



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 10-01

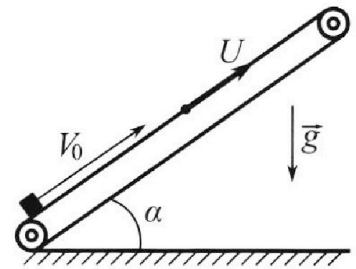
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



1. Мяч, посланный теннисистом вертикально вверх, поднимается на максимальную высоту за  $T = 2$  с.
- 1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.
  - 2) Теннисист посылает мяч с начальной скоростью  $V_0$  под различными углами к горизонту в направлении высокой вертикальной стенки, находящейся на расстоянии  $S = 20$  м от места броска. На какой максимальной высоте мяч ударяется о стенку?  
Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым. Все высоты отсчитываются от точки старта.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол  $\alpha$  такой, что  $\sin \alpha = 0,8$  (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость  $V_0 = 4$  м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте  $\mu = \frac{1}{3}$ . Движение коробки прямолинейное.



- 1) За какое время  $T$  после старта коробка пройдет в первом опыте путь  $S = 1$  м?

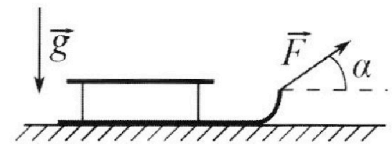
Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью  $U = 2$  м/с, и сообщают коробке скорость  $V_0 = 4$  м/с.

- 2) На каком расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 2$  м/с?
- 3) На какой высоте  $H$ , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? 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 скорости  $V_0$  за одинаковое время.

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 скорости  $V_0$  действие внешней силы прекращается.



- 1) Найдите коэффициент  $\mu$  трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.
- 2) Через какое время  $T$  после прекращения действия силы санки остановятся? Ускорение свободного падения  $g$ .

Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

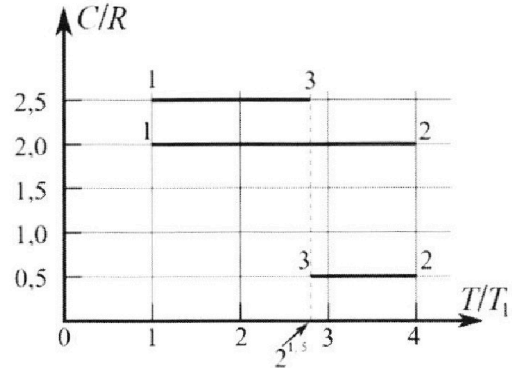
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01

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



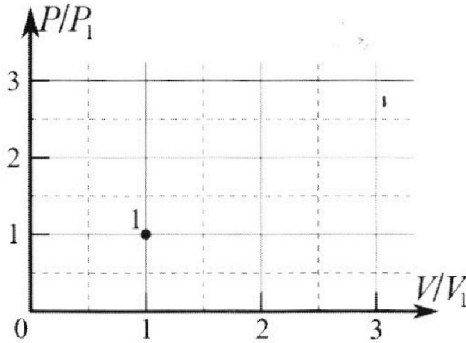
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1  $T_1 = 400$  К, универсальная газовая постоянная  $R = 8,31$  Дж/(моль·К).



1) Найдите работу  $A_{12}$  газа в процессе 1-2.

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.



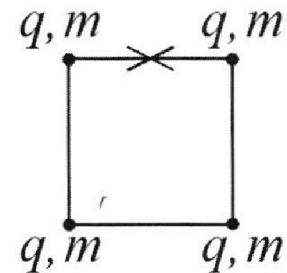
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной  $b$  (см. рис.). Масса каждого шарика  $m$ , заряд  $q$ .

1) Найдите силу  $T$  натяжения нитей.

Одну нить пережигают.

2) Найдите скорость  $V$  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)?



Коэффициент пропорциональности в законе Кулона  $k$ . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.

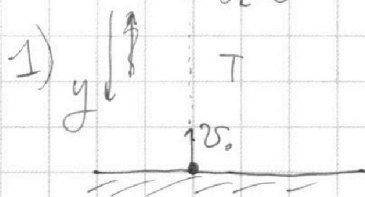
- 1  2  3  4  5  6  7

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

2.1

Дано:  
 $T = 2\text{c}$   
 $S = 20\text{м}$   
 $g = 10\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

1)  $v_x = ?$   
 2)  $H_{\text{max}} = ?$

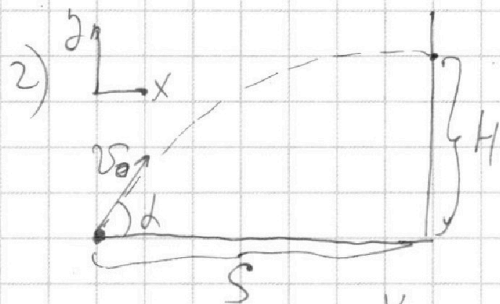


$$\vec{v}_k = \vec{v}_0 + \vec{g}T$$

↑ скорость

$$0_y: 0 = -v_0 + gT$$

$$v_0 = gT = 10 \cdot 2 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



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

$$0_x: x = v_0 \cos \alpha t \Rightarrow t = \frac{x}{v_0 \cos \alpha}$$

Тогда  $y(x) = v_0 \sin \alpha \cdot \frac{x}{v_0 \cos \alpha} - \frac{g}{2} \cdot \frac{x^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha}$

$$y(x) = x \tan \alpha - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} = x \tan \alpha - \frac{gx^2}{2v_0^2} (1 + \tan^2 \alpha)$$

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

В момент загона:  $x = S, y(S) = H$ .

