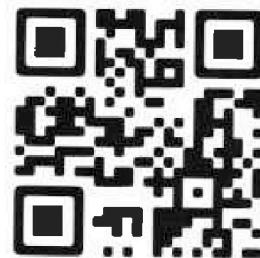




Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023



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.

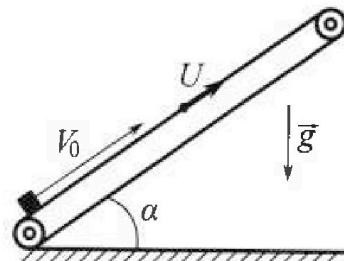
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

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.).

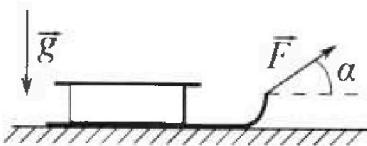
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

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.

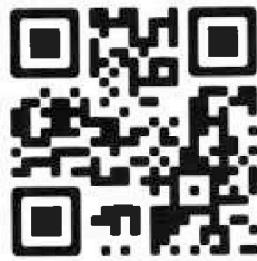
2) Найдите перемещение S санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения g .

Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.



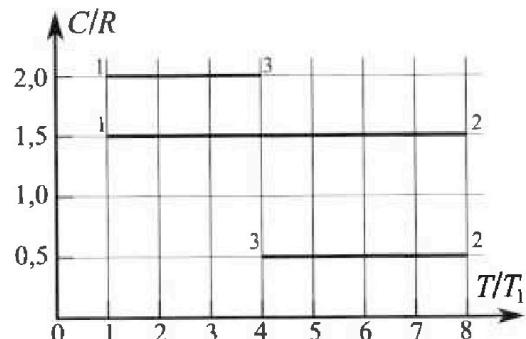
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

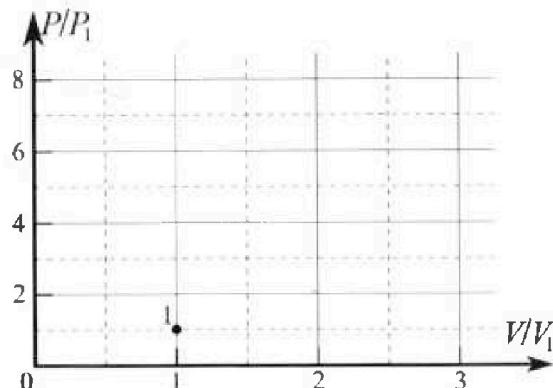


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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).

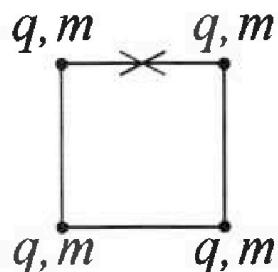


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует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

у1

у2

у3

у4

Дальность полёта L
определяется формулой
 $L = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$.

Угол наклона на Oy :

$v_{0x} \sin \alpha = v_{0y} \cos \alpha - gt_{\text{пол}}$, где $t_{\text{пол}} - \text{время полёта}$

$$\Rightarrow t_{\text{пол}} = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}, \text{ а дальность полёта } L$$

$$\text{формула: } L = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g} =$$

$$\Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin^2 \alpha}} = \sqrt{g \cdot 6} = \sqrt{10 \cdot 6} = \sqrt{200} =$$

$$= 10\sqrt{2} \frac{m}{s} \approx 14 \frac{m}{s}$$

2)

у1

у2



т.к. на них действует

редко сохраняющая

свою форму во времени

\rightarrow либо ЗСД, либо

когда мяч упирается в стенку (в этот момент

мяч получает достаточную максимальную высоту

и его скорость будет равна $v_{\text{кос}}$,

где β - угол наклона которого достигается при наибольшей

скорости (или же $\beta = 90^\circ$ в случае, если мяч

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh + \frac{mv_0^2 \cos^2 \beta}{2} \Rightarrow$$

↓

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!

$$\Rightarrow v_0^2 - v_0^2 \cos^2 \beta = 2gL$$

$$v_0^2 \sin^2 \beta = 2gL \Rightarrow L = \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{2g}$$

Найдем v_0 из пункта 1)

$$L = \frac{gL}{2g} \cdot \sin^2 \beta \Rightarrow gL \sin^2 \beta = \frac{2L}{\Delta}, \sin \beta = \sqrt{\frac{2L}{\Delta}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3,6 \mu}{20 \mu}} = \sqrt{0,36} = 0,6. \text{ Тогда } v_0 \text{ из ОТР:}$$

$$\cos \beta = 0,8$$

Рассчитаем Т-время полета до падения мячей
высоты L , т.о.:

$$T = \frac{v_0 \sin \beta}{g}, \text{ а время } S = \frac{v_0 \sin \beta \cdot v_0 \cos \beta}{g} =$$
$$= \frac{v_0^2 \sin \beta \cos \beta}{g} = \frac{gL}{g} \sin \beta \cos \beta = L \cdot \frac{3}{5} \cdot \frac{4}{5} =$$

$$= \frac{12}{25} L = \frac{12}{25} \cdot 20 \mu = \frac{48}{5} \mu = [9,6 \mu]$$

$$\text{ОТВ: } v_0 = \sqrt{gL} \approx 14 \frac{\mu}{c}, S = \frac{12}{25} L = 9,6 \mu$$



