



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 10-01

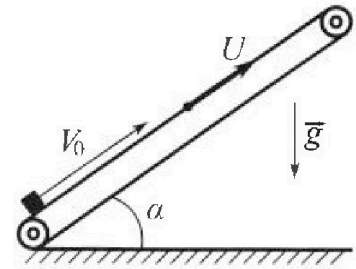
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



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?

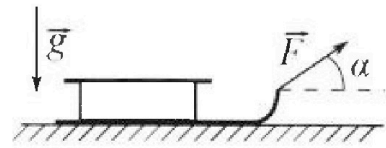
Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью  $U = 2$  м/с, и сообщают коробке скорость  $V_0 = 4$  м/с.

- 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.



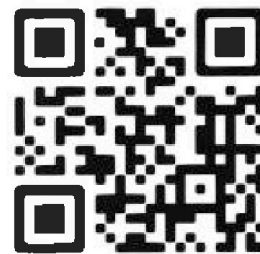
- 1) Найдите коэффициент  $\mu$  трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.
- 2) Через какое время  $T$  после прекращения действия силы санки остановятся? Ускорение свободного падения  $g$ .

Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

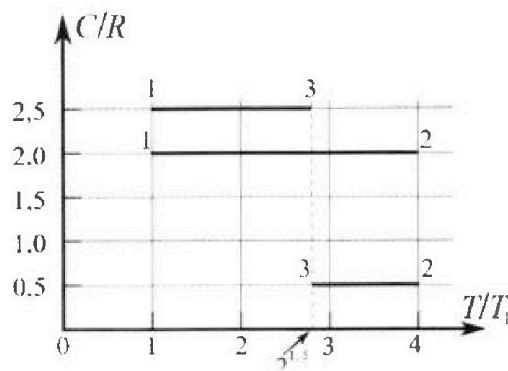
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01

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



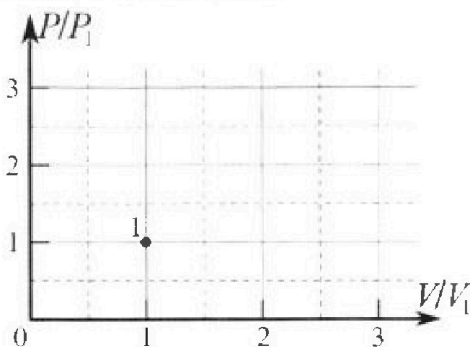
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2,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



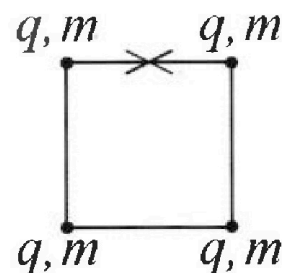
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной  $b$  (см. рис.). Масса каждого шарика  $m$ , заряд  $q$ .

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.

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!

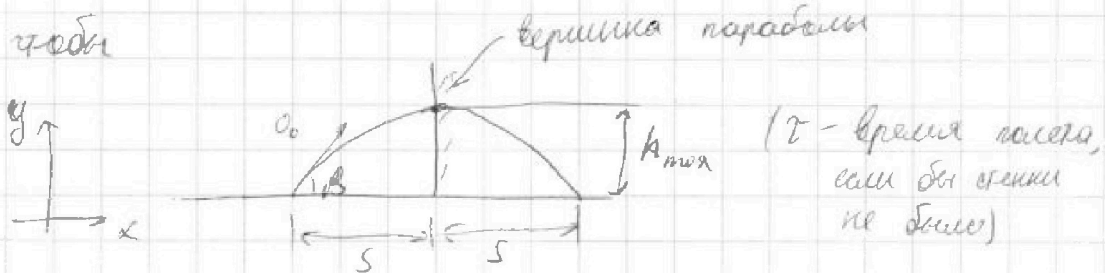


$$h(\Delta) = v_0^2 \cdot \frac{1 - \cos 2\beta}{2g} - \frac{g \Delta^2}{2} = v_0^2 \cdot \frac{1 - \cos 2\beta}{2g} - \frac{g \Delta^2}{2}$$

$$= \frac{v_0^2 \cos 2\beta}{2g} - \frac{g \Delta^2}{2}$$

Заг. 1 стр. 2

Для того, чтобы шарик оказался в максимальной точке надо, чтобы



Найдем  $\beta$  и подставим в  $h(\Delta)$ :

$$O_x: 2S = v_0 \cdot \tau \cdot \cos \beta \Rightarrow \tau = \frac{2S}{v_0 \cos \beta}$$

$$O_y: 0 = v_0 \tau \sin \beta - \frac{1}{2} g \tau^2 \Rightarrow \tau = \frac{2 v_0 \sin \beta}{g}$$

$$\sin 2\beta = \frac{2 \cdot 20 \cdot 10}{20^2} = 1 \Rightarrow \beta = 45^\circ$$

$$h_{\max} = h(\beta) = S \cdot \tan \beta - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \beta} = 20 \cdot 1 - \frac{10 \cdot 20^2 \cdot 4}{20^2 \cdot 2 \cdot 2} = 20 - 10 = 10 \text{ м}$$

Ответ: 1)  $v_0 = 20 \text{ м/с}$

2)  $h_{\max} = 10 \text{ м}$ .

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!

