



**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.

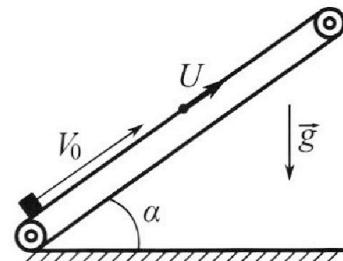
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. 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 покояющуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 6 \text{ м/с}$. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = 0,5$.

Движение коробки прямолинейное.



1) Какой путь S пройдет коробка в первом опыте к моменту времени $T = 1 \text{ с}$?

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

2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна

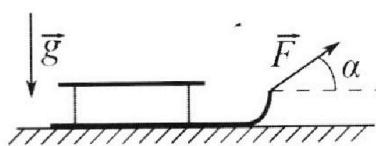
$$U = 1 \text{ м/с}?$$

3) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. 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 .

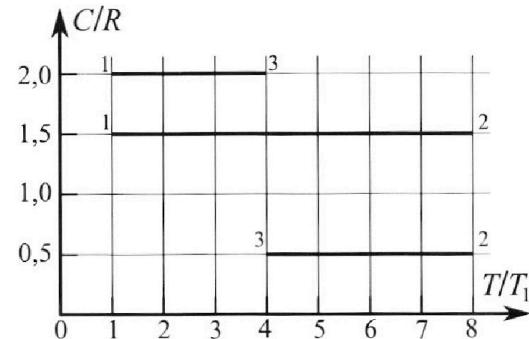
Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

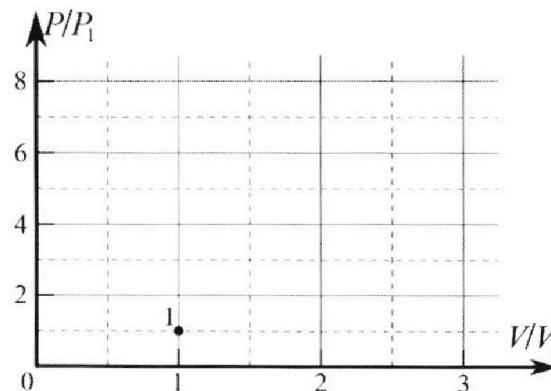
Вариант 10-02

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).

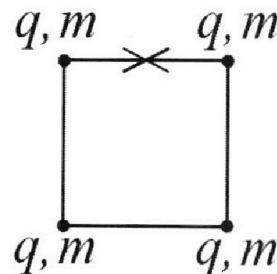


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует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

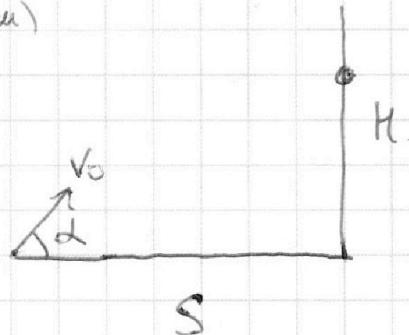
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

51.2

$$V_0 = 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{s}}$$

$H = 3,6 \text{ м}$ (максимум)

$S = ?$



$H(d) :$

$$V_0 \cos d t = S \rightarrow t = \frac{V_0 \cos d S}{V_0 \cos d}$$

$$V_0 \sin d t - \frac{gt^2}{2} = H$$

$$V_0 \sin d - \frac{S}{V_0 \cos d} - \frac{g S^2}{2 V_0^2 \cos^2 d} = H$$

$$S \cdot \tan d - \frac{g S^2}{2 V_0^2 \cos^2 d} = H \quad D = 0$$

$$S \cdot - \frac{g}{2 V_0^2 \cos^2 d} S^2 + \tan d \cdot S - H = 0$$

$$D = \tan^2 d = 4H \cdot \frac{g}{2 V_0^2 \cos^2 d} = \frac{\sin^2 d - \frac{4gH}{2 V_0^2}}{\cos^2 d} = 0$$

$\cdot D=0$ — граница зоны достижимости

$$2 V_0^2 \sin^2 d = 4gH$$

$$\sin d = \sqrt{\frac{4gH}{2 V_0^2}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10 \cdot 3,6}{2 \cdot 10 \cdot 2}} = 0,6, \cos d = 0,8$$

$(d \in (0, 90))$



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!

5.

$$\cancel{V_0 \cos \alpha = \frac{L}{t_n}} \quad t_n = \frac{L}{V_0 \cos \alpha}$$

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

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

$$V_0 = \frac{g L}{2 V_0 \sin \alpha \cos \alpha} = \frac{10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 20 \text{m}}{2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}}$$

$$V_0^2 = \frac{g L}{2 \sin \alpha \cos \alpha} = \frac{10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 20 \text{m}}{2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}} = \\ = \frac{200}{2 \cdot \frac{2}{4}} = 200$$

$$V_0 = \sqrt{200} = 10\sqrt{2} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Проверка:

$$V_0 = 10\sqrt{2} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$t = \frac{2 V_0 \sin \alpha}{g} = \frac{2 \cdot 10\sqrt{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}}{10} = 2 \text{ (с)}$$

$$L = V_0 \cos \alpha t = 2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 10\sqrt{2} = 20 \text{ (м)} \quad \checkmark$$

$$\text{Ответ: } V_0 = 10\sqrt{2} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



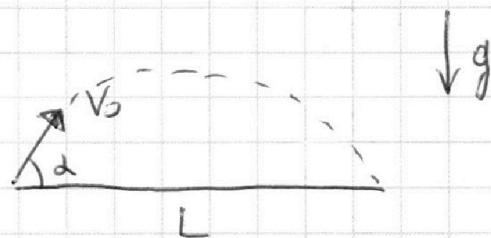
- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

МФТИ.

