



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.

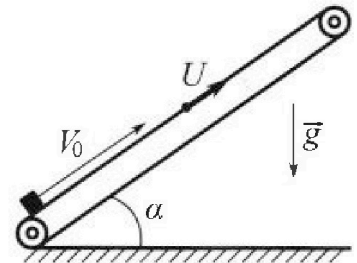
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

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.).

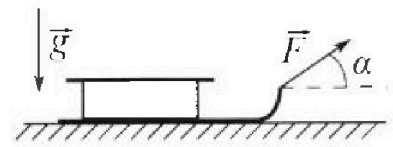
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

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.

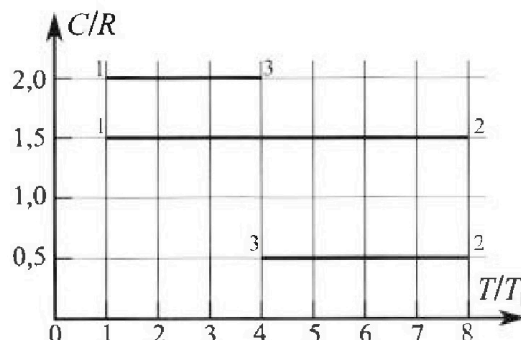
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

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



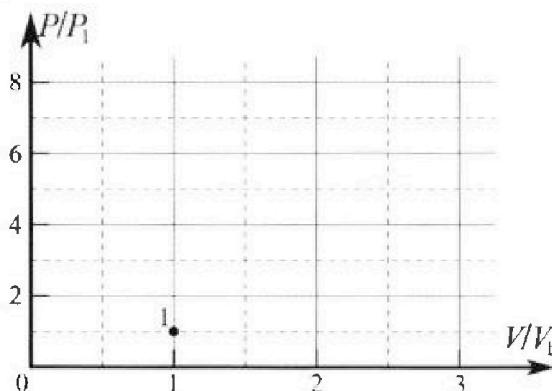
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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

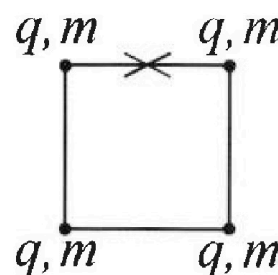
1) Найдите абсолютную величину $|q|$ заряда каждого шарика.

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 ϵ_0 . 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!

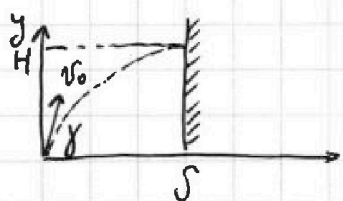


№1
 τ - время полета
 Уравнение движения шарика:
 $Ox: L = v_0 \cos \alpha \tau$ (1)
 $Oy: 0 = v_0 \sin \alpha \tau - \frac{g\tau^2}{2} \Rightarrow \tau = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$

Подставим τ в (1): $L = v_0 \cos \alpha \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$

Выразим v_0 : $v_0 = \sqrt{\frac{Lg}{\sin 2\alpha}}$; при $L = 20 \text{ м}$; $\alpha = 45^\circ$

$$v_0 = \sqrt{\frac{20 \cdot 10}{\sin 90^\circ}} = \sqrt{200} \approx 14,2 \text{ м/с}$$



γ - произвольный угол, t - время до удара

Уравнение движения шарика:
 $Ox: S = v_0 \cos \gamma t$ (2)
 $Oy: H = v_0 \sin \gamma t - \frac{gt^2}{2}$ (3)

Выразим t из (2) и подставим в (3):

$$t = \frac{S}{v_0 \cos \gamma}; \quad H = v_0 \sin \gamma \frac{S}{v_0 \cos \gamma} - \frac{g}{2} \cdot \frac{S^2}{v_0^2 \cos^2 \gamma}$$

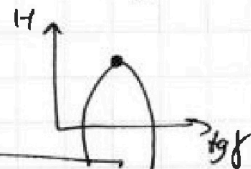
$$(\cos^2 \gamma)^{-1} = 1 + \tan^2 \gamma \Rightarrow \boxed{H = S \tan \gamma - \frac{gS^2}{2v_0^2} - \frac{gS^2}{2v_0^2} \tan^2 \gamma}$$

- получим уравнение траектории мяча в зависимости от $\tan \gamma$; найдем максимум H , меняя $\tan \gamma$, как

$$\tan \gamma = \frac{-b}{2a} = \frac{-S}{-\frac{gS^2}{v_0^2}} = \frac{v_0^2}{gS}$$

вершину параболы, т.к. ветви у параболы вниз, но максимум в ее вершине.

$$H = S \frac{v_0^2}{gS} - \frac{gS^2}{2v_0^2} - \frac{gS^2}{2v_0^2} \frac{v_0^4}{g^2 S^2} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2v_0^2}$$



Выразим S : $S = \sqrt{\frac{2v_0^2}{g} \left(\frac{v_0^2}{2g} - H \right)} = \sqrt{\frac{2 \cdot 200}{10} \left(\frac{200}{2 \cdot 10} - 3,6 \right)} = 16 \text{ м}$

