



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-01

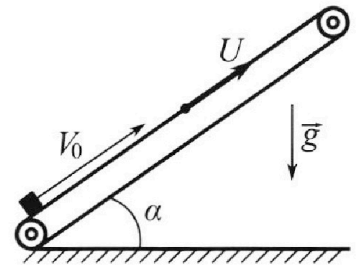
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



1. Мяч, посланный теннисистом вертикально вверх, поднимается на максимальную высоту за $T = 2$ с.
- 1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.
 - 2) Теннисист посылает мяч с начальной скоростью V_0 под различными углами к горизонту в направлении высокой вертикальной стенки, находящейся на расстоянии $S = 20$ м от места броска. На какой максимальной высоте мяч ударяется о стенку?
Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым. Все высоты отсчитываются от точки старта.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,8$ (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 4$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = \frac{1}{3}$. Движение коробки прямолинейное.



- 1) За какое время T после старта коробка пройдет в первом опыте путь $S = 1$ м?

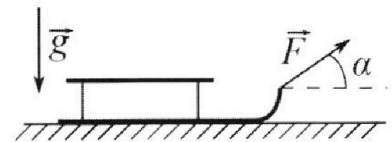
Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 2$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 4$ м/с.

- 2) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 2$ м/с?
- 3) На какой высоте H , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же скорости V_0 за одинаковое время.

В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

Во втором случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. После достижения скорости V_0 действие внешней силы прекращается.



- 1) Найдите коэффициент μ трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.
- 2) Через какое время T после прекращения действия силы санки остановятся? Ускорение свободного падения g .

Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

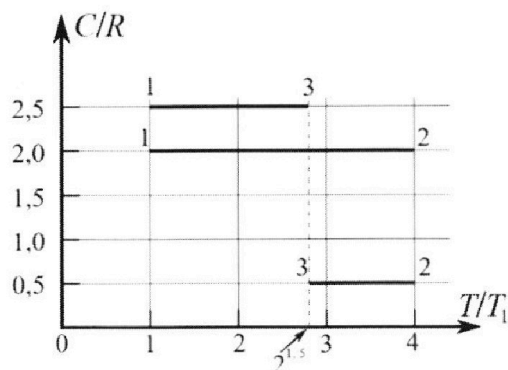
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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



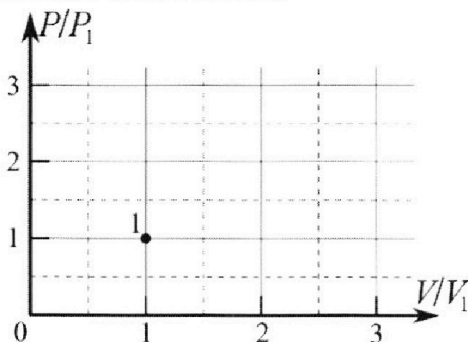
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1 $T_1 = 400$ К, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К).



1) Найдите работу A_{12} газа в процессе 1-2.

2) Найдите КПД η цикла.

3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1 газа в цикле.



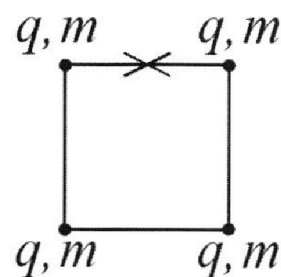
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

1) Найдите силу T натяжения нитей.

Одну нить пережигают.

2) Найдите скорость V любого, выбранного Вами шарика, в тот момент, когда шарики будут находиться на одной прямой.

3) На каком расстоянии d от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных вверху (на рисунке)?



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

1 2 3 4 5 6 7

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

① Дано:

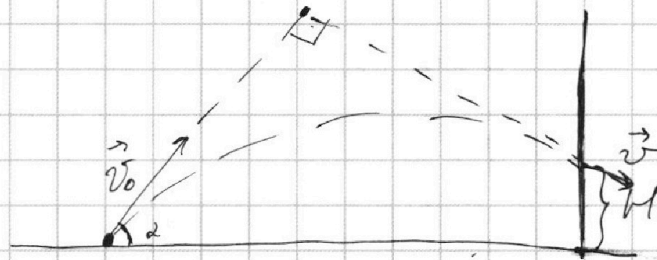
$$T = 2\text{с};$$

$$S = 20\text{м};$$

$$g = 10\text{м/с}^2;$$

1) $v_0 = gT = 10 \cdot 2 = 20\text{ (м/с)}$

2)

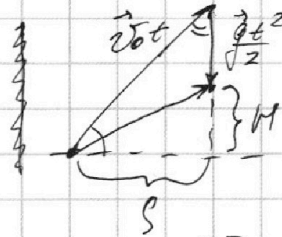
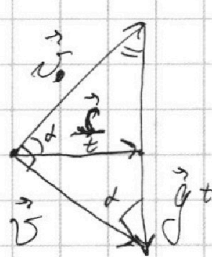


1) v_0 - ?