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

51
1)

Дано:
 $\alpha = 45^\circ$
 $L = 20 \text{ м}$
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$



Найти:
 V_0

1. Метло, брошенное под углом
к горизонту летит по параболе

2. $V_x = V_0 \cos \alpha = \text{const}$ - горизонтальная
проекция неизменна т.к. сопротивление
пренебрежимо мало

$V_y = V_0 \sin \alpha - gt$ - скорость по
вертикали зависит от времени из-за
ускорения свободного падения

3. Пусть метло упало через время
 t_n

$$L = V_0 \cos \alpha \cdot t_n$$

$V_0 \sin \alpha \cdot t_n - \frac{gt_n^2}{2} = 0$ - упало на исходную
высоту

4.

$$\begin{cases} V_0 \cos \alpha \cdot t_n = L \\ V_0 \sin \alpha \cdot t_n - \frac{gt_n^2}{2} = 0, t_n \neq 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} V_0 \cos \alpha \cdot t_n = L \\ V_0 \sin \alpha = \frac{gt_n}{2} \end{cases}$$

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"/> |

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

МФТИ

Variant

5

$$\begin{cases} 0,8V_0 \cdot t = 5 \\ 0,6V_0 t - 5t^2 = 3,6 \end{cases}$$

$$5t^2 - 0,6V_0 t + 3,6 = 0$$

$$D = (0,6V_0)^2 - 4 \cdot 3,6 = 0,36 \cdot 2 \cdot 100 - 144 = \\ = 0,72 \cdot 100 - 144 = 0$$

$$t = \frac{-(-0,6V_0)}{2 \cdot 5} = \frac{0,6V_0}{10} = 0,6\sqrt{2} \text{ (c)}$$

$$S = 0,8V_0 t = 0,6\sqrt{2} \cdot 10\sqrt{2} \cdot 0,8 = 9,6 \text{ m}$$

0,48 ZU

Ответ: 9,6 м

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



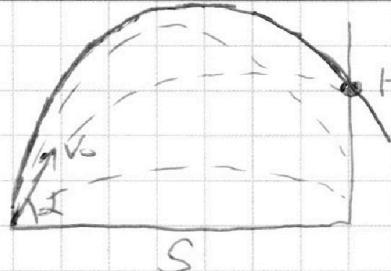
- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

МФТИ

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

2) $V_0 = 10\sqrt{2} \frac{m}{s}$

$H = 3,6 \text{ м}$ (максимум)
 $S = ?$



$H(d)$:

Нормаль кинетика - параллель бёзопасности
(1 угол наклонения, сине - максимум)

$V_0 \cos d \cdot t = S$

$d = 0$

$V_0 \sin d + \frac{-gt^2}{2} = H$

$$V_0 \sin d \cdot \frac{S}{V_0 \cos d} - \frac{g}{2} \frac{S^2}{2V_0^2 \cos^2 d} = H$$

$$S \operatorname{tg} d - \frac{gS^2}{2V_0^2 \cos^2 d} = H$$

$$\left(-\frac{g}{2V_0^2 \cos^2 d} \right) S^2 + (\operatorname{tg} d) S + (-H) = 0$$

$$D = \frac{\operatorname{tg}^2 d + 4gH}{2V_0^2 \cos^2 d} = \frac{\sin^2 d - \frac{4gH}{2V_0^2}}{\cos^2 d} =$$

$$= 0 \Rightarrow \sin d = \pm \sqrt{\frac{4gH}{2V_0^2}}, \text{ or } d \approx 29^\circ$$

Также +

$$\sin d = \sqrt{\frac{4gH}{2V_0^2}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10 \cdot 3,6}{2 \cdot 100 \cdot 2}} = \sqrt{0,36} = 0,6$$

$$\cos d = \sqrt{1 - \sin^2 d} = 0,8$$



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

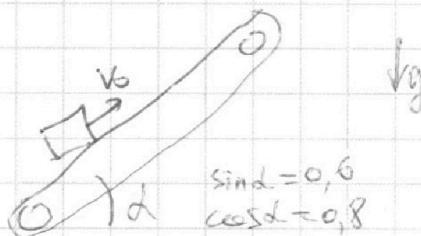
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

