



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.

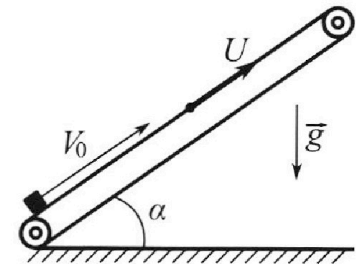
1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

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.





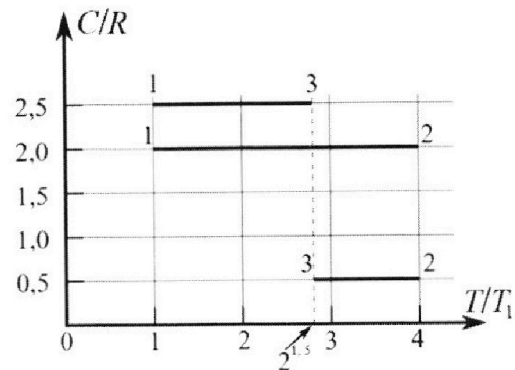
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01



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

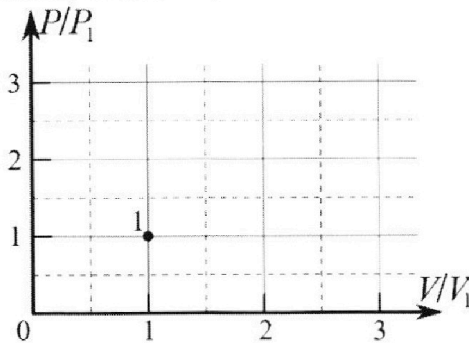
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2,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



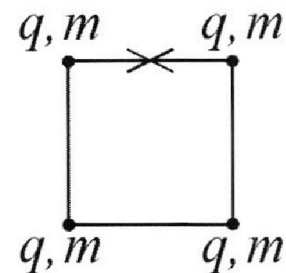
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной  $b$  (см. рис.). Масса каждого шарика  $m$ , заряд  $q$ .

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

МФТИ

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



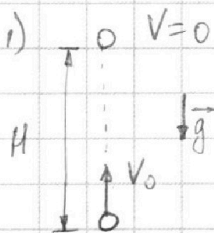
Задача N 1

$$T = 2e, S = 20 \text{ м}, g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

1)  $V_0$  - ?

2)  $H_{\text{max}}$  - ?

Решение:



$H$  - максимальная высота  
 $\Rightarrow V = 0$  - скорость в верхней точке

$$V = V_0 - gT = 0$$

$$\boxed{V_0 = gT = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}}$$

2)  $g$



$\alpha$  - угол бросания (к горизонту)

Введем систему координат  $X, Y$

$t$  - время до удара об стену

1)  $Ox$ :  $S = V_0 \cos \alpha t \Rightarrow t = \frac{S}{V_0 \cos \alpha}$

$Oy$ :  $H = V_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$

$$H = V_0 \sin \alpha \cdot \frac{S}{V_0 \cos \alpha} - \frac{g}{2} \cdot \frac{S^2}{V_0^2 \cos^2 \alpha} = S \operatorname{tg} \alpha - \frac{g S^2}{2 V_0^2 \cos^2 \alpha}$$

2)  $H = \max \Rightarrow \frac{dH}{d\alpha} = 0 \Rightarrow \frac{dH}{d(\operatorname{tg} \alpha)} = 0$

$$H = S \operatorname{tg} \alpha - \frac{g S^2}{2 V_0^2} \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha} = S \operatorname{tg} \alpha - \frac{g S^2}{2 V_0^2} (\operatorname{tg}^2 \alpha + 1)$$

$$\frac{dH}{d(\operatorname{tg} \alpha)} = S - \frac{g S^2}{2 V_0^2} \cdot 2 \operatorname{tg} \alpha = 0$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{V_0^2}{g S} \quad - \text{условие максимума } H$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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

Задача 11. (продолжение)

$$H_{\max} = S t g \alpha - \frac{g S^2}{2 V_0^2} (t g^2 \alpha + 1) =$$

$$= \frac{S V_0^2}{g S} - \frac{g S^2}{2 V_0^2} \left( \frac{V_0^4}{g^2 S^2} + 1 \right) =$$

$$= \frac{V_0^2}{g} - \left( \frac{V_0^2}{2g} + \frac{g S^2}{2 V_0^2} \right) = \frac{V_0^2}{2g} - \frac{g S^2}{2 V_0^2}$$

$$H_{\max} = \frac{1}{2} \left( \frac{V_0^2}{g} - \frac{g S^2}{V_0^2} \right) = 15 \text{ м}$$

