



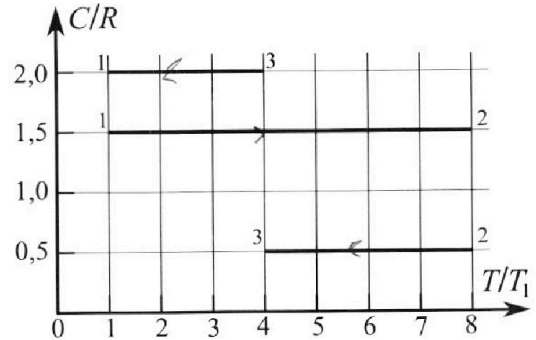
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-02



*Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.*

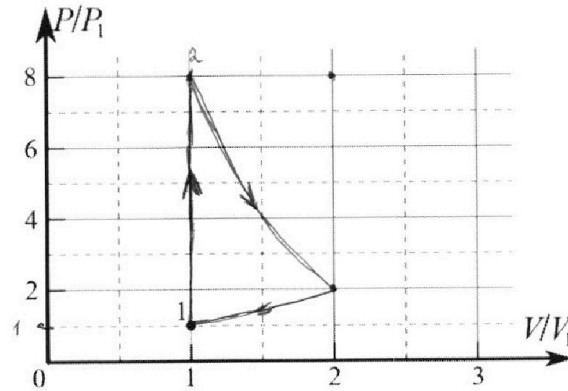
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1 равна  $T_1 = 200$  К, универсальная газовая постоянная  $R = 8,31$  Дж/(моль·К).



1) Найдите работу  $A_{31}$  внешних сил над газом в процессе 3-1.

2) Найдите КПД  $\eta$  цикла.

3) Постройте график цикла в координатах  $(P/P_1, V/V_1)$ , где  $P_1$  и  $V_1$  давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1 газа в цикле.



5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной  $a$  (см. рис.). Сила натяжения каждой нити  $T$ .

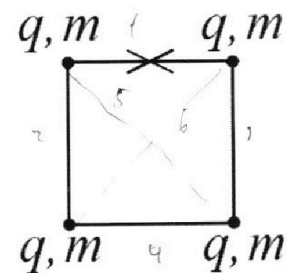
1) Найдите абсолютную величину  $|q|$  заряда каждого шарика.

Одну нить пережигают.

2) Найдите кинетическую энергию  $K$  любого, выбранного Вами шарика, в тот момент, когда шарики будут находиться на одной прямой.

3) На каком расстоянии  $d$  от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных сверху (на рисунке)?

Электрическая постоянная  $\epsilon_0$ . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.





Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 10-02

Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



1. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Вектор начальной скорости мяча образует угол  $\alpha = 45^\circ$  с горизонтальной плоскостью. Горизонтальное перемещение мяча за время полета  $L = 20$  м.

1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

Если футболист направляет мяч под различными углами к горизонту, из той же точки с начальной скоростью  $V_0$  к высокой вертикальной стенке, то наибольшая высота, на которой происходит соударение мяча со стенкой, равна  $H = 3,6$  м.

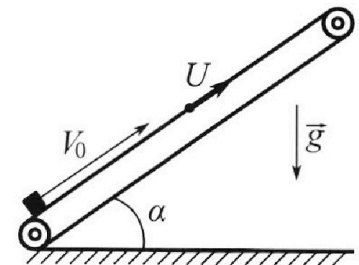
2) На каком расстоянии  $S$  от точки старта находится стенка?

Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол  $\alpha$  такой, что  $\sin \alpha = 0,6$  (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость  $V_0 = 6$  м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте  $\mu = 0,5$ .

Движение коробки прямолинейное.



1) Ка кой путь  $S$  пройдет коробка в первом опыте к моменту времени  $T = 1$  с?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью  $U = 1$  м/с, и сообщают коробке скорость  $V_0 = 6$  м/с (см. рис.).

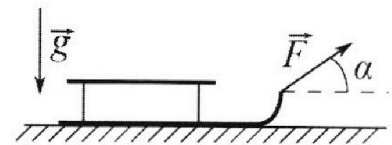
2) Через какое время  $T_1$  после старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 1$  м/с?

3) На каком расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же кинетической энергии  $K$  на одинаковых участках пути.

В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом  $\alpha$  к горизонту (см. рис.).

Во втором случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. После достижения кинетической энергии  $K$  действие внешней силы прекращается.



1) Найдите коэффициент  $\mu$  трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.