(3)



$$V_0 - g \sin \alpha t - \mu g \cos \alpha t = 0 \quad (1) \text{ - окн. линия } v = -1 \text{ при } t=0 \quad v = 0$$

$$t = \frac{V_0 + 1}{g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = \frac{7 \frac{m}{s}}{10 \frac{m}{s^2} \left(\frac{6}{10} + \frac{4}{10} \right)} = 0,7 \text{ s}$$

Следует ли забирать сюда?

$$\Delta x = (V_0 - g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)) t = (6 - 10(0,6 + 0,4)) 0,7 = -2,8 \text{ м}$$

~~$$\Delta x = V_0 t - \frac{1}{2} g t^2 = 6 \frac{m}{s} \cdot 0,7 \text{ s} - \frac{10 \frac{m}{s^2}}{2} \cdot (0,7)^2 \text{ s}^2 = 4,2 \text{ m} - 2,45 \text{ m} = 1,75 \text{ m}$$~~

Наблюдается движение - от точки старта по линии

$$\Delta x' = U \cdot t = 0,6 \text{ м} - проходит мячка старта$$

$$L = \Delta x + \Delta x' = 0,6 \text{ м} + 2,7 \text{ м}$$

$$O_{\text{наблюд}} = 2,7 \text{ м}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

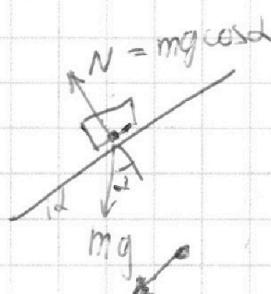
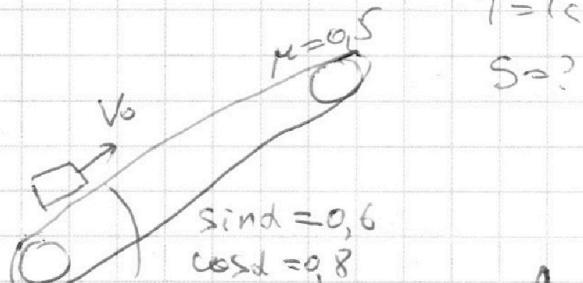
- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/>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

№2

1)



$$a = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = g(0,6 + 0,4) = g$$

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

1. До остановки

$$V_0 = at \rightarrow t = \frac{V_0}{a} = 0,6\text{c}$$

$$S_1 = \frac{at^2}{2} = \frac{10 \cdot 0,36}{2} = 1,8\text{ (m)}$$

2. После остановки - разгон вниз,

$$a' = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = 0,2g$$

$$S_2 = \frac{a' \cdot (T-t)^2}{2} = \frac{2 \cdot 0,2 \cdot (0,4)^2}{2} = 0,16\text{ m}$$

$$S = S_1 + S_2 = 1,96\text{ m} - \text{длина траектории}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

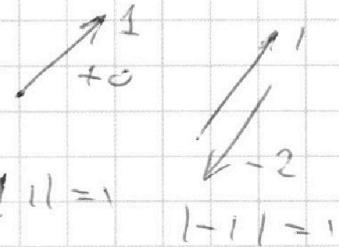
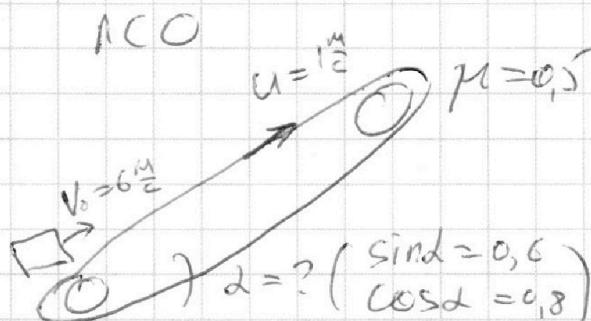


- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/>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

2) Опять 2



①

Коробка должна остановиться сама. найти

$$V_{OTH} = 5 \frac{m}{s}$$

$$a = (g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha) = 10 \cdot 0,6 + 10 \cdot 0,4 = 10 \left(\frac{m}{s^2} \right)$$

$$t_1 = \frac{V_{OTH}}{a} = 0,5 \text{ s} \quad (\text{n.2})$$

②

расследование

$$\Delta x = V_{OTH} t - \frac{1}{2} a t^2 = 5 \cdot 0,5 - \frac{10 \cdot 0,25}{2} = -5 \cdot 0,5 + 5 \cdot 0,25 = -5 \cdot 0,25 = -1,25 \text{ м}$$

Наш это же: (подобный считай на обратном пути)

$$a = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha = 2 \frac{m}{s^2}$$

$\Delta V = 2 \frac{m}{s}$ (в другую сторону, то так же
(2н) но изучите в АСО)

$$t_2 = t_1 + \frac{\Delta V}{a} = 1,5 \text{ s}$$

$$T_1 = \begin{bmatrix} 0,5 \\ 1,5 \end{bmatrix}$$

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) $\mu = 0,5$

$$tg\alpha = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \frac{0,6}{0,8} = \frac{3}{4} > \mu \quad - \text{бес. трения}$$

