



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01



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

1. Мяч, посланный теннисистом вертикально вверх, поднимается на максимальную высоту за $T = 2$ с.

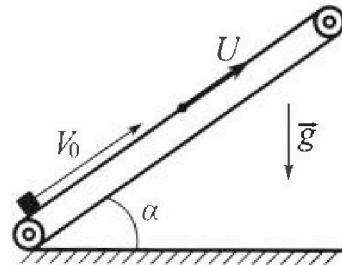
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

2) Теннисист посыпает мяч с начальной скоростью V_0 под различными углами к горизонту в направлении высокой вертикальной стенки, находящейся на расстоянии $S = 20$ м от места броска. На какой максимальной высоте мяч ударяется о стенку?

Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым. Все высоты отсчитываются от точки старта.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0.8$ (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покояющуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 4 \text{ м/с}$. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = \frac{1}{3}$. Движение коробки прямолинейное.



1) За какое время T после старта коробка пройдет в первом опыте путь $S = 1$ м?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 2 \text{ м/с}$, и сообщают коробке скорость $V_0 = 4 \text{ м/с}$.

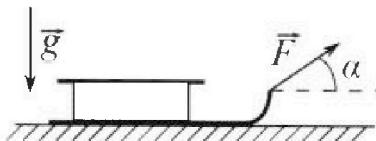
2) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 2 \text{ м/с}$?

3) На какой высоте H , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же скорости V_0 за одинаковое время.

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

Во втором случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. После достижения скорости V_0 действие внешней силы прекращается.



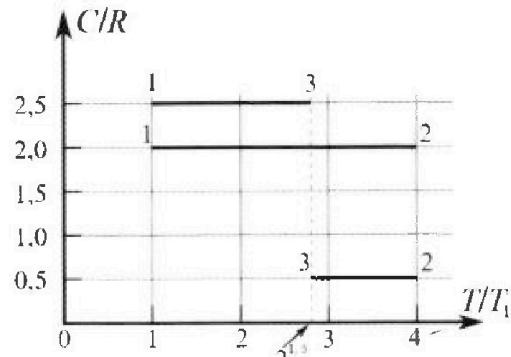
- 1) Найдите коэффициент μ трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.
- 2) Через какое время T после прекращения действия силы санки остановятся? Ускорение свободного падения g .
- Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023**

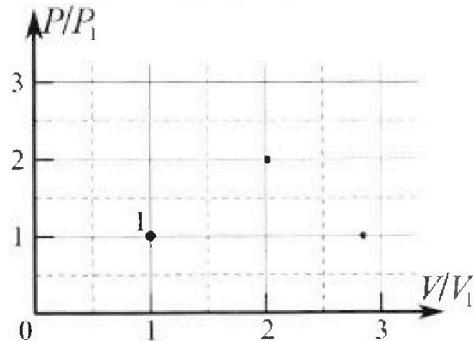
Вариант 10-01

Во всех задачах, в ответах допускаются 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 R) от температуры в процессы: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1 $T_1 = 400$ К, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К).



- 1) Найдите работу A_{12} газа в процессе 1-2.
- 2) Найдите КПД η 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.



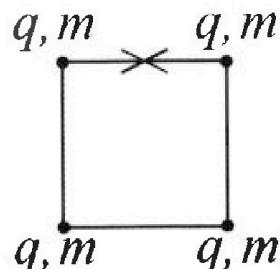
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

- 1) Найдите силу T натяжения нитей.

Одну нить пережигают.

- 2) Найдите скорость V 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 вверху (на рисунке)?

Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.





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 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!

N1

1) Движение мяча - равнозамедленное, на высоте

высоте со $V=0$, тогда

$$V_k = V_0 + aT \quad V_k = 0 \text{ м/с}, V_0 = V_0 = \text{то, что нужно}$$

нашти, $a = -g$ т.к. движение равнозам., $T = 2\text{с}$ по уду.

$$0 = V_0 - gT$$

$$V_0 = gT; V_0 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 2\text{с} = \cancel{20 \frac{\text{м}}{\text{с}}} \quad 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\text{Ответ: } V_0 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

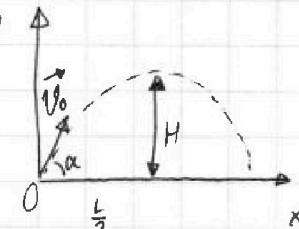
2) Так как мяч ударяется на максимальной высоте, то он проходит только половину пути, т.е. это нач. точки трај.

