

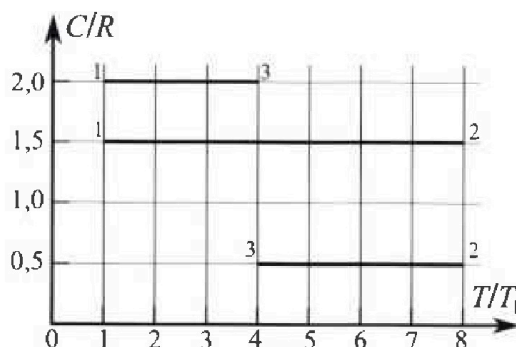
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

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



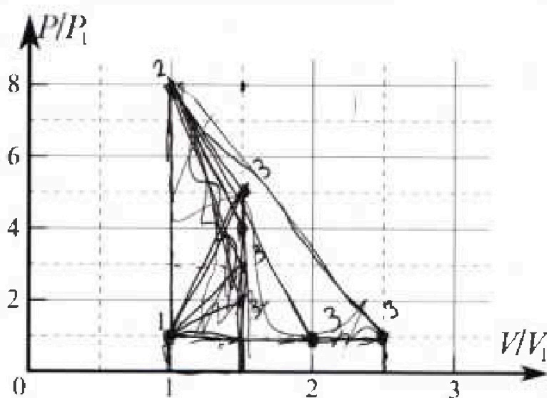
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



$$\frac{3+\lambda}{2} \cdot h = 4$$

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 .

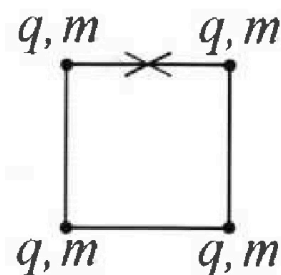
1) Найдите абсолютную величину $|q|$ заряда каждого шарика.

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.





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.

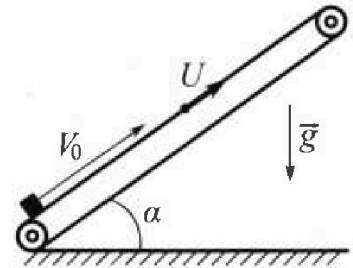
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

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.).

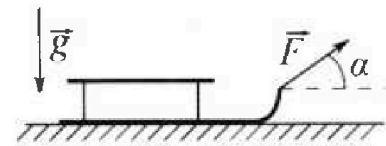
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

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:

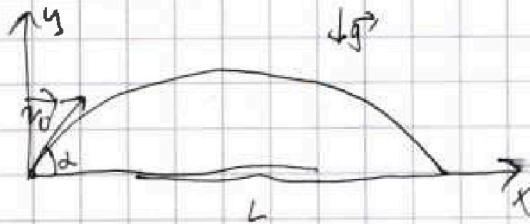
| | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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



$\alpha = 45^\circ$
 $L = 20 \text{ m}$



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

$$y: 0 = v_0 \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2}$$

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

$$x: L = v_0 \cos \alpha t = v_0 \cos \alpha \cdot \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{2 v_0^2 \cos \alpha \sin \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$$v_0^2 \sin 2\alpha = Lg$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{Lg}{\sin 2\alpha}}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{20 \cdot 10}{1} \cdot \frac{1}{2}} = 10\sqrt{2} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$H = 3,6 \text{ m}$

$$y = v_0 t - \frac{g t^2}{2}$$

$$x = v_0 t \quad t = \frac{x}{v_0}$$

$$y = \frac{x}{\tan \beta}$$

$$y = v_0 \sin \beta t - \frac{g t^2}{2}$$

$$x = v_0 \cos \beta t$$

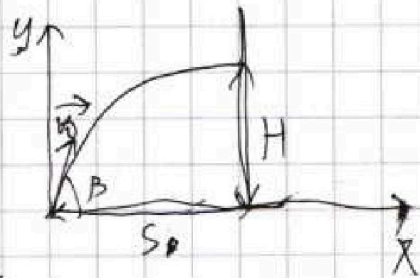
$$t = \frac{x}{v_0 \cos \beta}$$

$$y = v_0 \sin \beta \cdot \frac{x}{v_0 \cos \beta} - \frac{g x^2}{2 v_0^2 \cos^2 \beta}$$

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

$$y = x \tan \beta - \frac{g x^2}{2 v_0^2} (1 + \tan^2 \beta)$$

$$y = -\frac{g x^2 \tan^2 \beta}{2 v_0^2} + x \tan \beta - \frac{g x^2}{2 v_0^2}$$



Смп 1 из 13

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. Номера QR-кода недопустимы!