Будет землю износить скользь по наклонению
близ

Возр: $v_0' = 5 \text{ м/c} - \text{б.с.о. начн}$

① $v_0' - \mu g \cos\alpha t - g \sin\alpha t = v(t)$

$$v = v_0 - \mu g \cos\alpha T_1 - g \sin\alpha T_1 =$$

$$= 5 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 0,8 \cdot T_1 - 10 \cdot 0,6 \cdot T_1 = 0 \text{ м/c}$$

$$5 - 4T_1 - 6T_1 = 0 \text{ м/c}$$

$$5 = 10T_1$$

② $T_1 = 0,5 \text{ с} \quad T_K = 0,02 \text{ с} \quad - \text{но пульки на верх}$

(скорость в АСО равна $\frac{1}{2} \text{ м} \Rightarrow$ скользящими
ленты 0)

3) ~~$V_{\text{оконч}} = -1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$~~

~~$v_0' - \mu g \cos\alpha t$~~

Оконч: $0,5 \text{ с} = T_1$

3) Скорость пульки выше в АСО,

длится (ее с.о.)

$$\Rightarrow \text{макс. высота} \Delta V = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\frac{\text{м}}{\text{с}}$$

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 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!

Задача

Дано:

$$\sin \alpha = 0,6 \\ (\cos \alpha = 0,8)$$

$$V_0 = 6 \frac{m}{s}$$

Найти:

Опять 1

1) Чему лента покатилась

$$V_0 = 6 \frac{m}{s}$$

$$\mu = 0,5$$

$$T = 1 \text{ с}$$

Найти: S

Опять 2

2) лента $U = 1 \frac{m}{s}$

$$V_0 = 6 \frac{m}{s}$$

$$T_1 = ?$$

Скорость коробки $V_1 = U$

3) $U = 1 \frac{m}{s}$

$$V_0 = 6 \frac{m}{s}$$

$$V_2 = 0 -$$

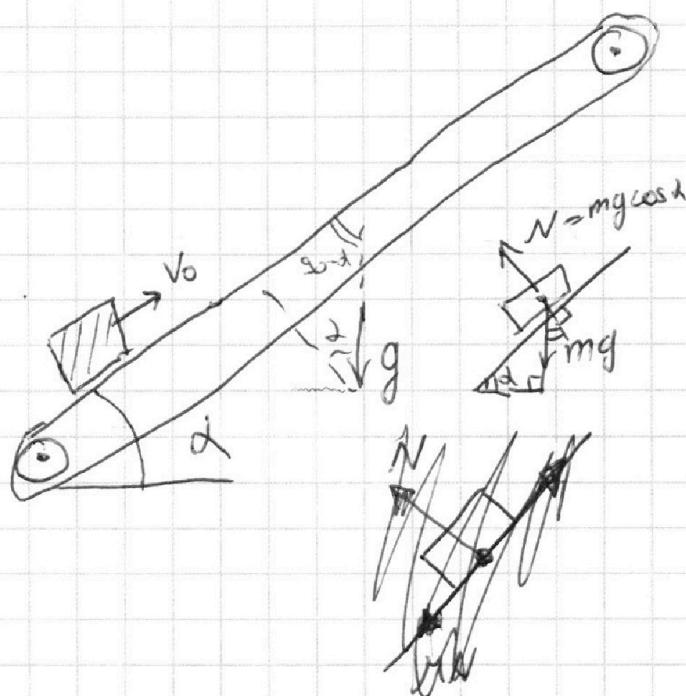
$$L_{\text{н}} = ?$$

$$g = 10 \frac{m}{s^2}$$

1) V_1 — скорость коробки в
момент T_1

V_2 — скорость ленты расстоянии
 $L_{\text{н}}$ в 20 раза

1)



$$V_0 t - \frac{gs \sin \alpha t^2}{2}$$

$$S = V_0 T - \frac{gs \sin \alpha T^2}{2} - \frac{\mu g \cos \alpha T^2}{2}$$

↑
проекция
 g

↑
ускорение
от силы
притяжения

6 м 3 м 2 м

$$S = 6 \frac{m}{s} \cdot 1 \text{ с} - \frac{10 \frac{m}{s^2} \cdot 0,6 \cdot 1 \text{ с}^2}{2} - \frac{0,5 \cdot 10 \frac{m}{s^2} \cdot 0,8 \cdot 1 \text{ с}^2}{2}$$

$$= 6 \text{ м} - 3 \text{ м} - 2 \text{ м} = 1 \text{ м}$$

Опять: $1 \text{ м} = S$

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

МФТИ

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

③ (Очко 2)

$V_0 = -8 \text{ м/с} \Rightarrow$ относительно лестни
будет вниз, скорость 14 м/с (-u)

