



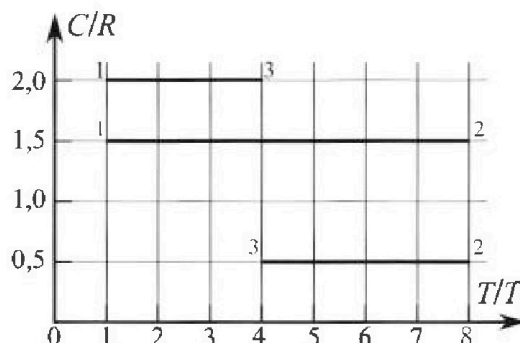
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02



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

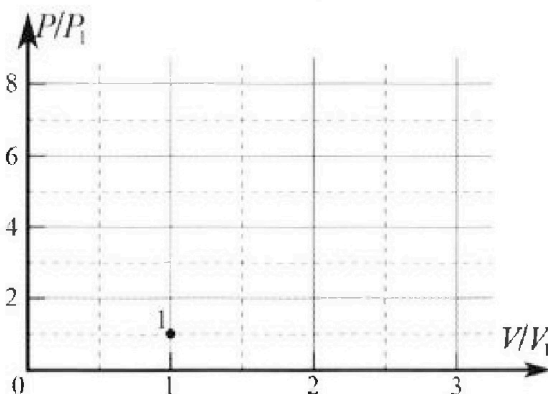
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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

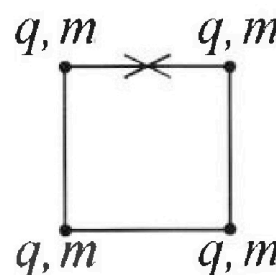
1) Найдите абсолютную величину $|q|$ заряда каждого шарика.

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 рас стоянии d от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных сверху (на рисунке)?

Электрическая постоянная ϵ_0 . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.





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.

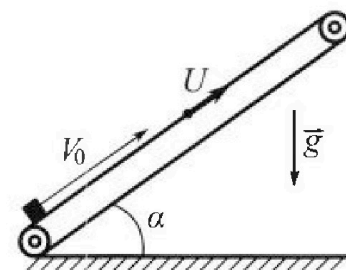
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

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.).

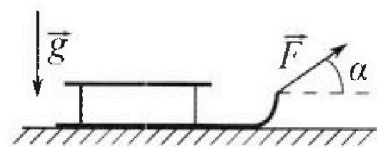
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

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.

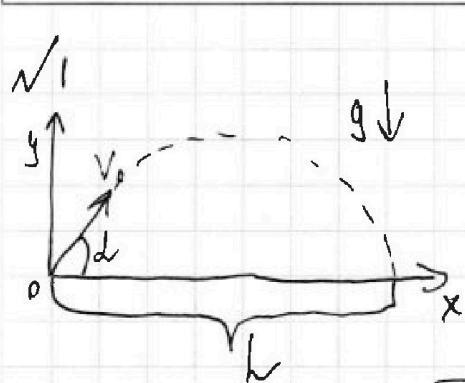
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$1) \vec{S} = \vec{V}_0 t + \frac{\vec{g} t^2}{2}$$

$$ox: L = V_0 \cos \alpha t \quad t - \text{время всего полёта}$$

$$oy: 0 = V_0 \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2}$$

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

$$V_0 = \sqrt{\frac{L g}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{\frac{20 \cdot 10}{1}} = 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2) y - высота подъёма мяча $y_{\max} = H$ $\beta \in (0; 90)$