Длина пути - L , $L = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g}$

$\frac{1}{2}$ пути - это $\frac{L}{2} = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{2g}$, но

б) свою очередь $\frac{L}{2} = S$ - расстояние до

$$\text{стенки} \Rightarrow \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{2g} = S; \sin 2\alpha = \frac{2Sg}{V_0^2} = \frac{2 \cdot 20\text{м} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{(20 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2} = 1 \Rightarrow$$



$$\Rightarrow 2\alpha = 90^\circ, \text{т.к. } \sin 2\alpha = 1 \Rightarrow \alpha = 45^\circ$$

Максимальная высота полёта - H , $H = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$;

$$H = \frac{(20 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2 (\frac{\sqrt{2}}{2})^2}{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{200 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{20 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 10 \text{м}$$

$$\text{Ответ: } 10 \text{м}$$



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

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

№2

$$(4) g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha = a_{\text{бок}}$$

$$10 \cdot 0,8 - \frac{1}{3} \cdot 10 \cdot 0,6 = a_{\text{бок}} ; a_{\text{бок}} = 6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$S_{\text{бок}} = \frac{a_{\text{бок}} t^2}{2}$$

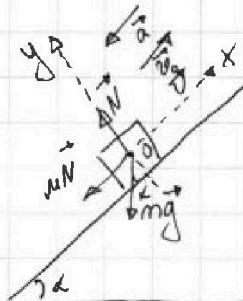
$$t_{\text{бок}}^2 = \frac{2 S_{\text{бок}}}{a_{\text{бок}}} = \frac{2 \cdot 0,2 \text{ м}}{6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{0,2}{3} = \frac{1}{15} \text{ с} \Rightarrow t_{\text{бок}} = \frac{\sqrt{15}}{15} \text{ с}$$

$$T = \cancel{t_1 + t_{\text{бок}}} ; t_1 + t_{\text{бок}} = 0,4 + \frac{\sqrt{15}}{15} = \frac{24 + 4\sqrt{15}}{60} \text{ с}$$

$$\text{Ответ: } T = \frac{24 + 4\sqrt{15}}{60} \text{ с}$$

2) Из первого (1) пункта

брала движущихся боком до погрузки
качественной скорости $-t_1 = 0,4 \text{ с}$



и этот путь $- S_{\text{бок}} = 0,8 \text{ м}$

За время t_1 лента транспортера проходит путь S' , $S' = t_1 U =$

$$= 0,4 \text{ с} \cdot 2 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 0,8 \text{ м}. \text{ Тогда } L = S' + S_{\text{бок}} = 0,8 \text{ м} + 0,8 \text{ м} =$$

= 1,6 м (коробка перемещается на $S_{\text{бок}}$ относительно ленты, но и сама лента перемещается)

Ответ: 1,6 м

3) Пусть S_0 - путь, который проходит коробка до остановки, $S_0 = L \cancel{+ S''}$, где S'' - путь проходимый машиной после

~~стартовала~~ момента как он замедлился до скорости U .

$$S'' = \cancel{\frac{V_{\text{кон}}^2 - V_{\text{нач}}^2}{2a}} , V_{\text{кон.}} = 0, V_{\text{нач}} = U, a = -a \Rightarrow$$

$$\Rightarrow S'' = \frac{-U^2}{-2a} = \frac{\frac{U^2}{C^2} 2a}{20 \frac{m^2}{s^2}} = 0,2 \text{ м} \Rightarrow S_0 = 1,6 \text{ м} + 0,2 \text{ м} = 1,8 \text{ м} \cancel{1,8 \text{ м}}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

5

6

7

МФТИ

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

$\sqrt{2}$

$$3) S_0 = 1,8 \text{ м} . \quad H = S_0 \cdot \sin \alpha = 1,8 \text{ м} \cdot 0,8 = 1,44 \text{ м}$$

Ответ: $H = 1,44 \text{ м}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

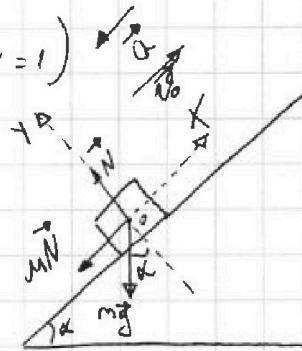
N2

1) $\sin \alpha = 0,8 \Rightarrow \cos \alpha = 0,6$ ($\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$)

II · 3-к Ньютона для коробки

На оси x: $mg \sin \alpha + \mu N = ma$ ①

На оси y: $N = mg \cos \alpha$ ②



①: $mg \sin \alpha + \mu N = ma$, $N = mg \cos \alpha$ из ② \Rightarrow

$mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha = ma$

$g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = a$; $a = \frac{10 \text{ m}}{\text{s}^2} (0,8 + 0,6 \cdot \frac{1}{3}) = 10 \frac{\mu}{\text{c}^2}$