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

$$H'_{\tan \alpha} = 0 \Rightarrow 0 = S - \frac{gS^2}{v_0^2} \cdot \tan \alpha \Rightarrow 0 = 1 - \frac{gS}{v_0^2} \tan \alpha$$

$$\frac{gS}{v_0^2} \tan \alpha = 1 \Rightarrow \tan \alpha = \frac{v_0^2}{gS}$$

Тогда  $H_{\text{max}} = S \cdot \frac{v_0^2}{gS} - \frac{gS^2}{2v_0^2} \left(1 + \frac{v_0^4}{g^2 S^2}\right)$

$$H_{\text{max}} = \frac{v_0^2}{g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} - \frac{gS^2 \cdot v_0^4}{2v_0^2 g^2 S^2}$$

$$h_{\text{max}} = \frac{gT^2}{2} - \frac{gS^2}{2gT^2} = \frac{gT^2}{2} - \frac{S^2}{2gT^2}$$

$$H_{\text{max}} = \frac{v_0^2}{g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} - \frac{v_0^2}{2g} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} = \frac{400}{20} - \frac{10 \cdot 400}{2 \cdot 400} =$$

$$= 15 \text{ м}$$

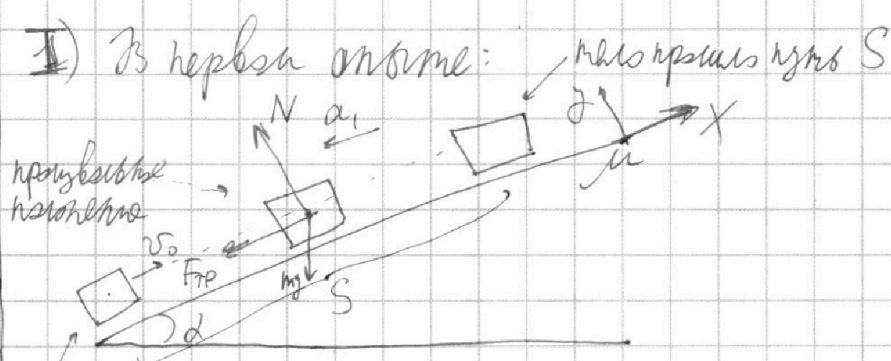
Ответ: 1)  $v_0 = gT = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ; 2)  $H_{\text{max}} = 15 \text{ м}$ ; 3)  $H_{\text{max}} = \frac{gT^2}{2} - \frac{S^2}{2gT^2} = 15 \text{ м}$

1  2  3  4  5  6  7

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



22  
 дано:  
 $\sin d = 0,8$   
 $v_0 = 4 \frac{m}{c}$   
 $\mu = \frac{1}{3}$   
 $u = 2 \frac{m}{c}$   
 $S = L$   
 $L = 10 \frac{m}{c}$



Черновик

1) T = ?  
 2) L = ?  
 3) H = ?

накло плоскости

1) Вспомог. условие:

$$Ox: -(F_{тр} + mg \sin d) = -ma_1 \Rightarrow F_{тр} + mg \sin d = ma_1$$

$$Oy: N - mg \cos d = 0 \Rightarrow N = mg \cos d$$

$$F_{тр} = \mu N$$
~~$$mg \sin d + \mu mg \cos d + mg = ma_1$$~~
~~$$a_1 = g$$~~

$$Morga: \mu mg \cos d + mg \sin d = ma_1$$

$$a_1 = g(\sin d + \mu \cos d)$$

~~$$2) S = v_0 T + \frac{a_1 T^2}{2}$$~~

~~$$Ox: S = v_0 T - \frac{g(\sin d + \mu \cos d) T^2}{2}$$~~

~~$$-g(\sin d + \mu \cos d) T^2 + 2v_0 T - 2S = 0$$~~

~~$$g(\sin d + \mu \cos d) T^2 - 2v_0 T + 2S = 0$$~~

~~$$D = 4v_0^2 - 4 \cdot g(\sin d + \mu \cos d) \cdot 2S = 4v_0^2 - 8gS(\sin d + \mu \cos d)$$~~

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!



