



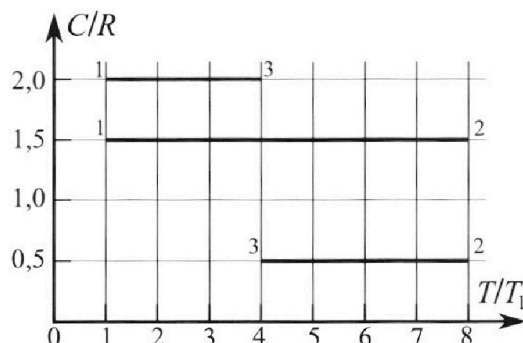
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02



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

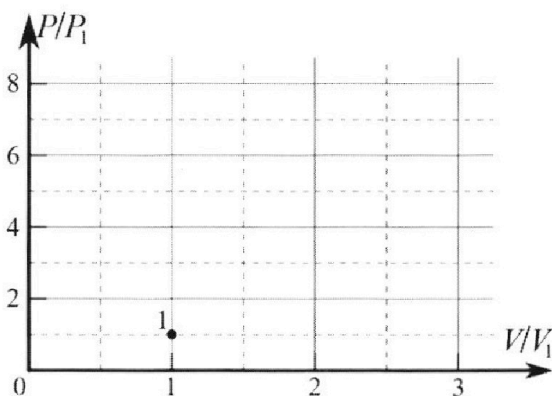
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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

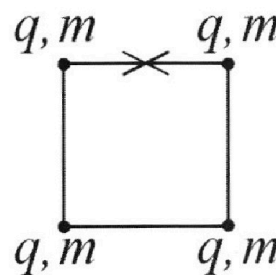
1) Найдите абсолютную величину $|q|$ заряда каждого шарика.

Одну нить пережигают.

2) Найдите кинетическую энергию K любого, выбранного Вами шарика, в тот момент, когда шарики будут находиться на одной прямой.

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

Электрическая постоянная ϵ_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.

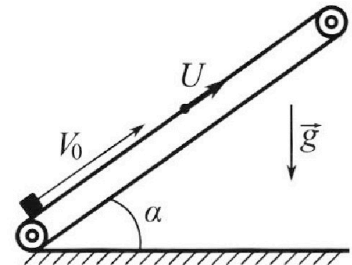
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/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.).

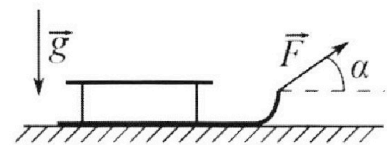
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

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.

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 checked="" 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!



максимум достигается в вершине параболы
 ~~$\frac{1}{2} v_0^2 \sin^2 \alpha$~~

$$y = S \operatorname{tg} \beta - \frac{g S^2}{2 v_0^2} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \operatorname{tg}^2 \beta$$

$$\operatorname{tg} \beta_1 = \frac{-S}{\frac{-g S^2}{v_0^2} \cdot 2} = \frac{v_0^2}{g S} \cdot S = \frac{v_0^2}{g S}$$

β_1 - угол, при котором H - макс)

$$f(\operatorname{tg} \beta_1) = H \Leftrightarrow S \cdot \frac{v_0^2}{g S} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \cdot \frac{v_0^4}{g^2 S^2} =$$
$$= \frac{v_0^2}{g} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} - \frac{1}{2} \cdot \frac{v_0^2}{g} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{g S^2}{2 v_0^2}$$

$$\frac{g S^2}{2 v_0^2} = \frac{v_0^2}{2g} - H \Leftrightarrow g S^2 = \frac{v_0^3}{g} - 2 v_0^2 H$$

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

$$\frac{g S^2}{2 v_0^2} = \frac{200}{2 \cdot 10} - 3,6 = 10 - 3,6 = 6,4$$

$$\frac{S^2 \cdot 10}{2 \cdot 200} = 6,4 \Leftrightarrow S^2 = 40 \cdot 6,4 = \frac{40 \cdot 64}{10} = 2^2 \cdot 8^2 =$$

$$= 16^2 \Leftrightarrow S = 16 \text{ м}$$

Ответ: 1) $v_0 = 14,1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; 2) $S = 16 \text{ м}$

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

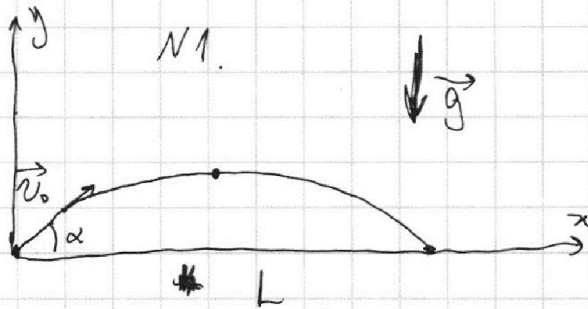


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Дано:

$$\alpha = 45^\circ$$

$$L = 20 \text{ м}$$



$$y = V_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

если $y=0$, то \sin y равно 0

$$V_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} = 0 \quad (t \neq 0) \quad \Leftrightarrow \quad V_0 \sin \alpha = \frac{gt}{2} \quad \Leftrightarrow \quad t = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g}$$

$$L = t \cdot V_x = t \cdot V_0 \cos \alpha = \frac{2V_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$$= \frac{V_0^2}{g} \quad \Leftrightarrow \quad V_0 = \sqrt{Lg} = \sqrt{20 \cdot 10} = 10\sqrt{2} \approx 14,1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Пусть β - угол к горизонту,
под которым бросил камень.