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

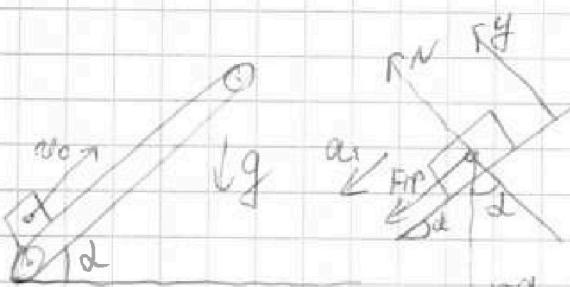
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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!

(1) 1) В первом спуске коробка будет замедлена



наг действует на блок и замедляет его
пад. С. о. найдём уско-
рение коробки.

2 ЗН на Ox и Oy :

$$Oy: N = mg \cos \alpha$$

$Ox: F_{tp} + mg \sin \alpha = ma$, где F_{tp} -сила трения действующая на коробку со стороны склона по земле. По закону Ампелон-Фултона $F_{tp} \leq \mu N$, т.к. коробка движется по $F_{tp} = \mu N \cos \alpha$, тогда

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

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

Когда коробка остановится от силы, то, проверим на каком же кораблике остановится:

F_{tp} - сила
 F_{tp} - сила трения скольжения возникает если коробка будет покидать склон.

2 ЗН и зк Ампелон-Фултона даёт: $mg \sin \alpha \leq \mu N \cos \alpha$ - условие некая.

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!

(1) → 1) $\sin \alpha \leq \cos \alpha$

$$\frac{3}{5} \leq \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{5}$$

$$\frac{3}{5} \leq \frac{2}{5} \rightarrow \text{бесцд, что условие не соблю-}$$

даются, значит корень не является решением

Было $\sqrt{23g} = \sin \alpha - \cos \alpha$ для выполнения было надо:

$$\sin \alpha - \cos \alpha = \sqrt{23g}$$

Решение уравнения

α_1 и α_2 :

$$\alpha_1 = g \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{4}{5} + \frac{3}{5} \right) = g$$

$$\alpha_2 = g \left(\frac{3}{5} - \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{5} \right) = \frac{1}{2}g$$

При погружении корабль погружается $\theta = 0^\circ$.

$$v_0 = g t \operatorname{tg} \theta \Rightarrow t \operatorname{tg} \theta = \frac{v_0}{g} = 0,6 < T$$

При погружении корабль погружается $\theta = 1^\circ$:

$$L_1 = \frac{1}{2} t^2 \operatorname{tg}^2 \theta = \frac{1}{2} \frac{v_0^2}{g^2} - \frac{v_0^2}{2g}$$

При погружении корабль погружается $\theta = 2^\circ$ за
время $T - t_{\operatorname{pog}}$:

$$L_2 = \frac{1}{2} \left(T - t_{\operatorname{pog}} \right)^2 = \frac{1}{2} \left(T - \frac{v_0}{g} \right)^2 = \frac{1}{2} T^2 - v_0 T + \frac{v_0^2}{2g}$$

$$S = L_1 + L_2 = \frac{v_0^2}{2g} + \frac{9T^2}{2} - v_0 T + \frac{v_0^2}{2g} = \frac{v_0^2}{g} + \frac{9T^2}{2} - v_0 T = \\ = 3,6m + 5m - 6m = 2,6m$$

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!

№2) Скорость корабли будет равна v , когда относительное движение относительно контейнера остановится. Её начальная скорость в исходном контейнере $v_0 - u$. Ускорение при погружении в исход не меняется и значит равно $a = g$.

$$v^2 = v_0^2 - u^2 - 2gt \Rightarrow t_1 = \frac{v_0 - u}{g} = \frac{5 \text{ м}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 0,5 \text{ с}$$

3) В исходе корабли обратились вонза, ускорение её движения относительно контейнера u будет равно 0 , и направлено против скорости контейнера.