2) Найдите перемещение  $S$  санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения  $g$ . Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

N 1

Дано:

$\alpha = 45^\circ$

$L = 20 \text{ м}$

1)  $v_0 = ?$

$H = 3,6 \text{ м}$

2)  $S = ?$

$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

$$1) y = v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} = 0 \Rightarrow t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$L = v_0 \cos \alpha t$$

$$L = \frac{2v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{Lg}{2 \sin \alpha \cos \alpha}} = \sqrt{\frac{20 \cdot 10 \cdot 4}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{2}}} = \sqrt{\frac{200 \cdot 4}{2 \cdot 2}}$$

$$v_0 = \sqrt{200} \frac{\text{м}}{\text{с}} \text{ (камень не был выстрелен)}$$

$$2) H = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

$$S = v_0 \cos \alpha t \Rightarrow t = \frac{S}{v_0 \cos \alpha} \quad \left. \begin{array}{l} H = S \tan \alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} \end{array} \right\}$$

Для достижения максимальной высоты:  $\frac{dH}{dS} = 0$

$$0 = \left( S \tan \alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} \right)' = \frac{g}{\cos^2 \alpha} - \frac{2gS \tan \alpha \cos \alpha}{2v_0^2 \cos^4 \alpha} = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\cos^2 \alpha} - \frac{gS \sin \alpha}{v_0^2 \cos^3 \alpha} = 0 \Rightarrow \tan \alpha = \frac{v_0^2}{gS}$$

$$H = \frac{v_0^2}{g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} \left( \frac{S^2 g^2 + v_0^4}{S^2 g^2} \right) \Rightarrow \frac{v_0^2}{g} - \frac{S^2 g}{2v_0^2} - \frac{v_0^2}{2g} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{S^2 g}{2v_0^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{S^2 g}{2v_0^2} = \frac{v_0^2}{2g} - H \Rightarrow S = \sqrt{\frac{2v_0^2}{g} \left( \frac{v_0^2}{2g} - H \right)} = \sqrt{\frac{2 \cdot 200}{10} \left( \frac{200}{2 \cdot 10} - 3,6 \right)}$$

$$S = \sqrt{40 (6,4)} = \sqrt{4 \cdot 64} = 2 \cdot 8 = 16 \text{ м}$$

$$S = 16 \text{ м}$$

~~$\Gamma \cos \alpha \sin \alpha + \Gamma \cos \alpha \sin \alpha + \Gamma \cos \alpha \sin \alpha \rightarrow \Gamma \cos \alpha = 0$~~

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

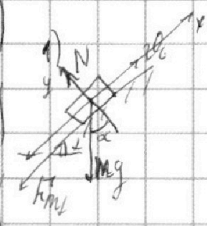
МФТИ

1  2  3  4  5  6  7

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



№2  
 Дано:  
 $\sin \alpha = 0,6$   
 $v_0 = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$   
 $\mu = 0,5$   
 1)  $S = ?$   
 $T = 1 \text{ с}$   
 2)  $v = ?$   
 $v_0 = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$   
 $T_1 = ?$   
 3)  $L = ?$   
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$



$$\begin{aligned} \text{оx: } ma &= -mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} \\ \text{оy: } N &= mg \cos \alpha \\ F_{\text{тр}} &= \mu N \\ a &= -g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= v_0 t + \frac{at^2}{2} = v_0 T - \frac{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) T^2}{2} \\ t &= T \\ S &= 6 - \frac{10(0,6 + 0,5 \cdot 0,8) \cdot 1}{2} = 6 - 5 \cdot 1 = 1 \text{ м} \end{aligned}$$

2) В системе отсчета относительно земли, скорость коробки через время  $T_1$  после старта  $v_{\text{отн.з}} = 0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ , а в системе  $v_{\text{отн.к}} = v$

Ускорение / замедление коробки относительно земли:  
 $ma_{\text{отн.з}} = -mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} = -mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$

Из этого скорость коробки через время  $T_1$  относительно земли:

$$v_{\text{отн.з}} = v_{\text{отн.к}} + a_{\text{отн.з}} T_1 = 0$$

$$v_{\text{отн.к}} = v_0 \quad T_1 = -\frac{v_{\text{отн.к}}}{a_{\text{отн.з}}} = \frac{v_0}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = \frac{6}{10(0,6 + 0,5 \cdot 0,8)}$$

$v_{\text{отн.к}}$  - начальная относительная скорость коробки относительно земли

$$T_1 = 0,6 \text{ с}$$

2) Пройденное расстояние  $L_0$  коробки относительно земли равно  $v_{\text{отн.к}2} = -v$

3) Если коробка пройдя расстояние  $L_0$  относительно земли, приобретет скорость  $v_{\text{отн.з}} = -v$ , а в лоб. систем  $v_{\text{отн.к}} = 0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$   $\vec{v}_{\text{отн.к}} = \vec{v} + \vec{v}_{\text{отн.з}}$   $v_{\text{отн.к}} = v_0$

$$L_0 = v_{\text{отн.к}} t + \frac{at^2}{2} = v_{\text{отн.к}} t - \frac{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) t^2}{2}$$