$$x = V_0 \cos \beta \cdot t$$

$$\Leftrightarrow t = \frac{x}{V_0 \cos \beta}$$

$$y = V_0 \sin \beta t - \frac{gt^2}{2} =$$

$$= x \operatorname{tg} \beta - \frac{g \cdot x^2}{2V_0^2 \cos^2 \beta} = x \operatorname{tg} \beta - \frac{gx^2}{2V_0^2} (1 + \operatorname{tg}^2 \beta) \quad (*)$$

$$= x \operatorname{tg} \beta - \frac{gx^2}{2V_0^2} (1 + \operatorname{tg}^2 \beta) - x \operatorname{tg} \beta + y = 0$$

~~или $y = x \operatorname{tg} \beta$, $x = 5$~~

$$\Leftrightarrow y = x \operatorname{tg} \beta - \frac{gx^2}{2V_0^2} (1 + \operatorname{tg}^2 \beta)$$

или $y = f(\operatorname{tg} \beta)$ найдем макс $f(\operatorname{tg} \beta)$
 $x = 5$
 x - фиксированное число ($x = 5$)
 y и $\operatorname{tg} \beta$ - переменная

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

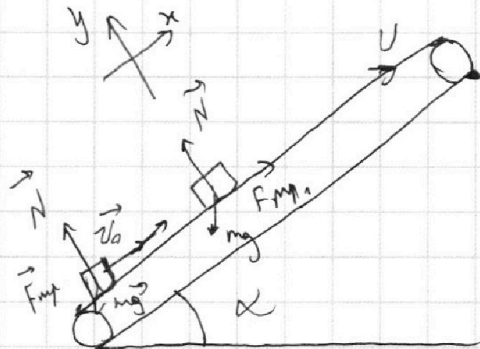
1 2 3 4 5 6 7



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

Дано:
 $\sin \alpha = 0,6$
 $v_0 = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$\cos \alpha = \sqrt{1 - 0,6^2} = 0,8$



$\mu = 0,5$

$T = 1 \text{ с}$

1) 5-?

Запишем II закон Ньютона:

оу: $N = mg \cos \alpha$

оx:

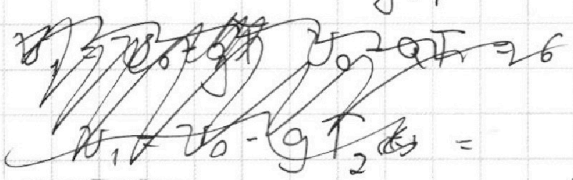
$mg \sin \alpha + F_{\text{тр}} = ma$

$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$

$a = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = 10 \cdot (0,5 \cdot 0,8 + 0,6) = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

(T2 - время, которое пройдет по наклонной)

Коробка остановилась ($v_1 = 0$)



(S1 - путь за T2)

$S_1 = v_0 T_2 - \frac{a T_2^2}{2} = 6 \cdot 0,6 - \frac{10 \cdot 0,6^2}{2} =$

$v_1 = v_0 - g T_2 \quad v_1 = 0 \Rightarrow$

$T_2 = \frac{v_0}{a} = 0,6 \text{ с}$

$= 0,6(6 - 5 \cdot 0,6) = 0,6 \cdot 3 = 1,8 \text{ м}$

Запишем II закон Ньютона, когда коробка движется вниз: (сила трения будет направлена вверх по склону)

оу: $N = mg \cos \alpha$

оx: $mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} = ma_1 \Leftrightarrow$

$a_1 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) =$
 $= 10 \cdot (0,6 - 0,5) = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

(S2 - путь за T - T2)

$S_2 = \frac{a_1 \cdot (T - T_2)^2}{2} = 0,4^2 = 0,16 \text{ м}$

так как $S_2 < S_1$, то коробка не меняет нач. положения.