τ - время полёта до стенки $\angle \beta$ - угол наклона стенки

$$S = V_0 \cos \beta \tau \quad H = V_0 \sin \beta \tau - \frac{g \tau^2}{2}$$

$$y = S \left(t g \beta - \frac{g S}{2 V_0^2 \cos^2 \beta} \right)$$

$$y' = S \left(\frac{1}{\cos^2 \beta} - \frac{g S \sin \beta}{\cos^3 \beta} \right) = S \left(\frac{\cos \beta - g S \sin \beta}{\cos^3 \beta} \right)$$

$$0 = S \left(\frac{\cos \beta - g S \sin \beta}{\cos^3 \beta} \right) \quad \cos \beta - g S \sin \beta = 0$$

$$1 - g S \operatorname{tg} \beta = 0 \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{1}{g S} = \frac{1}{10 \cdot 10\sqrt{2}} = \frac{1}{100\sqrt{2}}$$

Радиус мяча \ll радиусу H

$$\sin^2 \beta + \cos^2 \beta = 1 /: \cos^2 \beta \quad \operatorname{tg}^2 \beta + 1 = \frac{1}{\cos^2 \beta}$$

$$H = S \operatorname{tg} \beta - \frac{g S^2 (\operatorname{tg}^2 \beta + 1)}{2 V_0^2}$$

$$S^2 \frac{g (\operatorname{tg}^2 \beta + 1)}{2 V_0^2} - S \operatorname{tg} \beta + H = 0 \quad \text{Ответ: а) } 10\sqrt{2}$$

$$S = \operatorname{tg} \beta \quad S = \frac{(\operatorname{tg} \beta - \sqrt{\operatorname{tg}^2 \beta - 4 \cdot H \frac{g (\operatorname{tg}^2 \beta + 1)}{2 V_0^2}}) V_0^2}{g (\operatorname{tg}^2 \beta + 1)}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

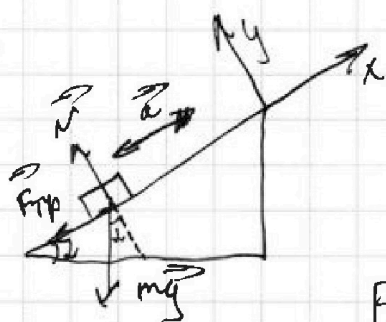
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



√2



$$1) \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} + m\vec{g} = m\vec{a} \quad \text{II зп. Ньютона}$$

$$\text{OX: } -ma = -F_{\text{тр}} - mg \cos \alpha$$

$$ma = F_{\text{тр}} + mg \cos \alpha$$

$$\text{OY: } N = mg \sin \alpha$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

N - сила реакции опоры

m - масса коробки

$F_{\text{тр}}$ - сила трения действующая на неё

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

a - ускорение в первом случае

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

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

$$\vec{S} = \vec{V}_0 t + \frac{a t^2}{2}$$

$$\text{OX: } S = V_0 T - \frac{a T^2}{2} = V_0 T - \frac{(\mu g \cos \alpha + g \sin \alpha) T^2}{2} =$$

$$= 6 \cdot 1 - \frac{(0,5 \cdot 10 \cdot 0,8 + 10 \cdot 0,6) \cdot 1^2}{2} = 6 - \frac{10}{2} = 5,5 \text{ м}$$

2) Перейдем в СО связанную с левым. П.к. она является ИСО, применим II зп. Ньютона.

В СО ~~к~~ левая начальная скорость коробки $-V_0 = 6 \text{ м/с}$.

Конечная скорость $V = V_{\text{дс}} - V_{\text{лр}} = U - U = 0 \text{ м/с}$. Ускорение:

$$a_1 = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V_0 - V}{T_1} = \frac{V_0}{T_1}$$

$$a_1 = \mu g \cos \alpha + g \sin \alpha \quad \frac{V_0}{T_1} = \mu g \cos \alpha + g \sin \alpha$$

$$T_1 = \frac{V_0}{\mu g \cos \alpha + g \sin \alpha} = \frac{6}{0,5 \cdot 10 \cdot 0,8 + 10 \cdot 0,6} = 6 \text{ с}$$

Сила реакции опоры не изменяет своё направление, т.к. ускорение не приобрело компоненты по оси y .