Пусть это произойдет через время T_2 :

~~Чт. $T_2 = T_1 + \frac{u}{g}$ - время между которыми скорость корабли стала занять место 0.~~

Было расстояние, которое претерпел корабль относительно контейнера при погружении: $S_{\text{отн}} = \frac{g}{2} T_1^2 = 5 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^2 u = \frac{5}{4} u$

Сейчас - расстояние которое претерпел корабль до борта судна:

$$S_{\text{отн}} = \frac{g}{2} (T_2 - T_1)^2 = \frac{g}{2} \left(\frac{25u^2}{16} - \frac{1}{4} \right) = \frac{25u^2}{32} - \frac{5u^2}{8} =$$

$$S_{\text{отн}} = \frac{g}{5} \cdot \frac{1}{2} (T_2 - T_1)^2 = \frac{5}{10} \cdot \frac{25u^2}{16} - \frac{5}{2} \frac{u^2}{8} = \frac{5}{20} + \frac{1}{4} = 0,25 \text{ м}$$

Суммарное перемещение корабли по контейнеру

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!

$$\textcircled{I} \quad \textcircled{3} \rightarrow L_0 - L_{\text{окр.}} = 1,25u - 0,25u = 1u$$

Сам консерважёт некое расстояние, тогда
суммарное расстояние L от бочки старт
до консерва будет равно:

$$L = L_0 + V(T_2) = L_0 + V(T_1 + \frac{5u}{g}) = 1u + 0,5u + 0,5u = \\ = 2u$$

\textcircled{II} \textcircled{3} \rightarrow \text{Он земли: } L_1' - \text{ноу кетервін крізьдеї коробка
го останевки вонк між ковбаса:}

$$L_1' = V_0 T_1 - \frac{g}{2} T_1^2 = 3u - \frac{5}{4} u = 1,75u$$

L_2' - ноу кетервін коробка праїдєт пості
міжки охи ковбаса:

$L_2' = u T_2 - \frac{g}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot T_2^2$, як T_2 - врем за кетервін ко-
робка праїдєт L_2' вону по ковбасу, за зголо-
ни: $u = \frac{g}{5} T_2 \Rightarrow T_2 = \frac{5u}{g}$, якда:

$$L_2' = u \cdot \frac{5u}{g} - \frac{g}{10} \cdot \frac{25u^2}{g^2} = 0,5u - \frac{1}{4} u = 0,25u$$

Суммарное $L = L_1' - L_2' = 1,75u - 0,25u = 1,5u$

Ось: $S = 2,6u$; $T_1 = 0,5u$; $L = 1,5u$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



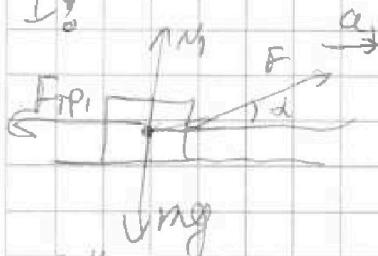
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

(III) Рассмотрим оба случая:

I)



ЗБК:

$$mg = F_{\text{find}} + N_1 \Rightarrow N_1 = mg - F_{\text{find}}$$

$F_{\text{pp},1}$ не препятствует движению: $F_{\text{pp},1} = \mu(mg - F_{\text{find}})$

II



$$\text{ЗБК: } N_2 = mg$$

$F_{\text{pp},2}$ не препятствует движению:

$$F_{\text{pp},2} = \mu mg$$

N_1 и N_2 лежат в 1 плоскости
равны 0, и они не совершают работы.

Следовательно, векторы, а значит и
работы сил тяжести = 0. В результате можно
записать ЗСР для двух случаев. Считая, что
необходимый разгон одинаков
и равен L :

$$\begin{aligned} I) & F \cos \alpha L - \mu(mg - F_{\text{find}}) = K \\ II) & FL - \mu mg L = K \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \text{приравняв} \\ \downarrow \end{array} \right.$$

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!

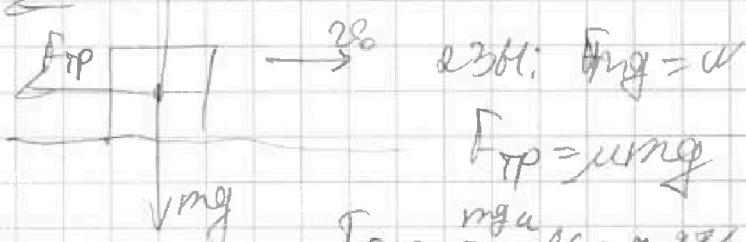
(II) 1) $F_{\text{cos} \alpha} - \mu(mg - F_{\text{над}}) = F_{\text{над}} \sin \alpha \quad | : \sin \alpha$

$$F_{\text{cos} \alpha} - mg + \mu F_{\text{над}} = F_{\text{над}} \sin \alpha$$

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

2) →

$a \uparrow \uparrow$ В таком же действии сила \vec{F} :



$$F_g = mg$$

Тогда F тоже все совершает

работу. Задача

$$mg \sin 30^\circ = 0 - K \Rightarrow S = \frac{k}{mg \sin 30^\circ} = \frac{k \sin 30^\circ}{mg(1 - \cos 30^\circ)}$$

$$\text{Одн.: } \mu = \frac{1 - \cos 30^\circ}{\sin 30^\circ}; \quad S = \frac{k}{mg(1 - \cos 30^\circ)}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