2) H - ?

Высота будет макс-ой, если

$$\vec{v}_0 \perp \vec{v};$$



$$\Rightarrow \sin d = \frac{v_0}{gt}; \quad \cos d = \frac{S}{v_0 t}; \quad \Rightarrow \operatorname{tg} d = \frac{\frac{v_0}{gt}}{\frac{S}{v_0 t}} = \frac{v_0^2}{gS} =$$

$$= \frac{20^2}{10 \cdot 20} = 2; \quad \Rightarrow \sin d = \frac{2}{\sqrt{5}}; \quad \cos d = \frac{1}{\sqrt{5}};$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \frac{v_0}{gt} = \frac{2}{\sqrt{5}}; \\ \frac{S}{v_0 t} = \frac{1}{\sqrt{5}} \end{cases}; \quad H = v_0 t \sin d - \frac{gt^2}{2} = v_0 t \cdot \frac{v_0}{gt} - \frac{gt^2}{2} =$$

$$= \frac{v_0^2}{g} - \frac{gt^2}{2};$$

$$\Rightarrow t = \frac{v_0}{g} \cdot \frac{\sqrt{5}}{2}; \quad \Rightarrow H = \frac{v_0^2}{g} - \frac{g}{2} \cdot \frac{v_0^2}{g^2} \cdot \frac{5}{4} = \frac{v_0^2}{g} \left(1 - \frac{5}{8}\right) =$$

$$= \frac{400}{10} \cdot \frac{3}{8} = 15\text{ (м)}$$

Ответ: 1) $v_0 = 20\text{ (м/с)}$; 2) $H = 15\text{ (м)}$;

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

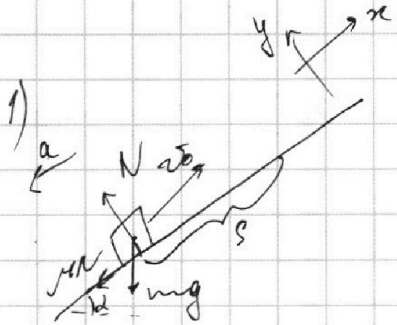
1 2 3 4 5 6 7



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

2

Дано:
 $u = 2 \text{ м/с}$;
 $\sin \alpha = 0,8$;
 $v_0 = 4 \text{ м/с}$;
 $\mu = \frac{1}{3}$;
 $S = 1 \text{ м}$;



II з.п.: Ox : $-ma_0 = -\mu N - mg \sin \alpha$

Oy : $0 = N - mg \cos \alpha \Rightarrow N = mg \cos \alpha$

$\Rightarrow a_0 = \mu g \cos \alpha + g \sin \alpha = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) =$

$= 10(\frac{1}{3} \cdot 0,6 + 0,8) = 10 \text{ м/с}^2$; $\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - 0,64} = 0,6$;

$\Rightarrow S_1 = v_0 t_1 - \frac{a_0}{2} t_1^2$; rgl

$S_1 = \frac{v_0^2}{2a_0} = \frac{16}{2 \cdot 10} = 0,8 \text{ м}$; $0,8 = 4t_1 - 5(\frac{1}{3} \cdot 0,6 + 0,8)t_1^2$; $5t_1^2 - 4t_1 + 0,8 = 0$

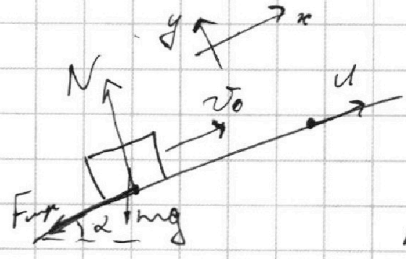
$D_1 = 4 - 5 \cdot 0,8 = 0 \Rightarrow t_1 = \frac{2}{5} = 0,4 \text{ (с)}$;

- время до остановки;

$\Rightarrow (S - S_1) = \frac{a_0 t_2^2}{2} \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2(S - S_1)}{a_0}} = \sqrt{\frac{2 \cdot (1 - 0,8)}{10}} = 0,2 \text{ (с)}$