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

МФТИ



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!

$$3) \varphi_{abc} = 0 \Rightarrow \varphi_{\text{ПК}_2} = \varphi_{abc} - U = -1 \frac{\mu\text{с}}{c}$$
$$a_1 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{V_0 - \varphi_{\text{ПК}_2}}{T_2} \quad T_2 = \frac{V_0 - \varphi_{\text{ПК}_2}}{\mu g \cos \alpha + g \sin \alpha} = \frac{6+1}{0,5 \cdot 10 \cdot 0,8 + 10 \cdot 0,6}$$

= 7c

$$\vec{s} = \frac{\vec{v}_n + \vec{v}_k}{2} t$$

$$v_n = U + V_0 \quad v_k = 0$$

ок: ~~$V_0 + \varphi_{\text{ПК}_2}$~~ ~~$= 6+1$~~

$$L = \frac{U + V_0 + v_k}{2} T_2 = \frac{1+6+0}{2} \cdot 7 = \frac{49}{2} = \underline{24,5 \mu}$$

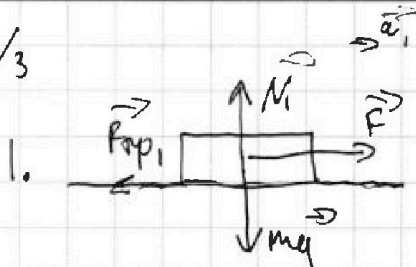
Ответ: а) 5,5 м б) 6 с в) 24,5 м



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!

√3



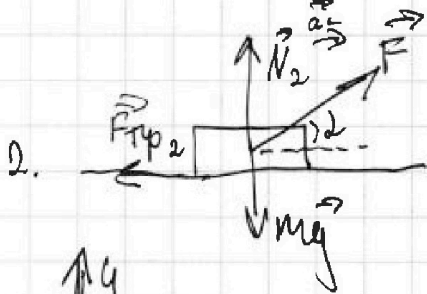
I. $F_{тр} = \mu N$

1. случай: $mg = N_1$

$F_{тр1} = \mu mg$

2 случай: $N_2 = mg - F \sin \alpha$

$F_{тр2} = \mu mg - \mu F \sin \alpha$



Поскольку кинематические эквивалентны

равны \Rightarrow скорости тоже равны в

конце первого и второго случаев и раз эти

скорости גדולות за равные перемещения, то из

формулы $\vec{v} = \frac{v_k^2 - v_0^2}{2a} \Rightarrow a_1 = a_2 = a$.

ох. 1 случай ох. $F = \mu mg$
 $ma = F - \mu mg$

2 случай: ох. $ma = F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha$

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

$F = F \cos \alpha + \mu F \sin \alpha \quad | = \cos \alpha + \mu \sin \alpha$

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

II $F_{тр}$ в обоих случаях по основному закону равна μmg

ЗСЗ: $K = F_{тр} S \quad K = \mu mg S \quad S = \frac{K}{\mu mg} = \frac{K \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) mg}$

Ответ: а) $\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$ б) $S = \frac{K \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) mg}$

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

$$1) Q = \Delta U - A_{\text{ВНЕШ}} \quad \Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$$
$$Q = \nu C \Delta T$$

$$3-1: C_{31} = 2R \quad T_3 = 4T_1 \quad (\text{из графика})$$

$$\Delta T_{31} = T_1 - T_3 = -3T_1$$

$$Q_{31} = \Delta U - A_{31} \quad A_{31} = \Delta U - Q = \frac{3}{2} \nu R \Delta T - 2 \nu R \Delta T =$$

$$= -\frac{1}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} \nu R T_1 = \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 200 = \underline{2493 \text{ Дж}}$$

$$2) T_1 = T_1 \quad T_2 = 8T_1 \quad T_3 = 4T_1 \quad (\text{из графика})$$

$$\Delta T_{12} = 7T_1 > 0; \quad \Delta T_{23} = -4T_1 < 0; \quad \Delta T_{31} = -3T_1 < 0$$

