



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.

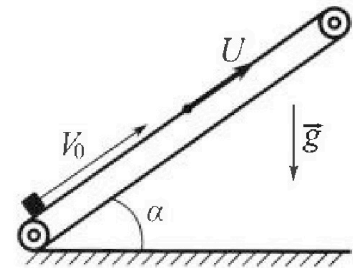
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

2) Теннисист посылает 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 $g = 10$ м/с². 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 покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 4$ 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 $U = 2$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 4$ м/с.

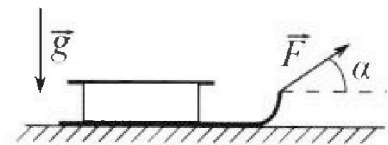
2) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 2$ м/с?

3) На какой высоте H , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². 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.

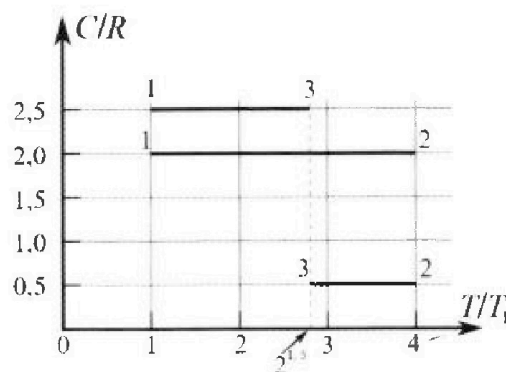
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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



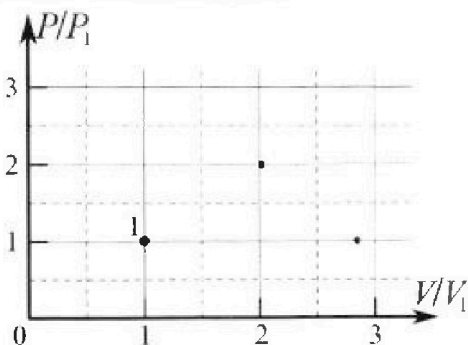
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (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.



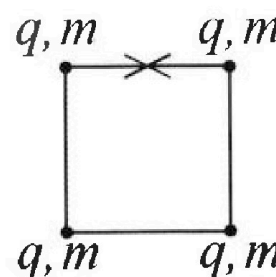
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

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 сверху (на рисунке)?



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



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!

№1

1) Движение мяча - равнозамедленное, на макс.

высоте $v = 0$, тогда

$$v_k = v_k + aT \quad v_k = 0 \frac{m}{c}, \quad v_k = v_0 = \text{то, что нужно}$$

найти, $a = -g$ т.к. движение равнозам., $T = 2c$ по усл.

$$0 = v_0 - gT$$

$$v_0 = gT; \quad v_0 = 10 \frac{m}{c^2} \cdot 2c = 20 \frac{m}{c}$$

Ответ: $v_0 = 20 \frac{m}{c}$

2) Так как мяч ударяется на максимальной высоте, то он пройдет только половину пути, т.к. это наиб. точка траект.

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

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

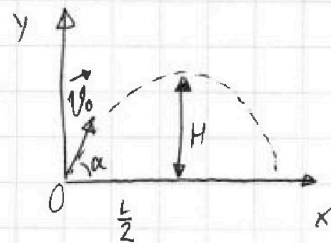
стенки $\Rightarrow \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = S; \quad \sin^2 \alpha = \frac{2Sg}{v_0^2} = \frac{2 \cdot 20m \cdot 10 \frac{m}{c^2}}{(20 \frac{m}{c})^2} = 1 \Rightarrow$

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

Максимальная высота подъема - H , $H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$;

$$H = \frac{(20 \frac{m}{c})^2 (\frac{\sqrt{2}}{2})^2}{2 \cdot 10 \frac{m}{c^2}} = \frac{200 \frac{m}{c^2}}{20 \frac{m}{c^2}} = 10m$$

