

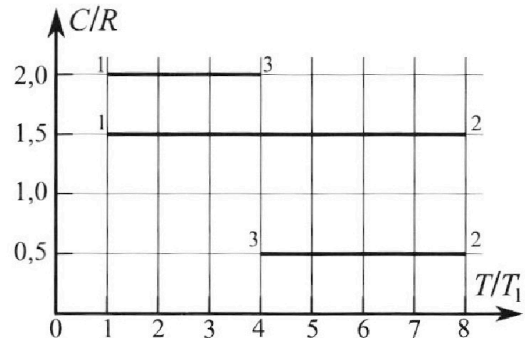
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 10-02

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



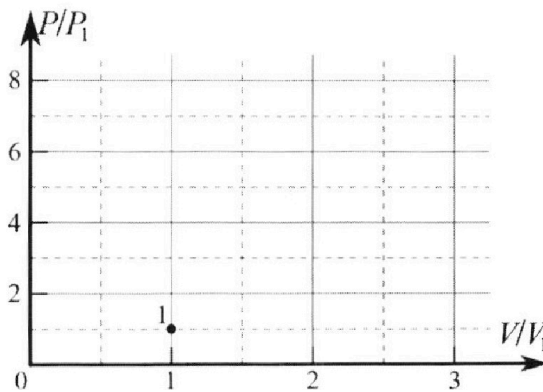
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1 равна  $T_1 = 200$  К, универсальная газовая постоянная  $R = 8,31$  Дж/(моль·К).



1) Найдите работу  $A_{31}$  внешних сил над газом в процессе 3-1.

2) Найдите КПД  $\eta$  цикла.

3) Постройте график цикла в координатах  $(P/P_1, V/V_1)$ , где  $P_1$  и  $V_1$  давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1 газа в цикле.



5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной  $a$  (см. рис.). Сила натяжения каждой нити  $T$ .

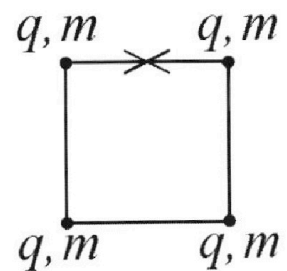
1) Найдите абсолютную величину  $|q|$  заряда каждого шарика.

Одну нить пережигают.

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

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

Электрическая постоянная  $\epsilon_0$ . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.





Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 10-02

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



1. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Вектор начальной скорости мяча образует угол  $\alpha = 45^\circ$  с горизонтальной плоскостью. Горизонтальное перемещение мяча за время полета  $L = 20$  м.

1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

Если футболист направляет мяч под различными углами к горизонту, из той же точки с начальной скоростью  $V_0$  к высокой вертикальной стенке, то наибольшая высота, на которой происходит соударение мяча со стенкой, равна  $H = 3,6$  м.

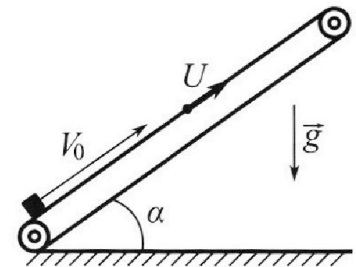
2) На каком расстоянии  $S$  от точки старта находится стенка?

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

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол  $\alpha$  такой, что  $\sin \alpha = 0,6$  (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость  $V_0 = 6$  м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте  $\mu = 0,5$ .

Движение коробки прямолинейное.



1) Какой путь  $S$  пройдет коробка в первом опыте к моменту времени  $T = 1$  с?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью  $U = 1$  м/с, и сообщают коробке скорость  $V_0 = 6$  м/с (см. рис.).

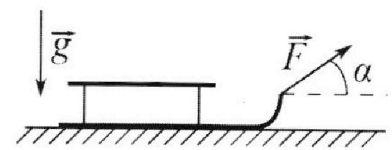
2) Через какое время  $T_1$  после старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 1$  м/с?

