



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-01

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

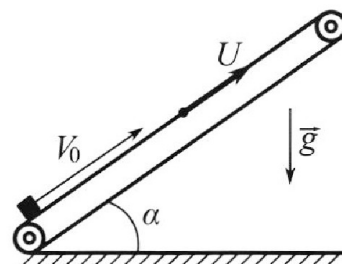


1. Мяч, посланный теннисистом вертикально вверх, поднимается на максимальную высоту за $T = 2$ с.
- 1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.
 - 2) Теннисист посылает мяч с начальной скоростью V_0 под различными углами к горизонту в направлении высокой вертикальной стенки, находящейся на расстоянии $S = 20$ 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?

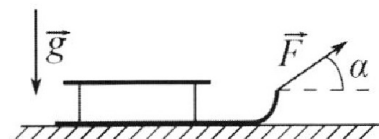
Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 2$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 4$ м/с.

- 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 .

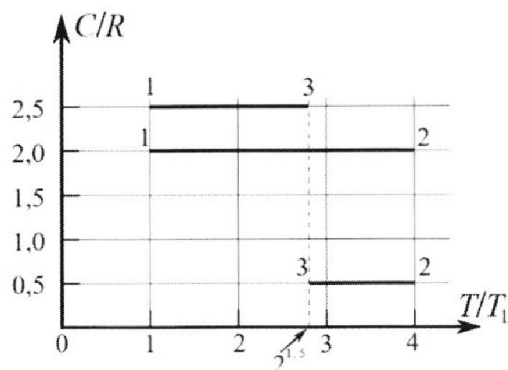
Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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

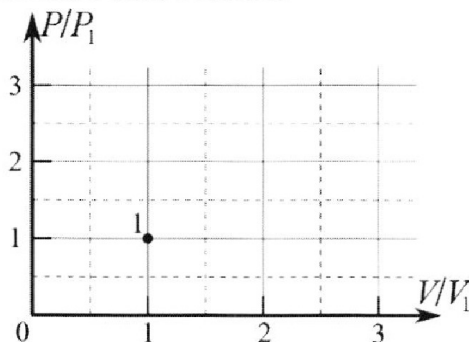
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



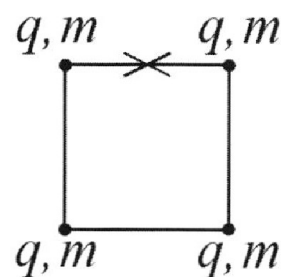
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

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 сверху (на рисунке)?



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



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

Решение:

$$T = 20 \text{ c};$$

$$S = 20 \text{ м};$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2;$$

1) v_0 - ?

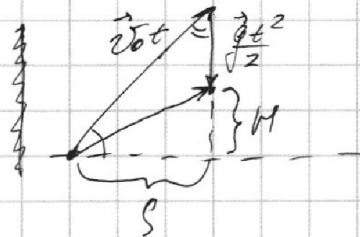
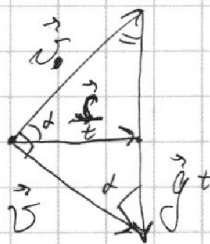
2) H - ?

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

2)



Высота будет макс-ой, если
 $\vec{v}_0 \perp \vec{v}$;



$$\Rightarrow \sin \alpha = \frac{v_0}{gt}; \quad \cos \alpha = \frac{S}{v_0 t}; \quad \Rightarrow \tan \alpha = \frac{\frac{v_0}{gt}}{\frac{S}{v_0 t}} = \frac{v_0^2}{gS} =$$

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

$$\Rightarrow \begin{cases} \frac{v_0}{gt} = \frac{2}{\sqrt{5}}; \\ \frac{S}{v_0 t} = \frac{1}{\sqrt{5}} \end{cases}$$

$$H = v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} = v_0 t \cdot \frac{v_0}{gt} - \frac{gt^2}{2} = \frac{v_0^2}{g} - \frac{gt^2}{2};$$