$\Rightarrow T = t_1 + t_2 = 0,4 + 0,2 = 0,6 \text{ (с)}$;

а)



нр-ия (на ось Ox)
 Если v ск-ты $v \geq u$ $v \geq u$

Большее ск-ти нр-ра, сила трения направлена против оси Ox ;

Если $v < u$, сила тр-ия направ-на вбок от Ox ;

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) (пр-ие):

⇒ на расстоянии L от точки старта сила трения направлена

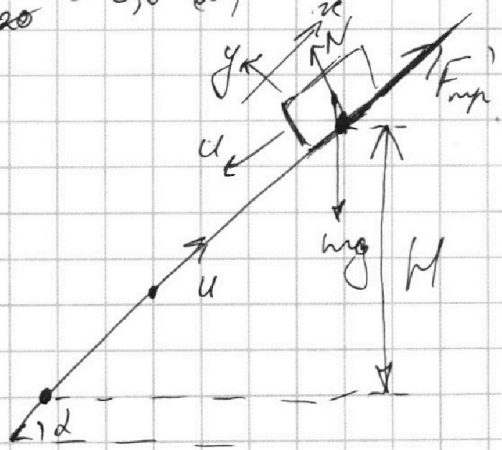
⇒ сила коробки на протяжении расстояния L от точки старта сила трения будет направлена против оси Ox ;

II з. ф. : $Ox: -ma = -mg \sin \alpha + F_{тр}$;

$Oy: N = mg \cos \alpha$; $\Rightarrow F_{тр} = \mu mg \cos \alpha \Rightarrow a = g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha$;

$\Rightarrow L = \frac{v_0^2 - v^2}{2a} = \frac{v_0^2 - v^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = \frac{16 - 4}{2 \cdot 10(0,8 + \frac{1}{3} \cdot 0,6)} = \frac{12}{20} = 0,6 \text{ (м)}$

3)



Ск-ть коробки становится равной нулю в лабораторной системе отсчета тогда, когда ск-ть коробки становится равной $v = u$ и направлена против оси Ox .

Пусть расстояние от м. где ск-ть коробки $v_{отн} = 0$ (на расстоянии L от м. старта) до м. с высотой H равно $S_2 = -L + \frac{H}{\sin \alpha}$;

II з. ф. : $Ox: \Rightarrow m \ddot{x} = -mg \sin \alpha + F_{тр}$

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"/>	<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!

$$\text{II 3-й. : } -ma = -mg\sin\alpha + \mu mg\cos\alpha$$

$$\Rightarrow a = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha);$$

$$\Rightarrow \text{ИЗБРАШУ} \quad S_2 = \frac{v^2}{2g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)}$$

$$\Rightarrow \frac{W}{\sin\alpha} = \frac{v^2}{2g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)} + L \Rightarrow$$

$$W = \sin\alpha \left(\frac{v^2}{2g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)} + L \right) = 0,8 \left(\frac{v^2}{2 \cdot 10(0,8 - 0,2)} + 0,6 \right) =$$

$$= \frac{4}{5} \cdot \frac{1 + 0,8}{3} = \frac{4}{5} \cdot \frac{14}{3} = \frac{56}{75} \text{ (м)}$$

Ответ: 1) $T = 0,6 \text{ с}$; 2) $L = 0,6 \text{ м}$; 3) $W = \frac{56}{75} \text{ (м)}$;

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

3)

Дано:

v_0 ;

$t_1 = t_2 = t$;

μ ;

d ;

μ ;

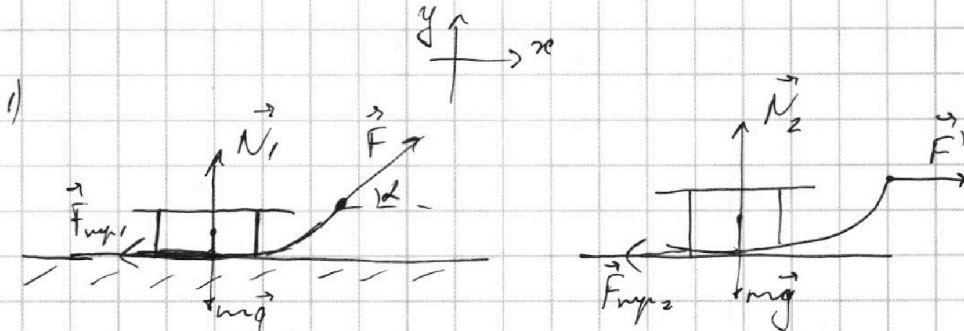
rep-uo

g ;

1) μ ?

