

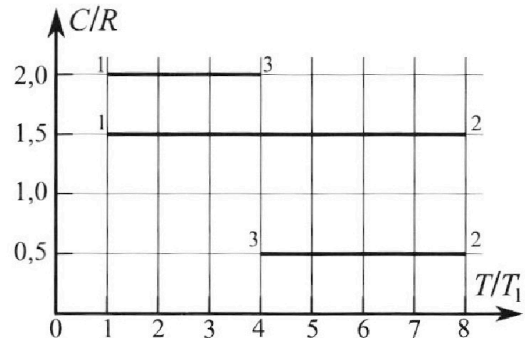
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-02

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



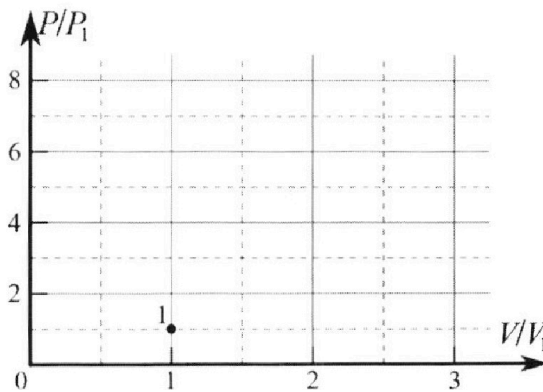
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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

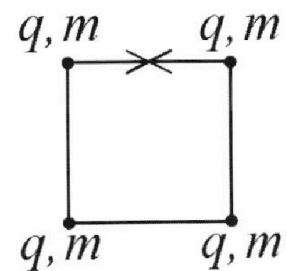
1) Найдите абсолютную величину $|q|$ заряда каждого шарика.

Одну нить пережигают.

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

3) На каком 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.

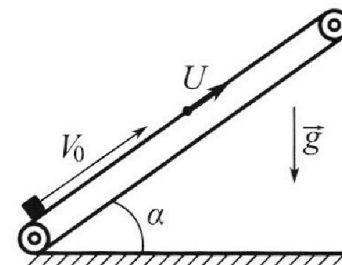
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

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.).

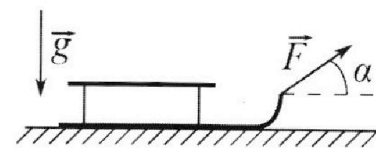
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

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:

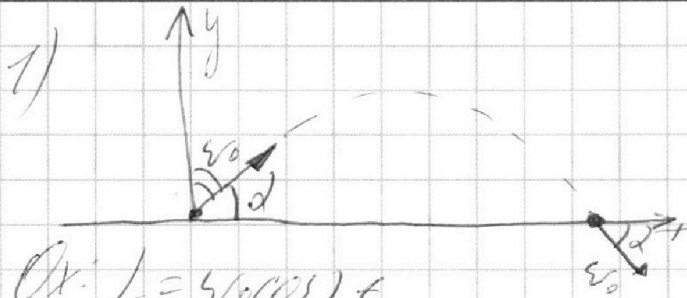
- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



$\alpha = 45^\circ$
 $L = 20 \text{ м}$
 1) $V_0 = ?$
 2) $H = 3,6 \text{ м}$
 $S = ?$



$Ox: L = v_0 \cos \alpha \cdot t$

$Oy: v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} = 0$

$v_0 \sin \alpha = \frac{gt}{2} \quad | \quad \sin \alpha = \cos \alpha = \frac{\sqrt{2}}{2}$