$$\Rightarrow Q_{12} = Q_{\text{нагр}}; \quad |Q_{23} + Q_{31}| = Q_{\text{хол}}$$

$$\nu C_{12} = \frac{3}{2} R \quad C_{23} = \frac{1}{2} R \quad C_{31} = 2R \quad (\text{из графика})$$

$$\eta = \frac{Q_{\text{нагр}} - Q_{\text{хол}}}{Q_{\text{нагр}}} = \frac{Q_{12} - |Q_{23} + Q_{31}|}{Q_{12}} = \frac{\frac{3}{2} \cdot 7 \nu R T_1 - \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot \nu R T_1}{\frac{3}{2} \cdot 7 \nu R T_1}$$

$$\frac{-2 \cdot 3 \nu R T_1}{\frac{3}{2} \cdot 7 \nu R T_1} = \frac{5}{21}$$

Ответ: 1) 2493 Дж 2) $\frac{5}{21}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

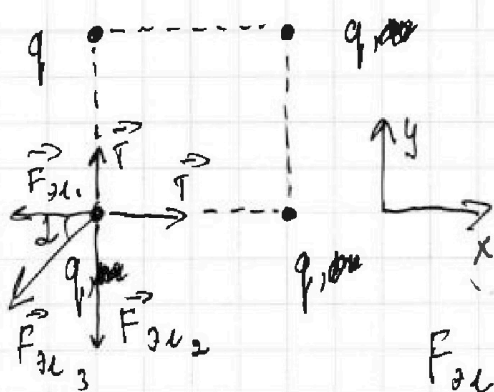
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

$\sqrt{5}$



F_{2i} - сила Кулона между шариками

1) $\alpha = 45^\circ$ - угол между осью x и силой F_{2i3}

Реш. Кольца для одной шарика.

$$\vec{0} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_{21} + \vec{F}_{22} + \vec{F}_{23}$$

$$F_{21} = k \frac{q^2}{a^2} \quad F_{23} = k \frac{q^2}{2a^2}$$

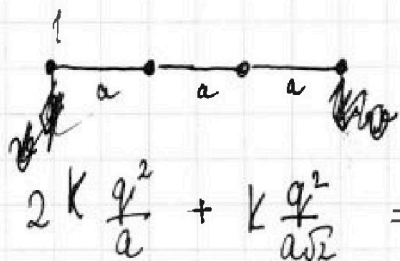
$$Ox: T = F_{21} + F_{23} \cos \alpha = k \frac{q^2}{a^2} \left(1 + \frac{1}{2} \cdot \cos 45^\circ \right) =$$

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

$$q^2 = \frac{4Ta^2 \sqrt{5} \epsilon_0 \cdot 2\sqrt{2}}{2\sqrt{2} + 1}$$

$$q = 2a \sqrt{\frac{T \sqrt{5} \epsilon_0 \cdot 2\sqrt{2}}{2\sqrt{2} + 1}}$$

2)



~~3 шара для шарика 1~~

$W = \varphi q$ $\varphi = k \frac{q}{r}$
3 шара для шарика 1:

$$2k \frac{q^2}{a} + k \frac{q^2}{2a\sqrt{2}} = k + k \frac{q^2}{a} + k \frac{q^2}{2a} + k \frac{q^2}{3a}$$

$$k = \frac{kq^2}{a} \frac{(6(2\sqrt{2}+1) - 11\sqrt{2})}{6\sqrt{2}} = \frac{1}{4\sqrt{5}\epsilon_0} \cdot \frac{4T a^2 \sqrt{5} \epsilon_0 \cdot 2\sqrt{2}}{2\sqrt{2} + 1} \cdot \frac{(6(2\sqrt{2}+1) - 11\sqrt{2})}{6\sqrt{2}}$$

$$= \frac{T a^2 (6(2\sqrt{2}+1) - 11\sqrt{2})}{2\sqrt{2} + 1} = T a^2 \frac{\sqrt{2} + 6}{2\sqrt{2} + 1}$$