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!

$$S = S_1 + S_2 = 1,96 \text{ м}$$

а 2) a_3 - ускорение коробки при движении вверх (во втором случае)

$$a_3 = a = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$U = v_0 - a_3 \cdot T_1 \Leftrightarrow T_1 = \frac{v_0 - U}{a} = \frac{5}{10} = 0,5 \text{ с}$$

3) пока положительная скорость U коробка начнет движение вниз с ускорением $a' = a_1 = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ (т.к. сила трения будет действовать вверх по склону)

$$0 = U - a T_2 \Leftrightarrow T_2 = \frac{U}{a} = \frac{5}{10} = 0,5 \text{ с}$$

$$S_1' = v_0 T_1 - \frac{a_3 T_1^2}{2}$$

$$= 6 \cdot 0,5 - \frac{10 \cdot 0,5^2}{2}$$

$$= 3 - 5 \cdot 0,25 = \cancel{3,75} 3 - 1,25 = 1,75 \text{ м}$$

$$S_2' = \frac{a' T_2^2}{2} = \frac{2 \cdot 0,5^2}{2} = 0,25 \text{ м}$$

(S_2' - расстояние, которое пройдёт брусок до того, как его скорость станет равной нулю.)

$$L = S_1' - S_2' = 1,5 \text{ м}$$

Ответ: $S = 1,96 \text{ м}$; $T_1 = 0,5 \text{ с}$; $L = \cancel{2,0 \text{ м}}$ ^{1,5 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
<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!

После прекращения ^{действия} силы F на санки действует
в проекции на ось Ox только $F_{\text{тр}} = \mu mg$

Заменим ЗУЭ:

$$\Delta E_{\text{к}} = K = \mu mg \cdot S \Rightarrow S = \frac{K}{\mu mg} = \frac{K}{mg} \cdot \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha}$$

$$\text{Ответ: } 1) \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}; S = \frac{K}{mg} \cdot \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha}$$

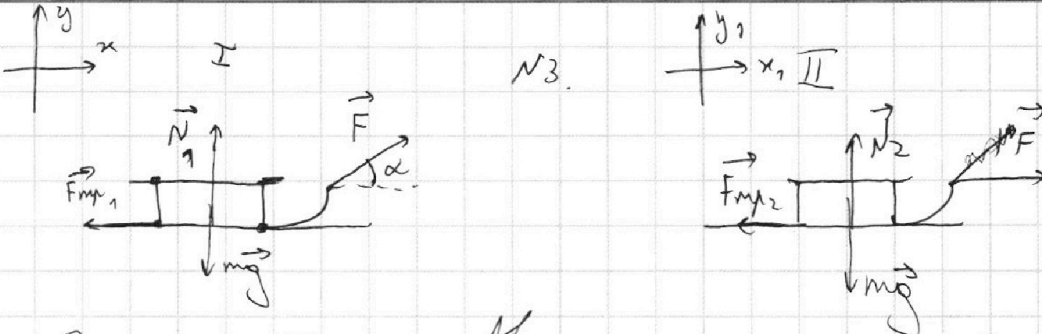
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



Заменим II закон Ньютона для I случая.

$$\vec{N}_1 + m\vec{g} + \vec{F} + \vec{F}_{mp1} = 0 \quad m\vec{a}$$

оу:

$$N_1 - mg + F \sin \alpha = 0 \Rightarrow N_1 = mg - F \sin \alpha$$

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

Заменим II закон Ньютона для 2 случая.

оу₁:

$$N_2 = mg$$

$$F_{mp2} = \mu N_2 = \mu mg$$

~~Итак, вычислим работу сил в конце движения, но~~

$$A_{F_{mp1}} = -S_1 \cdot F_{mp1}; \quad A_F = F \cdot S_1 \cos \alpha; \quad A_{F_{mp2}} = -S_1 \cdot F_{mp2};$$

$$A_F = F \cdot S_1 \quad (S_1 - \text{длина пути, пройденного санями} \quad \text{или действующим } F)$$

Итак, вычислим работу сил у брусков:

$$A_F + A_{F_{mp1}} = A_F + A_{F_{mp2}} \Rightarrow F \cdot S_1 \cos \alpha - S_1 \cdot \mu(mg - F \sin \alpha) =$$

$$= F \cdot S_1 - S_1 \cdot \mu mg$$

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

$$\Rightarrow \mu = \frac{F(1 - \cos \alpha)}{F \sin \alpha} = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

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!



№4.

Дано:
 $i = 1$ моль
 $T_1 = 200 \text{ K}$
 $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{K}}$
 $i = 3$

$$1) Q_{31} = C \cdot \Delta T_{31} = \cancel{C \cdot (T_1 - T_2)} C \cdot (T_1 - T_2) =$$

$$= -3CT = \Delta U_{31} + A'_{31} =$$

$$= -\frac{3}{2} \cdot R \cdot (+3T) + A'_{31} \Leftrightarrow$$

$$A'_{31} = -3 \cdot 2R \cdot T + \frac{3}{2} RT \cdot (+3) =$$

$$= -6RT + \frac{9}{2} RT = -1,5 RT$$

$$\Leftrightarrow A'_{31} = -6RT + \frac{9}{2} RT = -1,5 RT$$

A'_{31} - работа газа, ~~этим~~ $A_{31} = -A'_{31} = 1,5 RT =$

$$= 1,5 \cdot 8,31 \cdot 200 = 24,93 \cdot 100 = 2493 \text{ Дж}$$

3) \Leftrightarrow в процессе 1-2 $C_{12} = 1,5R = \frac{i}{2} R$

значит процесс изохорный

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \Leftrightarrow p_2 = \frac{T_2}{T_1} p_1 = \frac{8T_1}{T_1} p_1 = 8p_1$$

