F_{тр} r} = \frac{F'_{тр}}{F_{тр}}$

I – сила тока на холостом ходу

M – крутящий момент на холостом ходу

$F'_{тр} = \frac{N'_м}{v'} = \frac{n N_м}{2\pi \nu_2 r} = \frac{n \cdot 4\pi^2 r^2 \mu p \nu_1 h}{2\pi \nu_2 r} = 2n\pi r \mu p h \frac{\nu_1}{\nu_2}$

$\frac{F'_{тр}}{F_{тр}} = \frac{2\pi r n \mu p h \frac{\nu_1}{\nu_2}}{2\pi r \mu p h} = n \frac{\nu_1}{\nu_2}$

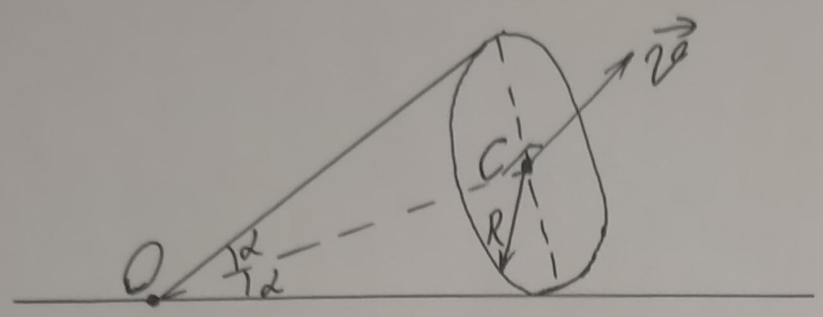
$I' = I \cdot n \frac{\nu_1}{\nu_2}$; $\quad I = \frac{P}{U}$

$I' = n \frac{P}{U} \cdot \frac{\nu_1}{\nu_2}$; $\quad I' = 1{,}5 \cdot \frac{702}{220} \cdot \frac{5340}{3240} = 7{,}9$ А

Ответ: $P = 702$ Вт

$I' = 7{,}9$ А

Задача 6



Так как вращение происходит вокруг т. O скорость $\vec{v}$ – перпендикулярна отрезку OC.

В процессе своего движения т. C описывает окружность, которая является основанием конуса с образующей OC. Радиус этой окружности: $r = OC \cdot \sin(90° - \alpha) =$

$= OC \cdot \cancel{\sin} \cos\alpha$

$$OC = \frac{R}{tg\alpha}$$

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{v}{OC \cdot \cos\alpha} = \frac{v \cdot tg\alpha}{R \cdot \cos\alpha}$$

Первая производная от угловой скорости по времени – это угловое ускорение ε. В задаче не сказано учитывать силу трения, поэтому $\varepsilon = 0$.

Ответ: $\omega = \dfrac{v \cdot tg\alpha}{R \cdot \cos\alpha}$

$\varepsilon = 0$