$t = \frac{L}{v_0 \cos \alpha}$

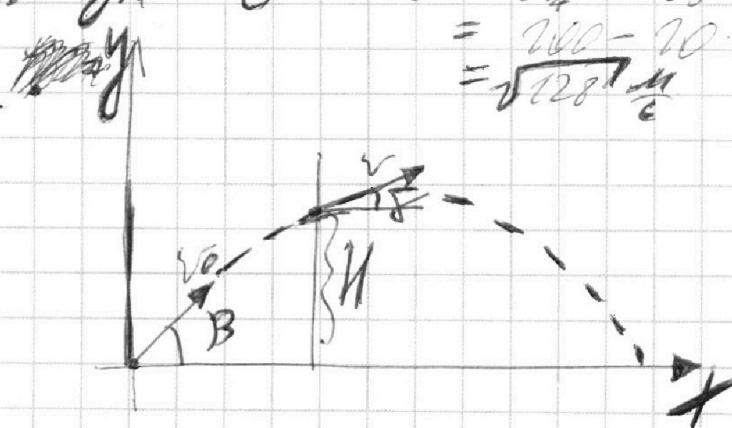
$v_0 \cos \alpha = \frac{g \cdot L}{2 \cdot v_0 \cos \alpha}$

$v_0^2 \cos^2 \alpha = \frac{gL}{2} \quad , \quad v_0^2 = \frac{gL}{2 \cos^2 \alpha}$

$v_0 = \sqrt{\frac{200}{2 \cdot \frac{1}{2}}} = \sqrt{200} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

2) $-2gH = v^2 - v_0^2; \quad v_{\text{гор}}^2 = v_0^2 - 2gH$
 $= 200 - 20 \cdot 3,6 = 200 - 72$
 $= \sqrt{128} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$\frac{200}{72}$
 $\frac{128}{72}$



Ответ: 1) $\sqrt{200} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

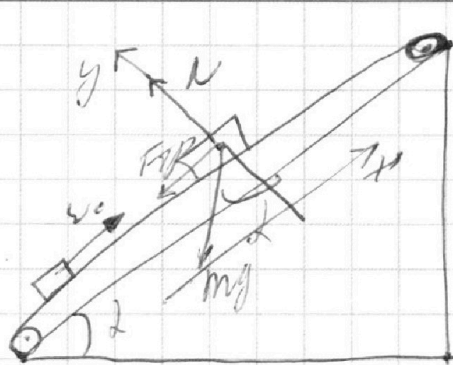
1 2 3 4 5 6 7



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



2) $\sin \alpha = 0,6$
 $\cos \alpha = 0,8$
 $v_0 = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $u = 0,5$
 $L = 4 \text{ м}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 1) $S = ?$
 2) $T_1 = ?$
 3) $L = ?$



1) 2 м
 $O_y: N - mg \cos \alpha = 0$
 $N = mg \cos \alpha$
 $O_x: F_{tr} + mg \sin \alpha = 11 \text{ Н}$
 $2 \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha = 11 \text{ Н}$
 $0,5 \cdot 0,8g + g \cdot 0,6 = a$

$a = g$

$O_x: S = v_0 T - \frac{g T^2}{2} = 6 \cdot 1 - 5 \cdot 1 = 1 \text{ м}$

2) Переводим в СИ (м/с, м).

$v_0 = v_{\text{мш}} + u$, $v_{\text{мш}0} = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ - скорость коробки относительно земли в начальный момент.
 $v_{\text{мш}} = 0$ - скорость коробки относительно земли в конце.

$0 = v_{\text{мш}0} - g T_1$; $v_{\text{мш}0} = g T_1$; $T_1 = \frac{v_0}{g} = 0,5 \text{ с}$

3) $m A_{\text{сп}} = E_2 - E_1$; $A_{\text{сп}} = \mu mg \cos \alpha L = mg L - \frac{m v_0^2}{2}$; $2 \mu g \cos \alpha L = 2g L - v_0^2$

$2 \mu g \cos \alpha L = 2g L \sin \alpha - v_0^2$

$2 \mu g L \sin \alpha - 2 \mu g \cos \alpha L = v_0^2$

$2g L (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = v_0^2$

$L = \frac{v_0^2}{2g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)} = \frac{36}{20(0,6 - 0,4)} = \frac{36}{20 \cdot 0,2}$

$= \frac{36}{4} = 9 \text{ м}$. Ответ: а) 1 м
 б) 0,5 с.
 в) 9 м.

