



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.

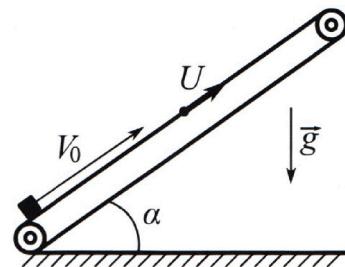
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α 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) Какой 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

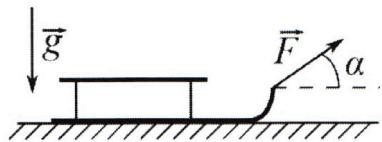
$$U = 1 \text{ м/с}?$$

3) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки обратится в ноль *во втором опыте*? 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 кинетической энергии K на одинаковых участках пути.

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 кинетической энергии K действие внешней силы прекращается.



1) Найдите коэффициент μ трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.

2) Найдите перемещение S санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения g .

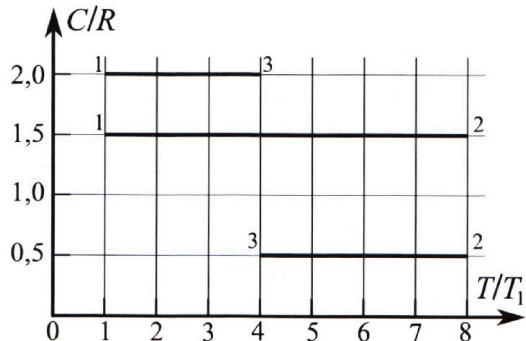
Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

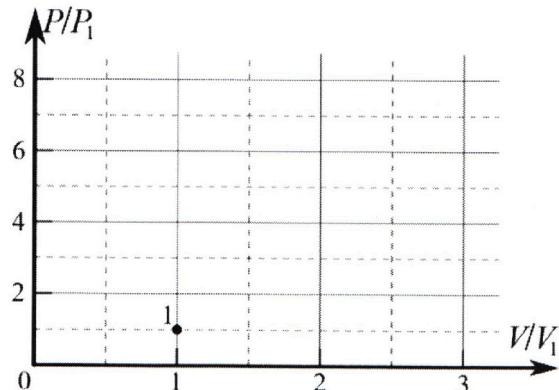
Вариант 10-02

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).

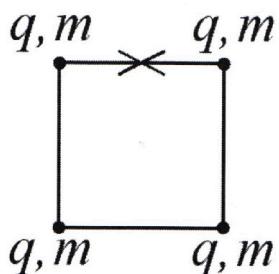


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1 газа в цикле.



5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной 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 вверху (на рисунке)? Электрическая постоянная ϵ_0 . 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!

(1) задача

4) угол \angle (такой что) максимальная высота будет

достижимая при $\dot{\vartheta}_y$ (проекции $\dot{\vartheta}_0$ на ось y) = 0 т.к.

на $[0; \angle]$ при увеличении угла будут сходиться к \angle

на $[\angle; \frac{\pi}{2}]$ при уменьшении угла будут тоже сходиться к \angle

5) $\dot{\vartheta}_y (+) = \sin \angle \dot{\vartheta}_0 - g + ; \quad \sin \angle \dot{\vartheta}_0 - g + c = 0 \quad (c \text{ - время отталкивания})$
 $(c = \frac{\sin \angle \dot{\vartheta}_0}{g}) \quad (1)$

6) $y (+) = \sin \angle \dot{\vartheta}_0 t + \frac{g + c}{2} = H ; \quad \frac{\sin^2 \angle \dot{\vartheta}_0^2}{g} - \frac{\sin^2 \angle \dot{\vartheta}_0^2}{2g} = H ;$
 $\frac{\sin^2 \angle \dot{\vartheta}_0^2}{2g} = H ; \quad \sin \angle \dot{\vartheta}_0 = \frac{\sqrt{2gH}}{\dot{\vartheta}_0}$

7) $\cos \angle = \sqrt{1 - \sin^2 \angle} = \sqrt{\dot{\vartheta}_0^2 - 2gH} / \dot{\vartheta}_0$

8) $x(t_c) = \cos \angle \dot{\vartheta}_0 t_c = \cos \angle \dot{\vartheta}_0 \cdot \frac{\sin \angle \dot{\vartheta}_0}{g} = S$

$$S = \frac{\sqrt{2gH}}{\dot{\vartheta}_0} \cdot \frac{\sqrt{\dot{\vartheta}_0^2 - 2gH}}{\dot{\vartheta}_0} \dot{\vartheta}_0^2 = \frac{\sqrt{2gH} \cdot \sqrt{\dot{\vartheta}_0^2 - 2gH}}{g}$$

$$S = \frac{\sqrt{2 \cdot 36} \cdot \sqrt{200 - 72}}{10} = \frac{6\sqrt{2} \cdot \sqrt{128}}{10} = \frac{6 \cdot \sqrt{2} \cdot 2^3 \sqrt{2}}{10} = \frac{6 \cdot 8 \cdot 2}{10}$$