Движение коробки - равноускоренное $\Rightarrow S = V_0 T - \frac{a T^2}{2}$

$1. = 4T - \frac{10T^2}{5}; -5T^2 + 4T - 1 = 0; 5T^2 - 4T + 1 = 0$ ③

③ $5T^2 - 4T + 1 = 0$; $D = -4 \Rightarrow$ коробка пройдет некото-

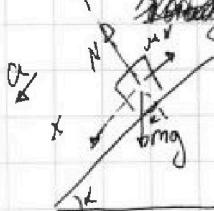
рассстояние до остановки и потом еще пройдет неко-

торий путь вниз. t_1 - время движения вверх $V_0 = at_1; 0;$

$t_1 = \frac{V_0}{a} = \frac{4 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0,4 \text{ s}$; $S_{\text{вверх}} = V_0 t_1 - \frac{at_1^2}{2}$; $S_{\text{вверх}} = 4 \cdot 0,4 - \frac{0,16 \cdot 10}{2} =$

$= 0,16 - 0,8 = 0,8 \text{ м}$. $S_{\text{вниз}} = S - S_{\text{вверх}} = 0,2 \text{ м}$.

~~аналог~~ \Rightarrow по II-му закону Ньютона:



$O_x \quad mg \sin \alpha - \mu N = ma_{\text{вниз}}$

$O_y \quad N = mg \cos \alpha$

$\Rightarrow mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma_{\text{вниз}}$

$= ma_{\text{вниз}}$ ④



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

$\sqrt{3}$

2) По II-му з-ку Ньютона:

тогда:

- На Ox : $ma' = \mu N$

(a' - ускорение, с которым тормозится санки)

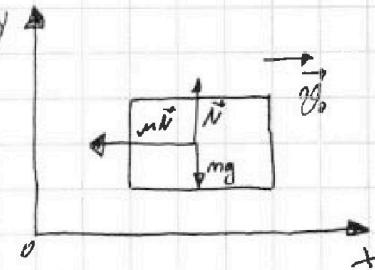
- На Oy : $N = mg$, тогда $ma' = \mu mg$, $a' = \mu g$

Поскольку движение равноускоренное, то $v_0 - a'T = 0$ ⑤

(сани останавливаются)

$$⑤ v_0 = a'T, T = \frac{v_0}{a'} = \frac{v_0}{\mu g} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)}$$

Однако: $T = \frac{v_0 \sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

N3

m - масса самой

1) По II-му Закону Ньютона:

$$\text{На } OX: F \cos \alpha - \mu N = ma_1$$

$$\text{На } OY: F \sin \alpha + N = mg \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N = mg - F \sin \alpha, \text{ тогда}$$

$$F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha) = ma_1 \quad (3)$$

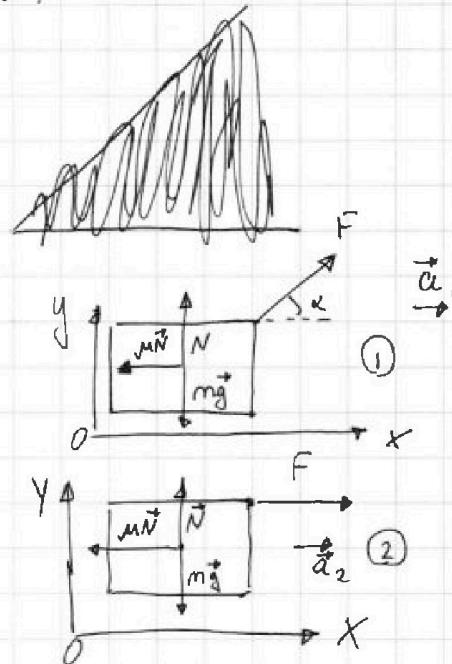
$$2) \text{На } OX: F - \mu N = ma_2$$

$$\text{На } OY: N = mg, \text{ тогда}$$

$$F - \mu mg = ma_2 \quad (4)$$

$$(3) F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha) = ma_1$$

$$(4) F - \mu mg = ma_2$$



м.р. и б (1) и б (2) имеют
скорость v_0 начиная с $t=0$
без μ , но $v_0 = a_1 t$ и $v_0 = a_2 t \Rightarrow$
 $a_1 = a_2 = a \Rightarrow$

$$\Rightarrow (3) F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha = ma$$

$$(4) F - \mu mg = ma$$

$$\left. \begin{aligned} & \Rightarrow F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha = \\ & = F - \mu mg \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