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1
 2
 3
 4
 5
 6
 7

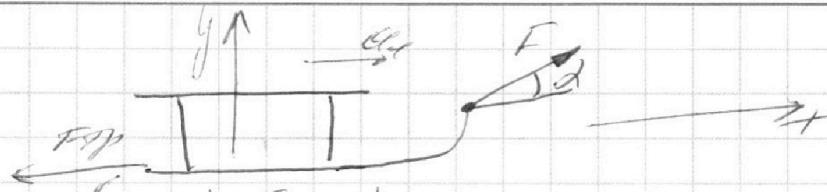


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



3) K, d

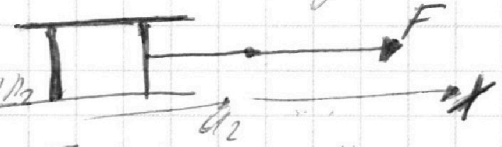
- 1) $\mu = ?$
- 2) $s = ?$



$Ox: F \cos \alpha - F_{fp} = m a_1$
 $Oy: F \sin \alpha + N - mg = 0$

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

2).



$Ox: F - F_{fp} = m a_2$
 $Oy: N = mg, F_{fp} = \mu mg$

$3UW: A_F + A_{Fp} = E_2 - E_1 = K$

$A_F = F \cdot s \cos \alpha; A_{Fp} = -\mu mg \cdot s$
 $F \cdot s \cos \alpha - \mu mg \cdot s = K$

$3UW: A_{Np} + A_F = K, -\mu (mg - F \sin \alpha) s = A_{Fp}$
 $A_F = F \cdot s \cos \alpha$ $A_{Fp} = -\mu (mg - F \sin \alpha) s = K$
 $F \cdot s \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha) s = F \cdot s - \mu mg \cdot s$
 $F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha = F - \mu mg$
 $\cos \alpha + \mu \sin \alpha = 1$
 $\mu \sin \alpha = 1 - \cos \alpha$

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

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

$3) A_{kin} = E_2 - E_1, A_{Np} = 0 - K$

$F \cdot s_1 - \mu mg \cdot s_1 = -K$ $F \cdot s_1 + \mu mg \cdot s_1 = K$

$K = \frac{m v^2}{2}, v^2 = \frac{2K}{m}$ $A_{kin} = \frac{1}{2} m v^2 = K$
 $2) s = s_1 = \frac{K}{\frac{(1 - \cos \alpha)}{\sin \alpha} mg}$ $s_1 = \frac{K}{\mu mg} = \frac{K}{\frac{(1 - \cos \alpha)}{\sin \alpha} mg}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1
 2
 3
 4
 5
 6
 7



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



1) $T_1 = 200 \text{ К}$
 $\epsilon = 3$

1) $A_{31} = ?$
 2) $\eta = ?$
 3) $\Gamma_{\text{цикл.}}$

Процесс 1-2 - изохорный ($\epsilon V = \text{const}$)
 $= \frac{3}{2} R$; процесс 2-3 - изобарный
 ($p = \text{const}$)

1) $p_1 V_1 = \nu R T_1$
 2) $p_2 V_1 = \nu R T_2$
 3) $\mu^2 p_1 V_1 = \nu R T_3$
 $\mu^2 p_1 V_1 = \nu R T_1$
 $\Rightarrow \mu = 2$

$\frac{T_2}{T_1} = 1$
 $\frac{T_2}{T_1} = 8$
 $T_2 = 8 T_1$
 $\frac{T_3}{T_1} = 4$
 $T_3 = 4 T_1$

$$A_{31} = -\frac{1}{2}(p_1 + \mu p_1)(\mu V_1 - V_1) = -\frac{1}{2}(\mu p_1 V_1 - p_1 V_1 + \mu^2 p_1 V_1 - \mu p_1 V_1) = -\frac{1}{2}(\mu^2 p_1 V_1 - p_1 V_1) = -\frac{1}{2}(\nu R T_3 - \nu R T_1)$$

$$A_{31} = -\frac{1}{2} \nu R T_1 = -\frac{3}{2} \nu R T_1 = \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 200 = 2500 \text{ Дж}$$