Дано:

Решение:

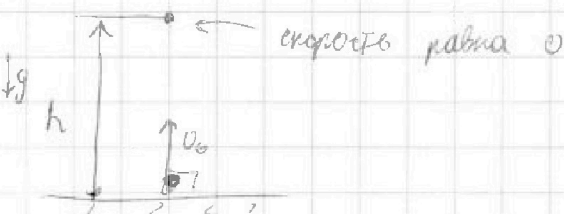
зад. 1 стр. 1

$T = 2\text{c}$

$S = 20\text{м}$

$g = 10\text{ м/с}^2$

1)  $\vec{h} = \vec{v}_0 \cdot T + \frac{1}{2} \vec{g} T^2$



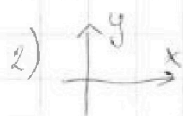
1)  $v_0 = ?$

из кинематич. РУА:

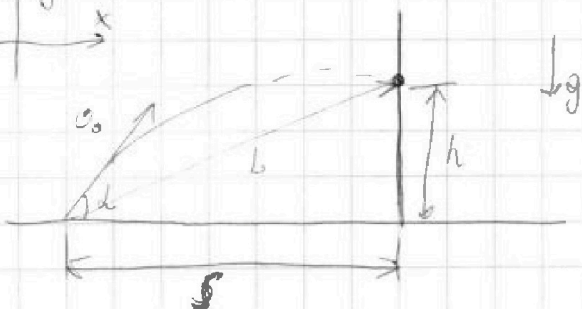
2)  $h_{\text{max}} = ?$

обс  $0 = v_0 - gT$

$v_0 = gT = 10 \cdot 2 = 20 \text{ (м/с)}$



$\vec{L} = \vec{v}_0 t + \frac{1}{2} \vec{g} t^2$



$O_x: S = v_0 t \cdot \cos \alpha \Rightarrow t = \frac{S}{v_0 \cdot \cos \alpha}$

$O_y: h = v_0 t \sin \alpha - \frac{1}{2} g t^2$

$h = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot \frac{S}{v_0 \cdot \cos \alpha} - \frac{1}{2} g \cdot \left( \frac{S}{v_0 \cdot \cos \alpha} \right)^2$

$h = S \cdot \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha}$

Намнн зависимость  $h(L)$ . Найдем максимум.

# Не умеем брать производную, поэтому будем рассуждать.

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!

$$T = \tau_1 + \tau_2 = 0,4 + \sqrt{\frac{1}{15}} \approx 0,4 + 0,25 = 0,65 \text{ (с)}$$

Заг. 2 стр. 2

2) Второй опыт:

2.1) Конеч. скорость коробки равна скорости ленты  $u = 2 \text{ м/с}$

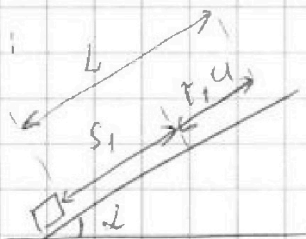
Это значит, что скорость коробки от-но ленты равна 0.

Перейдем в ИСО ленты.  $U_0$  равно скорости перемещ.

что в этой ИСО коробка проедет  $S_1$  за время  $\tau_1$ . Но

Теперь ещё добавим  $u$  и перемещение ленты, равное  $u \cdot \tau_1$ .

Визуализация:  
(в ИСО земли)



$$L = S_1 + u \tau_1 = 0,8 + 0,4 \cdot 2 = 1,6 \text{ (м)}$$

2.2) Конечная скорость коробки равна 0, поэтому её

скорость от-но ленты равна  $-u$  (если брать ось, направлен.

вверх вдоль оси скорости). То есть сначала наша коробка

поднималась вверх, а затем чуть-чуть съезжала. В ИСО

ленты: коробка поднималась на  $S_1$  за  $\tau_1$ , остановилась,

остатываясь в  $u$  с ускорением  $a_2$  до скорости  $u$

(время торм.  $\tau_3 = \frac{u}{a_2} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3} \text{ (с)}$ ). За это время она

прошла от-но ленты:  $S_3 = \frac{1}{2} a_2 \tau_3^2 = \frac{6 \cdot 10^2}{2 \cdot 9} = \frac{100}{9} = \frac{1}{9}$

1  2  3  4  5  6  7

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

Дано:

Заг. 2 стр. 1

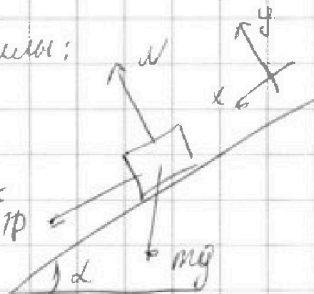
1) Плывущий объект,

$\sin d = 0,8$

Силы:

$2,3 \text{ Н}$

$v_0 = 4 \text{ м/с}$



$O_y: N = mg \cos d$

$\mu = 2 \text{ м/с}$

$O_x: F_{тр} + mg \sin d = ma_1$

$\mu = \frac{1}{3}$

Убедитесь, что  $F_{тр} = \mu N$

$g = 10 \text{ м/с}^2$

Найдем  $a_1$  (  $a_1$  ускорение )

$S = 1 \text{ м}$

$a_1 = \frac{F_{тр}}{m} + g \sin d = \frac{\mu m g \cos d}{m} + g \sin d = g(\mu \cos d + \sin d) =$

1)  $T = ?$

Найдем путь, пока коробка движется вверх. Из

2)  $L = ?$

кинематике РУА:  $0 = v_0 - a_1 t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{v_0}{a_1}$

