



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 10-01

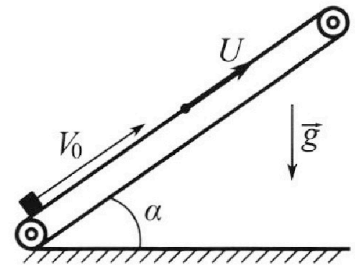
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



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/с<sup>2</sup>. 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  $\alpha$  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?

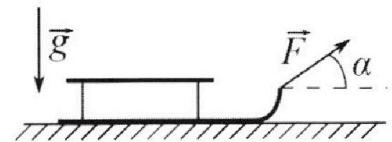
Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью  $U = 2$  м/с, и сообщают коробке скорость  $V_0 = 4$  м/с.

- 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/с<sup>2</sup>. 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  $\alpha$  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  $\mu$  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.

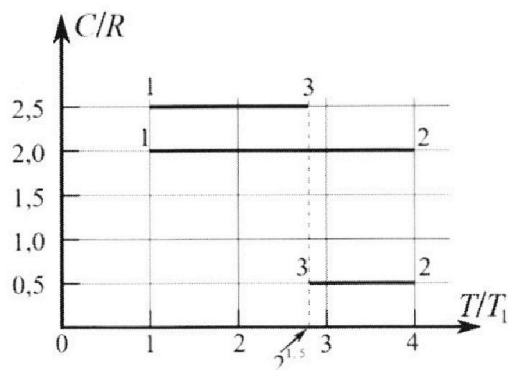
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01

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



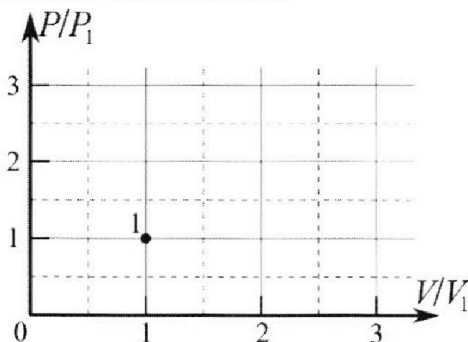
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2,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



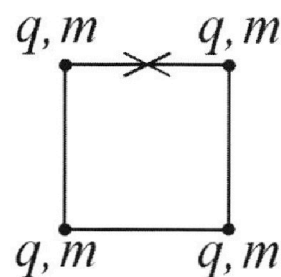
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной  $b$  (см. рис.). Масса каждого шарика  $m$ , заряд  $q$ .

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!

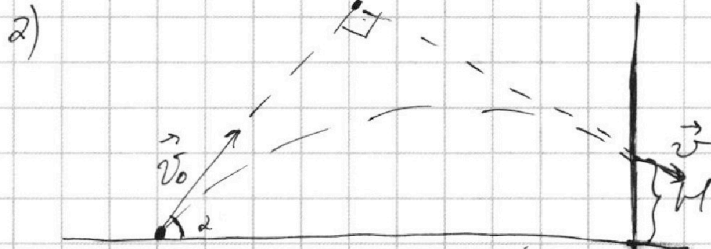
① Дано:

$$T = 2\text{с};$$

$$S = 20\text{м};$$

$$g = 10\text{м/с}^2;$$

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

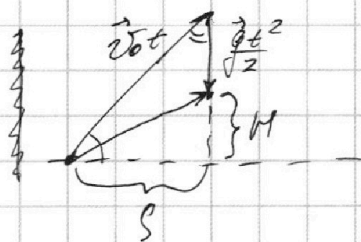
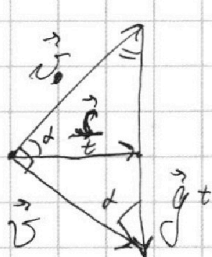


1)  $v_0$  - ?