2) Процесс 2-3: $\Delta Q_{23} = \epsilon \Delta p V = \frac{1}{2} \mu R \nu (-4 T_1) = -2 \nu R T_1$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (-4 T_1) = -6 \nu R T_1$$

$$Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} \Rightarrow A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = -2 \nu R T_1 + 6 \nu R T_1 = 4 \nu R T_1$$

$$A_{\Sigma} = A_{31} + A_{23} = 4 \nu R T_1 - \frac{3}{2} \nu R T_1 = \frac{5}{2} \nu R T_1$$

$$\eta = \frac{A_{\Sigma}}{Q_{12}} = \frac{\frac{5}{2} \nu R T_1}{\frac{3}{2} \nu R T_1} = \frac{5}{3}, \quad Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R T_1$$

$$\eta = \frac{\frac{5}{2} \nu R T_1}{\frac{3}{2} \nu R T_1} = \frac{5}{3} \quad \text{②}$$

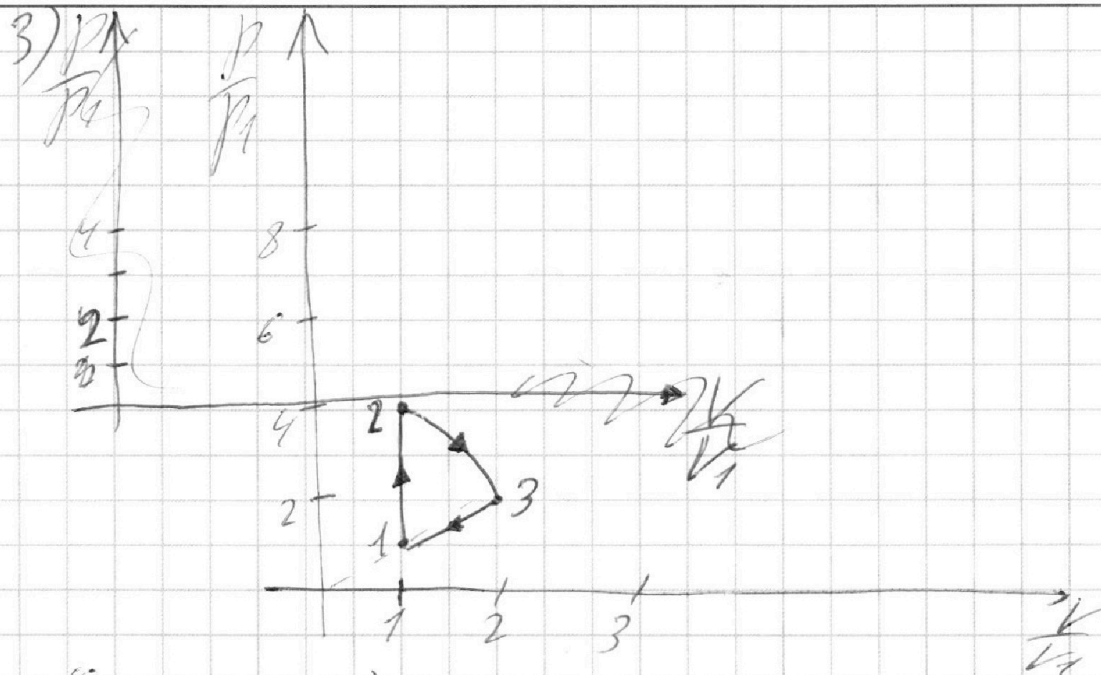
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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 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!



См. рис. 1) $\frac{3}{2} \sqrt{2} \text{ м} = 2,5 \text{ м}$

2) $\frac{5}{21}$

3) См. рисунок.