Исследуем функцию $y(tg\beta)$:

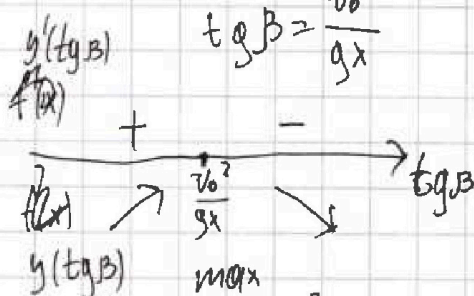
$$y'(tg\beta) = -2 \cdot \frac{gx^2 tg\beta}{2v_0^2} + x$$

$$y'(tg\beta) = 0$$

$$\frac{gx^2 tg\beta}{v_0^2} = x$$

$$tg\beta = \frac{v_0^2}{gx}$$

Решение



Значит, при $tg\beta = \frac{v_0^2}{gx}$ $y(tg\beta)$ — максимум.

Тогда:

$$H = -\frac{gx^2 \cdot \frac{v_0^4}{g^2 x^2}}{2v_0^2} + \frac{v_0^2}{gx} - \frac{gs^2}{2v_0^2}$$

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

$$H = -\frac{v_0^2}{2g} + \frac{v_0^2}{g} - \frac{gs^2}{2v_0^2}$$

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

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

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

$$S = \frac{10\sqrt{2}}{\sqrt{10}} \cdot \sqrt{\frac{200}{10} - 2 \cdot 3,6} \text{ м} = \sqrt{20} \cdot \sqrt{12,8} \text{ м} = \sqrt{2 \cdot 128} \text{ м} = 16 \text{ м}$$

Ответ: 1) $10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{2}$; 2) 16 м

стр. 2 из 23

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!



$\sin \alpha = 0,6$ $\varphi = 21^\circ$

$v_0 = 6 \frac{m}{c}$

$M = 0,5$

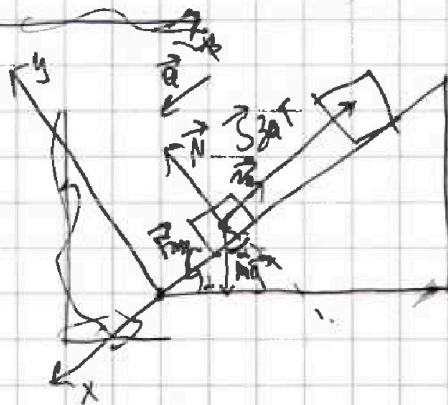
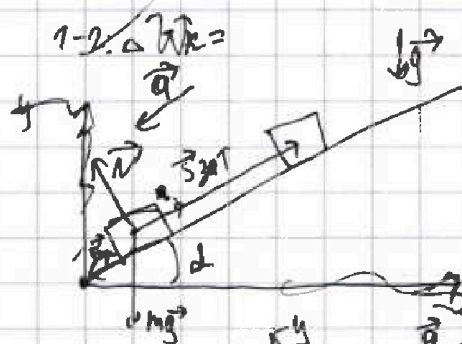
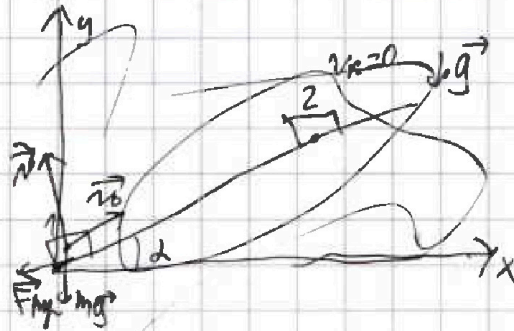
$\mu = 1 - \frac{m}{c}$