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:

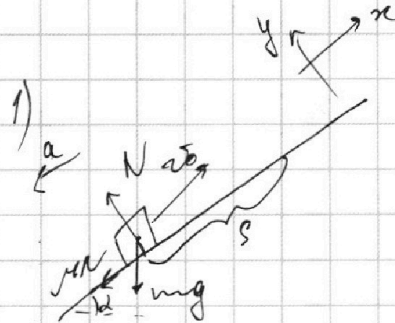
1  2  3  4  5  6  7



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

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

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

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

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

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

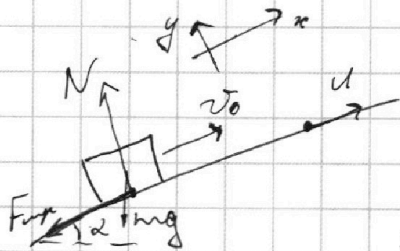
$D_1 = 4 - 5 \cdot 0,8 = 0 \Rightarrow t_1 = \frac{2}{5} = 0,4 \text{ (с)}$ ;

- 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  $Ox$ )  
 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

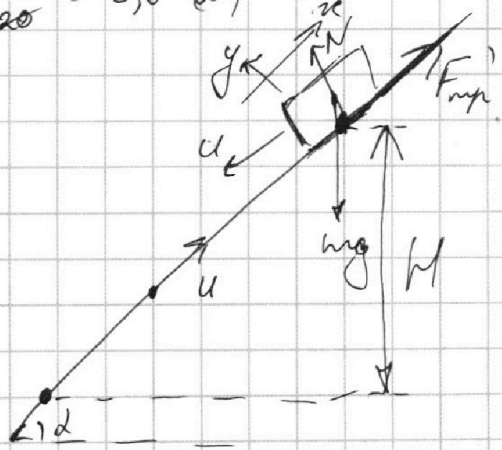
⇒ сила коробки на протяжении расстояния  $L$  от точки старта сила трения будет направлена против оси  $Ox$ ;

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!

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

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

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

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

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

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

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

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



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

3)

Дано:

$v_0$ ;

$t_1 = t_2 = t$ ;

$\mu$ ;

$d$ ;

$\mu$ ;

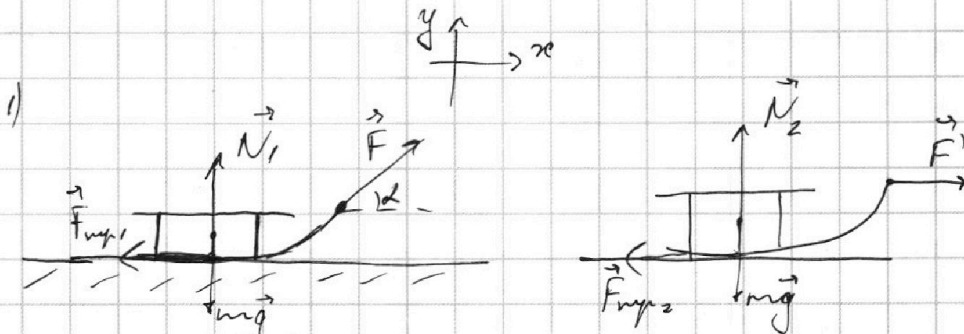
rep-uo

$g$ ;

1)  $\mu$ ?

2)  $T$ ?

(сначала опис)



$\vec{Ox}$ :  $ma_1 = (F \cos \alpha + F_{\text{fr}1})$ ;

$\vec{Oy}$ :  $N_1 = mg - F \sin \alpha$

$F_{\text{fr}1} = \mu (mg - F \sin \alpha)$

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

$\vec{Ox}$ :  $ma_2 = (F - F_{\text{fr}2})$

$\vec{Oy}$ :  $N_2 = mg$ ;  $\Rightarrow F_{\text{fr}2} = \mu mg$ ;

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

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

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

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

2) ~~...~~  $\mu$  ~~...~~  $F$ ;

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

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

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.

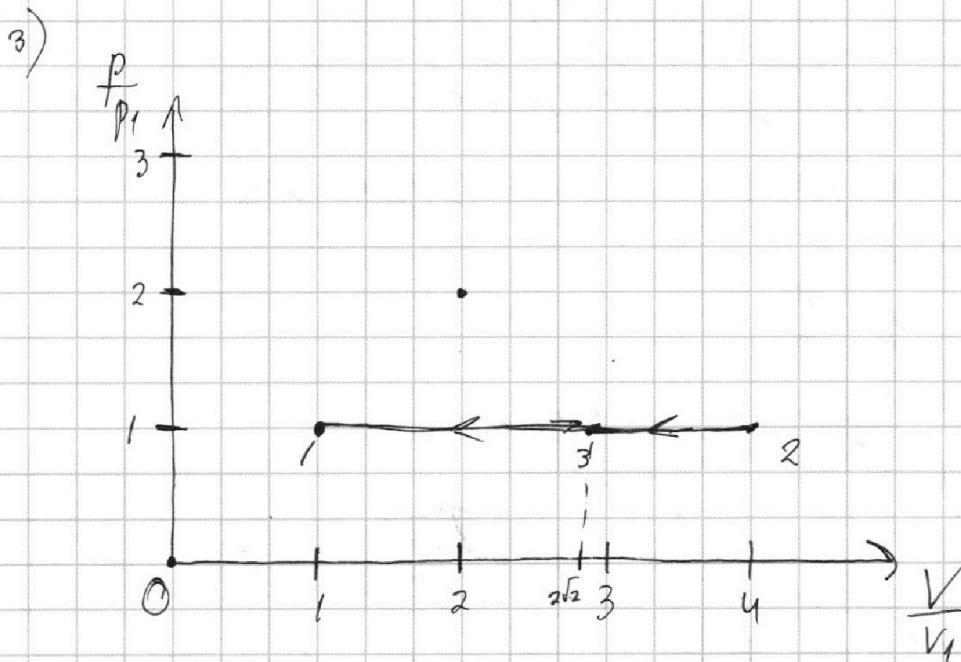
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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!