→ 
$$T = \frac{2v_0 \pm \sqrt{4v_0^2 - 8gS(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}}{2g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}$$
 Умножив

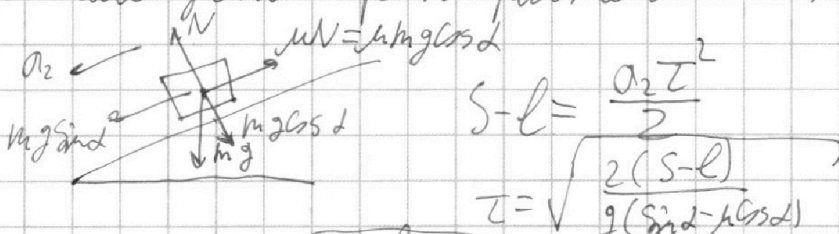
○ 
$$4v_0^2 - 8gS(\sin\alpha + \mu\cos\alpha) = 4 \cdot 16 - 8 \cdot 10 \cdot 1 \left(0,8 + \frac{1}{3} \cdot 0,6\right) =$$

$$= 64 - 80 \cdot (0,8 + 0,2) = 64 - 80 = -16$$

○ Найти максимальные расстояние, которое будет проделано пружиной после:

$$l = \frac{v_k^2 - v_0^2}{-2a} \quad v_k = 0 \Rightarrow l = \frac{v_0^2}{2g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)} = \frac{16}{2 \cdot 10 \cdot 1} = 0,8 \text{ м} < 1 \text{ м}$$

и время:  $t_1 = \sqrt{\frac{2l}{g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}}$   
 Тогда после этого нужно найти расстояние  $(S-l)$  время:



$$S-l = \frac{a_2 t^2}{2}$$

$$t = \sqrt{\frac{2(S-l)}{g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)}}$$

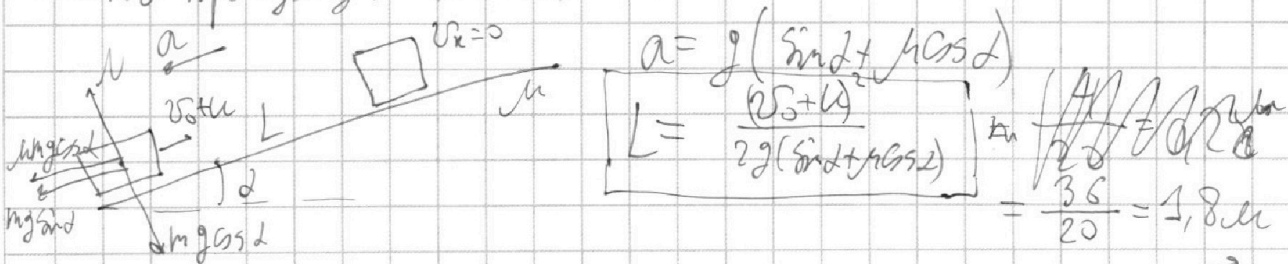
Тогда 
$$T = t_1 + t = \sqrt{\frac{2l}{g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}} + \sqrt{\frac{2(S-l)}{g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)}}$$

$$T = \frac{v_0}{g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)} + \sqrt{\frac{2(S - \frac{v_0^2}{2g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)})}{g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)}} \approx 0,6 \text{ (с)}$$

II) Вспомогательная:

Перезагрузить с со скоростью с левыми пружинами, когда начнется движение пружины с этой со пружиной  $(v_0 + u)$  и т.д.

Когда упадет пружина с со Земли с малым падением  $u, v$  со левыми пружинами остаются.



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

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

$$= \frac{36}{20} = 1,8 \text{ м}$$

(3)

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

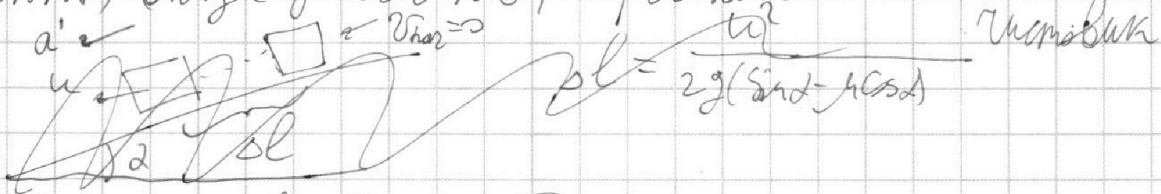
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



→ 0. Скорость воздуха в (0) Этим самым равна нулю когда  
скорость воздуха в (0) летит вверх направлена вверх (вниз  
летит) вниз (вверх, вниз) и равна 0.



