



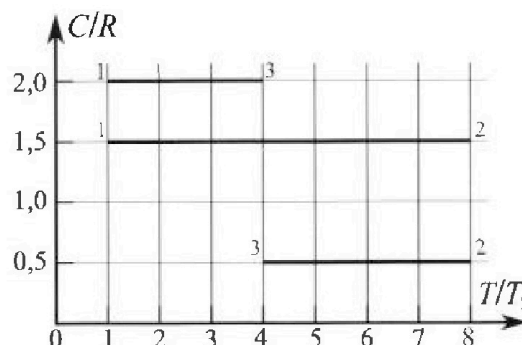
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-02



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

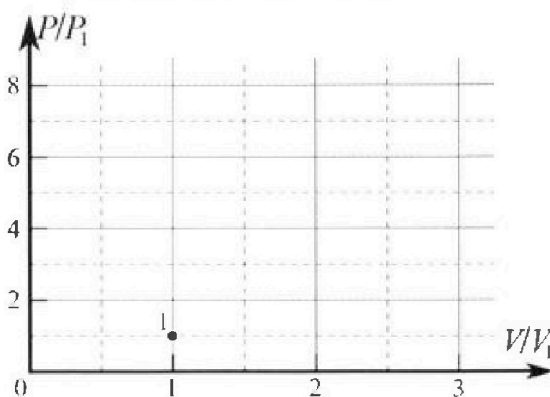
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3,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

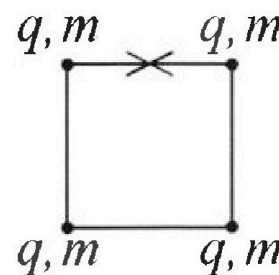
1) Найдите абсолютную величину  $|q|$  заряда каждого шарика.

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 сверху (на рисунке)?

Электрическая постоянная  $\epsilon_0$ . 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.

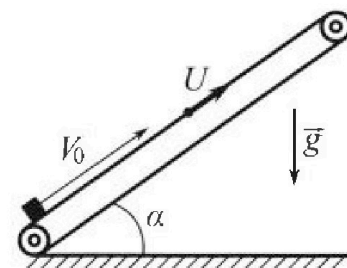
2) На каком расстоянии  $S$  от точки старта находится стенка?

Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол  $\alpha$  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.).

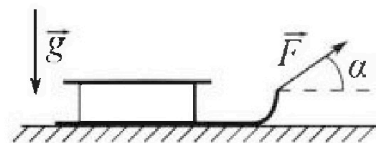
2) Через какое время  $T_1$  после старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 1$  м/с?

3) На каком расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. 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  $\alpha$  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  $\mu$  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.

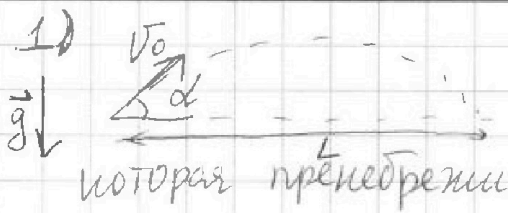
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

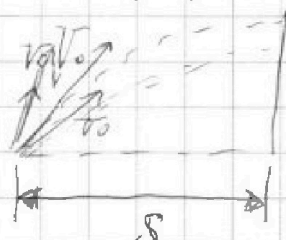
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

1)  Так как на мяч действует сила тяжести и сила сопротивления, которая пренебрежительно мала, то мяч будет двигаться

только под действием силы тяжести  $\rightarrow$

$$\rightarrow L = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g} = \frac{v_0^2}{g} \rightarrow \boxed{v_0^2 = gL} \quad v_0 \approx 10\sqrt{2} \text{ м/с}$$
$$v_0 \approx 14,1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2) Далее рассматриваются броски мяча к стенке под разными углами и  $h_{\max} = 3,6 \text{ м}$ , найти  $S$ !

 Пусть угол, при броске с которым нужно швырнуть мяч, чтобы он ударился на максимальной высоте  $-\beta$

Так как ускорение мяча направлено вниз, то в проекции на горизонталь он будет двигаться равномерно. Пусть время полета до удара  $T$ , тогда

$$\begin{cases} S = v_0 \cos \beta \cdot t \\ h = v_0 \sin \beta t - \frac{gt^2}{2} \end{cases} \quad t = \frac{S}{v_0 \cos \beta}$$

$$h = S \tan \beta - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \beta} = \frac{2 S v_0^2 \sin \beta \cos \beta - g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \beta} \quad \textcircled{=}$$

$$\textcircled{=} S \left( \frac{v_0^2 \sin 2\beta - g S}{2 v_0^2 \cos^2 \beta} \right) \quad \boxed{\cos^2 \beta = \frac{1 + \cos 2\beta}{2}}$$

$$h = \frac{S}{v_0^2} \left( \frac{v_0^2 \sin 2\beta - g S}{1 + \cos 2\beta} \right), \text{ заметим, что при}$$