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



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

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

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

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

МФТИ

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

4)

Дано:

$i=3$

$v_2 = \text{max}$ ;

$T_1 = 400 \text{ K}$ ;

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

1)  $A_{12} = ?$

2)  $\eta = ?$

3)  $\frac{P}{P_1} \left( \frac{v_2}{v_1} \right) = ?$

$k_{12} = 2$ ;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

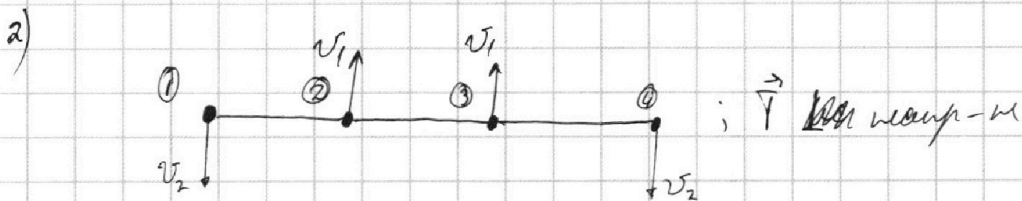
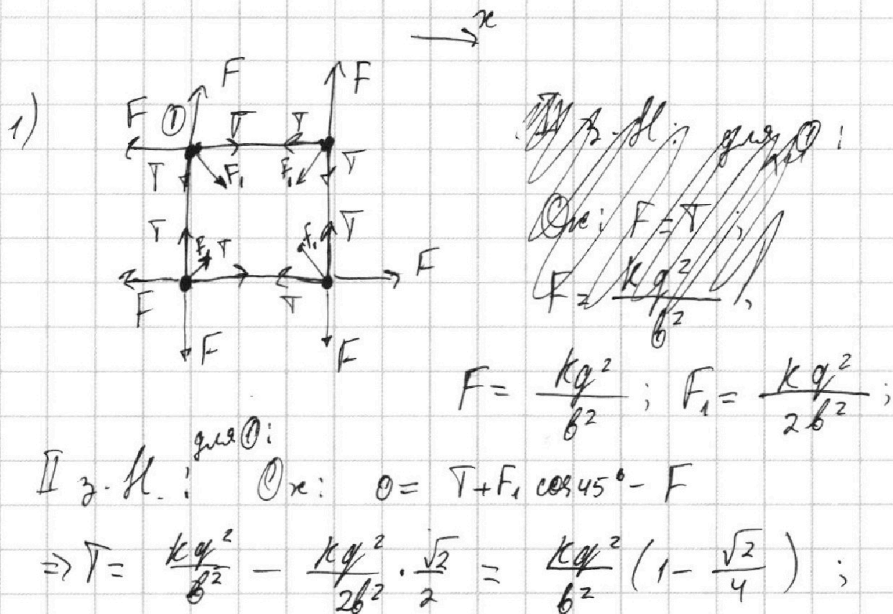
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

5)

Дано:  $b$ ;  $m$ ;  $g$ ;  
 1)  $T$ -?  
 2)  $v$ -?  
 3)  $d$ -?



ЗСЭ: для 0: перпен-но к направлению шарика

в канале  $m \cdot v$ -м  $\Rightarrow$  применим з-н сохр-ия э-м.