3) На каком расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же кинетической энергии  $K$  на одинаковых участках пути.

В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом  $\alpha$  к горизонту (см. рис.).

Во втором случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. После достижения кинетической энергии  $K$  действие внешней силы прекращается.



1) Найдите коэффициент  $\mu$  трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.

2) Найдите перемещение  $S$  санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения  $g$ . Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

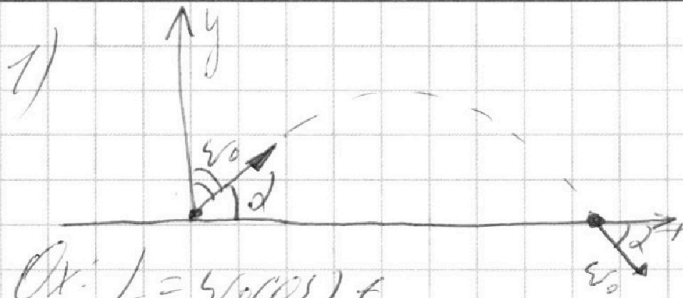
- 1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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



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



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

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

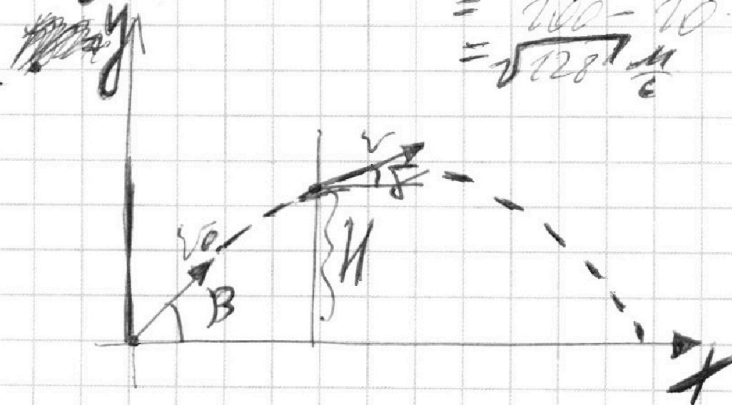
$v_0 \sin \alpha = \frac{gt}{2} \quad | \quad \sin \alpha = \cos \alpha = \frac{\sqrt{2}}{2}$

$t = \frac{L}{v_0 \cos \alpha}, \quad v_0 \cos \alpha = \frac{g \cdot L}{2 \cdot v_0 \cos \alpha}$   
 $v_0^2 \cos^2 \alpha = \frac{gL}{2}, \quad v_0^2 = \frac{gL}{2 \cos^2 \alpha}$

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

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

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



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



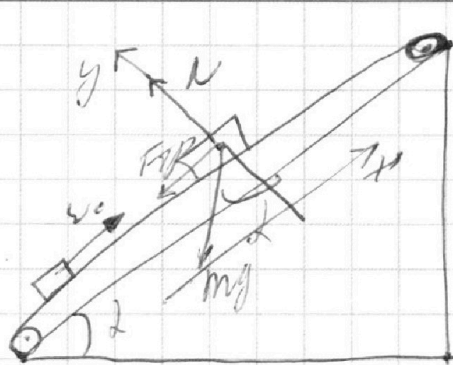
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



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) 23 м.  
 $O_y: N - mg \cos \alpha = 0$   
 $N = mg \cos \alpha$   
 $O_x: F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha = 116 \text{ Н}$   
 $2 \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha = 116 \text{ Н}$   
 $0,5 \cdot 0,8g + g \cdot 0,6 = a$

$a = g$

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

2) Переводим в СИ (мм в м).