Ответ: 10м



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

1) $g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha = a_{\text{вниз}}$
 $10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,8 - \frac{1}{3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,6 = a_{\text{вниз}}; a_{\text{вниз}} = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

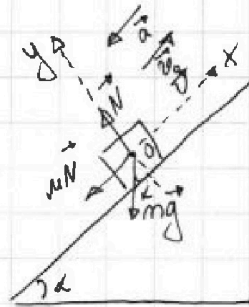
$S_{\text{вниз}} = \frac{a_{\text{вниз}} t_{\text{вниз}}^2}{2}$

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

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

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

- 2) Из первого (1) пункта
 время движения вверх до потери
 начальной скорости $t_1 = 0,4 \text{ с}$
 и этот путь $S_{\text{вверх}} = 0,8 \text{ м}$



За время t_1 лента транспортера пройдет путь $S', S' = t_1 U =$
 $= 0,4 \text{ с} \cdot 2 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 0,8 \text{ м}$. Тогда $L = S' + S_{\text{вверх}} = 0,8 \text{ м} + 0,8 \text{ м} =$
 $= 1,6 \text{ м}$ (коробка прилетит на $S_{\text{вверх}}$ относ. ленты, но и сама
 лента прилетит)
 Ответ: $1,6 \text{ м}$

- 3) Пусть S_0 - путь, который пройдет кубок до оста-
 ковки, $S_0 = L + S''$, где S'' - путь пройденный телом после
~~того как он замедлился~~ того как он замедлился до скорости U .

$S'' = \frac{v_{\text{кон}}^2 - v_{\text{нач}}^2}{2a}$, $v_{\text{кон}} = 0$, $v_{\text{нач}} = U$, $a = -a$

$\Rightarrow S'' = \frac{-U^2}{-2a} = \frac{4 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{20 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 0,2 \text{ м} \Rightarrow S_0 = 1,6 \text{ м} + 0,2 \text{ м} = 1,8 \text{ м}$

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!

№2

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

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!



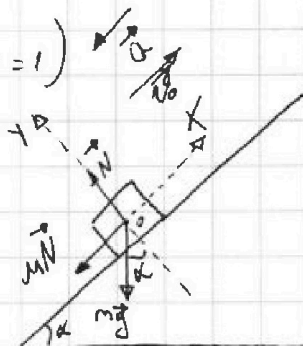
$\sqrt{2}$

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

II - 3-е Ньютона для коробки

На ось x: $mg \sin \alpha + \mu N = ma$ (1)

На ось y: $N = mg \cos \alpha$ (2)



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

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

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

Движение коробки - равнозамедленное $\Rightarrow S = v_0 T - \frac{a T^2}{2}$

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

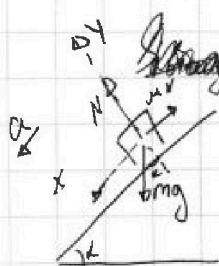
(3) $5T^2 - 4T + 1 = 0$; $D = -4 \Rightarrow$ коробка пройдет какое-то

расстояние до остановки и потом еще пройдет некото-

торый путь вниз. t_1 - время движения вверх $v_0 - at_1 = 0$;

$t_1 = \frac{v_0}{a} = \frac{4 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 0,4 \text{ с}$; $S_{\text{вверх}} = v_0 t_1 - \frac{a t_1^2}{2}$; $S_{\text{вверх}} = 4 \cdot 0,4 - \frac{0,16 \cdot 10}{2} =$

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



По II-му закону Ньютона:

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

O_y $N = mg \cos \alpha$ $\Rightarrow mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma_{\text{вниз}}$ (4)

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

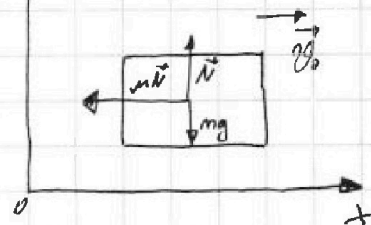
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$\sqrt{3}$

