



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.

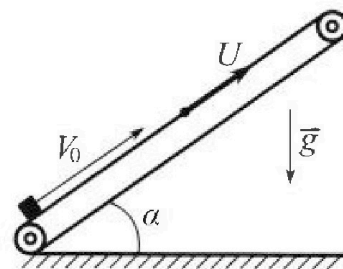
1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

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.

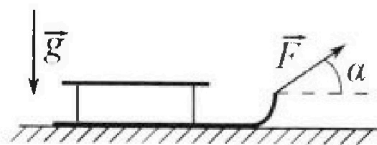
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом  $\alpha$  к горизонту (см. рис.).

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.

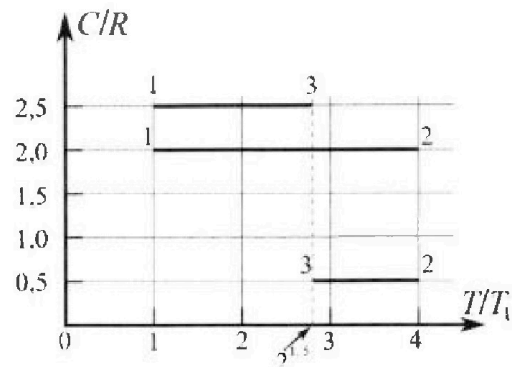


# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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

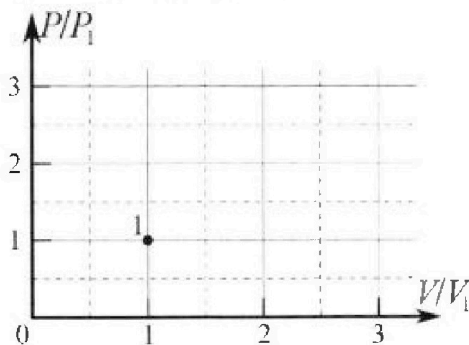
1. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2,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



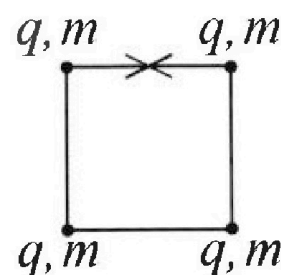
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной  $b$  (см. рис.). Масса каждого шарика  $m$ , заряд  $q$ .

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                        |
| <input checked="" 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!

## Задача 1

$$1) \frac{mv_0^2}{2} = mgH$$

$m$  - масса груза

$H$  - максимальная высота

$$v_0^2 = 2gH$$

$$H = \frac{v_0 + 0}{2} T = \frac{v_0 T}{2}$$

$$v_0^2 = v_0 T g$$

$$v_0 = gT = 20 \text{ м/с}$$

$$2) v_0 \cos \alpha t = S \quad t - \text{время полета груза}$$

$$v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} = H \quad ; \quad t = \frac{S}{v_0 \cos \alpha}$$

$$H = S \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} = S \sqrt{\frac{1 - \cos^2 \alpha}{\cos^2 \alpha}} - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$= S \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \alpha} - 1} - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$\int \frac{1}{\cos^2 \alpha} d\alpha = X$$

$$H = S \sqrt{X - 1} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} X$$

возьмем производную и найдем экстремум

$$S \left( \frac{1}{2} \right) \frac{1}{\sqrt{X - 1}} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} = 0$$

$$\frac{S}{2 \sqrt{X - 1}} = \frac{g S^2}{2 v_0^2}$$

$$\sqrt{X - 1} = \frac{v_0^2}{g S}$$

$$X = \frac{v_0^4}{g^2 S^2} + 1 = \frac{v_0^4 + g^2 S^2}{g^2 S^2}$$

$$H = \frac{v_0^2}{g} - \frac{g^2 S^2}{2 v_0^2 g^2 S^2} \left( \frac{v_0^4 + g^2 S^2}{g^2 S^2} \right) = \frac{v_0^2}{g} - \frac{v_0^4 + g^2 S^2}{2 v_0^2 g} = \frac{20 \cdot 20}{10} -$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

$$- \frac{20 \cdot 20 \cdot 20 \cdot 20 + 100 \cdot 20 \cdot 20}{20 \cdot 20 \cdot 20} = 40 - 20 + \frac{100}{20} = 25 \text{ м}$$