$v_0 = v_{\text{отн}} + u$ ,  $v_{\text{отн}0} = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  - скорость коробки относительно ленты в нач. м.в.  
 $v_{\text{отн}} = 0$  - скорость коробки относительно ленты в конце.  
 $0 = v_{\text{отн}0} - g T_1$ ;  $v_{\text{отн}0} = g T_1$ ;  $T_1 = \frac{s}{v_0} = 0,5 \text{ с}$

3)  $m A_{\text{сп}} = E_2 - E_1$ ;  $A_{\text{сп}} = \mu mg \cos \alpha L = mg L - \frac{m v_0^2}{2}$ ;  $2 \mu g \cos \alpha L = 2g L - v_0^2$   
 $2g L \sin \alpha = \frac{v_0^2}{2}$ ;  $L = \frac{v_0^2}{4 \sin \alpha}$

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

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

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

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

$= \frac{36}{4} = 9 \text{ м}$ . 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

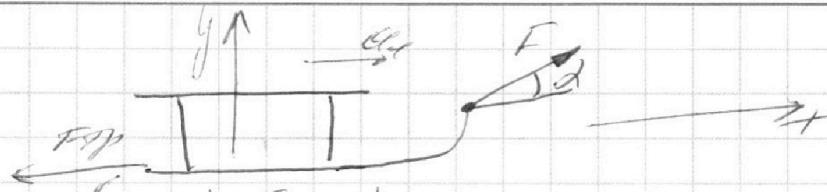


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



3) K, 2

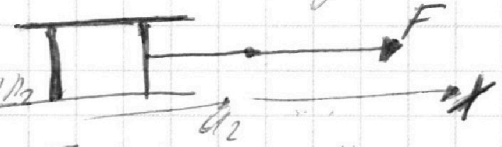
- 1)  $\mu = ?$
- 2)  $s = ?$



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

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

2).



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

3)  $W_{12}: A_F + A_{F_{fp}} = E_2 - E_1 = K$

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

2)  $W_{12}: A_{N_1} + A_F = K, -\mu (mg - F \sin \alpha) s = A_{F_{fp}}$   
 $A_F = F \cdot s \cos \alpha$      $A_{F_{fp}} = -\mu (mg - F \sin \alpha) s = K$   
 $F \cdot s \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha) s = F \cdot s - \mu mg \cdot s$   
 $F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha = F - \mu mg$   
 $\cos \alpha + \mu \sin \alpha = 1$   
 $\mu \sin \alpha = 1 - \cos \alpha$

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

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

3)  $W_{kin} = E_2 - E_1, A_{N_1} = 0 - K$

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

$K = \frac{m v^2}{2}, v^2 = \frac{2K}{m}$      $W_{kin} = \frac{1}{2} m v^2 = K$   
 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:  $A_{23} = \epsilon \Delta p = \frac{1}{2} \mu R \nu (-4 T_1) = -2 \nu R T_1$

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

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

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

$$\eta = \frac{A_{\Sigma}}{Q_{12}} = \frac{\frac{5}{2} \nu R T_1}{2 \nu R T_1} = \frac{5}{4} = 1,25$$