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

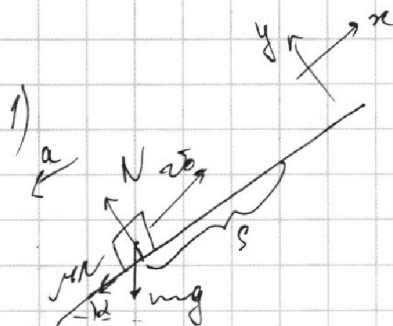
$$= \frac{400}{10} \cdot \frac{3}{8} = 15 \text{ (м)}$$

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

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

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.: Ох: $-ma_0 = -\mu N - mg \sin \alpha$

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

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

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

$\Rightarrow S_1 = v_0 T_1 - \frac{a_0}{2} T_1^2; \text{ где}$

$S_1 = \frac{v_0^2}{2a_0} = \frac{16}{2 \cdot 10} = 0,8 \text{ м}; 0,8 = 4T_1 - 5 \cdot (\frac{1}{3} \cdot 0,6 + 0,8) T_1^2; 5T_1^2 - 4T_1 + 0,8 = 0$

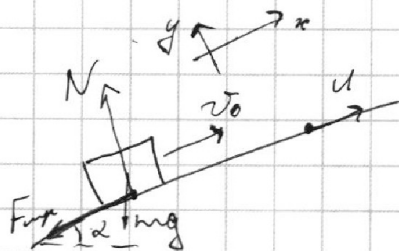
$D_1 = 4 - 5 \cdot 0,8 = 0 \Rightarrow T_1 = \frac{2}{5} = 0,4 \text{ (с)};$

- 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 Ох)
 Если v ск-ты коробки $v \geq u$

Большая ск-тия нр-ра, сила трения направлена против оси Ох;

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

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) (пр-ие):

~~⇒ на расс-ии L от точки старта сила $F_{\text{тр}}$ направлена~~

⇒ пока коробка не достигнет расс-ии L от точки старта сила тр-ия будет направлена против оси Ox ;

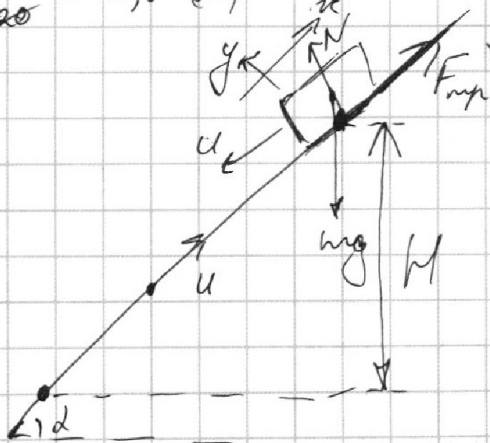
II з. Н.: $Ox: -ma = -mg \sin \alpha + F_{\text{тр}};$

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

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

$= \frac{12}{20} = 0,6 \text{ (м)}$

3)



Ск-ть коробки станет равной нулю в лабораторной системе отсчета, когда, когда ск-ть коробки станет равной $v = u$ и направ-ия против оси Ox .

Взвешивание расс-ии от м. где отн. ск-ть коробки $v_{\text{отн}} = 0$ (на расс-ии L отн. м. старта) до м. с высотой H равно $S_2 = -L + \frac{u^2}{\sin \alpha};$

Взвешивание: $Ox: \Rightarrow m \ddot{x} = -mg \sin \alpha + F_{\text{тр}}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

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

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

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

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

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

$$= \frac{4}{5} \cdot \frac{1 + 0,8}{3} = \frac{4}{5} \cdot \frac{1,8}{3} = \frac{5,6}{7,5} \text{ (м)}$$

Ответ: 1) $T = 0,6 \text{ с}$; 2) $L = 0,6 \text{ м}$; 3) $H = \frac{5,6}{7,5} \text{ (м)}$;