m - масса коробки

h - высота подвеса

L - длина маятника

коробочка - пуля



$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}_{mp} + \vec{N}$

y: $0 = N - mg \cos \alpha$

$N = mg \cos \alpha$

$F_{mp} = M \Delta v = M mg \cos \alpha$

x: $m\vec{a} = mg \sin \alpha + F_{mp} = mg \sin \alpha + M mg \cos \alpha$

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

$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$

$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - 0,36} = 0,8$

$\vec{s} = \vec{v}_0 t + \frac{a t^2}{2}$

x: $-S = -v_0 T + \frac{a T^2}{2}$

$S = v_0 T - \frac{g(\sin \alpha + M \cos \alpha) T^2}{2}$

$S = 6 \cdot 1m - \frac{9,8(0,6 + 0,9 \cdot 0,5) \cdot 1}{2} \mu = 1m$

стр. 13

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

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

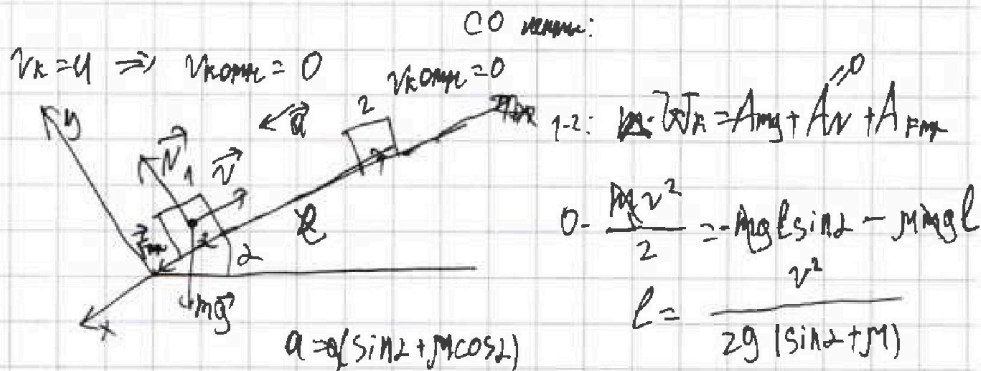
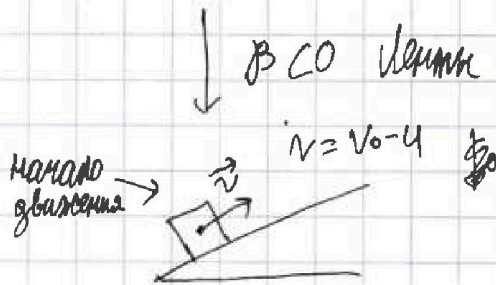


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$\vec{v}_{\text{абс}} = \vec{v}_{\text{отн}} + \vec{v}_{\text{пер}}$$

$$\vec{v}_{\text{отн}} = \vec{v}_{\text{абс}} - \vec{v}_{\text{пер}}$$



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

$\vec{s} = \vec{v}_0 t + \frac{at^2}{2}$

$x: -l = -vT_1 + \frac{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) T_1^2}{2}$

$$\frac{g T_1^2 (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{2} - (v_0 - u) T_1 + \frac{(v_0 - u)^2}{2g(\sin \alpha + \mu)} = 0$$

$$T_1 = \frac{(v_0 - u) \pm \sqrt{(v_0 - u)^2 - 2g(\sin \alpha + \mu) \frac{(v_0 - u)^2}{2g(\sin \alpha + \mu)}}}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

$$T_1 = \frac{25 \pm \sqrt{25 - \frac{25}{1.1}}}{10} \text{ c} = \frac{25 \pm 5\sqrt{1 - \frac{1}{1.1}}}{10} \text{ c} = \frac{5 \pm \sqrt{1 - \frac{1}{1.1}}}{2} \text{ c} = \frac{5\sqrt{1.1} \pm 1}{2\sqrt{1.1}} \text{ c} = \frac{5.5 \pm \sqrt{1.1}}{2.2} \text{ c}$$

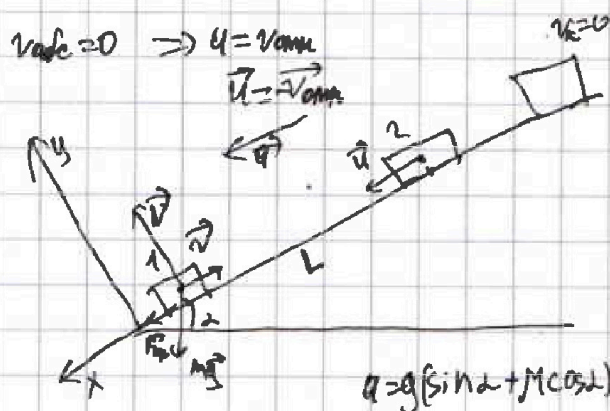
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$\vec{s} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}$$

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a} t$$

$$x: u = -v + g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) t$$

$$t = \frac{u + v}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} \rightarrow \frac{u + v_0}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

$$= \frac{v_0}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

$$x: -L = -v t + \frac{a t^2}{2}$$

$$L = v t - \frac{a t^2}{2}$$

$$L = (v_0 - u) \cdot \frac{v_0}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} - \frac{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \cdot v_0^2}{2 \cdot g^2 (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)^2}$$

$$= \frac{2v_0(v_0 - u) - v_0^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$$

$$L = \frac{2 \cdot 6 \cdot (6 - 1) - 36}{2 \cdot 10} \text{ м} = \frac{60 - 36}{20} \text{ м} = \frac{24 \text{ м}}{20} = 1,2 \text{ м}$$