Ответ: 1)  $V_0 = g T = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

2)  $H_{\max} = \frac{1}{2} \left( \frac{V_0^2}{g} - \frac{g S^2}{V_0^2} \right) = 15 \text{ м}$



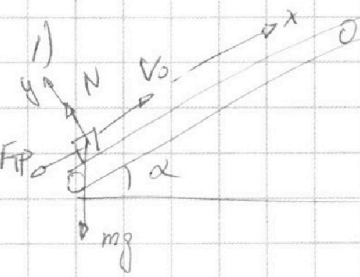
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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



Задача №2

$a_1$  - ускорение при движении вверх

$$OY: N = mg \cos \alpha$$

$$OX: -(mg \sin \alpha + F_{TP}) = ma_1,$$

$$F_{TP} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

$$a_1 = -g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

i) Время до остановки:  $S_1 = \frac{0 - v_0^2}{2a_1}$

$$S_1 = \frac{v_0^2}{2g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = 0,8 \text{ м}$$

$S_1 < S \Rightarrow$  коробка остановится и  
начнет двигаться вниз.

Время до остановки  $t_1 = \frac{0 - v_0}{a_1} = \frac{v_0}{g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$

$$t_1 = 0,4 \text{ с}$$

ii) После остановки  $a_2 = g (-\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$   
ускорение при движении вниз

$$S_2 = S - S_1 = 0,2 \text{ м}$$

$$S_2 = \frac{|a_2| t_2^2}{2} \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2S_2}{g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}}$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{1}{15}} \text{ с}$$

$$T = t_1 + t_2 = \left(0,4 + \frac{1}{\sqrt{15}}\right) \text{ с}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

Задача 12 (продолжение)

2)  $V_{отн}$  - относительная скорость коробки  
(относительно земли)

$$V_{отн} = V - u \Rightarrow V = V_{отн} + u$$

Условие  $V = u \Rightarrow V_{отн} = 0$

$$L = S_{отн} + S_{земли}$$

$$V_{отн} = V_{отн0} + a_1 t$$

↙ время, когда  $V = u$

$$0 = (V_0 - u) + a_1 t$$

$$t = \frac{V_0 - u}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = 0,2 \text{ с}$$

$$S_{отн} = V_{отн0} t + \frac{a_1 t^2}{2} = \frac{(V_0 - u)^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = 0,2 \text{ м}$$

$$S_{земли} = ut = 0,4 \text{ м}$$

$$L = 0,6 \text{ м}$$

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 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!

Задача №2 (продолжение 2)

$$3) \quad V = V_{\text{отн}} + U = 0 \Rightarrow V_{\text{отн}} = -U$$

$$L' = L + S_{\text{вспом}}' - S_{\text{отн}}'$$

$$S_{\text{отн}}' = \frac{|a_2| t'^2}{2}$$

расстояние, пройденное  
после момента  $V=U$  до  $V=0$

$$t' = \frac{0 - U}{a_2} = \frac{U}{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)} = \frac{1}{3} \text{ с}$$

$$S_{\text{отн}}' = \frac{1}{3} \text{ м}$$

$$S_{\text{вспом}}' = Ut' = \frac{2}{3} \text{ м}$$

$$L' = 0,6 \text{ м} + \frac{2}{3} \text{ м} - \frac{1}{3} \text{ м} = \left(0,6 + \frac{1}{3}\right) \text{ м}$$

$$H = L' \sin \alpha = 0,8 \cdot \left(0,6 + \frac{1}{3}\right) \text{ м} = \frac{224}{300} \text{ м} = \frac{56}{75} \text{ м}$$

Ответ: 1)  $T = \left(0,4 + \frac{1}{\sqrt{15}}\right) \text{ с}$

2)  $L = 0,6 \text{ м}$

3)  $H = \frac{56}{75} \text{ м}$

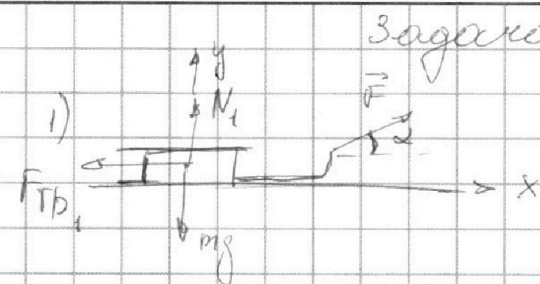
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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