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

Однако: $\mu = \frac{\cancel{F \cos \alpha}}{\cancel{F \sin \alpha}} = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

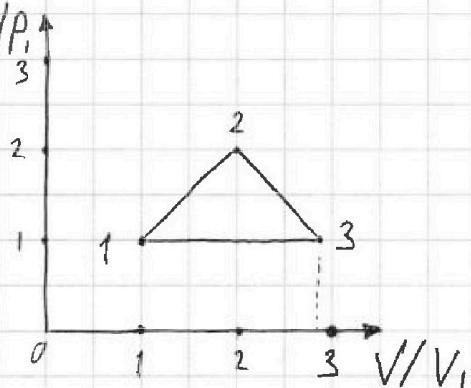
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

N4

Ответ:



$$\rho_1 = \rho_3, \quad V_3 = 2\sqrt{2}V_1; \quad ; \quad \rho_2 = 2\rho_1; \quad V_2 = 2V_1$$

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 checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input 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) $C_{31} = \frac{5}{2} = \frac{i+2}{2} R$ т.к. газ однотипный и $i=3$, тогда

(C_{31} - молярная теплоемкость при const. давлении =)

процес 3-1 - изобарный $\Rightarrow P_1 = P_3$

По уравнению Менделеева - Капилюрина :

$$P_1 V_1 = VRT_1 = VRT_1$$

$$P_2 V_2 = VRT_2 = 4VRT_1 \quad (T_2 = 4T_1 \text{ по усло.}) \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$P_3 V_3 = VRT_3 = 2\sqrt{2}VRT_1 \quad (T_3 = 2\sqrt{2}T_1 \text{ по усло.}) \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\}$$

$$\Rightarrow P_3 V_3 = 2\sqrt{2}P_1 V_1, \text{ но } P_1 = P_3 \Rightarrow V_3 = 2\sqrt{2}V_1; P_2 V_2 = 4P_1 V_1 \quad (4)$$

$$A_{12} = \frac{P_1 + P_2}{2}(V_2 - V_1) = \frac{3}{2}VRT_1, \quad (1) \quad \leftarrow \text{(площадь под графиком)}$$

$$A_{23} = \frac{P_1 + P_2}{2}(V_3 - V_2) = (4 - 2\sqrt{2})VRT_1, \quad (2) \quad \leftarrow$$

Поделим (1) на (2) : $\frac{V_2 - V_1}{V_3 - V_2} = \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{4 - 2\sqrt{2}}; \frac{V_2 - V_1}{V_3 - V_2} = \frac{3}{8 - 4\sqrt{2}}$;

$$8V_2 - 4\sqrt{2}V_2 - 8V_1 + 4\sqrt{2}V_1 = 3V_3 - 3V_2, \text{ но } V_3 = 2\sqrt{2}V_1$$

$$8V_2 - 4\sqrt{2}V_2 + 3V_2 = 6\sqrt{2}V_1 - 4\sqrt{2}V_1 + 8V_1$$

$$11V_2 - 4\sqrt{2}V_2 = 2\sqrt{2}V_2 + 8V_1, \quad \sqrt{2} \approx 1,4 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 11V_2 - 5,6V_2 = 2,8V_1 + 8V_1; \quad 5,4V_2 = 10,8V_1; \quad V_2 = 2V_1$$

$$(4) \quad P_2 V_2 = 4P_1 V_1; \quad P_2 \cdot 2V_1 = 4P_1 V_1 \Rightarrow P_2 = 2P_1$$

По условию : $P_3 = P_1$, $V_3 = 2\sqrt{2}V_1$; $P_2 = 2P_1$, $V_2 = 2V_1$

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 checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input 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!

N4

$$\textcircled{2} A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = \frac{1}{2} \gamma R (\bar{T}_3 - \bar{T}_2) - \frac{3}{2} \gamma R (\bar{T}_3 - \bar{T}_1) = -\gamma R (\bar{T}_3 - \bar{T}_2) = \\ = \gamma R (\bar{T}_2 - \bar{T}_3) = \gamma R (4\bar{T}_1 - \sqrt{8}\bar{T}_1) \quad (\text{но узло } \bar{T}_2 = 4\bar{T}_1, \bar{T}_3 = \sqrt{8}\bar{T}_1)$$

Аналогично 1) $A_{31} = Q_{31} - \Delta U_{31}$ (но I-му паралл.)