Продолжение в 7 стр

$$v_{\text{отн.з}} = v_{\text{отн.к}} + at \Rightarrow$$

$$L_0 = v_0 t - \frac{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) t^2}{2}$$

$$\Rightarrow t = \frac{-v - v_0}{a} = \frac{v + v_0}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} \quad \Delta L = vt = \frac{(v + v_0)v}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3/  4  5  6  7

**МФТИ**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$\sqrt{3}$   
 Дано: 1- случай  
 2)  $K, 2$   
 1)  $M=2$   
 2)  $S=?$   
 2- случай  
 $k = \frac{M\omega^2}{2}$

1)  $N_1 - Mg + F \sin \alpha = 0$   
 $F \cos \alpha - F_{fr1} = M a_1$   
 $F_{fr1} = \mu N_1$   
 $a_1 = \frac{dx_1}{dt}$

2)  $N_2 - Mg = 0$   
 $F - F_{fr2} = M a_2$   
 $F_{fr2} = \mu N_2$   
 $a_2 = \frac{dx_2}{dt}$

$\frac{d\varphi_1}{dt} = \frac{d\varphi_1}{dx_1} \cdot \frac{dx_1}{dt} = \frac{v_1}{L} \frac{dx_1}{dt}$   
 $\frac{d\varphi_2}{dt} = \frac{d\varphi_2}{dx_2} \cdot \frac{dx_2}{dt} = \frac{v_2}{L} \frac{dx_2}{dt}$

$$M \cdot \frac{v_1}{L} \frac{dx_1}{dt} = F \cos \alpha - \mu (Mg - F \sin \alpha) \quad M \int_0^{\omega} v_1 dx_1 = (F \cos \alpha + \mu F \sin \alpha - \mu Mg) \int_0^L dx_1$$

$$M \frac{v_2}{L} \frac{dx_2}{dt} = F - \mu (Mg) \quad M \int_0^{\omega} v_2 dx_2 = (F - \mu Mg) \int_0^L dx_2$$

$$\frac{M\omega^2}{2} = (F \cos \alpha + \mu F \sin \alpha - \mu Mg) L = (F - \mu Mg) L \Rightarrow F \cos \alpha + \mu F \sin \alpha - \mu Mg = F - \mu Mg \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \mu = \frac{F - F \cos \alpha}{F \sin \alpha} \Rightarrow \boxed{\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}}$$

2)  $F=0$   $k = \frac{M\omega^2}{2} = \mu N_3 S$   $k = \mu Mg S \Rightarrow$

$$N_3 - Mg = 0 \Rightarrow N_3 = Mg \Rightarrow S = \frac{k}{\mu Mg} = \frac{k \sin \alpha}{Mg(1 - \cos \alpha)}$$

$M$  - масса санки, она известна

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:



1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

№4 Дано

$T_1 = 200\text{K}$   
 $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{K}}$

1)  $T_3 = 4T_1$        $C_{11} = 2R$        $C_V = \frac{3}{2}R$  (идеальный газ)

2)  $A_{31} = ?$   
 3)  $Q_{31} = \sqrt{C_{31}} (T_1 - T_3) = \Delta U + A_{31} = \sqrt{C_V} (T_1 - T_3) + A_{31} \Rightarrow$   
 $\Rightarrow A_{31} = \sqrt{(C_{31} - \frac{3}{2}R)} (T_1 - T_3) = \sqrt{(2 - \frac{3}{2})R} (T_1 - 4T_1)$

3)  $A_{31} = -1 \cdot (\frac{1}{2}) \cdot 8,31 \cdot (3 \cdot 200) = -300 \cdot 8,31 = -2493 \text{ Дж}$

$A_{31} = -2493 \text{ Дж}$

2)  $\eta = \frac{A}{Q_+} = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{Q_+}$

1-2)  $Q_{12} = \sqrt{C_{12}} (T_2 - T_1) = \frac{3}{2}R (7T_1) = \frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 7 \cdot 200 = 300 \cdot 7 \cdot 8,31$   
 $C_{12} = 1,5R$   
 $T_2 = 8T_1$   
 $Q_{12} = 17451 \text{ Дж}$

$A_{12} = \sqrt{(C_{12} - \frac{3}{2}R)} (T_2 - T_1) = \sqrt{0} (T_2 - T_1) = 0 \text{ Дж}$

2-3)  $Q_{23} = \sqrt{C_{23}} (T_3 - T_2) = \frac{1}{2}R (4T_1 - 8T_1) = -2RT_1 = -2 \cdot 8,31 \cdot 200 = -3324 \text{ Дж}$   
 $T_3 = 4T_1$   
 $A_{23} = \sqrt{(C_{23} - \frac{3}{2}R)} (T_3 - T_2) = \sqrt{(\frac{1}{2}R - \frac{3}{2}R)} (4T_1 - 8T_1) = 1 \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 4 \cdot 200$   
 $A_{23} = 6648 \text{ Дж}$