~~через 1,5 с~~

$t_1 = 0,5 \text{ с}$ — остановка очн. лестн

$$t_2 = \frac{\text{иск}}{\alpha_{\text{вниз}}} = \frac{14 \text{ м/с}}{gsint - \mu g \cos t} = \frac{14 \text{ м/с}}{10 \cdot 0,6 - \frac{1}{2} \cdot 0,8 \cdot 10} = 1 \text{ с}$$

$$t_0 = t_1 + t_2 = 1,5 \text{ с}$$

$$S_1 = \frac{V_0 t_1}{2} = \frac{6 \cdot 0,5}{2} = 1,5 \text{ м}$$

$$S_2 = \frac{2V_0 t_2}{2} = V_0 t_2 = 6 \text{ м}$$

$$S_1 + S_2 = 7,5 \text{ м} = L$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

2) После окончания разгона по горизонтали (вдоль передвижения) движение единственное - это - прямое

↓
До остановки $A_{Tp} = F_k = K$ (баки К
стали 0, тело остановилось)

$$M \cdot mg S^* = K$$

$$S^* = \frac{K}{\mu mg} = \frac{K}{mg \left(\frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \right)}$$

Ответ:

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



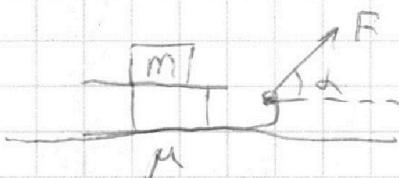
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

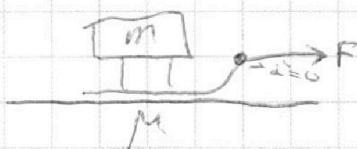
53

1) Случай 1



т-известны

случай 2



$$N = (mg - F \sin \alpha)$$

$$N_1 = mg$$

$$F_{\text{рп}} = \mu(mg - F \sin \alpha)$$

$$F_{\text{рп},1} = \mu mg$$

$$A = \Delta E_k + A_{\text{тр}}$$

$$A_1 = \Delta E_k + A_{\text{тр},1}$$

против
 $F_{\text{рп}}$

$$A = F \cdot \Delta r = F \cdot S \cdot \cos \alpha$$

~~$$\mu(mg - F \sin \alpha) \cdot S \cdot \cos \alpha$$~~

~~$$\mu(mg - F \sin \alpha) \cdot S \cdot \cos \alpha + \Delta E_k = A \quad (1)$$~~

~~$$\mu mg \cdot S \cdot \cos \alpha + \Delta E_k = A$$~~

$$\left. \begin{array}{l} \Delta E_k + \mu S (mg - F \sin \alpha) = F \cdot \cos \alpha \cdot S \\ \text{работа} \\ \text{силы трения} \end{array} \right\}$$

$$\Delta E_k + \mu S mg = F \cdot S$$

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

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

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

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



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

$$Q_{31} = (T_1 - T_3) \cdot 2R = 600K - 1 \text{ моль} \cdot 2 \cdot R \cdot 300^{\frac{1}{2}} \cdot R = \\ -1200 \text{ K} \text{ (моль K)}$$

Задача 1 начальную температуру

$$Q = \Delta U + A$$

В начальном состоянии $\Delta U = 0$

↓

$$Q_{\text{нагр}} - Q_{\text{отв}} = A$$

↑ ↑
предыдущее следующее
столбца

$$\eta = \frac{Q_{\text{нагр}} - Q_{\text{отв}}}{Q_{\text{нагр}}} = \frac{\sum Q (\text{с учётом знака})}{Q_{\text{нагр}}} =$$

(столбец с "+")

запасная строка

$$= \frac{2100R + (-400R) + (-1200R)}{2100R} = \frac{2100 - 1600}{2100} = \\ = \frac{5}{21} = \boxed{\frac{5}{21}}$$

Ответ: $\eta = 5/21$



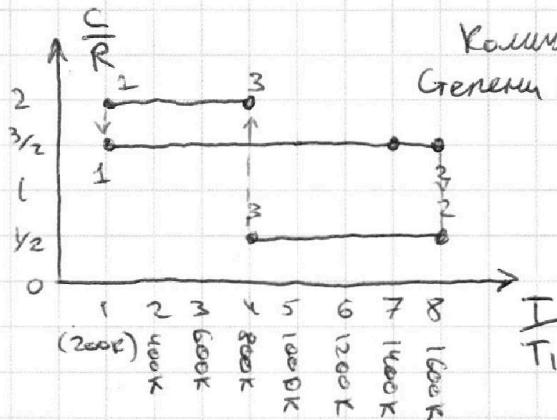
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

S4

1)



Количество: $\gamma = 1$ моль **газа**
Генерация свободы: $i = 3$ (1-го)

$$U = \frac{1}{2} \gamma R T$$

$$31: \quad T_1 = 200 \text{ K} \\ T_3 = 600 \text{ K}$$

$$Q = \Delta U + A_{\text{газа}} = \Delta U - A_{\text{кин. з.}}$$

Все
Определим
 C_{ij} и Q_{ij} -
термоемкость
и тепло,
свободное газу
при изменении
температуры
от T_i до T_j

$$Q_{31} = (T_1 - T_3) \gamma \cdot 2R \quad (C_{31} = 2R)$$

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

↓

$$A_{31} = Q_{31} - \Delta U_{31} = (T_1 - T_3) \cdot \frac{R}{2} \gamma = \\ = 400 \text{ K} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot\text{К}} \cdot \frac{1}{2} \cdot 1 \text{ моль} = \\ = 200 \cdot 8,31 = 16,62 \text{ Дж}$$