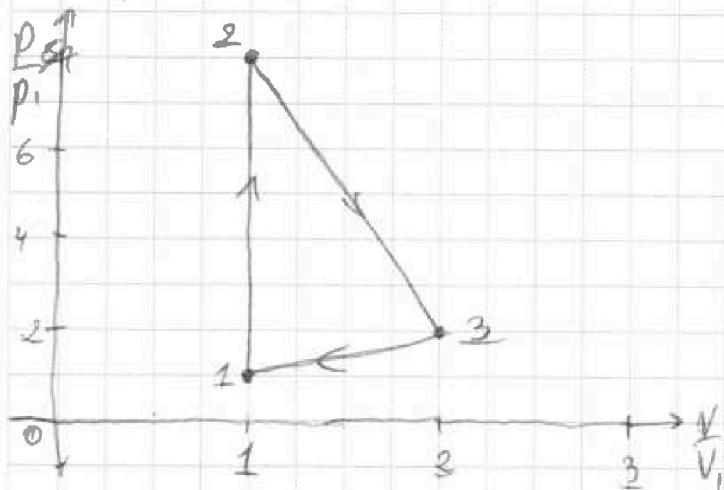
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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!

В итоге график будет выглядеть примерно
так:



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!

$$\textcircled{1} \Rightarrow (1) u(2) \Rightarrow p_2 = 8p,$$

Мысль об Γ : 3. $p_3 = xp_1$, а $V_3 = yV_1$, тогда

$$A_{32} = NRT = 4pV_1$$

$$xp_1 \cdot yV_1 = 4NRT \Rightarrow xy = 4$$
$$p_1V_1 = 2NRT$$

Вспомогательная работа помимо приведенных:

$$\begin{cases} xy = 4 \Rightarrow y = \frac{4}{x} \\ \left(\frac{x}{2} + 4\right)(y - 1) = 4 \end{cases}$$

$$\frac{4x}{2x} - \frac{x}{2} + \frac{16}{x} - 4 = 4$$

$$\frac{16}{x} - \frac{x}{2} = 6 \cdot x$$

$$-\frac{x^2}{2} - 6x + 16 = 0 | \cdot 2$$

$$x^2 + 12x - 32 = 0$$

$$D = 144 + 128 = 272$$

$$x_{1,2} = \frac{-12 \pm \sqrt{272}}{2} \Rightarrow x = -6 + \sqrt{68} \approx 2$$

$y = \frac{4}{x} = 2$, тогда x имеет один корень

и две корни для y .

(Такой же один корень в соответствии с тем
чтобы, который связывает с работой результат A_{32}).



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) Для какого участка замкнутой опро-
фильной генераторности, земельный $S_1 = \frac{3}{2} DRT_1$, т.е.
это однотактный

$$1-2: \frac{3}{2} R = \frac{A_{12} + \frac{3}{2} DRT_1}{4T_1} \Rightarrow 10,5 DRT_1 = A_{12} + 10,5 DRT_1,$$

$$\text{т.к. } \gamma = 1 \text{ и } D = 10,5 DRT_1 \Rightarrow 10,5 DRT_1 = 10,5 DRT_1 \Rightarrow A_{12} = 0,$$

$$\text{а } B_{12} = 10,5 DRT_1$$

$$2-3: \frac{1}{2} R = \frac{A_{23} + \frac{3}{2} DRT(-4T_1)}{-4T_1} \Rightarrow -2 DRT_1 = A_{23} - 6 DRT_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4 DRT_1 = A_{23}, \text{ т.к. } Q_{23} = 4 DRT_1 - 6 DRT_1 = -2 DRT_1$$

$$3-1: 2R = \frac{A_{31} + \frac{3}{2} DRT(-3T_1)}{-3T_1} \Rightarrow -6 DRT_1 = A_{31} - 4,5 DRT_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A_{31} = -1,5 DRT_1, \text{ а } Q_{31} = -6 DRT_1$$

$$\text{В итоге } -A_{31} - \text{работка разрез}, \text{ а } A_{31} = 1,5 DRT_1 - \frac{3}{2} DRT_1 = \\ = \frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 2 \cdot 100 \text{ лм} = 2493 \text{ лм}$$

2) $\eta = \frac{A_0}{Q_{in}}$, где A_0 - общая работа выкидки и Q_{in} -
коэффициент передачи испарителя.

$$\eta = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{Q_{in}} = \frac{4 DRT_1 - A_{31}}{10,5 DRT_1} = \frac{4 DRT_1 - 1,5 DRT_1}{10,5 DRT_1} =$$

$$= \frac{\frac{5}{2}}{\frac{21}{2}} = \frac{5}{21} \approx 0,25$$

3) В т.1: $p_1 V_1 = p_1 T_1$ (1) Принимая 1-2 изотропный т.е. $A_{12} = 0$,

тогда $V = \text{const}$, $p_2 V = p_2 T_1$ (2)