рассмотрим процесс 2-3

$$Q_{23} = C \Delta T = \Delta U_{23} + A_{23} \Rightarrow 6,5R \Delta T - 1,5R \Delta T = A_{23} \Rightarrow$$

$$A_{23} = 5R \Delta T$$

Процесс с постоянной теплоемкостью описывается формулой:

$$C \neq C_V \quad \frac{C - C_p}{C - C_V} = \text{const}$$

$$pV = \text{const}$$

В процессе 2-3 $C = \frac{1}{2} 0,5R$

$$(2) pV = \text{const}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1
 2
 3
 4
 5
 6
 7

МФТИ

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

3 процесса $\nu = 3-1$ $C = 2R$, изохор

$$pV^{\frac{2+2,5}{2-1,5}} = pV^{\frac{-0,5}{0,5}} = pV^{-1} = \frac{p}{V} = \text{const}$$

в процессе 2-3

(2) $pV^2 = \text{const} \Rightarrow pT \cdot V = \text{const} \Rightarrow V \cdot T = \text{const}$

$$V_2 \cdot 8T_1 = V_3 \cdot 4T_1 \Leftrightarrow V_3 = 2V_2$$

~~$p_2 V_2 = p_1 V_1 \Rightarrow p_2 = 8p_1$~~ ~~$p_3 V_3 = p_1 V_1 \Rightarrow p_3 = 4p_1$~~

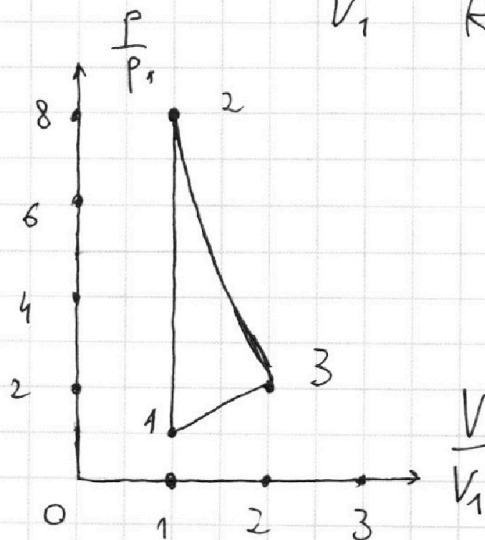
$V_2 = V_1$ т.к. 1-2 изохорный процесс

$V_3 = 2V_1$

$$p_3 V_3 = p_1 V_1 \Leftrightarrow p_3 \cdot 2V_1 = p_1 \cdot V_1 \Leftrightarrow p_3 = \frac{p_1}{2}$$

$$p_3 = \frac{2T_1 R}{V_1} ; p_1 V_1 = p_1 R T_1 = p_1 R T_1 \Leftrightarrow \frac{T_1}{V_1} = \frac{p_1}{R}$$

$$p_3 = 2R \cdot \frac{p_1}{R} = 2p_1$$



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"/>

МОТИ

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



2) Найдём КПД и η цикла

~~на работу~~ $Q_{12} = C_{12} \cdot (8T_1 - T_1) = 1,5R \cdot 7T_1 =$
 $= \frac{21}{2} RT_1$

~~на работу~~ $Q_{23} = C_{23} \cdot (4T_1 - 8T_1) = 0,5R \cdot -4T_1 =$
 $= -2RT_1$

$$Q_{31} = C_{31} \cdot (T_1 - 4T_1) = 2R \cdot (-3) \cdot T_1 = -6RT_1$$

$$Q_x = -6R Q_{31} + Q_{23} = -8RT_1; Q_H = \frac{21}{2} RT_1$$

$$\eta = 1 - \frac{|Q_x|}{|Q_H|} = 1 - \frac{8 \cdot 2}{21} = 1 - \frac{16}{21} = \frac{5}{21} \approx 0,24 \%$$

Ответ: 1) $A_{31} = 2493 \text{ Дж}$

2) $\eta \approx 0,24$

3) см. рис.

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!

~~м.к. линии не растягиваются;~~

~~$$v_5 = v_3 \cos \alpha$$~~

~~$$v_6 = v_2 \cos \alpha = v_3 \cos \alpha$$~~

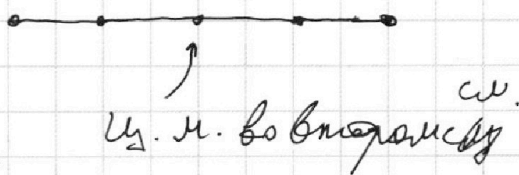
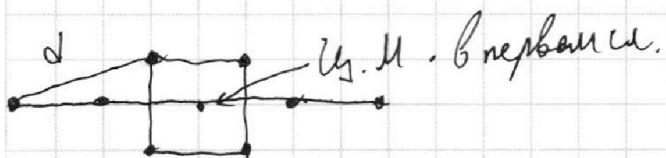
$$(v_2 \neq v_3)$$