Ответ: $A_{31} = 16,62 \text{ Дж}$

2) $\text{Тело подогрето в процессе } 12 \text{ (температура}
расст}\text{ён}) \text{ и охлаждено на } 23,31$

$$Q_{12} = (T_2 - T_1) \gamma \cdot \frac{3}{2} R = 1400 \text{ K} \cdot 1 \text{ моль} \cdot \frac{3}{2} R = \\ = 2100 \cdot R \text{ (моль}\cdot\text{K)} - \text{подогрето}$$

$$Q_{23} = (T_3 - T_2) \gamma \cdot \frac{1}{2} R = -800 \text{ K} \cdot 1 \text{ моль} \cdot \frac{1}{2} R = \\ = -400 R \text{ (моль}\cdot\text{K)} - \text{охлаждено}$$

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!

Задача 31

$$C = 2R$$

$$P \cdot V^{n_2} = \text{const}$$

$$C = \frac{C_p - n_2 C_v}{1 - n_2} = 2R$$

$$\frac{5}{2}R - n_2 \cdot \frac{3}{2}R = 2R(1 - n_2)$$

$$5R - 3R \cdot n_2 = 4R - 4R \cdot n_2$$

$$R \rightarrow 3R \cdot n_2 - 4R \cdot n_2$$

$$R \rightarrow -R \cdot n_2$$

$$n_2 R = -1$$

$$P \cdot V^{-1} = \text{const}$$

$$C = \frac{C_p + C_v}{2}$$

$$\frac{P}{V} = \text{const}$$

Ответ: см. график

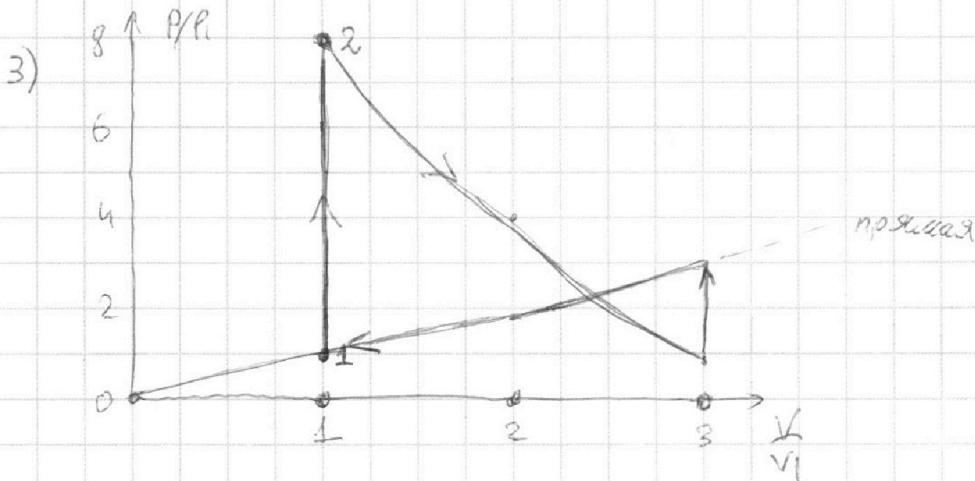
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



1. Процесс 1-2 $C = \frac{3}{2}R = Cv$ — изохора, $\Delta V = 0, A = 0$

(меньш. идет только на внутр. энергии)

$$\Delta U = \frac{3}{2}DR \Delta T \quad Q = C_{DT} = \frac{3}{2}R \Delta T$$

$$P \sim VT \quad (PV = \cancel{RT})$$

2. Процесс 2-3 $C = \frac{1}{2}R$

Политропа: $PV^n = \text{const}$ $C = \frac{C_p - nC_v}{1-n}$

$$\frac{1}{2}R = \frac{\frac{5}{2}R - n \cdot \frac{3}{2}R}{1-n}$$

$$PV^2 = \text{const} \quad P \sim \frac{1}{V^2}$$

$$\frac{1}{2}(1-n) = \frac{5}{2} - \frac{3}{2}n$$

$$1-n = 5-3n$$

$$1 = 5-2n$$

$$n=2$$

$$C = \frac{\frac{5}{2}R - 2 \cdot \frac{3}{2}R}{1-n} = \frac{1}{2}R$$

$$PV^2 = 8P_1 \cdot V_1^2 = 2P_1 (2V_1)^2 = \frac{8}{3}P_1 \cdot 9V_1^2$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

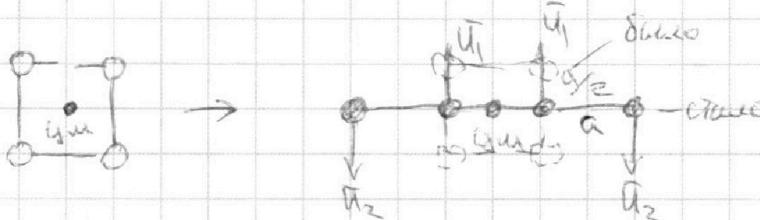


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

2)



