



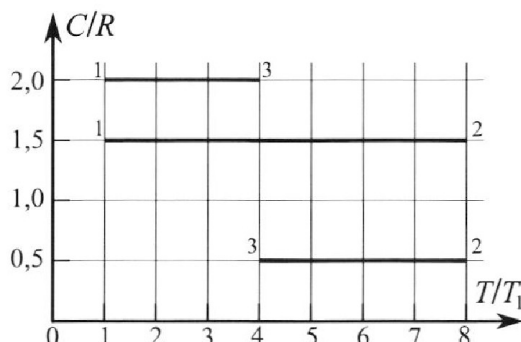
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 10-02

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



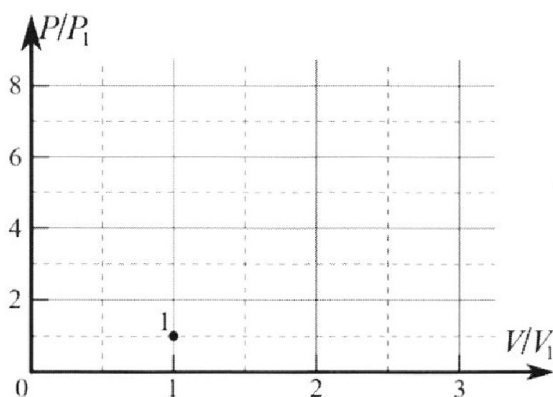
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3,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



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

2) Найдите КПД  $\eta$  цикла.

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



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

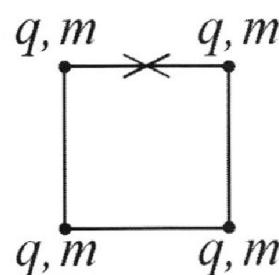
1) Найдите абсолютную величину  $|q|$  заряда каждого шарика.

Одну нить пережигают.

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

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

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





Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 10-02

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



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

1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

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

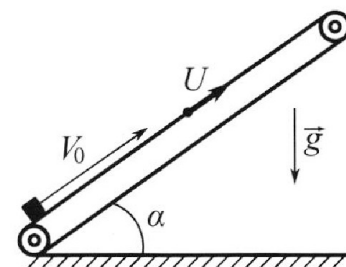
2) На каком расстоянии  $S$  от точки старта находится стенка?

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

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

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

Движение коробки прямолинейное.



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

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

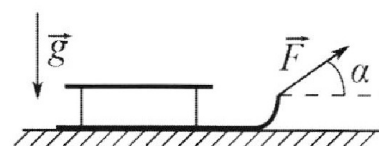
2) Через какое время  $T_1$  после старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 1$  м/с?

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

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

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

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



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

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

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

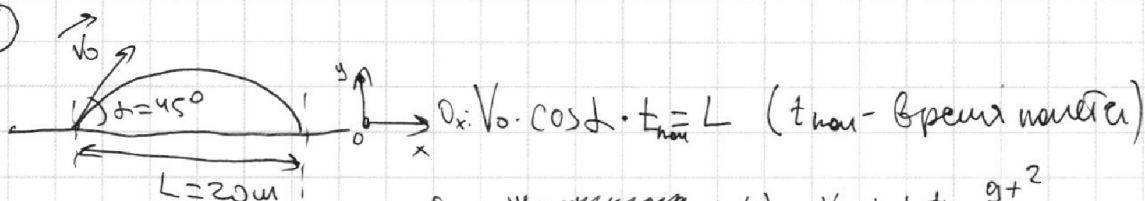
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

①



$$O_x: V_0 \cdot \cos \alpha \cdot t_{\text{max}} = L \quad (t_{\text{max}} - \text{время полета})$$

$$O_y: \text{~~уравнение~~ } y(t) = V_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{g t^2}{2}$$

$$y(t_{\text{max}}) = 0$$

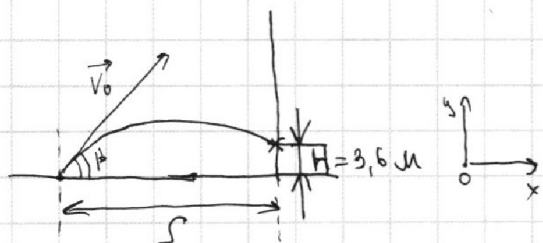
$$V_0 \sin \alpha \cdot t_{\text{max}} - \frac{g t_{\text{max}}^2}{2} = 0$$

