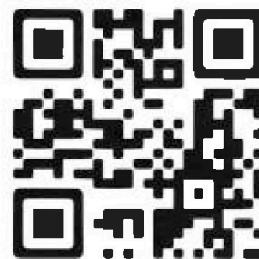




# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## 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.

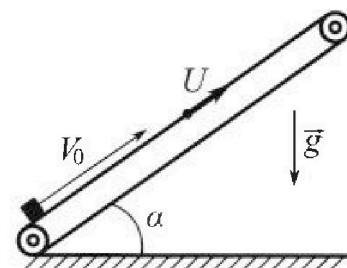
2) На каком расстоянии  $S$  от точки старта находится стенка?

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.).

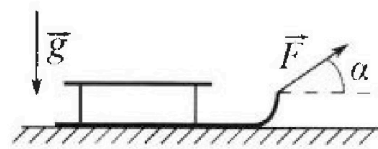
2) Через какое время  $T_1$  после старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 1$  м/с?

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.

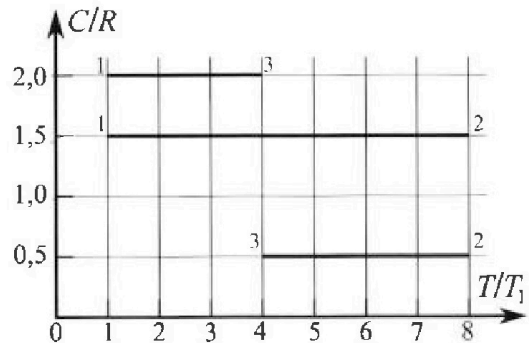
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-02

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



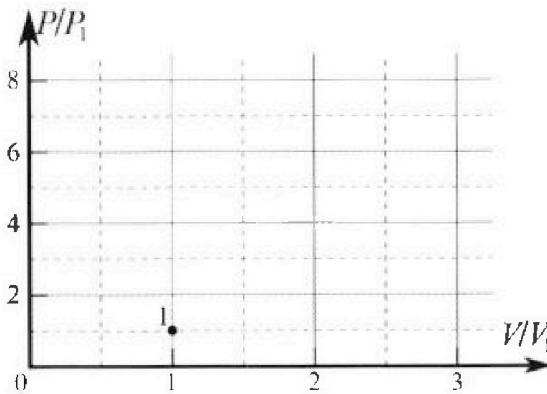
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3,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

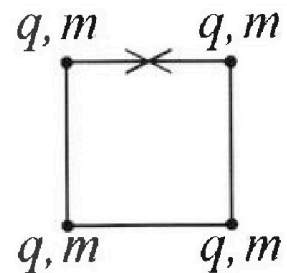
1) Найдите абсолютную величину  $|q|$  заряда каждого шарика.

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.



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

Дано:  $\alpha = 45^\circ$ ;  $L = 20 \text{ м}$

↓ g

Решение: 1)  $t_n$  - время полета

$$t_n = \frac{V_0 \sin \alpha \cdot t}{g} = 2 \frac{V_0 \sin \alpha}{g}$$

$$L = V_0 \cos \alpha \cdot t = 2 \frac{V_0^2 \cos \alpha \sin \alpha}{g}$$

$$V_0^2 = \frac{Lg}{2 \sin 2\alpha} = 200 \Rightarrow V = 10\sqrt{2} \text{ м/с. Ответ: } 10\sqrt{2} \text{ м/с}$$