2) T ?

(сначала опис)



\vec{Ox} : $ma_1 = (F \cos \alpha + F_{mp1})$;
(где $\mu = \mu_1$)

\vec{Oy} : ~~$mg - N_1 - F_{mp1} \sin \alpha = 0$~~

$N_1 = mg - F \sin \alpha \Rightarrow F_{mp1} = \mu (mg - F \sin \alpha)$;

$\Rightarrow a_1 = \frac{(F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha))}{m}$;

\vec{Ox} : $ma_2 = (F - F_{mp2})$

\vec{Oy} : $N_2 = mg$; $\Rightarrow F_{mp2} = \mu mg$;

$\Rightarrow a_2 = \frac{F - \mu mg}{m}$;

$\begin{cases} v_0 = a_1 t_1 \\ v_0 = a_2 t_2 \end{cases}$; м.к. $t_1 = t_2 = t \Rightarrow a_1 = a_2$

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

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

2) ~~...~~ g и F ;

\vec{Ox} : $-ma = -F_{mp}$; $F_{mp} = \mu mg$; $\Rightarrow a = \mu g$;

$\Rightarrow v_0 = aT = \mu g T \Rightarrow T = \frac{v_0}{\mu g} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)}$;

Объем! 1) $\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$;
2) $T = \frac{v_0 \sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)}$;

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

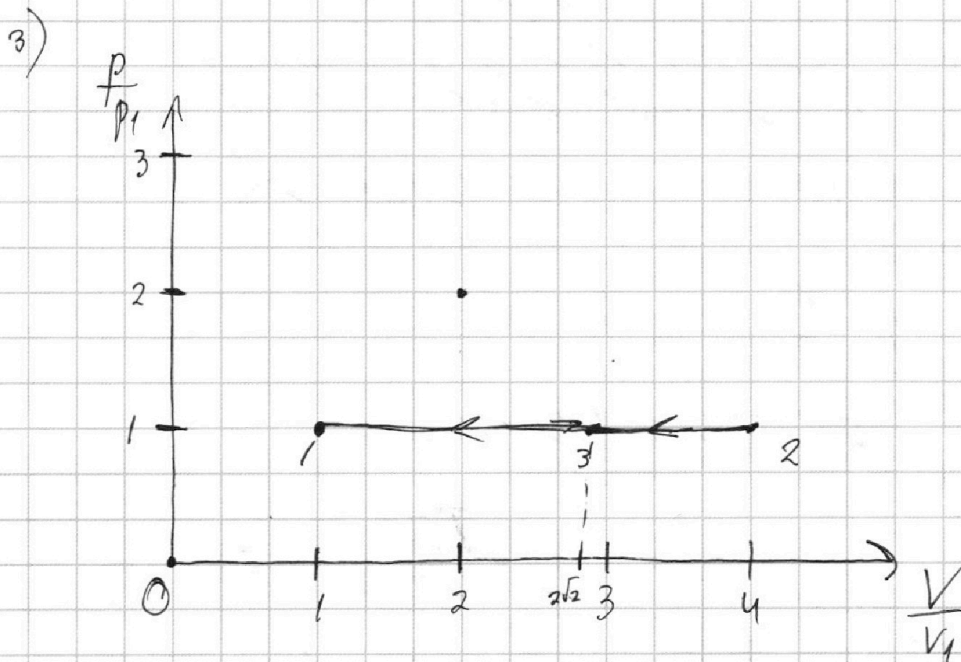
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1
 2
 3
 4
 5
 6
 7



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

$$2) \quad \eta = \frac{A_2}{Q_{12}} = \frac{2RT_1 \cdot 4,5}{6RT_1} = \frac{4,5}{3} = 0,75;$$



$$p_1 V_1 = \nu RT_1; \quad p_2 V_2 = 4\nu RT_1; \quad p_3 V_3 = 2\sqrt{2} \nu RT_1;$$

$$\frac{C}{R} = \frac{\frac{\Delta Q}{\Delta T}}{R} = \text{const} \Rightarrow \frac{A_2 + \Delta U}{\Delta T} = \text{const};$$

$$A_{12} = 1,5 \nu RT_1$$

Ответ: 1) $A_{12} = 4986 \text{ (Дж)}$; 2) $\eta = 0,75$;

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!