Ответ: 1) $v_0 = \sqrt{200} \text{ м/с} \approx 14,2 \text{ м/с}$ 2) $S = 16 \text{ м}$

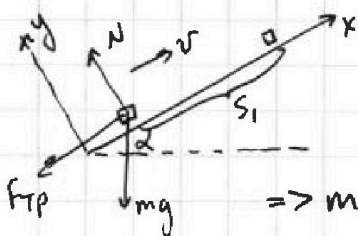
1 2 3 4 5 6 7

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



Дано:
 $\sin d = 0,6$
 $v_0 = 6 \text{ м/с}$
 $\mu = 0,5$
 $T = 1 \text{ с}$
 $U = 1 \text{ м/с}$
 Найти: 1) S
 2) T_1 , 3) L

1. Найдем за какое время обнутится скорость коробки на покоящейся ленте:



$$O_y: N - mg \cos d = 0$$

$$O_x: m a_x = -F_{\text{тр}} - mg \sin d$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N \text{ - если скольжение}$$

$$\Rightarrow m a_x = -\mu m g \cos d - m g \sin d$$

$$a_x = -g(\mu \cos d + \sin d)$$

$$\sin d = 0,6 \Rightarrow \cos d = \sqrt{1 - \sin^2 d} = 0,8 \Rightarrow a_x = -10 \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{4}{5} + \frac{3}{5} \right) = -10 \text{ м/с}^2$$

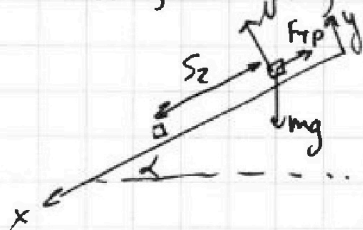
Тогда скорость по O_x обнутится за: $0 - v = a_x t$

$$\Rightarrow t = \frac{6}{10} = 0,6 \text{ с}$$

т.е. $\approx 1/3$ $t = 0,6 \text{ с}$ коробки пройдет: $S_1 = \frac{0 - v^2}{2a_x} = \frac{36}{20} = 1,8 \text{ м}$

Еще у коробки остается $\tau = T - t = 0,4 \text{ с}$

Найдем путь за это время:



$$O_y: N - mg \cos d = 0$$

$$O_x: m a_x = mg \sin d - F_{\text{тр}}$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N \text{ - нуль скольжение есть}$$

$$\Rightarrow a_x = g(\sin d - \mu \cos d)$$

Подставим числа: $a_x = 10 \left(\frac{3}{5} - \frac{4}{5} \cdot \frac{1}{2} \right) = 2 \text{ м/с}^2 > 0$
 \Rightarrow скольжение есть

Получается 2 этап движение из состояния покоя: $S_2 = \frac{0 \tau^2}{2} = \frac{2 \cdot 0,4^2}{2} = 0,16 \text{ м}$

Тогда путь, пройденный коробкой за 1 с :

$$S = S_1 + S_2 = 1,8 + 0,16 = 1,96 \text{ м}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:



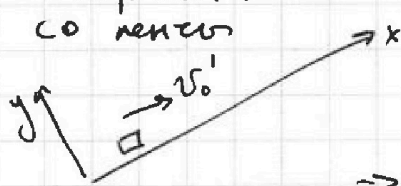
1 2 3 4 5 6 7



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

№2

2. Нужно найти $\frac{1}{3}$ какое время скорость коробки будет равна U , но скорость ленты тоже U . Значит при разрыве замедлении коробки их векторы направлены в одну сторону, значит нужно найти время, когда прекратится проскальзывание коробки отн. ленты, для этого перейдем в СО ленты $\Rightarrow v_0' = v_0 - U = 5 \text{ м/с}$ - новая скорость коробки:

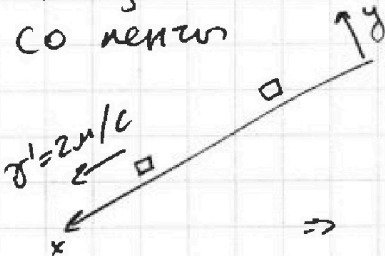


Ускорение коробки для этого случая мы уже считали, т.е.:

$$a_x = -10 \text{ м/с}^2$$

$$\Rightarrow T_1 = \frac{-v_0'}{a_x} = \frac{-5}{-10} = 0,5 \text{ с}$$

НО!!! Возможен второй случай, когда скорость коробки будет U , когда при съезде с ленты она будет иметь скорость 2 м/с отн. ленты, тогда отн. Земли скорость будет: $2 - 1 = 1 = U$

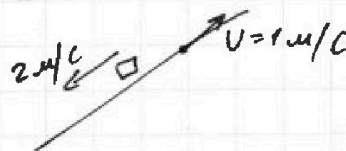
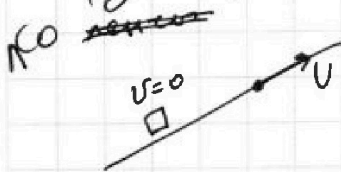