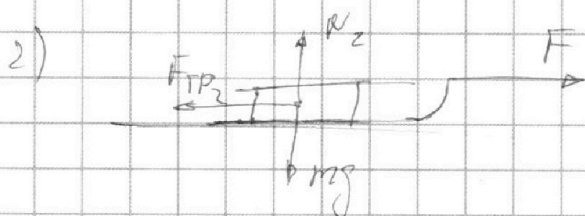
$$OY: F \sin \alpha + N_1 - mg = 0$$

$$OX: F \cos \alpha - F_{\text{тр}1} = ma_1$$

$$F_{\text{тр}1} = \mu N_1 = \mu (mg - F \sin \alpha)$$

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

$$a_1 = \frac{F}{m} (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - \mu g$$



$$OY: N_2 - mg = 0$$

$$OX: F - F_{\text{тр}2} = ma_2$$

$$F_{\text{тр}2} = \mu N_2 = \mu mg$$

$$F - \mu mg = ma_2$$

$$a_2 = \frac{F}{m} - \mu g$$

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

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

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,

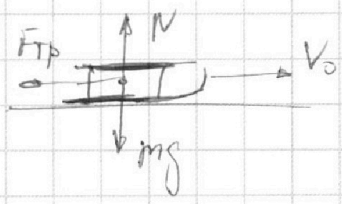
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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

2)



Задача №3 (продолжение)

$$OY: N - mg = 0$$

$$OX: -F_{TP} = ma$$

$$F_{TP} = \mu N = \mu mg$$

$$-\mu mg = ma \Rightarrow a = -\mu g$$

$$T = \frac{0 - v_0}{a} = \frac{v_0}{\mu g}$$

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

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

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



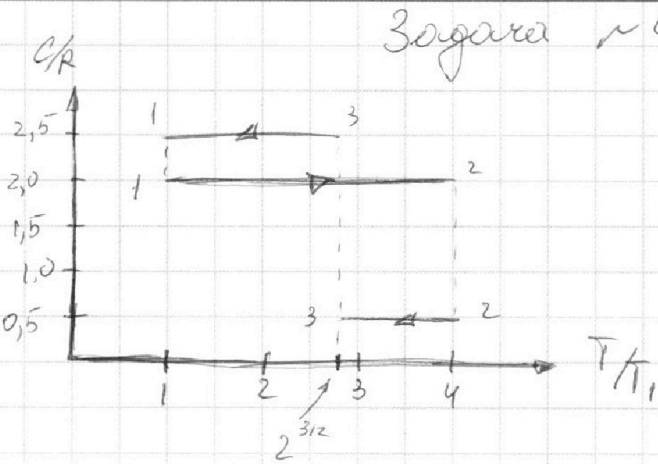
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7

**МФТИ**

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



$$\begin{aligned}
 1) \quad A_{12} &= Q_{12} - \Delta U_{12} \\
 Q_{12} &= \int_1^2 C dT = \\
 &= C_{12} \cdot (T_2 - T_1) = \\
 &= 2R \cdot (4T_1 - T_1) = 6RT_1
 \end{aligned}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} R (4T_1 - T_1) = \frac{9}{2} RT_1$$

$$A_{12} = \frac{3}{2} RT_1 = 4386 \text{ Дж}$$

$$2) \quad \eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2'}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2'}{Q_1}$$

$Q_2'$  - отданное тепло

$Q_1$  - полученное тепло

$$Q_1 = Q_{12} = 6RT_1$$

$$Q_2' = \cancel{Q_{23}} - (Q_{23} + Q_{31}) = Q_{13} + Q_{32}$$

$$Q_{13} = 2,5R \cdot (2^{3/2}T_1 - T_1)$$

$$Q_{32} = 0,5R \cdot (4T_1 - 2^{3/2}T_1)$$

$$\begin{aligned}
 Q_2' &= 2,5R (2^{3/2}T_1 - T_1) + 0,5R (4T_1 - 2^{3/2}T_1) = \\
 &= 2 \cdot 2^{3/2} RT_1 - 0,5 RT_1 = RT_1 (2^{5/2} - 2^{-1})
 \end{aligned}$$

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!