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

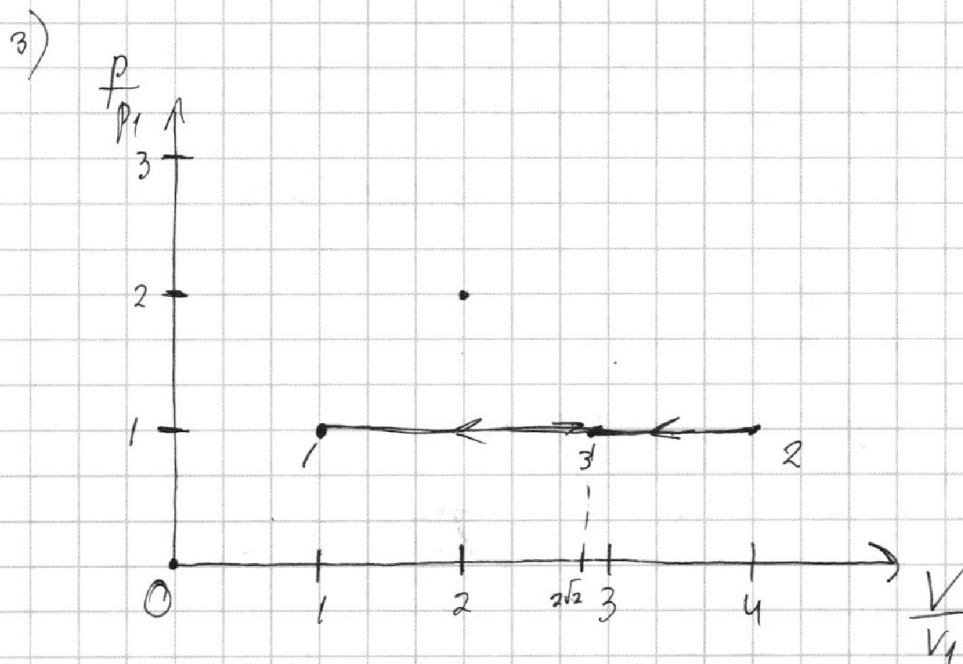
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

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



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

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

$$A_{12} = 1,5 \cdot 2RT_1$$

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

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:

$$i=3$$

$$v_{\text{max}};$$

$$T_1 = 400 \text{ K};$$

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

1) $A_{12} - ?$

2) $\eta - ?$

3) $\frac{P}{P_1} \left(\frac{V}{V_1} \right) - ?$

$$k_{12} = 2;$$

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

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

2) $\eta = \frac{A_2}{Q_{\text{max}}};$ ~~$Q_{\text{max}} = Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}$~~ $Q_{\text{max}} = Q_{12};$

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

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

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

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

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

$$\Rightarrow A_2 = 1,5 \nu R T_1 (1,5 + 4 - 2\sqrt{2} + 2\sqrt{2} - 1) = \nu R T_1 (3 - 5\sqrt{2}) = 4,5 \nu R T_1;$$

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!



5)

Дано:

b ; m ;

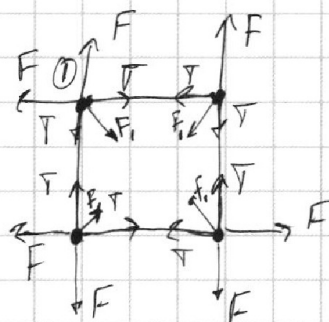
q ;

1) T - ?

2) v - ?

3) d - ?

1)



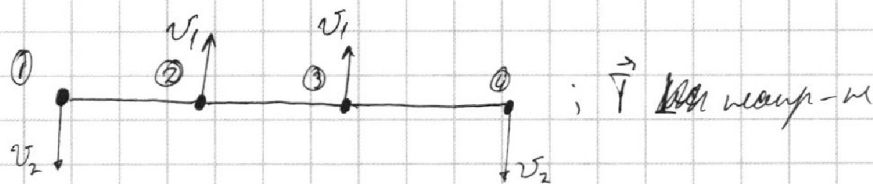
~~ИЗМ.~~
~~Ок: $F = T$,
 $F = \frac{kq^2}{b^2}$~~

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

ИЗМ. для 0: Ок: $0 = T + F_1 \cos 45^\circ - F$

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

2)



ЗВЭ: для 0: пер-но к каждому шару

в каждом м. тр-ии $\Rightarrow$ применим 3-ю сопр-ия э-м.