2)  $y \uparrow$

$x \rightarrow$

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

$$x(t) = V_0 \cos \alpha \cdot t \Rightarrow t = \frac{x}{V_0 \cos \alpha}$$

$$\Rightarrow y(x) = \frac{V_0 \sin \alpha x}{V_0 \cos \alpha} - \frac{g x^2}{2 V_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$x_0 = \frac{V_0 \sin \alpha \cdot \frac{V_0^2 \cos^2 \alpha}{g}}{V_0 \cos \alpha} = \frac{V_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} = 5 \Rightarrow$$

$$\sin \alpha \cos \alpha = \frac{g x_0}{V_0^2} = \frac{10 \cdot 36}{200} = \frac{9}{50} \quad \text{т.к. } \alpha > 0^\circ; \alpha \in 90^\circ$$

$$\Rightarrow \sin \alpha \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \frac{9}{50} \Rightarrow \sin^2 \alpha - \sin^4 \alpha = \frac{81}{2500}$$

$$\sin^2 \alpha = 1 \pm \sqrt{1 - \frac{4 \cdot 81}{2500}} = 1 - \sqrt{\frac{544}{625}} \quad \text{т.к. } \sin \alpha < 1.$$

$$\Rightarrow \sin^2 \alpha = \frac{1}{2} - \sqrt{\frac{136}{625}} \Rightarrow \cos^2 \alpha = \frac{1}{2} + \sqrt{\frac{136}{625}}$$

там  $\rightarrow$

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!

$$\sin \beta = \sqrt{\frac{1}{2} - \sqrt{\frac{135}{625}}} \quad \cos \beta = \sqrt{\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{135}{625}}}$$

$$\Rightarrow t_{\text{н}} = \frac{V_0 \sin \beta}{g} \Rightarrow S = V_0 \cos \beta \cdot t = \frac{V_0^2 \cos \beta \sin \beta}{g}$$

$$= \frac{200 \cdot \sqrt{\frac{1}{2} - \sqrt{\frac{135}{625}}} \cdot \sqrt{\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{135}{625}}}}{9.8} = \frac{200 \cdot 9}{10 \cdot 30} = \frac{9 \cdot 9}{10} = 3,6 \text{ м.}$$

9. Ответ: 3,6 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



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

Дано:  $v_0 = 6 \text{ м/с}$ ;  $\mu = 0,5$ ;  $\sin d = 0,6$ .  $T = 1 \text{ с}$ .  $v = 1 \text{ м/с}$

Решение: ох:  $-\mu N - mg \sin d = ma$

оу:  $N = mg \cos d$

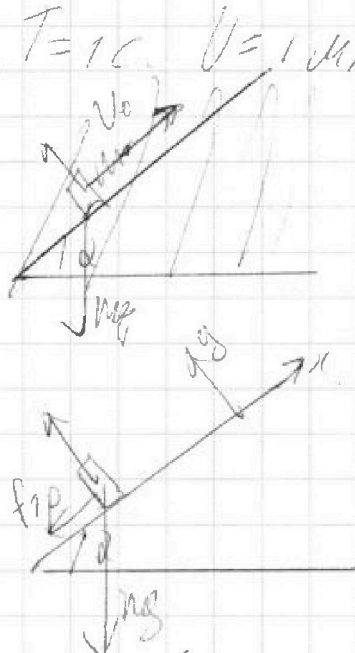
$-\mu mg \cos d - mg \sin d = ma \Rightarrow$

$a = -g(\mu \cos d + \sin d) = -10 \text{ м/с}^2$

$\Rightarrow$  тело остановится раньше чем

за  $T$ , время остановки  $t = \frac{v_0}{|a|} =$

$= 0,6 \Rightarrow s = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{36}{20} = 1,8 \text{ м}$



$\sin d = \frac{6}{10} \Rightarrow$   
 $\cos d = \sqrt{1 - \frac{36}{100}}$   
 $= \frac{8}{10}$

Ответ: 1,8 м.

2) Скорость корабля дугой  $v$

Когда она остановится дугой гребляться откос ледяной.

$a = 10 \text{ м/с}^2$  т.к.  $\mu, m, g$  те же самые.

вс. в с.о. ледяной скорости корабля в начале  $(v_0 - v) \Rightarrow$

$T_1 = \frac{v_0 - v}{a} = \frac{1}{2} \text{ с}$ . Ответ: 0,5 с.