4)

Дано:

$i=3$

$\nu = \text{max}$;

$T_1 = 400 \text{ K}$;

$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$

1) $A_{12} - ?$

2) $\eta - ?$

3) $\frac{P}{P_1} \left(\frac{\nu}{\nu_1} \right) - ?$

$k_{12} = 2$;

$$\frac{A_{12} + \frac{3}{2} \nu R \cdot 3T_1}{3T_1 \nu R} = 2 \Rightarrow A_{12} = 6 \nu R T_1 - 4,5 \nu R T_1 = 1,5 \nu R T_1 =$$

$$= 1,5 \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 400 = 4986 \text{ (Дж)}$$

2) $\eta = \frac{A_2}{Q_{\text{max}}}$; $Q_{\text{max}} = Q_{12}$;

$Q_{\text{max}} = Q_{12} = A_{12} + \frac{3}{2} \nu R \cdot 3T_1 = 6 \nu R T_1$;

$A_2 = A_{12} + A_{23} + A_{31}$; $A_{23} = \frac{3}{2} \nu R \cdot T_1 (4 - 2\sqrt{2}) = 0,5$

$-T_1 (4 - 2\sqrt{2}) \nu R$

$\Rightarrow A_{23} = \nu R T_1 (4 - 2\sqrt{2})$; $A_{31} = \frac{3}{2} \nu R T_1 (2\sqrt{2} - 1) = 2,5$

$-T_1 (2\sqrt{2} - 1) \nu R$

$\Rightarrow A_{31} = \nu R T_1 (2\sqrt{2} - 1)$;

$\Rightarrow A_2 = \nu R T_1 (1,5 + 4 - 2\sqrt{2} + 2\sqrt{2} - 1) = \nu R T_1 (4,5)$;

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

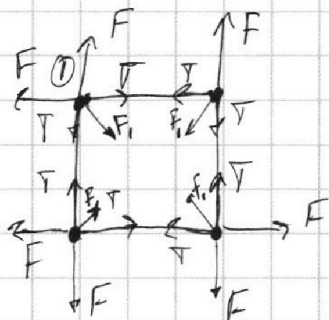
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

5)

Дано:
b; m;
q;

- 1) T-?
2) v-?
3) d-?

1)



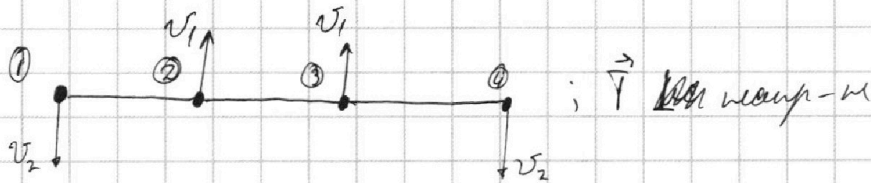
~~ИЗЗ: для 0:~~
~~Qx: F = T~~
~~F = \frac{Kq^2}{b^2}~~

$$F = \frac{Kq^2}{b^2}; F_1 = \frac{Kq^2}{2b^2};$$

ИЗЗ: для 0: Qx: 0 = T + F_1 \cos 45^\circ - F

$$\Rightarrow T = \frac{Kq^2}{b^2} - \frac{Kq^2}{2b^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{Kq^2}{b^2} \left(1 - \frac{\sqrt{2}}{4}\right);$$

2)



ИЗЗ: для 0: перпендикулярно к направлению шарика

в канале m. нр-м => применим 3-ю сопр-ю э-м.

ИЗЗ: для 0: ~~\frac{mv^2}{2} + E_{12} + E_{13} + E_{14} = E_{12} + E_{13} + E_{14};~~