Ответ: 1) ~~8~~ 1 м; 2) $\frac{55 \pm \sqrt{41}}{22}$ с 3) 1,2 м

Андрей 13/13

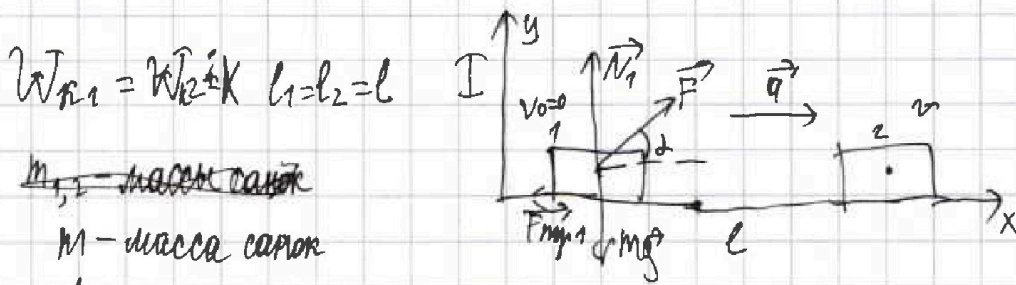
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$W_{K1} = W_{K2} \Rightarrow v_1 = v_2 = v$$

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

$$y: 0 = N_1 + F \sin \alpha - mg$$

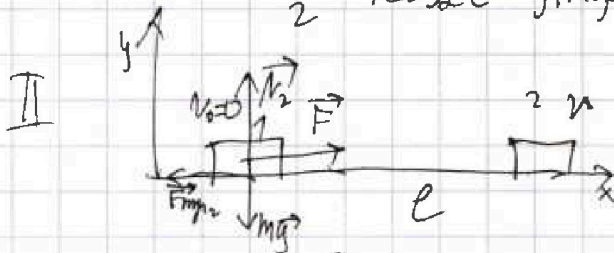
$$N_1 = -F \sin \alpha + mg$$

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

$$1-2: \Delta W_K = A_{mg} + A_{N_1} + A_{F_{mp1}} + A_F$$

$$\frac{mv^2}{2} = F \sin \alpha l$$

$$\frac{mv^2}{2} = F \cos \alpha l - Mmg l + M F \sin \alpha l \quad (1)$$



$$m\vec{a} = \vec{F} + \vec{F}_{mp2} + \vec{N}_2 + m\vec{g}$$

$$y: 0 = N_2 - mg$$

$$N_2 = mg$$

$$F_{mp2} = Mmg$$

$$1-2: \Delta W_K = A_{mg} + A_{N_2} + A_F + A_{F_{mp2}}$$

$$\frac{mv^2}{2} = F \cos \alpha l - Mmg l \quad (2)$$

$$(1) = (2): F \cos \alpha l - Mmg l + M F \sin \alpha l = F l - Mmg l$$

$$F = \frac{Mmg}{1 - \cos \alpha + M \sin \alpha}$$

$$F \cos \alpha + M F \sin \alpha = F$$

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

срок 5 мая 15

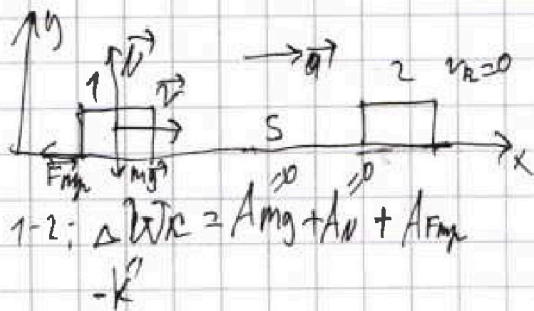
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$\begin{aligned} m\vec{a} &= \vec{N} + \vec{F}_{fr} + m\vec{g} \\ y: 0 &= N - mg \\ F_{fr} &= MN = \mu Mg \end{aligned}$$