3-1)  $A_{31} = -2493 \text{ Дж}$        $Q_{31} = \sqrt{C_{31}} (T_1 - T_3) = R \cdot \frac{1}{2} (T_1 - 4T_1) = -\frac{3}{2}T_1 R$   
 $Q_{31} = -\frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 200 = -2493 \text{ Дж}$        $Q_+ = Q_{12}$

$\eta = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{Q_{12}} = \frac{0 + 6648 - 2493}{17451} = \frac{4155}{17451} \approx 0,24 = 24\%$

$\eta = 24\%$

IMO Успех

Продолжение в 6 стр.

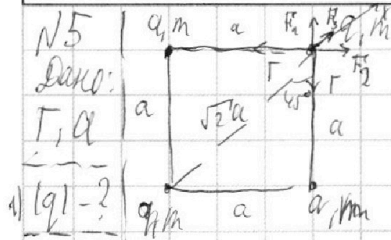
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$|F_1| = |F_2| = \frac{kq^2}{a^2}$

1)  $F_3 = \frac{kq^2}{2a^2}$

ОХ:  $F_3 + (F_1 + F_2) \cos 45^\circ = 2T \cos 45^\circ$

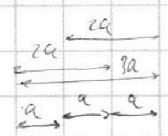
$T = F_1 + F_2 \cos 45^\circ = \frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{2a^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow$

$\Rightarrow q^2 \left( \frac{k}{a^2} + \frac{k}{2a^2} \right) = T \Rightarrow$

$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$

$\Rightarrow \frac{kq^2}{a^2} \left( 1 + \frac{\sqrt{2}}{4} \right) = \frac{kq^2}{a^2} \left( \frac{4 + \sqrt{2}}{4} \right) = T \Rightarrow$

$\Rightarrow q = \sqrt{\frac{4T a^2}{k(4 + \sqrt{2})}} = \sqrt{\frac{4T a^2 \cdot 16 \cdot k \epsilon_0}{4 + \sqrt{2}}} = 4 \sqrt{\frac{T a^2 \pi \epsilon_0}{4 + \sqrt{2}}}$



2)  $k_1 = k_2 = k_3 = k_4 = \frac{m g^2}{2} = k$

$4 \cdot \frac{m g^2}{2} + \left( 3k \frac{q^2}{a} + 2k \frac{q^2}{2a} + \frac{kq^2}{3a} \right) = 4k \frac{q^2}{a} + 2k \frac{q^2}{\sqrt{3}a} \Rightarrow$

$\Rightarrow 4k = \frac{kq^2}{a} \left( 1 + \frac{2}{\sqrt{3}} - 1 - \frac{1}{3} \right) = \frac{kq^2}{a} \left( \frac{2}{\sqrt{3}} - \frac{1}{3} \right) = \frac{kq^2}{a} \left( \frac{2\sqrt{3} - 1}{3} \right) = \frac{kq^2}{6a} (6\sqrt{3} - 2)$

$K = \frac{kq^2}{24a} (6\sqrt{3} - 2) = \frac{q^2}{96\pi a} (6\sqrt{3} - 2)$

$K = \frac{a^2}{96\pi a} (6\sqrt{3} - 2)$

3)  $d^2 = a^2 + a^2 \Rightarrow d = \sqrt{\frac{a^2}{4} + \frac{9a^2}{4}} = a \sqrt{\frac{10}{4}} = \frac{a}{2} \sqrt{10}$

$d^2 = 2a^2$

$d = \frac{a}{2} \sqrt{10}$

$d = \sqrt{2} a$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**МФТИ**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

3)  $\frac{p_1 k_1}{T_1} = \frac{p_2 k_2}{T_2}$   $C = \frac{dq}{dt} = C_p dT + p dk \Rightarrow C_p e^{\frac{p}{R}} \frac{dk}{dt} \Rightarrow p \frac{dk}{dt} = C - C_p \Rightarrow$

~~$\frac{p_1 k_1}{V_1} = \frac{p_2 k_2}{V_2} = \frac{p_3 k_3}{V_3}$~~   ~~$\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2} = \frac{p_3}{V_3}$~~   ~~$\ln\left(\frac{k_2}{k_1}\right) = \ln\left(\frac{V_1}{V_2}\right) \frac{C_p - C}{C_p}$~~

$C = \text{const}$  (вспомогат. 1-2-3-4)

1-2)  ~~$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} e^{\frac{C_p - C}{R}}$~~   ~~$\frac{T_2}{T_1} = \frac{V_2}{V_1} e^{\frac{C - C_p}{R}}$~~   ~~$\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_1}{T_1} (p = \text{const})$~~