3) По \vec{r} . о движении центра масс $\sum \vec{F}_{внеш} = m \vec{a}_c \approx m_c$
т.к. на систему из 4 шаров и нитей не действуют внешние сил, значит центр масс не переместится. Центр

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

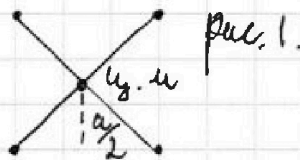
решение которой представлено на странице:

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!

Масс центр масс очевидно находится в центре квадрата (рис. 1)



Из ~~ц.м.~~ симметрии следует, что ~~два~~ ~~нижних~~ шарика не будут

Когда все шарики будут на одной линии и центр масс должен находиться там же, то есть середина средней нити будет в ц.м.

Из симметрии нашей конструкции следует, что два нижних шарика не будут двигаться по оси $x \Rightarrow$ линия на которой расположены шарики будет параллельна нижней стороне квадрата. Получится картинка как на

рис. 2.

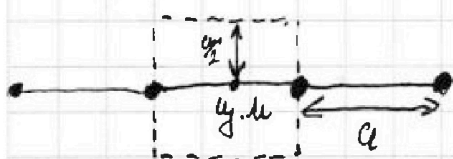


рис. 2.

Неизвестно перемещение шарика

будет равно $S^2 = a^2 + \frac{a^2}{4}$

$$S = \sqrt{\frac{5}{4} a^2} = a \sqrt{\frac{5}{4}}$$

Ответ: а) $q = 2a \sqrt{\frac{T \epsilon_0 2\sqrt{2}}{2\sqrt{2} + 1}}$

б) $K = T a^2 \frac{\sqrt{2} + 6}{2\sqrt{2} + 1}$

в) ~~а) S = a \sqrt{\frac{5}{4}}~~



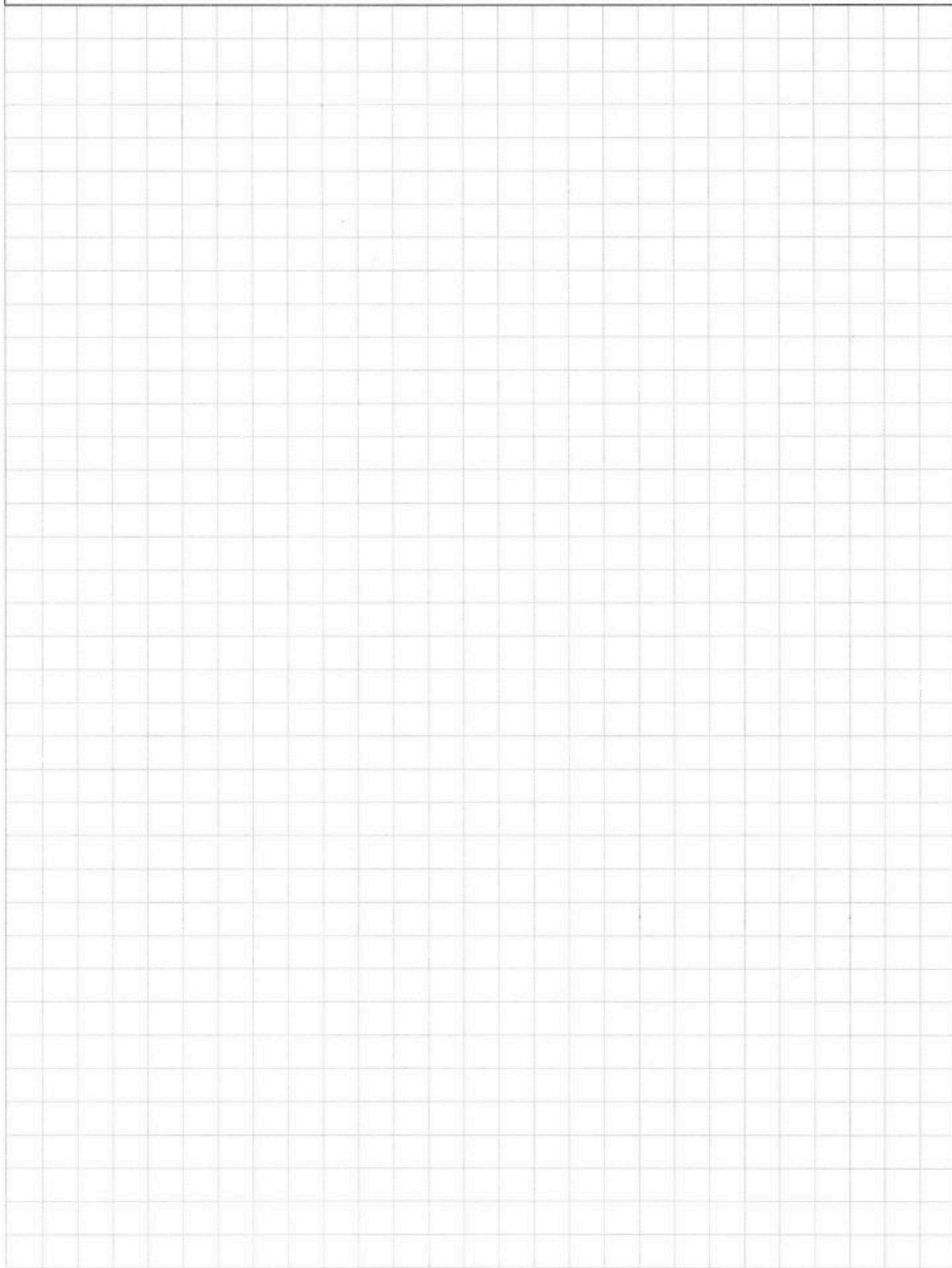
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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



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



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

$$K = (F \cos \alpha - F_{\text{пр}1}) S_1 \quad F_{\text{пр}1} = \mu m g - \mu F \sin \alpha$$