2) По II-му 3-му Нью-

тона:

• На Ox : $ma' = \mu N$



(a' - ускорение, с которым тормозит блок)

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

Поскольку движение равнозамедленное, то $v_0 - a'T = 0$ (5)

(сам останавливается)

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



№3

m - масса саней

1) По II-му 3-му Ньютона:

① По ОХ: $F \cos \alpha - \mu N = ma_1$

По ОУ: $F \sin \alpha + N = mg \Rightarrow$

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

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

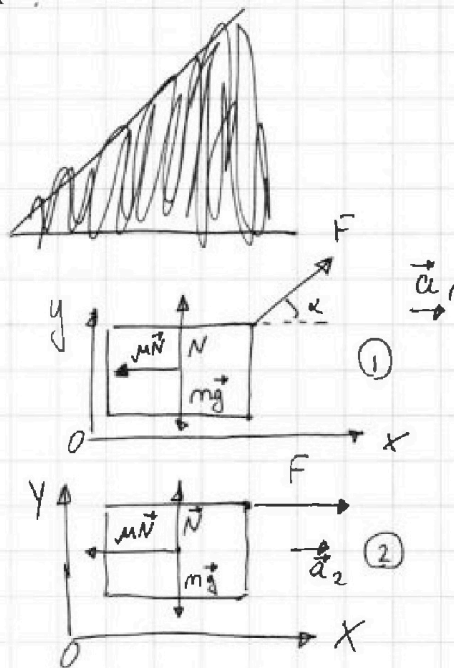
② По ОХ: $F - \mu N = ma_2$

По ОУ: $N = mg$, тогда

$F - \mu mg = ma_2$ ④

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

④ $F - \mu mg = ma_2$



т.к. и в ① и в ② одна скорость v_0 набирается за одну время, то $v_0 = a_1 t$ и $v_0 = a_2 t \Rightarrow$

$\Rightarrow a_1 = a_2 = a \Rightarrow$

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

④ $F - \mu mg = ma$

$\Rightarrow F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha = F - \mu mg \Rightarrow$

$\Rightarrow F - F \cos \alpha = \mu F \sin \alpha \Rightarrow$

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

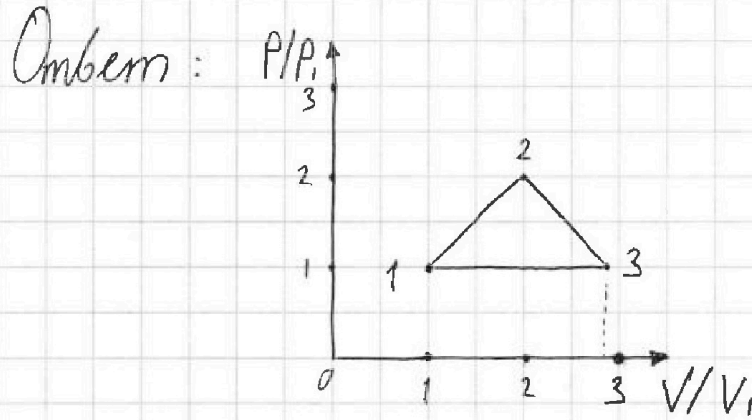
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

№4



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

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"/> |

МОТИ

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



$$3) \quad C_{m, 31} = \frac{5}{2} = \frac{i+2}{2} R \quad \text{т.к. газ одноатомный и } i=3, \text{ тогда}$$

(C_{31} - молярная теплоемкость при пост. давлении \Rightarrow)