Height  $H = \frac{v_0 l}{\sin \alpha}$   $v = v_0 + u$



$$v_k = 0 \quad v_0 + u$$

$$v^2 = v_0^2 + 2a \cdot s$$

$$0 = (v_0 + u)^2 - 2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \cdot l$$

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

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

$$H = l \sin \alpha - \Delta s \sin \alpha = \left( \frac{(v_0 + u)^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} - \frac{u^2}{2g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)} \right) \sin \alpha$$

$$= 1,2 \text{ m.}$$

Answer: 1)  $T = \frac{v_0}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} + \sqrt{\frac{2 \left( s - \frac{v_0^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} \right)}{2g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}} \approx 0,60$

2)  $L = \frac{(v_0 + u)^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = 1,8 \text{ m}$

3)  $H = \left( \frac{(v_0 + u)^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} - \frac{u^2}{2g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)} \right) \sin \alpha = 1,2 \text{ m}$

(4)

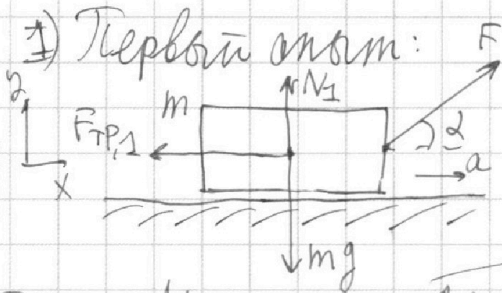
1  2  3  4  5  6  7



23

Методик

Дано:  
 $d, \alpha_0$   
 1)  $\mu = ?$   
 2)  $T = ?$

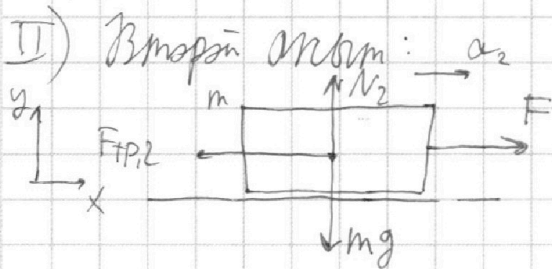


- 1) Силы известны, знаем  $F_{тр1} = \mu N_1$   
 2) Второй закон Ньютона:

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

$Ox: F \cos \alpha - \mu N_1 = ma_1$

Тогда  $F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha) = ma_1 \Rightarrow a_1 = \frac{F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha)}{m}$



- 1) Силы известны, знаем  $F_{тр2} = \mu N_2$

- 2) Второй закон Ньютона:

$Oy: N_2 - mg = 0 \Rightarrow N_2 = mg$

$Ox: F - \mu N_2 = ma_2$

Тогда  $F - \mu mg = ma_2 \Rightarrow a_2 = \frac{F - \mu mg}{m}$

III) В двух случаях у обоих шариков одинаковая начальная скорость (равна нулю) и одинаковое время движения до скорости  $v_0$ .

Тогда  $a_1 = a_2 \Rightarrow \frac{F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha)}{m} = \frac{F - \mu mg}{m}$

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

$F \cos \alpha + \mu F \sin \alpha = F \quad | : F$

$\cos \alpha + \mu \sin \alpha = 1 \Rightarrow \mu \sin \alpha = 1 - \cos \alpha \Rightarrow \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \quad (5)$

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

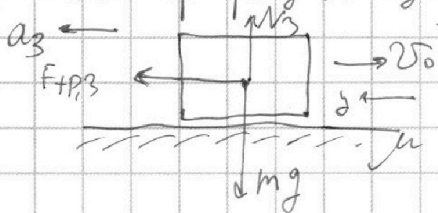
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

|                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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!

IV) После прекращения действия внешней силы: методик



1)  $N_3 = mg \Rightarrow F_{тр3} = \mu mg$   
 $F_{тр3} = \mu N_3$   
2) Вспомог. уравнение:  
 $Oy: F_{тр3} = ma_3$

$$\mu mg = ma_3 \Rightarrow a_3 = \mu g$$

3)  $\vec{v}_k = \vec{v}_0 + \vec{a}_3 T$  (м.к. движение равноускоренное)

$$Oz: 0 = v_0 - \mu g T \Rightarrow T = \frac{v_0}{\mu g} \Rightarrow T = \frac{v_0}{\frac{1-\cos d}{\sin d} \cdot g} \Rightarrow T = \frac{v_0 \sin d}{g(1-\cos d)}$$

Ответ: 1)  $\mu = \frac{1-\cos d}{\sin d}$ , 2)  $T = \frac{v_0 \sin d}{g(1-\cos d)}$ .



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!



24

Уставник

$$1) C_{12} = 2R \Rightarrow Q_{12} = 2\sqrt{2}R(T_2 - T_1)$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2}\sqrt{2}R(T_2 - T_1)$$

$$\text{Поэтому } A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = \frac{1}{2}\sqrt{2}R(T_2 - T_1) = \frac{1}{2}\sqrt{2}R(4T_1 - T_1) = \underline{\underline{\frac{3}{2}\sqrt{2}RT_1}}$$

$$= \frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 400 = 4986 \text{ Дж}$$

$$2) \eta = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{Q_{12}}$$

$$\textcircled{1} A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = \frac{1}{2}\sqrt{2}R(T_3 - T_2) - \frac{3}{2}\sqrt{2}R(T_3 - T_2) =$$

$$= \frac{1}{2}\sqrt{2}R(T_3 \cdot 2\sqrt{2} - 4T_3) - \frac{3}{2}\sqrt{2}R(2\sqrt{2}T_1 - 4T_1) =$$

$$= -\sqrt{2}RT_1(2\sqrt{2} - 4)$$

$$\textcircled{2} A_{31} = Q_{31} - \Delta U_{31} = \frac{5}{2}\sqrt{2}R(T_3 - T_1) - \frac{3}{2}\sqrt{2}R(T_3 - T_1) =$$

