

Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 10

Вариант 10-02

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вл

1. Гайку бросают с вышки со скоростью $V_0 = 10$ м/с под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. В полете гайка все время приближалась к горизонтальной поверхности Земли и упала на нее со скоростью $2V_0$.

1) Найти вертикальную компоненту скорости гайки при падении на Землю.

2) Найти время полета гайки.

3) С какой высоты была брошена гайка?

Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

2. Человеку, упирающемуся в ящик ногами, надо передвинуть ящик из состояния покоя по горизонтальному полу на расстояние S к стене (см. рис.). Массы человека и ящика равны соответственно m и $M = 2m$. Натянутые части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массами каната, блока и трением в оси блока можно пренебречь. Коэффициент трения между ящиком и полом μ .



1) С какой силой ящик с человеком давят на пол при движении ящика?

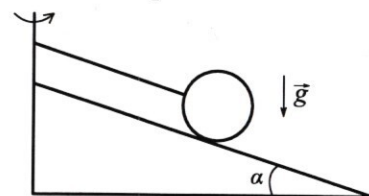
2) С какой минимальной постоянной силой надо тянуть человеку канат, чтобы осуществить задуманное?

3) За какое время человек осуществит задуманное, приложив постоянную силу F ($F > F_0$) к канату?

3. Однородный шар массой m и радиусом R находится на гладкой поверхности клина, наклоненной под углом α к горизонту (см. рис.). Шар удерживается нитью длиной L , привязанной к вертикальной оси, проходящей через вершину клина. Нить параллельна поверхности клина.

1) Найти силу давления шара на клин, если система покоится.

2) Найти силу давления шара на клин, если система вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину клина, а шар не отрывается от клина.

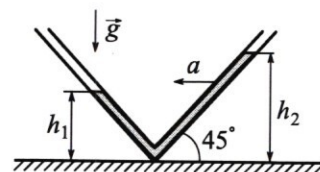


4. Трубка, изогнутая под прямым углом, расположена в вертикальной плоскости и заполнена маслом (см. рис.). Угол $\alpha = 45^\circ$. При равноускоренном движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением $a = 4$ м/с² уровень масла в одном из колен трубки устанавливается на высоте $h_1 = 10$ см.

1) На какой высоте h_2 установится уровень масла в другом колене?

2) С какой скоростью V будет двигаться жидкость в трубке относительно трубки после того как трубка внезапно станет двигаться равномерно (ускорение «исчезнет») и когда уровни масла будут находиться на одинаковой высоте?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Действие сил трения пренебрежимо мало.



5. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре 27°C и давлении $P = 3,55 \cdot 10^3$ Па. В медленном изотермическом процессе уменьшения объема пар начинает конденсироваться, превращаясь в воду.

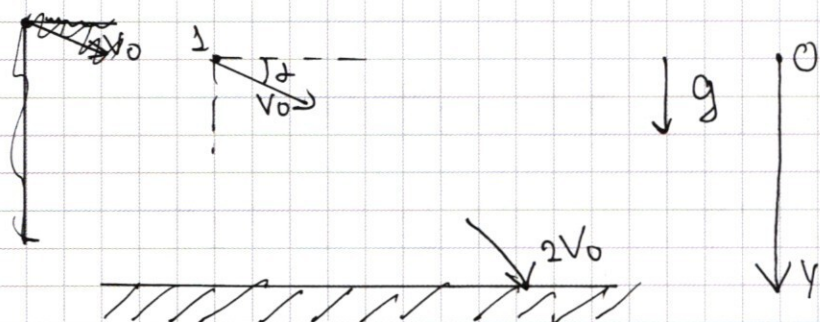
1) Найти отношение плотности пара к плотности воды в условиях опыта.

2) Найти отношение объема пара к объему воды к моменту, когда объем пара уменьшится в $\gamma = 5,6$ раза.