$$\underline{S = 9,6 \text{ M}}$$

Ответ: 1) $\dot{\vartheta}_0 = 10 \text{ rad/s}$ 2) $S = 9,6 \text{ M}$

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

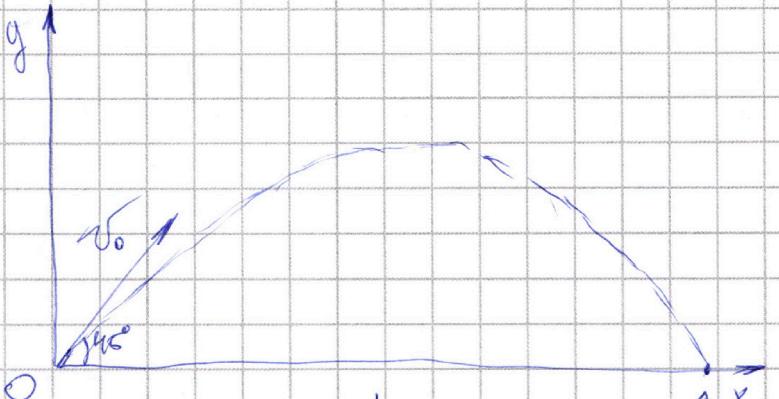
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 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



(1)

$$1) Oy: y(t) = \sin 45^\circ v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

$$Ox: x(t) = \cos 45^\circ v_0 t$$

$$2) \frac{\sqrt{2}}{2} v_0 t - \frac{gt^2}{2} = 0$$

$$\frac{\sqrt{2}}{2} v_0 t = L$$

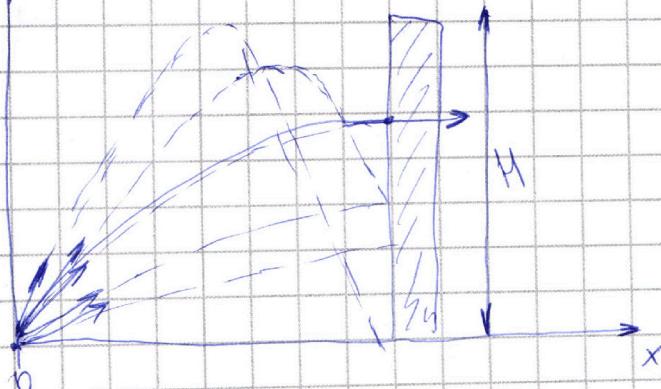
$$L = \frac{gt^2}{2} \quad \sqrt{\frac{2L}{g}} = t_m$$

$$3) \frac{\sqrt{2}}{2} v_0 t_m = L ; \sqrt{\frac{2L}{g}} = t_m$$

$$\frac{\sqrt{2}}{2} v_0 \frac{\sqrt{2L}}{\sqrt{g}} = L \\ v_0 = \sqrt{Lg}$$

$$v_0 = \sqrt{Lg} ; v_0 = \sqrt{20 \cdot 10} = 10\sqrt{2} \text{ m/c}$$

$$4) y$$





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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

5

6

МФТИ

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

② (продолжение)

$$1) X(t) = \frac{-2}{2} + t^2$$

$$x(t_2) = -\frac{1}{4} \text{ M}$$

$$2) L = X(t) + x_2(t) = \underline{\frac{5}{4} - \frac{1}{4} = 1 \text{ M}}$$

Ответ: 1) $\$=1,96 \text{ M}$ 2) $T_1 = 0,5 \text{ c}$ 3) $L = 1 \text{ M}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

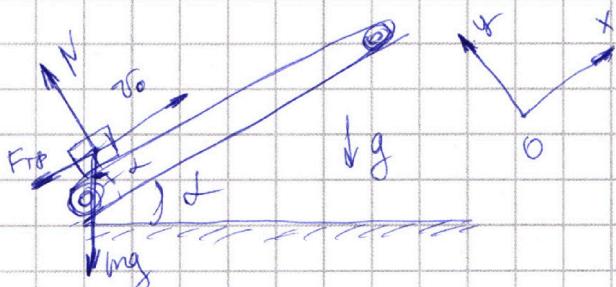


- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

МФТИ

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

1) Лерта покосится



1) Силы по оy: $O = N - \cos L mg$; $\cos L mg = N$

Силы по оx: $ma = -F_f - \sin L mg$

2) $\sin L = 0,6$ $ma = -\mu N - \sin L mg$

$\cos L = \sqrt{1 - 0,36} = 0,8$ $ma = -\mu mg \cos L - mg \sin L$

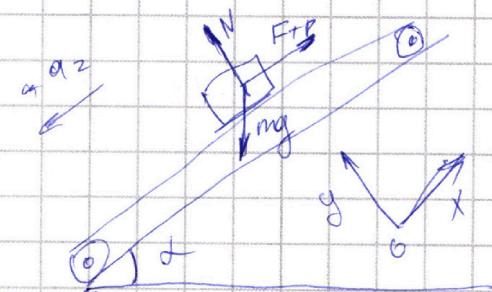
$\Rightarrow a = -g(\mu \cos L + \sin L)$

$a = -10 \left(0,5 \cdot \frac{4}{5} + \frac{3}{5} \right) = -4 - 6 = -10 \text{ м/с}^2$