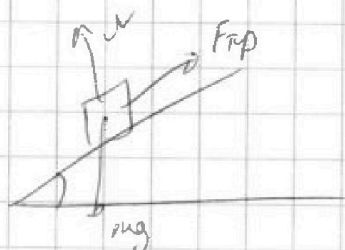
3)  $H = ?$

$S_1 = v_0 t_1 - \frac{1}{2} a_1 t_1^2 = \frac{v_0^2}{a_1} - \frac{v_0^2}{2a_1} = \frac{v_0^2}{2g(\mu \cos d + \sin d)}$

$= \frac{4^2}{2 \cdot 10 \left( \frac{1}{3} \cdot 0,6 + 0,8 \right)} = \frac{16}{20 \cdot 1} = \frac{4}{5} < 1$ , то есть тело пойдет

дальше вниз.  $H \left| t_1 \right. = \frac{v_0}{a_1} = \frac{v_0}{g(\mu \cos d + \sin d)} = \frac{4}{10 \left( \frac{1}{3} \cdot 0,6 + 0,8 \right)} = 0,4 \text{ (с)}$

Силы (вниз):



т.е.  $F_{тр}$  изменила направление, следовательно

нашло  $a_2$  (ускорение вниз):

$a_2 = g(\sin d - \mu \cos d) = 10 \cdot 0,6 = 6 \text{ (м/с}^2)$

Вначале скорости нет, останется проекция  $S_2 = S - S_1 = 0,2 \text{ м}$ .

Из РУА:  $S_2 = \frac{1}{2} a_2 t_2^2 \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2S_2}{a_2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2}{6}} = \sqrt{\frac{1}{15}}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

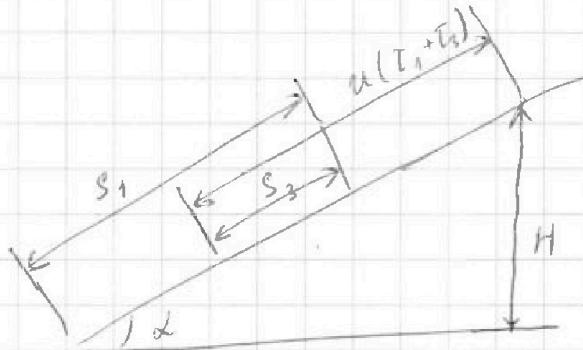
1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**МФТИ**

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

Вычисляющая в ИСО Земли:

зад. 2 стр. 3



$$\frac{H}{\sin \alpha} = S_1 - S_2 + u(t_1 + t_2)$$

~~$$H = (S_1 - S_2 + u(t_1 + t_2)) \cdot \sin \alpha = \left(0,8 - \frac{100}{3} + 2\left(0,4 + \frac{10}{3}\right)\right) \cdot 0,8 =$$
$$= \left(\frac{8}{10} - \frac{100}{3} + \frac{8}{10} + \frac{20}{3}\right) \cdot 0,8 = \left(\frac{16}{10} - \frac{80}{3}\right) \cdot 0,8$$~~

$$H = (S_1 - S_2 + u(t_1 + t_2)) \cdot \sin \alpha = \left(0,8 - \frac{1}{3} + 2\left(0,4 + \frac{1}{3}\right)\right) \cdot 0,8 =$$
$$= \left(\frac{8}{10} - \frac{1}{3} + \frac{8}{10} + \frac{2}{3}\right) \cdot 0,8 = \left(\frac{16}{10} + \frac{1}{3}\right) \cdot 0,8 = \frac{16 \cdot 3 + 10}{30} \cdot 0,8 =$$
$$= \frac{58 \cdot 8}{300} \approx \frac{60 \cdot 8}{300} = \frac{8}{5} = \frac{16}{10} \approx 1,6 \text{ м}$$

Ответ: 1)  $T = 0,85 \text{ с}$ .

2)  $L = 1,6 \text{ м}$

3)  $H = 1,6 \text{ м}$  # коробка поднимается вверх

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

Дано:

$v_0, d, \mu, g$

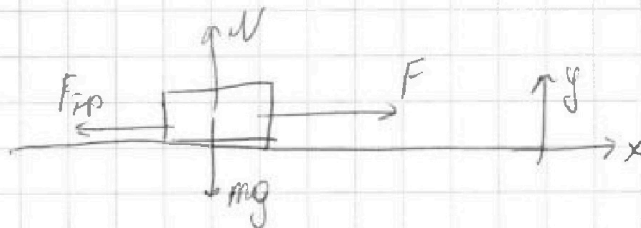
$$F_1 = F_2 = F$$

1)  $\mu = ?$

2)  $T = ?$

1) Время одинаковое, начальная скорость одина-  
ковая, конечная скорость одинаковая  $\Rightarrow$   
 $\Rightarrow$  одинаковые ускорения (обозначим  $a$ ).

1 сур:

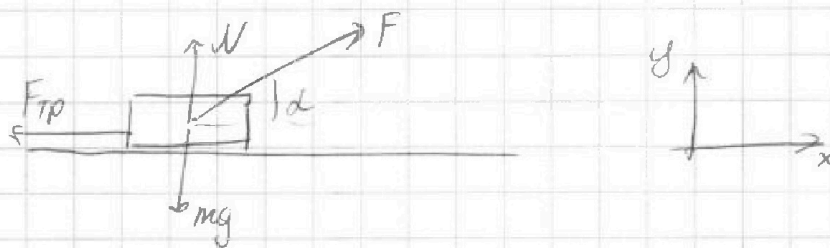


$$\Sigma F_y: 0_y, N = mg \Rightarrow F_{тр} = \mu N = \mu mg$$

$$\Sigma F_x: F - F_{тр} = ma$$

$$F - \mu mg = ma \quad (1)$$

2 сур:



$$\Sigma F_y: 0_y, N + F \cdot \sin \alpha = mg \Rightarrow F_{тр} = \mu N = \mu (mg - \sin \alpha F)$$

$$\Sigma F_x: F \cos \alpha - F_{тр} = ma$$

$$F \cos \alpha - \mu (mg - \sin \alpha F) = ma \quad (2)$$



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 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!