$$\mu K = \mu Mg S$$

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

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

стр 7 из 13

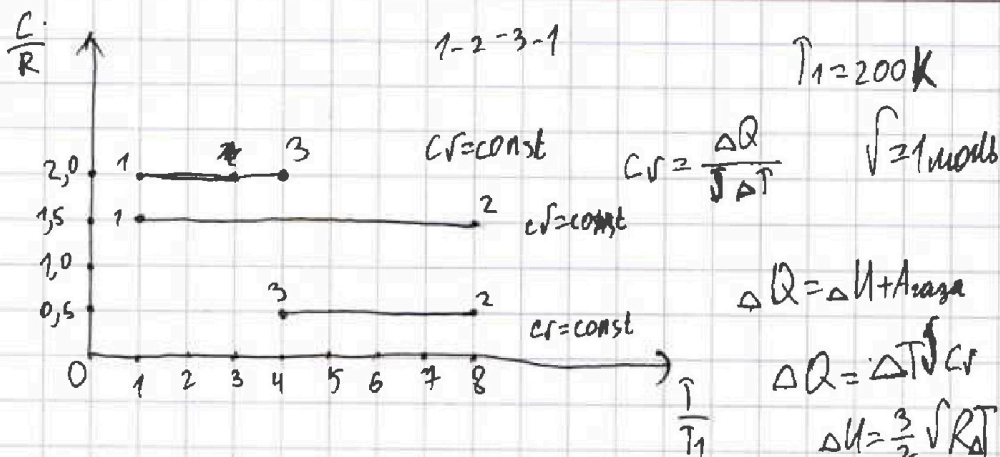
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$\Delta Q_{31} = -(T_3 - T_1) \int C_{V1}$$

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} (T_3 - T_1) R \sqrt$$

$$C_{V1} = 2R$$

$$C_{V2} = 1.5R$$

$$C_{V3} = 0.5R$$

$$T_3 = 4T_1$$

$$T_2 = 8T_1$$

$$A_{31} = (\Delta Q_{31} - \Delta U_{31}) = (T_3 - T_1) \int C_{V1} - \frac{3}{2} (T_3 - T_1) R \sqrt$$

$$A_{31} = (4T_1 - T_1) \cdot \int \cdot 2R - \frac{3}{2} (4T_1 - T_1) R \sqrt = 3T_1 \cdot \int \cdot R \cdot (2 - \frac{3}{2}) = 1.5T_1 \sqrt R$$

$$A_{31} = 1.5 \cdot 200 \cdot 1 \cdot 8.31 \text{ Дж} = 831 \cdot 3 \text{ Дж} = 2493 \text{ Дж}$$

$$\eta = 1 - \frac{|Q_{out}|}{|Q_{in}|}$$

$$|Q_{out}| = |Q_{31}| + |Q_{23}| = |(T_1 - T_3) \int C_{V1}| + |(T_3 - T_2) \int C_{V2}|$$

$$Q_{in} = Q_{12} = (T_2 - T_1) \int C_{V2}$$

$$\eta = 1 - \frac{(T_3 - T_1) \int C_{V1} + (T_3 - T_2) \int C_{V2}}{(T_2 - T_1) \int C_{V2}}$$

$$= 1 - \frac{(4T_1 - T_1) \cdot 2R + (8T_1 - 4T_1) \cdot 0.5R}{(8T_1 - T_1) \cdot 1.5R} = 1 - \frac{6 + 2}{4 \cdot 1.5} = 1 - \frac{8}{10.5} = \frac{2.5}{10.5} = \frac{25}{105} = \frac{5}{21}$$

$$\eta = \frac{5}{21}$$

см. 8 из 13

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!



$$p_1 V_1 = \sqrt{RT_1}$$

$$p_2 V_2 = \sqrt{RT_2}$$

$$p_3 V_3 = \sqrt{RT_3}$$

$$A_{31} = -1,5 \sqrt{RT_1}$$

$$A_{12} = (T_2 - T_1) \sqrt{c_{20}} - \frac{3}{2} \sqrt{R} \cdot (T_2 - T_1) = 0$$

$$= 4,5 \sqrt{RT_1} - \frac{3}{2} \sqrt{R} \cdot 4T_1 = \frac{21}{2} \sqrt{RT_1}$$

$$c_V = \frac{\Delta Q}{\Delta T \sqrt{R}}$$

$$c = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = c_V \sqrt{R}$$

$$\Delta T \left(\frac{pV - p_0 V_0}{\sqrt{R}} \right) = \frac{pV - p_0 V_0}{\sqrt{R}}$$

$$A_{23} = (T_3 - T_2) \sqrt{c_{30}} - \frac{3}{2} (T_3 - T_2) \sqrt{R} = 0$$

$$= (4T_1 - 8T_1) \cdot \sqrt{0,5R} - \frac{3}{2} (4T_1 - 8T_1) \sqrt{R} =$$

$$= 4 \sqrt{RT_1}$$

$$\Delta Q = \Delta U + A = \frac{3}{2} \sqrt{RT} + A$$

$$c = c_V \sqrt{R} = \frac{\frac{3}{2} \sqrt{RT} + A}{\Delta T} = \frac{3}{2} \sqrt{R} + \frac{A}{\Delta T} = \text{const}$$