Ответ:  $20 \text{ м/с}$ ;  $25 \text{ м}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

1 ☐

2 ☒

3 ☐

4 ☐

5 ☐

6 ☐

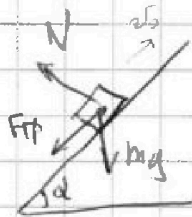
7 ☐

МФТИ

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

## Задача 2.

1)



$m$  - масса коробки  
 $F_{тр}$  - сила трения  
 $N$  - сила реакции опоры

$$F_{тр} = \mu N$$

$$N = mg \cos \alpha$$

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

$$a = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = 10 \left( \frac{1}{3} \cdot \frac{6}{10} + \frac{8}{10} \right) = 10 \text{ м/с}^2$$

Найдем расстояние, которое коробка проедет до того как изменил направление скорости.

$$S_1 = \frac{v_0^2 - 0}{2a} = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{16}{20} = \frac{8}{10} = 0.8 \text{ м}$$

то время  
пролетит

$$S_1 = \frac{v_0}{2} t_1, \quad t_1 = \frac{2S_1}{v_0} = \frac{2 \cdot 0.8}{10} = 0.16 \text{ с}$$

3 м. время  
он едет  
сначала  
назад  
затем  
вперед

Значит он пройдет путь еще  $S_2 = S - S_1 = 1 - 0.8 = 0.2$

$$S_2 = \frac{at_2^2}{2}, \quad t_2 = \sqrt{\frac{2S_2}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0.2}{10}} = 0.2 \text{ с}$$

$$T = t_1 + t_2 = 0.16 + 0.2 = 0.36 \text{ с}$$

время на которое  
он будет  
в пути

2) Перейдем в с.о. ~~где~~ цент. В лабораторной с.о. коробка будет иметь скорость  $u$ , когда в с.о. цент ее скорость равна нулю.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

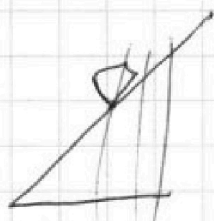
Отметьте крестиком номер задачи,

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!



$$v_0 - u = v_0 - u - at$$

$t$  - время за которое это произойдет.

$$L_1 = \frac{(v_0 - u)^2 - (v_0 - u)^2}{2a} = \frac{(v_0 - u)^2}{2a} - \text{расстояние в } \Phi \text{ от н. лент}$$

$$L_2 = ut = \frac{u(v_0 - u)}{a} - \text{расстояние, которое пролетит лента}$$

$$L = L_1 + L_2 = \frac{(v_0 - u)v_0}{2a} = \frac{4 \cdot 16}{2 \cdot 20} = 0,6 \text{ м}$$

$$3) L_1' = \frac{(v_0 - u)^2 - (0 - u)^2}{2a} =$$

$$0 - u = v_0 - u - at'$$

$t'$  - время, за которое это произойдет

$$= \frac{v_0^2 - 2v_0u + u^2 - u^2}{2a} = at' = v_0$$

$$= \frac{v_0^2 - 2v_0u}{2a} \quad t' = \frac{v_0}{a}$$

$$= \frac{v_0^2 - 2v_0u}{2a} - \text{расстояние от н. лент (перемещение)}$$

$$L_2' = ut' = \frac{uv_0}{a} - \text{пролет ленты}$$

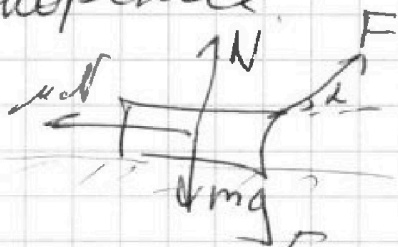
$$L' = L_1' + L_2' = \frac{v_0^2 - 2v_0u + 2uv_0}{2a} = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{16}{20} = 0,8 \text{ м}$$

$$H = L' \sin \alpha = 0,8 \cdot 0,8 = 0,64 \text{ м}$$

Ответ: 0,6 с; 0,6 м; 0,64 м.

|                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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"/> |

- Задача 3
- 1) Т.к. санки разогнались за одно и то же время, значит у них одинаковое ускорение.