$$Q_{31} = C_{31} \gamma (\bar{T}_1 - \bar{T}_3) = \frac{5}{2} \gamma R (\bar{T}_1 - \bar{T}_3) \quad (C_{31} = \frac{5}{2} R \text{ но узло.})$$
$$\Delta U_{31} = \frac{1}{2} \gamma R (\bar{T}_1 - \bar{T}_3) = \frac{3}{2} \gamma R (\bar{T}_1 - \bar{T}_3)$$

$$\textcircled{3} A_{31} = \frac{5}{2} \gamma R (\bar{T}_1 - \bar{T}_3) - \frac{3}{2} \gamma R (\bar{T}_1 - \bar{T}_3) = \gamma R (\bar{T}_1 - \bar{T}_3) = -\gamma R (T_1 \sqrt{8} - T_1) \\ (\text{но узло. } \bar{T}_3 = \sqrt{8}\bar{T}_1)$$

$$\textcircled{1} A_{12} = \frac{1}{2} \gamma R (\bar{T}_2 - \bar{T}_1) = \frac{3}{2} \gamma R T_1 \quad (\bar{T}_2 = 4T_1 \text{ но узло.})$$

$$A = A_{12} + A_{23} + A_{31} = \gamma R T_1 \cdot \frac{3}{2} + \gamma R T_1 (4 - \sqrt{8}) - \gamma R T_1 (\sqrt{8} - 1) = \\ = \gamma R T_1 (1,5 + 1 + 4 - 2\sqrt{8}) = \gamma R T_1 (6,5 - 4\sqrt{2})$$

$$Q_{12} = C_{12} \gamma (\bar{T}_2 - \bar{T}_1) = 6 \gamma R T_1 \quad (C_{12} = 2R, \bar{T}_2 = 4T_1 \text{ но узло.})$$

$$\eta = \frac{A}{Q_{12}} \cdot 100\% = \frac{\gamma R T_1 (6,5 - 4\sqrt{2})}{\gamma R T_1 \cdot 6} \approx 100\% = \frac{6,5 - 4\sqrt{2}}{6} \cdot 100\% \quad \sqrt{2} \approx 1,4 =$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{6,5 - 5,6}{6} \cdot 100\% = \frac{0,9}{6} \cdot 100\% = 15\%$$

Ответ: $\eta = 15\%$

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" 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!

1) $\frac{N}{T_2} = 4 \frac{N}{T_1} = 1600 K$ (по уравнению) \leftarrow это же температура, \leftarrow это же T_2 .

$Q_{12} = C_{12} V(T_2 - T_1)$, где C_{12} - кон-бо теплоемк., получ. газам

$(T_2 > T_1)$, \leftarrow это V - кон-бо велич-ва [шах] $V = 1$ моль

$\Delta U_{12} = \frac{1}{2} V R (T_2 - T_1)$, где i - степень свободы молекул,

$i = 3$ по усл.

По I-му началу термодинамики:

$$Q_{12} - A_{12} = \Delta U_{12}; \quad A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} \quad (1)$$

$$(1) \quad A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = C_{12} V(T_2 - T_1) - \frac{3}{2} V R (T_2 - T_1), \quad C_{12} = 2R \text{ по упр.}$$

$$\Rightarrow (T_2 - T_1)(2V R - \frac{3}{2} V R) = A_{12}; \quad A_{12} = (T_2 - T_1) \frac{1}{2} V R$$

$$A_{12} = (1600 - 400) \frac{1}{2} \cdot 8,31 \cdot 1 = 600 \cdot 8,31 = 4986 \text{ Дж}$$

$$\text{Ответ: } A_{12} = 4986 \text{ Дж}$$

2) КПД цикла η , $\eta = \frac{A}{Q_1} \cdot 100\%$, где A - вся работа, Q_1 - кон-бо

теплоемкость полученных от нагревания. $Q_1 = Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}$ ($Q_{12} < 0$),

~~Аналогично~~ m.t. Q_{31} и $Q_{23} < 0$ m.t. $\Delta T_{31} \text{ и } \Delta T_{23} < 0$,

$$A = A_{12} + A_{23} + A_{31}$$

Аналогично 1) получим $A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} \quad (2)$ (по I-му началу)

$$Q_{23} = C_{23} V(T_3 - T_2) = \frac{1}{2} R V(T_3 - T_2) \quad C_{23} = \frac{1}{2} R \text{ по уравнению.}$$

$$\Delta U_{23} = \frac{1}{2} V R (T_3 - T_2) = \frac{3}{2} V R (T_3 - T_2)$$



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 checked="" type="checkbox"/> | <input 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!