Ускорение коробки для этого случая мы уже считали:

$$a_x = 2 \text{ м/с}^2$$

$$\Rightarrow v' - 0 = a_x t_2 \Rightarrow t_2 = \frac{2}{2} = 1 \text{ с}$$

Получаемая скорость коробки в ЛСО равна U
 $\frac{1}{3}$ $0,5 \text{ с}$ после начала или $\frac{1}{3}$ $1 + 0,5 = 1,5 \text{ с}$
 ЛСО ленты



$$T_1 = 0,5 \text{ с} \quad \text{или} \quad T_1 = 1,5 \text{ с}$$

P.S. т.к. $U = \text{const}$, то СО ленты инерциальная \Rightarrow все ускорения коробки сохраняются, т.е. те, которые были при неподвижной ленте.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

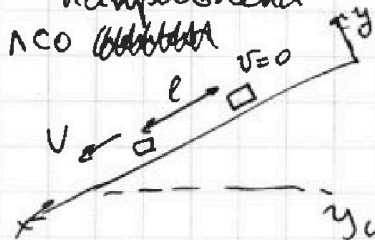
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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. Скорость коробки обнулится тогда, когда ее скорость в СО лент будет равна U и направлена вниз: как ленту можно включить, но в ЛСО коробка должна разогнаться до U . Рассмотрим движение, когда шестеря коробки остановилась и разогналась до U отн. ленты.



Ускорение в этом случае: $a_x = 2 \text{ м/с}^2$

$$U - 0 = a_x t' \Rightarrow t' = \frac{1 \text{ м/с}}{2 \text{ м/с}^2} = 0,5 \text{ с}$$

Пройденное коробкой расстояние в СО ленты:

$$l = \frac{U^2}{2a_x} = \frac{1}{2 \cdot 2} = 0,25 \text{ м}$$

Теперь найдем на каком расстоянии коробка оказалась от места запуска до обнуления скорости:

из пункта 1: коробка останавливается за $t = 0,6 \text{ с}$, проходе $S_1 = 1,8 \text{ м}$

из пункта 3: коробка набирает скорость U за $t' = 0,5 \text{ с}$, проходе $l = 0,25 \text{ м}$

За все это время: $t + t' = 0,5 + 0,6 = 1,1 \text{ с}$
лента сполз коробку на $1,1 \text{ с} \cdot 1 \text{ м/с} = 1,1 \text{ м}$ вверх

Тогда: $L = S_1 - l + 1,1 \text{ м} = 1,8 \text{ м} - 0,25 \text{ м} + 1,1 \text{ м} = 1,55 + 1,1 = 2,65 \text{ м}$

Ответ: 1) $S = 1,96 \text{ м}$

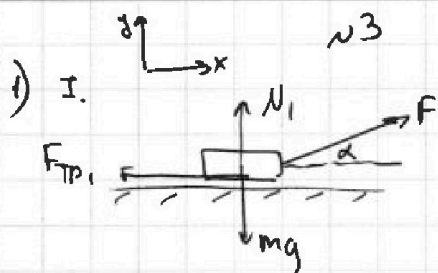
2) $T_1 = 0,5 \text{ с}$ $T_2 = 1,5 \text{ с}$

3) $L = 2,65 \text{ м}$

1 2 3 4 5 6 7

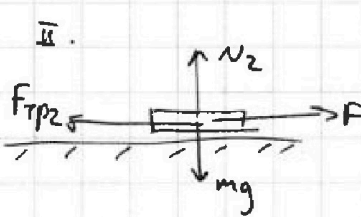
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Дано:
 k ; d ; m
 Найти:
 1) μ 2) S



$$\sum F_y: N_1 + F \sin \alpha = mg$$

$$F_{\text{тр}1} = \mu N_1 = \mu mg - F \sin \alpha \mu$$



$$\sum F_y: N_2 = mg$$

$$F_{\text{тр}2} = N_2 \mu = mg \mu$$

Разгон происходит на одинаковых участках пути
 пусть его длина l .

ЗСЭ где I:

$$-F_{\text{тр}1} l + F \cos \alpha l = k$$

ЗСЭ где II:

$$-F_{\text{тр}2} L + FL = k$$

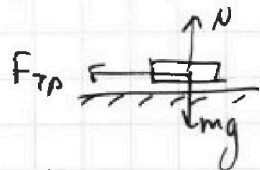
Подставим силы трения:

$$F \sin \alpha \mu l - \mu mg l + F \cos \alpha L = k \quad (1) \quad - \mu mg L + FL = k \quad (2)$$

Вычитаем (1) - (2): $F \sin \alpha \mu l + F \cos \alpha L - FL = 0 \quad | : FL$

$$\sin \alpha \mu + \cos \alpha - 1 = 0 \quad \Rightarrow \quad \boxed{\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}}$$

2) Найти S ; given F преобразуется:



$$N = mg; \quad F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg$$

Тогда изменение кин. энергии: $F_{\text{тр}} S = k$

$$\Rightarrow \mu mg S = k \Rightarrow S = \frac{k}{\mu mg} = \frac{k \sin \alpha}{mg (1 - \cos \alpha)}$$

Ответ: 1) $\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$ 2) $S = \frac{k \sin \alpha}{mg (1 - \cos \alpha)}$