$$V_0 \sin \alpha = \frac{g t_{\text{max}}}{2}$$

$$\frac{2 V_0 \sin \alpha}{g} = t_{\text{max}}$$

$$\frac{2 V_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} = L \Rightarrow V_0 = \sqrt{\frac{g L}{\sin 2\alpha}}$$

$$V_0 = \sqrt{200} = 10\sqrt{2}$$



$$O_y: y(t) = V_0 \sin \beta \cdot t - \frac{g t^2}{2}$$

$$O_x: x(t) = V_0 \cos \beta \cdot t$$

$$y(t) = H$$

$$y(t) = V_0 \sin \beta \cdot t - \frac{g t^2}{2}$$

$$x(t) = S$$

$$x(t) = V_0 \cos \beta \cdot t$$

$$\Rightarrow H = V_0 \sin \beta \cdot t' - \frac{g t'^2}{2}$$

$$\Rightarrow S = V_0 \cos \beta \cdot t' \Rightarrow t' = \frac{S}{V_0 \cos \beta}$$

$$H = V_0 \cdot \sin \beta \cdot \frac{S}{V_0 \cos \beta} - \frac{g \frac{S^2}{V_0^2 \cos^2 \beta}}{2} = \tan \beta \cdot S - \frac{g S^2}{2 V_0^2 \cos^2 \beta}$$

$$\frac{1}{\cos^2 \beta} = \tan^2 \beta + 1$$

$$H = \tan \beta \cdot S - \frac{g S^2}{2 V_0^2} - \frac{g S^2 \tan^2 \beta}{2 V_0^2}$$

$$H - \text{максимально при } \tan \beta = \frac{-S}{\frac{2 g S^2}{2 V_0^2}} = \frac{V_0^2}{g S}$$

(вершина параболы  $\frac{6}{2a}$ )

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!



①

$$H = \frac{V_0^2}{2g} - \frac{gs^2}{2V_0^2} - \frac{gs^2 \left( \frac{V_0^2}{gs} \right)^2}{2V_0^2}$$

$$H = \frac{V_0^2}{2g} - \frac{gs^2}{2V_0^2} - \frac{gs^2 \cdot V_0^2}{4g^2 \cdot s^2}$$

$$H = \frac{V_0^2}{2g} - \frac{gs^2}{2V_0^2} - \frac{V_0^2}{2g}$$

$$H = \frac{V_0^2}{2g} - \frac{gs^2}{2V_0^2}$$

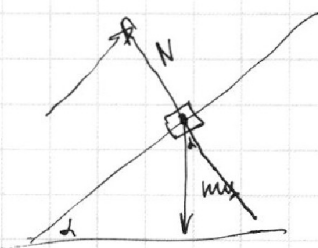
$$3,6 = \frac{200}{20} - \frac{10 \cdot s^2}{400}$$

$$3,6 = 10 - \frac{1}{40} \cdot s^2$$

$$s = 16$$

Ответ: начальная скорость мяча  $10 \text{ м/с}$   
стенка на которой мяч находится  $16 \text{ м}$

черновик



$$mg \cdot \cos \alpha = N$$

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

$$mg \cdot \sin \alpha$$

$$mg \cdot 0,6 \quad 0,5 \cdot 0,8$$

1С

$$0,25 \cdot 1,5$$

$$2 \cdot 10^4 / 2$$

$$2 \cdot 10^4$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

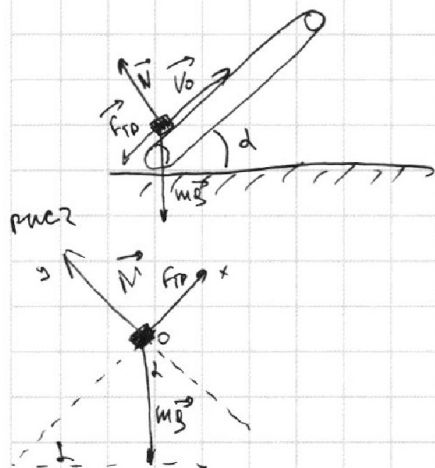
|                          |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------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