3) Т.к. ускорение (a) = 10 м/с $\Rightarrow V_0 = 6 \text{ м/с}$, то блок остановится где $T = 1 \text{ с}$

$\Sigma_x (+) = 6 - \alpha t = 0$ $t = \frac{6}{10} \text{ с}$

4) $X(+)=6t - \frac{\alpha t}{2} \frac{36}{10 \cdot 10} = \frac{36}{10} - \frac{18}{10} = \frac{18}{10} \text{ м} = 1,8 \text{ м}$

5)  Oy : $O = N - \cos L mg$; $N = \cos L mg$

Ox : $-ma_2 = \sin L mg + F_f$

$-ma_2 = -\sin L mg + \mu mg \cos L$

$a_2 = 6 - 4 = 2 \text{ м/с}^2$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

МФТИ

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

(2) (продолжение)

6) $V_x(t) = +2t$ (т.е. сила направлена вправо, а не влево, как в первом решении)

берем знак "+")

$$x(t) = \frac{2t^2}{2} = t^2 \quad t = 1 - \frac{6}{10} = \frac{4}{10} = 0,9 \text{ c}$$

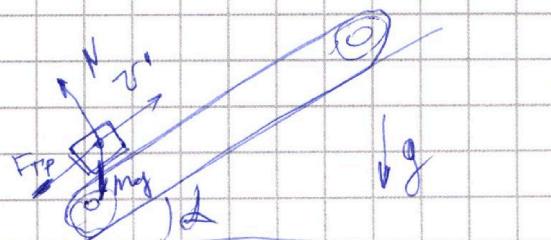
$$x(0,9) = \underline{0,16 \text{ M}}$$

7) $S = S_1 + S_2 = 1,8 + 0,16 = \boxed{1,96 \text{ M}}$

Второй ответ: Переведем в систему ленты: $\vec{V}_1' = \vec{V}_0 - \vec{U}$

$$\underline{\underline{V_1' = 5 \text{ m/c}}}$$

, тогда задача становится аналогичной предыдущей



искомая скорость $U = 1 \text{ m/c} \rightarrow U' = 0 \text{ m/c}$ т.е. нужно найти

T_1 - ~~исходный~~

8) (из 1) $a = 10 \text{ m/c}^2$

$$V_x(t) = 5 - 10t \quad V_x(T_1) = 5 - 10T_1 = 0, \quad \boxed{T_1 = 0,5 \text{ c}}$$

9) $x(t) = 5t - \frac{10}{2}t^2 \quad x(T_1) = 5 \cdot \frac{1}{2} - \frac{10}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{5}{4} \text{ M}$

10) (из 5) $a_2 = 2 \text{ m/c}^2$

$$V_x(t) = -2t$$

$$-2t_2 = -1 \quad t_2 = 0,5 \text{ c}$$

$$U_1 = 0 \text{ m/c} \Rightarrow U_1' = -1 \text{ m/c}$$



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 Пункт 2

$$(u_3) \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$4) K = A_{TP} (3 \text{ C2:})$$

$$A_{TP} = F_{TP} \cdot S = \mu mg \cdot S = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} mg S$$

$$K = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} mg \beta$$

$$\boxed{S = \frac{K \sin \alpha}{mg(1 - \cos \alpha)}}$$

$$\text{Ответ: 1) } \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \quad 2) \beta = \frac{K \cdot \sin \alpha}{mg(1 - \cos \alpha)}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

5

6

7

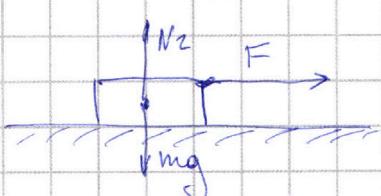
МФТИ



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

(3)

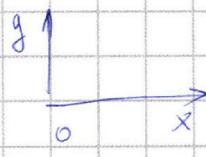
1)



$$1.1) \text{ Oy: } N_2 = mg$$

$$\text{Ox: } ma_1 = F - F_{\text{fr}}$$

$$ma_1 = F - \mu mg \quad (1)$$



$$1.2) \text{ Oy: } N_1 = mg - \sin L \cdot F$$

$$\text{Ox: } ma_2 = F \cos L - \mu(mg - \sin L \cdot F)$$

$$(2) ma_2 = F \cos L - \mu mg + \mu \sin L \cdot F$$

2) считая, что оба блока проходят одинаковый путь и

но движутся одинаково и скорость на "высоте" из них одинаковая, можно сказать, что $\alpha_1 = \alpha_2$

$$3) (1)-(2) \quad 0 = F - F \cos L - \mu \sin L \cdot F$$

$$\mu \sin L = 1 - \cos L$$

$$\boxed{\mu = \frac{1 - \cos L}{\sin L}}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

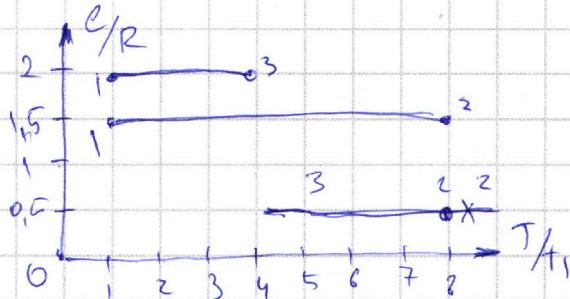
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!