заг. 3 стр. 2

Приравняем (1) к |z|:

$$F - \mu mg = F \cos \alpha - \mu (mg - \sin \alpha F)$$

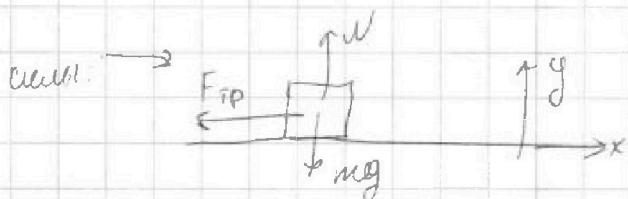
$$\mu mg - \mu \sin \alpha \cdot F - \mu mg = F \cos \alpha - F$$

$$-\mu \sin \alpha \cdot F = F \cos \alpha - F$$

$$\mu \sin \alpha = 1 - \cos \alpha$$

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

2) Скорость  $v_0$  до 0 с ускорением  $a_1$ ,  $v_0$  кинематика  $v_0 = T a_1 \Rightarrow T = \frac{v_0}{a_1}$



$$Oy: mg = N \Rightarrow F_{тр} = \mu mg$$

$$Ox: F_{тр} = m a_1$$

$$(a_1 = \frac{F_{тр}}{m} = \frac{\mu mg}{m} = \mu g)$$

Подставим:

$$T = \frac{v_0}{\mu g} = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) g}$$

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

2)  $T = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) g}$

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!

$D = 1$   
 $T_1 = 400 \text{ K}$

Газ одноатомный, т.е.  $\gamma = 5/3$ , т.е.  $c_p = \frac{5}{2}R$ ,  $c_v = \frac{3}{2}R$

рис. 4 стр. 1

1)  $A_{12} = ?$

1)  $1-2^{\circ}$   $c = 2R$ ;  $T_1 = T_1$ ,  $T_2 = 4T_1$

2)  $\eta = ?$

Чр.е. расширения (т.к.  $c = \text{const}$ ):

$pV^n = \text{const}$ ;  $\eta = \frac{c - c_p}{c - c_v} = \frac{2R - \frac{5}{2}R}{2R - \frac{3}{2}R} = \frac{-\frac{1}{2}R}{+\frac{1}{2}R} = -1$

~~$pV^3 = \text{const}$~~

~~Менделеев-Клапейрон:  $pV = \nu RT$ ,  $V = \frac{\nu RT}{p}$~~

~~$pV \cdot V^2 = \text{const} \Rightarrow \nu RT \cdot V^2 = \text{const} \Rightarrow TV^2 = \text{const}$~~

~~$pV^3 = \text{const} \Rightarrow p \cdot \frac{\nu RT^3}{p^3} = \text{const} \Rightarrow \frac{T^3}{p^2} = \text{const}$~~

~~$T_1 \cdot V_1^2 = T_2 \cdot V_2^2 \Rightarrow V_2 = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}} \cdot V_1 = \sqrt{\frac{T_1}{4T_1}} \cdot V_1 = \frac{1}{2} V_1$~~

~~$\frac{T_1^3}{p_1^2} = \frac{T_2^3}{p_2^2} \Rightarrow p_2 = p_1 \cdot \sqrt{\frac{T_2^3}{T_1^3}} = p_1 \cdot \sqrt{\frac{4^3 \cdot T_1^3}{T_1^3}} = 8p_1$~~

~~$pV^{-1} = \text{const} \Rightarrow \frac{p}{V} = \text{const}$~~

Менделеев-Клапейрон

$p = \frac{\nu RT}{V}$ ,  $\frac{1}{V} = \frac{p}{\nu RT}$

$p = \text{const} \Rightarrow \frac{\nu RT}{V^2} = \text{const} \Rightarrow \frac{T}{V^2} = \text{const}$

$\frac{T_1}{V_1^2} = \frac{T_2}{V_2^2} \Rightarrow V_2 = V_1 \cdot \sqrt{\frac{T_1}{T_2}} = V_1 \cdot \sqrt{\frac{4T_1}{T_1}} = 2V_1$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



12009.4 стр. 2

$$p = \text{const} \Rightarrow \frac{p^2}{\rho R T} = \text{const} \Rightarrow \frac{\rho^2}{T} = \text{const}$$

$$\frac{p_1^2}{T_1} = \frac{p_2^2}{T_2} \Rightarrow \boxed{p_2 = p_1 \cdot \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} = p_1 \cdot \sqrt{\frac{4T_1}{T_1}} = 2p_1}$$