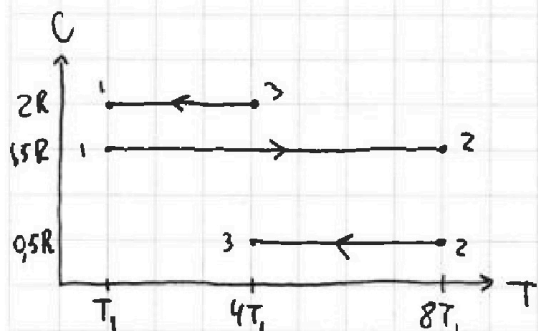
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1
 2
 3
 4
 5
 6
 7

МФТИ

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



~4

Заметим, что: $Q = \nu c_p \Delta T$,
где $c_p \Delta T$ - площадь под гра-
фиком

1) Найдем Q_{31} : $Q_{31} = \nu 2R(T_1 - 4T_1) = -6\nu RT_1$

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} \nu R(T_1 - 4T_1) = -\frac{9}{2} \nu RT_1$$

По I. з. термодинамики: $A_{31} + \Delta U_{31} = Q_{31}$

$$A_{31} = -6\nu RT_1 - (-\frac{9}{2} \nu RT_1) = -\frac{3}{2} \nu RT_1 \text{ - работа газа}$$

$$A_{31}^{\text{над газом}} = -A_{31} = \frac{3}{2} \nu RT_1 = \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 200 = 2493 \text{ Дж}$$

2) Найдем КПД цикла; посчитаем Q на каждом участке:

$$Q_{31} = \nu 2R(T_1 - 4T_1) = -6\nu RT_1$$

$$Q_{23} = \nu 0,5R(4T_1 - 8T_1) = -2\nu RT_1$$

$$Q_{12} = \nu 1,5R(8T_1 - T_1) = \frac{21}{2} \nu RT_1$$

$$\eta = 1 - \frac{|Q_{\text{х}}|}{Q_{\text{н}}} = 1 - \frac{8\nu RT_1}{\frac{21}{2} \nu RT_1} = 1 - \frac{16}{21} = \frac{5}{21} \approx 24\%$$

3) Процесс $1 \rightarrow 2$ - изохорный, т.к. $c = 1,5R$

Определим процесс $3 \rightarrow 1$, рассчитав пока только
польтроиз: .

$$n = \frac{c - c_p}{c - c_v} = \frac{2R - 2,5R}{2R - 1,5R} = \frac{0,5R}{-0,5R} = -1 \Rightarrow pV^{-1} = \text{const}$$

$$\Rightarrow p = \alpha V \text{ (давление зависит прямопропор. от объема) } \alpha = \text{const}$$

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!

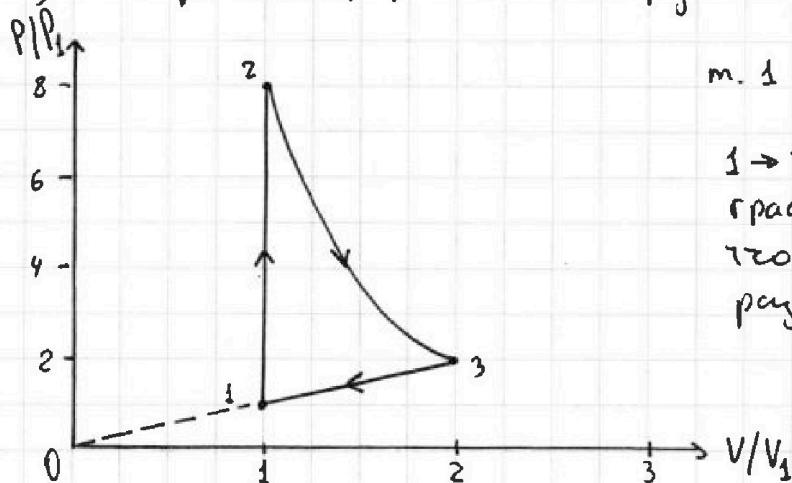
№4

Определим процесс $2 \rightarrow 3$:

$$\eta = \frac{c - c_p}{c - c_v} = \frac{0,5R - 3,5R}{0,5R - 1,5R} = \frac{-2R}{-R} = 2$$

$$\Rightarrow pV^2 = \text{const} \Rightarrow p = \frac{d}{V^2}$$

4) Построим график в координатах $(P/P_1, V/V_1)$



$$\text{т. 1: } p, V_1 = \nu RT_1 \quad (\text{н/г})$$

$1 \rightarrow 2$ - изохорный по
графику $(c/R, T/T_1)$ видно,
что T_2 увеличилась в 8
раз, значит и давление
увеличилось в
8 раз.

В т. 3 температура в 4 раза больше, чем в т. 1,
но так как $3 \rightarrow 1$ процесс, где давление прямо
пропорционально объему и координаты т. 1
(1; 1), то координаты т. 3 (2; 2)

далее соединим т. 2 и т. 3 квадратичной
гиперболой.