$$K = (F - F_{\text{пр}2}) S_2 \quad F_{\text{пр}2} = \mu m g$$

$$K = (F \cos \alpha - \mu m g - \mu F \sin \alpha) S_1$$

K

$$F - \mu m g = F \cos \alpha - \mu m g + \mu F \sin \alpha$$

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

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



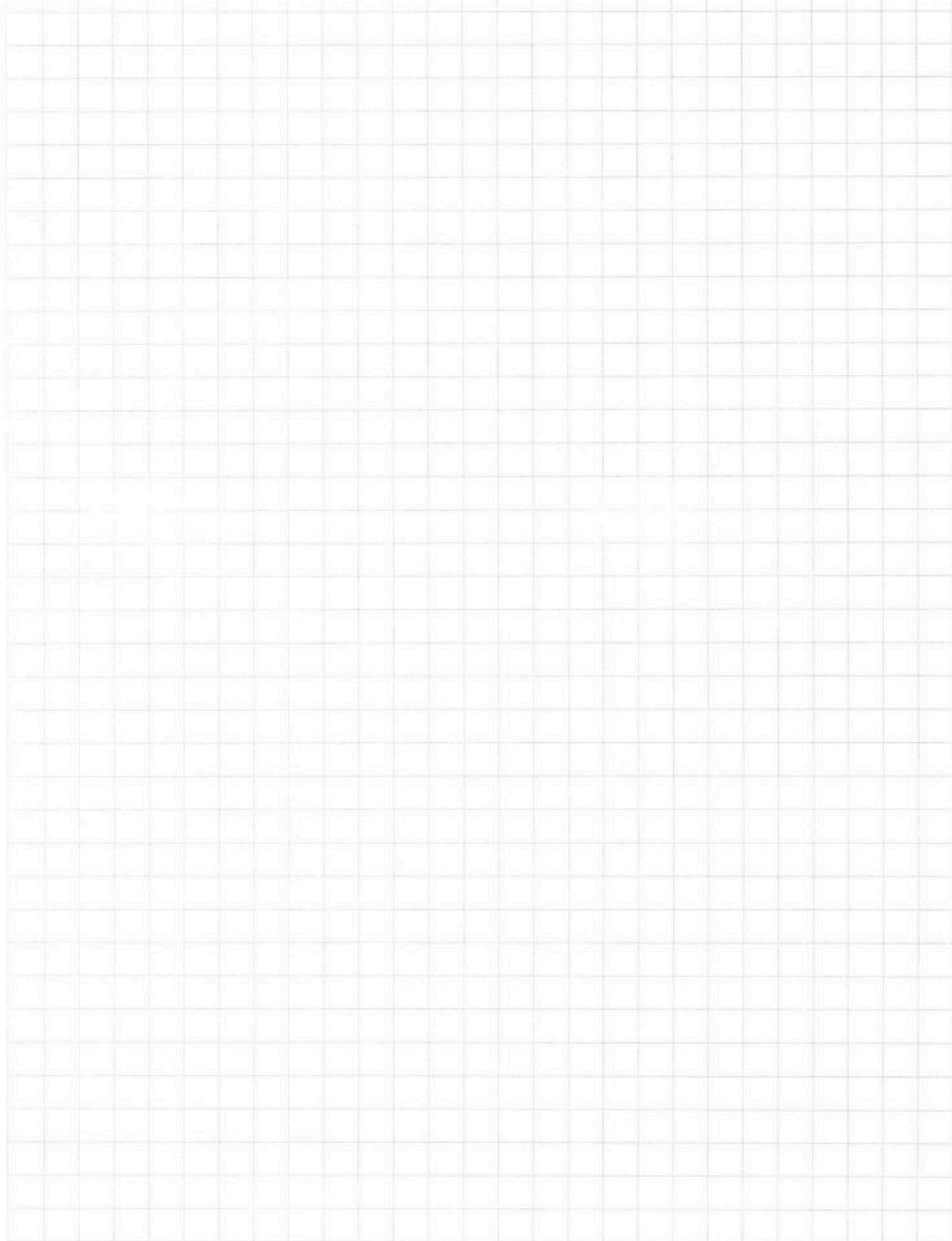
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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



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



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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!

√g

$$T' = 600 \text{ К}$$

$$m a_1 = F \cos \alpha - F_{\text{тр}} \quad m a_2 = F - F_{\text{тр}}$$

$$\Rightarrow \cos \alpha \rightarrow 2R T' = -\frac{3}{2} \Rightarrow R T' - A_{\text{внеш}}$$

$$\frac{36 \cdot 4 \cdot 100 \cdot (\frac{1}{100\sqrt{2}} + 1)}{100 \cdot 4 \cdot 100}$$

$$\frac{9}{2} \quad 6$$

$$A = \Delta U - Q$$

$$\frac{m(V_0 + U) - mU}{T_1} = \mu m g \cos \alpha \quad \frac{9}{2} \quad -6$$

2) + 3 + 6

$$\frac{V_0 + U - U}{T_1} = \mu g \cos \alpha \quad \frac{12\sqrt{2} + 6 - 11\sqrt{2}}{\sqrt{2} + 6}$$