②



$$\sin \alpha = 0,6 \Rightarrow \cos \alpha = 0,8$$

Проверим будет ли после остановки  
в первом случае груз (рис. 2)

$$\parallel z \text{ и } O_y: N = mg \cos \alpha$$

$$F_{\text{тр}} \in [0; \mu mg \cos \alpha]$$

$$mg \sin \alpha = 0,6 mg$$

$$mg \sin \alpha > F_{\text{тр}}$$

↓  
груз будет скользить

#1 до остановки

$$\parallel z \text{ и } O_x: a_1 = \frac{mg \sin \alpha + F_{\text{тр}}}{m} = g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha = 0,6g + 0,4g = g \text{ м/с}^2$$

$$S_1 = \frac{V_1^2 - V_0^2}{2g} = \frac{36}{2 \cdot 10} = 1,8 \text{ м}$$

$$t_{\text{ост}} = \frac{V_0}{g} = \frac{6}{10} = 0,6 \text{ с}$$

$t_{\text{ост}}$  - время до остановки

#1 после остановки

$$\parallel z \text{ и } O_x: a_2 = \frac{mg \sin \alpha - F_{\text{тр}}}{m} = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha = 0,2g \text{ м/с}^2$$

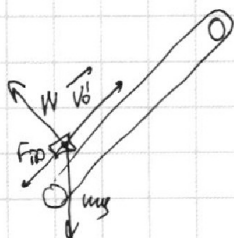
$$t_{\text{ост}} = T - t_{\text{ост}} = 1 - 0,6 = 0,4 \text{ с}$$

$$S_2 = \frac{a_2 t_{\text{ост}}^2}{2} = \frac{0,2 \cdot 10 \cdot 0,4 \cdot 0,4}{2} = 0,16 \text{ м}$$

$$S = S_1 + S_2 = 1,8 + 0,16 = 1,96 \text{ м}$$

#2 второй шаг

перейдем к со движущемуся поезду с скоростью  $u = 1 \text{ м/с}$



$$V_0' = 6 - 1 = 5 \text{ м/с}$$

Во втором случае грузы сходятся перпендикулярно  
попутно и в этот момент  
в момент со скоростью будет равна

Аналогично (#1 до остановки)

$$T_1 = \frac{V_0'}{g} = \frac{5}{10} = 0,5 \text{ с}$$

$$S_1 = \frac{g V_0'^2}{2g} = \frac{3 \cdot 5}{2 \cdot 10} = 1,25 \text{ м (в момент со)}$$

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!

в 3 пункта ~~а~~  
абсолютной скорости равна нулю значит в системе  
она равна  $V_k' = 1 \text{ м/с}$

~~Анализ (#1 после остановки)~~

~~В~~ из (#1 после остановки) знаем что  $a_2 = 0,2 \text{ g}$

$$T_2 = \frac{V_k'}{a_2} = \frac{1}{0,2 \cdot 10} = 0,5 \text{ с}$$

$$S_2 = \frac{V_k'^2 - V_0^2}{2a_2} = \frac{1}{2 \cdot 0,2 \cdot 10} = 0,25 \text{ м}$$

$$\cancel{L} S_{\text{св}} = v(T_1 + T_2) = 1 \cdot 1 = 1 \text{ м (перемещение СД)}$$

$$L = S_{\text{св}} + S_1 - S_2 \quad (S_2 \text{ со знаком минус т.к. после остановки}$$

~~СД~~ ~~продвинулся~~ ~~в~~ ~~обратную~~ ~~сторону~~)

$$L = 1 + 1,25 - 0,25 = 2 \text{ м}$$

Ответ: 1: корабль пройдет 1,86 м  
2: через 0,5 с после старта  
3: на расстоянии 2 м от старта

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

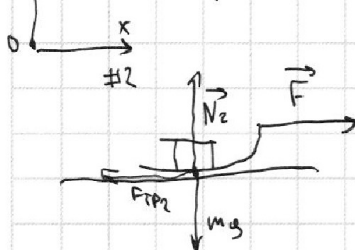
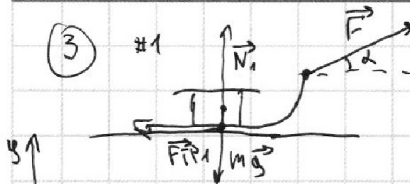
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