1. u_1 и u_2 - скорости шариков

2. Из сохранения импульса:

$$2m\bar{u}_1 + 2m\bar{u}_2 = \bar{0} \Rightarrow u_1 = -u_2 \Rightarrow |u_1| + |u_2| = u$$

3. Из сохранения энергии

$$4 \cdot \left(\frac{Kq^2}{a^2} \cdot \frac{2}{2} + \frac{Kq^2}{2a^2} \right) = 2 \left(\underbrace{\frac{Kq^2}{a^2} \cdot 2}_{\text{центральные}} + \frac{Kq^2}{(2a)^2} \right) + 2 \left(\underbrace{\frac{Kq^2}{a^2} + \frac{Kq^2}{4a^2} + \frac{Kq^2}{9a^2}}_{\text{краевые}} \right) + E_K$$

$$\frac{Kq^2}{a^2} (8+2) = \frac{Kq^2}{a^2} \left(4 + \frac{1}{2} + 2 + \frac{1}{2} + \frac{2}{9} \right) + E_K$$

$$A \quad \frac{Kq^2}{a^2} (10 - \frac{2}{9}) = E_K$$

$$\frac{2}{9} = \frac{25}{81}$$

$$\frac{Kq^2}{a^2} \cdot \frac{25}{81} = \frac{4mu^2}{2}$$

Ответ:

$$E_K = \frac{mu^2}{2} = \frac{1}{4} \left(\frac{Kq^2}{a^2} \cdot \frac{25}{81} \right) = \frac{25}{36} \frac{Kq^2}{a^2} = \frac{25}{36} \cdot \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{a^2}$$

3) м.к. нет внешних сил, то

$\nabla u_1 = 0$ в любой момент времени $\Rightarrow \Delta X_{u_1} = 0$

(коорд. ось)

Шарики последовательно расположены на расстоянии $a/2$, но краем $\overline{B_{u_2}}$

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"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|

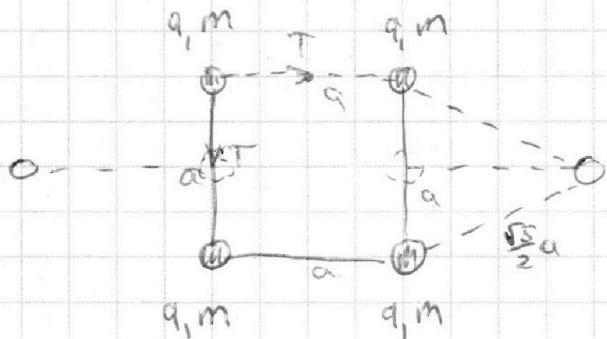
МФТИ.



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

№5

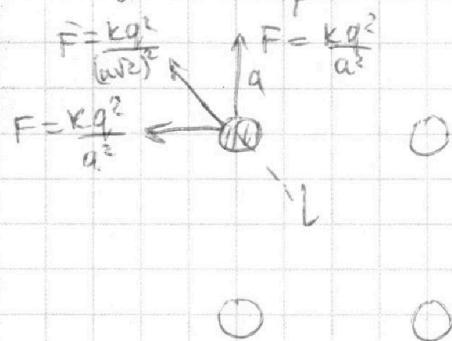
Ответ к №3



$$\text{By } \frac{\partial}{\partial t} \left[\sqrt{a^2 + \frac{a^2}{4}} = \frac{\sqrt{5}}{2}a \right]$$

1) Для царига: $\sum \bar{F} = 0$ - условие равновесия

Диагональ - сторона



$$\sum F = 2\bar{F} + \bar{F}' , \text{ но осн } L$$

$$F_L = \frac{kq^2}{2a^2} + 2 \cdot \frac{kq^2}{a^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \\ = \frac{1+2\sqrt{2}}{2} \frac{kq^2}{a^2}$$

Спростивши T:
на прямую L

$$F_L = 2T \cos 45^\circ = 2T \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\frac{1+2\sqrt{2}}{2} \frac{kq^2}{a^2} = T \sqrt{2}$$

$$T = \frac{1+2\sqrt{2}}{2\sqrt{2}} \frac{kq^2}{a^2} = \frac{1+2\sqrt{2}}{2\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{a^2}$$



$$|q| = \sqrt{\frac{T \cdot 4\pi\epsilon_0 \cdot a^2}{\left(\frac{1+2\sqrt{2}}{2\sqrt{2}}\right)}}$$

Ответ: $|q| = \sqrt{\frac{4\pi\epsilon_0 T a^2}{\left(\frac{1+2\sqrt{2}}{2\sqrt{2}}\right)}}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- 1 2 3 4 5 6 7