Ответ: 1) $A_{31}^{\text{max}} = 2493 \text{ Дж}$

2) $\eta = \frac{5}{21} \approx 24\%$

3) см. выше

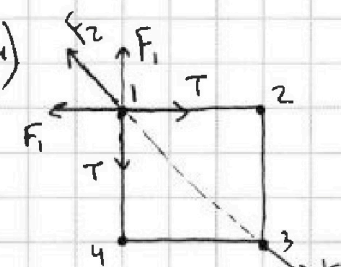
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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 верхний левый шарик:

силы $F_1 = \frac{kq^2}{a^2}$ со стороны 2 и 4

и сила $F_2 = \frac{kq^2}{(a\sqrt{2})^2}$ со стороны 3 шарика

, которая тоже отталкивает.

Условие равновесия шарика 1 на ось Ox :

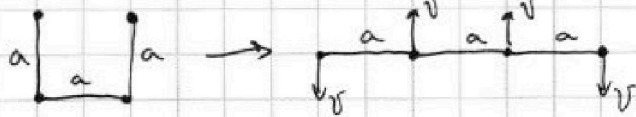
$$-F_1\sqrt{2} - F_2 + T\sqrt{2} = 0; \quad -\frac{kq^2}{a^2}\sqrt{2} - \frac{kq^2}{2a^2} + T\sqrt{2} = 0 \quad | : \sqrt{2}$$

Выразим $|q|$: $T = \frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{2\sqrt{2}a^2} \Rightarrow |q| = a \sqrt{\frac{T\sqrt{2}}{k(2\sqrt{2}+1)}}$

Или можно выразить $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$

Тогда: $|q| = a \sqrt{\frac{8\sqrt{2}\pi\epsilon_0 T}{2\sqrt{2}+1}}$

2) Когда перекинут верхнюю нить, $1/3$ какое-то время шарик будут висеть на одной нити, нити во время движения провисать не будут, т.к. шарик заряжены одинаково и отталкиваются



нижние шарик могут вверху, верхние вниз. Скорости всех шариков будут равны

по модулю, т.к. равен их массы. Начальной импульс системы был 0, значит конечный тоже должен быть 0. Внешних сил нет.

Найдем начальную энергию взаимодействия шариков:

$$W_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{kq^2}{a^2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{kq^2}{(a\sqrt{2})^2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{kq^2}{a^2}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



5

Найдем начальную энергию W_1 взаимодействующих шариков:

$$W_1 = 4 \frac{kq^2}{a} + 2 \cdot \frac{kq^2}{a\sqrt{2}} = \frac{kq^2}{a} (4 + \sqrt{2})$$

Конечная:

$$W_2 = 3 \frac{kq^2}{a} + 2 \frac{kq^2}{2a} + \frac{kq^2}{3a} = \frac{kq^2}{a} (4 + \frac{1}{3})$$

Кинетическая энергия любого шарика K

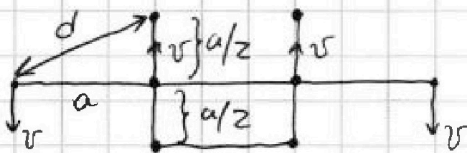
Запишем ЗЭ: $W_1 - W_2 = 4K$

$$\frac{kq^2}{a} (\sqrt{2} - \frac{1}{3}) = 4K$$

Из п. 1: $T = \frac{kq^2}{a^2} (1 + \frac{1}{2\sqrt{2}})$ подставим в ЗЭ:

$$\frac{Ta \cdot 2\sqrt{2}(\sqrt{2}-\frac{1}{3})}{2\sqrt{2}+1} = 4K \Rightarrow K = \frac{Ta(2-\frac{\sqrt{2}}{3})}{2(2\sqrt{2}+1)}$$

3) В любой момент скорости всех шариков по модулю и по вертикали равны, т.е. начальный импульс 0 \Rightarrow расстояние, которое прошел каждый шарик по вертикали одинаково и равно $a/2$.



Найдем d по м. Пифагора:

$$d^2 = a^2 + \frac{a^2}{4} \Rightarrow d = \frac{\sqrt{5}}{2} a$$

Ответ: 1) $|q| = a \sqrt{\frac{8\sqrt{2} + \epsilon_0 T}{2\sqrt{2} + 1}}$

2) $K = \frac{Ta(2-\frac{\sqrt{2}}{3})}{2(2\sqrt{2}+1)}$

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

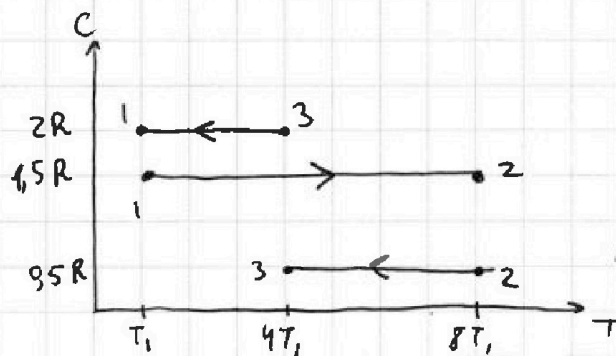
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