2) 2-3:  $c = 0,5R = \text{const}$ ;  $T_3 = 2^{1,5} T_1 \Rightarrow T_3 = 2^{1,5} T_1$

$$\boxed{\eta = \frac{0,5R - 2,5R}{0,5R - 1,5R} = \frac{-2R}{-1R} = 2}$$

$$pV^2 = \text{const}$$

$$p = \frac{\rho R T}{V}; \quad V^2 = \left(\frac{\rho R T}{p}\right)^2$$

$$pV^2 = \text{const}; \quad \frac{\rho R T}{V} \cdot V^2 = \text{const}; \quad \Rightarrow TV = \text{const}$$

$$T_2 V_2 = T_3 V_3 \Rightarrow \boxed{V_3 = V_2 \cdot \frac{T_2}{T_3} = V_2 \cdot \frac{4T_1}{2^{1,5} T_1} = \sqrt{2} V_2 = 2\sqrt{2} V_1}$$

$$pV^2 = \text{const}; \quad \rho \cdot \left(\frac{\rho R T}{p}\right)^2 = \text{const}; \quad \frac{T^2}{p} = \text{const};$$

$$\frac{T_2^2}{p_2} = \frac{T_3^2}{p_3} \Rightarrow \boxed{p_3 = p_2 \cdot \frac{T_3^2}{T_2^2} = p_2 \cdot \frac{(2^{1,5})^2 \cdot T_1}{4T_1} = \frac{1}{2} p_2 = p_1}$$

3) 3-1:  $c = 2,5R = \text{const}$ ;  $T_1 = T_1$

$$\eta = \frac{2,5R - 2,5R}{1,5R - 1,5R} = 0$$

$$pV^0 = \text{const} \Rightarrow p = \text{const}, \text{ т.е. } p_3 = p_1 \text{ (что и написано выше)}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

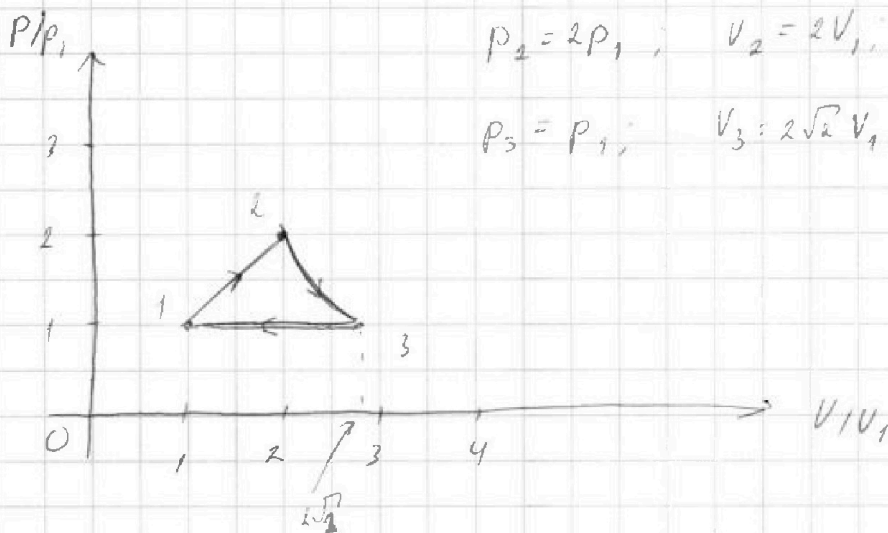
1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7

МФТИ

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



4) График:



$p_1 = p_1 ; V_1 = V_1 ; T_1 = T_1$

$p_2 = 2p_1 ; V_2 = 2V_1 ; T_2 = 4T_1$

$p_3 = p_1 ; V_3 = 2\sqrt{2}V_1 ; T_3 = 2^{1.5}T_1 = 2\sqrt{2}T_1$

(заг. 4 стр. 3)

# 1-2:  $\frac{p}{V} = \text{const}$ , т.е.  $p = \text{const} \cdot V \Rightarrow$  линейная зависимость (точнее прямо пропорц.)

# 2-3: неопределенная кривая

# 3-1:  $p = \text{const}$ , т.е. параллельно оси.

Работа +2 равна площади под графиком:

$$A_{12} = S_{\text{гр}} = (V_2 - V_1) \cdot \frac{1}{2} (p_1 + p_2) = (2V_1 - V_1) \cdot \frac{1}{2} (p_1 + 2p_1) = \frac{3}{2} p_1 V_1$$

Менделеев-Клапейрон:  $p_1 V_1 = \nu R T_1 \Rightarrow A_{12} = \frac{3}{2} \nu R T_1$

$$A_{12} = \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 400 \approx 3 \cdot 2 \cdot 830 = 6 \cdot 830 = 4980 \approx 5000 \text{ (Дж)}$$

5)  $\eta = 1 - \frac{Q_{\text{х}}}{Q_{\text{н}}}$   $Q_{\text{х}}$  - сколько тепла отбрасывается;  $Q_{\text{н}}$  - сколько подводится.

$$1.1 Q_{12} = \sum_1^T \delta Q_{12} = \sum_1^T c_{12} dT = c_{12} \sum_1^T dT = c_{12} (T_2 - T_1) = 3 c_{12} T_1 = 6 R \nu T_1$$

$dT$  для каждой частицы в процессе положительна,

т.е.  $Q_{12}$  вся идет в  $Q_{\text{н}}$ .

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!