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

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



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1

☐

2

☐

3

☐

4

☐

5

☐

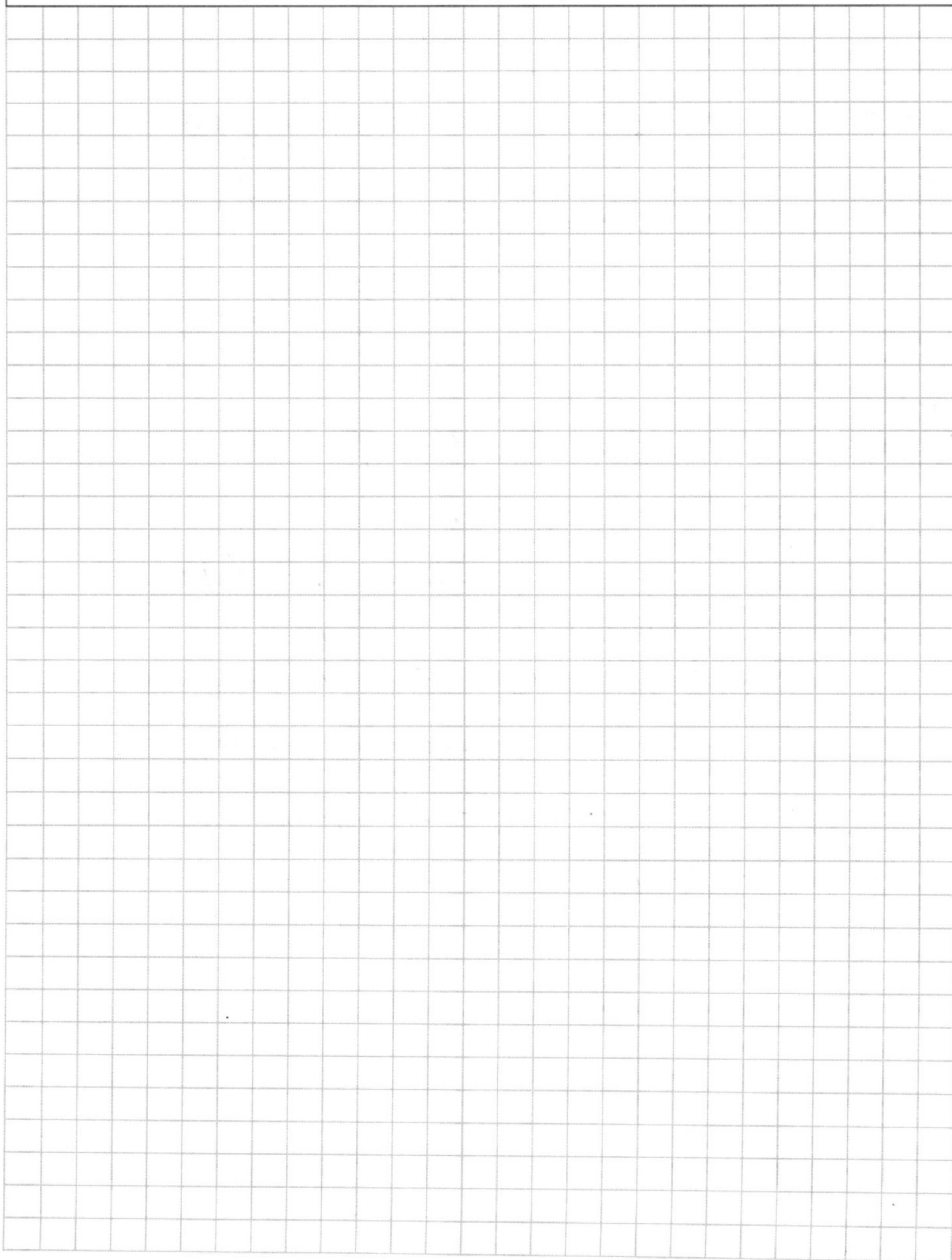
6

☐

7

☐

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
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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

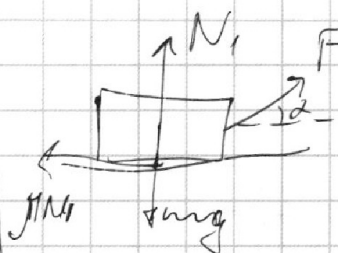
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