$$= \sqrt{2}R(T_3 - T_1) = \sqrt{2}R(2\sqrt{2}T_1 - T_1) = \sqrt{2}RT_1(2\sqrt{2} - 1)$$

$$\textcircled{3} Q_{12} = 2\sqrt{2}R(T_2 - T_1) = 6\sqrt{2}RT_1$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{\frac{3}{2}\sqrt{2}RT_1 + (-\sqrt{2}RT_1(2\sqrt{2} - 4)) + \sqrt{2}RT_1(2\sqrt{2} - 1)}{6\sqrt{2}RT_1} = \frac{\frac{3}{2} - 2\sqrt{2} + 4 + 2\sqrt{2} - 1}{6} =$$

$$= \frac{4,5}{6} = \frac{45}{60} = \frac{3}{4} = 0,75 = \frac{9}{12} = \frac{3}{4} = 0,75$$

3) Если процесс изотермический, то  $pV^{\alpha} = \text{const}$

$$\textcircled{1} - \textcircled{2}: C_{12} = 2R \Rightarrow pV^{\frac{2R - \frac{5}{2}R}{2R - \frac{3}{2}R}} = \text{const} \Rightarrow pV^{-1} = \text{const} \Rightarrow p \sim V$$

$$\textcircled{2} - \textcircled{3}: C_{23} = \frac{R}{2} \Rightarrow pV^{\frac{\frac{R}{2} - \frac{3}{2}R}{\frac{R}{2} - \frac{5}{2}R}} = \text{const} \Rightarrow pV^2 = \text{const} \Rightarrow p \sim V^{-2}$$

$$\textcircled{3} - \textcircled{1}: C_{31} = \frac{5}{2}R \Rightarrow pV^{\frac{\frac{5}{2}R - \frac{5}{2}R}{\frac{5}{2}R - \frac{3}{2}R}} = \text{const} \Rightarrow pV^0 = \text{const} \Rightarrow p = \text{const}$$

7

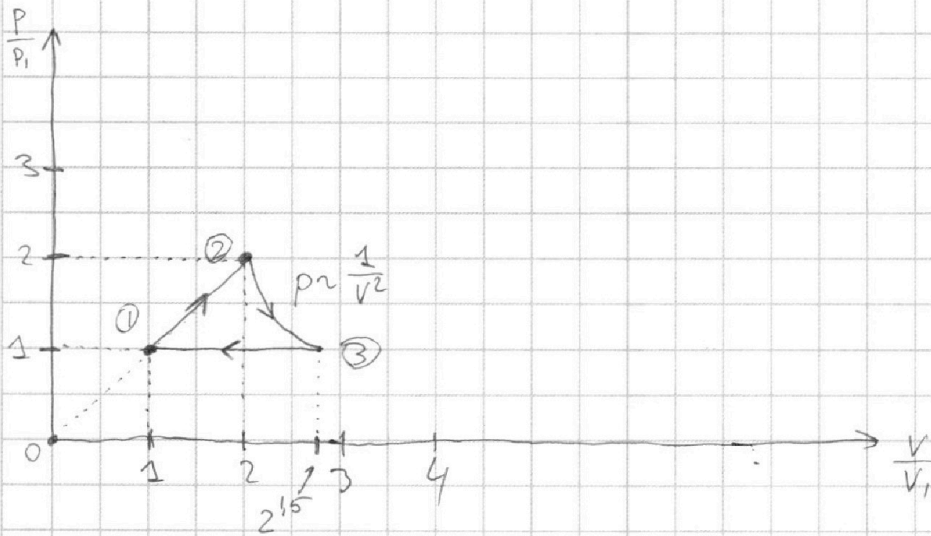
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



Ответ: 1)  $A_{12} = \frac{3}{22} \sqrt{RT_1} = 4986 \text{ Дж}$

2)  $\eta = \sqrt{\frac{13}{20}} = 0,81$

2)  $\eta = \frac{3}{4} = 0,75$

(8)

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**

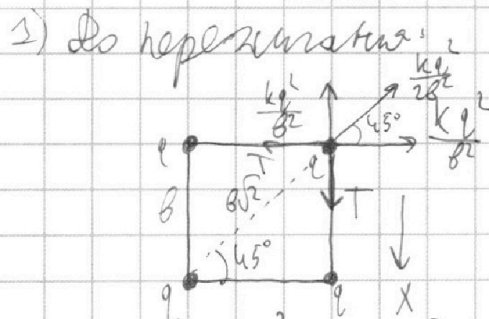
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