броске если менять угол

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

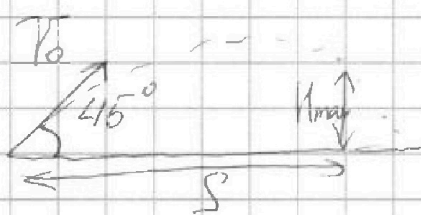
МФТИ

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

$$h = \frac{S}{V_0^2} \left( \frac{V_0^2 \sin 2\beta - gS^2}{1 + \cos 2\beta} \right) \quad \beta \in \left(0; \frac{\pi}{4}\right): \begin{cases} V_0^2 \sin 2\beta \uparrow \\ \cos 2\beta \downarrow \end{cases}$$

$$\beta \in \left[\frac{\pi}{4}; \frac{\pi}{2}\right): \begin{cases} V_0^2 \sin 2\beta \downarrow \\ \cos 2\beta \uparrow \end{cases}$$

$h \uparrow$   
 $h \downarrow$   
 $V_{\max}$  при  $\beta = \frac{\pi}{4} = 45^\circ$



$$H_{\max} = \frac{S}{V_0^2} (V_0^2 - gS)$$

$$H_{\max} = S - \frac{gS^2}{V_0^2}$$

$$\frac{V_0^2}{g} H_{\max} = \frac{V_0^2 S}{g} - S^2 \quad \left| \quad S^2 - \frac{V_0^2}{g} S + \frac{V_0^2}{g} H_{\max} = 0 \right.$$

$$S = \frac{V_0^2}{g} + \frac{\sqrt{V_0^4 - 4V_0^2 H_{\max} g}}{2} \quad \text{Заметим, что}$$

$$S = \frac{V_0^2}{g} - \frac{\sqrt{D}}{2} \quad \text{нам не подходит, так как}$$

обычно это не оптимально

$$S = \frac{V_0^2}{g} + \frac{V_0^2}{g} \sqrt{1 - \frac{4gH_{\max}}{V_0^2}} = \frac{L}{2} \left( 1 + \sqrt{1 - \frac{4H_{\max}}{L}} \right)$$

$$S = 10 \left( 1 + \sqrt{\frac{4}{5}} \right) \text{ м} = (10 + 2\sqrt{4}) \text{ м}$$

$$S \approx 15,3 \text{ м}$$

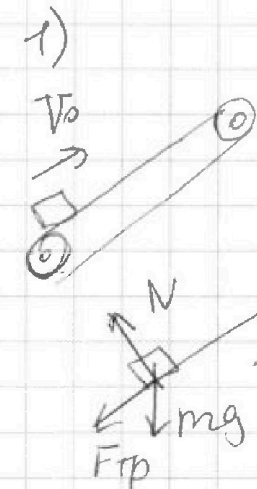
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



Лента неподвижна

рассмотрим какие силы действуют  
на тело

Тело не движется в проекции на ось  $y$

$$OY: N = mg \cos \alpha \quad (2 \text{ закон Ньютона})$$

$$OX: ma = F_{тр} + mg \sin \alpha; \quad F_{тр} = \mu N$$

Когда тело будет двигаться вверх

его ускорение будет  $a_1 = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = g$

$$\text{Вниз} \quad a_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = \frac{1}{5} g$$

Найти путь за  $T = 1 \text{ c}$  Вверх тело будет двигаться

$$\text{ся время} \quad t_1 = \frac{v_0}{g_1} = \frac{v_0}{g} = 0,6 \text{ c} < T$$

→ весь путь за время  $T$  можно разбить на

путь вверх и путь вниз  $S_0 = S_1 + S_2$

$$S_1 = \frac{a_1 t_1^2}{2} \quad S_2 = \frac{a_2 (T - t_1)^2}{2}$$

$$S_1 = \frac{g t_1^2}{2} = 1,8 \text{ м} \quad S_2 = \frac{g (T - t_1)^2}{10} = 0,16 \text{ м}$$

$$S_0 = 1,96 \text{ м}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

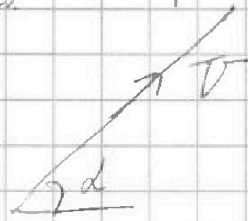


1  2  3  4  5  6  7

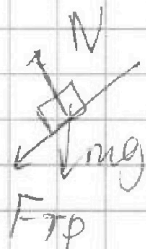
МФТИ

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

2) Теперь лента движется со скоростью  $V = \frac{1}{6} \frac{m}{c}$



Вначале, до момента  $T_1$  будет проскальзывание между шинами и силы будут такими