$\sqrt{5}$

1) У шариков 1, 2, 3, 4

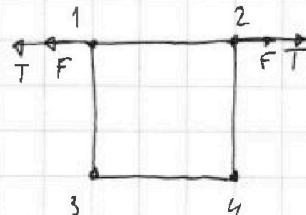
заряды $q \neq 0$, масса m .

Рассмотрим 1 и 2 шарик

По з-ну Кулона сила взаимодействия между шариками $= F$, $F = \frac{q^2}{b^2} k$. По з-ну Ньютона $F - T = 0$, т.к.

шарика находятся в равновесии $\Rightarrow F = T; T = \frac{q^2}{b^2} k$

$$\text{Ответ: } T = \frac{q^2}{b^2} k$$





На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

5

6

7

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

 МФТИ

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

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

МФТИ



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

№4

$$(2) A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = \frac{1}{2} VR(T_3 - T_2) - \frac{3}{2} VR(T_3 - T_2) = -\frac{1}{2} VR(T_3 - T_2)$$

$$T_3 = \sqrt{8} T_1 \text{ no угадайку, } T_2 = 4 T_1 \text{ no угадайку} \\ \Rightarrow A_{23} = -VR(\sqrt{8} T_1 - 4 T_1) = VR(2 T_1 - \sqrt{2} T_1) \frac{400 \cdot \frac{3}{4}}{210} = \frac{300}{20} = 15 \text{ м}$$

$$at = 2g \quad V_0 = 2a \quad V_0 = 2g = 20 \frac{m}{s} \quad 26 \\ 20 \cdot \frac{1}{2} = 10$$

аналогично 1) $A_{31} = Q_{31} - \Delta U_{31}$ ③ (no I-му паралл)

$$Q_{31} = C_{31} V(T_3 - T_1) = \frac{5}{2} VR(T_1 - T_3) \text{ no угадайку } C = \frac{5}{2} R$$

$$\Delta U_{31} = \frac{1}{2} VR(T_1 - T_3) = \frac{3}{2} VR(T_1 - T_3) \quad t_n = \frac{V_0 + v_n}{g} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$③ A_{31} = \frac{5}{2} VR(T_1 - T_3) - \frac{3}{2} VR(T_1 - T_3) = VR(T_1 - T_3) = VR(T_1 - \sqrt{8} T_1) =$$

$$= -VR T_1 (\sqrt{8} - 1) \quad \text{Убираем } S = \frac{(4 - \sqrt{3})^2 \cdot 1}{2} =$$

$$A_{12} = (T_2 - T_1) \frac{VR}{2} = \frac{3}{2} VR T_1 \quad (\text{уг 1 лунка } A_{12}; T_2 = 4 T_1 \text{ no угад})$$

$$A = A_{12} + A_{23} + A_{31} = \frac{3}{2} VR T_1 + \frac{2}{4} VR T_1 (2 - \sqrt{2}) - VR T_1 (\sqrt{8} - 1) = \frac{35}{8} VR T_1 > 5$$

$$= VR T_1 (1,5 + \frac{4}{4} - \frac{2}{4} \sqrt{2} - 2 \sqrt{2} + 1) = VR T_1 (1,5 - \frac{4 \sqrt{2}}{4})$$

$$Q_n = C_{12} V(T_2 - T_1) = 6 VR T_1 \quad (T_2 = 4 T_1, C_{12} = 2R \text{ no угад.})$$

$$\eta = \frac{A}{Q_{12}} \cdot 100\% = \frac{VR T_1 (0,5 - \frac{4}{4} \sqrt{2})}{6 VR T_1} = \frac{3 \sqrt{2} - 2 \sqrt{2}}{2} = \frac{6,5 - 4 \sqrt{2}}{6} \cdot 100\%$$

$$\sqrt{2} \approx 1,4, \text{ тогда } \eta = \frac{6,5 - 4 \cdot 1,4}{6} \cdot 100\% = \frac{0,9}{6} \cdot 100\% = \frac{3}{20} \cdot 100\% = 15\%$$

Ошибки: $\eta \approx 15\%$

$$F - \mu mg = ma$$

$$F - \mu mg = F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha) \quad F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha) = \phi \alpha a$$

$$F(1 - \cos \alpha) - \mu F \sin \alpha = 0 \quad \Rightarrow \mu = \frac{F(1 - \cos \alpha)}{F \sin \alpha} = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