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

МФТИ

$$v_0; \quad t_1 = t_2 = t; \quad b_{1-m};$$


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

21

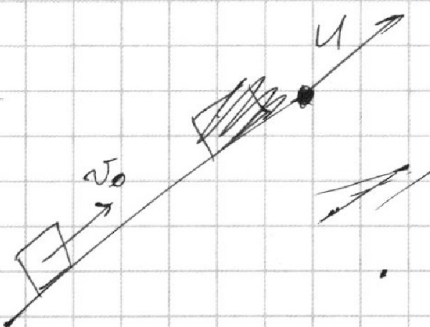
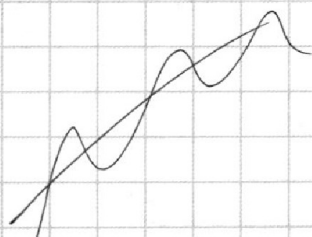
2-nd!

20/11 - 11/12

$$F_1 = F_2 = F;$$

vm-?

γ-7



npu ~~V₂U~~ $V > U$

Сила пр-ия мозгов;

при вст на сара-пр-на
вперед

h-?

4-

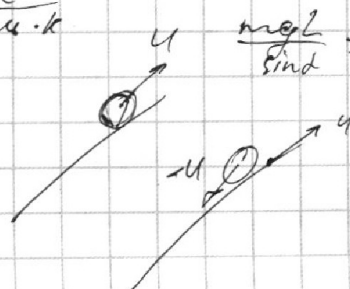


$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T \cdot \rho}$$

Due
ma.k

$$\begin{array}{r} \cancel{600} \\ \times 831 \\ \hline 600 \\ 498600 \\ \hline 498600 \end{array}$$

$$\frac{mgL}{\sin \theta} =$$



$$\cancel{2m} \frac{mv^2}{2} + mgh = \frac{mv_0^2}{2} + m g \cos \theta \cdot (s_1 + 2s_2)$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

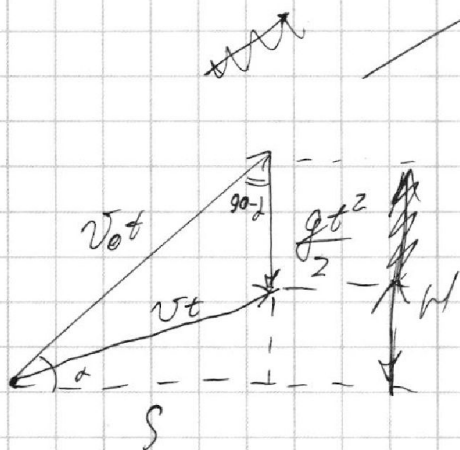
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

~~Условие:~~

$$a = 12.5 \text{ (м/с}^2\text{)}$$



$$\begin{aligned} \sin \alpha &= \frac{gt}{2v_0} = \frac{gt}{2v_0} \\ \sin \alpha \cdot \cos \alpha &= \frac{S}{v_0 t} \cdot \frac{gt}{2v_0} = \frac{S}{2v_0^2} \\ \cos \alpha &= \frac{S}{v_0 t} \end{aligned}$$

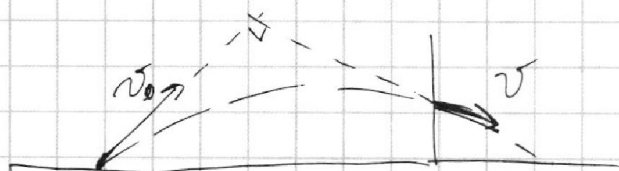
$$H = v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}$$

$$\sin \alpha = \frac{H}{v_0 t}; H = v_0 t \sin \alpha$$

$$S = v_0 t \cos \alpha;$$

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

L; v_0 ; H $v_{\min}$ - ?



$$\cos \alpha = \frac{S}{v_0 t} \Rightarrow \frac{S}{v_0 t}$$

$$\sin \alpha = \frac{v_0}{gt} \Rightarrow \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$

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

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