③ #1



~~Итак, потенциал или энергия одинакова в обоих~~

~~случаях, значит скорость тоже одинакова~~  
~~Значит ускорение тоже одинаково т.к.~~  
~~сила трения одна и та же~~  
 ускорение одинаково  $\Rightarrow$  сумма сил одинакова

$$\text{II} \text{ закон: } O_y: N_1 + F \cdot \sin \alpha = mg \Rightarrow N_1 = mg - F \cdot \sin \alpha$$

$$N_2 = mg$$

$$O_x: ma = F \cdot \cos \alpha - F_{fr1}$$

$$ma = F - F_{fr2}$$

$$N_1 = mg - F \sin \alpha$$

$$N_2 = mg$$

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

$$ma = F - \mu mg$$

$$\Rightarrow F \cos \alpha + \mu F \sin \alpha = F$$

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

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

после расчета:

3. изменение энергии

$$\Delta W = A_{\text{тр}}$$

$$K - 0 = |F_{fr}| \cdot S$$

$$S = \frac{K}{\mu mg} = \frac{K \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) mg}$$

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

2.  $S = \frac{K \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) mg}$

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



а)

$$J = 1 \text{ моль}$$

$$i = 3$$

$$T_1 = 200 \text{ К}$$

$$T_2 = 1600 \text{ К} ; T_3 = 800 \text{ К} ; T_1 = 200 \text{ К}$$

т.к. количество газа постоянно

$$PV^n = \text{const} ; A = \frac{P_1 V_1 - P_0 V_0}{1-n}$$

$$\eta = \frac{C - C_p}{C - C_v}$$

$$C_p = \frac{i+2}{2} R = 2,5 R$$

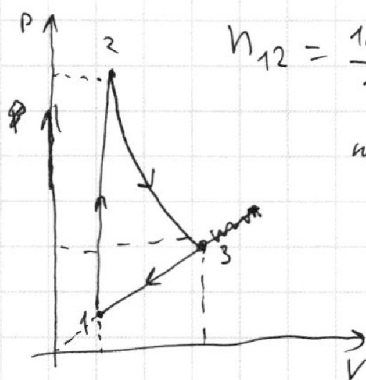
$$C_v = \frac{i}{2} R = 1,5 R$$

$$\eta_{31} = \frac{2 - 2,5}{2 - 1,5} = -1$$

$$\eta_{23} = \frac{0,5 - 2,5}{0,5 - 1,5} = 2$$

$$\eta_{12} = \frac{1,5 - 1,5}{1,5 - 1,5} = \infty \text{ (изохорный процесс)}$$

приближенный из процесса в координатах  $PV$



$$A_{31} = \frac{P_3 V_3 - P_1 V_1}{2} \text{ (из треугольника трапеции)}$$

$$A_{31} = \frac{JR T_3 - JR T_1}{2} = \frac{JR (T_3 - T_1)}{2} = \frac{8,31 \cdot (800 - 200)}{2} = 8,31 \cdot 300 = 2493 \text{ Дж}$$

(на участке 23 нето отнимается т.к.  $2 > \frac{5}{3}$   $\frac{5}{3}$ -показателю уравнения для адиабатического газа)

~~т.к. на участке 23 нето отнимается т.к.  $2 > \frac{5}{3}$   $\frac{5}{3}$ -показателю уравнения для адиабатического газа~~

$$\eta = \frac{A}{Q_+} = \frac{A}{Q_{12}} = \frac{A_{23} - A_{31}}{Q_{12}} = \frac{P_3 V_3 - P_2 V_2}{Q_{12}} - A_{31} =$$

$$= \frac{\frac{JR (T_2 - T_3)}{1} - \frac{JR (T_3 - T_1)}{2}}{\frac{3}{2} JR (T_2 - T_1)} = \frac{2(T_2 - T_3) - (T_3 - T_1)}{3(T_2 - T_1)} = \frac{2(800) - 600}{3(1400)} = \frac{1000}{4200} = \frac{1}{4,2}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