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

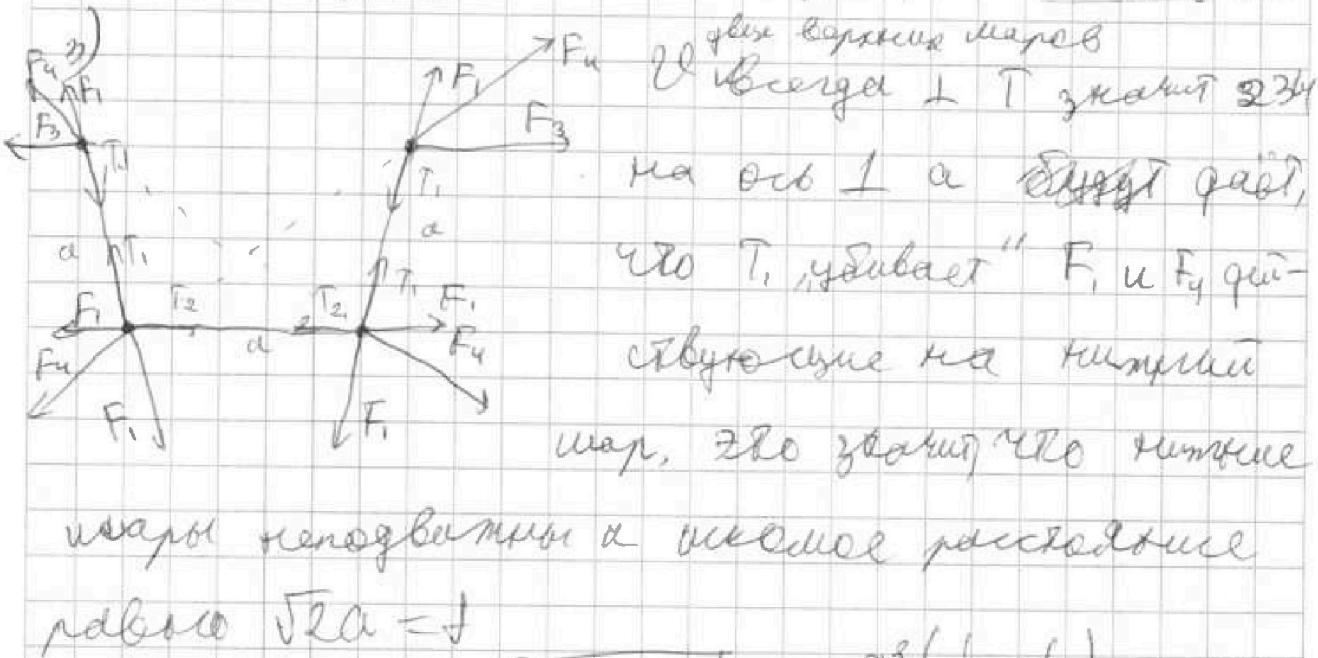
1) 2) 3) 4)

$$k\frac{q^2}{a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{Kq}{\sqrt{2}a} = K + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{2a}$$

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

$$K = \frac{kq^2}{a} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{2} \right) = \frac{q^2 \left(\frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{2} \right)}{4\pi\epsilon_0 a}$$

$$\text{Отв: } |q| = \sqrt{\frac{\pi\epsilon_0 T}{\sqrt{2} + 4}}; J = 4a\sqrt{\frac{\pi\epsilon_0 T}{\sqrt{2} + 4}}; K = \frac{q^2 \left(\frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{2} \right)}{4\pi\epsilon_0 a}$$



$$\text{Отв: } |q| = 4a\sqrt{\frac{\pi\epsilon_0 T}{\sqrt{2} + 4}}; K = \frac{q^2 \left(\frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{2} \right)}{4\pi\epsilon_0 a}; J = \sqrt{2}a$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

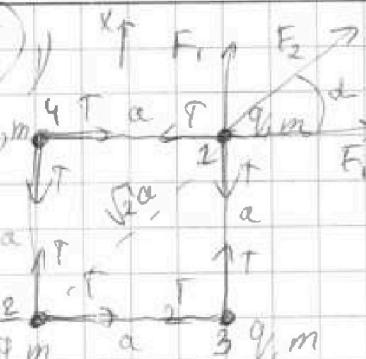
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ



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

(V)  F_2 -сила действующая на 1
шар со стороны 2 шара, котк
формул: $F_2 = \frac{kq^2}{a^2}$
 F_1 -сила действующая на
1 шар со стороны 4 (со стороны вправо
ши), $F_1 = \frac{kq^2}{a^2}$. Рассставим их по рисунку
так, к шару 6 в углу квадрата, то $\alpha = 45^\circ$
зат.