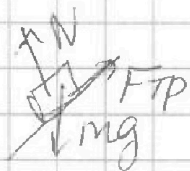


$$a_1 = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = g$$

$$T_1 = \frac{\Delta V}{a_1} = \frac{V_0 - V}{g} = 0,5 \text{ c}$$

3) Когда тело достигнет скорости  $V$ , то относительно ленты груз будет двигаться вниз

↓ сила трения направлена вверх



$$a_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = \frac{g}{6}$$

Аналогично весь путь разбиваем на путь до момента  $T_1$ ,  $S_1$  и дальнейший, до момента когда скорость превратится в ноль

$$L = S_1 + S_2; \quad S_1 = \frac{V_0^2 - V^2}{2a_1} = \frac{7}{4} \text{ м}$$

$S_2$  (тело движется равнозамедленно от скорости  $V$  до 0)

$$S_2 = \frac{V^2}{2a_2} = \frac{5}{2} \frac{V^2}{g} = \frac{1}{4} \text{ м}$$

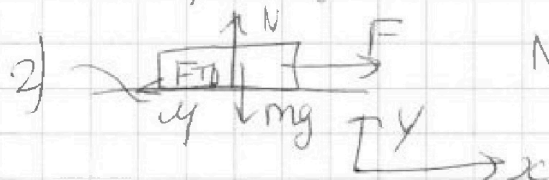
$$L = 2 \text{ м}$$

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!



Рассмотрим силы: сила тяжести, сила  $F$ , сила реакции опоры



$N$ , сила трения  $F_{тр} = \mu N$

Путь равен  $L$  и конечная скорость  $V$

1)  $OY: N = mg - F \sin \alpha$

$Ox: ma_1 = F \cos \alpha - \mu N = F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha$

2)  ~~$OY: N = mg - F \sin \alpha$~~   $s = \frac{V^2}{2a_1} \quad \boxed{a_1 = \frac{V^2}{2L}}$

2)  $OY: N = mg$ ;  $Ox: F - \mu mg = ma_2$

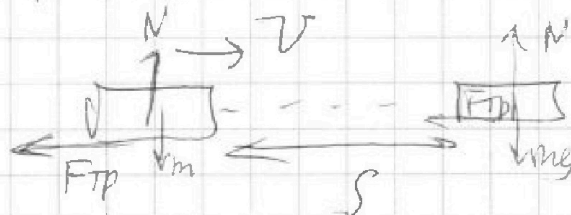
$\boxed{a_2 = \frac{V^2}{2L}} \rightarrow \boxed{a_1 = a_2}$

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

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

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

Найдите перемещение самок после разгона  $s$ ? после того как тело разогнали до скорости  $v$  или энергии  $K$  внешние силы не прикладываются



$\Delta A_{F_{тр}} = K$  (Энергия тела переходит в тепло из-за силы трения)



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!

$$F_{\text{тр}} = \mu mg$$

$$S = \frac{K}{\mu mg}$$

$$S = \frac{K \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) mg}$$



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

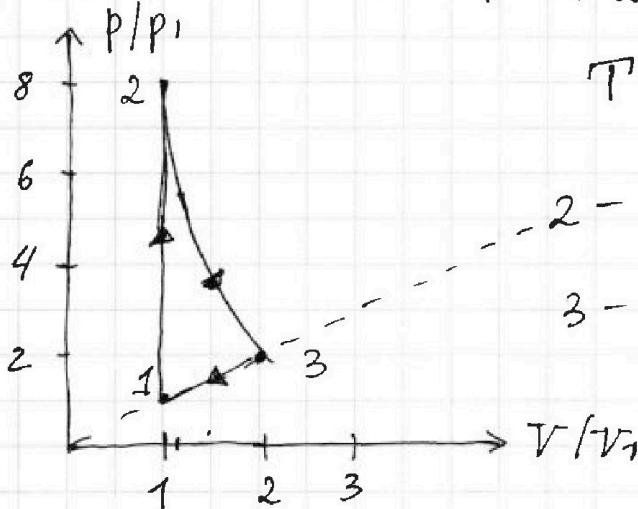
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



4. 2)  $\eta = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{Q_{12}}; \quad Q_{12} > 0 \quad Q_{23} < 0 \quad Q_{31} < 0$

$$\eta = \frac{0 + 4 \nu R T_1 + (-\frac{3}{2} \nu R T_1)}{\frac{21}{2} \nu R T_1} = \frac{5}{21} \approx 23,8\%$$

3) 1-2: изохора (вертикаль)



$T \uparrow$  в 8 раз  $\rightarrow$   
 $p \uparrow$  в 8 раз

2-3:  $pV^2 = \text{const}$

3-1:  $\frac{p}{V} = \text{const}$  - прямая  
которая проходит  
через центр  
и точку 1

~~подбором~~ подбираем, что точки 2 и 3  
принадлежат  $pV^2 = \text{const}$   $pV^2 = 8 \text{ ег}^*$

$(1, 5; 3, 5)$   $(1, 2; 5, 5)$  Схематично построим

гиперболу.  $p \sim \frac{1}{V^2}$

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!