3) в лабораторной с.о.:  $v(t) = v_0 - at \Rightarrow t = \frac{v_0 - v}{a}$   
 $s(t) = v_0 t - \frac{at^2}{2}$

$\Rightarrow s(v) = \frac{v_0(v_0 - v)}{a} - \frac{(v_0 - v)^2}{2a} = (v_0 - v) \left( \frac{2v_0 - v_0 + v}{2a} \right) =$



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 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!

$$\frac{(V_0 - V)(V_0 + V)}{2a} \text{ если } V=0 \Rightarrow S = \frac{V_0^2}{2a} = 1,8 \text{ м}$$

Ответ: 1,8 м

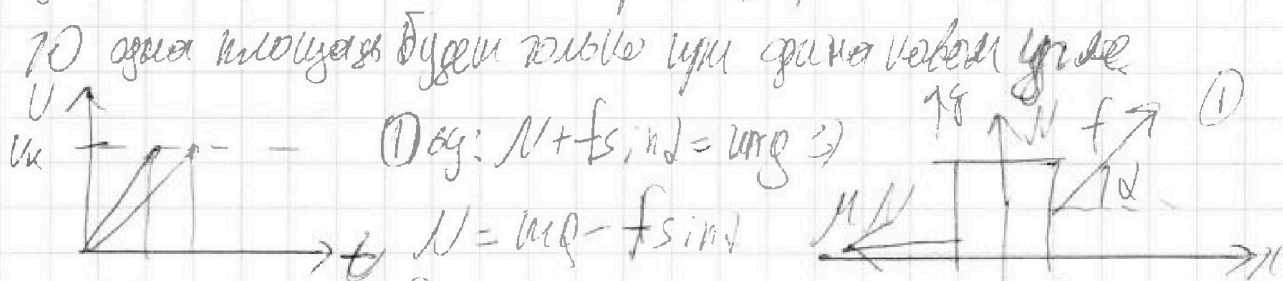


1  2  3  4  5  6  7

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

Дано:  $K, d, m$

Решение: 1) Если камни разлетаются во одну и той же  $K \Rightarrow$  во одну и той же скорости и т.к они это делают на равных участках пути  $\Rightarrow$  ускоряются в одной ситуации одинаковые. Или если построить график  $V(t)$



ор:  $f \cos \alpha - \mu N = f \cos \alpha - \mu mg + \mu f \sin \alpha = ma \Rightarrow \sqrt{mg}$

2) оу:  $N = mg$ . ор:  $f - \mu mg = ma \Rightarrow$

$\Rightarrow f - \mu mg = f \cos \alpha - \mu mg + \mu f \sin \alpha \Rightarrow$

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

2)  $K = \frac{mV^2}{2} \Rightarrow V^2 = \frac{2K}{m}$

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

т.к:  $f \sin \alpha = ma$

$\mu mg = ma \Rightarrow a = \mu g \Rightarrow S = \frac{V^2}{2a} =$

$= \frac{V^2}{\mu g} = \frac{2K}{mg \left( \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \right)}$  Ответ:  $S = \frac{2K}{mg \left( \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \right)}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

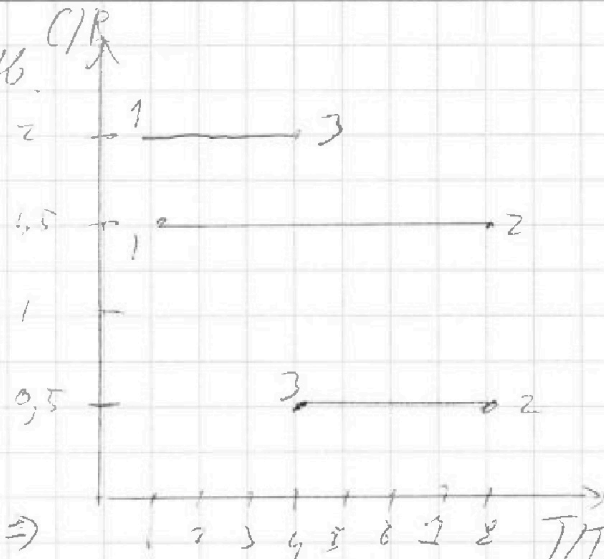
1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