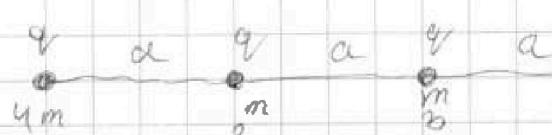
$$F_2 \sin \alpha + F_1 = T$$

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

$$\frac{kq^2}{a^2} \left(\frac{\sqrt{2}}{2} + 1 \right) = T \Rightarrow q^2 = \frac{4T a^2}{k(\sqrt{2} + 4)} = \frac{16\pi\epsilon_0 T a^2}{\sqrt{2} + 4} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow |q| = \sqrt{\frac{16\pi\epsilon_0 T a^2}{\sqrt{2} + 4}} = 4a\sqrt{\frac{\pi\epsilon_0 T}{\sqrt{2} + 4}}$$

2)

Найдём К второго

 q шара, используя 3C7, т.к. на шарик
действует притягивающие кулонов-
ские силы, а сила гравитации, кот. под не
закончил работу: \checkmark

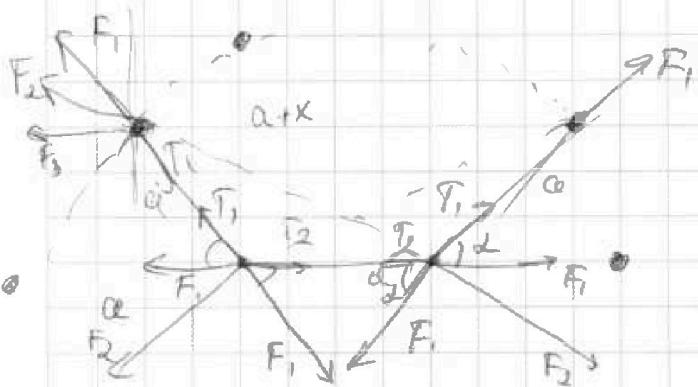
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

Diagram and equations for problem 5:

Diagram shows a circular frame with radius a , center at O . A horizontal force T acts at the top-left corner. Reaction forces F_1 and F_2 are shown at the bottom-left corner. A coordinate system (x, T) is defined. An angle α is indicated between the vertical axis and the horizontal force T .

Equations derived from the diagram:

$$F_1 = \frac{kq^2}{a^2} \quad W = \frac{kq^2}{r} + \frac{kq^2}{\sqrt{2}a} = \frac{m\omega^2}{a}$$

$$F_2 = \frac{kq^2}{2a^2} + \frac{kq^2}{2a} + \frac{kq^2}{3a}$$

$$F_1 + F_2 \cos \alpha = T$$

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

$$P_N = \frac{kq^2}{a} \left(1 + \frac{1}{r}\right) = \frac{m\omega^2}{2} + \frac{3kq^2 + 2kq^2}{6a}$$

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

$$F_1 = \frac{T a^2}{k \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4}\right)}$$

$$F_2 = \frac{1,5R}{7T}$$

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

$$-G \frac{Ma}{R} = -\frac{16\pi^2 a^2 \epsilon_0}{4 + \sqrt{2}}$$

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

$$10,5\pi R T_i = A_{12} + 10,5\pi R T_i$$

$$A_{12} = 0$$

$$T = 3: 2R = \frac{G_{13}}{2T} \Rightarrow G_{13} = 4R T_i$$

$$1-2: 1,5R = \frac{G_{12}}{2T} \Rightarrow K_{12} = 10,5kT_i$$

$$2-3: \frac{1}{2}R = \frac{-Q_{23}}{4\pi T_i} \Rightarrow -Q_{23} = 2kT_i \quad (Q_{23}) = -2kT_i$$

$$3-1: 2R = \frac{A_{31} + \frac{3}{2}\pi R(GT_i)}{-3T_i} \Rightarrow A_{31} = 1,5\pi R T_i$$

$$-6TR = A_{31} - \frac{9}{2}\pi R T_i$$

$$-1,5\pi R T_i = A_{31}$$

$$A_{31} = 1,5\pi R T_i$$

$$10,5\pi R T_i = \frac{3}{2}\pi R(GT_i) + A_{13}$$

$$10,5\pi R T_i = \frac{3}{2}\pi R(GT_i) + A_{13}$$

$$10,5\pi R T_i = A_{13}$$

$$|G_{12}| = |A_{12}| + |A_{13}|$$

$$10,5\pi R T_i = 10,5\pi R T_i + A_{13}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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



$$n_{\text{eff}} = n \cos \theta - F_{\text{fric}} \sin \theta \Rightarrow n = n_{\text{eff}} + F_{\text{fric}} \tan \theta$$

$$F_{\text{fric}} = \mu (n_{\text{eff}} - F_{\text{fric}} \sin \theta)$$

$$m_{\text{eff}} = F_{\text{fric}} \cos \theta - \mu (n_{\text{eff}} - F_{\text{fric}} \sin \theta) \quad F_{\text{fric}} = \mu n_{\text{eff}}$$

$$m_{\text{eff}} = F_{\text{fric}} \cos \theta - \mu n_{\text{eff}} + \mu F_{\text{fric}} \sin \theta \quad 5,46$$

$$F_{\text{fric}} \cos \theta - \mu n_{\text{eff}} \sin \theta = k \quad 0,81 \cdot 7 \cdot 1 \\ 0,20 \cdot 26,00 = 1,60 \quad 3,5 \cdot 1 \cdot 1$$

$$F_{\text{fric}} \cos \theta - \mu (n_{\text{eff}} - F_{\text{fric}} \sin \theta) \cos \theta = k \quad \frac{1}{2} R \alpha = \frac{A_{23} + \frac{3}{2} \nu R \cdot \alpha T_1}{-4 T_1}$$

$$F_{\text{fric}} \cos \theta - \mu n_{\text{eff}} \cos \theta = k$$

$$\alpha_1 = \alpha_2; F_{\text{fric}} \cos \theta - \mu (n_{\text{eff}} - F_{\text{fric}} \sin \theta) \cos \theta = F \alpha_1 - \mu n_{\text{eff}} \alpha_1 \quad A_{23} = 4 \nu R T_1$$