$$\frac{mv^2}{2} = -\frac{Kq^2}{b^2} (1 + \sqrt{2} - 1 - 2 - 3) =$$



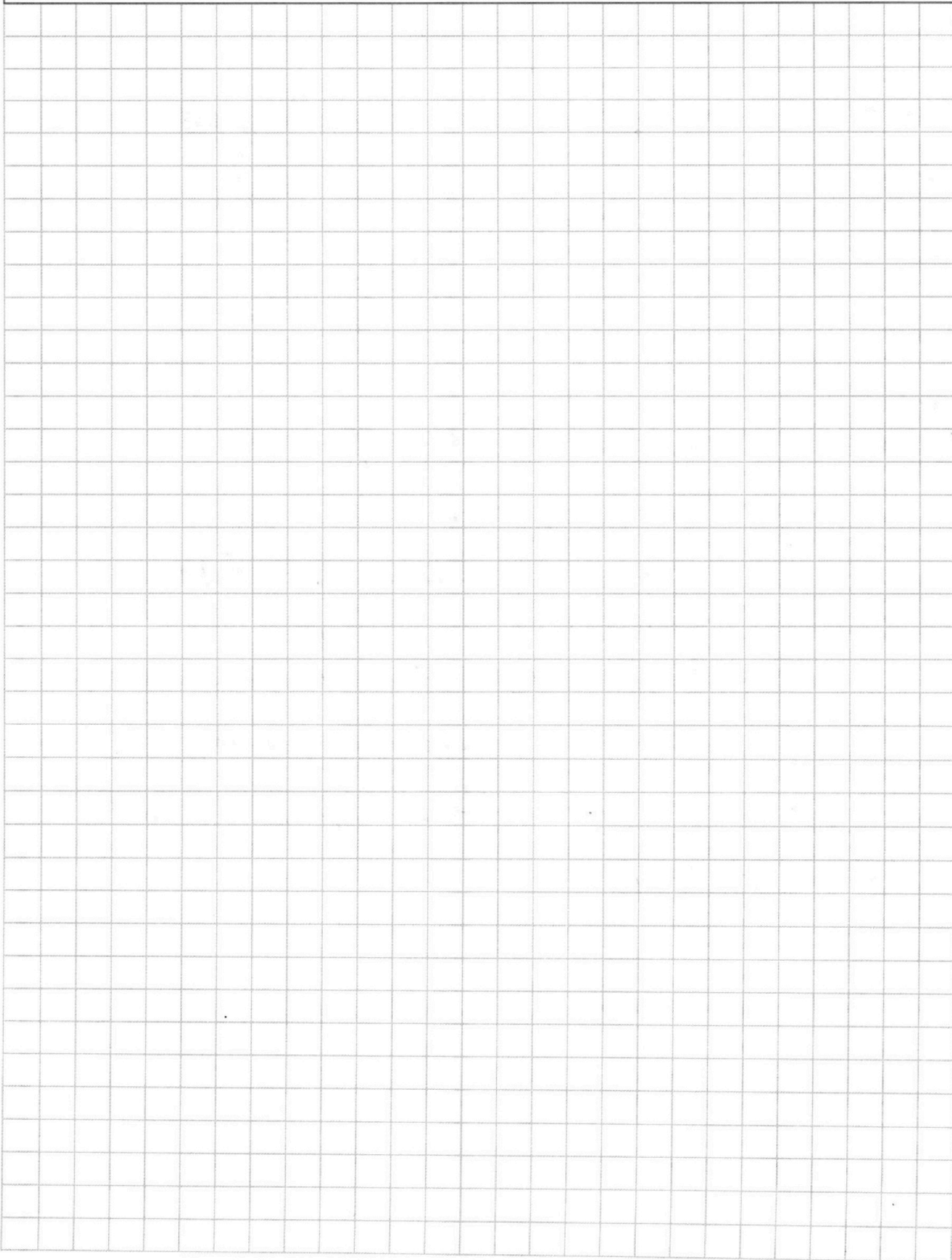
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!