$$i = 3 \text{ (одноакомп.)}$$

$$\dot{v} = 1 \text{ (1 mode)}$$

$$1) A_{31} : Q_1 = A_{31} + \Delta U_{31}$$

$$Q = e_R T = (2R) \cdot (4T_1 - T_1) = 6T_1 R$$

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} R \Delta T = \frac{3}{2} R (4T_1 - T_1) = 4,5 T_1 R$$

$$|A_{31}| = Q - \Delta U_{31} = 6T_1 R - 4,5T_1 R = 1,5T_1 R$$

$$\boxed{|A_{31}| = 1,5T_1 R} \quad |A_{31}| = 1,5 \cdot 200 \cdot 8,31 = 300 \cdot 8,31 = 2493 \text{ ДНГ}$$

$$2) A_{12} : Q = A_{12} + \Delta U_{12}$$

$$Q_2 = e_R T = 1,5 R \cdot 7T_1 \Rightarrow A_{12} = Q - \Delta U = 0$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} R \cdot 7T_1 = 1,5 R \cdot 7T_1$$

$$3) A_{23} : Q = A_{23} + \Delta U_{23}$$

$$Q_3 = e_R T = \frac{1}{2} R \cdot 4T_1 \Rightarrow A_{23} = Q - \Delta U = -4RT_1$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} R \cdot 4T_1$$

$$4) |\eta| = \left| \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{Q_1 + Q_2 + Q_3} \right| = \left| \frac{0 - 4RT_1 + 1,5RT_1}{6T_1 R + 7 \cdot 1,5T_1 R + 2T_1 R} \right| =$$

$$= \left| -\frac{2,5}{8 + 10,5} \right| = \left| -\frac{2,5}{18,5} \right| = \left| -\frac{2,5}{18,5} \right| = -\frac{5}{37} = \frac{5}{37}$$

33

1 2 3

33



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) (продолжение)

5) КПД цикла $\eta = \frac{5}{37}$

Ответ: 1) $A_{31} = 2493 \text{ ДН}$ 2) $\eta = \frac{5}{37}$



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!

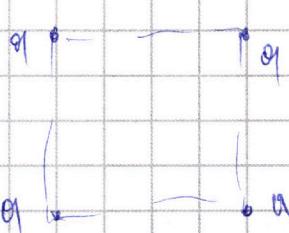
(5) продолжение

Ответ: 3) $\frac{\sqrt{5}}{2}$ а

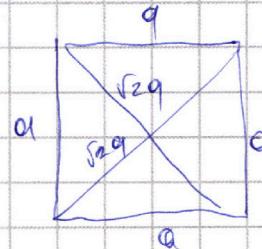


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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



(5) Вопрос 2

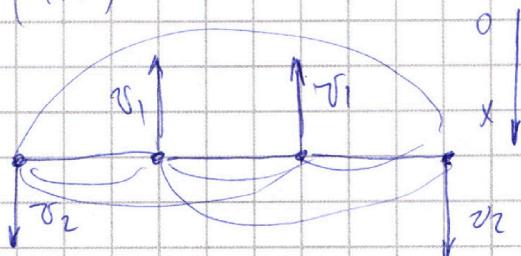


1) Энергия начального - E_1

$$E_1 = 4 \cdot k \frac{a^2}{a} + 2 \cdot k \frac{a^2}{\sqrt{2}a} = \frac{ka^2}{a} (4 + \sqrt{2})$$

2) Энергия конечная - E_2

$$E_2 = m\dot{\tau}_1^2 + m\dot{\tau}_2^2 \quad (7)$$



$$(7) 3 \cdot \frac{ka^2}{a} + 2 \cdot \frac{ka^2}{\sqrt{2}a} + \frac{ka^2}{3a} = m_2 \dot{\tau}_1^2 + m_2 \dot{\tau}_2^2 + \frac{ka^2}{a} (4 \frac{1}{3})$$

3) Внешние силы на систему не действуют

(пренебрежимо мало), тогда заменим 3 СН

$$\text{oxi} \quad 2m\ddot{\tau}_2 - 2m\ddot{\tau}_1 = 0 \Rightarrow \dot{\tau}_1 = \dot{\tau}_2$$

$$4) \begin{cases} \text{3С2: } E_2 = E_1 \\ \text{3С4: } \dot{\tau}_1 = \dot{\tau}_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{ka^2}{a} (4 + \sqrt{2}) = 2m\dot{\tau}_1^2 + \frac{ka^2}{a} (4 \frac{1}{3})$$

$$\frac{m\dot{\tau}_1^2}{2} = E \Rightarrow 2m\dot{\tau}_1^2 = 4E$$

$$\frac{ka^2}{a} (4 + \sqrt{2}) = 4E + \frac{ka^2}{a} \cdot 4 + \frac{1}{3} \frac{ka^2}{a}$$

$$E = \frac{ka^2}{a} \left(\frac{\sqrt{2} - \frac{1}{3}}{4} \right)$$

$$4E = \frac{ka^2}{a} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{3} \right)$$

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!