Плотность и молярная масса воды $\rho = 1$ г/см³, $\mu = 18$ г/моль.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №1



Посмотрим на вертикальную и горизонтальную компоненты скорости в начальном положении

$$V_r = V_0 \cos \alpha$$

$$V_v = V_0 \cdot \sin \alpha$$

Заметим, что во время полёта горизонтальная компонента скорости не меняется. Тогда пусть V_x — ~~конечн~~ вертикальная компонента скорости при падении.

$$1) 4V_0^2 = V_r^2 + V_x^2$$

$$4V_0^2 = V_0^2 \cdot \cos^2 \alpha + V_x^2$$

$$V_x^2 = V_0^2 (4 - \cos^2 \alpha)$$

$$V_x = V_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha}$$

$$V_x = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \sqrt{4 - \cos^2 30^\circ} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \sqrt{4 - \frac{3}{4}} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{\sqrt{13}}{2} = 5\sqrt{13} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2) Т.к. в полёте гайка всё время приближалась к земле, то верт. компонента скорости была всё время направлена ускорению свободного падения.

Тогда справедливо

$$V_x = V_0 + gt$$

$$\frac{\sqrt{13}}{2} V_0 = V_0 \sin \alpha + gt \Rightarrow t = \frac{V_0}{g} \left(\frac{\sqrt{13}}{2} - \sin \alpha \right)$$

$$t = \frac{10 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2} \left(\frac{\sqrt{13}}{2} - \sin 30^\circ \right) = \cancel{1} \text{ с} \cdot \frac{\sqrt{13}-1}{2} = \frac{\sqrt{13}-1}{2} \text{ с}$$

$$3) h = V_0 t + \frac{gt^2}{2} = V_0 \cdot \sin \alpha \cdot t + \frac{g}{2} t^2 \neq \cancel{15 \text{ м}}$$

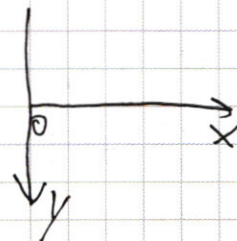
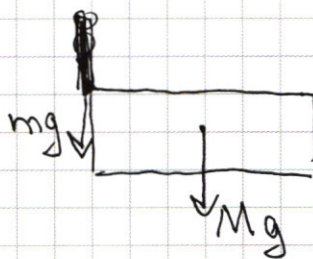
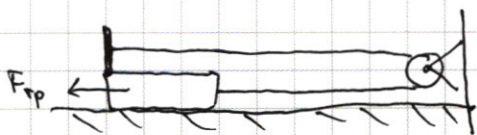
$$h = 10 \text{ м/с} \cdot \sin 30^\circ \cdot t + \frac{10 \text{ м/с}^2}{2} \cdot t^2 = 5t \cdot 1 \text{ с} + 5t^2 \cdot 1 \text{ с}^2$$

$$h = 5(t + t^2) = 5t(t+1)$$

$$h = 5 \cdot \frac{\sqrt{13}-1}{2} \cdot \left(\frac{\sqrt{13}-1}{2} + 1 \right) = 5 \cdot \frac{\sqrt{13}-1}{2} \cdot \frac{\sqrt{13}+1}{2} = \frac{5}{4} (13-1) = 15 \text{ м}$$

Ответ: 1) $5\sqrt{13} \frac{\text{м}}{\text{с}}$; 2) $\frac{\sqrt{13}-1}{2} \text{ с}$; 3) 15 м

Задача N2

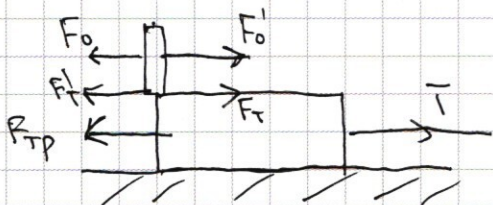


$$1) F_g = mg + Mg = 3mg$$

2) Если нам известно минимальное значение силы F_0 будет достигнуто тогда, когда ящик будет ~~действ~~ двигаться без ускорения.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Тогда запишем II-й закон Ньютона.



$$\textcircled{1} \vec{T} + \vec{F}_T + \vec{F}_{Tp} = 0 \quad (\text{для ящика})$$

Заметим, что если человек упирается в ящик с силой F_T , то ~~по II-му закону Ньютона~~ тогда ящик действует на человека с силой F_T' равной по модулю F_T . Аналогично можно сказать про канат и ^{про} ~~то как соотносится~~ силу F_0' , с которой канат действует на человека.