$A_{12} = 0$ , следовательно  $V = \text{const}$

$\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} = 8$

$p_2 = 4p_3$

$p_1 V_1^2 = p_2 V_2^2 \Rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 \Rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \frac{1}{4}$

2-3)  $\frac{pV}{T} = \text{const} \Rightarrow d\left(\frac{pV}{T}\right) = 0 \rightarrow \frac{dp}{p} + \frac{dV}{V} - \frac{dT}{T}$

$pV^n = \text{const}$  ( $n = \frac{C_p - C}{C_p - C_v}$ )  $n_{23} = \frac{\frac{1}{2}R - \frac{5}{2}R}{\frac{1}{2}R - \frac{3}{2}R} = \frac{-4R}{-2R} = 2$

$pV^2 = \text{const}$   $TV^{\text{mol}} = TV = \text{const}$   $T_3 V_3 = T_2 V_2 =$

$\frac{T_3}{T_2} = \frac{V_2}{V_3} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{V_3}{V_2} = 2$

3-1)  $n = \frac{2R - \frac{5}{2}R}{2R - \frac{3}{2}R} = \frac{-\frac{1}{2}R}{\frac{1}{2}R} = -1$   $\frac{p}{T} = \text{const}$

График задачи гермовик



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$L_0 = v_0 \cdot \frac{v + v_0}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} - \frac{(v + v_0)^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

$$L_0 = \frac{2(v + v_0)v_0 - (v + v_0)^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} \quad L = L_0 + \Delta L$$

$$L = \frac{2vv_0 + 2v_0^2 + 2v^2 + 2vv_0 - v^2 - 2v_0v - v_0^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = \frac{v_0^2 + 4vv_0 + v^2 - 2v_0v}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

$$L = \frac{(v_0 + v)^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = \frac{(6 + 1)^2}{2 \cdot 10(0,6 + 0,8 \cdot 0,5)} = \frac{49}{20} = 2,45$$

$$L = 0,7 \text{ м}$$



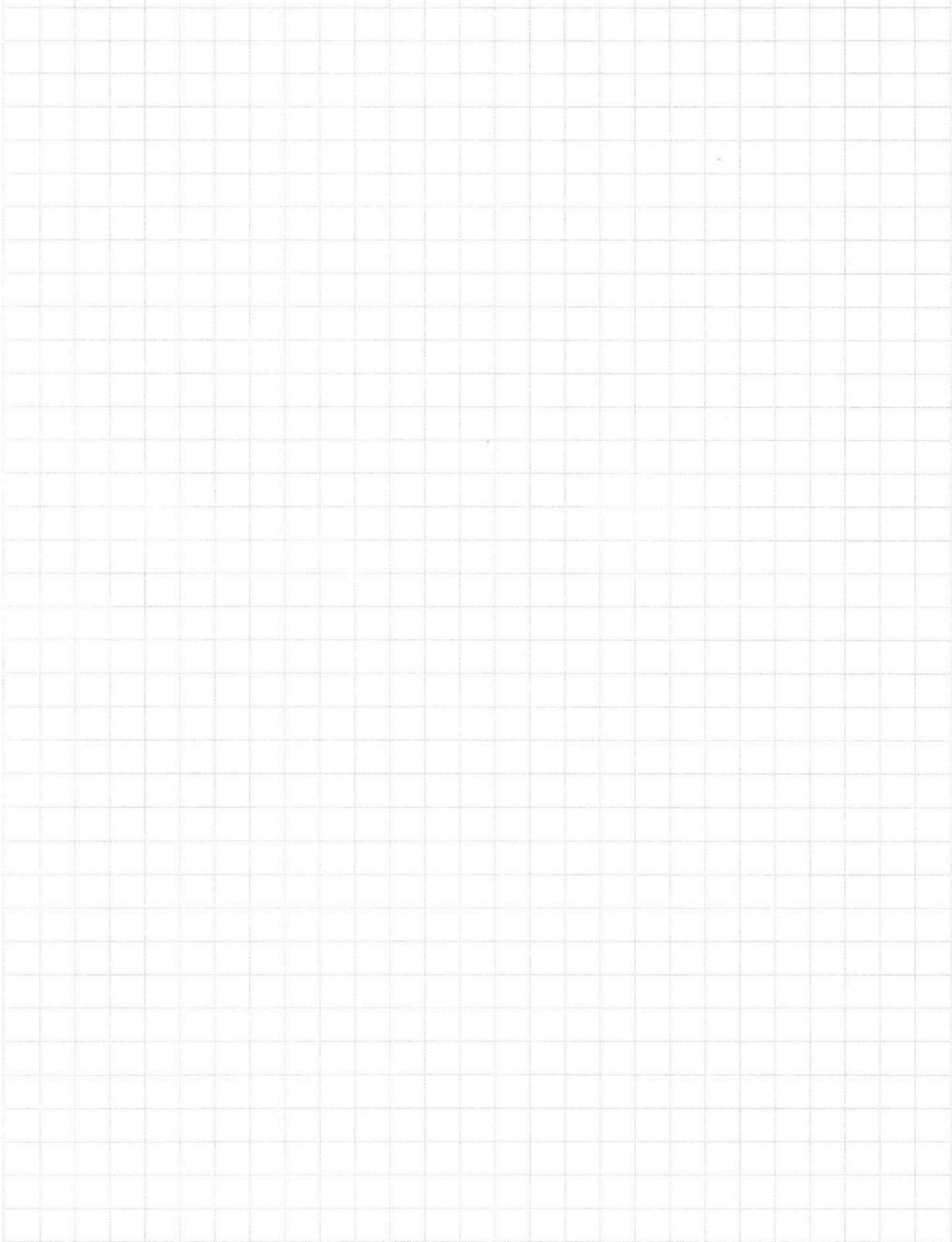
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