⑤ Вопрос (2-3)

$$5) K = \frac{kq^2}{4a} (\sqrt{2} - \frac{1}{3})$$

$$K = \frac{8\sqrt{2}\pi\epsilon_0 T a^3 (2\sqrt{2}-1)}{4 \cdot 9 \cdot 4\pi\epsilon_0} \left(\frac{3\sqrt{2}-1}{3} \right)$$

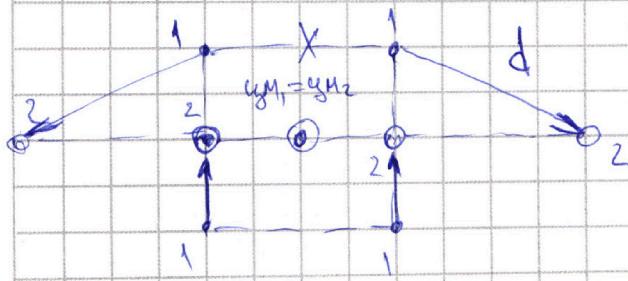
$$K = \frac{\sqrt{2} T a (2\sqrt{2}-1)(3\sqrt{2}-1)}{7 \cdot 2 \cdot 3}$$

$$K = \frac{T a (\sqrt{2}(12 - 3\sqrt{2} + 2\sqrt{2}-1))}{7 \cdot 2 \cdot 3} = \frac{T a (11\sqrt{2}-10)}{42}$$

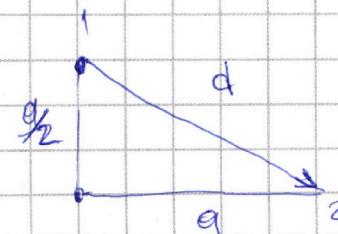
$$\boxed{K = T a \frac{11\sqrt{2}-10}{42}}$$

Вопрос 3

T.k. временные сдвиги не действуют (применяются
также) центр масс системы будет находиться на
одном месте.



$$d = \sqrt{a^2 + a^2} = \frac{\sqrt{5}}{2} a$$



$$d = \frac{\sqrt{5}}{2} a$$

$$\text{Ответ: 1) } q = \sqrt{\frac{8\sqrt{2}\pi\epsilon_0 T a^2 (2\sqrt{2}-1)}{7}} \quad 2) K = T a \frac{11\sqrt{2}-10}{42}$$

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

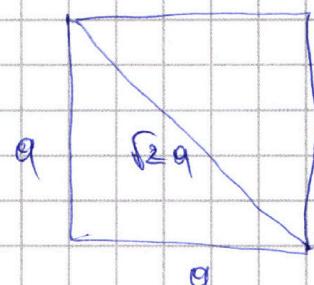
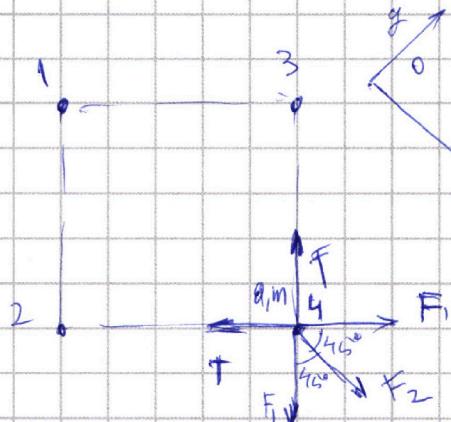
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

(5)



1) очевидно, что проекции сил по осям скрещиваются
(ввиду симметрии) заменим для Ox :

$$0 = F_2 + 2 \cos 45^\circ F_1 - 2 \cos 45^\circ T \quad (\text{силы с } q_3, q_2 \text{ по} \\ \sqrt{2}T = F_2 + \sqrt{2}F_1 \quad \text{модуль равны})$$

$$\sqrt{2}T = \frac{k q^2}{(\sqrt{2}q)^2} + \sqrt{2} \frac{k q^2}{a^2} \rightarrow q^2 = \frac{\sqrt{2} T a^2}{k \left(\frac{1+2\sqrt{2}}{2} \right)}$$

$$\sqrt{2}T = \frac{k q^2}{a^2} \left(\frac{1}{2} + \sqrt{2} \right) \rightarrow q^2 = \frac{2 \sqrt{2} T a^2}{k \left(1+2\sqrt{2} \right)}$$

$$q = \sqrt{\frac{8 \sqrt{2} \pi \epsilon_0 T a^2 (2\sqrt{2}-1)}{25+1}}$$

$$q = \sqrt{\frac{8 \sqrt{2} \pi \epsilon_0 T a^2}{25+1}}$$

$$q^2 = \frac{2 \sqrt{2} T a^2 (2\sqrt{2}-1)}{k (8-1)}$$

$$q^2 = \frac{(8-2\sqrt{2}) T a^2}{7 k}$$

$$q^2 = \frac{4 \pi \epsilon_0 2 \sqrt{2} T a^2 (2\sqrt{2}-1)}{7}$$



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 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!