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

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

$$\begin{matrix} (3-1) \\ (1-3) \end{matrix} n = \frac{2R - 2,5R}{2R - 1,5R} = \frac{-0,5R}{0,5R} = -1$$

$$pV^{-1} = \text{const} \Rightarrow p = \frac{d}{V}$$

$$(1-2): n = \frac{1,5R - 2,5R}{1,5R - 1,5R} = \infty$$

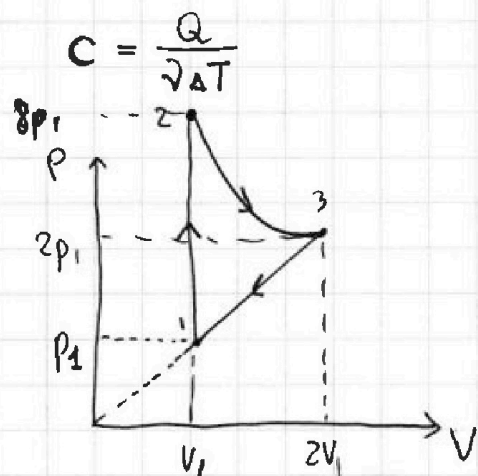
(1-2) - изохорный

$$(2-3): n = \frac{0,5R - 2,5R}{0,5R - 1,5R} = \frac{-2R}{-R} = 2$$

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

$$p = \frac{d}{V^2}$$

$$8p_1 V_1^2 = 2p_1 \cdot 4V_1^2$$



$$3-1: Q = -\gamma \cdot 2R \cdot 3T_1 = -6\gamma RT_1$$

$$\Delta U = \frac{3}{2}\gamma R \cdot (T_1 - 4T_1) = -\frac{9}{2}\gamma RT_1$$

$$A_{23} = -2\gamma RT_1 + \frac{3}{2}\gamma R(4T_1 - 8T_1) =$$

$$= \gamma RT_1(-2 + 6) = 4\gamma RT_1$$

$$A = Q - \Delta U = -6\gamma RT_1 + 4,5\gamma RT_1 = -\frac{3}{2}\gamma RT_1$$

~~$\eta = \frac{A}{Q_{12}}$~~

$$Q_{12} = 1,5R \cdot 7T_1 \gamma = \frac{3}{2} \cdot 7\gamma RT_1 = \frac{21}{2}\gamma RT_1$$

$$Q_{23} = 0,5R \cdot \gamma \cdot 4T_1 = 2\gamma RT_1$$

$$Q_{31} = -6\gamma RT_1$$

$$\eta = 1 - \frac{Q_x}{Q_H} = 1 - \frac{8\gamma RT_1}{\frac{21}{2}\gamma RT_1} = 1 - \frac{16}{21} = \frac{21-16}{21} = \frac{5}{21}$$

$$\eta = \frac{4\gamma RT_1 - \frac{3}{2}\gamma RT_1}{\frac{21}{2}\gamma RT_1} = \frac{\frac{5}{2}}{\frac{21}{2}} = \frac{5}{21}$$

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!



№5

Каждому шару сообщают энергию взаимодействия:

$$W_2 = 3 \frac{kq^2}{a^2} + 2 \cdot \frac{kq^2}{(2a)^2} + \frac{kq^2}{(3a)^2} = \frac{kq^2}{a^2} \left(3 + \frac{1}{2} + \frac{1}{9} \right)$$

Запишем ЗСЭ для всей системы:

$$W_1 = W_2 + E_{\text{к}} \quad ; \quad E_{\text{к}} = 4 \cdot \frac{mv^2}{2} = 2mv^2$$

$$5 \frac{kq^2}{a^2} = \frac{kq^2}{a^2} \cdot 3 \frac{11}{18} + 2mv^2$$

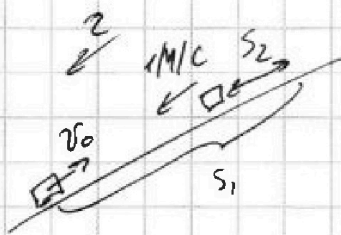
$$\frac{kq^2}{a^2} \cdot 1 \frac{7}{18} = 2mv^2 \quad \Rightarrow \quad \frac{25}{7} \frac{kq^2}{a^2} = 2mv^2$$

$K = \frac{mv^2}{2}$ - кинетическая энергия любого шарика.

$$\Rightarrow \frac{25}{7} \frac{kq^2}{a^2} = 4K \Rightarrow K = \frac{25}{28} \frac{kq^2}{a^2}$$

расчет / проверка / ответ / не / из п. 1: $T = \frac{kq^2}{a^2} \left(1 + \frac{1}{2\sqrt{2}} \right)$