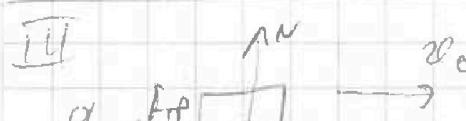
$$F_{\text{fric}} \cos \theta - F = \mu n_{\text{eff}} - \mu F_{\text{fric}} \sin \theta - \mu n_{\text{eff}} \cos \theta \quad \frac{1}{2} R \alpha = \frac{A_{23} + \frac{3}{2} \nu R (+3T_1)}{-3T_1}$$

$$F \cos \theta - F = \mu n_{\text{eff}} \cos \theta$$

$$1 - \cos \theta = \mu \sin \theta \quad -6 \nu R T_1 = A_{31} - \frac{3}{2} \nu R T_1$$

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

$$-1,5 \nu R T_1 = A_{31}$$



$$\mu n_{\text{eff}} S = k \quad 0 \cdot k \quad 2,5 \nu R T_1 = R_0$$

$$\mu n_{\text{eff}} S = k \quad \nu P_1 \cdot X V_1 = W R T_1$$

$$S = \frac{k}{\mu n_{\text{eff}}} = \frac{k \sin \theta}{mg(1 - \cos \theta)} \quad \frac{y_1}{8} = \frac{4}{8}$$

$$y = 4 + \frac{4}{2} \quad \nu n_{\text{eff}} = F_{\text{fric}} = \mu n_{\text{eff}} g$$

$$\frac{y}{x} = 8 \quad \frac{y_1}{x} = (4 + \frac{4}{2})$$

$$x = 8 \quad x = 8$$

$$x = \frac{4}{y}$$

$$\nu P_1 V_1 = \left(\frac{\nu P_1 + P_2 \nu P_1}{2} \right) \cdot x$$

$$4 \nu R T_1 = Q$$

$$4 \nu P_1 V_1 = A_{23}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

$$\begin{array}{c} \times 96 \\ \times 120 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$2v_0 \sin \alpha = gT$$

$$v_0 = \frac{gL}{\sin 2\alpha_0}$$

$$x_0 = \frac{-12 + \sqrt{12^2 - 4 \cdot 2 \cdot 72}}{2} = -6 + \sqrt{68} \approx 2$$

$$T = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} \quad \text{также} \quad 3$$

× 0,6

0,0

3

$$x^2 + 12x - 32 = 0$$

$$p = 144 + 128 = 272$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin 2\alpha_0}}$$

$$x_0 = \frac{2v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$$\begin{array}{c} \times 0,6 \\ 0,0 \\ 3 \\ 0 \\ 0 \\ 0,36 \end{array}$$

$$\approx 14 \frac{m}{s}$$

$$2mgH + \frac{mv_0^2 \cos^2 \alpha}{2} = \frac{mv_0^2}{2}$$

$$\frac{x_1 + x_2}{2} \cdot (y_1 - y_2) = 4v_0 H$$

$$\begin{array}{l} p_1 v_1 = 2v_0 t_1 \\ x_1 y_1 = 4v_0 t_1 \end{array}$$

$$2gH = v_0^2 \sin^2 \alpha$$

$$H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{4L}{\sin 2\alpha_0} = \frac{L}{2} \cdot \sin^2 \alpha$$

$$\frac{x}{2} \cdot \frac{4}{x} - \frac{x}{2} + \frac{16}{x} - 4 = 4 \quad 2x = 32 - x^2$$

$$2H = L \sin^2 \alpha \Rightarrow \sin^2 \alpha = \sqrt{\frac{2H}{L}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3,6}{10}} = \sqrt{0,72} =$$

$$6 = \frac{16}{x} \quad x = \frac{16}{6} = \frac{8}{3}$$

$$6 = \frac{16}{x} - \frac{x^2}{2} = \sqrt{0,36} = \pm 0,6 \Rightarrow \sin \alpha = 0,6$$

$$\frac{9}{10} \cdot \frac{1}{4} = 0,25 \text{ м}$$

$$y = \frac{4}{x}$$

$$T = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$t_{\text{трой}} = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} \quad S = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} \cdot v_0 \cos \alpha =$$

$$0 = u - \frac{gt_2}{5}$$

$$\frac{v_0 \cdot u}{g} = 0,5c$$

$$\times 9,6$$

$$\frac{520}{0,0}$$

$$480$$

$$48,0$$

$$0$$

$$= \frac{v_0^2}{g} \cdot 0,5c \cdot \sin \alpha \cos \alpha =$$

$$= \frac{96}{g} \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{3}{5} = \frac{12}{25} L =$$

$$= \frac{12}{25} \cdot 20 \text{ м} = \frac{48}{5} = 9,6$$

$$y = 2$$

$$u = v_0 - gt_1 \quad 0,5c$$

$$T_1 = \frac{v_0 - u}{g} \quad L = 3u - 5 \cdot \frac{1}{4} = 1,75u$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