~~Ваншем ЗСД:~~

~~$$m_2 v_2' + m v_4' + m v_4'' = 0$$~~

∴ по м.о. движения v_2, m и $m a_{y,k} = 0 \Rightarrow a = 0$

Ц.м. остался на месте



Находим две кортиски

значит

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

$$= \frac{a}{2} \sqrt{10}$$

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

2) $v = g q \cdot \sqrt{\frac{3\sqrt{2}-1}{24mq\pi\epsilon_0}}$

3) $d = \frac{a}{2} \sqrt{10}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



Найдем конечную потенциальную энергию системы:

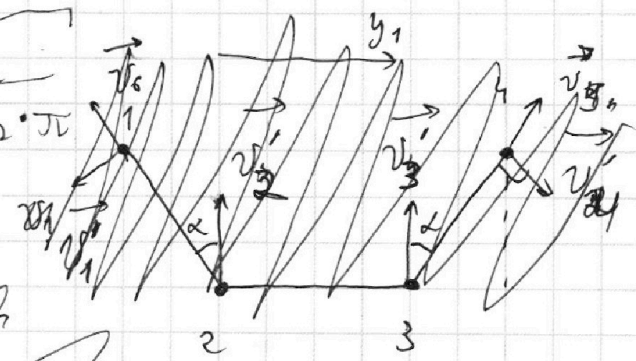
$$\begin{aligned}
 W_k &= W_{12} + W_{13} + W_{14} + W_{23} + W_{24} + W_{34} = \\
 &= \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{2a} + \frac{kq^2}{3a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{2a} + \frac{kq^2}{a} = \\
 &= \frac{kq^2}{a} \cdot \frac{13}{3}
 \end{aligned}$$

П. к. работа сил взаимодействия равна нулю
запишем ЗСЭ:

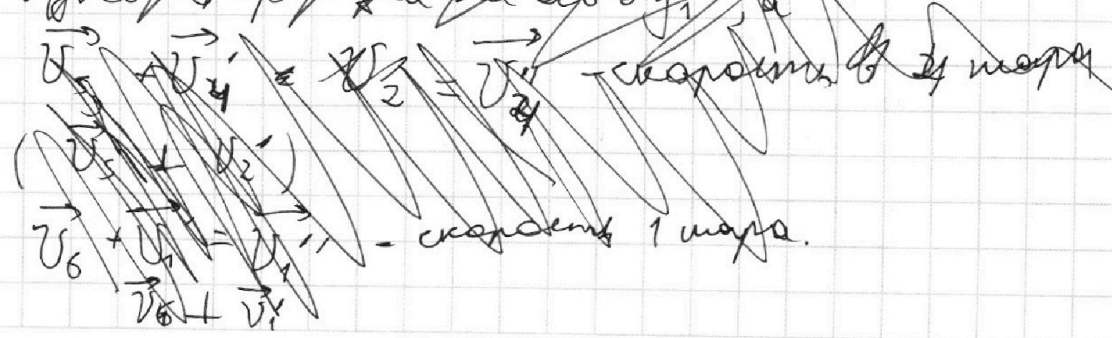
$$\begin{aligned}
 W_H &= W_k + E_k \Leftrightarrow E_k = \frac{kq^2}{a} \left(4 + \sqrt{2} - \frac{13}{3} \right) = \frac{kq^2}{a} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{3} \right) = \\
 &= \frac{kq^2}{3a} \cdot 3(\sqrt{2} - 1)
 \end{aligned}$$

$$E_k = \frac{m v^2}{2} \cdot 4 = 2m v^2 = \frac{kq^2}{3a} (3\sqrt{2} - 1) \Leftrightarrow v^2 = \frac{kq^2}{6am} (3\sqrt{2} - 1)$$

$$v = q \cdot \sqrt{\frac{3\sqrt{2} - 1}{24ma \epsilon_0 \pi}}$$



В силу симметрии скорости 2 и 3 не имеют нулевые проекции на ось Oy_1



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

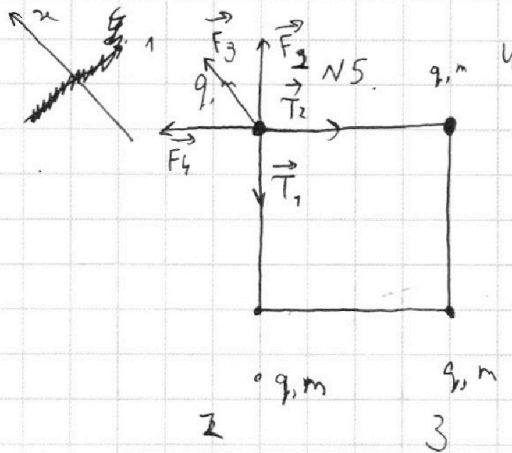
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

Дано:
 a, T



1) Рассчитаем первый шарик.