25

Ушаев

Дано:  
 $B, m, g$   
 1)  $T = ?$   
 2)  $v = ?$   
 3)  $d = ?$

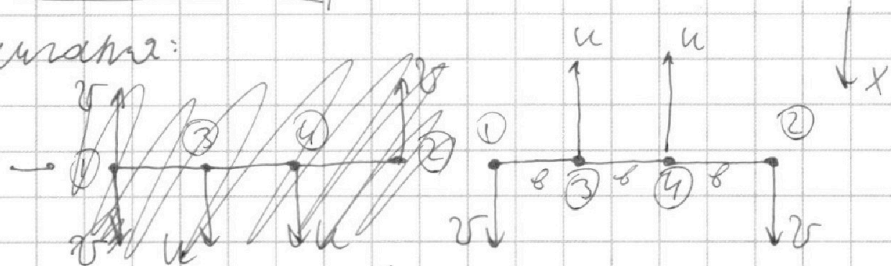
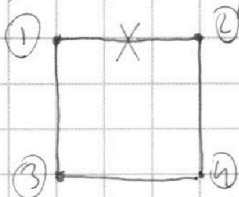


$$\sum F_x (\circlearrowleft x): T - \frac{kq^2}{8l} - \frac{kq^2}{2l} \cdot \sin 45^\circ = 0$$

$$T = \frac{kq^2}{8l} + \frac{kq^2}{2l} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$T = \frac{kq^2}{8l} \left( 1 + \frac{\sqrt{2}}{4} \right)$$

2) По скорости:



Из симметрии заданного состояния,  $v_1 = v_2 = v$   
 $v_3 = v_4 = u$

Закон сохранения импульса по всей системе по  $\circlearrowleft x$ :

$$0 = 2mv - 2mu \Rightarrow v = u = v_0$$

Закон сохранения энергии по всей системе:

$$\frac{kq^2}{8} + \frac{kq^2}{2l} + \frac{kq^2}{8\sqrt{2}} + \frac{kq^2}{8} + \frac{kq^2}{8} = \frac{kq^2}{8} + \frac{kq^2}{2l} + \frac{kq^2}{3l} + \frac{kq^2}{8} + \frac{kq^2}{2l} + \frac{kq^2}{8} + \frac{4mv_0^2}{2}$$

$$\Rightarrow \frac{kq^2}{8\sqrt{2}} + \frac{kq^2}{8} = \frac{kq^2}{8} + \frac{kq^2}{3l} + 2mv_0^2 \frac{kq^2}{8} \left( \frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{1}{3} \right)$$

$$2mv_0^2 = \frac{kq^2}{8} \left( \frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{1}{3} \right) \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{kq^2}{2m} \left( \frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{1}{3} \right)}$$

9

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"/> |

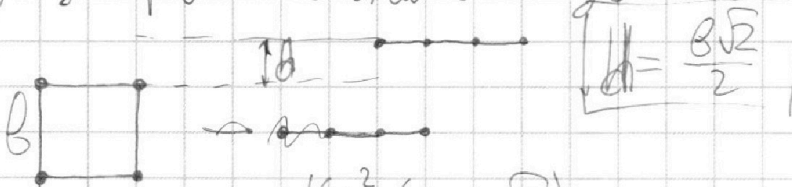
МФТИ

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

$$v_0 = \sqrt{\frac{kq^2(3\sqrt{2}-2)}{2m\ell}} \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{kq^2(3\sqrt{2}-2)}{12m\ell}}$$

Момсвик

3) Центр масс системы неподвижен.



Ответ: 1)  $T = \frac{kq^2}{8\ell} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4}\right)$

2)  $v_0 = \sqrt{\frac{kq^2(3\sqrt{2}-2)}{12m\ell}}$

3) б) 3)  $d = \frac{3\sqrt{2}}{2}$ .

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



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



Черновик

$$h_{max} = S \cdot \frac{v_0^2}{gS} - \frac{gS^2}{2v_0^2} \left( 1 + \frac{v_0^4}{g^2 S^2} \right)$$

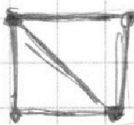
$$h_{max} = \frac{v_0^2}{g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} - \frac{gS^2 v_0^2}{2v_0^2 g^2 S^2} = \frac{v_0^2}{g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} - \frac{v_0^2}{2g} =$$

$$= \frac{v_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} = \frac{400}{20} - \frac{10 \cdot 400}{2 \cdot 400} = \frac{400}{20} - 5 =$$

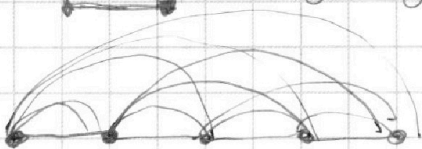
$$= 15 \text{ м}$$

$$h_{max} = \frac{g^2 T^2}{2g} - \frac{gS^2}{2g^2 T^2} = \frac{gT^2}{2} - \frac{S^2}{2gT^2} = 4000 - \frac{400}{2 \cdot 20}$$

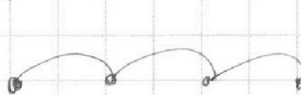
$$= \frac{10 \cdot 4}{2} - \frac{400}{2 \cdot 10 \cdot 4} = 40 - \frac{400}{80} = 40 - \frac{20}{4} = 35$$