$$P_1 V_1 = J R T_1 ; P_3 V_3 = J R T_3$$

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

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

$$\frac{P_3 V_3}{P_1 V_1} = \frac{T_3}{T_1} = 4$$

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

$$P_2 V_2 = J R T_2$$

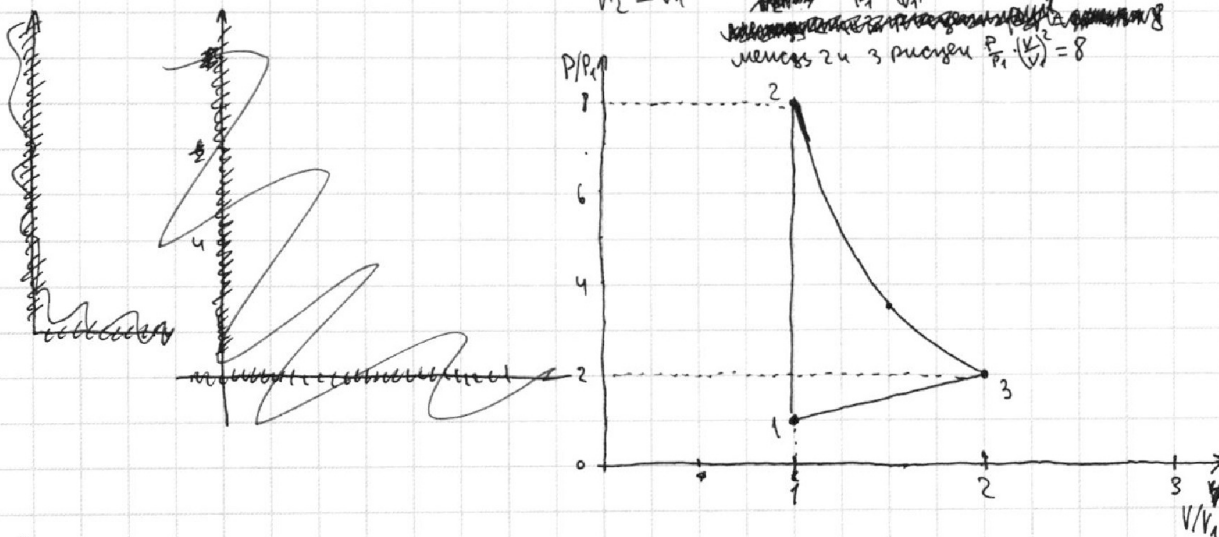
$$P_1 V_2 = J R T_1$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1} = 8 \Rightarrow P_2 = 8P_1$$

$$V_2 = V_1$$

$$\frac{P_2}{P_1} \cdot \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 = 8 \cdot 1^2 = 8$$

$$\frac{P_2}{P_1} \cdot \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 = 8$$



Ответ: работа  $A_{31}$  над газом равна 2483 Дж  
кпд цикла  $\eta = \frac{1}{4,2} \approx 0,238$

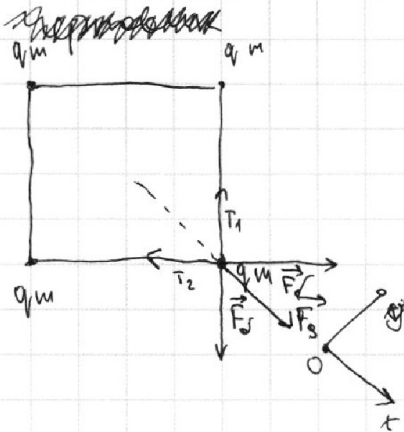
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



Поскольку силы взаимодействия  
или  $q$  и  $q$  одного знака  
оно будет из симметрии изогнуто  
другие заряды силы взаимодействия  
будут будут такими же  
оно будет из симметрии  $T_1 = T_2 = T$

$$O_x: F_3 + 2F_1 \cdot \cos 45^\circ = 2T \cdot \cos 45^\circ$$

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

$$\frac{2\sqrt{2}kq^2}{2a^2} + \frac{kq^2}{a^2} = \sqrt{2}T$$

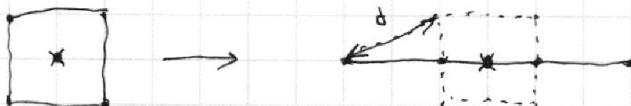
$$(2\sqrt{2}+1)kq^2 = 2\sqrt{2}a^2T$$

$$|q| = \sqrt{\frac{2\sqrt{2}a^2T}{(2\sqrt{2}+1)k}}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$|q| = \sqrt{\frac{8\sqrt{2}a^2T\pi\epsilon_0}{2\sqrt{2}+1}}$$

Т.к. внешние силы не совершают работы  
поэтому



$$d = \sqrt{a^2 + \frac{1}{4}a^2} = \frac{\sqrt{5}}{2}a$$

Итого: 1:  $|q| = \sqrt{\frac{2\sqrt{2}a^2T}{(2\sqrt{2}+1)k}} = \sqrt{\frac{8\sqrt{2}a^2T\pi\epsilon_0}{(2\sqrt{2}+1)}}$   
3:  $d = \frac{\sqrt{5}}{2}a$



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!