$$\frac{A}{\Delta T} = c_V \sqrt{R} - \frac{3}{2} \sqrt{R}$$

$$A = (c_V \sqrt{R} - \frac{3}{2} \sqrt{R}) \Delta T = \sqrt{R} (c_V - \frac{3}{2} R)$$

$$A = \sqrt{R} \cdot \frac{pV - p_0 V_0}{\sqrt{R}} \cdot (c_V - \frac{3}{2} R)$$

$$V_1 = V_2$$

$$\frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

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

$$A_{23} = \frac{p_3 V_3 - p_2 V_2}{R} \cdot \left(\frac{1}{2} R - \frac{3}{2} R \right) = \frac{p_2 V_2 - p_3 V_3}{R} \cdot R = p_2 V_2 - p_3 V_3 = 4 \sqrt{RT_1}$$

$$A_{31} = -1,5 \sqrt{RT_1} = \frac{-p_3 V_3 + p_1 V_1}{R} \cdot \left(2R - \frac{3}{2} R \right)$$

$$p_2 V_2 = 8 p_1 \cdot V_1 = 8 \cdot \sqrt{RT_1}$$

$$p_3 V_3 = 4 \sqrt{RT_1} = 4 p_1 V_1$$

$$A_{23} = \int_{V_2}^{V_3} p(V) dV = 4 \sqrt{RT_1}$$

$$p = \frac{\sqrt{RT}}{V}$$

$$p(V) = \frac{\sqrt{RT}}{V}$$

смысл V3 13

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

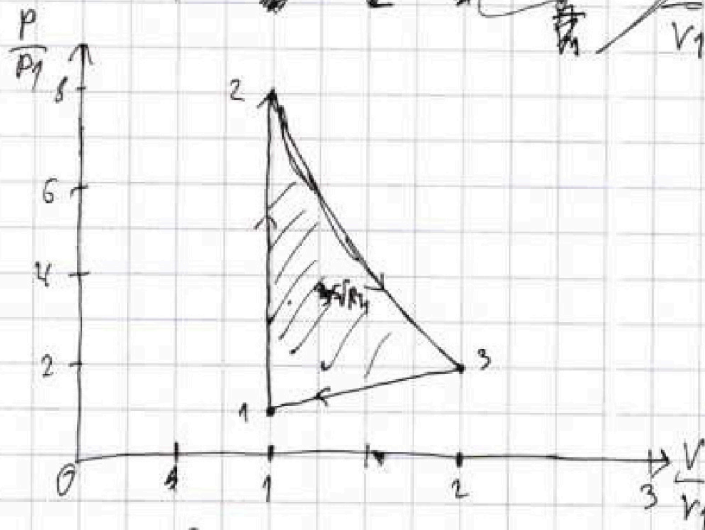
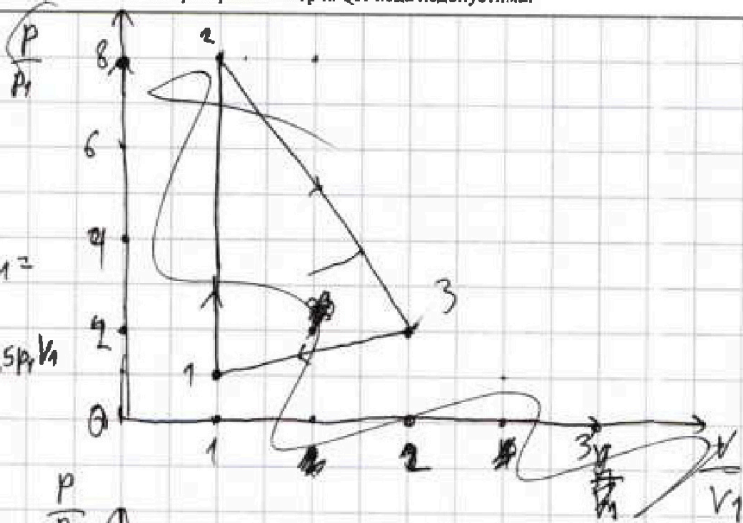
МФТИ

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



v_3
 $f(v) = 4v$

$A_{за цикл} = A_{12} + A_{23} + A_{31} =$
 $= 2,5 \sqrt{RT_1} = 2,5 p_1 v_1$



Ответ: $A_{31} = 2433 \text{ Дж}$; $\eta = \frac{5}{21}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