ЗСЭ: для 0:  $\frac{mv^2}{2} + E_{k2} + E_{k3} + E_{k4} = E_{k1} + E_{k2} + E_{k3} + E_{k4}$

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





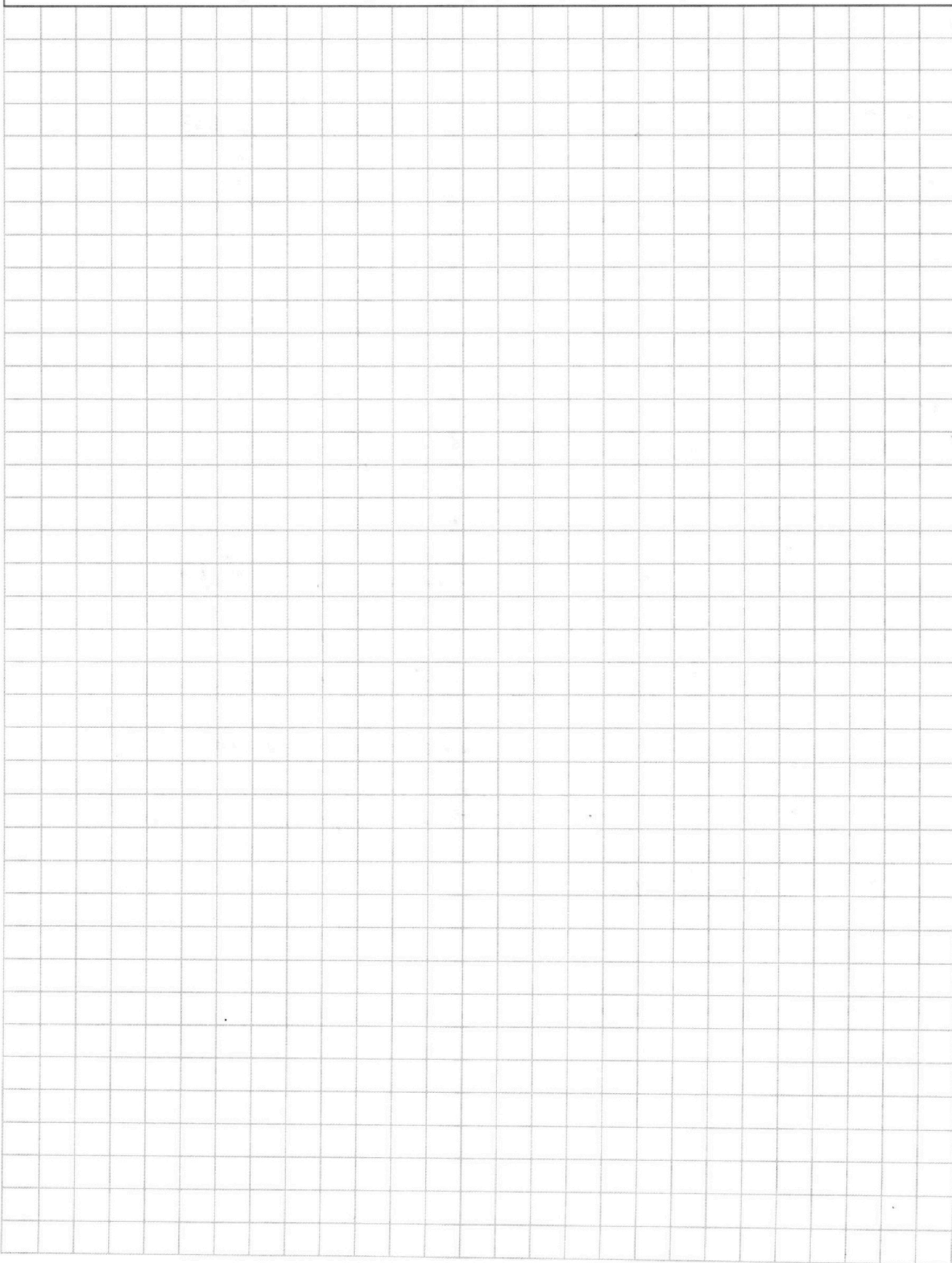
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!