Подставляем



$$s_1 = \frac{36}{20} = 1,8 \text{ м}$$

$$s_2 = \frac{1}{4} = 0,25 \text{ м}$$

$$t_1 = 0,6 \text{ с}$$

$$t_2 = 0,5 \text{ с}$$

итд

$$1,8 + 0,25 + 1,1 = 1,55 + 1,1 = 2,65$$

2/10

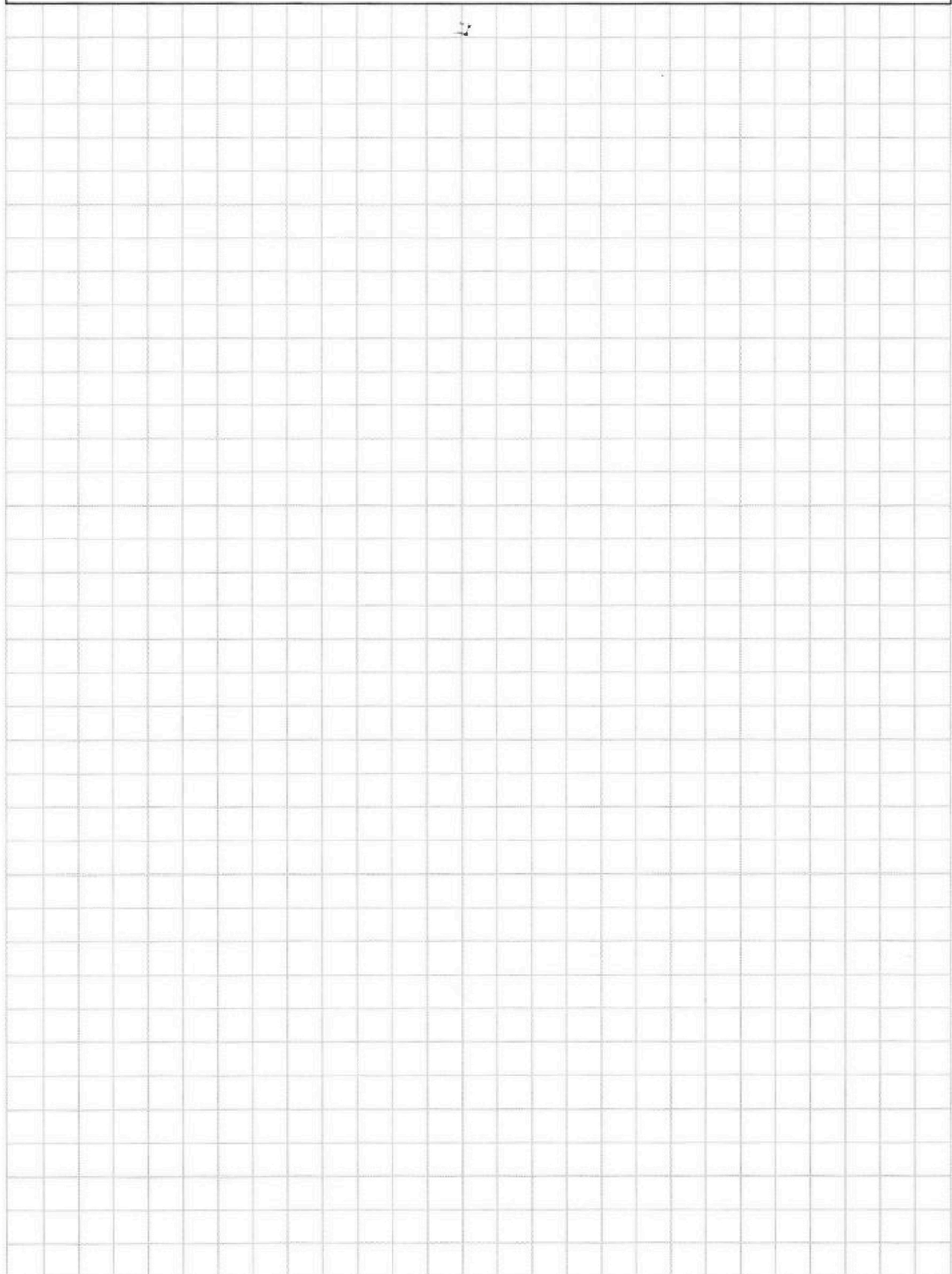


На одной странице можно оформлять только одну задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!



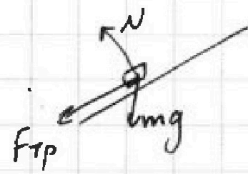
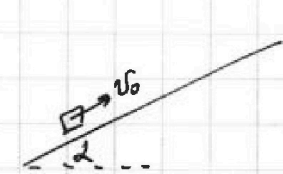
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$N = mg \cos \alpha$$

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

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

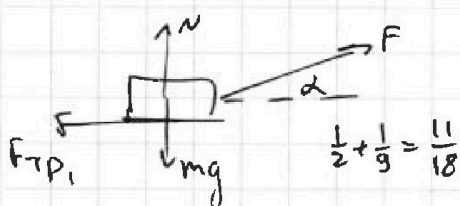
$$\sin \alpha = 0,6 \Rightarrow \cos \alpha = 0,8$$

$$a = 10 \cdot 0,6 + 10 \cdot 0,8 \cdot 0,5 = 6 + 4 = 10 \text{ м/с}^2$$

$$\frac{3}{5} + \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{5} = \frac{6}{10} + \frac{4}{10} = 1$$

$$t = \frac{v_0}{a} = \frac{6}{10} = 0,6 \text{ с}$$

$$\frac{3}{5} - \frac{4}{10} = \frac{6}{10} - \frac{4}{10} = \frac{2}{10}$$



$$\frac{1}{2} + \frac{1}{9} = \frac{11}{18}$$

$$N + F \sin \alpha = mg$$

$$F_{тр1} = (mg - F \sin \alpha) \mu$$

$$-F_{тр1} x + F \cos \alpha x = k$$

$$-(mg - F \sin \alpha) \mu x + F \cos \alpha x = k$$

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

$$-\mu mg x + F x = k$$

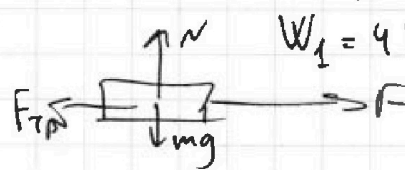
$$\sin \alpha \mu + \cos \alpha = 1 \Rightarrow \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