4: 1-2-3-1 цикл

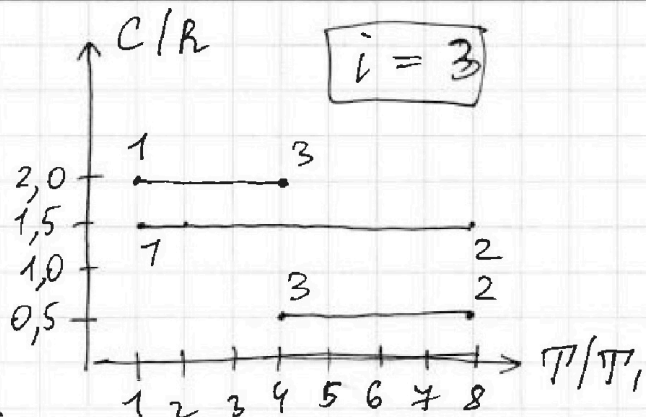
$$T_1 = 200 \text{ K}$$

1)  $A_{31}$  внешняя работа

$$3-1$$

$$T_3 = 4T_1$$

$$T_2 = 8T_1$$



$$Q = A + \Delta U$$

$$\Delta U = \frac{i}{2} \nu R \Delta T$$

$Q_{31} = A_{31} + \Delta U_{31}$ , где  $A_{31}$  - это работа газа,

но в условии сказано, что надо найти  $A$  работу над

газом  $A = -A_{31}$

$$Q_{31} = \nu C_{31} \Delta T_{31} = -\nu C_{31} (4T_1 - T_1) = \nu C_{31} \cdot 3T_1$$

$$\Delta U_{31} = \frac{i}{2} \nu R \Delta T_{31} = -\frac{3}{2} \nu R 3T_1 = -\frac{9}{2} \nu R T_1$$

$$Q_{31} - \Delta U_{31} = -6 \nu R T_1 - (-\frac{9}{2} \nu R T_1) = -\frac{3}{2} \nu R T_1$$

$$A_{31} = -\frac{3}{2} \nu R T_1 \quad \boxed{A = \frac{3}{2} \nu R T_1}$$

Ответ:  $A = \frac{3}{2} \nu R T_1$

2)  $\eta$ ?  $\eta = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{Q_{12} + Q_{23}}$  (которая совершается газом)

$Q_{12} + Q_{23}$  - сумма положительных теплот (которые мы подвели)

Для отдельно рассмотрим каждый процесс

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
<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!



Заметим, что все процессы в цикле политропные

$$\boxed{pV^n = \text{const}} \quad n = \frac{C - C_p}{C - C_v}; \quad C_p = \frac{i+2}{2} R = 2,5R$$

$$C_v = \frac{i}{2} R = 1,5R$$

$$1-2: \boxed{pV^\infty = \text{const}} \rightarrow V = \text{const} \quad n = \frac{1,5 - 2,5}{1,5 - 1,5}$$

Процесс 1-2: изохорный  $C = \frac{i}{2} R$

$$T \uparrow \text{ (температура растёт)} \rightarrow A_{12} = 0 \quad (V = \text{const})$$

$$\Delta U_{12} = \frac{i}{2} \nu R (T_2 - T_1) =$$

$$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = \frac{21}{2} \nu R T_1 = \frac{21}{2} \nu R T_1$$

$$2-3: \quad n = \frac{C = 0,5R}{0,5 - 2,5} = 2 \quad \boxed{pV^2 = \text{const}}$$

$$T \downarrow \rightarrow V \uparrow \rightarrow A > 0 \quad \downarrow \quad V = \frac{\text{const}}{T}$$

$$Q_{23} = \nu C \Delta T = C \nu (T_3 - T_2) = -\frac{1}{2} R \nu \cdot 4T_1 =$$

$$= \boxed{-2 \nu R T_1} \quad A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = -2 \nu R T_1 - \frac{i}{2} \nu R (T_3 - T_2) =$$