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



Ротор, асинхронный воз;  $\Omega = 1$  м.м.в.  
 Процесс: 1-2-3-1.



$$1) I = \frac{Q}{\Omega L} \text{ для } 3-1$$

$$2) R = \frac{\frac{3}{2} \Omega R (-3T_1) + A_{3-1}}{\Omega (-3T_1)}$$

$$2) R = \frac{3}{2} R + A_{3-1} \Rightarrow A_{3-1} = \frac{R}{2} \Rightarrow$$

$$A_{3-1} = \frac{-2}{2} \Omega R T_1 \Rightarrow \text{А вращ. сила} = \frac{3}{2} \Omega R T_1 = 2493 \text{ Дж.}$$

$A_{3-1}$  — полезная работа для всех процессов.

$$6) 5R = \frac{3}{2} \Omega R T_1 + A_{1-2} \Rightarrow 6) 5R = \frac{3}{2} R + \frac{A_{1-2}}{\Omega T_1}$$

$$A_{1-2} = 0 \Rightarrow 1-2 \text{ короткая}$$

$$Q) 5R = \frac{3}{2} \Omega R (-4T_1) + A_{2-3} \Rightarrow \frac{R}{2} = \frac{3}{2} R + \frac{A_{2-3}}{4\Omega T_1}$$

$$\text{Значит вся работа затрачена } A = 4\Omega T_1 R - \frac{3}{2} \Omega R T_1 = \frac{5}{2} \Omega R T_1$$

только  $Q_{1-2} > 0 \Rightarrow$

$$\eta = \frac{A}{Q_{1-2}}$$

|            |       |                 |                            |
|------------|-------|-----------------|----------------------------|
|            | 1-2   | 2-3             | 3-1                        |
| $\Delta U$ | $> 0$ | $< 0$           | $< 0$                      |
| $A$        | 0     | $4\Omega R T_1$ | $-\frac{3}{2}\Omega R T_1$ |
| $Q$        | $> 0$ | $< 0$           | $< 0$                      |



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!

Продолжение задачи 4.

$$1,5R = \frac{Q_{1-2}}{2T_1} \Rightarrow Q_{1-2} = 10,5R \Delta T_1 \Rightarrow \eta = \frac{5,5R \Delta T_1}{10,5R \Delta T_1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{5}{21} \quad \text{Ответ: } \eta = \frac{5}{21}$$

3) Т.к.  $A_{1-2} = 0$  и-2 изохорный  $\Rightarrow \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{8T_1} \Rightarrow$   
 $P_2 = 8P_1$

Все процессы политропные:

$$\Rightarrow \text{для каждого верна } PV^{\kappa} = \text{const}$$

где  $\kappa = \frac{C_p + C}{C_v + C}$  для адиабатического

$$C_v = \frac{3}{2}R \quad C_p = \frac{5}{2}R \quad \kappa = 3$$

для 2-3  $C = \frac{1}{2}R \Rightarrow \kappa = \frac{3}{2}$

$$\Rightarrow PV = \text{const} \Rightarrow P_2 V_2 = P_3 V_3 \quad (1)$$

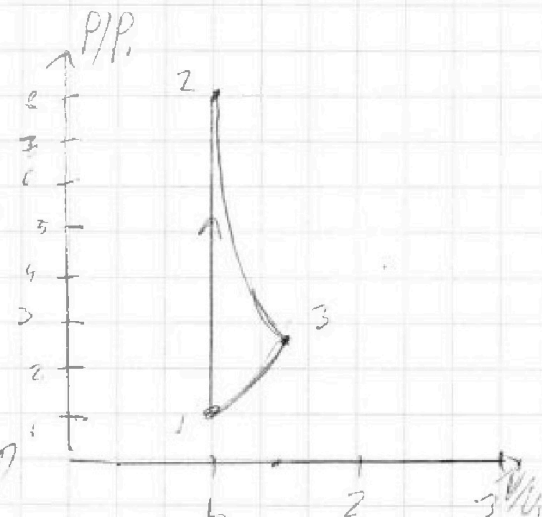
$$\Delta U_{2-3} = -\frac{3}{2} R \Delta T_1 = \frac{3}{2} (P_3 V_3 - 8P_1 V_1) \Leftrightarrow 4P_1 V_1 = P_3 V_3 \Rightarrow$$

$$P_3 = \frac{4P_1 V_1}{V_3} \Rightarrow \text{вспомог. } 3P_1 V_1^2 = 4P_1 V_1 V_3^2$$

$$\Rightarrow 3V_1^2 = 4V_3^2 \Rightarrow V_3 = \sqrt{3} V_1 \Rightarrow \text{вспомог. } 8P_1 V_1^2 = 2\sqrt{3} P_3 V_3^2$$

$$P_3 = \frac{4}{\sqrt{3}} P_1 = 2\sqrt{3} P_1. \text{ Тогда } C_{2-1} = 2 \Rightarrow \kappa = \frac{2}{2} = 1$$

$$\Rightarrow PV^{-1} = \text{const} \Rightarrow P = \text{const} \cdot V^{-1} \text{ тогда } C_p = C_v + R = \frac{5}{2}R$$



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!

Решено: а), г).

1) Рассмотрим центр масс системы.

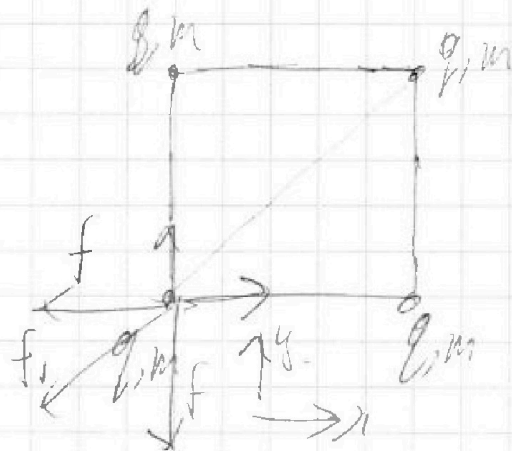
$$F = \frac{kq^2}{a^2} \quad F_1 = \frac{kq^2}{2a^2} \Rightarrow$$

$$F_1 = \frac{F}{2}$$

$$\text{орх: } T = F + \cos 45^\circ \frac{F}{2} \Leftrightarrow$$

$$T = F \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{2}\right) \Rightarrow T = \frac{kq^2}{a^2} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{2}\right) \Leftrightarrow$$

$$q = \sqrt{\frac{Ta^2}{k(1 + \frac{\sqrt{2}}{2})}} \quad \text{Ответ: } q = \sqrt{\frac{T a^2}{k(1 + \frac{\sqrt{2}}{2})}} = \sqrt{\frac{49 \cdot 10^{-12} \cdot 1}{(1 + \frac{\sqrt{2}}{2})}}$$



2) Т.к. внеш. сил нет \$\Rightarrow\$ центр масс не смест.

Вспомогательное: во заряды равны, поэтому модуль силы во всех направлениях одинаков.