процесс 3-1 - изобарный $\Rightarrow p_1 = p_3$

По уравнению Менделеева - Клапейрона:

$$p_1 V_1 = \nu R T_1 = \nu R T_1$$

$$p_2 V_2 = \nu R T_2 = 4 \nu R T_1 \quad (T_2 = 4T_1, \text{ по условию.})$$

$$p_3 V_3 = \nu R T_3 = 2\sqrt{2} \nu R T_1 \quad (T_3 = 2\sqrt{2} T_1, \text{ по условию.})$$

$$\Rightarrow p_3 V_3 = 2\sqrt{2} p_1 V_1, \text{ но } p_1 = p_3 \Rightarrow V_3 = 2\sqrt{2} V_1; p_2 V_2 = 4 p_1 V_1 \quad \textcircled{4}$$

$$A_{12} = \frac{p_1 + p_2}{2} (V_2 - V_1) = \frac{3}{2} \nu R T_1, \quad \textcircled{1} \quad \leftarrow \text{(мощность по графику)}$$

$$A_{23} = \frac{p_2 + p_3}{2} (V_3 - V_2) = (4 - 2\sqrt{2}) \nu R T_1, \quad \textcircled{2} \quad \leftarrow$$

$$\text{Положим } \textcircled{1} \text{ на } \textcircled{2}: \frac{V_2 - V_1}{V_3 - V_2} = \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{4 - 2\sqrt{2}}; \frac{V_2 - V_1}{V_3 - V_2} = \frac{3}{8 - 4\sqrt{2}};$$

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

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

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

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

$$\textcircled{4} \quad p_2 V_2 = 4 p_1 V_1; \quad p_2 \cdot 2V_1 = 4 p_1 V_1 \Rightarrow p_2 = 2 p_1$$

$$\text{По итогу: } p_3 = p_1, \quad V_3 = 2\sqrt{2} V_1; \quad p_2 = 2 p_1, \quad V_2 = 2 V_1$$

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

$$\textcircled{2} A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = \frac{1}{2} \nu R (T_3 - T_2) - \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) = -\nu R (T_3 - T_2) = \\ = \nu R (T_2 - T_3) = \nu R (4T_1 - \sqrt{8}T_1) \quad (\text{по условию } T_2 = 4T_1, T_3 = \sqrt{8}T_1)$$

Аналогично 1) $A_{31} = Q_{31} - \Delta U_{31}$ (по I-му началу)

$$Q_{31} = c_{31} \nu (T_1 - T_3) = \frac{5}{2} \nu R (T_1 - T_3) \quad (c_{31} = \frac{5}{2} R \text{ по условию})$$

$$\Delta U_{31} = \frac{1}{2} \nu R (T_1 - T_3) = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3)$$

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

(по условию $T_3 = \sqrt{8}T_1$)

$$\textcircled{1} A_{12} = \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R T_1 \quad (T_2 = 4T_1 \text{ по условию})$$

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

$$Q_{12} = c_{12} \nu (T_2 - T_1) = 6 \nu R T_1 \quad (c_{12} = 2R, T_2 = 4T_1 \text{ по условию})$$

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

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

Ответ: $\eta = 15\%$

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!

№4
В этом случае индекс числа у букв (например Q_{12}) соответствует процессу, или точке (T_2) в этом проц.

1) $T_2 = 4T_1 = 1600 \text{ K}$ (по условию)

$Q_{12} = C_{12} \nu (T_2 - T_1)$, где Q_{12} - кол-во теплоты, получ. газом

($T_2 > T_1$) ← это ν - кол-во везу-ва [моль] $\nu = 1 \text{ моль}$

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

$i = 3$ 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 $A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = C_{12} \nu (T_2 - T_1) - \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$, $C_{12} = 2R$ по ур.②

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

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

Ответ: $A_{12} = 4986 \text{ Дж}$

2) КПД цикла η , $\eta = \frac{A}{Q_1}$; где A - вся работа, Q_1 - кол-во теплоты полученной от нагревателя. $Q_1 = Q_{12} + Q_{23}$

~~$A_{12} + A_{23}$~~ м.к. Q_{31} и $Q_{23} < 0$ м.к. ΔT_{31} и $\Delta T_{23} < 0$,

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

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

$Q_{23} = C_{23} \nu (T_3 - T_2) = \frac{1}{2} R \nu (T_3 - T_2)$ $C_{23} = \frac{1}{2} R$ по условию.