$$= -2 \nu R T_1 + \frac{3}{2} \nu R \cdot 4T_1 = \boxed{4 \nu R T_1}$$

$$3-1: \quad Q_{31} = C \nu \Delta T \ominus \quad C = 2R \quad n = \frac{2 - 2,5}{2 - 1,5} = -1$$

$$\ominus \quad 2R \nu (T_1 - T_3) = \boxed{-6 \nu R T_1}$$

$$\Delta U_{31} = \frac{i}{2} \nu R (T_1 - T_3) = -\frac{9}{2} \nu R T_1$$

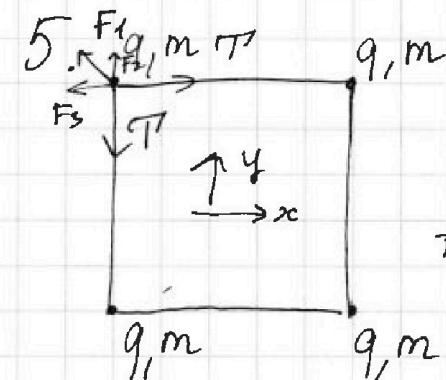
$$pV^{-1} = \text{const}$$

$$\boxed{\frac{p}{V} = \text{const}}$$

$$A_{31} = \boxed{-\frac{3}{2} \nu R T_1}$$

②

1  2  3  4  5  6  7



1)  $|q|$  заряда?  $F_{кул} = K \frac{q_1 q_2}{r^2}$

В силу симметрии можно рассмотреть треть силы действующее на любой из четырёх зарядов.

В силу симметрии сил натяжения

всех нитей равны.

2 закон Ньютона для верхнего левого заряда.

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

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

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

2) К-кин энергия любого шарика, в момент когда они будут находиться на одной прямой.

На систему из четырёх зарядов не действует внешняя сила  $\rightarrow$  центр масс будет двигаться без ускорения  $\rightarrow$  центр масс будет покоиться

(покоился изначально)

1

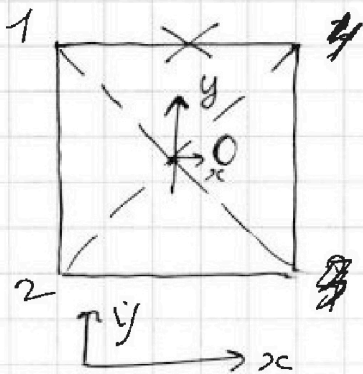
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!



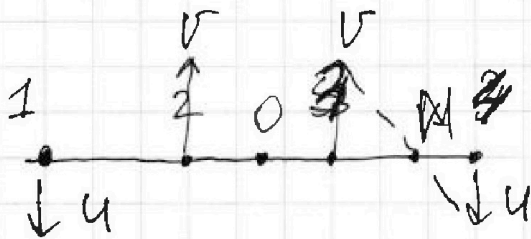
Центр масс ~~каждого~~ находится  
в точке пересечения диагоналей

Из-за симметрии точки 2 и 4

будут всегда симметричны <sup>отн.</sup> оси  $y$

→ точки 2 и 4 будут двигаться

вдоль оси  $y$ . и наступит момент когда они  
все будут располагаться вдоль оси  $x$



скорости тел 2 и 3

равны в силу симметрии

и пусть их скорость  $V$

~~тогда~~ также скорости 1 и 4 равны в  
силу симметрии и пусть равны  $U$ . Заметим,

что эти скорости вертикальные и равны  $V$

$$2m\vec{V} + 2m\vec{U} = 0 \quad (\text{ЗСИ так как внеш- ных сил нет})$$

$$\vec{U} = -\vec{V}; \quad \text{Заметим, что точки 3 и 4}$$

вращаются отн. точки  $M$ , которая лежит

посередине отрезка 3-4

2



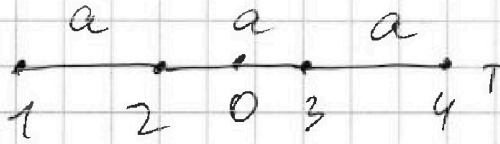
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

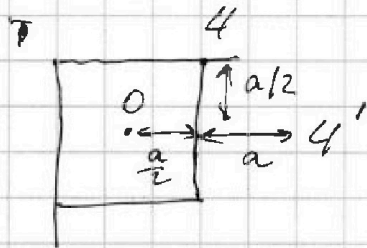
1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