$$\frac{11 \text{ Кг}^2}{6a}$$

$$\frac{831}{2493}$$

$$Q_{12} = \Rightarrow \frac{3}{2} R \neq T_1$$

$$Q_{23} = \Rightarrow \frac{1}{2} R \neq T_1$$

$$Q_{31} = -2 \Rightarrow R \neq T_1$$

ККQ³

$$\frac{(2\sqrt{2} + 1) \text{ Кг}^2}{a\sqrt{2}}$$

$$\frac{21}{2} - 2 - 6 = \frac{5}{2}$$

$$m a_1 = F \cos \alpha - \mu m g \quad N = F \sin \alpha + m g$$

$$m a_2 = F - \mu m g \quad 6(2\sqrt{2} + 1) \text{ Кг}^2 - 11\sqrt{2} \text{ Кг}^2$$

$$m a_1 = F \cos \alpha + F \sin \alpha - \mu m g$$

$$m a_2 = F - \mu m g$$

$$K + F_{\text{тр}} \cos \alpha = F_{\text{тр}} \quad K \neq$$

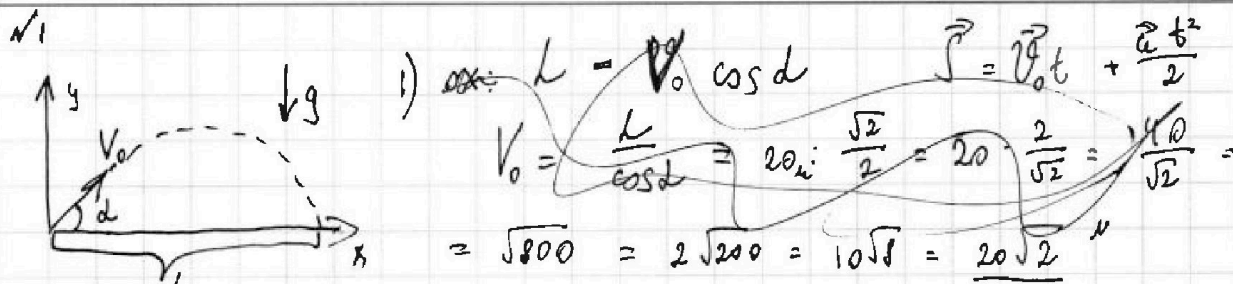
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$1) \text{ } L = V_0 \cos \alpha t$$

$$V_0 = \frac{L}{\cos \alpha} = 20 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 20 \cdot \frac{2}{\sqrt{2}} = \frac{40}{\sqrt{2}} = 20\sqrt{2} \text{ м}$$

$$= \sqrt{800} = 2\sqrt{200} = 10\sqrt{8} = 20\sqrt{2} \text{ м}$$

$$\text{or: } L = V_0 \cos \alpha t$$

$$o_y: 0 = V_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} \quad \frac{gt}{2} = V_0 \sin \alpha \quad \text{and}$$

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

$$H = V_0 \sin \beta t - \frac{gt^2}{2} \quad S = V_0 \cos \beta t \quad \frac{x}{x^2} = \frac{x^2 - 2x^2}{4x}$$

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

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

$$\frac{1}{\cos^2 \alpha} = (\cos^2 \alpha)^{-1} \quad (\cos^2 \alpha)^{-1} = -\cos^2 \alpha \cdot \sin^2 \alpha$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \cos \beta}$$

$$t g \beta = \frac{\sin^2 \beta}{\cos^2 \beta} = \frac{\sin^2 \cos^2 \beta - \cos^2 \sin^2 \beta}{\cos^2 \beta} = \frac{\cos^2 \beta + \sin^2 \beta}{\cos^2 \beta} = \frac{1}{\cos^2 \beta}$$

$$= \frac{1}{\cos^2 \beta} = \frac{4 \cdot 36 \cdot 10}{100} = \frac{1440}{100} = 14.4$$

$$\frac{1}{20000} = \frac{1}{20000}$$

$$(\cos \beta)^{-2} = \frac{1}{\cos^2 \beta} = \frac{1}{\sin^2 \beta}$$

$$-2 (\cos \beta)^{-3} \cdot -\sin \beta = \frac{2 \sin \beta}{\cos^3 \beta}$$