m - масса камня

$$\frac{mv^2}{2} = k \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2k}{m}}$$

$$S = \frac{2k}{m 2\mu g} = \frac{k}{m \mu g}$$

$$g^2 = \frac{a^2}{k} \frac{T 2\sqrt{2}}{2\sqrt{2} + 1}$$



$$W_1 = 4k \frac{q^2}{a^2} + 2k \frac{q^2}{2a^2} = 5k \frac{q^2}{a^2}$$

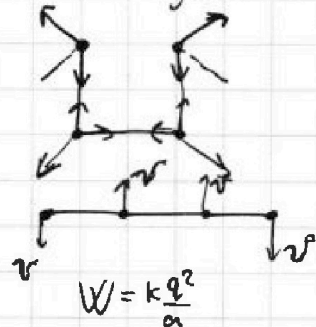
$$W_2 = 3k \frac{q^2}{a^2} + 2k \frac{q^2}{4a^2} + k \frac{q^2}{9a^2}$$

$$F_{тр} = \mu mg$$

$$-\mu mg x + F x = k$$

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

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



$$W = k \frac{q^2}{a^2}$$

$$mg \mu S = k \Rightarrow S = \frac{k}{m \mu g}$$

$$3 \cdot 8,31 \cdot 100 = 3 \cdot 831 = \frac{2\sqrt{2} + 1}{2\sqrt{2}}$$

$$= 2400 + 90 + 3 = 2493 //$$

$$\begin{array}{r} 5,000 \\ -42 \\ \hline 80 \\ -63 \\ \hline 170 \\ -168 \\ \hline 168 \end{array}$$

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

$$\frac{kq^2}{a^2} = \frac{T 2\sqrt{2}}{2\sqrt{2} + 1}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

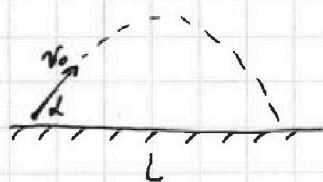
Отметьте крестиком номер задачи,

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!



$$L = v_0 \cos \alpha t$$

$$0 = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} \Rightarrow \frac{gt}{2} = v_0 \sin \alpha$$

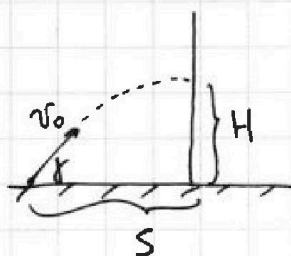
$$\Rightarrow t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$\Rightarrow L = v_0 \cos \alpha \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{Lg}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{200}$$

$$H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$H = \frac{200 \cdot 0,5}{2 \cdot 10} = \frac{100}{20} = 5 \text{ m}$$

$$v_0^2 = 2gH + v_0^2 \cos^2 \alpha$$



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

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

$$H = S \tan \alpha - \frac{g}{2} \frac{S^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1 \quad | : \cos^2 \alpha$$

$$H = S \tan \alpha - \frac{g}{2} \frac{S^2}{v_0^2} (1 + \tan^2 \alpha)$$

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

$$H = -\frac{gS^2}{2v_0^2} \tan^2 \alpha + S \tan \alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2}$$

$$H - \max \Rightarrow \tan \alpha = \frac{-S}{-\frac{gS^2}{v_0^2}} = \frac{v_0^2}{Sg} = \frac{200}{16 \cdot 10} = \frac{20}{16} = \frac{5}{4}$$

$$H = -\frac{gS^2}{2v_0^2} \frac{v_0^4}{S^2 g^2} + S \cdot \frac{v_0^2}{Sg} - \frac{gS^2}{2v_0^2} = -\frac{v_0^2}{2g} + \frac{v_0^2}{g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} =$$

$$= \frac{v_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} \Rightarrow \frac{gS^2}{2v_0^2} = \frac{v_0^2}{2g} - H$$

$$S^2 = \frac{2v_0^2}{g} \left(\frac{v_0^2}{2g} - H \right) = \frac{2 \cdot 200}{10} \left(\frac{200}{20} - 3,6 \right) =$$

$$= 40 (10 - 3,6) = 40 \cdot 6,4 = 4 \cdot 64$$

$$\Rightarrow S = 2 \cdot 8 = 16 \text{ m}$$



$$F_1 = \frac{kq^2}{a^2} \quad F_2 = \frac{kq^2}{2a^2}$$

$$T\sqrt{2} = F_1\sqrt{2} + F_2$$

$$\begin{array}{r} \times 14,1 \\ 14,1 \\ \hline + 141 \\ + 564 \\ \hline 141 \\ \hline 198,81 \end{array} \quad \begin{array}{r} \times 14,2 \\ 14,2 \\ \hline + 284 \\ + 568 \\ \hline 1424 \\ \hline 201,64 \end{array}$$