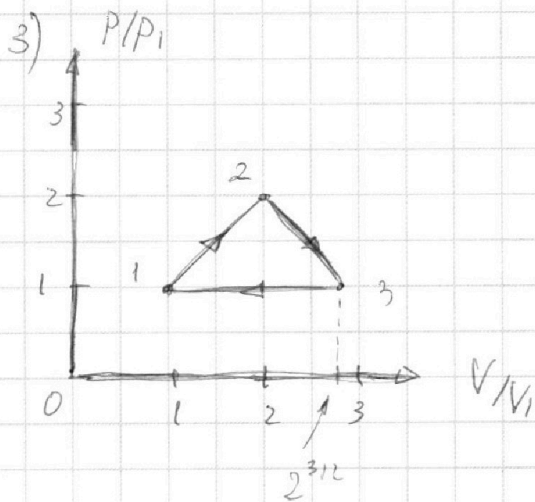


Задача №4 (продолжение)

$$\eta = 1 - \frac{RT_1 \left( 2^{5/2} - \frac{1}{2} \right)}{6RT_1} = 1 - \frac{2^{5/2}}{6} + \frac{1}{2 \cdot 6}$$

$$\eta = \frac{12 - 2^{4/2} + 1}{12} = \frac{13 - 2^{4/2}}{12}$$

$$\boxed{\eta = \frac{13 - 2^{4/2}}{12}}$$



1.  $PV_1 = RT_1$

2.  $P_2 V_2 = 4RT_1$

$$A_{12} = \int_1^2 p dV = \frac{3}{2} RT_1 = \frac{3}{2} p_1 V_1$$

$\frac{3}{2}$  - площадь под

$$\Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = 2, \quad \frac{V_2}{V_1} = 2$$

3.  $P_3 V_3 = 2^{3/2} RT_1 = 2^{3/2} PV_1$

$$A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = 0,5R(2^{2/3} - 4)T_1 - \frac{3}{2}R(2^{2/3} - 4)T_1 = -R(2^{2/3} - 4)T_1$$

$A_{23} = -\frac{2}{3} \Delta U_{23}$  - полигон. процесс

$$\Delta U_{23} = \frac{\Delta(PV)}{\gamma - 1} \quad A_{23} = -\frac{\Delta(PV)}{n-1} = -\frac{\gamma-1}{n-1} \Delta U_{23}$$

$$\gamma = \frac{c+2}{c} = \frac{5}{3}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

|                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                                   | 5                        | 6                        | 7                        |
| <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!



Задача №4 (предыдущая)

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

$$n-1 = \frac{3}{2} \cdot (\gamma-1) = \frac{3}{2} \cdot \left(\frac{5}{3} - 1\right) = \frac{3}{2} \cdot \frac{2}{3} = 1$$

$$n = 2$$

В процессе 2-3  $pV^2 = \text{const}$

$$p_2 V_2^2 = p_3 V_3^2$$

$$\begin{cases} 2p_1 \cdot (2V_1)^2 = p_3 V_3^2 & (1) \\ 2^{3/2} RT_1 = p_3 V_3 & (2) \end{cases}$$

$$\frac{(1)}{(2)} \quad \frac{2^3 V_1}{2^{3/2}} = V_3 \Rightarrow \frac{V_3}{V_1} = 2^{3/2} \cdot \frac{p_3}{p_1} = 1$$

4. Соединяем точки 1 и 3

Ответ: 1)  $A_{12} = 4986 \text{ Дж}$

2)  $\eta = \frac{13 - 2^{7/2}}{12}$

3) График на предыдущей странице

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

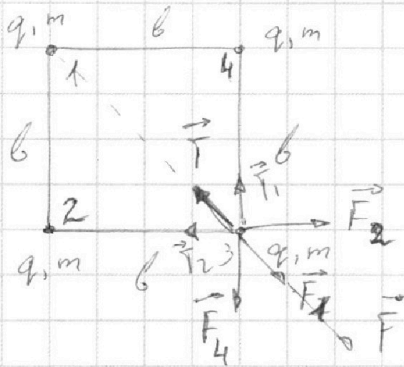
|                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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.