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

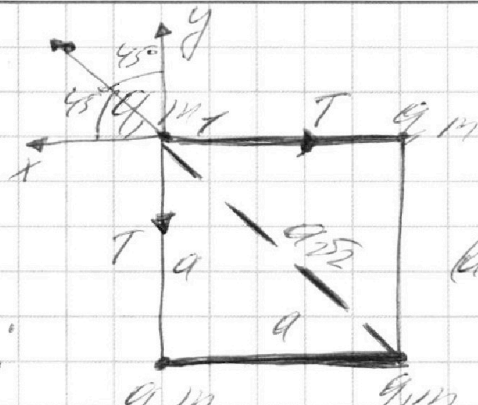
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

5). Т, а

1) q = ?

2) k = ?

1) Рассч. т-б-б шарик:



$$E = \frac{E_2}{q}$$

$$E = \frac{kq^2}{2a^2}$$

$$(a\sqrt{2})^2 = 2a^2$$

$$E_2 = \frac{kq^2}{a^2}$$

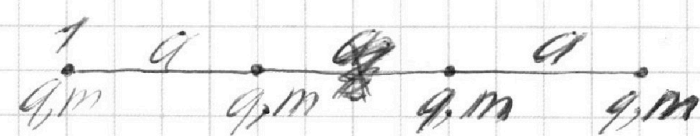
$$O_y: \frac{kq^2}{2a^2} \cdot \cos 45^\circ + \frac{kq^2}{a^2} = T$$

$$\frac{kq^2}{2a^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{kq^2}{a^2} = T; \frac{kq^2}{a^2} \left(\frac{\sqrt{2}}{4} + 1 \right) = T$$

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

2).

Рассч. шарик 1.



Энергия шарика: $q = \sqrt{\frac{a^2 T}{k \left(\frac{\sqrt{2}}{4} + 1 \right)}}$

в начале: $W_1 = \frac{4kq^2}{a} + \frac{2kq^2}{a\sqrt{2}}$

в конце: $W_2 = \frac{3kq^2}{a} + \frac{2kq^2}{2a} + \frac{kq^2}{3a}$

$$E_2 = W_2 + E_k = \frac{3kq^2}{a} + \frac{2kq^2}{2a} + \frac{kq^2}{3a} + \frac{3mv^2}{2} (3k)$$

3C? $W_1 = W_2 + E_k$
 $\frac{4kq^2}{a} + \frac{2kq^2}{a\sqrt{2}} = \frac{3kq^2}{a} + \frac{2kq^2}{2a} + \frac{kq^2}{3a} + 3k$

$$k = \frac{4kq^2}{a} + \frac{2kq^2}{a\sqrt{2}} - \frac{3kq^2}{a} - \frac{kq^2}{2a} - \frac{kq^2}{3a}$$

$$(2) k = \frac{2kq^2}{a\sqrt{2}} - \frac{kq^2}{3a} \quad 3$$

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!

$\sin \alpha = 0,6$
 $v_0 = 6 \frac{m}{c}$
 $\mu = 0,5$
 $T = 1 \text{ сек}$
 $s = ?$



$Oy: N - mg \cos \alpha = 0$
 $N = mg \cos \alpha$
 $Ox: F_{tr} + mg \sin \alpha = ma$
 $\mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha = ma$