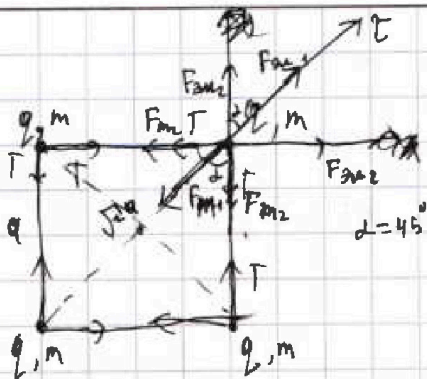
Отметьте крестиком номер задачи,

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!



$$m\vec{a} = \vec{F}_{qm1} + \vec{F}_{qm2} + \vec{T} + \vec{T} + \vec{F}_{qm3} + \vec{F}_{qm4} + \vec{F}_{zz1} + \vec{F}_{zz2}$$

$$z: 0 = \frac{kq^2}{2a^2} - \frac{qm^2}{2a^2} + 2 \cdot \frac{kq^2}{a^2} \cdot \cos 45^\circ -$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} - 2 \cdot \frac{qm^2}{a^2} \cdot \cos 45^\circ - 2T \cos 45^\circ$$

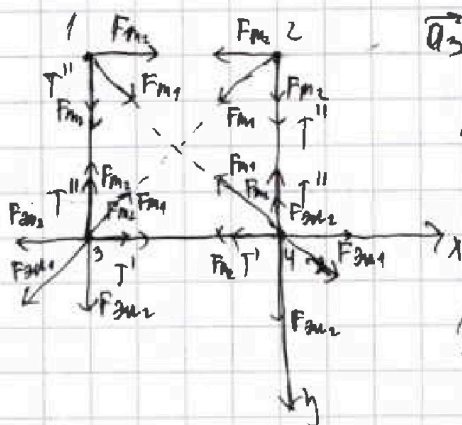
$$\frac{kq^2}{2a^2} + \frac{\sqrt{2}}{a^2} kq^2 = \frac{qm^2}{2a^2} + \frac{\sqrt{2}qm^2}{a^2} + \sqrt{2}T$$

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

$$|q| = \sqrt{\frac{qm^2(1+2\sqrt{2}) + 2\sqrt{2}a^2T}{(1+2\sqrt{2})k}}$$

$$|q| = \sqrt{\frac{4\pi\epsilon_0(qm^2(1+2\sqrt{2}) + 2\sqrt{2}a^2T)}{1+2\sqrt{2}}}$$

После разрыва нити:

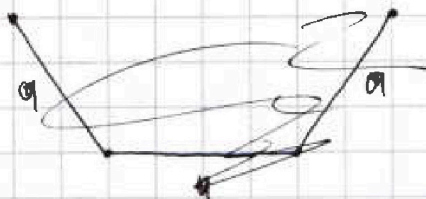


$\vec{a}_3 = \vec{a}_4$, т.к. нити переставлены

$\sum F_{g3x} = \sum F_{g4x} \Rightarrow$ по оси x шарик 3 и 4 не движется

$\rightarrow x: 0 \Rightarrow$ значения $T' = T$

Треугольники подобны





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

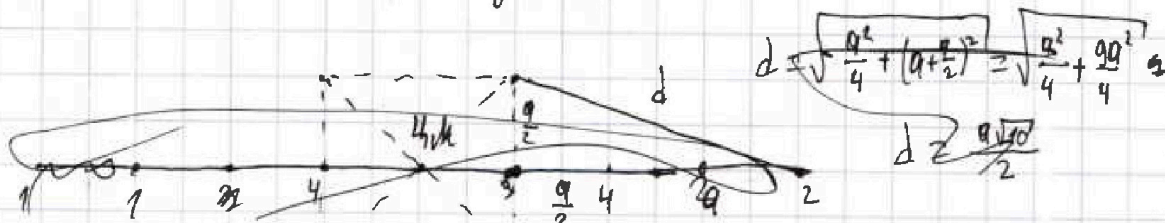
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Система тел 1, 2, 3, 4:

$\Delta \vec{p} = \vec{F}_{\text{внеш}} \Delta t$ - значит центр масс системы покоится

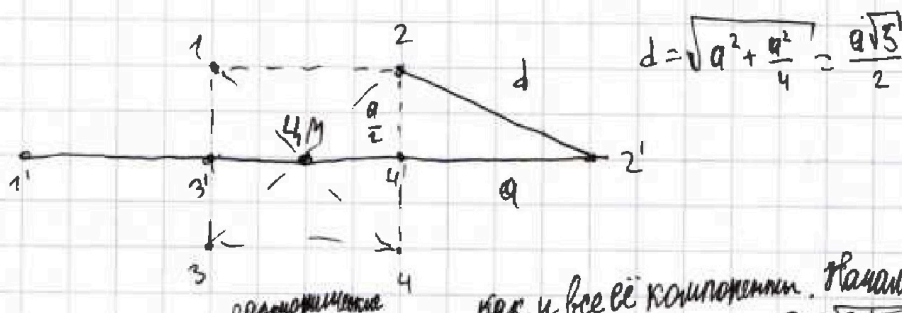
~~Итак~~ В начальный момент центр масс в центре