$$x(+)=5 \frac{1}{2} = \frac{10}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{5}{2} - \frac{5}{4} = \frac{5}{4} = \frac{5}{4} \text{ м}$$

$$(+) = 2 \cancel{2} \cancel{2} \cancel{2} + 1 \quad t = 95$$

$$\mathbb{Q} = A + \mathbb{M}$$

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{8} = 1 \text{ м}$$

✓РЕШЕНИЕ

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

$$f_2 T = \sqrt{2} + \frac{1}{2}$$

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

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

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

$$q^2 = \frac{q^2 + a^2}{16-2} \quad \frac{q^2 + a^2}{14}$$

$$K = A_{F_{\text{тр}}} = F_{\text{тр}} \cdot S; \quad F_{\text{тр}} = \mu mg$$

$$K = \frac{mV^2}{2}$$

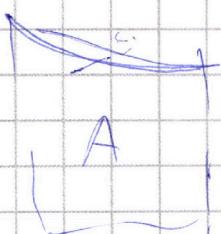
$$S = \frac{K}{\mu mg} \quad \text{Софтвер} \quad \frac{1}{2}$$

$$PdN$$

$$PV = RT$$

$$P = \text{const} \quad \frac{dU}{dT}$$

$$\begin{array}{r} \times 8,31 \\ 3 \\ \hline 24 93 \end{array}$$



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"/> |

МФТИ

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

$$Q = C \Delta T \Rightarrow (4\pi R - e^T) 2R = 6\pi R - 3\pi R = 6\pi R - 4\pi R$$

$$R_1 = 4$$

$$\frac{C}{R} = 2$$

$$C = 2R$$

Q - зноем

$$T =$$

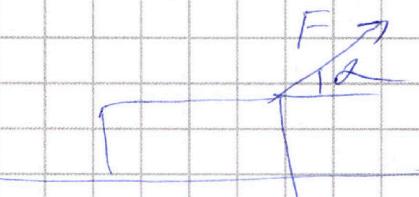
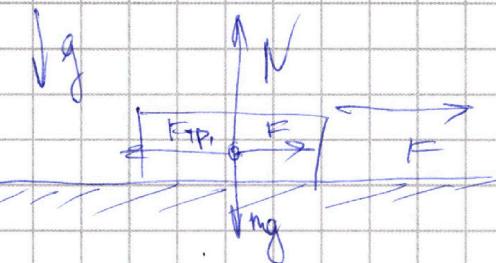
$$i = 3$$

$$C = \frac{i+2}{2} R \quad \frac{1}{2} R$$

$$RT = PV$$

$$A_{31} = 2\pi R \cdot 2\pi R$$

$$A_{31} = P_0 V$$



1)

$$N = mg$$

$$\sin \alpha \cdot F$$

$$N = mg - \sin \alpha \cdot F$$

$$ma = F - \mu mg$$

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

$$0 = F - \cos \alpha \cdot F - \mu \sin \alpha \cdot F$$

$$\cos \alpha - \mu \sin \alpha = 1$$

$$\alpha = 0 \quad \alpha =$$

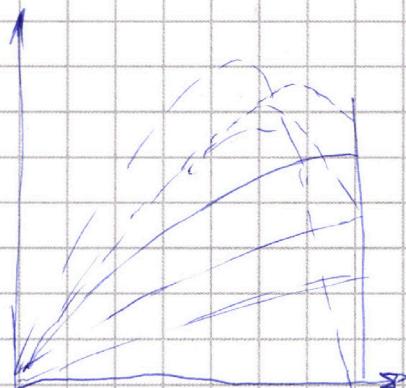
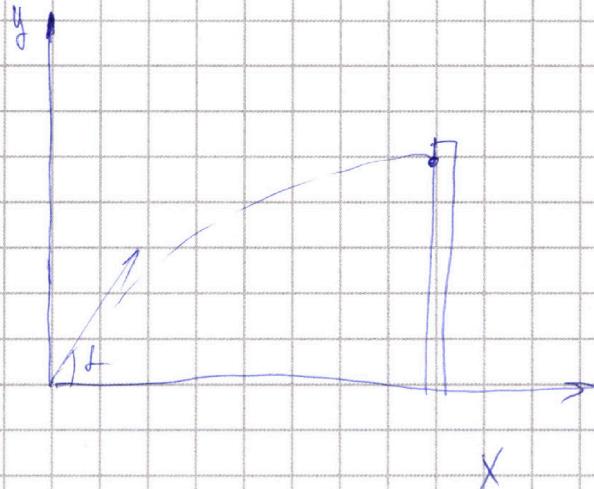
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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



$$\sin \vartheta = g t / \sqrt{v^2 - g^2 t^2} = 0$$

$$t_e = \frac{\sin \vartheta}{g}$$

$$y(t) = \frac{\sin^2 \vartheta}{2g} t^2 \Rightarrow \frac{\sin^2 \vartheta}{2g} = \frac{\sin^2 \vartheta T^2}{2g} = H$$

$$x(t) = \cos \vartheta \sqrt{v^2 - \sin^2 \vartheta} = \sqrt{v^2 - 2gH}$$

$$\sin \vartheta = \sqrt{2gH} / \sqrt{v^2 - 2gH}$$

$$S = \frac{v \sin \vartheta \sqrt{v^2 - 2gH}}{g}$$

$$\cos \vartheta = \sqrt{v^2 - 2gH} / v$$

$$128 = 2^7 = \left(2^3 \cdot 2^{\frac{1}{2}}\right)^2$$

$$S = \sqrt{2 \cdot 36} \sqrt{200 - 72} = \frac{6\sqrt{2} \cdot 3 \cdot \sqrt{2}}{10} = \frac{6 \cdot 2 \cdot 3}{10} =$$