Заметим, что сам человек тоже движется без ~~у~~ ускорения. Тогда

~~$$F_0 - F_T' = 0 \Rightarrow F_0' = F_T' \Rightarrow F_0 = F_T$$~~

$$F_0' - F_T' = 0 \Rightarrow F_0' = F_T' \Rightarrow F_0 = F_T$$

Заметим, что $T = F_0$

Тогда подставим это в первое уравнение

$$\vec{T} + \vec{F}_T + \vec{F}_{Tp} = F_0 + F_0 - \mu N = 2F_0 - 3\mu mg = 0 \Rightarrow$$

$$F_0 = \frac{3}{2} \mu mg.$$

3) Запишем II-й закон Ньютона для человека. Пусть a' ускорение, с которым движется система. Тогда

$$F' - F_T' = ma \Rightarrow F_T' = F' - ma \Rightarrow F_T = F - ma.$$

Запишем II-й закон Ньютона для груза.

$$T + F_T - F_{Tp} = 2ma$$

$$F + F - ma - 3\mu mg = 2ma$$

$$\Downarrow$$
$$a = \frac{2F - 3\mu mg}{3m}$$

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

$$\Downarrow$$
$$t = \sqrt{\frac{2S}{a}}$$

$$t = \sqrt{\frac{6S \cdot m}{2F - 3\mu mg}}$$

Ответ: 1) $3mg$; 2) $\frac{3}{2}\mu mg$; 3) $\sqrt{\frac{6S \cdot m}{2F - 3\mu mg}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №5

$$T = 27^\circ\text{C} = 300\text{K}$$

Т.к. температура не изменяется, то и давление и плотность насыщенного пара не изменяется.

Также заметили, что пар остаётся насыщенным в этом изотермическом процессе. Тогда

$$P_n = P_{n1}$$

$P_n = P_{n1}$. Запишем следующее равенство

$$P_n V_n = \frac{m}{\mu} RT$$

$$P_n = \frac{P_n}{\mu} RT \Rightarrow P_n = \frac{P_n \mu}{RT}$$

$$P_n = \frac{3,55 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}}{8,31 \frac{\text{Па} \cdot \text{м}^3}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 300 \text{ К}} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \cdot 18}{8,31 \cdot 300} \frac{\text{г}}{\text{м}^3} =$$

$$= \frac{63900}{8,31 \cdot 300} \frac{\text{г}}{\text{м}^3} = \frac{213}{8,31} \frac{\text{г}}{\text{м}^3} \approx 25 \frac{\text{г}}{\text{м}^3} = 25 \cdot 10^{-6} \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

$$1) \text{ Упомяну, } \frac{P_n}{P_0} = \frac{25 \cdot 10^{-6} \frac{\text{г}}{\text{см}^3}}{1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}} = 2,5 \cdot 10^{-5}$$

2) Пусть V_0 - ~~момент~~ объём в момент, когда объём пара уменьшился в 5,6 раз, ~~тогда~~ а m_0 - масса воды в ~~началь-~~ный момент. Тогда

$$\frac{m_0}{V_n} = \frac{m_k}{V_0} = P_n \Rightarrow \frac{m_0}{5,6 V_0} = \frac{m_k}{V_0} \Rightarrow \text{масса воды в паре остаётся после сжатия}$$

равна $\frac{m_0}{5,6}$

Тогда масса конденсировавшейся воды равна $m_0 - \frac{m_0}{5,6}$
↓

объем воды равен

$$V_8 = \frac{m_0 - \frac{m_0}{5,6}}{\rho_8}$$

Выразим m_0 через V_0

$$\rho_n = \frac{m_0}{5,6 V_0} \Rightarrow m_0 = \rho_n \cdot 5,6 V_0$$

~~$$m_0 = 25 \cdot 10^{-6} \cdot 5,6 V_0$$~~

$$V_8 = \frac{\rho_n \cdot 5,6 V_0 - \rho_n V_0}{\rho_8}$$

$$V_8 = \frac{25 \cdot 10^{-6} \cdot 5,6 V_0 - 25 \cdot 10^{-6} V_0}{1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}} = 25 \cdot 10^{-6} (4,6 V_0) \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