⑤  $\mu_{\text{цм}} \approx 2$

Ответ: 0 т.к. шарик действует друг на друга  
только взаимно и влево и нет никакой  
силы которая бы один шарик

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!



Handwritten solution for a physics problem involving projectile motion. The solution includes several diagrams and calculations.

**Diagram 1 (Top Left):** A parabolic trajectory starting from a point labeled '20' on the horizontal axis. The initial velocity vector is labeled '10√2' at a 45° angle. The horizontal distance is labeled 'S=20' and '400'. The vertical axis is labeled '10'.

**Diagram 2 (Top Right):** A velocity vector diagram showing the decomposition of velocity into horizontal and vertical components. The horizontal component is labeled 'V<sub>h</sub>' and the vertical component is labeled 'V<sub>v</sub>'. The angle between the velocity vector and the horizontal is labeled 'β'. The horizontal distance is labeled 'S=20' and '400'. The vertical axis is labeled '10'.

**Equations and Calculations:**

$$S = \frac{V_h^2}{2a} = \frac{2k}{2\mu g} = \frac{k}{\mu g}$$

$$H = V_0 \sin \beta + \frac{g t^2}{2}$$

$$S = V_0 \cos \beta \cdot t$$

$$t = \frac{S}{V_0 \cos \beta}$$

$$H = S \tan \beta - \frac{g S^2}{2 V_0^2 \cos^2 \beta}$$

$$H = \frac{V_0^2}{g} - \frac{g S^2}{2 V_0^2} - \frac{g S^2 V_0^2}{2 V_0^2 g S^2} = \frac{V_0^2}{2g}$$

**Diagram 3 (Bottom Left):** A velocity vector diagram showing the decomposition of velocity into horizontal and vertical components. The horizontal component is labeled 'V<sub>h</sub>' and the vertical component is labeled 'V<sub>v</sub>'. The angle between the velocity vector and the horizontal is labeled 'β'. The horizontal distance is labeled 'S=20' and '400'. The vertical axis is labeled '10'.

**Diagram 4 (Bottom Right):** A velocity vector diagram showing the decomposition of velocity into horizontal and vertical components. The horizontal component is labeled 'V<sub>h</sub>' and the vertical component is labeled 'V<sub>v</sub>'. The angle between the velocity vector and the horizontal is labeled 'β'. The horizontal distance is labeled 'S=20' and '400'. The vertical axis is labeled '10'.

**Calculations:**

$$\frac{V_k^2}{2a} = \frac{36}{2 \cdot 10}$$

$$\frac{10 \sqrt{2}}{2 \cdot 10 \cdot 23} = \frac{100}{84} = \frac{160}{126} = \frac{340}{340}$$

$$\frac{V^2}{2} = \frac{2k}{m} = \frac{340 \cdot 42}{32 \cdot 6}$$

$$H = \frac{V_0^2}{g} - \frac{g S^2}{2 V_0^2} - \frac{g S^2 V_0^2}{2 V_0^2 g S^2} = \frac{V_0^2}{2g}$$

$$64 \cdot 40 = 64 \cdot 4 \cdot 8 \cdot 2$$

$$\frac{10 \sqrt{2}}{2} = 10 \cdot 0,2980 = 100 \cdot 84 = 160 \cdot 126 = 340 \cdot 336 = 400$$

**Diagram 5 (Bottom Center):** A velocity vector diagram showing the decomposition of velocity into horizontal and vertical components. The horizontal component is labeled 'V<sub>h</sub>' and the vertical component is labeled 'V<sub>v</sub>'. The angle between the velocity vector and the horizontal is labeled 'β'. The horizontal distance is labeled 'S=20' and '400'. The vertical axis is labeled '10'.

**Diagram 6 (Bottom Right):** A velocity vector diagram showing the decomposition of velocity into horizontal and vertical components. The horizontal component is labeled 'V<sub>h</sub>' and the vertical component is labeled 'V<sub>v</sub>'. The angle between the velocity vector and the horizontal is labeled 'β'. The horizontal distance is labeled 'S=20' and '400'. The vertical axis is labeled '10'.