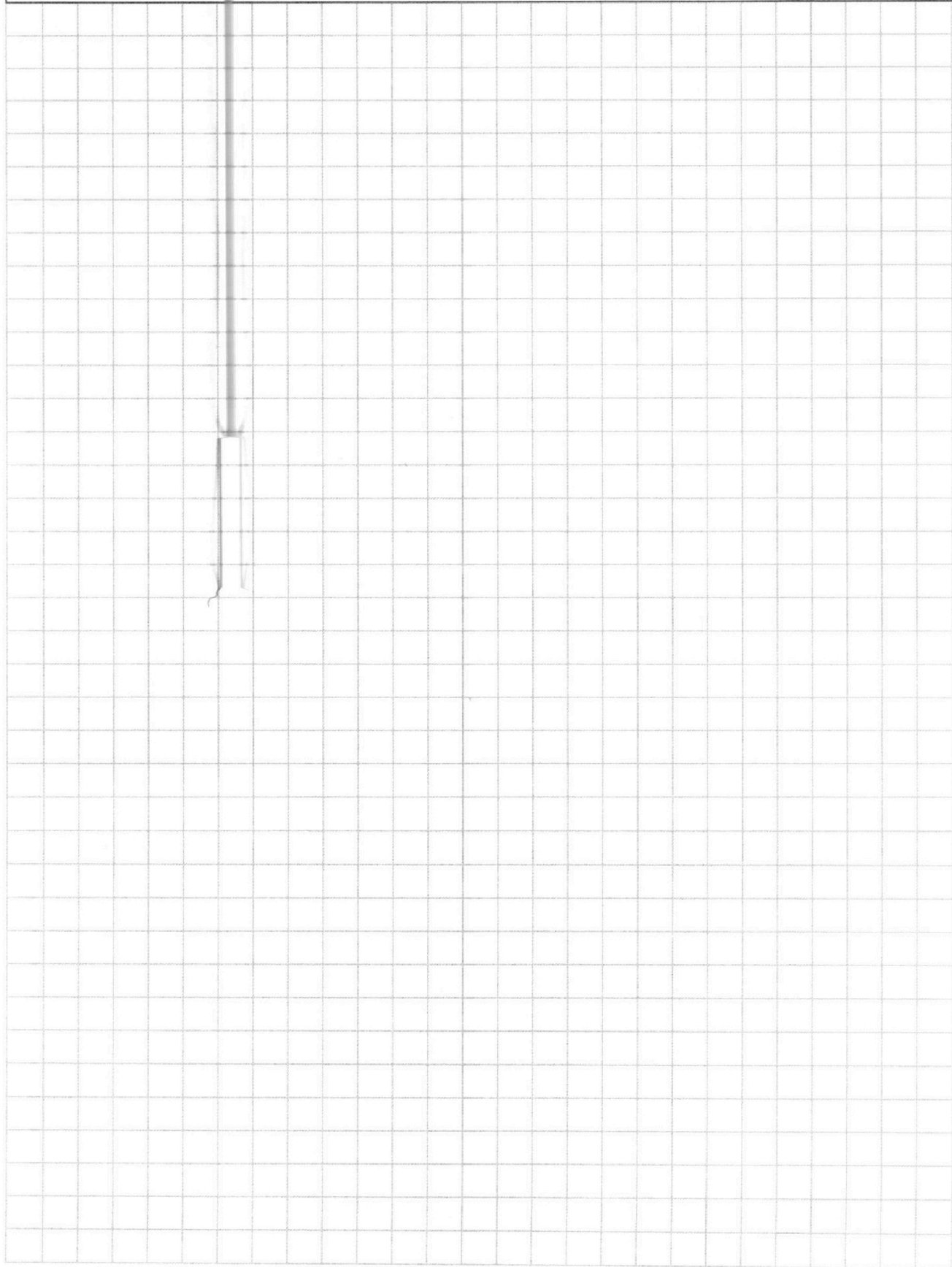
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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:

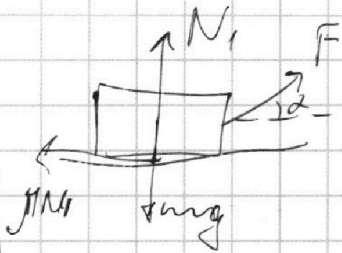
- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