T_1, T_2 - силы натяжения нити, действующие на него

F_2, F_3, F_4 - силы Кулона.

1) $|q_1| = ?$

III. к. шарик находится $a_1 = 0$ применим 2 закон Ньютона

о х:

$$(1) F_4 \cdot \cos 45^\circ + F_2 \cdot \cos 45^\circ + F_3 - 2T \cos 45^\circ = 0$$

$$F_2 = F_4 = \frac{kq^2}{a^2} \quad (k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0})$$

$$F_3 = \frac{kq^2}{\sqrt{2} \cdot a^2} = \frac{kq^2}{2a^2}$$

~~$$(1) \sqrt{2} \cdot \frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{2a^2} = 2T \cos 45^\circ$$

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

$$\Rightarrow q = a \cdot \sqrt{\frac{2T\sqrt{2}}{(2\sqrt{2} + 1)k}} = a \sqrt{\frac{8\pi T \sqrt{2} \cdot \epsilon_0}{2\sqrt{2} + 1}}$$~~

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

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

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!

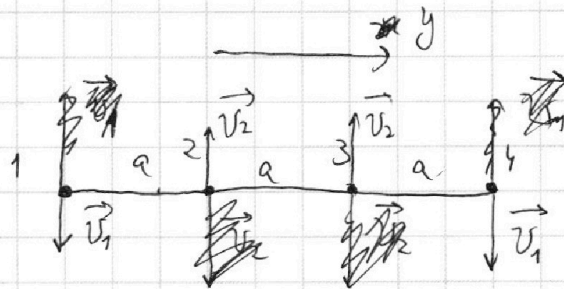
$$\frac{kq^2}{a^2} (2\sqrt{2} + 1) = 2T\sqrt{2} \Leftrightarrow q^2 = \frac{2T\sqrt{2}}{(2\sqrt{2} + 1)k} \cdot a^2$$

$$\Leftrightarrow q = a \sqrt{\frac{2T\sqrt{2} \pi \epsilon_0}{(2\sqrt{2} + 1)}}$$

2)

По ЗСЦ.

В силу симметрии



$v_2 = v_3$; $v_1 = v_4$; Пусть ~~какая~~ любая скорость имеет ненулевую проекцию на ось Oy . Тогда н.к.

линии перемещения эта составляющая есть y компонента ~~и тогда система движется вправо или влево~~ шаров.

Поэтому не может быть в силу симметрии. Значит скорости всех шаров направлены перпендикулярно линии.

По ЗСЦ: $2m\vec{v}_1 = -2m\vec{v}_2 \Leftrightarrow \vec{v}_1 = -\vec{v}_2$
значит $|v_1| = |v_2| = v$

Найдем начальную потенциальную энергию системы.

$W = \frac{kq_1 q_2}{r}$ (в общем случае для 2 зарядов)

$$W_c = W_{12} + W_{13} + W_{14} + W_{23} + W_{24} + W_{34} = \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a\sqrt{2}} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a\sqrt{2}} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a} = \frac{kq^2}{a} (4 + \sqrt{2})$$



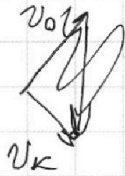
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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"/>

 МФТИ

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!

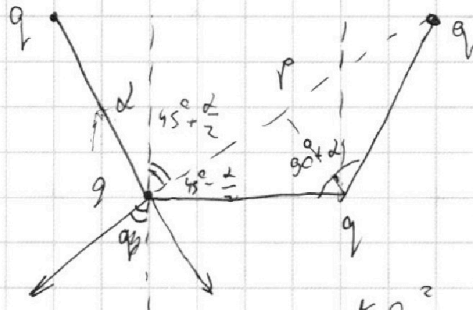


$$p^2 = a^2 + a^2 = 2a^2 \cdot \cos(90^\circ + \alpha)$$

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

$$45^\circ + \frac{\alpha}{2}$$

$$2a \sin(45^\circ + \frac{\alpha}{2}) = p$$



$$\frac{ka^2}{a^2} \cdot \cos \alpha$$

$$\frac{ka^2}{4a^2 \sin^2(45^\circ + \frac{\alpha}{2})} = \cos(45^\circ + \frac{\alpha}{2})$$

$$\frac{ka^2}{a^2} \left(\cos \alpha \times \frac{\cos(45^\circ + \frac{\alpha}{2})}{4 \sin^2(45^\circ + \frac{\alpha}{2})} \right)$$

$$\frac{\sqrt{2}}{2} (\cos \frac{\alpha}{2} - \sin \frac{\alpha}{2})$$

$$= \frac{\sqrt{2}}{4} \left(\frac{\cos^2 \frac{\alpha}{2} - \sin^2 \frac{\alpha}{2}}{\sin \alpha} \right) = \frac{25 \sin \alpha \cos \alpha + \cos(45^\circ + \frac{\alpha}{2})}{25 \sin \alpha} =$$