N4  
 $1 \rightarrow 2 \quad C_{12} = \text{const} = 1,5R$   
 $2 \rightarrow 3 \quad C_{23} = \text{const} = 0,5R$   
 $3 \rightarrow 1 \quad C_{31} = \text{const} = 2,0R$

$dQ_{12} = C_{12}dT$   
 $pV^0 = \text{const}$   
 $pV = \text{const}$

$n = \frac{C - C_b}{C - C_a} = 0$   
 $C - C_p = C - C_v \rightarrow C - C_p = 0$

$C_V = \frac{3}{2}R$   
 $T_3 = 4 \cdot T_1 = 800K$

$\int C_{12}(\Delta T)_{12} = \int C_V(\Delta T)_{12} + A_{12}$   
 $\int C_{31}(\Delta T)_{31} = \int C_V(\Delta T)_{31} + A_{31} \Rightarrow A_{31} = \int (C_{31} - \frac{3}{2}R) \Delta T_{31}$

$n = \frac{C_{31} - C_p}{C_V - C_p} = \frac{R}{0}$

$A_{31} = 1 \cdot (2 - \frac{3}{2})R (T_1 - T_3) = 1 \cdot (\frac{1}{2})R (T_1 - T_3) = -(\frac{1}{2})R \cdot 3(T_1) =$   
 $A = \frac{3}{2}RT_1 = -\frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 200 = -300 \cdot 8,31 = -2493 \text{ Дж}$

2)  $A_{12} = \int (C_{12} - \frac{3}{2}R) \Delta T_{12} = \int (\frac{3}{2}R - \frac{3}{2}R) \Delta T_{12} = 0$

$\frac{pV}{T} = \text{const} \Rightarrow$   
 $V \cdot V \Rightarrow TV^{-2} = \text{const}$

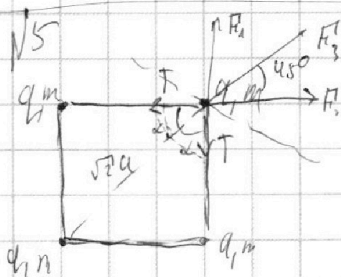
3)  $A_{23} = \int (C_{23} - \frac{3}{2}R) \Delta T_{23} = \int (\frac{1}{2}R - \frac{3}{2}R) (T_3 - T_2) = 1 \cdot (-\frac{2}{2})R (4T_1 - 8T_1)$

$A_{23} = (-1) \cdot 8,31 \cdot (-4 \cdot 200) = 800 \cdot 8,31 = 8 \cdot 831 = 6648 \text{ Дж}$

$F_1^2 = F_2^2 + F_3^2 \text{ const}$

$\eta = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{Q_1} = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{a_1}$

$\Gamma = F_1 + F_3 \cos 45$   
 $\frac{T_3}{V_3^2} = \frac{T_2}{V_2^2}$



$|\vec{F}_1| = |\vec{F}_2| = \frac{k|q|^2}{a^2}$   
 $F_3 = \frac{k|q|^2}{2a^2}$

$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$

$\cos \alpha = \frac{\sqrt{2}}{2}$   
 $\cos 45 = \frac{\sqrt{2}}{2}$

$a^2 + a^2 = 2a^2$   
 $c^2 = 2a^2$   
 $c = \sqrt{2}a$

$2T \cos \alpha = (F_1 + F_2) \cos \alpha + F_3 = \left(\frac{kq^2}{a^2}\right) \cos \alpha + \frac{kq^2}{2a^2} \Rightarrow \frac{1}{2a^2} = \frac{1}{\sqrt{2}a^2} = \frac{2}{\sqrt{2}}$