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

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

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7



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



№5

1) 4 шариков 1, 2, 3, 4

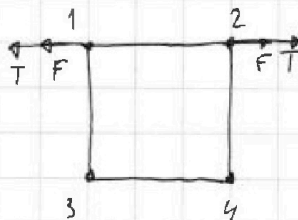
заряды q и $2q$, масса m .

Рассмотрим 1 и 2 шарик

По 3-му закону Кулона сила взаимодействия между шариками $\rightarrow F$, $F = \frac{q^2}{b^2} k$. По 3-му закону Ньютона $F - \vec{T} = 0$, т.е.

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

Ответ: $T = \frac{q^2}{b^2} k$





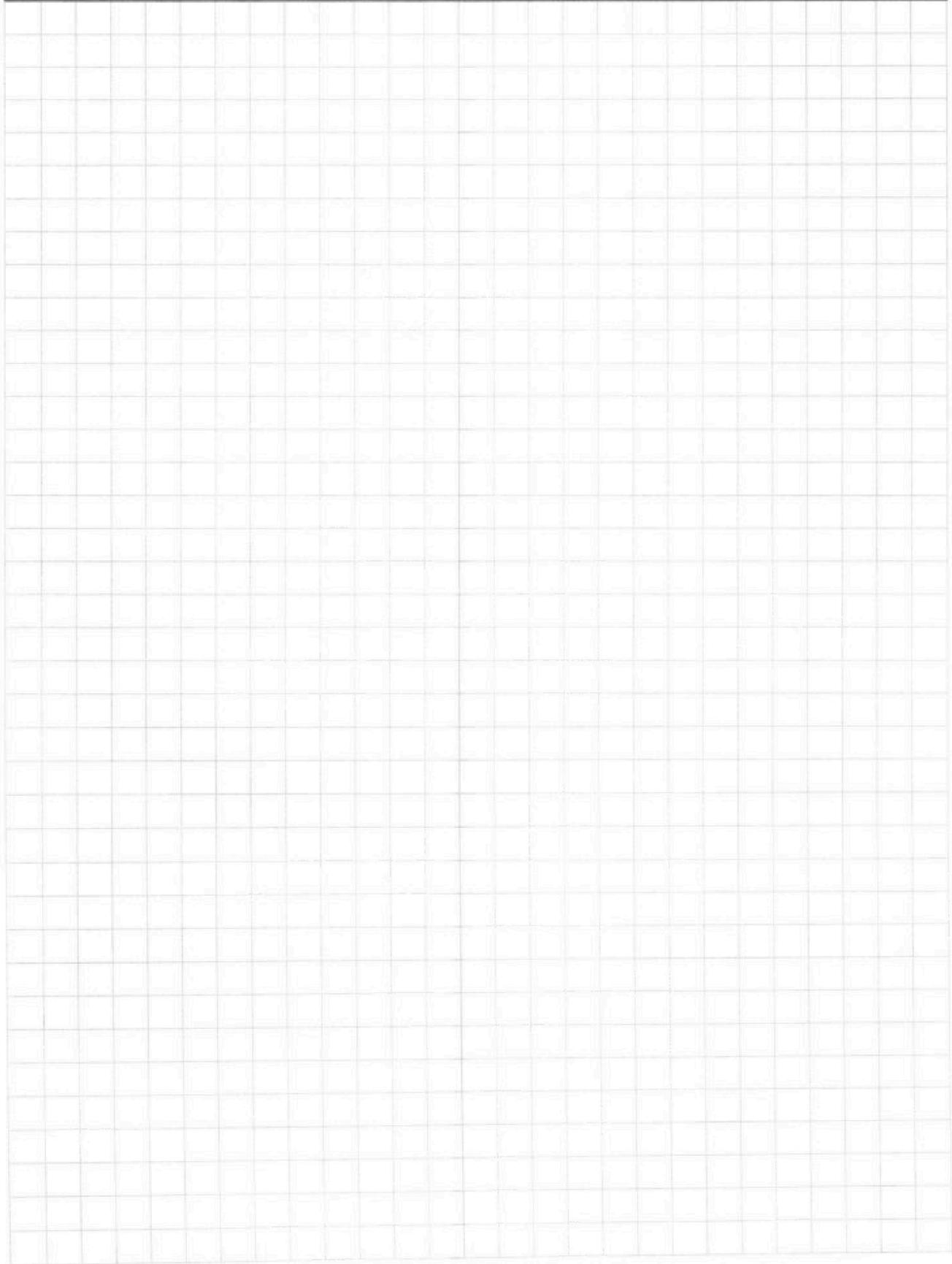
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

| | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <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:



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

$$A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = \frac{1}{2} R V^2 (\bar{T}_3 - \bar{T}_2) - \frac{3}{2} \nu R (\bar{T}_3 - \bar{T}_2) = -\nu R (\bar{T}_3 - \bar{T}_2)$$

$$\bar{T}_3 = \sqrt{8} T_1 \text{ по графику, } \bar{T}_2 = 4T_1 \text{ по графику}$$

$$\Rightarrow A_{23} = -\nu R (\sqrt{8} T_1 - 4T_1) = \nu R (2T_1 - \sqrt{2} T_1)$$

$at = v_0$

$v_0 = 2a$

$v_0 = 2g = 20 \frac{m}{c}$

$20 \cdot \frac{1}{2} = 10$

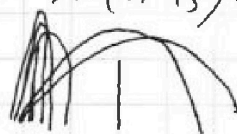
Аналогично 1) $A_{31} = Q_{31} - \Delta U_{31}$ 3) (по I-му началу)

$$Q_{31} = c_{31} V (\bar{T}_1 - \bar{T}_3) = \frac{5}{2} \nu R (\bar{T}_1 - \bar{T}_3) \text{ по графику } c = \frac{5}{2} R$$

$$\Delta U_{31} = \frac{1}{2} \nu R (\bar{T}_1 - \bar{T}_3) = \frac{3}{2} \nu R (\bar{T}_1 - \bar{T}_3) \quad \text{та} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\textcircled{3} A_{31} = \frac{5}{2} \nu R (\bar{T}_1 - \bar{T}_3) - \frac{3}{2} \nu R (\bar{T}_1 - \bar{T}_3) = \nu R (\bar{T}_1 - \bar{T}_3) = \nu R (T_1 - \sqrt{8} T_1) =$$

$$= -\nu R T_1 (\sqrt{8} - 1)$$



$$\text{Радиус } S = \frac{(4 - \sqrt{3})^2 \cdot g}{2}$$

$$A_{12} = (\bar{T}_2 - \bar{T}_1) \frac{\nu R}{2} = \frac{3}{2} \nu R T_1 \quad (\text{из 1 пункта } A_{12}; \bar{T}_2 = 4T_1 \text{ по графику})$$

$$A = A_{12} + A_{23} + A_{31} = \frac{3}{2} \nu R T_1 + \frac{2}{2} \nu R T_1 (2 - \sqrt{2}) - \nu R T_1 (\sqrt{8} - 1) = \frac{54.9}{8} > 5$$

$$= \nu R T_1 (1.5 + 2 - \sqrt{2} - 2\sqrt{2} + 1) = \nu R T_1 (6.5 - 4\sqrt{2})$$

$$Q_{12} = c_{12} V (\bar{T}_2 - \bar{T}_1) = 6 \nu R T_1 \quad (\bar{T}_2 = 4T_1, c_{12} = 2R \text{ по графику})$$

$$\eta = \frac{A}{Q_{12}} \cdot 100\% = \frac{\nu R T_1 (6.5 - 4\sqrt{2})}{6 \nu R T_1} = \frac{6.5 - 4\sqrt{2}}{6} \cdot 100\%$$

$$\sqrt{2} \approx 1.4, \text{ тогда } \eta = \frac{6.5 - 4 \cdot 1.4}{6} \cdot 100\% = \frac{0.3}{6} \cdot 100\% = \frac{5}{20} \cdot 100\% = 15\%$$