зад. 4 стр. 4

$$1.2 \quad Q_{23} = c_{23} \int \sum dT = c_{23} \int (T_3 - T_2) = \frac{1}{2} R \cdot \int (2^{1,5} T_1 - 4T_1) =$$
$$= \int R T_1 \cdot (\sqrt{2} - 2)$$

$dT$  - в каждый момент времени меньше нуля, то есть весь процесс протекает в действительности отводимая, т.е.  $Q_{23}$  в  $Q_v$ .

$$1.3 \quad Q_{31} = c_{31} \int (T_1 - T_3) = \frac{5}{2} \int R (T_1 - 2\sqrt{2} T_1) = \frac{5}{2} \int R T_1 (1 - 2\sqrt{2})$$

Аналогично  $Q_{31}$  в  $Q_k$ .

$$Q_H = Q_{12}; \quad Q_v = -Q_{23} - Q_{31}$$

$$\left[ \eta = 1 + \frac{Q_{23} + Q_{31}}{Q_{12}} = \frac{\int R T_1 \cdot (\sqrt{2} - 2) + \int R T_1 \left( \frac{5}{2} - 5\sqrt{2} \right)}{6 \int R T_1} + 1 = \right.$$

$$= \frac{\sqrt{2} - 2 + 2,5 - 5\sqrt{2}}{6} + 1 = \frac{0,5 - 4\sqrt{2} + 6}{6} = \frac{6,5 - 4\sqrt{2}}{6} \approx \frac{6,5 - 5,6}{6} = 0,15$$

Ответ: 1)  $A_{12} = 5 \text{ кДж}$

2)  $\eta = 0,15$

3) график в решении.

1  2  3  4  5  6  7

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

Дано:

1) Начальный момент

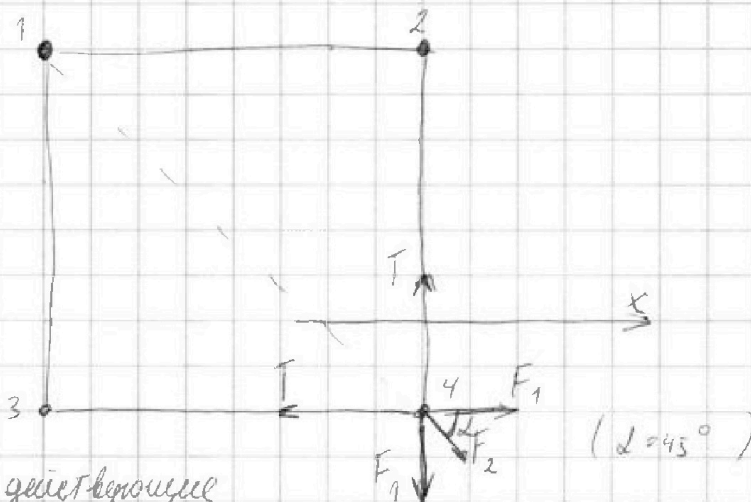
зад. 5 стр. 1

$b, q, m, k$

1)  $T = ?$

2)  $\alpha = ?$

3)  $\alpha = ?$



Изобразим силы, действующие

на правой нижней шарик.

1- В силу симметрии нить действует на шарик вверх и влево с одинаковой силой  $T$ .

2- от шариков 2 и 3 на 4 шарик действует сила

$$F_1 = \frac{kq^2}{b^2}$$

3- от шарика 1 на шарик 4 действует сила

$$F_2 = \frac{kq^2}{(\sqrt{2}b)^2} = \frac{kq^2}{2b^2} = \frac{1}{2} F_1$$

23H на OX:  $F_1 - T + F_2 \cdot \cos 45^\circ = 0$

$$T = F_1 + F_2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = F_1 + \frac{\sqrt{2}}{4} F_1 = \frac{4 + \sqrt{2}}{4} F_1$$

$$T = \frac{4 + \sqrt{2}}{4} \cdot \frac{kq^2}{b^2}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

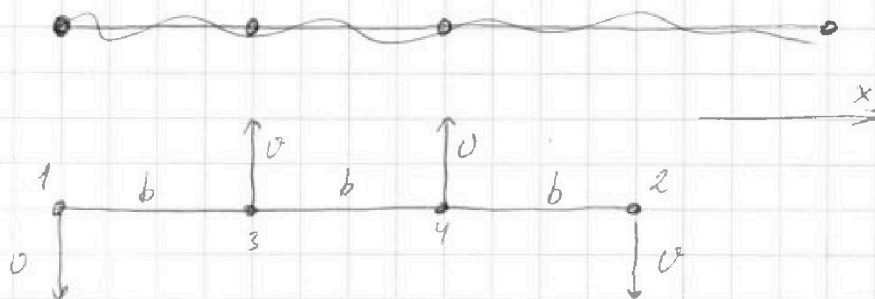
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

2)

зад 5 стр 2



Для системы верев 3СЦ, т.к. скорости крайних шариков направлены вниз, то скорости «центральных» шариков направлены вверх. Принимаем ось  $x$  симметрично и перпендикулярно каждой из скоростей направлена  $\perp$  оси  $x$ .  
 Так же для системы верев 3СЗ. Рассчитываем изменение энергии только между шариками 1 и 2 (было  $b$  стало  $3b$ ), между 3 и 2 и 1 и 4 (было  $2b$  стало  $2b$ ), все другие расстояния равны  $b$ . Значит только это повлияет на энергию.  
 $E_k = -\Delta E_{эл}$ ;

$$E_k = 4 \cdot \frac{mv^2}{2} = 2mv^2$$

$$\Delta E_{эл} = E_{кон} - E_{нач} = (E_{const} + E_{к12} + E_{к14} + E_{к23}) - (E_{const} + E_{н12} + E_{н14} + E_{н23}) =$$

$$= \frac{kq^2}{3b} + \frac{kq^2}{2b} + \frac{kq^2}{2b} - 3 \cdot \frac{kq^2}{b} = \frac{kq^2}{b} \left( \frac{1}{3} + 2 \cdot \frac{1}{2} - 3 \right) = -\frac{5}{3} \cdot \frac{kq^2}{b}$$

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!