**Calculations:**

$$\frac{10 \sqrt{2}}{2} = 10 \cdot 0,2980 = 100 \cdot 84 = 160 \cdot 126 = 340 \cdot 336 = 400$$

$$320 \cdot 16 = 3$$

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 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!



$$\frac{u}{c^2} \cdot u^2 t^1 = \frac{S}{V_0 \cos \beta}$$

$$3,6 = \frac{200}{40} - \frac{10 \cdot S^2}{200}$$

$$1,4 = \frac{1}{20} S^2$$

$$28 = S^2$$

$$S = \sqrt{28} = 2\sqrt{7}$$

$$H = V_0 \sin^2 \beta \frac{S}{V_0 \cos \beta} - \frac{g \frac{S^2}{V_0^2 \cos^2 \beta}}{2} = \tan \beta \cdot S - \frac{g S^2}{V_0^2 \cos^2 \beta}$$

$$H = \tan \beta \cdot S - \frac{g S^2}{V_0^2} (\tan^2 \beta + 1)$$

$$1 = \sin^2 \beta + \cos^2 \beta$$

$$\frac{1}{\cos^2 \beta} = \tan^2 \beta + 1$$

$$H = \frac{V_0^2 \tan \beta \cdot S - g S^2 - g S^2 \tan^2 \beta}{V_0^2}$$

$$H = \frac{V_0^2 \tan \beta \cdot S - g S^2 \tan^2 \beta}{V_0^2} = \frac{g S^2}{V_0^2}$$

$$\tan \beta = \frac{V_0^2 \cdot S}{2 g S^2} = \frac{V_0^2}{2 g S}$$

$$H = \tan \beta \cdot S - \frac{g S^2}{V_0^2} - \frac{g S^2 \tan^2 \beta}{V_0^2}$$

$$-g S x^2 + V_0^2 S x - g S^2$$

$$10\sqrt{2} \cdot \sin \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$10$$

$$20$$

$$H = \frac{V_0^2 S}{g S} = \frac{V_0^2}{g}$$

$$H = \frac{V_0^2}{g}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

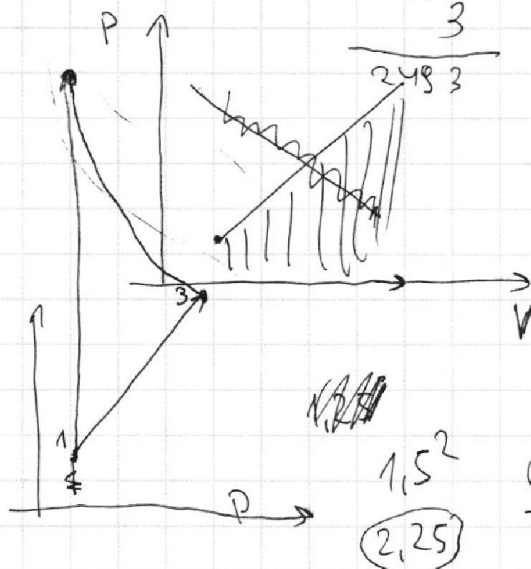
|                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------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

МФТИ



$$V = \frac{P}{\rho \cdot g}$$



$$\frac{C - C_p}{C - C_v}$$

$$C_v = \frac{8}{2.25} = \frac{8.4}{9}$$

$$\frac{A}{Q_+} = \frac{JR(T_2 - T_1)}{2} = \frac{JR(T_2 - T_1)}{2}$$

$$\frac{800 - 300}{\frac{3}{2} \cdot 1000} = \frac{500}{1500} = \frac{1}{3}$$

$$C_p \cdot V \cdot \Delta T = A + \Delta U$$

$$JR \Delta T = \frac{1}{2} JR \Delta T$$

$$C_p = \left( \frac{2+i}{2} \right) R$$

$$C_v = \frac{1}{2} R$$

$$C_p = \frac{5}{2} R$$

$$C_v = \frac{3}{2} R$$

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

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

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

$$\eta_{13} = \frac{2R - \frac{5}{2}R}{2R - \frac{3}{2}R} = \frac{-0.5R}{0.5R} = -1$$

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

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

$$\eta_{12} = \frac{1.5R - 2.5R}{1.5R - 1.5R} = \infty$$

$$1 - \frac{Q_-}{Q_+}$$

$$\frac{A}{Q_+}$$

$$V = \text{const}$$

$$\frac{P_3 V_3 - P_1 V_1}{1 - 2}$$