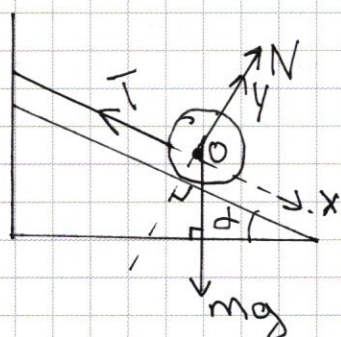
$$\begin{aligned} \text{Тогда } \frac{V_0}{V_8} &= \frac{V_0}{25 \cdot 10^{-6} \cdot 4,6 V_0} = \frac{10^6}{25 \cdot 4,6} = \frac{4 \cdot 10^4}{4,6} = \frac{10^4}{1,15} = \frac{10^6}{115} = \\ &= \frac{2 \cdot 10^5}{23} \approx 8 \cdot 10^3 \end{aligned}$$

Ответ: 1) $2,5 \cdot 10^{-5}$; 2) $8 \cdot 10^3$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №3.

1)



Вам в катальном состоянии шар поворачивается.

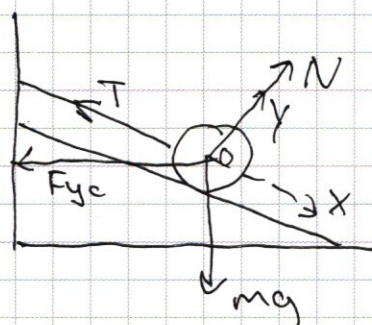
Значит.

$$\begin{aligned} OY: mg \cos \alpha - N &= 0 \\ OX: mg \sin \alpha - T &= 0 \end{aligned} \Rightarrow \begin{aligned} N &= mg \cos \alpha \\ T &= mg \sin \alpha. \end{aligned}$$

Я считаю ~~что~~, что сила давления это сила оказываемая телом на поверхность и направленная по перпендикуляру к ней. Тогда

$$F_{gs} = mg \cdot \cos \alpha$$

2)



~~ОХ:~~

В результате вращения появляется угловое ускорение a_{yc} .

$$a_{yc} = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$$

$$a_{yc} = \omega^2 (L + R) \cdot \cos \alpha$$

$$F_{yc} = m a_{yc} \Rightarrow F_{yc} = m \omega^2 (L + R) \cos \alpha$$

$$OX: mg \sin \alpha - T = ~~mg \sin \alpha~~$$

$$mg \sin \alpha - T - \frac{F_{yc}}{\cos \alpha} = 0$$

$$mg \sin \alpha - T - m \omega^2 (L+R) = 0$$

$$T = m(g \sin \alpha - \omega^2 (L+R))$$

$$\text{OY: } mg \cos \alpha + F_{yc} \cdot \cos \alpha - N = 0$$

$$mg \cos \alpha + m \omega^2 (L+R) \cdot \frac{\sin^2 \alpha}{2} = N$$

$$F_{g2} = mg \cos \alpha + F_{yc} \sin \alpha = mg \cos \alpha + m \omega^2 (L+R) \sin \alpha \cdot \cos \alpha =$$

$$= m \cos \alpha (g + \omega^2 (L+R) \sin \alpha)$$

Ответ: 1) $mg \cos \alpha$; 2) $m \cdot \cos \alpha (g + \omega^2 (L+R) \sin \alpha)$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$P V_0 = \frac{m_0}{\mu} R T$
 $P \cdot 5,6 V_0 = \frac{m_0}{\mu} R T$

$P V_0 = \frac{m_0 \cdot 5,6}{\mu} R T$

$\rho_n = 2,5 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = \frac{m_0}{5,6 V_0}$

$m_0 = 5,6 \cdot 2,5 V_0$

$\frac{(m_0 - \frac{m_0}{5,6})}{\rho_n \cdot 10^6} = V_0$

$\frac{4,6 m_0}{5,6 \mu} = \frac{46 m_0}{56 \mu} = \frac{46 \cdot 5,6 \cdot 2,5 V_0}{56} = \frac{46 \cdot 2,5 V_0}{10} = 4,6 \cdot 2,5 V_0 = 11,5 V_0 \cdot 10^{-6}$