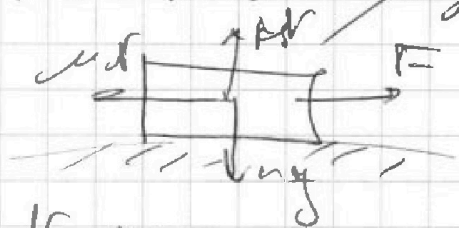


$m$  — масса санок  
 $F$  — сила, с которой тянут  
 $N$  — сила реакции опоры

$$ma = F \cos \alpha - \mu N$$

$$N = mg - F \sin \alpha$$

$$ma = F \cos \alpha - \mu g + \mu F \sin \alpha$$



$$N = mg$$

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

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

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

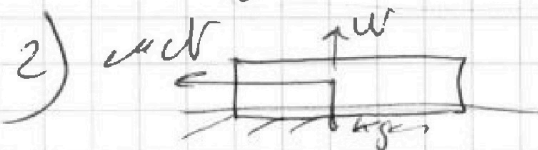
$$\mu \sin \alpha = 1 - \cos \alpha$$

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

$$mg = N$$

$$ma_1 = \mu N = \mu mg$$

$$a_1 = \mu g$$



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!

$$0 = v_0 - a_1 T$$

$$T = \frac{v_0}{a_1} = \frac{v_0}{\mu g} = \frac{v_0 \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) g}$$

Ответ:  $\frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \cdot \frac{v_0 \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) g}$ .



|                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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"/> |

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

Задача 4.  
 $c = 3$   
 $\gamma = 1$  - потому что будем считать идеальным газом.

$$1) c = \frac{dQ}{dT} = \frac{dA}{dT} + \frac{3}{2}R$$

$$\frac{A_{12}}{T_2 - T_1} + \frac{3}{2}R = 2R$$

$$\frac{A_{12}}{(T_2 - T_1)} = \frac{4 - 3}{2}R = \frac{1}{2}R$$

$$A_{12} = (T_2 - T_1) \cdot \frac{1}{2}R = (4T_1 - T_1) \cdot \frac{1}{2}R = \frac{3}{2}RT_1 = \frac{3 \cdot 400}{2}R = 600R = 4986 \text{ Дж.}$$

$$2) \eta = \frac{\sum A}{Q_+}$$

$$A_{31} = 2R - 2,5(2,5 - 1,5)R(T_1 - T_3) = (1 - \sqrt{8})T_1R = (1 - \sqrt{8})400R$$

$$A_{23} = (0,5 - 1,5)R(T_3 - T_2) = (\sqrt{8} - 4)T_1R(-1) = (4 - \sqrt{8})400R$$

$$\sum A = 600R + (1 - \sqrt{8} + 4 - \sqrt{8})400R = 200R(3 + 5 - 2\sqrt{8}) = 200R(8 - 2\sqrt{8}) = 400R(4 - \sqrt{8})$$

$$Q_{12} > 0 \quad Q_{31} < 0$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2}R(T_3 - T_2) \quad A_{23} = -1 \cdot (T_3 - T_2)R$$

$$Q_{23} = \left(\frac{3}{2} - 1\right)R(T_3 - T_2) = \frac{1}{2}R(T_3 - T_2)$$

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!

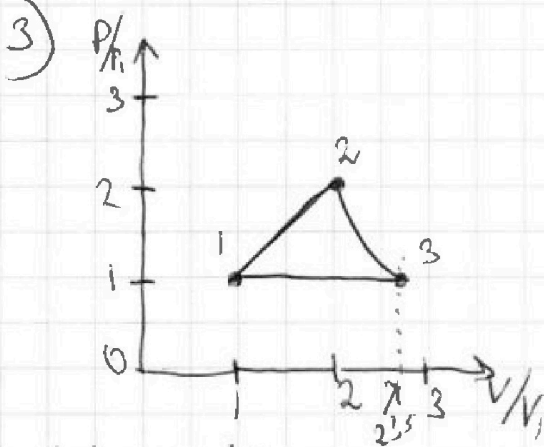


$$Q_{23} < 0$$

$$Q_+ = Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = 600R + \frac{3}{2}(T_2 - T_1)R =$$

$$= 600R + \frac{3}{2} \cdot 400R = 600R + 600R = 1200R$$

$$\eta = \frac{\sum A}{Q_+} = \frac{400(4 - \sqrt{8})R}{1200R} = \frac{4 - \sqrt{8}}{3} = \frac{4 - 2\sqrt{2}}{3} = \frac{2 - \sqrt{2}}{3}$$



В процессе 3-1

$c = (\frac{3}{2} + 1)R = \frac{5}{2}R = 2.5R$  — по  
соответствует температур-  
ности в изобарном  
процессе, соответств.  
но для цикла 3-1  $P = \text{const}$ .