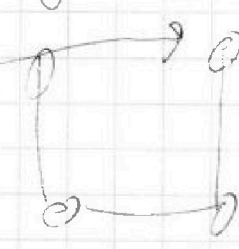
2) будем смотреть по \$E\_{\text{шр}}\$ для того

$$\text{зарядов } W_p = \frac{kq^2}{r^2}$$

$$\text{в центре: } \frac{2kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{2a^2} = \frac{5kq^2}{2a^2}$$

$$\text{в углу: } \frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{4a^2} + \frac{kq^2}{9a^2} = \frac{49}{36} \frac{kq^2}{a^2}$$

$$\Delta W_p = k = \frac{49}{36} \frac{kq^2}{a^2} \Rightarrow q = \sqrt{\frac{36}{49} \frac{ka^2}{k}} = \frac{6}{7} a \sqrt{\frac{k}{k}} = \frac{6}{7} a \sqrt{\frac{1}{4\pi\epsilon_0}}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

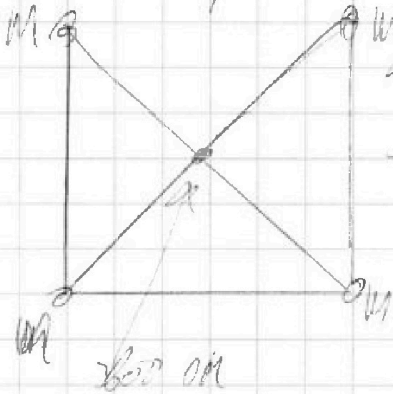
|                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|---------------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



3) Рассмотрим вот такой квадрат:

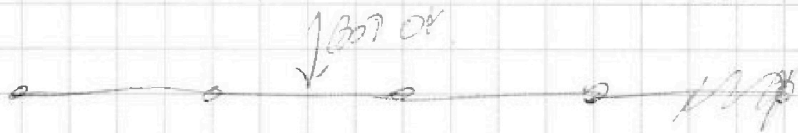
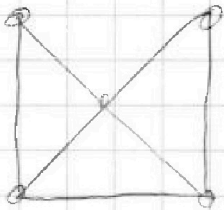


Задача сводится к  $\frac{a}{2}$  и  $\frac{a}{2}$

и  $\frac{a}{2}$  и  $\frac{a}{2}$   $\Rightarrow$

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

Ответ:  $d = \frac{a\sqrt{5}}{2}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1     2     3     4     5     6     7



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

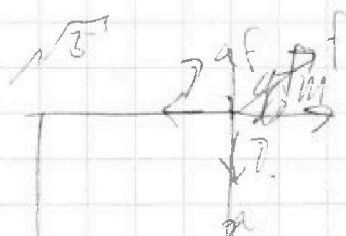


$$2-3 \quad 0,5R = \frac{-\frac{3}{2} \cdot 2R \cdot 4T_1 + A_2}{2 - 4T_1}$$

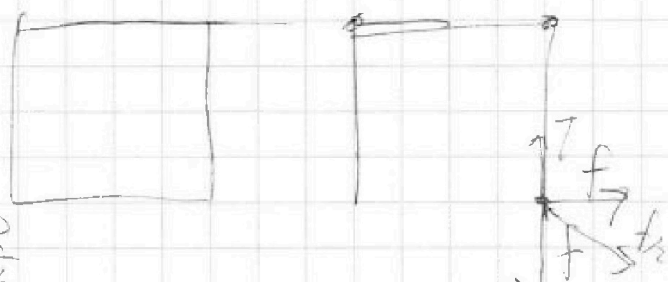
$$-\frac{6}{2} \cdot 2R \cdot 4T_1 = \frac{3}{2} (P_3 U_3 - P_2 U_2)$$

$$-\frac{3}{2} \cdot 2R \cdot 4T_1 = \frac{3}{2} (P_3 U_3 - P_2 U_2) \Rightarrow$$

$$-2 \cdot 4 \cdot 2R \cdot T_1 = P_3 U_3 - P_2 U_2 \Rightarrow P_3 U_3 = -3 \cdot 2R \cdot T_1 = -3 P_2 U_2$$