Нетрудно заметить, что максимальная высота

достижется при минимальной скорости на рис.

$$\frac{6 \cdot 2 \cdot 3}{10} = 12 \cdot 8 \cdot \frac{12}{16} = 96$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

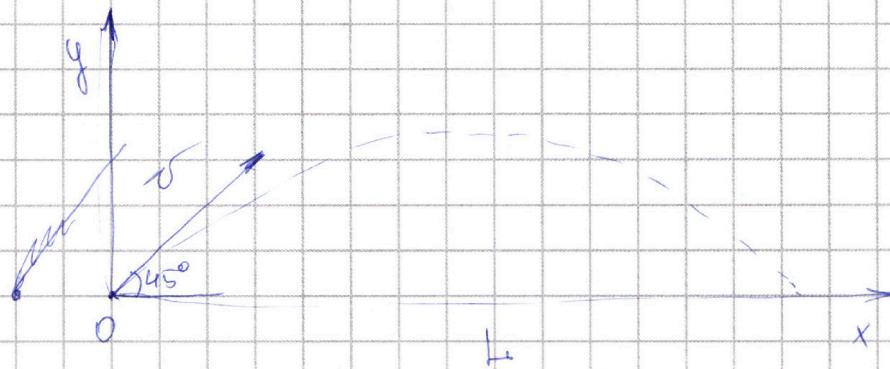
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

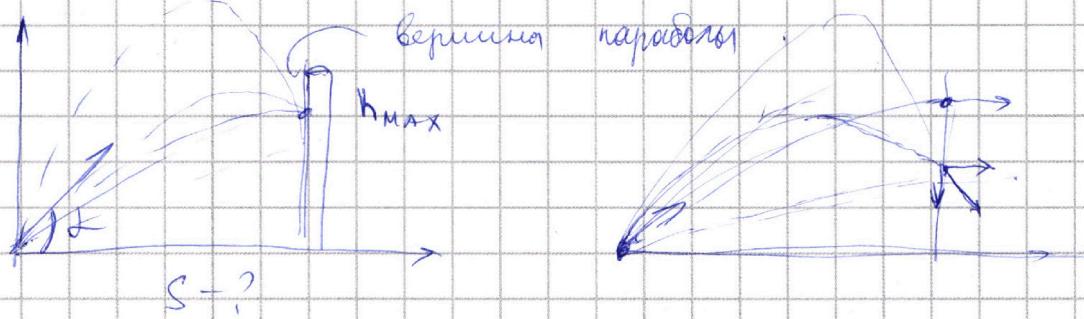
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$1) \text{ ог: } g(t) = \sin 45^\circ \cdot v_0 t - \frac{g t^2}{2} = 0 \quad 2L = g t_0^2$$

$$\text{ох: } x(t) = \cos 45^\circ \cdot v_0 t = L \quad \sqrt{\frac{2L}{g}} = t_0$$

$$v = \frac{L}{\cos 45^\circ t_0} = \frac{\sqrt{2} L}{\sqrt{2} t_0} = \sqrt{4g}$$



$$mgh - m\omega x \quad \frac{m v_0^2}{2} - \min \quad \max$$

$$\sin \alpha \cos \alpha$$

$$\sin \alpha \cos \alpha t_0 = \frac{g t_0^2}{2} = h_{\max}$$

$$\cos \alpha \sin \alpha = S$$

$$t_0 = \frac{S}{\cos \alpha \sin \alpha}$$

$$x(t) = \cos \alpha \sin \alpha t$$

$$x(t) = \cos \alpha \sin \alpha t$$

$$y(t) = \sin \alpha \cos \alpha - g t_0$$

$$y(t) = \left(\sin \alpha \cos \alpha - \frac{g t_0^2}{2} \right)$$

$$y(t) = \sin \alpha \cos \alpha - \frac{g S}{\cos \alpha \sin \alpha}$$

$$y(t) = 0 = \sin \alpha \cos \alpha - g t_0$$

$$t_0 = \frac{\sin \alpha \cos \alpha}{g}$$

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

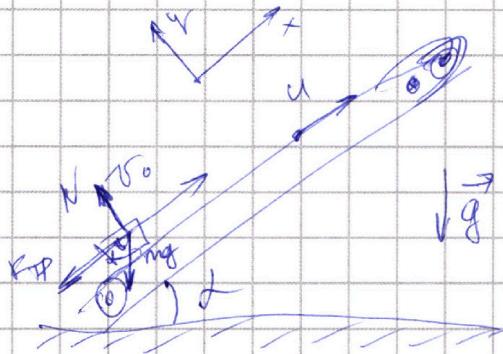
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