$$\boxed{\eta = \frac{5}{4} = 1,25} \quad \text{②}$$

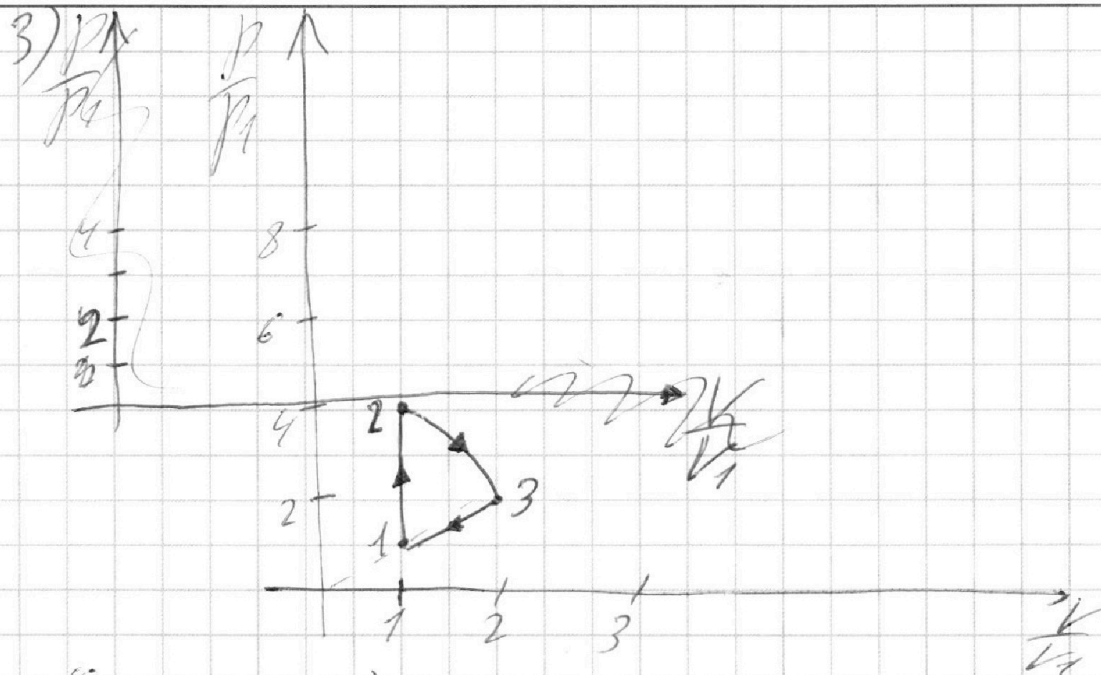
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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)  $\frac{3}{2} \sqrt{2} \approx 2,5 \text{ км/ч}$

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

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

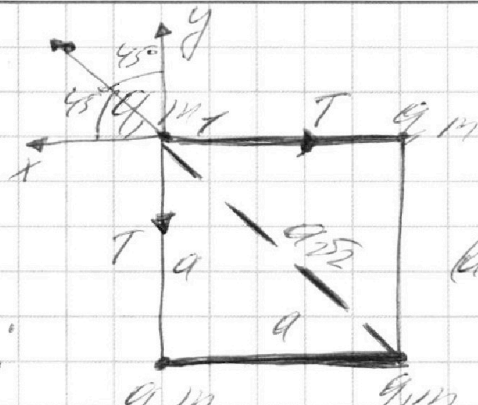
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

5). Т, а

1) q = ?

2) k = ?

1) Рассч. т-бис шарик:



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

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

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

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

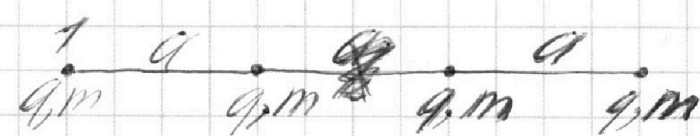
$$Oy: \frac{kq^2}{2a^2} \cdot \cos 45^\circ + \frac{kq^2}{a^2} = T$$

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

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

2).

Рассч. шарик 1.



Энергия шарика

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

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?  $W_1 = W_2 + E_k$

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

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

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



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!

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



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

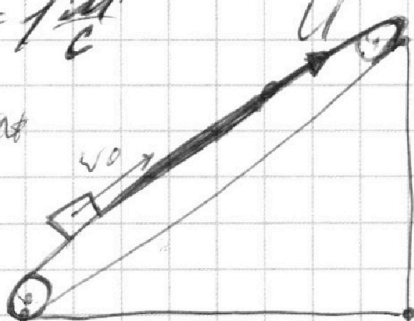
$mg \cos \alpha + \mu mg \sin \alpha = a$

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

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

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

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



$v_0 = v_{0\text{нп}} + u$

$v_{0\text{нп}} = 5 \frac{m}{c}$  - скорость  
 вертикали отн-но земли  
 в момент начала