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_3}{\sqrt{8}T_1}$$

$$V_3 = \sqrt{8}V_1$$

$$\frac{V_3}{V_1} = \sqrt{8}$$

В процессе 2-3

$$= \frac{dV}{V} \frac{dT}{dT} R$$

$$\frac{dT}{T} = -\frac{dV}{V} \quad \int \frac{dT}{T} = -\int \frac{dV}{V}$$

$$\ln T = -\ln V + C$$

$$\ln T + \ln V = C \quad \ln TV = C$$

$$\frac{dA}{dT} = -1R = \frac{PdV}{dT} = \frac{dR}{dT} V =$$

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!

Сделаем такое допущение, что  $VT = \text{const}$ .

$$\frac{PV}{T} = \text{const} \Rightarrow PV^2 = \text{const}$$

$$V_3 T_3 = V_2 T_2 \Rightarrow$$

$$\sqrt{8} V_1 \sqrt{8} T_1 = V_2 4 T_1$$

$$8 V_1 T_1 = 4 V_2 T_1$$

$$V_2 = 2 V_1$$

$$P_3 V_3^2 = P_2 V_2^2$$

$$P_1 \cdot 8 V_1^2 = P_2 \cdot 4 V_1^2$$

$$P_2 = 2 P_1$$

В процессе 2-3  $PV^2 = \text{const}$   $P = \frac{2}{V^2}$   $d = 8 P_1 V_1^2$

$$P = \frac{8 P_1 V_1^2}{V^2}$$

$$\frac{P}{P_1} = \frac{8 V_1^2}{V^2}$$

Примерно нарисуем эту зависимость

$$\left(\frac{P}{P_1}\right) = \frac{8}{\left(\frac{V}{V_1}\right)^2}$$

В процессе 1-2.  $\frac{dA}{dT} = \frac{1}{2} R$

$$2P dV = dTR$$

$$\frac{2R T dV}{V} = dTR$$

$$2 \frac{dV}{V} = \frac{dT}{T}$$

$$2 \int \frac{dV}{V} = \int \frac{dT}{T}$$

$$2 \ln V = \ln T + C$$

$$2 \ln V - \ln T = \text{const}$$

$$\frac{V^2}{T} = \text{const}$$





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!

$$\frac{PV}{T} = \text{const} \Rightarrow \frac{P}{V} = \text{const}$$

$$P = \beta V$$

$$P_1 = \beta V_1 \quad \beta = \frac{P_1}{V_1}$$

$$P_2 = \beta V_2$$

$$2P_1 = \beta \cdot 2V_1 \quad \beta = \frac{P_1}{V_1} \quad \text{Все 2 складываем}$$

$$P = \frac{P_1}{V_1} V$$

$$\frac{P}{P_1} = \frac{V}{V_1}$$

Нарисуем

$$\text{Ответ: } 4986 \text{ Дне; } \frac{2-\sqrt{2}}{3} \cdot 100\%$$



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 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!

Задача 5

т.е. система симметрич.  
на, то ~~нет~~ натяжение  
век нитей будет одинаково. Тогда это  
натяжение же одно шаров

$F$  - сил, с которыми действуют 2, 4 шары.