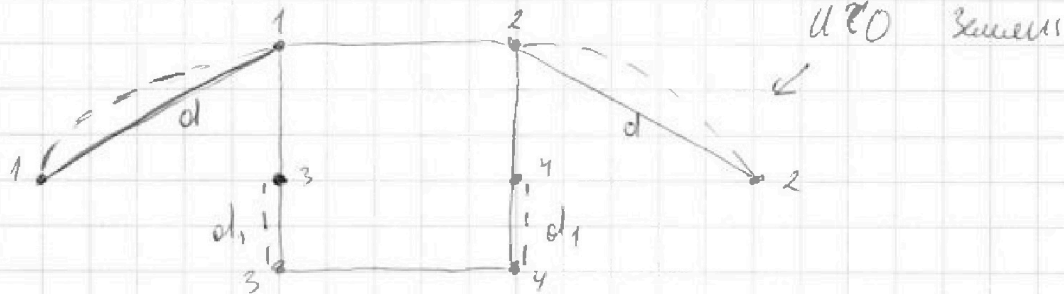
$$2m v^2 = \frac{5}{3} \frac{kq^2}{b} = \frac{5}{3} \cdot \frac{kq^2}{b}$$

заг. 5 стр. 3

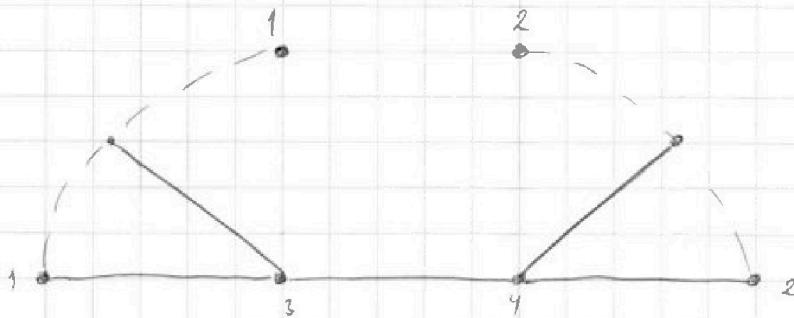
~~$$v = \frac{10}{3} \frac{kq^2}{b}$$~~

$$v = \sqrt{\frac{5kq^2}{6bm}}$$

3)



ИЦО машинки, которая движется вместе с маркерами 3 и 4.



Ничего, кроме крайних траекторий эта ИЦО не даёт.

В промежуточный момент:

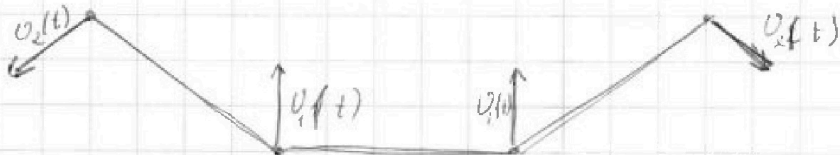


рисунок скоростей.



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

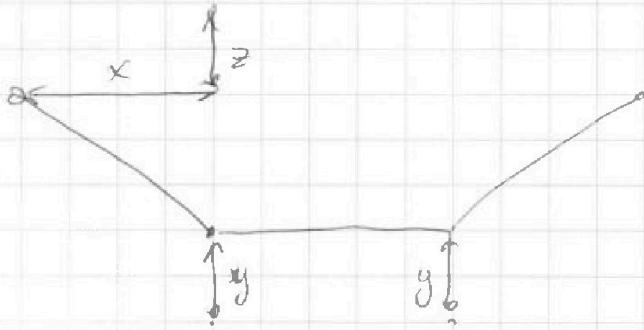
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



зад. 5 ср. 5

Путь ш. 3 смещеная вверх на  $y$ ,

ш. 3 - влево на  $x$ , а вниз на  $z$



Тогда  $l = (x+b) \cdot \frac{1}{\cos d}$ ,  $p = x + x + b = 2x + b$

Задавая (1) как  $\sin \beta$ , выразим  $T$ , подставим в (2)

$$T = \frac{m a_y}{\sin \beta} + \frac{k q^2}{e^2} \cdot \frac{\sin d}{\sin \beta} + \frac{k q^2}{b^2} \cdot \frac{\sin d}{\sin \beta}$$

$$m a_y \cdot \operatorname{tg} \beta + \frac{k q^2}{e^2} \cdot \sin d \cdot \operatorname{tg} \beta + \frac{k q^2}{b^2} \cdot \cos \beta - \frac{k q^2}{e^2} \cdot \cos d - \frac{k q^2}{p^2} \cdot \frac{k q^2}{b^2} \cdot \cos \beta = m a_x$$

$$m (a_y \cdot \operatorname{tg} \beta - a_x) = k q^2 \left( \frac{1}{p^2} + \frac{1}{e^2} \cdot \cos d - \frac{1}{e^2} \cdot \sin d \cdot \operatorname{tg} \beta \right)$$

$$m (a_y \cdot \operatorname{tg} \beta - a_x) = k q^2 \left( \frac{1}{(2x+b)^2} + \frac{1}{(x+b)^2 \cdot \cos d} - \frac{1}{(x+b)^2} \cdot \frac{\sin d \cdot \operatorname{tg} \beta}{\cos^2 d} \right)$$

Ускорения в начале и в конце нет;  $d = 45^\circ$  в нач и  $d = 0^\circ$  в

конце;  $\beta = 90^\circ$  в нач и  $0^\circ$  в кон;