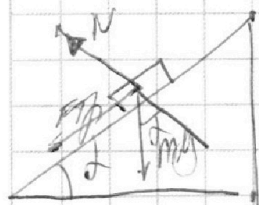
В точке  $v_{0\text{нп}} = 0 \frac{m}{c}$   
 ускорение вертикали  $g$   
 направлено в

ниже

$0 = v_{0\text{нп}0} - gT_1$

$1 = 5 - 10T_1$

$10T_1 = 4$   
 $T_1 = 0,4 \text{ сек}$



$N - mg \cos \alpha = 0$

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

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

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

$v_{0\text{нп}} = gT_1, 10T_1 = v_{0\text{нп}}$

$T_1 = \frac{1}{10} = 0,1 \text{ сек}$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

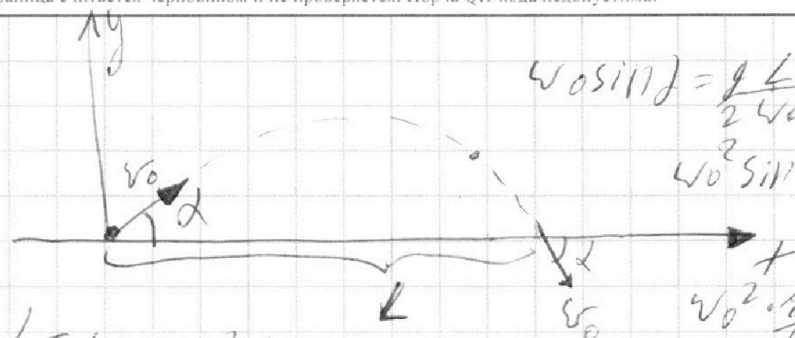
- 1  2  3  4  5  6  7

**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)  $v^2 = ?$



$$v_0 \sin \alpha = \frac{gL}{2v_0 \sin \alpha}$$

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

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

$$v_0 \sin \alpha = \frac{gL}{2v_0 \sin \alpha}$$

$$\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^2 = \frac{2}{4} = \frac{2}{2v_0^2 \sin^2 \alpha}$$

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

$$v_0^2 \cdot 2 = \frac{gL}{2}$$

$$v_0^2 = \frac{4gL}{4} = \sqrt{4 \cdot 10 \cdot 20} = \sqrt{800} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\frac{v_0^2}{2} = \frac{gL}{2} = \frac{gt}{2}$$

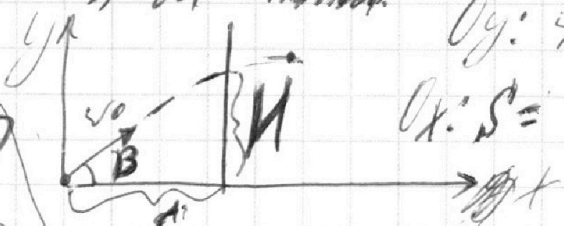
$$t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$$

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

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

$\sqrt{800} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

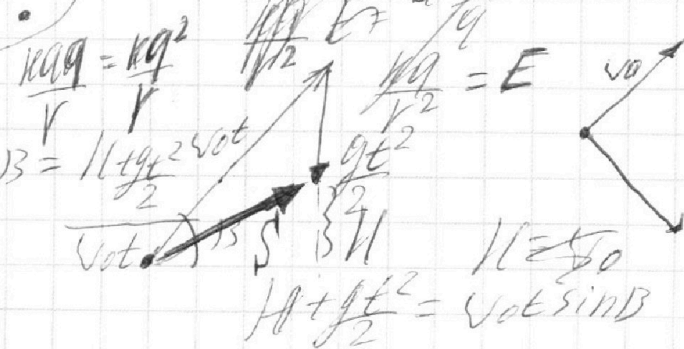
2)  $H = 3,6 \text{ м} = H_{\text{max}}$