квадрата, ~~значит~~ когда ~~все~~ все шарик будут на одной прямой, он останется там же. Тогда:



$$d = \sqrt{\frac{a^2}{4} + \left(a + \frac{a}{2}\right)^2} = \sqrt{\frac{a^2}{4} + \frac{9a^2}{4}}$$

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



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

как и все ее компоненты. Начальное положение

Система совершает автоматический переворот

$\omega = \frac{v}{r}$ соответствует крайнему

$\omega x + \omega x = 0$

$\omega x + \omega x = 0$

$\omega x + \omega x = 0$

$x_m = \frac{a}{2} \cdot \frac{1}{2}$

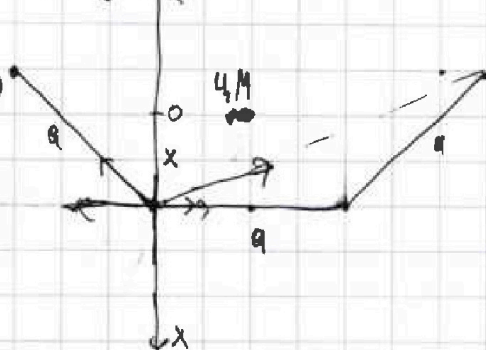
$x = x_m \cos \omega t$

$v_x = -x_m \omega \sin \omega t$

$k = \frac{m \omega^2}{2}$

$v = -x_m \omega$

Пронзвращный момент времени:



стр 12 из 13

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

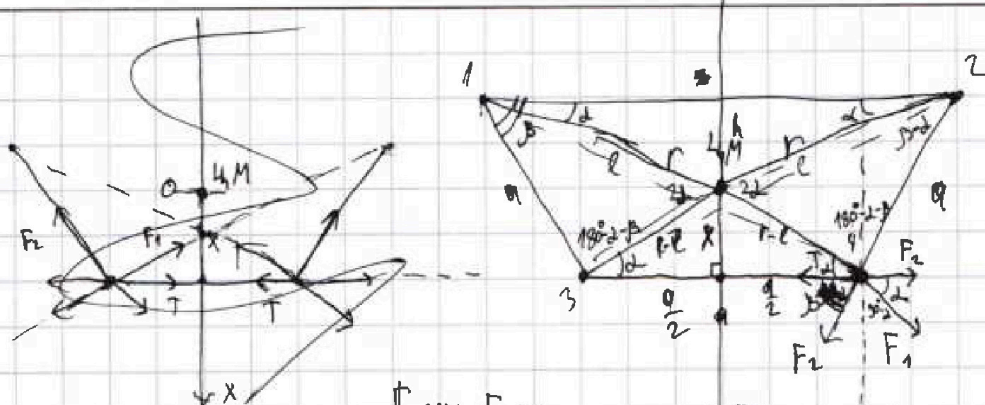
Отметьте крестиком номер задачи,

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. Порука QR-кода недопустима!



$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{r}{\sin \beta}$$

$$a_x = \frac{F_1 \sin \alpha + F_2 \sin \beta}{m}$$

$$F_1 = \frac{kq^2}{r^2} - \frac{Gm^2}{r^2}$$

$$F_2 = \frac{kq^2}{a^2} - \frac{Gm^2}{a^2}$$

$$\tan \alpha = \frac{2x}{a}$$

$$a_x = \frac{\left(\frac{\sin^2 \alpha}{r^2} + \frac{\sin^2 \beta}{a^2} \right) \cdot (kq^2 - Gm^2)}{m} = \frac{\left(\frac{\sin^2 \alpha}{a^2 \sin^2 \beta} + \frac{\sin^2 \beta}{a^2} \right) (kq^2 - Gm^2)}{m}$$

$$= \frac{(\sin^2 \alpha + \sin^2 \beta) (kq^2 - Gm^2)}{m a^2 \sin^2 \beta}$$

$$\frac{l}{r-l} = \frac{h}{x}$$

$$h = \frac{l}{r-l} x$$

$$x+h = \left(\frac{l}{r-l} + 1 \right) x$$

$$x \approx h$$

$$\frac{(x+h) a}{2} \approx \frac{1}{2}$$

$$\beta \approx 180^\circ - \alpha - \beta$$

смп 13 13



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!