$F_1$  - сил с которой действует 3 шарик.

$$F = \frac{kg^2}{8^2}; \quad F_1 = \frac{kg^2}{2\delta^2}$$

$$F + F_1 \cos\left(\frac{90^\circ}{2}\right) = T$$

$$F + F_1 \cos 45^\circ = T$$

$$T = \frac{kg^2}{8^2} + \frac{\sqrt{2}}{4} \frac{kg^2}{\delta^2} = \frac{kg^2(4 + \sqrt{2})}{4\delta^2} = \frac{(4 + \sqrt{2})}{4} \frac{kg^2}{\delta^2}$$

2) Задача 3 ( )

$$\frac{1}{4} \frac{kg^2}{\delta^2} + \frac{2kg^2}{\sqrt{2}\delta} = \frac{2(2\sqrt{2}+1)kg^2}{\sqrt{2}\delta} = W_1$$

$$W_2 = \frac{3kg^2}{\delta} + \frac{2kg^2}{2\delta} + \frac{kg^2}{3\delta} = \frac{(9+3+1)kg^2}{3\delta} = \frac{13kg^2}{3\delta} = \frac{4kg^2}{\delta} + \frac{1kg^2}{3\delta}$$



Э конечная потенциальная энергия

$$E_k = W_1 - W_2 = \left(\frac{2}{\sqrt{2}} - \frac{1}{3}\right) \frac{kg^2}{\delta} = \left(\frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{1}{3}\right) \frac{kg^2}{\delta} = \frac{(3\sqrt{2} - 1)kg^2}{3\delta}$$

энергия, которая перешла в кинетическую.

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!



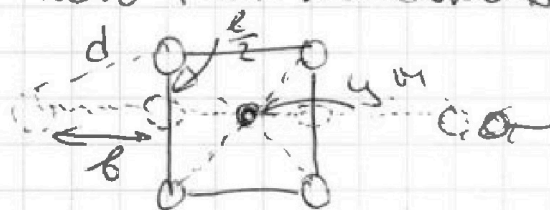
~~Аредко моним, то у шариков в этот момент была одинаковая скорость.~~

~~$$\frac{4m\sigma^2}{2} = \frac{(3\sqrt{2}-1)kg^2}{6}$$~~

~~$$v^2 = \frac{(3\sqrt{2}-1)kg^2}{6m\sigma}$$~~

~~$$v = \sqrt{\frac{(3\sqrt{2}-1)kg^2}{6m\sigma}}$$~~

3) Центр масс должен находиться Г.К. ко  
нцу <sup>действует</sup> ~~тестирования~~ внешнего сил



$$d = \sqrt{b^2 + \frac{b^2}{4}} = \sqrt{\frac{(4+1)b^2}{4}}$$

$$= \frac{\sqrt{5}b}{2}$$

Отв.  $\frac{(4+\sqrt{2})kg^2}{4b^2}$ ;  $\sqrt{\frac{(3\sqrt{2}-1)kg^2}{6m\sigma}}$ ;  $\frac{\sqrt{5}b}{2}$

$$\sqrt{\frac{(\frac{1}{3} + \sqrt{2})kg^2}{6m}}$$

На другом месте переделанный  
пункт 2.



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  
☐

2  
☐

3  
☐

4  
☐

5  
☒

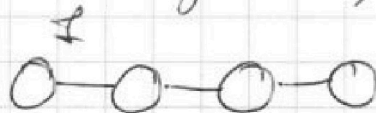
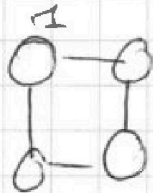
6  
☐

7  
☐

МФТИ

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

2) ~~В~~ Запишем ЗСЭ для первого шарика



$$\frac{2kq^2}{b} + \frac{kq^2}{\sqrt{2}b} = \frac{kq^2}{b} + \frac{kq^2}{2b} + \frac{kq^2}{3b} + \frac{mv^2}{2}$$

$$4kq^2 + \frac{(4 + \sqrt{2})kq^2}{2b} = \frac{(2 + 1 + \frac{2}{3})kq^2}{2b} + \frac{mv^2}{2}$$

$$(4 + \sqrt{2})\frac{kq^2}{b} = (3 + \frac{2}{3})\frac{kq^2}{b} + mv^2$$

$$mv^2 = \frac{(1 + \sqrt{2} - \frac{2}{3})kq^2}{b}$$

$$v^2 = \frac{(\frac{1}{3} + \sqrt{2})kq^2}{bm}$$

$$v = \sqrt{\frac{(\frac{1}{3} + \sqrt{2})kq^2}{bm}}$$

Ответ на другом листе

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"/> |

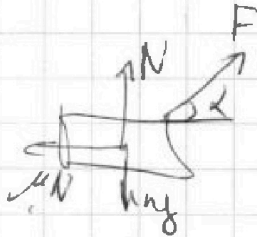
МФТИ

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



$$a_1 = a_2$$

$$\times 600 \cdot 8$$



$$W = mg - F \sin \alpha$$

$$\times 8,31$$

$$\begin{array}{r} 831 \\ \times 6 \\ \hline 4986 \end{array}$$

$$ma_1 = F \cos \alpha - \mu W = F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha)$$