$$\sqrt{2} T = \sqrt{2} f + \frac{k q q}{2a^2} = \sqrt{2} f + \frac{f}{2}$$



$$A_{21} = 4 \cdot 2R \cdot T_1 \quad C = \frac{R}{2}$$

$$2 \rightarrow \text{магнитный} \Rightarrow P U = \text{const}$$

$$P U = \text{const} \Rightarrow \text{магнитное}$$

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

$$\frac{C P - R}{C + R}$$

$$C P + \frac{3}{2} R U T$$

$$\frac{\frac{5}{2} R - 2R}{\frac{3}{2} + 2R} = \frac{\frac{1}{2} R}{\frac{7}{2} R} \quad C P - \frac{3}{2} R = R = C P = \frac{5}{2} R$$

$$2R \times P U^{\frac{1}{2}} = \text{const}$$

$$P = \frac{\text{const}}{U^{\frac{1}{2}}} = \frac{\text{const}}{\sqrt{U}}$$

$$\frac{2P}{2R}$$

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!

$$C = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{C_V \Delta T + A}{\Delta T} = C$$

$$C_V + \frac{A}{\Delta T} = C$$

$$\Delta U_{2-3} = -\frac{\gamma}{\gamma-1} \Delta R \Delta T = \frac{\gamma}{\gamma-1} (P_3 V_3 - P_1 V_1) \Leftrightarrow$$

$$-4 P_1 V_1 = P_3 V_3 - 8 P_1 V_1$$

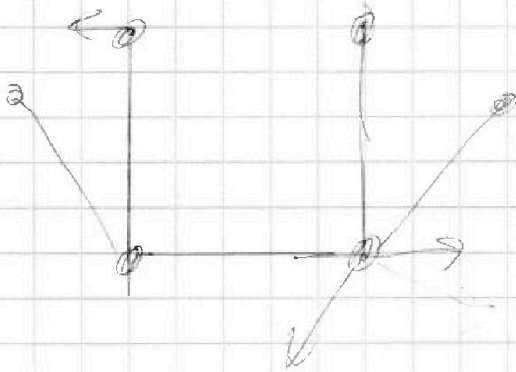
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



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



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

$$\frac{3P}{R} = 3$$

$$PV^3 = \text{const}$$

$$3P_1 V_1^3 = P_3 V_3^3$$

$$4P_1 V_1 = P_3 V_3 \Rightarrow P_3 = \frac{4P_1 V_1}{V_3}$$

$$3P_1 V_1^2 = 4P_1 V_1 V_3^2$$

$$3V_1^2 = 4V_3^2 \Rightarrow V_3^2 = \frac{3}{4} V_1^2 \Rightarrow V_3 = 1.91 V_1$$

1.9  
3  
2.8

$$Q = \frac{1P_1 V_1 + 1P_1 V_1 + 1P_1 V_2 + 1P_1 V_3}{4M}$$

$$\frac{90}{99} = 9$$

$$26 + 2 + 9 = \frac{41 \text{ кг}^2}{18 \text{ м}^2 \text{ м}}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

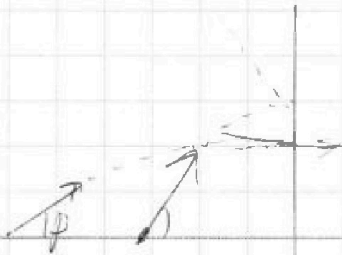
МФТИ

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



$$t_h = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g}$$

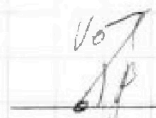
$$L = \frac{V_0 \cos \alpha \cdot 2V_0 \sin \alpha}{g} = \frac{2V_0^2 \cos \alpha \sin \alpha}{g}$$