Ответ: $\eta \approx 15\%$

$$F - \mu mg = ma$$

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

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

m · 150 + g · 10h =

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

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:



МФТИ

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



N4

$$\begin{aligned} \textcircled{2} \quad A_{23} &= Q_{23} - \Delta U_{23} = \frac{1}{2} \gamma R (T_3 - T_2) - \frac{3}{2} \gamma R (T_3 - T_2) = -\gamma R (T_3 - T_2) = \\ &= \gamma R (T_2 - T_3) = \gamma R (4T_1 - 2\sqrt{2}T_1) = \gamma R T_1 (4 - 2\sqrt{2}) \quad (T_3 = \sqrt{8}T_1, T_2 = 4T_1, \text{ по} \\ &\quad \text{граф.}) \end{aligned}$$

400 · 8,31 · $\frac{3}{2}$ 600 8,31

$$A_{L_{31}} = \frac{5}{2} R = \frac{i+2}{2} R \quad (i=3 \text{ по укл.}) \Rightarrow \text{процесс 1-3 - изобарный}$$

$$\Rightarrow A_{31} = 0 \text{ Дж}$$

$$A = A_{12} + A_{23} + A_{31}, \quad A_{12} = (T_2 - T_1) \frac{1}{2} \gamma R = \frac{3}{2} \gamma R T_1 \quad (T_2 = 4T_1, \text{ по укл.})$$

$$Q = Q_{12}, \quad Q_{12} = C_{12} \gamma (T_2 - T_1) = 6 \gamma R T_1 \quad (T_2 = 4T_1, C_{12} = 2R \text{ по укл.})$$

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{\frac{3}{2} \gamma R T_1}{6 \gamma R T_1} = \frac{1}{4}$$

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

$$F \cdot \frac{v_0^2}{2a} = \mu mg + \frac{v_0^2 m}{2}$$

$$(\rho_2 - \rho_1)(V_3 - V_2) = \frac{R \cdot \mu}{c^2}$$

$$\mu mg < F$$

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

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

$$F - \mu mg = ma$$

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

$$F \cdot \frac{v_0^2}{2(F - \mu mg)} = \mu mg + \frac{v_0^2 m}{2}$$

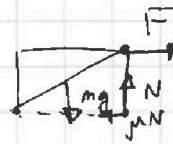
$$at = v_0$$

$$\frac{v_0}{t} = a$$

$$\mu mg = ma \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a = \mu g$$

$$v_0 - at = 0 = v_0$$



$$mg \downarrow$$

$$\frac{F v_0^2}{F - \mu mg} = 2 \mu mg + \frac{v_0^2 m}{2}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1
 2
 3
 4
 5
 6
 7

МФТИ

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



$$F = AS + E_k$$

$$-6.5 \quad 6 - 10t = 2 \quad S(F - \mu mg) = \frac{m v_0^2}{2} \quad \mu mg$$

$$1.4 \quad 5.6$$

$$x \quad 4 \quad 0.9$$

$$5.6$$

$$-4 = -10t$$

$$2v_0^2 = m \frac{v_0^2}{2}$$

$$x \quad 8.31$$

$$2.400 \quad \frac{\Delta E}{2} \text{ (J)}$$

$$332400$$

$$\frac{0.9}{6} = \frac{0.3}{2} = \frac{3}{20} \cdot t = 0.4$$

$$S = 2.4 - \frac{0.16 \cdot 10}{2} = 1.6$$

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

39
739
351
184
1521

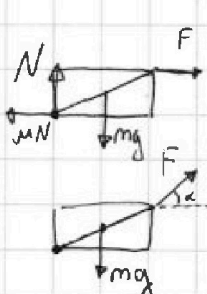
$$4\sqrt{2} - 2\sqrt{2} + 1 \approx 5 - 4\sqrt{2}$$