$$ma_2 = F - \mu mg$$

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

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

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

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

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

$$a = 6$$

$$\log a = x$$

$$\log a \cdot \log c = z \cdot \log b$$

$$a^x = b$$

$$v_0 = v_0 - g a T$$

$$\ln | \log a = x | \quad v_0 = a T$$

$$\ln b = x$$

$$e^x = b$$

$$\ln b + \ln c = x$$

$$\ln bc = 0$$

$$\frac{4 - \sqrt{8}}{6} = \frac{2 - \sqrt{8}}{3} = \frac{2\sqrt{2}}{3}$$

$$\frac{v_0}{T} = \frac{v_0^2}{C}$$

$$P = \frac{P dV}{T}$$

$$\frac{P dV}{T} = - \frac{dP}{P}$$

$$P V = \text{const}$$

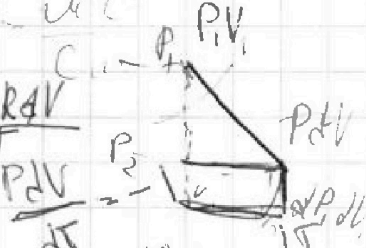
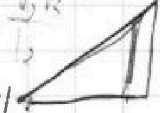
$$P dV = - dT$$

$$dT = T_1$$

$$\ln T + \ln V = \text{const}$$

$$\ln(TV)$$

$$\frac{1}{T} = - \frac{1}{V} e$$



$$P V = \text{const}$$

$$\ln T = - \ln V \quad e^T = x$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

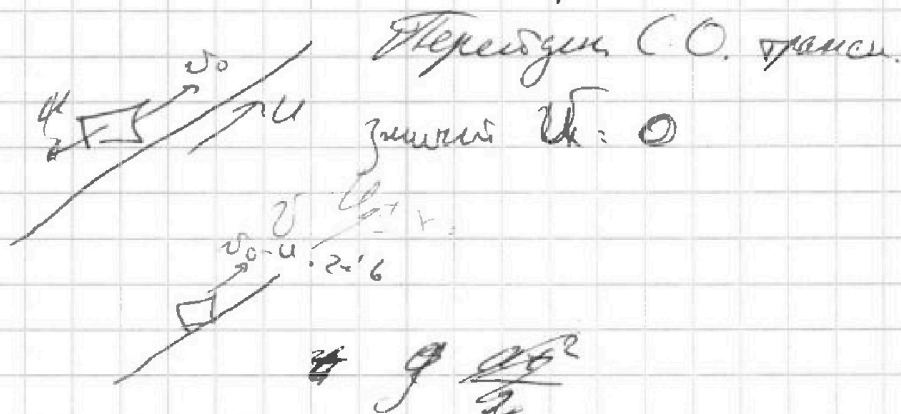
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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!

Мн. касания, то все в лабораторной С.О. ро.



$$a = 10$$

$$v_k = v_0 - at \quad \text{С.О. транс.}$$

$$0 = 2 - 10t \quad S_1 = 2 \cdot 0,2 - \frac{10 \cdot 0,04}{2}$$

$$10t = 2$$

$$t = 0,2 \text{ c}$$

$$S = \frac{v_k^2 - v_0^2}{2a} = \frac{0^2 - 2^2}{2 \cdot 10} = -0,2 \text{ м}$$

$$(v_0 - u) \frac{v_0 - u}{2a} + 2u$$

$$\frac{v_0^2 - u^2}{2a}$$

$$v_k = 2$$

$$\frac{2^2 - 4^2}{2 \cdot 10} = \frac{16 - 4}{20} = 2 - at$$

$$\frac{8 - 2}{10} = 0,6$$

$$10t = 4$$

$$t = 0,4 \text{ c}$$

$$S_1 = 2 \cdot 0,4 - \frac{10 \cdot 0,16}{2}$$

$$= 0,8 - 0,8 = 0$$

$$S_2 = Ut = 2 \cdot 0,4 = 0,8 \text{ м}$$

$$\frac{U}{S_2} = \sin \alpha$$

$$u = S_2 \sin \alpha = 0,8 \cdot 0,8 = 0,64 \text{ м}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

1.1.