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

$0,5g \cdot 0,8 + g \cdot 0,6$

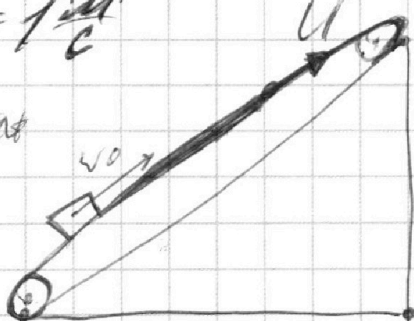
$0,4g + 0,6g = a, a = g$

$Ox: s = v_0 T - \frac{gT^2}{2}$

$s = 6 \cdot 1 - 5 \cdot 1 = 1 \text{ м}$



красная



$v_0 = v_{0 \text{ нл}} + u$

$v_{0 \text{ нл}} = 5 \frac{m}{c}$ - скорость
 корабля относительно
 Земли

В воде $v_{0 \text{ нл}} = 0 \frac{m}{c}$
 ускорение корабля g
 направление u

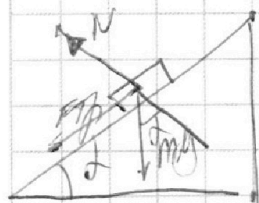
Земли

$0 = v_{0 \text{ нл}0} - gT$

$1 = 5 - 10T$

$10T = 4$

$T = 0,4 \text{ сек}$



$N - mg \cos \alpha = 0$

$Ox: F_{tr} + mg \sin \alpha = ma$

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

$0,5 \cdot 0,8g + 1 \cdot 0,6g = a$

$v_{0 \text{ нл}} = gT, 10T = v_{0 \text{ нл}}$

$T = \frac{4}{10} = 0,4 \text{ сек}$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

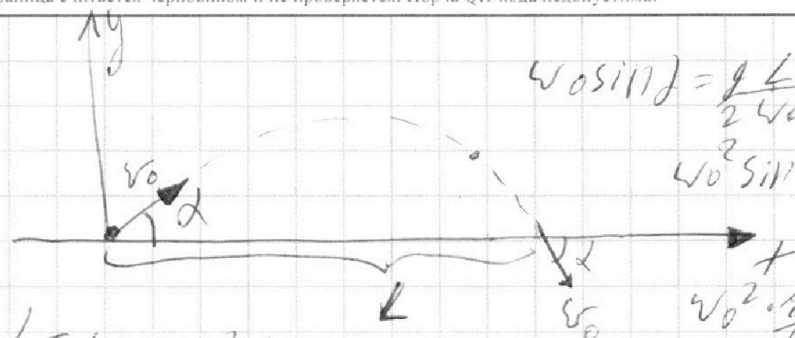
- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



1) $\alpha = 45^\circ$
 $L = 20 \text{ м}$
 1) $v_0 = ?$
 $H = 3,6 \text{ м}$
 2) $v^2 = ?$



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

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

$$v_0^2 \cdot \frac{L}{4} = \frac{10 \cdot 20}{2}$$

Ox: $L = v_0 \cos \alpha t$
 Oy: $0 = v_0 \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2}$, $v_0 \sin \alpha t = \frac{g t^2}{2} = \sqrt{200} t$

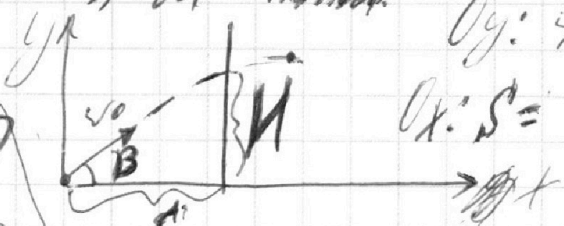
$\cos \alpha = \sin \alpha = \frac{\sqrt{2}}{2}$, $t = \frac{L}{v_0 \cos \alpha}$, $v_0 \sin \alpha = \frac{g t}{2}$
 $\frac{v_0 \sin \alpha}{\frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{g L}{2 v_0 \sin \alpha}$, $v_0^2 \sin^2 \alpha = \frac{g L}{2}$

$\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^2 = \frac{2}{4}$, $v_0^2 \cdot 2 = \frac{g L}{2}$
 $0 = v_0 \sin \alpha - \frac{g t}{2}$, $v_0^2 = \frac{g g L}{4} = \sqrt{g L} = \sqrt{10 \cdot 20} = \sqrt{200} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

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

$\sqrt{200} \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $= \frac{200 \cdot 4}{2 \cdot 2} = \sqrt{200} \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $v_0^2 = \frac{g L}{2 \sin^2 \alpha}$