$$\frac{\sin 2\alpha + \sin(45^\circ - \frac{\alpha}{2})}{25 \sin \alpha} = 25 \sin \left(\frac{3\alpha}{2} + 45^\circ \right)$$

$$\sin(x+y) + \sin(x-y) = 2 \sin x \cos y$$

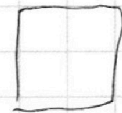
Не забываем про ϵ_0

$$\frac{2\sqrt{2}}{2}$$

$$1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + 2 + \frac{1}{2} = 4 + \frac{1}{3} = \frac{13}{3}$$

$$10 \frac{13}{3} \sqrt{4\sqrt{2}}$$

$$13 \sqrt{12} \sqrt{3\sqrt{2}}$$



2 3

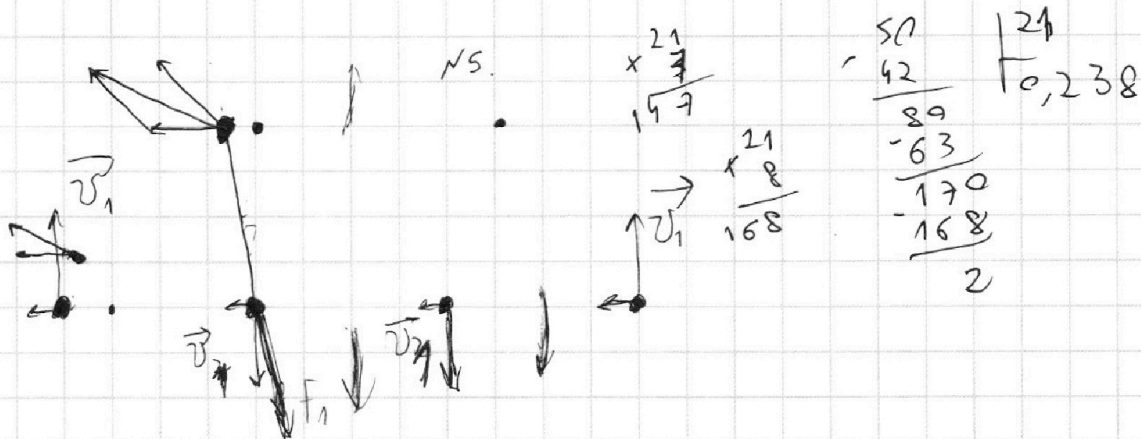
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



Система симметрична, значения суммарной скорости

$$W_1 + K_1 = W_2 + K_2 \Rightarrow K_2 = W_1 - W_2$$

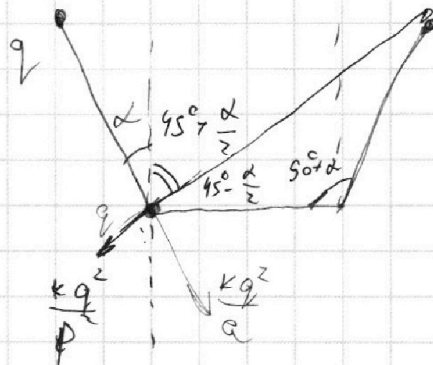
$$a(x)$$

$$pV^2 = C$$

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

$$p^2 = a^2 + a^2 - 2a^2 \cdot \cos(90^\circ + \alpha) =$$

$$= 2a^2(1 + \sin \alpha)$$



$$\frac{kq^2}{2a^2(1 + \sin \alpha)}$$

$$F(x)$$

$$F = ma \Rightarrow a = \frac{F(x)}{m}$$

$$a(x) = f(x) \Rightarrow v(x) = x(x)$$

$$\frac{kq^2}{a} \cdot \cos \alpha$$

$$\frac{kq^2}{2a^2(1 + \sin \alpha)} \cdot \cos(45^\circ + \frac{\alpha}{2})$$

$$1 + \cos(90^\circ - \alpha) = 2 \cos^2(45^\circ - \frac{\alpha}{2})$$

$$\frac{kq^2}{2a^2(\cos^2(45^\circ - \frac{\alpha}{2}))}$$

$$\begin{array}{r} \times 0,24 \\ 21 \\ \hline + 48 \\ 5,04 \end{array}$$

$$1 + \frac{1}{3} = \frac{4}{3} \Rightarrow \frac{3 \cdot 0,31200 = 29,93}{29,93}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