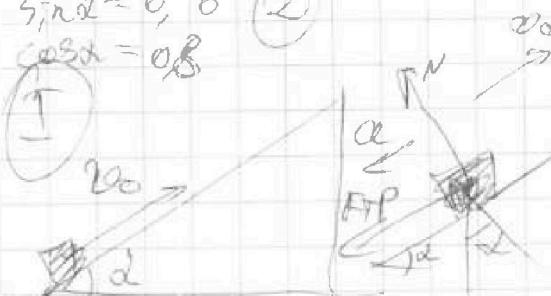
МФТИ

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

$$\sin \alpha = 0,8$$

$$\cos \alpha = 0,6$$

(2)



$$① \quad \frac{v_0}{10} - \frac{6}{10} \sqrt{mg}$$

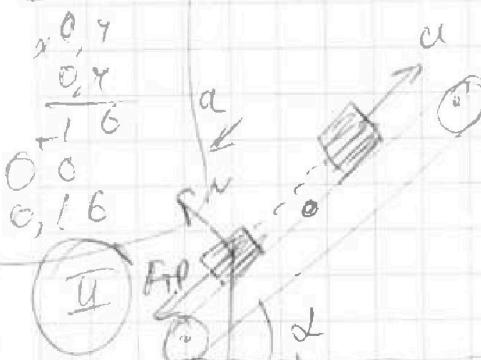
$$a = g \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{9}{5} + \frac{6}{10} \right) = g$$

$$v_0 \frac{v_0}{g} - \frac{g}{2} \frac{v_0^2}{g}$$

$$6_{\text{пер}} = \frac{g}{2} \cdot \left(gT - \frac{2v_0 T}{g} + \frac{v_0^2}{g^2} \right) - \frac{g}{2} \cdot 0,9^2 =$$

$$6_{\text{пер}} = \frac{gT^2}{2} - v_0 T + \frac{v_0^2}{2g}$$

$$6_0 = 6_{\text{пер}} + 6_{\text{норм}} = \frac{gT^2}{2} - v_0 T + \frac{v_0^2}{2g} + \frac{v_0^2}{2g} = \frac{gT^2}{2} + \frac{v_0^2}{g} - v_0 T$$



$$a = g$$

$$v_0 \sqrt{mg} \quad \text{с.о. движущая и в с.е.}$$

$$0 = (v_0 - u) - gT,$$

$$(T = \frac{v_0 - u}{g})$$

$$U = \frac{1}{2} g T_0^2$$

$$\frac{9U}{8} = T_0 \quad T_2 = T_0 + T_1$$

$$m g \cos \alpha + m g \sin \alpha = ma$$

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

$$F_{\text{норм}} = m g \cos \alpha \quad T_r = v_0 - g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)T$$

$$T_r = v_0 \frac{6}{10} - 10 \cdot 10 = -4 \frac{m}{s}$$

$$t_{\text{трек}} = \frac{v_0}{g} = \frac{6}{10} = 0,6 \text{ с}$$

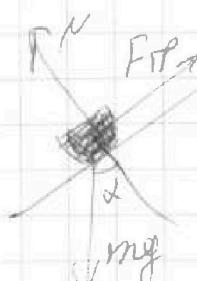
$$t_{\text{норм}} = T - t_{\text{трек}} = 9,4 \text{ с}$$

$$t_{\text{норм}} = \frac{v_0}{g} = \frac{6}{10} = 0,6 \text{ с}$$

$$6_{\text{норм}} = \frac{gT^2}{2} - v_0 T + \frac{v_0^2}{2g} + \frac{v_0^2}{2g} = \frac{gT^2}{2} + \frac{v_0^2}{g} - v_0 T$$

$$5 + 3,6 - 6 =$$

$$2,6 \text{ с}$$



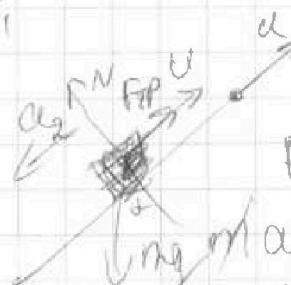
$$m g \sin \alpha < m g \cos \alpha$$

$$6g \sin \alpha \leq \mu$$

$$\frac{3}{5} \leq \frac{1}{2}$$

$$\frac{3}{4} \leq \frac{1}{2}$$

$$0,75 \leq 0,5 \quad X$$



$$F_{\text{норм}} > m g \cos \alpha$$

$$a_x = m g \sin \alpha - m g \cos \alpha$$

$$a_x = g \left(\sin \alpha - \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{5} \right) = \frac{1}{5} g$$

$$\frac{10}{10} = \frac{1}{10} = \frac{1}{5}$$