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh$$

$$h = \frac{v_0^2}{2g}$$

$$v_0 = \sqrt{2gh}$$

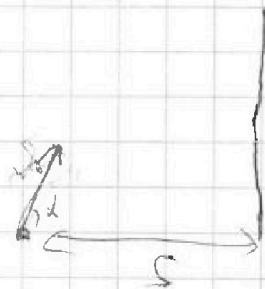
$$v_0^2 = 2gh = 2gv_0t - g^2t^2$$

$$v_0^2 - 2gv_0t + g^2t^2 = 0$$

$$v_0^2 - 40v_0 + 400 = 0$$

$$D = 20^2 - 400 = 0$$

$$v_0 = \frac{+20}{1} = 20 \text{ м/с}$$



$$\cos^2 \alpha = x$$

$$\sqrt{1-x} \cdot 20 - \frac{5}{x} = H$$

$$\sqrt{\frac{1}{x}-1} \cdot 20 - \frac{1}{x} \cdot 5 = H$$

$$H = \frac{v_0^2 + 0}{2} t$$

$$H = \frac{v_0^2}{2} t$$

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

$$x^2 - 2x + \frac{1}{2} - 1 = -\frac{1}{2}$$

$$H = 2 \cdot 20 - 25 = 40 - 25 = 15 \text{ м}$$

$$\sqrt{C-1} \cdot 20 - C \cdot 5 = H$$

$$\sqrt{C-1} \cdot 20 - 5C = 0$$

$$t = \frac{S}{v_0 \cos \alpha} \quad \frac{10}{\sqrt{C-1}} - 5 = 0$$

$$10 - 5\sqrt{C-1} = 0$$

$$2\sqrt{C-1} = 10$$

$$\sqrt{C-1} = 2$$

$$C-1 = 4$$

$$C = 5$$

$$v_0 \cos \alpha dt = S$$

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

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

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

$$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \tan \alpha$$

$$\frac{\sqrt{1-x}}{x} S - \frac{g S^2}{2 v_0^2 x} = H$$



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

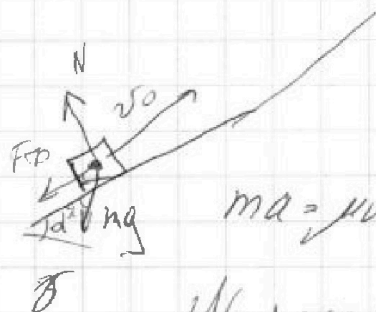
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

|                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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"/> |

**МФТИ**

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

2.



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

$$S = 1 \text{ m}$$

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

$$N = mg \cos \alpha$$

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

$$S = v_0 t - \frac{at^2}{2} = 10 \left( \frac{1 \cdot 6}{3 \cdot 10} + \frac{8}{10} \right)$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

$$\frac{at^2}{2} - v_0 t + S = 0 \quad -2 + 8 = 10$$

$$\frac{1}{3} \quad \sin \alpha = 0,8 \quad \cos \alpha = \sqrt{1 - 0,64} = \sqrt{0,36} = 0,6$$

$$5t^2 - 4t + 1 = 0$$

$$D_1 = 4 -$$

$$S = \frac{v_0^2 - 0^2}{2a} = \frac{4^2}{20} = \frac{4}{5} \text{ m}$$

$$a = \frac{v_0}{\frac{1}{5}} = \frac{4}{\frac{1}{5} \text{ s}} = 20 \text{ m/s}^2$$

$$20 = 20$$

$$\frac{4}{5} = \frac{4 + 0}{2} t$$

$$\frac{1}{5} = 0 + \frac{10t^2}{2}$$

$$\frac{1}{5} = \frac{1}{2} t$$

$$t = \frac{1 \cdot 2}{5} \text{ c}$$

$$18 = 2r t^2$$

$$\frac{1}{5} = \frac{3}{5} \text{ c} \cdot \frac{6}{6} \text{ c} = 0,6$$

$$t^2 = \frac{1}{2r}$$

$$t = \frac{1}{5} \text{ c}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

$$C = \frac{dQ}{dT} = \frac{A}{dT} + \frac{P dV}{dT} = \frac{A}{dT} + \frac{3}{2} R \frac{dT}{dT} = \frac{3}{2} R$$