$8 \cdot 1 = 4 \cdot 2$

$\Rightarrow q^2 \left( \frac{2k}{a^2} \cos \alpha + \frac{k}{2a^2} \right) = 2T \cos \alpha \Rightarrow q = \sqrt{\frac{2T \cos \alpha}{k}}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1     2     3     4     5     6     7

**МФТИ**

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

2)  $4 \cdot \frac{kq^2}{a} + \frac{2kq^2}{\sqrt{2}a}$        $v_0 + L = v_0 \cos \alpha t = \frac{2v_0 \cos \alpha \sin \alpha}{g}$        $8H = 2 \cdot 2^2$

$H = v_0 \cos \alpha t - \frac{gt^2}{2}$        $H = \frac{v_0 \sin \alpha \cdot S}{v_0 \cos \alpha} - \frac{gS^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$        $0 = v_0 \sin \alpha - \frac{gS}{v_0 \cos \alpha} \Rightarrow t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$

$S \cos \alpha = v_0 \cos \alpha t \Rightarrow t = \frac{S}{v_0 \cos \alpha}$        $H = S \tan \alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$        $\frac{P_2}{P_3} = \left(\frac{v_2}{v_3}\right)^2 = 4$

$\frac{dH}{dS} = 0$        $0 = S \cdot \left(\frac{1}{\cos^2 \alpha}\right) - \frac{gS^2}{2v_0^2} \left(\frac{2 \sin \alpha}{\cos^3 \alpha}\right) \Rightarrow$        $\frac{P_2}{P_1} = \frac{1}{4}$

$\left(\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}\right)' = \frac{\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}{\cos^3 \alpha} = \frac{1}{\cos^3 \alpha}$        $\Rightarrow 1 = \frac{gS}{v_0^2} \left(\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}\right) \Rightarrow v_0^2 = gS \tan \alpha$

$\left(\frac{u}{v}\right)' = \frac{u'v - uv'}{v^2}$        $\left(\frac{1}{\cos^2 \alpha}\right)' = \frac{0 + 2 \sin \alpha \cos \alpha}{\cos^4 \alpha} = \frac{2 \sin \alpha}{\cos^3 \alpha}$        $\Rightarrow \frac{1}{gS} \tan \alpha = \frac{v_0^2}{gS}$

$(\cos^2 \alpha)' = (\cos \alpha \cdot \cos \alpha)' = -\sin \alpha \cos \alpha - \sin \alpha \cos \alpha = -2 \sin \alpha \cos \alpha$

$H = \frac{v_0^2}{g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} \left(\frac{S^2 g^2 + v_0^4}{S^2 g^2}\right) = \frac{v_0^2}{g} - \frac{S^2 g^2 + v_0^4}{2v_0^2 g}$

$\frac{1 - \cos^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{v_0^4}{gS^2} \Rightarrow gS^2 - gS^2 \cos^2 \alpha = v_0^4 \cos^2 \alpha \Rightarrow \cos^2 \alpha = \frac{S^2 g^2}{S^2 g^2 + v_0^4}$

$\Rightarrow -H + \frac{v_0^4}{g} = \frac{S^2 g^2}{2v_0^2 g} + \frac{v_0^4}{2v_0^2 g} = \frac{S^2 g}{2v_0^2} + \frac{v_0^2}{2g}$

$\Rightarrow \frac{S^2 g}{2v_0^2} = \frac{v_0^2}{2g} - H \Rightarrow S = \sqrt{\frac{2v_0^2}{g} \left(\frac{v_0^2}{2g} - H\right)}$

$\frac{C \cdot L_p}{C \cdot L_p} = 1$        $\frac{d}{dt} \left(\frac{C \cdot L_p}{C \cdot L_p}\right) = 0$        $\frac{d}{dt} \left(\frac{C \cdot L_p}{C \cdot L_p}\right) = 0$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$L = v_0 \cos 45 \cdot t = \frac{2v_0^2 \cos 45 \sin 45}{g} \Rightarrow$$

$$y = v_0 \sin t - \frac{gt^2}{2} = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t = \frac{2v_0 \sin 45}{g}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{Lg}{2 \cos 45 \sin 45}} = v_0 \sqrt{\frac{20 \cdot 10 \cdot 4}{2 \cdot 2}} = 100$$

$$\cos 45 = \frac{\sqrt{2}}{2} \quad \cos^2$$

$$L = v_0 \sin t - \frac{gt^2}{2}$$

$$C = \frac{dQ}{dT} = C_V + p \frac{dV}{dT} \Rightarrow$$

$$S = v_0 \cos t \Rightarrow t = \frac{S}{v_0 \cos t}$$

$$\Rightarrow p dV = (C - C_V) dT \Rightarrow$$

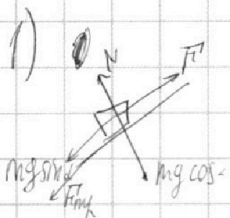
$$L = S \cdot t g t - \frac{g \cdot S^2}{2 v_0^2 \cos^2 t}$$

$$\frac{dH}{dT} = 0 \Rightarrow \frac{V R T dV}{V} = (C - C_V) dT \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \int_{T_0}^{T_1} \frac{dV}{V} = \frac{(C - C_V)}{R} \int_{T_0}^{T_1} \frac{dT}{T} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} e^{\frac{C - C_V}{R} (T_2 - T_1)}$$

2.