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



точка 4 будет находиться  
на расстоянии  $\frac{3}{2}a$  от  
точки 0



По Т'г Пифагора

$$d^2 = \left(\frac{a}{2}\right)^2 + a^2 = \frac{5}{4}a^2$$

$$d = \frac{\sqrt{5}}{2}a$$

4

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

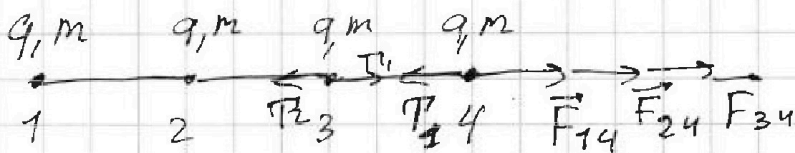
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

Рассмотрим силы действующие на заряды  
в этот момент



$$F_{14} = \frac{kq^2}{9a^2}, F_{24} = \frac{kq^2}{4a^2}$$
$$F_{34} = \frac{kq^2}{a^2}$$

$$\vec{T}_1 - \vec{F}_{14} - \vec{F}_{24} - \vec{F}_{34} = m\vec{a}$$

$$a_{y.c} = \frac{v^2}{a/2} \quad (\bullet \text{ точка 4 движется от точки 1 в данный момент})$$

рассмотрим систему зарядов (1 и 2);

$T_2$  - уравновешивает кулоновские взаимодействия между системами (3 и 4), тогда

$$T_2 = \frac{kq^2}{4a^2} + \frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{9a^2} + \frac{kq^2}{4a^2} = \frac{kq^2}{a^2} \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{9} + 1 \right)$$

~~$T_2$~~  у точки 3 нет ускорения в проекции

на ось  $x \rightarrow T_1 + T$

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

МФТИ

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

1 моль одноатомного газа.

$C_p =$

$$\frac{Q}{\Delta T} = \frac{i}{2} R + \frac{A}{\Delta T}$$

$$pV^\gamma = \text{const}$$

$$n = \frac{C - C_p^p}{C - C_v} = \frac{C - 2,5R}{C - 1,5R}$$

$$\begin{array}{r|l} 50 & 21 \\ 42 & 02380 \\ \hline & 801 \\ - & 63 \\ \hline & 170 \\ - & 168 \\ \hline & 20 \end{array}$$

$$pV^\infty = \text{const}$$

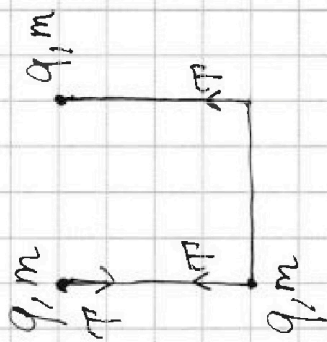
$$pV^{-1} = \text{const}$$

$$\frac{p}{V} = \text{const}$$

$$\frac{-2R}{-1R} = 2$$

$$pV^2 = 8$$

$$V^2 = 2,25$$



$$pV^2 = \text{const}$$

$$\frac{38}{9}$$

$$\begin{array}{r|l} 32 & 9 \\ 27 & 35 \\ \hline & 50 \\ - & 45 \\ \hline & 5 \end{array}$$

$$\begin{array}{r|l} 200 & 36 \\ 180 & 6,5 \\ \hline & 200 \end{array}$$

$$V = 1,2 = \frac{6}{5}$$

$$\frac{8 \cdot 25}{36} = \frac{200}{36}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

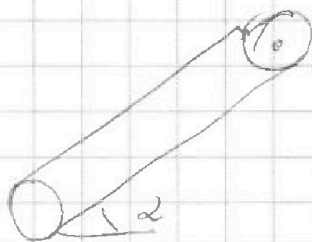
1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

МФТИ

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



2.

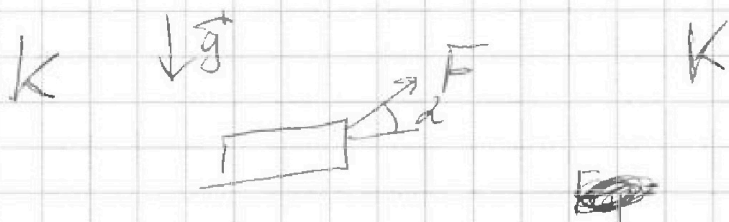


$$1) \quad \sin \alpha = 0,6 \quad \operatorname{tg} \alpha = 0,75 \\ \cos \alpha = 0,8$$

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

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

$$g (0,4 + 0,6) = g$$



$$F \cos \alpha - \mu (mg -$$

$$\frac{F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha)}{m} = \frac{k \Delta l}{\Delta l}$$

$$\frac{F - \mu mg}{m} = \frac{k}{ms}$$

$$\frac{F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha}{m} = \frac{k}{ms}$$