Δn
 Q_1

$$4\sqrt{RT_1} (8 - 4\sqrt{2}) - \sqrt{RT_1} (25\sqrt{2} - 1) = \sqrt{RT_1} (8 - 2\sqrt{2})$$

$$40 \times 40 = 1600$$

$$39 \times 39 = 1521$$



$$F \leq \frac{mg}{2}$$

$$F - \mu mg \geq 0$$

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

$$P_1 V_1 = \gamma R T_1 = \gamma R T_1$$

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

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

$$10.5 = 3 \cdot 3.5$$

$$0.4 + \frac{3.9}{15} = \frac{1.3}{5} = 0.26 \times 0.16 = 0.0416$$

$$\mu mg \leq F \leq \frac{mg}{2}$$

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

$$P_1 V_1 =$$

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

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

$$Q_{12} = C \gamma (T_2 - T_1)$$

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

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

$$1.95$$

$$2 - \sqrt{2} + 1.5 = 4 - \sqrt{2}$$

$$\sum \tau \cdot g =$$

$$\frac{10.5}{6} = 3.5 - 1.4 = \frac{2.1}{6} = \frac{0.4}{2} = \frac{7}{20} = 35\%$$

$$9854$$

$$0.09 \times 15.5 = 1.425$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:



- 1
 2
 3
 4
 5
 6
 7



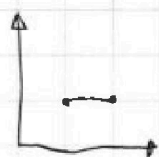
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$0 \times \frac{10}{8}$
199

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

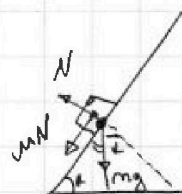
$$\frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = S$$

$$\sin^2 \alpha = \frac{2gS}{v_0^2} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 200}{20^2} = 1 \Rightarrow \sin \alpha = \frac{\sqrt{2}}{2}$$



$$H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{200}{20} = 10 \text{ м}$$

$$t = \frac{m v_0}{F}$$



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

$$F - \mu mg = \frac{v_0^2}{2g} \Rightarrow F - \mu mg = \frac{100}{10} = 10$$

$$F - \mu mg = F$$

$$\frac{2}{5} \cdot \frac{1}{3} = 0,2$$

$$gt = \frac{ax}{2g} = \frac{ax}{4-9g}$$

$$v_0 \sin \alpha - g \frac{t^2}{2} = 0$$

$$h' a = 7$$

$$\frac{v_0 \sin \alpha}{g} = t$$

$$L = 2 t v_0 \cos \alpha = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

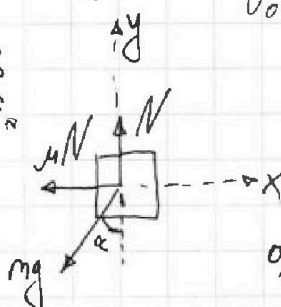
$$D = -4 \Rightarrow$$

$$v_0 - aT = 0$$

$$x = 701 - 9$$

$$H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$ma =$$



$$0,36 + 0,1$$

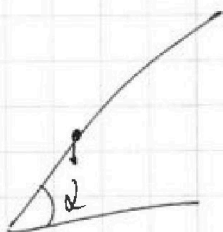
$$\frac{m v_0^2}{2} = S(F - \mu mg)$$

P

Pa =



$$b b_1 = 8'0 \cdot 8'1 = \frac{ax}{9g}$$



$$N = mg \cos \alpha$$

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

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

$$v_0 t = 2,5$$

$$v_0 = \frac{2,5}{t} = \frac{ax}{2}$$

$$S = v_0 t - \frac{a t^2}{2}$$