1) выберем одну из вершин

$\vec{F} = \vec{F}_4 + \vec{F}_2 + \vec{F}_1$  - сила  
взаимодей-  
ствия с остальными  
шариками

$$F_4 = F_2 = k \frac{q^2}{b^2}, \quad F_1 = k \frac{q^2}{2b^2}$$

$$F = F_4 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} + F_1 + F_2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = k \frac{q^2}{b^2} \left( \sqrt{2} + \frac{1}{2} \right)$$

$\cos 45^\circ$

Суммарная сила натяжения  $T_{\text{общ}} = T\sqrt{2}$

$$F = T_{\text{общ}} \Rightarrow k \frac{q^2}{b^2} \left( \sqrt{2} + \frac{1}{2} \right) = T\sqrt{2}$$

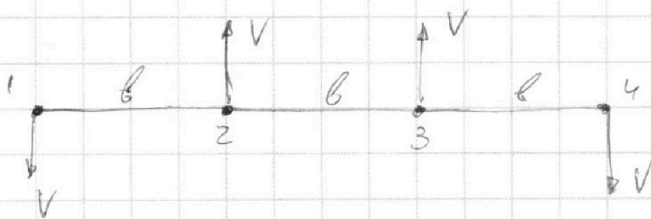
$$T = k \frac{q^2}{b^2} \left( 1 + \frac{1}{2\sqrt{2}} \right)$$

2)

Уз 3CU и симметрии:

$$\vec{V}_1 = \vec{V}_4 = -\vec{V}_2 = -\vec{V}_3$$

$$V_1 = V_2 = V_3 = V_4 = V$$





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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

Задача №5 (продолжение)

ЗСЭ:

$$W_1 = \frac{1}{2} \sum q\varphi = \frac{1}{2} \cdot 4q\varphi = 2q\varphi$$

Для одного иона

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 = k \frac{q}{b} + \frac{kq}{\sqrt{2}b} + k \frac{q}{b}$$

$$W_1 = 2k \frac{q^2}{b} \left( 2 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = k \frac{q^2}{b} (4 + \sqrt{2})$$

$$W_2 = W_{12} + W_{13} + W_{23} + W_{24} + W_{14} + W_{34} =$$

$$= k \frac{q^2}{b} + \frac{kq^2}{2b} + \frac{kq^2}{b} + \frac{kq^2}{2b} + \frac{kq^2}{3b} + \frac{kq^2}{b} =$$

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

$$= \frac{kq^2}{b} \left( 3 + 1 + \frac{1}{3} \right) = \frac{kq^2}{b} \cdot \frac{13}{3}$$

$$W_1 = W_2 + E_k = W_2 + 4 \cdot \frac{mV^2}{2} = W_2 + 2mV^2$$

$$2mV^2 = W_1 - W_2 = k \frac{q^2}{b} \left( 4 + \sqrt{2} - 4 - \frac{1}{3} \right)$$

$$V^2 = \frac{kq^2}{2mb} \left( \sqrt{2} - \frac{1}{3} \right)$$

$$V = \sqrt{\frac{kq^2}{2mb} \left( \sqrt{2} - \frac{1}{3} \right)}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

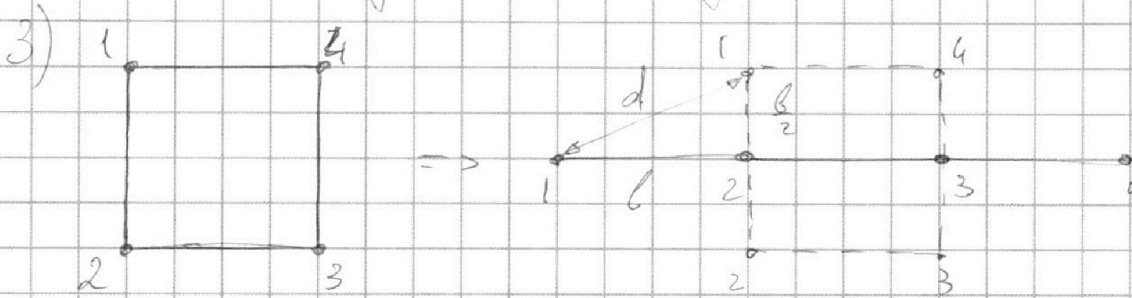
|                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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 (продолжение 2)



Суммарный импульс в начале  $p=0$

$$\frac{dp}{dt} = F_{\text{внеш}} = 0 \Rightarrow p = \text{const} = 0$$

$\Rightarrow V_c = 0$  - скорости центра масс

$\Rightarrow$  центр масс неподвижен

$$\Rightarrow d^2 = b^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2 = \frac{5}{4}b^2$$

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

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

2)  $V = \sqrt{\frac{kq^2}{2mb} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{3}\right)}$

3)  $d = \frac{b}{2}\sqrt{5}$

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 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!