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

Ox:  $S = v_0 \cos \alpha t$   
 $t = \frac{S}{v_0 \cos \alpha}$

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



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

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

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

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

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

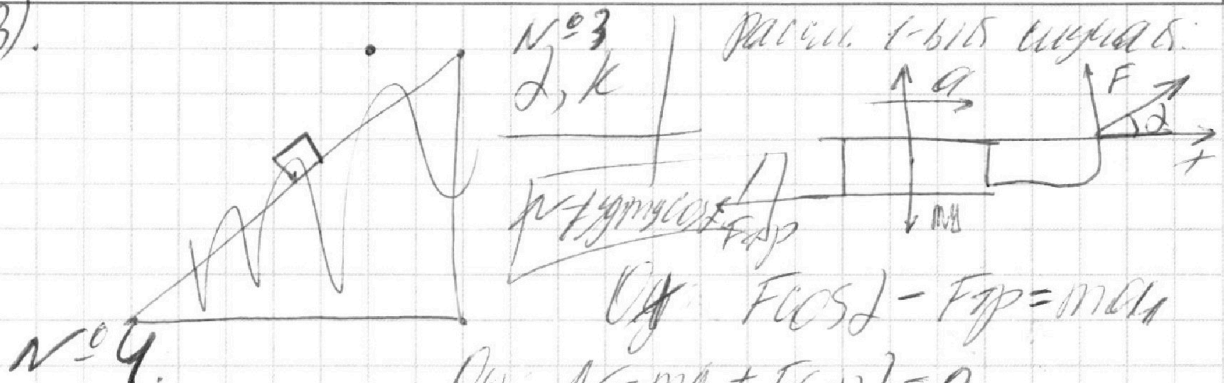
- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



3).



№3

расшир. 1-ый закон Ньютона

$L, k$

$F_{fr} = \mu N$

$Ox: F \cos \alpha - F_{fr} = m a$

$Oy: N - mg + F \sin \alpha = 0$

$N = mg - F \sin \alpha$  (1) Условие

1)  $T_1 = 200K$   
 $i = 3; j = 1$  моль

расшир. процесс 3-1.

$C = 2R \Rightarrow$  это процесс изохора



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

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

$k^2 p_1 V_1 = 2RT_3; p_1 V_1 = RT_1$

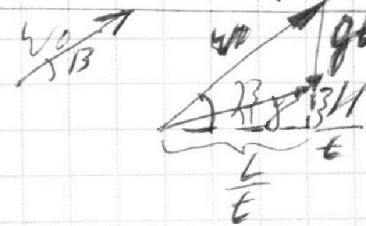
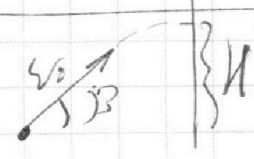
$T_3 = 4T_1$  из уравнения

$k^2 p_1 V_1 = 4RT_1$

получил  $T_1 = 1$   
 $T_3 = 4$   
 $T_1 = 1$   
 $T_3 = 4$

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

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



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

$\sin \beta =$

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

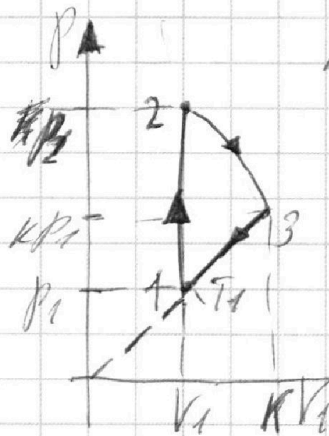
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 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 медленного расширения -  
 изотерм.



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

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

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

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

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

$p_2 V_1 = 8 \nu R T_1$

$p_1 V_1 = \nu R T_1$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$\Delta U_{31} < 0$

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

$p_3 = 2 p_1$

$p_2 = 8 p_1$

$Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (8 T_1 - T_1) = \frac{3}{2} \cdot 7 \nu R T_1 = \frac{21}{2} \nu R T_1$

$\mu = \frac{A_{23}}{Q_{12}} = \frac{4 \nu R T_1}{\frac{21}{2} \nu R T_1} = \frac{8}{21}$

$0,5 \cdot 8 = 4$