Реальнее зашло в туннель.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



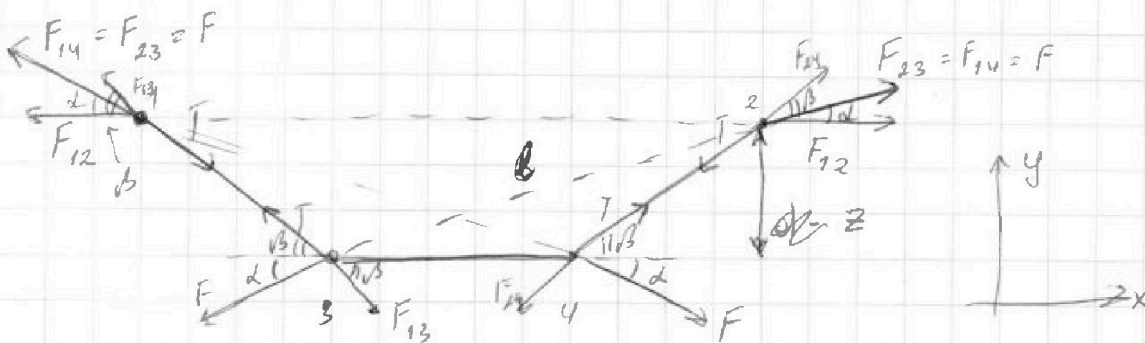
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



рисунок см.

заг. 5 стр 4

Сфера в поле - вращается нет, поэтому все массы соединены  
и на ш. 3 и ш. 4 можно не рисовать.



Смысл ш. 3 и ш. 4 не рисовать, т.к. они не влияют  
на Oy для 3 ш.  $T \cos \beta - F_{13} \cos \beta = ma_x$

$$T \cdot \sin \beta - F \cdot \sin \alpha - F_{13} \cdot \sin \beta = ma_y$$

$T \cdot \sin \beta - F \cdot \sin \alpha + T \cos \beta$  - расст. ш. 3 и 2.

$$T \cdot \sin \beta - \frac{kq^2}{e^2} \cdot \sin \alpha - \frac{kq^2}{b^2} \cdot \sin \beta = ma_y \quad (1)$$

23H на Oy для 1 ш.

$$+ T \cdot \cos \beta - F \cdot \cos \alpha - F_{12} - F_{13} \cdot \cos \beta = ma_x$$

$$+ T \cdot \cos \beta - \frac{kq^2}{e^2} \cdot \cos \alpha - \frac{kq^2}{\rho^2} - \frac{kq^2}{b^2} \cdot \cos \beta = ma_x \quad (2)$$

Пусть  $\rho$  - расстояние ш. 1 и ш. 2.

Теперь выразим  $\ell$  и  $\rho$  1/3 угла и 1/3  $b, d, d_1$ ,

затем просуммируем и всё найдем.

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!



Черновик!

1) 1-2:

$$\frac{P_1^2}{T_1^3} = \frac{P_2^2}{T_2^3} \quad P_2 = \sqrt{\frac{T_2^3}{T_1^3}} \cdot P_1$$

$$\frac{T_1}{V_1^2} = \frac{T_2}{V_2^2}$$

$$\frac{V_2^2}{V_1^2} = \frac{T_2}{T_1}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ \times 83 \\ \hline 6 \\ \hline 498 \\ \hline 498 \end{array}$$

Ч. 1,42

$\approx 5,6$

$$\frac{0,9}{6} = \frac{0,3}{2} = \frac{3}{20} = \frac{15}{100}$$

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!



Черновик

$$\operatorname{tg} = \frac{\sin}{\cos}$$

$$\sin = \cos \operatorname{tg}$$

$$\cos^2 = \frac{1}{\operatorname{tg}^2 + 1}$$

$$\cos^2 \operatorname{tg}^2 + \cos^2 = 1$$

$$\operatorname{tg}^2 = \frac{1}{\cos^2} - 1$$

$$\cos^2$$

$$(\cos \cdot \cos)' =$$

$$= \cos' \cdot \cos + \cos \cdot \cos' = -\sin \cdot \cos - \cos \cdot \sin = -2 \cos \sin$$

$$\frac{g \sin d}{\cos d} - \frac{2S^2}{v_0^2 \cos^2 d} = \frac{v_0^2 S \sin \cos - g S^2}{v_0^2 \cos^2 d}$$

$$2S = v_0 \cdot t_{\text{max}} \cdot \cos d$$

$$t_{\text{max}} = \frac{2S}{v_0 \cos d}$$

$$0 = v_0 \cdot t_{\text{max}} \cdot \sin d - \frac{1}{2} g t_{\text{max}}^2$$

$$\frac{2S}{v_0} = \frac{2 v_0 \sin d}{g}$$

$$\frac{2 v_0 \sin d}{g} = t_{\text{max}}$$

$$\sin d = \frac{g S}{v_0^2} = \frac{10 \cdot 10}{20^2} = 0,25$$

$$d = 20 \cdot \arcsin \left( \frac{1}{4} \right) = \frac{1}{2} g = \frac{20}{10^2} = \frac{g}{4}$$

$$\sin \frac{\pi}{2} \quad \cos \frac{\pi}{2}$$

$$= \frac{20}{\sqrt{15}} \cdot 5 = \frac{g}{4} \cdot \text{max}$$

$$v_0 \cdot \frac{20}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = 5 \cdot \frac{20}{20^2 \cos^2 d} = \frac{20}{\sqrt{3}} = \frac{5 \cdot 4}{3}$$

2