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

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

$$1 - \frac{g^2}{v_0^2} \operatorname{tg}^2 \alpha = 0$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_0^2}{g^2}$$

$$\frac{1}{2} \cdot \left( \frac{400}{20} - \frac{40 \cdot 400}{2 \cdot 400} \right) = \frac{1}{2} (20 - 5) = 7,5$$

$$4 - \sqrt{16 - 2 \cdot 10 \cdot 1 \left( 0,8 + \frac{1}{3} \cdot 0,6 \right)}$$

$$10 \left( 0,8 + \frac{1}{3} \cdot 0,6 \right)$$

$$0,8 \pm 0,6 \cdot \frac{1}{3} =$$

$$= 0,8 \pm 0,2$$

=

$$\frac{v^2}{2g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)} = \frac{v^2}{2 \cdot 10 \cdot 0,6} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3}$$

$$2,8 - 0,8 = \frac{2,24}{3}$$

$$\frac{112}{150} = \frac{56}{45}$$

$$600 - 8,31 = 6 \cdot 831$$

$$\begin{array}{r} 831 \\ + 0 \\ \hline 4986 \end{array}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

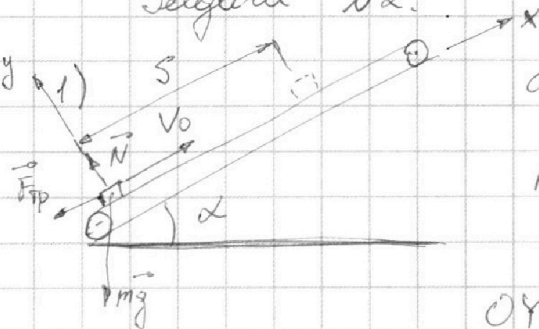
**МФТИ**

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



Задача №2.

$\sin \alpha = 0,8$   
 $V_0 = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$   
 $\mu = \frac{1}{3}$   
 $U = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$   
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$   
 $S = 1 \text{ м}$



$a$  - ускорение коробки

Введем систему координат  $XY$

1)  $T$  - ?

$OY: -mg \cos \alpha + N = 0$

2)  $\Delta$  - ?

$Ox: -mg \sin \alpha - F_{TP} = ma$

3)  $H$  - ?

$F_{TP} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$

$-mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma \Rightarrow a = -g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$

1) Граничным к моменту  $T$  скорость все еще будет направлена вверх

$S = V_0 T + \frac{aT^2}{2}$

$\frac{a}{2} T^2 + V_0 T - S = 0$

$T = \frac{-V_0 \pm \sqrt{V_0^2 + 2aS}}{2 \frac{a}{2}} = \frac{-V_0 \pm \sqrt{V_0^2 - 2gS(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}}{-g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$

$T = \frac{V_0 \pm \sqrt{V_0^2 - 2gS(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = \emptyset, \text{ мк.}$

$2gS(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \geq V_0^2$

2) Значит коробка остановится и пойдет вниз

$t'$  - время до остановки  $a'$  - ускорение при движении вниз

$V_0 + a't' = 0 \Rightarrow t' = -\frac{V_0}{a'} = \frac{V_0}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = 0,25 \text{ с}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

|                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <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!



Задача №2 (продолжение)

$S'$  — расстояние до остановки

$$S' = -\frac{v_0^2}{2a} = \frac{v_0^2}{2g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)} = 0,8 \text{ м}$$

3) Расстояние, пройденное вниз  $S'' = S - S' = 0,2 \text{ м}$

$$S'' = \frac{a'' t''^2}{2} \Rightarrow t'' = \sqrt{2} \quad a'' = g(\mu\cos\alpha - \sin\alpha)$$

$$S'' = \frac{|a''| t''^2}{2} \Rightarrow t'' = \sqrt{\frac{2S''}{g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}}$$

$$t'' = 0,2 \text{ с}$$

$$4) T = t' + t'' = 0,4$$

$$A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} =$$

$$= 0,5R(2^{2/3} - 4)T_1 - \frac{3}{2}R(2^{2/3} - 4)T_1 \text{ с}$$

$$= - (2^{2/3} - 4)RT_1$$

$$f = \frac{5}{3}$$

$$A_{23} = -\frac{2}{3}\Delta U = -\frac{f-1}{f-1}\Delta U$$

$$R = -2,5R(2^{3/2} - 1)T_1 +$$

$$+ \frac{3}{2}(2^{3/2} - 1)T_1 R = -RT_1(2^{3/2} - 1)$$