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

$$\frac{P dV}{dT} = \frac{1}{2} R$$

$$C = \frac{dQ}{dT}$$

$$T_1 = 400 \quad T_2 = 4 \cdot 400$$

$$\frac{A}{dT} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{A}{dT} = \frac{1}{2} R$$

$$A = \frac{1}{2} R T = \frac{3 \cdot 400}{2} = 3 \cdot 200 = 600 \text{ Дж}$$

$$2) \quad \frac{A}{Q_H}$$

$$A_{12} = \frac{1}{2} 600 R \quad A_{32} = (\sqrt{8} - 1) 400 R \quad A_{23} = + (4 - \sqrt{8}) 400 R$$

$$\frac{dP dV}{dT} \quad 2^{1.5} = 2^{\frac{1}{2}} \cdot 2^1 = 2\sqrt{2} \quad \sqrt{2^3} = \sqrt{8}$$

$$P dV = dQ$$

$$0, \frac{1}{2} - \frac{3}{2} = -1 \quad \frac{1}{2} - \frac{3}{2} = -1$$

$$Q_H = A_{12} + \frac{3}{2} 3 \cdot 400 R = 600 R + 1800 R = 2400 R$$

$$A_{23} = (4 - \sqrt{8}) 400 R \quad U_{23} = \frac{3}{2} (4 - \sqrt{8}) R$$

$$Q_{23} < 0$$

$$A = 600 R + (\sqrt{8} - 1 + 4 - \sqrt{8}) 400 R$$

$$\frac{3}{2} \cdot 1 - 3 \quad P = \text{const}$$

$$\frac{P dV}{dT}$$

$$600 R \quad 2 - 2\sqrt{8} \quad 400 R$$

$$P V^{\gamma} = \frac{C - C_p}{C - C_v} = (\sqrt{8} - 1)$$

$$\frac{P V_1}{T_1} = \frac{P V_2}{T_2}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

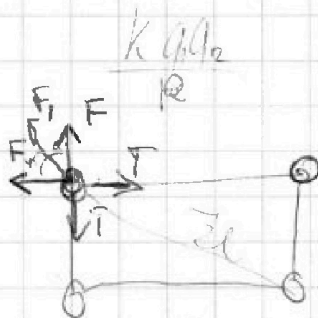
Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

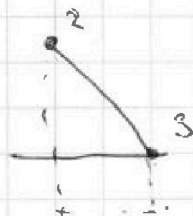
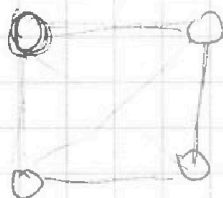
|                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------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



$$T = F + F_1 \cos 45^\circ = \frac{kq^2}{8a^2} + \frac{\sqrt{2} kq^2}{2 \cdot 2 \cdot 8a^2} = \frac{\sqrt{2} kq^2}{4 \cdot 8a^2}$$



$$\frac{A}{dT} = -1/R$$

$$\frac{(V_3 - V_2)(P_3 + P_2)}{2} = P_3 V_3 - P_2 V_2$$

$$P_3 V_3 - P_2 V_2$$

$$\frac{dA}{dT} = -1$$

$$S = -dT$$

$$PdV = -dT$$

(3)

$$PV = \dots$$

$$\frac{dT}{dT} = \frac{V}{dV}$$

$$\ln V + \ln T = 0$$

$$\ln VT = 0$$

$$\frac{PV}{T} = \text{const}$$

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

$$1 = \frac{1}{1^2}$$

$$1 = \frac{1}{8}$$

$$\sqrt{T} = d$$

$$T = \frac{d^2}{8}$$

$$V^2 = 2T \cdot \frac{2R}{d} = \frac{2R}{d} \cdot \frac{d^2}{8} = \frac{Rd}{4}$$

$$T = \frac{V^2}{d} \cdot \frac{d}{2} = \frac{Rd}{4}$$

$$P = \frac{d}{V^2}$$



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 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!