$\frac{10^6}{11,5} = \frac{10^7}{115} = \frac{2 \cdot 10^6}{23} = 8 \cdot 10^4$

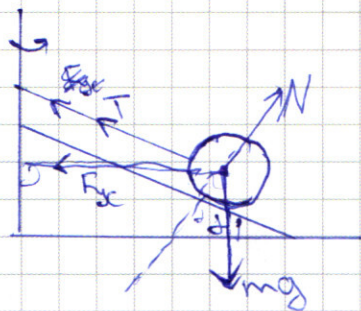
$\frac{2}{23} = 0,08$

$N = mg \cos \alpha$
 $T = mg \sin \alpha$

$mg - mg \sin^2 \alpha = mg \cos^2 \alpha$

$mg - N \cos \alpha - T \sin \alpha = 0$

$P_{\text{вн}} = P_{\text{в}} + P_{\text{н}}$



$$F_{yc} = m a_{yc} = m \omega^2 (L+R) \cos \alpha$$

$$mg \sin \alpha - T - m \omega^2 (L+R) = 0$$

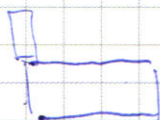
$$T = m (g \sin \alpha - \omega^2 (L+R))$$

~~$$mg \cos \alpha$$~~

$$mg - mg \sin^2 \alpha + m \omega^2 (L+R) \sin \alpha - m \omega^2 (L+R)$$

$$\frac{\hbar \cdot kr}{kr \cdot \frac{m}{c^2}} = c^2$$

$$F_{yc} \cdot \sin \alpha + mg \cos \alpha$$



$$F - F_n = ma$$

$$F_n = F - ma$$

$$F + F - ma - 3\mu mg = 2ma$$

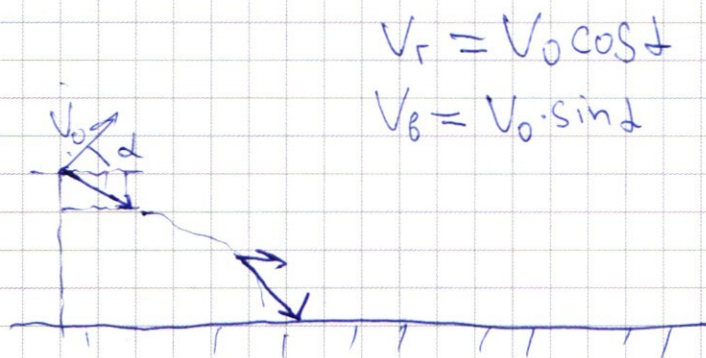
$$2F - 3\mu mg = 3ma$$

$$a = \frac{2F - 3\mu mg}{3m}$$

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

$$t = \sqrt{\frac{2S \cdot 3m}{2F - 3\mu mg}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$V_x = V_0 \cos \alpha$$

$$V_y = V_0 \sin \alpha$$

$$V_0 = \sqrt{V_0^2 \cos^2 \alpha + V_0^2 \sin^2 \alpha}$$

$$V_0^2 \cos^2 \alpha + x^2 = (2V_0)^2$$

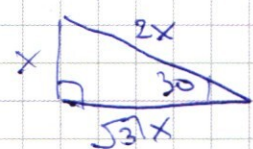
$$x = V_0 (2 - \cos^2 \alpha)$$

$$4V_0^2 - V_0^2 \cos^2 \alpha = x^2$$

$$V_0^2 (4 - \cos^2 \alpha) = x^2$$

$$x = V_0 \sqrt{4 - \cos^2 \alpha}$$

$$x = \frac{\sqrt{3}}{2} V_0 \quad \text{Вертикальная}$$



$$4x^2 - x^2$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$4 - \frac{3}{4}$$

$$\frac{16}{4} - \frac{3}{4}$$

$$\frac{13}{4}$$

$$2) \quad \frac{\sqrt{3}}{2} V_0 = V_0 \sin \alpha + gt = \frac{1}{2} V_0 + gt$$

$$\frac{\sqrt{3}-1}{2} V_0 = gt \Rightarrow t = \frac{\sqrt{3}-1}{2g} V_0$$

$$t = \sqrt{3,25} - 0,5 \text{ c}$$

$$3) \quad h = V_0 \sin \alpha \cdot t + \frac{gt^2}{2} = \frac{1}{2} V_0 \cdot \frac{\sqrt{3}-1}{2} + 5 \cdot \frac{(\sqrt{3}-1)^2}{4} =$$