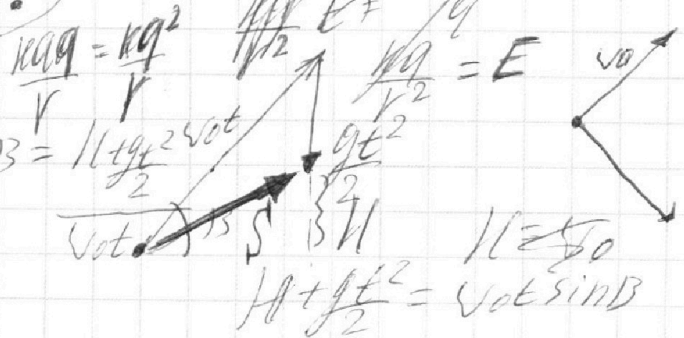
2) $H = 3,6 \text{ м} = H_{\text{max}}$



Oy: $H = v_0 \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2}$

Ox: $S = v_0 \cos \alpha t$, $t = \frac{S}{v_0 \cos \alpha}$, $v_y = v_0 \sin \alpha - g t$

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



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

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

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

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

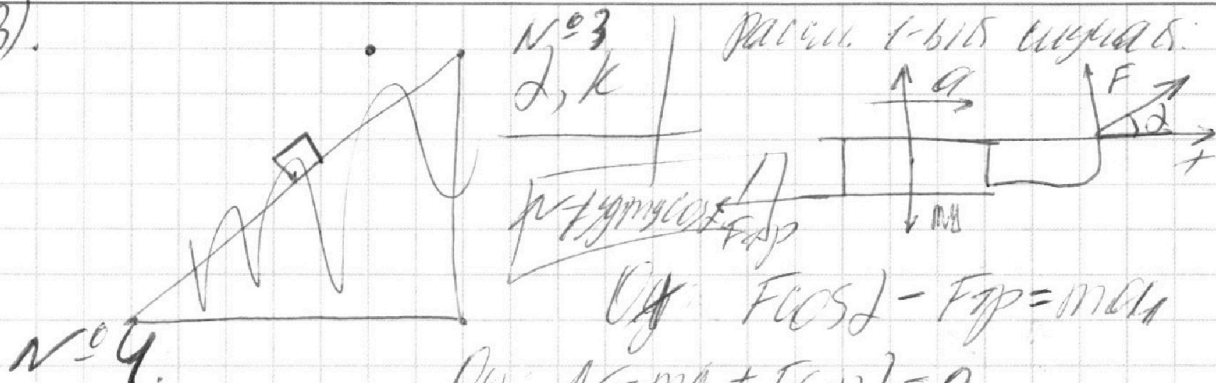
- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



3).



№3 расчи. 1-ый шаг: $F \cos \alpha - F_{fr} = ma$

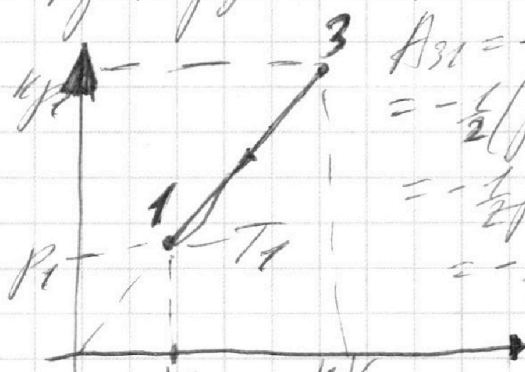
№4 расчи. 2-ый шаг: $N - mg + F \sin \alpha = 0$

$N = mg - F \sin \alpha$ (M) УЗВЕСИМО.

1) $T_1 = 20Rk$
 $i = 3; j = 1$ шаг

расчи. процесс 3-1.
 $C = 2R \Rightarrow$ это процесс излучения $P(V)$

1) $A_{31} = ?$
 б.м.и.и.



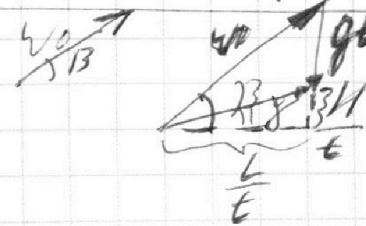
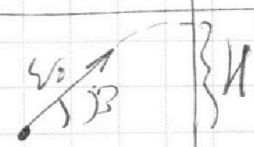
$A_{31} = -S_{ip}$
 $= -\frac{1}{2} (p_1 + p_3) (kV_1 - V_1)$
 $= -\frac{1}{2} p_1 (k+1)$
 $= -\frac{1}{2} p_1 V_1 (k+1) / (k-1)$
 $= -\frac{1}{2} k p_1 V_1$