N₄

$$\textcircled{2} \quad A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = \frac{1}{2} \gamma R (\bar{T}_3 - \bar{T}_2) - \frac{3}{2} \gamma R (\bar{T}_3 - \bar{T}_2) = -\gamma R (\bar{T}_3 - \bar{T}_2) = \\ = \gamma R (\bar{T}_2 - \bar{T}_3) = \gamma R (4\bar{T}_1 - 2\sqrt{2}\bar{T}_1) = \gamma R T_1 (4 - 2\sqrt{2}) \quad (\bar{T}_3 = \sqrt{8}\bar{T}_1, \bar{T}_2 = 4\bar{T}_1, \text{но} \\ \text{задачку}) \quad 400 \cdot 8,31 \cdot \frac{3}{2} \quad 600 \cdot 8,31$$

$$A_{13} = \frac{5}{2} R = \frac{i+2}{2} R \quad (i=3 \text{ по упр.}) \Rightarrow \text{Получаем } 1-3 - \text{изобарический} \\ \Rightarrow A_{31} = 0 \text{ дж}$$

$$A = A_{12} + A_{23} + A_{31}, \quad A_{12} = (\bar{T}_2 - \bar{T}_1) \frac{1}{2} \gamma R = \frac{3}{2} \gamma R T_1 \quad (\bar{T}_2 = 4\bar{T}_1 \text{ по упр.})$$

$$Q = Q_{12} \quad Q_{12} = C_{12} \gamma (\bar{T}_2 - \bar{T}_1) = 6 \gamma R T_1 \quad (\bar{T}_2 = 4\bar{T}_1, C_{12} = 2R \text{ по упр.})$$

$$\eta = \frac{A}{Q_{12}} = \frac{\frac{5}{2} \gamma R T_1}{6 \gamma R T_1} =$$

$$(\rho_2 - \rho_1)(V_2 - V_1) = \frac{3}{2} \gamma R T_1,$$

$$(\rho_2 - \rho_1)(V_3 - V_2) = \frac{k \cdot m}{C^2}$$

$$\frac{\rho_1 + \rho_2}{2} (V_2 - V_1) = \frac{3}{2} \gamma R T_1$$

$$\frac{\rho_1 + \rho_2}{2} (V_3 - V_2) = (\sqrt{8}-1) \gamma R T_1$$

$$gk \quad a_t = V_0$$

$$\frac{V_0}{t} = a$$

$$\mu mg = ma \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a = \mu g$$

$$V_0 - a t = 0 = V_0$$

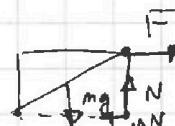
$$\text{FAS} \quad F \cdot \frac{V_0^2}{2a} = \mu mg + \frac{V_0 m}{2}$$

$$\mu mg < F$$

$$F \cos \alpha - \mu mg = ma$$

$$F - \mu mg = ma$$

$$\mu \quad F \cdot \frac{V_0^2}{2(F - \mu mg)} = \mu mg + \frac{V_0^2 m}{2}$$



$$\frac{F V_0^2}{F - \mu mg} = 2 \mu mg + \frac{V_0^2 m}{2}$$

$$mg l +$$

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!

$$F = AS + E_K \quad \text{mmg}$$

$$-6,5 \quad 6 - 10t = 2 \quad S(F - \mu mg) = \frac{m v_0^2}{2}$$

$$\begin{array}{r} 1,4 \\ \times 4 \\ \hline 5,6 \end{array}$$

$$-4 = -10t$$

$$\frac{v_0^2}{2} = \frac{\mu mg^2}{2}$$

$$\begin{array}{r} 8,31 \\ \times 400 \\ \hline 332400 \end{array} \quad \underline{\Sigma} \frac{F}{2} (s_1^2)$$

$$\frac{0,3}{6} = \frac{0,3}{2} = \frac{3}{20} \cdot 5 = 0,4$$

$$S = 0,4 - \frac{0,16 \cdot 10}{2} = 1,6$$

$$\frac{S \cdot 2a \cdot m}{2} = S \cdot \mu mg + F \cdot s$$

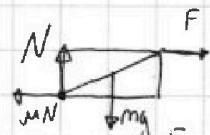
39
351
184
1521

$$4 - 8\sqrt{2} - 2\sqrt{2} + 1 \approx$$

$$5 - 4\sqrt{2}$$

LVR

$$\begin{array}{r} 40 \\ \times 40 \\ \hline 1600 \end{array} \quad \begin{array}{r} 39 \\ \times 39 \\ \hline 1521 \end{array}$$