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

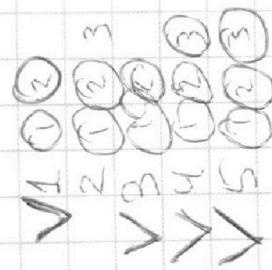
МФТИ

$$\frac{3}{2} \cdot 1400 - \frac{1}{2} \cdot 800 = 2000$$

$$\frac{2100 - 400 - 1200}{2100} = \frac{2100 - 1600}{2100} = \frac{500}{2100} = \frac{5}{21}$$

$$\frac{3}{2} \cdot 1400 - \frac{1}{2} \cdot 800 = 2000$$

2н



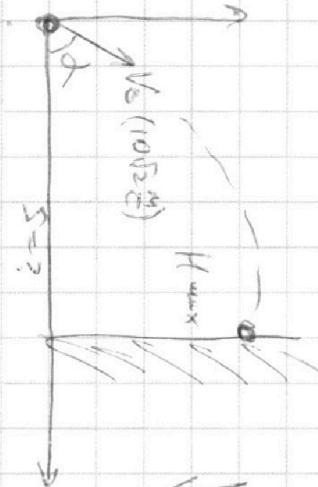
$$1,96 \text{ м}$$

$$3^{\circ}$$

$$1 \text{ кратне } 3$$

1

$$= S \cdot \sin \alpha \cos \beta - g S^2$$



$$h = V_0 t - \frac{g t^2}{2} = S \cdot \sin \alpha - \frac{g S^2 \cos^2 \alpha}{2 V_0^2 \sin^2 \alpha}$$

8

$$t = \frac{S}{V_0 \cos \alpha}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

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 checked="" 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!

$$\begin{aligned} \left(\frac{f(x)}{g(x)} \right)' &= \frac{\cancel{f(x+\Delta x)} - f(x)}{\cancel{g(x+\Delta x)} - g(x)} = \frac{f(x+\Delta x)g(x) - f(x)g(x+\Delta x)}{\Delta x \cancel{g(x)g(x+\Delta x)}} = \\ &= \frac{f(x) \cancel{f(x+\Delta x)g(x) - f(x)g(x)} + (g(x+\Delta x)f(x) - g(x)f(x))}{\Delta x \cancel{g^2 x}} = \\ &= \frac{f'(x)g(x) - g'(x)f(x)}{g^2 x} \end{aligned}$$

$f(x)$
 $g(x)$

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 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!

2) Дано:

Мяч

Лестница

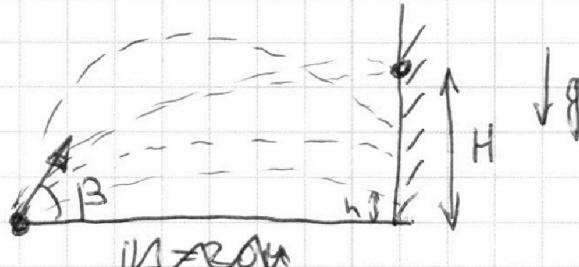
$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Несколько

$$H = 3,6 \text{ м}$$

Найти:

S



$$S = ?$$

$$V_0 = 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}} (\text{n.1})$$

1. Пусть мяч летит под углом β к горизонту при ударе; ударившись на высоте h в стену

2. Тогда

$$\begin{cases} V_0 \cos \beta t' = S \\ V_0 \sin \beta t' - \frac{gt'^2}{2} = h \end{cases}$$

$$V_0 \sin \beta \cdot \frac{S}{V_0 \cos \beta} - \frac{g}{2} \cdot \frac{S^2}{V_0^2 \cos^2 \beta} = h$$

$$\frac{V_0}{V_0} \cdot \frac{\sin \beta S}{\cos \beta} - \frac{g S^2}{2 V_0^2 \cos^2 \beta} = h$$

$$S \cdot \frac{\sin \beta}{\cos \beta} - \frac{g S^2}{2 V_0^2 \cos^2 \beta} = h$$

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 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!

Чтобы H была максимальной:

$$S \cdot \operatorname{tg} \beta - \frac{g S^2}{2V_0^2 \cos^2 \beta} \rightarrow \max$$

$$\frac{S \cdot \sin \beta}{\cos \beta} - \frac{g S^2}{2V_0^2 \cos^2 \beta} \rightarrow \max$$

$$\frac{S}{\cos \beta} \left(\sin \beta - \frac{g S}{2V_0^2 \cos^2 \beta} \right) \rightarrow \max$$

$$\frac{S}{\cos \beta} \left(\frac{2V_0^2 \sin \beta \cos \beta - g S}{2V_0^2 \cos^2 \beta} \right) \rightarrow \max$$

$$\frac{S(2V_0^2 \sin \beta \cos \beta - g S)}{2V_0^2 \cos^2 \beta} \rightarrow \max$$

Это функция от β

$$f' \left(\frac{S(2V_0^2 \sin \beta \cos \beta - g S)}{2V_0^2 \cos^2 \beta} \right) = \frac{S}{2V_0^2} \left(\frac{\sin \beta \cos \beta - g}{\cos^2 \beta} \right)' =$$

=



На одной странице можно оформлять **ТОЛЬКО ОДНУ** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

5

6

7

МФТИ

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