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

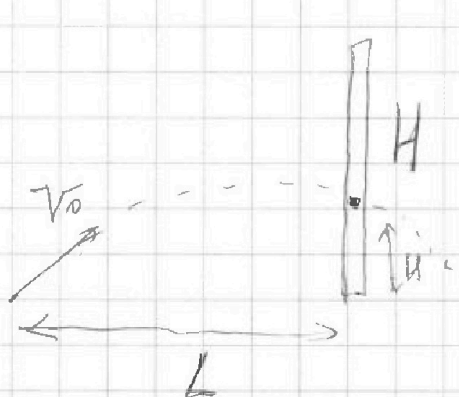
МФТИ

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



$$L = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g} \Rightarrow \frac{v_0^2}{g} = \frac{L}{\sin 2\alpha}$$

$$v_0^2 = \frac{gL}{\sin 2\alpha} \quad v_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin 2\alpha}}$$



$$v_0 \sin \beta t = H$$

$$v_0 \cos \beta t = L$$

$$H = v_0 \sin \beta t$$

$$y = x \operatorname{tg} \beta - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \beta}$$

$$y = L \left( \frac{\operatorname{tg} \beta}{\cos \beta} - \frac{gL}{2v_0^2 \cos^2 \beta} \right)$$

$$y = \frac{L}{2v_0^2} \left( \frac{2v_0^2 \sin \beta \cos \beta}{\cos^2 \beta} - gL \right) = \frac{L}{2v_0^2} \left( \frac{v_0^2 \sin 2\beta - gL}{\cos^2 \beta} \right)$$

$$\cos^2 \frac{\alpha}{2} = \frac{1 + \cos \alpha}{2} \quad \cos^2 60 = \frac{1 + \cos 120}{2}$$

$$\cos^2 \frac{\alpha}{2} = 1 + \cos \alpha$$

$$\sin^2 2\beta = 1 -$$

0 45 π

$$\sin^2 60 = \frac{1 - \cos \alpha}{2} \quad \begin{matrix} \text{si } 45 & 90 & \downarrow \\ & \cos & \uparrow \end{matrix}$$

$$y = \frac{L}{v_0^2} \left( \frac{v_0^2 \sin 2\beta - gL}{1 + \cos 2\beta} \right)$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ



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

$$Y_{\max} = \frac{L}{v_0^2} (v_0^2 - gL) \quad H = \frac{L}{v_0^2} (v_0^2 - gL)$$

$$v_0^2 H = \cancel{L} - \frac{gL^2}{v_0^2} \quad v_0^2 H = L v_0^2 - gL^2$$

$$gL^2 - v_0^2 L + v_0^2 H = 0$$

$$L = v_0^4 - 4 \cdot v_0^2 g H = v_0 \sqrt{v_0^2 - gH}$$

$$L = v_0^2 +$$

$$20 - 14,4 = 5,6$$

$$\frac{5,6}{20} =$$

$$\frac{10 \cdot 0,36}{2}$$

$$\begin{array}{r} \times 36 \\ 4 \\ \hline 144 \end{array}$$

$$\frac{56}{200} = \frac{28}{100}$$

$$\frac{7}{25}$$

$$\sqrt{7}$$

$$5$$

$$10 \left( 1 + \frac{\sqrt{7}}{5} \right)$$

$$2,6$$

$$5,1$$

$$\begin{array}{r} \times 26 \\ 26 \\ \hline 156 \end{array}$$

$$2,65$$

$$\begin{array}{r} \times 53 \\ 53 \\ \hline 159 \\ 265 \\ \hline 2809 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 26 \\ 26 \\ \hline 156 \\ 52 \\ \hline 676 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 265 \\ 265 \\ \hline 1325 \end{array}$$