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$



$$ma = -mg \sin \alpha - \mu N \Rightarrow N = mg \cos \alpha$$

$$\Rightarrow ma = -mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = \frac{dv}{dt} \Rightarrow$$

$$\int_{v_0}^v dv = - \int_0^t (mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha) dt$$

$$S = v_0 T + \frac{aT^2}{2} = v_0 T + \frac{-(g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha) T^2}{2} \quad p dV = k dT = A$$

$$S = 6 \cdot 1 - \frac{(10 \cdot 0,6 + 0,5 \cdot 10 \cdot 0,8) \cdot 1^2}{2} = 6 - \frac{(6 + 4)}{2} = 1 \text{ m}$$

$$S = 1 \text{ m}$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - 0,36} = 0,8$$

$$C = C_V + p \frac{dV}{dT} = \text{const} \Rightarrow p \frac{dV}{dT} = \text{const}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

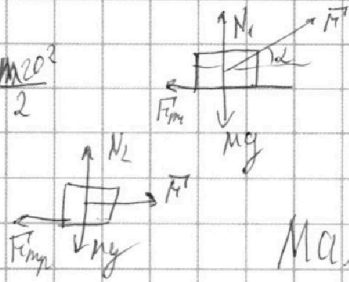
1  2  3  4  5  6  7



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

№3

1)  $k = \frac{Mg \cos^2 \alpha}{2}$



$$\left. \begin{aligned} 1. N_1 + Ft \sin \alpha - Mg &= 0 \\ 2. N_2 &= Mg \end{aligned} \right\} N_1 = Mg - Ft \sin \alpha$$

$$\left. \begin{aligned} Ma_1 &= Ft \cos \alpha - \mu N_1 \\ Ma_2 &= Ft - \mu N_2 \end{aligned} \right\}$$

$$p \frac{dV}{dt} = C - C_v \Rightarrow$$

$$M \frac{dx}{dt} = M \frac{dx}{dt} = Ft \cos \alpha - \mu (Mg - Ft \sin \alpha) \Rightarrow \frac{dV}{dt} = (C - C_v) dt$$

$$M \frac{dx}{dt} \frac{dV}{dx} = Ft - \mu Mg \Rightarrow \int \frac{dV}{V} = \left( \frac{C - C_v}{C} \right) \frac{dt}{T} \Rightarrow$$

$$\mu N S = k \Rightarrow \mu = \frac{k}{N S} \Rightarrow \ln \left( \frac{V_2}{V_1} \right) = \ln \left( \frac{T_2}{T_1} \right) \left( \frac{C - C_v}{C} \right)$$

$$\int_{V_1}^{V_2} M v dv = \int_{L_1}^{L_2} (Ft \cos \alpha + \mu Ft \sin \alpha - \mu Mg) dx$$

$$\int_{L_1}^{L_2} M v_2 dv_2 = \int_{L_1}^{L_2} (Ft - \mu Mg) dx$$

41110 | 17451  
~~558~~  
 34902 | 0,23  
 66480  
 52353  
 141270

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} e^{\frac{C - C_v}{C}}$$

$$\frac{M v_2^2}{2} = (Ft \cos \alpha + \mu Ft \sin \alpha - \mu Mg) L = (Ft - \mu Mg) L \Rightarrow$$

$$Ft \cos \alpha - Ft = \mu (Mg - Ft \sin \alpha) \Rightarrow Ft \cos \alpha + \mu Ft \sin \alpha - \mu Mg = Ft - \mu Mg$$

$$\mu = \frac{Ft - Ft \cos \alpha}{Ft \sin \alpha} = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$k = \mu N_3 S = \mu Mg S \Rightarrow S = \frac{k}{\mu Mg}$$

$$N_3 = Mg (Ft = 0)$$

$$\frac{1}{\lambda p} = \frac{1}{\lambda p} + \frac{d}{\lambda p} \quad C dt = C_1 dt + p dV$$

$$\frac{1}{\lambda p} = \frac{1}{\lambda p} + \frac{d}{\lambda p} \quad \leftarrow 0 = \frac{1}{\lambda p} + \frac{d}{\lambda p}$$

831  
 21  
~~831~~  
 1062  
 17451

6648  
 2493  
 4155