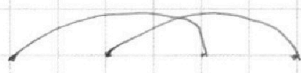
$$\frac{4kq^2}{8} + \frac{kq^2}{8\sqrt{2}} = \frac{kq^2}{8} \left( 4 + \frac{\sqrt{2}}{2} \right)$$



$$\frac{4kq^2}{8} + \frac{3kq^2}{28}$$

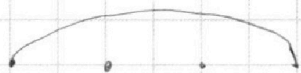


$$\rightarrow \frac{3kq^2}{8}$$



$$\rightarrow \frac{2kq^2}{28} = \frac{kq^2}{8}$$

$$= \frac{4kq^2}{8} + \frac{1}{3} \frac{kq^2}{8} = \frac{13kq^2}{8}$$



$$\Rightarrow \frac{kq^2}{36}$$



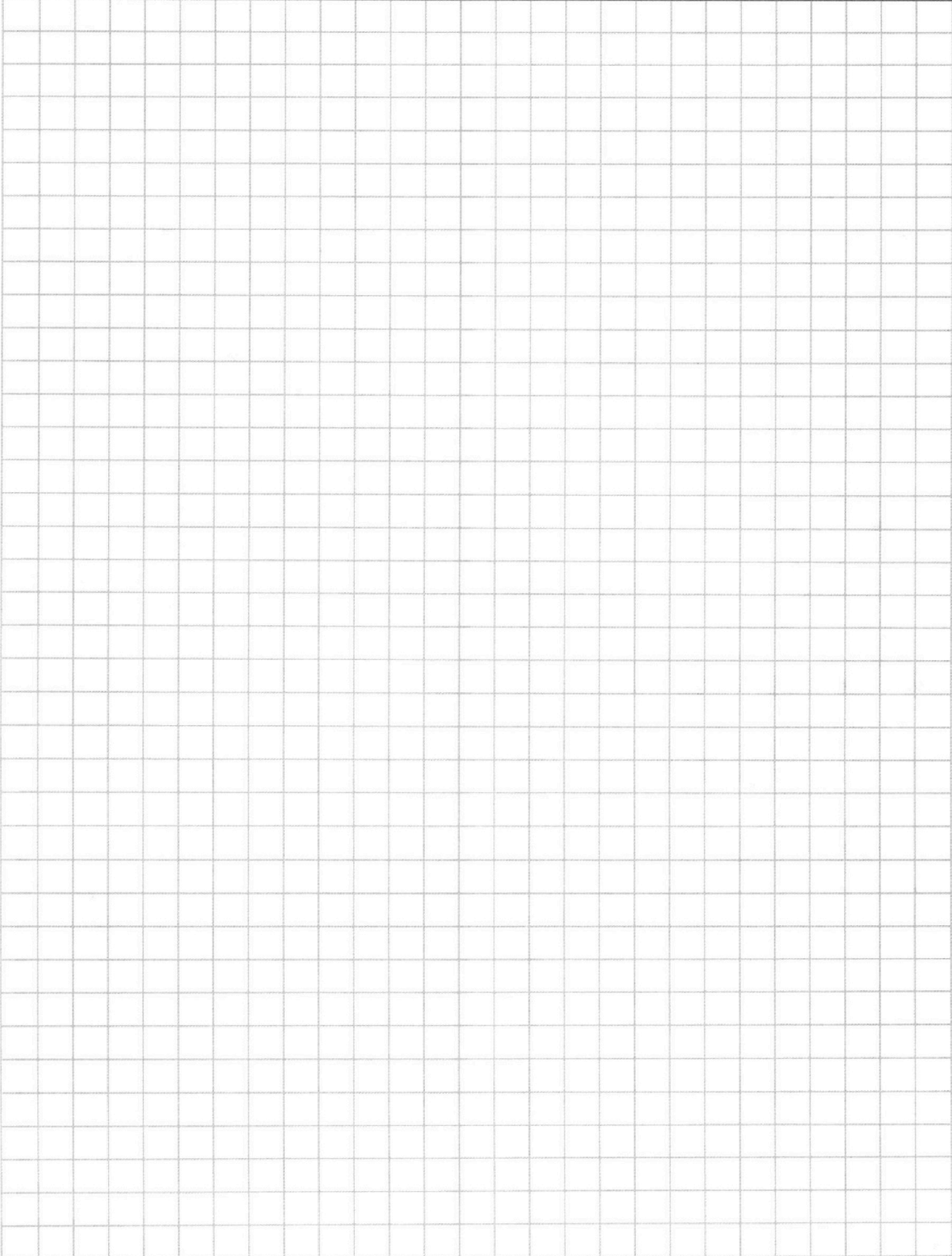
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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



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



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

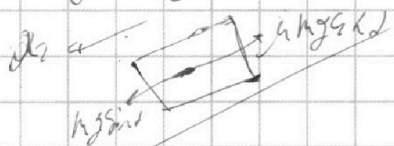
- 1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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



$$S = \frac{v_0^2}{2g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)} = \frac{16}{20 \cdot (0,8 + \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5})} = 0,8 + 0,2 = 1 = \frac{16}{20} = 0,8 \text{ м}$$