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



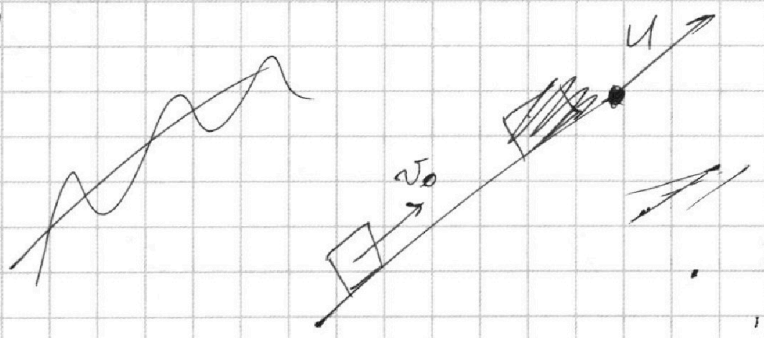
$m v_0 z = (F \cos \alpha)$

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

$F_1 = F_2 = F$

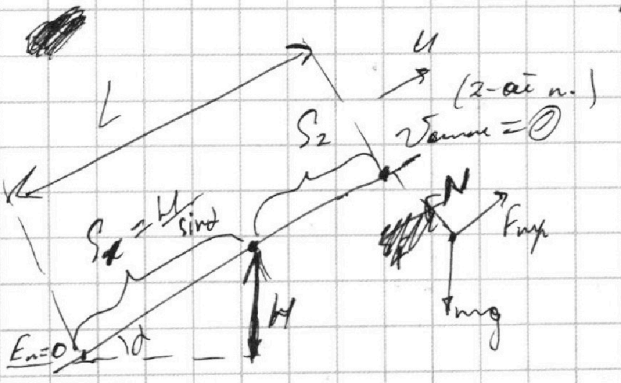
2

$v_1 - ?$   
 $\gamma - ?$   
~~...~~



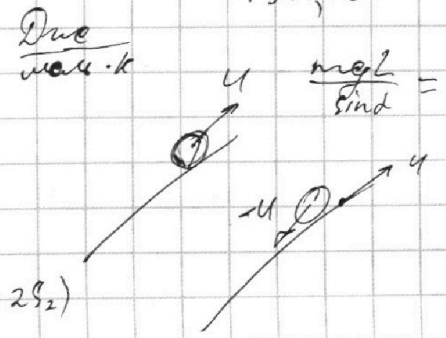
при  $v > u$ ;  
 сила пр-ля назад;  
 при  $v < u$  сила пр-ля вперед

$H - ?$   
 $L - ?$



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

600  
 x 8,31  
 -----  
 4986,00



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



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

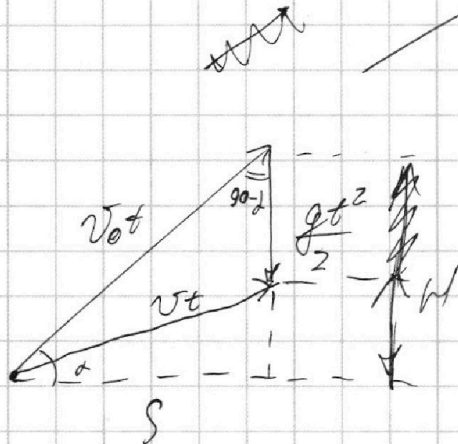


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



~~Решение задачи~~

$a = 12.5 \text{ (м/с}^2\text{)}$



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

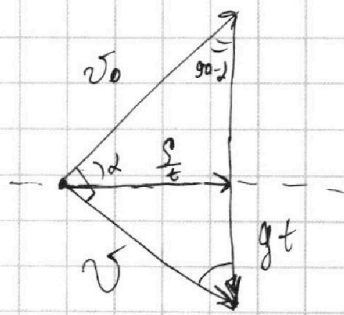
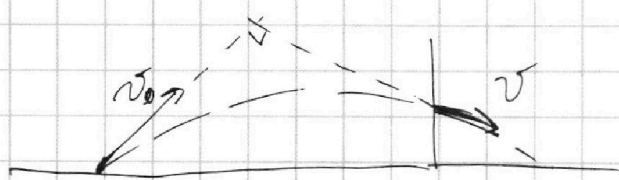
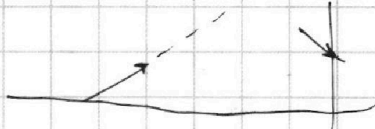
$H = v_0t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}$

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

$S = v_0t \cos \alpha$

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

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



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

$\sin \alpha = \frac{v_0}{gt}$ ;  $\sin \alpha = \cos \alpha$

$\tan \alpha = \frac{v_0}{\frac{S}{v_0t}} = \frac{v_0^2 \cdot t}{gS} = \frac{v_0^2}{gS} = \frac{400}{10 \cdot 20} = 2$

~~Можно~~

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