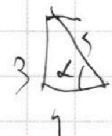
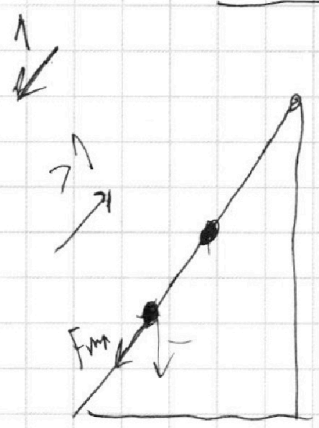
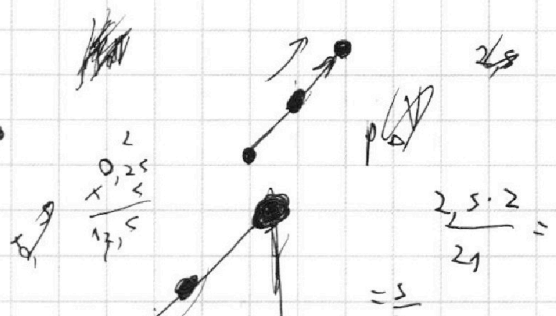
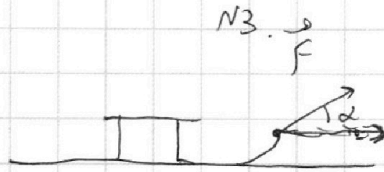
- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



$-4 - 5R$
 $-5,5RT_1$



$\sin \alpha = \frac{3}{5}$ $\cos \alpha = \frac{4}{5}$

$\frac{3}{4} = \tan \alpha$

T-звучит

$A_{23} = -R \cdot 4T_1 = -4RT_1$
 $a = \text{const}$
 $C = \int A \frac{\Delta Q}{\Delta T}$

$\Delta V = 2M$
 $\frac{9}{2} R \Delta T$
 $3,6 - 1,8 = 1,8$
 $1,8 + 0,8 = 2,6$
 $2,6 - 1,25 = 1,35$
 $1,35 + 0,36 = 1,71$

$Q_{31} = C \Delta T = 2R \Delta T = -6R \Delta T$
 $= \Delta U + A = -RT$

$Q = \int \dot{Q} R \Delta T$ $\text{если } \Delta V = 0$
 $\dot{Q}(\Delta T) = \dot{Q} R \Delta T$

$Q = \int \dot{Q} R \Delta T + \int \dot{A} \Delta T$
 $Q = 1,5 \int R \Delta T + A \Rightarrow A = -\int R \Delta T$

$A = -R \Delta T = -R \cdot (4T_1) = -4RT_1$
 $0,5 R \cdot \Delta T = 1,5 R \Delta T + A$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

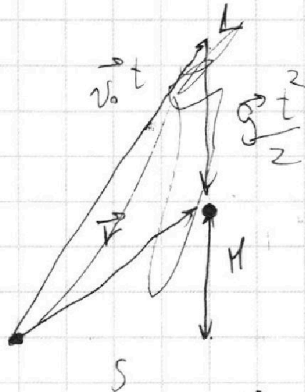
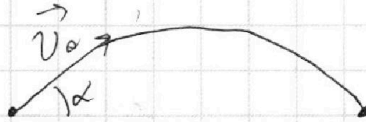
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



N1



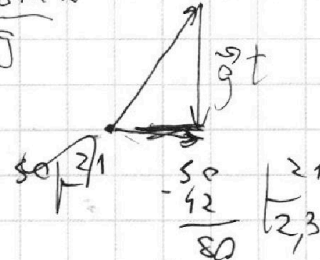
$$1) v_0 \cos \alpha \cdot t = \frac{2v_0 \cos \alpha v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$\neq v_0 \sin \alpha v_0 = g t^2 \Rightarrow$$

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

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

$$\vec{r} = \vec{v}_0 t + \frac{g t^2}{2}$$



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

$$y = v_0 \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2} = x \operatorname{tg} \alpha - \frac{g x^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$= x \operatorname{tg} \alpha - \frac{g x^2}{2 v_0^2} (1 + \operatorname{tg}^2 \alpha)$$

$$H = 5 \operatorname{tg} \alpha - \frac{5g}{2v_0^2} (1 + \operatorname{tg}^2 \alpha)$$

$$H = 5 \operatorname{tg} \alpha - \frac{5g}{2v_0^2} - \frac{5g}{2v_0^2} \operatorname{tg}^2 \alpha = \frac{5g}{2v_0^2} \operatorname{tg}^2 \alpha - 5 \operatorname{tg} \alpha + \frac{5g}{2v_0^2} + H = 0$$

$$5 \operatorname{tg} \alpha$$

$$5g = \frac{\operatorname{tg} \alpha v_0^2}{v_0^2}$$

$$D = \operatorname{tg}^2 \alpha - \left(\frac{5g}{v_0^2}\right)^2 - 4H$$

$$+ 4 \frac{7.3}{2} = C = \sqrt{\dots} \quad 0,2A$$

$$pV \frac{C_V C}{C_P C} = \text{const}$$

$$\frac{C_V}{C_P} = \frac{i}{i+2} \approx \frac{i}{i+2}$$

$$\frac{i+2}{2} = \frac{5}{2} k$$

$$\begin{array}{r} 1,51 \\ + 1,51 \\ \hline 3,02 \\ + 1,51 \\ \hline 4,53 \\ + 1,51 \\ \hline 6,04 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} + 0,23 \\ \hline 21 \\ + 46,23 \\ \hline 67,23 \end{array}$$