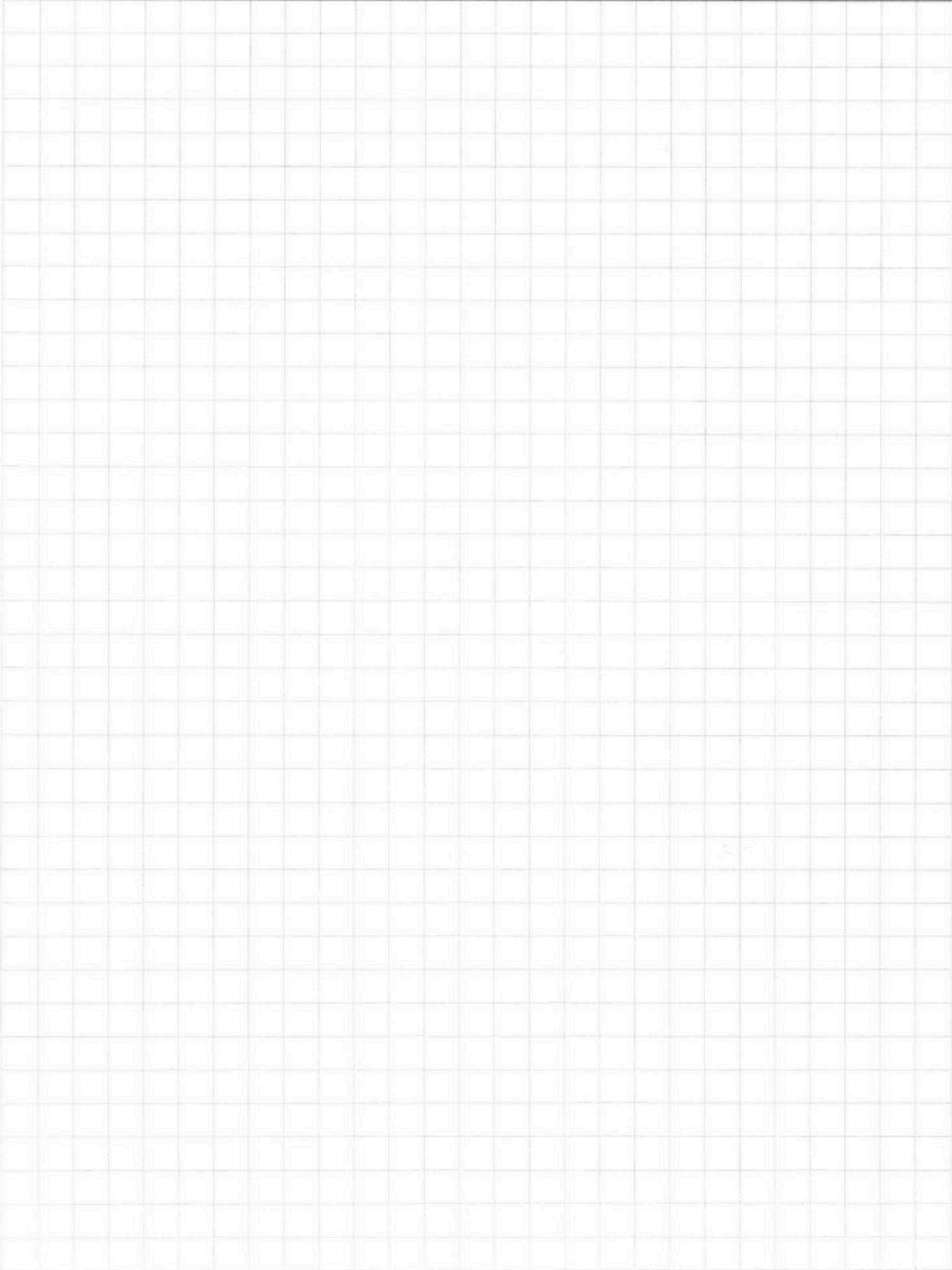
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



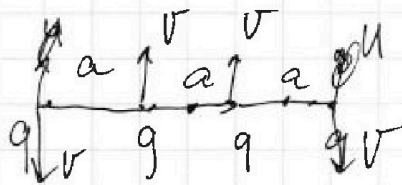
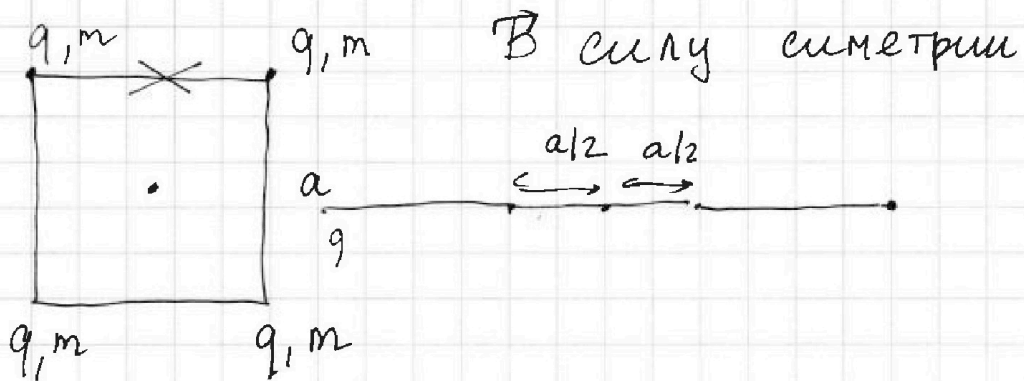
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- 1    2    3    4    5    6    7



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



$$\frac{q^2}{a/2}$$



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 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!