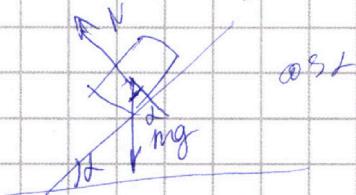
МФТИ

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



$$\sin \alpha = 0,6 = \frac{3}{5}$$

$$\cos \alpha = 0,8 = \frac{4}{5}$$



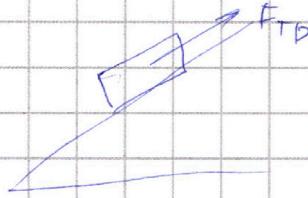
$$F_{\text{TP}} = \cos \alpha \cdot mg$$

$$F_{\text{TP}} = \cancel{\mu \cos \alpha} \mu m g \cos \alpha = \cancel{\mu} \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot \frac{4}{5} m = 4m$$

$$a = 4 \text{ m/s}^2$$

$$\sin \alpha \cdot mg = \frac{3}{5} \cdot m \cdot 10 = 6m$$

$$F_x = 10m$$



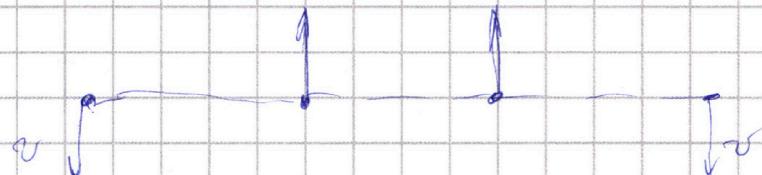
$$\mathfrak{f} a = 10 \text{ m/s}^2$$

$$75(+)=6-10+=0 \quad \mathcal{Z}=0 \quad +=\frac{6}{10}$$

$$S(+)=6 \cdot t - \frac{a t^2}{2} = \frac{36}{10} - \frac{10}{2} \cdot \frac{36}{100} = \frac{18}{10} = 1,8(\text{m})$$

230m:

$$m_1 v_1 = m_2 v_2$$



$$\frac{m_1 v^2}{2} \neq 16,8 \text{ m} + 10 \text{ m/s}$$
$$\frac{v^2}{2} = 16 \text{ m}$$

$$\text{so } S = \frac{v^2}{32} = \frac{36}{32} = \frac{9}{8} = 1 \frac{1}{8}$$



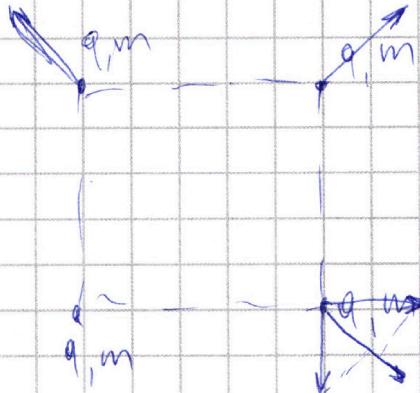
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input 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!



$$E_1 = \frac{m\omega^2}{2} = A_{FP} + \frac{m\omega^2}{2} + mgR \sin \theta$$

$$\frac{25}{2} = 10S + \frac{1}{2} + 6S$$

$$m \cdot 10 \cdot S$$

$$12 = 16S$$

$$S = \frac{3}{4} M$$

$$F_{q_1 q_2} T = \sum F_q = \frac{k \frac{q^2}{(2a)^2}}{(\sqrt{2})^2} + 2 \cos 45^\circ \frac{k \frac{q^2}{a^2}}{a^2} =$$

$$= \frac{k \frac{q^2}{2a^2}}{2} + \cancel{\frac{k \frac{q^2}{a^2}}{a^2}} = \frac{k \frac{q^2}{a^2}}{2} \left(\frac{1}{2} + \sqrt{2} \right) = \frac{k \frac{q^2}{a^2}}{2} \left(\frac{2\sqrt{2} + 1}{2} \right) = T$$

$$\omega^2 = \frac{T a^2}{k} \left(\frac{2}{2\sqrt{2} + 1} \right)$$

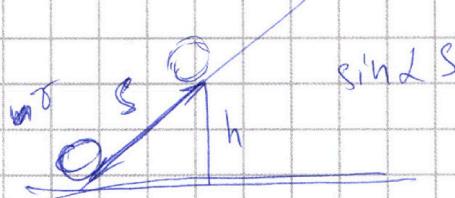


$$E_1 = 4 \frac{k \frac{q^2}{a^2}}{a^2} + 2 \frac{k \frac{q^2}{a^2}}{(\sqrt{2}a)^2} = 5 \frac{k \frac{q^2}{a^2}}{a^2}$$

$$E_2 = 3 \frac{k \frac{q^2}{a^2}}{a^2} + 2 \frac{k \frac{q^2}{a^2}}{2a} + \frac{k \frac{q^2}{a^2}}{3a} = 4 \frac{1}{3} \frac{k \frac{q^2}{a^2}}{a^2}$$

$$\frac{m\omega^2}{2} = mgh$$

$$\frac{m\omega^2}{2} + A_{FP} = mgh$$



$$\frac{m\omega^2}{2} + m\omega R \sin \theta = mg \sin \theta + 10mS$$

$$\frac{m\omega^2}{2} \frac{25}{2} = 16S$$

$$S = \frac{\omega^2}{32} = \frac{36}{32} = \frac{9}{8}$$



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!