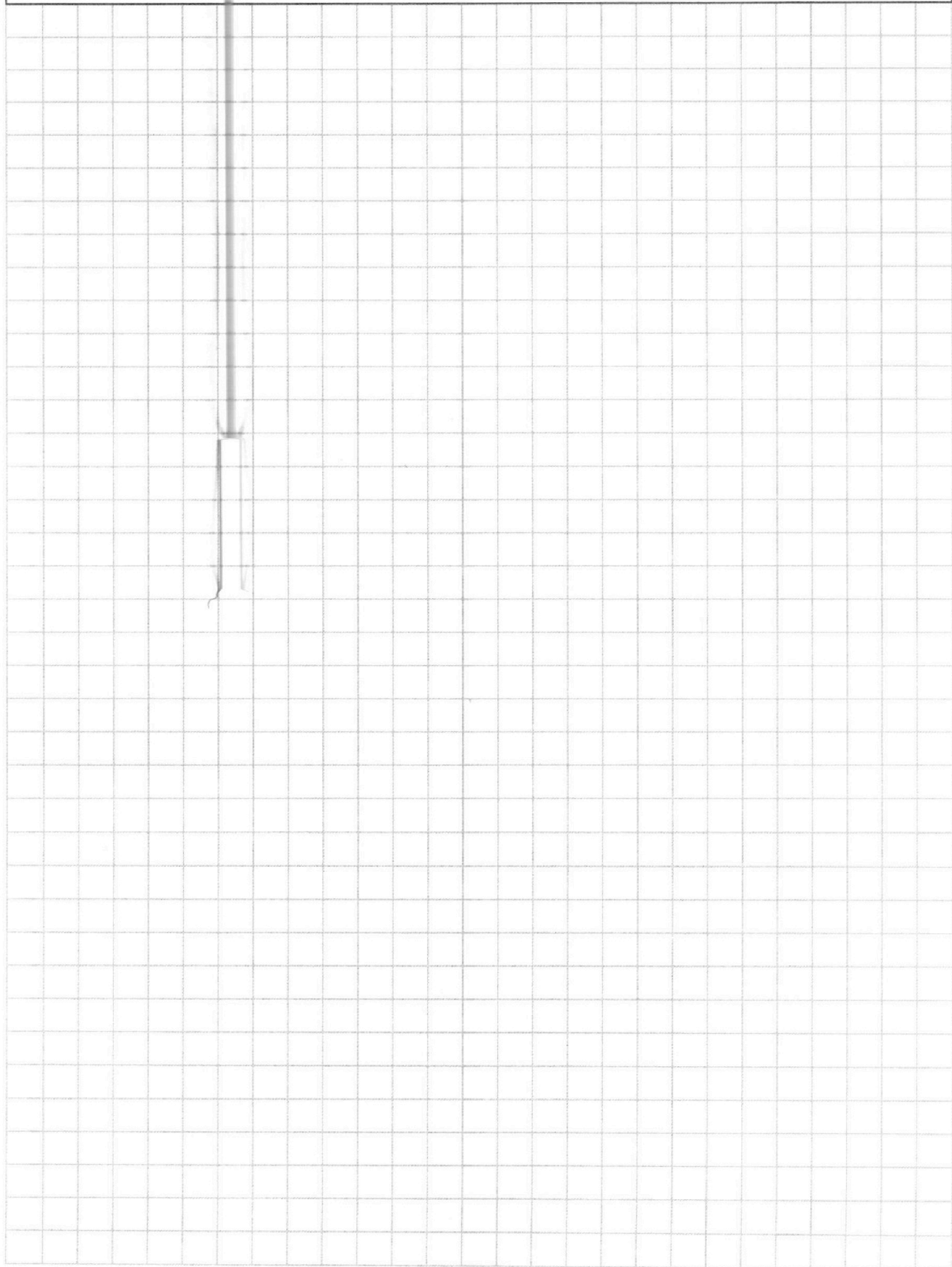
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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"/>



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:

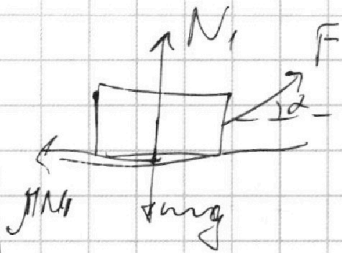
- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