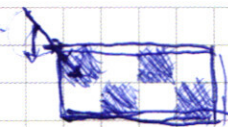
$$= 5 \left(5 \cdot x(2 \cdot 3) = 5 \cdot \frac{(\sqrt{3}-1)(\sqrt{3}+1)}{4} = \frac{5}{4} (3-1) = \frac{10}{4} = 2,5 \right) = 15 \text{ m}$$

$$\frac{\sqrt{3}-1}{2} \cdot 3 = \frac{\sqrt{3}+1}{2}$$

$$pV = \nu RT$$

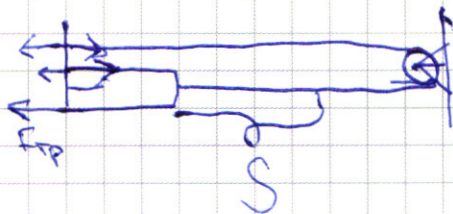
$$2mg + mg \cdot \cos \theta$$

$$\mu / 2m$$



$$P = \frac{F}{S}$$

$$\frac{2S}{a} = \frac{2S \cdot m}{F - \frac{3}{2}mg\mu}$$



- 1) $3mg$
- 2) $\frac{3}{2}mg\mu$

$$2F_0 - 3mg\mu = 2m \cdot a$$

$$\sum F = ma$$

$$F - F_H = ma$$

$$F_H = F - ma$$

$$F_{rp} = \mu N = \mu \cdot 3mg = 3mg\mu$$

$$a = \frac{1}{2} \frac{F_0}{m} - \frac{3}{2}g\mu$$

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

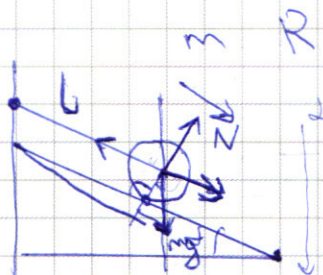
$$2F - 3mg\mu = 3ma$$

$$a = \frac{2F - 3mg\mu}{3m}$$

$$F_{rp} = 2F_0$$

$$t^2 = \frac{2S \cdot 3m}{2F - 3mg\mu}$$

$$t = \frac{2S}{a} =$$



$$mg \cos \theta$$

$$mg \sin \theta$$

$$mg \sin^2 \theta$$

$$mg \cos \theta - mg \sin^2 \theta = mg \cos^2 \theta$$

$$mg \cos^3 \theta$$

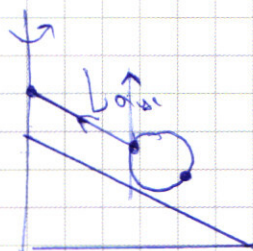


$$NL = mg$$

$$N(L+R) = mg(L+R) \cdot \cos \theta$$

$$N = mg \cos \theta$$

$$F = am$$



$$a_{gc} = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$$

$$m\omega^2 R$$

$$\frac{m}{\omega^2 R}$$

$$m\omega^2 R = F_{gc}$$

$$\begin{array}{r} 831 \\ \times 250 \\ \hline 4155 \\ 1662 \\ \hline 207750 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 213,1831 \\ 10,62 \\ \hline 4,686 \end{array}$$

$$pV = \nu RT$$

$$2T + 2T_3 = 300 \text{ K}$$



$$T = \text{const}$$

$$P_{\text{map}} = \text{const} = P_{\text{atm}}$$

$$S_{\text{map}} = \text{const} = S_{\text{atm}}$$

$$\frac{S_{\text{map}}}{S_0}$$

$$P_{CB} = \frac{\nu RT}{V}$$

$$\begin{array}{r} 355 \\ \times 18 \\ \hline 2840 \\ 355 \\ \hline 6390 \end{array}$$

$$pV = \frac{m_0}{M_0} RT$$

$$\frac{6390}{300} = \frac{2130}{100} \text{ C}$$

$$S_{\text{map}} = \frac{P_{\text{atm}}}{RT} = \frac{3,55 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot 18 \text{ C/mol}}{8,31 \cdot 300 \text{ K}}$$

$$P = \frac{S_{\text{map}} RT}{M_0}$$

$$2,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$