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

(репробук)

$$\sqrt{\frac{2v_0^2}{g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}} = \sqrt{\frac{v_0^2}{g^2}} = \frac{v_2}{2(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}$$

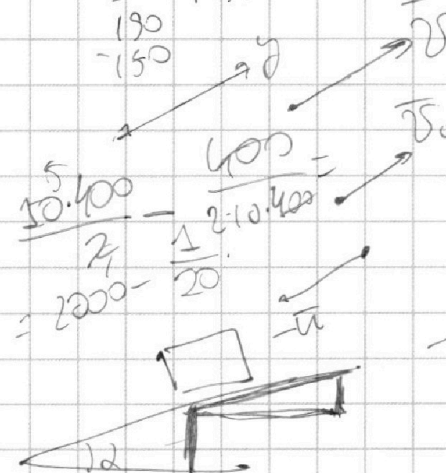
$$t_1 = \frac{1}{10} = 0,4 \text{ с} \quad \frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{1}{3} = \frac{3\sqrt{2} - 2}{6}$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2}{10(0,8 - 0,2)}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2}{10 \cdot 0,6}}$$

$$= \sqrt{\frac{0,4}{6}} = \sqrt{\frac{2}{30}} = \sqrt{\frac{1}{15}} = \frac{\sqrt{15}}{15}$$

$9 < 15 < 16$   
 $3 < \sqrt{15} < 4$

$$\frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{1}{3} = \frac{3,8}{15} = \frac{38}{150} = \frac{19}{75}$$



$$a_y: v_{\text{окл}} = v_0 - u$$

$$a_x: v_{\text{окл}} = v_0 + u$$

$$0 = -u + u$$

$$\left(1,8 - \frac{4}{20(0,8 - 0,2)}\right) \cdot 0,8$$

$$\left(1,8 - \frac{4}{20 \cdot 0,6}\right) \cdot 0,8 = \left(1,8 - \frac{1}{3}\right) \cdot 0,8 = 1,5 \cdot 0,8 = 1,2 \text{ м}$$

$20 \cdot \frac{3}{5} = 12$   
 $\frac{18}{12} = 1,5$

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!



Решение

1)  $C = 2R$

$\frac{1}{2} - \frac{3}{2} = -1 \Rightarrow C = C_V + \frac{R}{2} = 2R \quad (p \sim V)$

$P_3 V_3 = 2R \cdot 2\sqrt{2} T_1$

$P_1 V_1 = 2R T_1$

2)  $C = \frac{R}{2} \Rightarrow \frac{1}{2} R \frac{1}{2} V R \Delta T = \frac{3}{2} V R \Delta T + A$

$\frac{P_3 V_3}{P_1 V_1} = 2\sqrt{2}$

$\frac{V_3}{V_1} = 2\sqrt{2}$

$V_3 = 2\sqrt{2} \cdot V_1$

$C_{12} = 2R \Rightarrow Q_{12} = 2R \Delta T \quad Q_{12} = 2R(T_2 - T_1)$

$Q_{12} = \frac{3}{2} R(T_2 - T_1)$

$A_{12} = \frac{1}{2} V R (T_2 - T_1)$

①-②:  $C = 2R \Rightarrow (p \sim V)$

②-③:  $C = \frac{1}{2} R$

$C_{32} V \Delta T = \frac{1}{2} V R \Delta T = \frac{3}{2} V R \Delta T + p \Delta V$

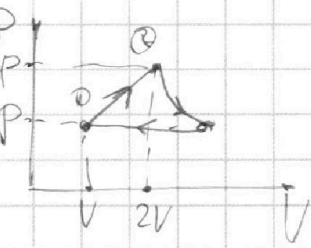
$p \Delta V = -2R \Delta T$

$V \Delta p = -2R \Delta T$

$p \Delta V + V \Delta p = -2R \Delta T$

$p \Delta V = -p \Delta V - V \Delta p$

$2p \Delta V = -V \Delta p \Rightarrow$



$\frac{3 \cdot 4800}{2} = 600 \cdot 8,31$

$600 \cdot 8 = 4800 = 4980$

$0,72 \cdot 600 = 180$

$\frac{600}{18} = \frac{31}{600}$

$pV^n = \text{const} \Rightarrow pV^{\frac{C-C_p}{C-V}} = \text{const} : \text{①-②} : pV^{\frac{1}{2}-\frac{5}{2}}$

$\frac{1}{2} - \frac{5}{2} = -2 \Rightarrow pV^2 = \text{const}$

$\frac{1}{2} - \frac{3}{2} = -1$

②-③:  $\frac{C-C_p}{C-C_V} = \frac{\frac{5}{2}-\frac{5}{2}}{\frac{3}{2}-\frac{3}{2}} = 0$

$pV^0 = \text{const} \Rightarrow p = \text{const}$

①-②:  $\frac{C-C_p}{C-C_V} = \frac{\frac{1}{2}-\frac{5}{2}}{\frac{1}{2}-\frac{3}{2}} = \frac{-2}{-1} = 2$