v_0
 $t_1 = t_2 = t'$
 $b_1 - u$



$$m v_0 = (F \cos \alpha)$$

d

$2 - u$
 $20 \mu - u$

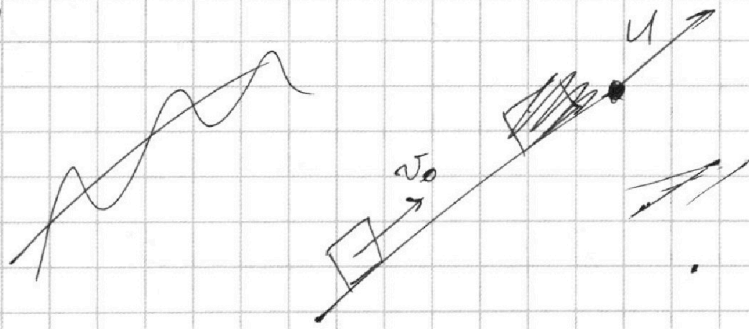
$F_1 = F_2 = F$

②

$v_1 - ?$

$T - ?$

~~...~~



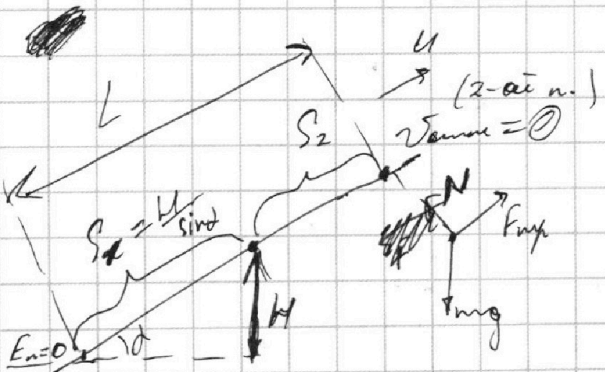
при $v > u$

сила направлена назад,

при $v < u$ сила направлена вперед

$H - ?$

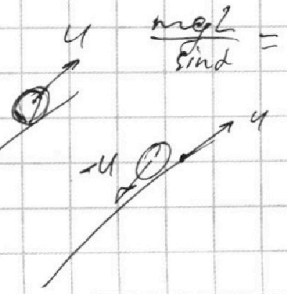
$L - ?$



$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T \cdot D}$$

$\frac{600}{87}$
 $\times 8,31$
 $\frac{600}{4986,00}$

Две макс. к



$$\frac{m u^2}{2} + m g h = \frac{m v_0^2}{2} + \mu m g \cos \alpha \cdot (S_1 + 2 S_2)$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

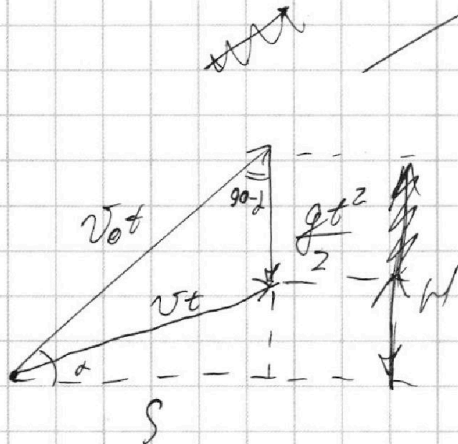
МФТИ

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



~~Решение задачи~~

$a = 12.5 \text{ (м/с}^2\text{)}$



~~$\sin \alpha = \frac{H}{v_0t}$~~
 ~~$\cos \alpha = \frac{S}{v_0t}$~~
 ~~$\sin \alpha = \frac{gt^2}{2v_0t} = \frac{gt}{2v_0}$~~
 ~~$\sin \alpha \cdot \cos \alpha = \frac{S}{v_0t} \cdot \frac{gt}{2v_0} = \frac{S}{2v_0^2}$~~
 ~~$\cos \alpha = \frac{S}{v_0t}$~~

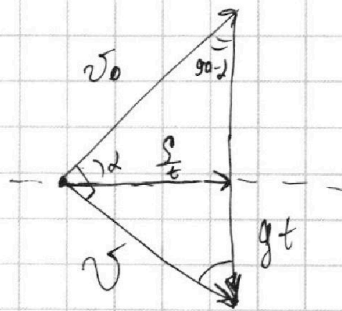
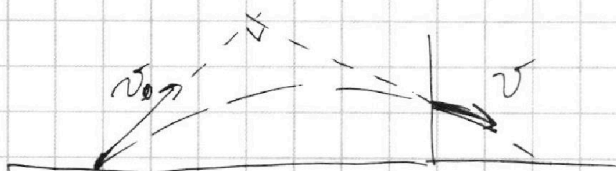
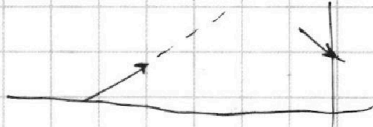
$H = v_0t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}$

$\sin \alpha = \frac{H}{v_0t}$; $H \in v_0t \sin \alpha$

$S = v_0t \cos \alpha$

L; H; $v_{\text{min}}?$

L; v_0 ; $H_{\text{max}}?$



$\cos \alpha = \frac{S}{v_0t} = \frac{S}{v_0t}$

$\sin \alpha = \frac{gt}{v}$; $\sin \alpha = \cos \alpha$

$\tan \alpha = \frac{gt}{S} = \frac{v_0^2 \cdot t}{gt \cdot S} = \frac{v_0^2}{gS} = \frac{400}{10 \cdot 20} = 2$

~~МФТИ~~

$\Rightarrow \sin \alpha = \frac{2}{\sqrt{5}}$; $\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{5}}$