$= -\frac{1}{2} (k p_1 V_1 - p_1 V_1 + k^2 p_1 V_1 - k p_1 V_1) = -\frac{1}{2} (k^2 p_1 V_1 - p_1 V_1)$

$k^2 p_1 V_1 = 2RT_3, p_1 V_1 = 2RT_1$
 $T_3 = 4T_1$ из 2-го закона.
 $k^2 p_1 V_1 = 4 \cdot 2RT_1$

$A_{31} = -\frac{1}{2} (4 \cdot 2RT_1 - 2RT_1) = -\frac{1}{2} (2 \cdot 2RT_1) = -\frac{3}{2} 2RT_1$

$A_{bram} = -A_{31} = \frac{3}{2} 2RT_1$ (1)



$\sin \gamma = \frac{11}{E \cdot v}$
 $\sin \beta =$

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

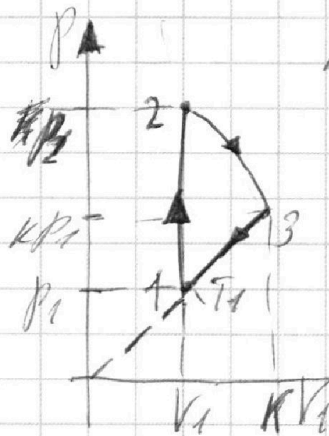
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 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!

Процессы 1-2 - изобарный изотермический ($\nu = \frac{1}{2} R = \frac{3}{2} R$)
 $\mu = \nu = 2$ 3-4 - процесс свободной протермической кривой.



1) $p_2 V_2 = \nu R T_2$

2) $p_2 V_1 = \nu R T_2$; $\frac{T_1}{T_2} = 1$, $\frac{T_2}{T_1} = 8$

$p_2 V_1 = 8 \nu R T_1$

3) $\mu^2 p_1 V_1 = \nu R T_3$

$\boxed{T_2 = 8 T_1}$

$\frac{T_1}{T_1} = 1$
 $\frac{T_3}{T_1} = 4$
 $\frac{T_2}{T_1} = 8$

$\mu = \frac{A_{23}}{\Delta H}$

$\mu^2 p_1 V_1 = 4 \nu R T_1$
 $\mu^2 = 4$; $\mu = 2$

$p_2 V_1 = 8 \nu R T_1$

$p_1 V_1 = \nu R T_1$

$\frac{p_2}{p_1} = 8$ ($p_2 = 8 p_1$)

$A_{31} = -\frac{1}{2} (p_1 + p_2) (\mu V_1 - V_1) = -\frac{1}{2} (\mu R T_1 - \nu R T_1) = -\frac{1}{2} (\mu^2 p_1 V_1 - p_1 V_1)$
 $= -\frac{1}{2} (\nu R 4 T_1 - \nu R T_1) = -\frac{3}{2} \nu R T_1$

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

Процесс 2-3: $Q_{23} = C \nu \Delta T = \frac{1}{2} R \cdot \nu \cdot (-4 T_1)$

$\Delta T = T_3 - T_2 = 4 T_1 - 8 T_1 = -4 T_1$

$Q_{23} = -2 \nu R T_1$

$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (-4 T_1) = -6 \nu R T_1$

$Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23}$; $A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = -2 \nu R T_1 - (-6 \nu R T_1)$

$A_{23} = 4 \nu R T_1$

$Q_{31} = A_{31} + \Delta U_{31}$

$\Delta U_{31} < 0$

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

$p_3 = 2 p_1$

$\mu p_2 = 8 p_1$

$Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (8 T_1 - T_1) = \frac{3}{2} \cdot 2 \nu R T_1 = 3 \nu R T_1$

$\mu = \frac{3 \nu R T_1}{\frac{5}{2} \nu R T_1} = \frac{3}{2.5} = \frac{6}{5}$

$0.5 \cdot 8 = 4$