$$F \leq \frac{mg}{2} = \gamma RT_1 (8 - 2\sqrt{2})$$

$$\gamma RT_1 (8 - 4\sqrt{2}) - \gamma RT_1 (2\sqrt{2} - 1) \approx$$

$$10,5 = 3 \cdot 35$$

$$0,4 + \frac{3,9}{15} = \frac{13}{30} = \frac{0,26}{0,06} \times 0,46 \quad \mu mg \leq F \leq \frac{mg}{2}$$

$$\mu \leq \frac{1}{2}$$

$$P_3 V_3 = \gamma R T_3 = 8 \gamma R T_1$$

$$F - \mu mg \geq 0 \quad P_1 V_1 = \gamma R T_1 = \gamma R T_1$$

$$P_2 V_2 = \gamma R T_2 = 4 \gamma R T_1$$

$$P_2 V_2 = 2 P_1 V_1 = \sqrt{2} P_3 V_3$$

$$P_2 V_2 =$$

$$2^{\frac{3}{2}} \cdot 2^{\frac{3}{2}} = 2^3$$

$$\sqrt{2^3} \cdot \sqrt{2^3}$$

$$\frac{1}{3,9} \approx 0,25 \quad Q_{12} = C \gamma T_2 - T_1$$

$$\Delta U_{12} = C \gamma T_2 - T_1$$

$$\frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) = 3324 \text{ дж}$$

$$2 - \sqrt{2} + 1,5 = 4 - \sqrt{8}$$

$$\Sigma \cdot 2 \cdot 8 = \frac{84}{9} \times$$

$$\begin{array}{l} \frac{10,5}{6} = 1,75 - 1,4 = \frac{21}{6} = \frac{0,4}{2} = \frac{1}{20} = 5\% \\ \text{---} \\ \frac{10,5}{6} = 1,75 - 1,4 = \frac{21}{6} = \frac{0,4}{2} = \frac{1}{20} = 5\% \end{array}$$

$$0,09 \quad 18,8 \times 0,09$$

$$\frac{1}{18,8}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|

МФТИ

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

$$V - gt = 0 \Rightarrow V = 20 \text{ м/с}$$

16

194

$$\frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{2g} = S$$

$$\sin 2\alpha = \frac{S_{2g}}{V_0^2} \cdot 200^2 = \frac{20^2}{20^2} = 1 \Rightarrow \sin \alpha = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$$

$$F = mg - \mu mg = \frac{mg}{1 + \mu} = \frac{mg}{1 + \frac{\mu}{1 - \mu}}$$

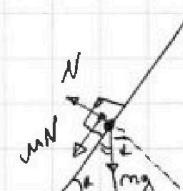
(*)



$$H = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{200^2}{20} = 10 \text{ м}$$

0,64*

$$F_t = \frac{mg}{t}$$



$$\frac{3}{5} \cdot \frac{1}{3} = 0,2 \quad F = \frac{F_t}{t}$$

$$\frac{D}{4} = 4$$

$$g' = \frac{g \sin \alpha}{\sqrt{1 - g^2 \sin^2 \alpha}} = S \quad V_0 \sin \alpha - g \frac{t^2}{2} = H$$

$$x = V_0 t - \frac{1}{2} g t^2$$

$$\frac{V_0 \sin \alpha}{g} = t \quad L = 2 t \cdot V_0 \cos \alpha = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

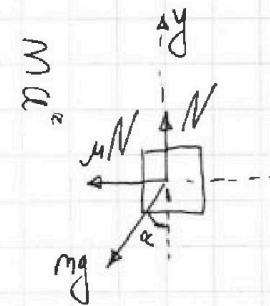
$$D = -4 \Rightarrow$$

$$V_0 - aT = 0$$

$$P^a =$$



$$H = \frac{V_0 \sin \alpha}{2g}$$



$$g' = 8'0 \cdot \frac{g}{36} = \frac{20}{36}$$



$$S = V_0 t - \frac{a t^2}{2}$$

$$N = mg \frac{\cos \alpha}{\sqrt{1 - g^2 \sin^2 \alpha}}$$

$$\mu mg \frac{\cos \alpha}{\sqrt{1 - g^2 \sin^2 \alpha}} + mg \sin \alpha = ma$$

$$g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = a$$

$$V_0 t = 2S \quad \frac{a t^2}{2} = \frac{a t^2}{2}$$

$$\frac{m V_0^2}{2} = S(F - \mu mg)$$

$$V_0 = \frac{2S}{t} = \frac{2S}{\frac{a t^2}{2}} = \frac{4S}{a t^2}$$

$$V_0 = \frac{2S}{t} = \frac{2S}{\frac{a t^2}{2}} = \frac{4S}{a t^2}$$