$$\frac{10\sqrt{2}}{10} = \sqrt{2}$$

$$\Rightarrow S = 20 - \frac{10 \cdot 2}{2} = 10 \text{ м}$$

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



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

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

$$\text{высота } V_0 \sin \beta \cdot t = \text{max}$$

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

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \frac{S^2}{V_0^2 t^2}} \Rightarrow V_0 \sqrt{1 - \frac{S^2}{V_0^2 t^2}} \cdot t = \text{max}$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \frac{S^2}{V_0^2 t^2}} \Rightarrow V_0 \sqrt{1 - \frac{S^2}{V_0^2 t^2}} \cdot t = \text{max}$$

$$\Rightarrow V_0 \sqrt{t^2 - \frac{S^2}{V_0^2}} = \text{max} \quad t =$$

$$\frac{2V_0 t}{2\sqrt{t^2 - \frac{S^2}{V_0^2}}} = 0 \quad -10(0,5 - 0,8 + 0,6)$$

$$-4 - 6 = -10$$

24,93  
13,2  
11,73

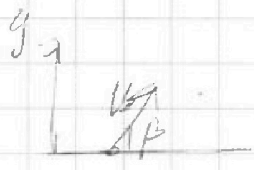
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$x(t) = v_0 \sin \beta t - \frac{g t^2}{2}$$

Вершина

$$\frac{-v_0 \sin \beta}{-g} = \frac{v_0 \sin \beta}{g}$$

$$y(x) = v_0 \sin \beta \cdot t - \frac{g t^2}{2}$$

$$\Rightarrow y(x) = \frac{v_0 \sin \beta x}{v_0 \cos \beta} - \frac{g x^2}{2 v_0^2 \cos^2 \beta}$$

$$x(t) = v_0 \cos \beta \cdot t \Rightarrow t = \frac{x}{v_0 \cos \beta}$$

Вершина:  $\frac{v_0 \sin \beta}{v_0 \cos \beta} \cdot \frac{v_0^2 \cos^2 \beta}{g} = \frac{v_0^2 \sin \beta \cos \beta}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\beta}{2g} = A$

$$v_0^2 \sin 2\beta = 2gA \Rightarrow \sin 2\beta = \frac{2gA}{v_0^2} = \frac{24}{200}$$

$$200 \cos^2 \beta = \frac{37}{100} \Rightarrow 2 \cos^2 \beta \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \frac{37}{100} \Rightarrow$$

$$\sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \frac{37}{200 \cos^2 \beta}$$

$$1 - \cos^2 \beta = \frac{37^2}{4 \cdot 10^4 \cos^4 \beta} \Rightarrow 4 \cdot 10^4 \cos^4 \beta - 4 \cdot 10^4 \cos^2 \beta + 37^2 = 0$$

$$1 - \frac{4 \cdot 31}{2500} =$$

$$\begin{array}{r} \times 12 \\ 12 \\ \hline 136 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} + 24 \\ 24 \\ \hline 6 \\ \hline 22 \\ 22 \\ \hline 44 \\ 44 \\ \hline 88 \\ 88 \\ \hline 176 \\ 176 \\ \hline 352 \\ 352 \\ \hline 704 \\ 704 \\ \hline 1408 \\ 1408 \\ \hline 2816 \\ 2816 \\ \hline 5632 \\ 5632 \\ \hline 11264 \\ 11264 \\ \hline 22528 \\ 22528 \\ \hline 45056 \\ 45056 \\ \hline 90112 \\ 90112 \\ \hline 180224 \\ 180224 \\ \hline 360448 \\ 360448 \\ \hline 720896 \\ 720896 \\ \hline 1441792 \\ 1441792 \\ \hline 2883584 \\ 2883584 \\ \hline 5767168 \\ 5767168 \\ \hline 11534336 \\ 11534336 \\ \hline 23068672 \\ 23068672 \\ \hline 46137344 \\ 46137344 \\ \hline 92274688 \\ 92274688 \\ \hline 184549376 \\ 184549376 \\ \hline 369098752 \\ 369098752 \\ \hline 738197504 \\ 738197504 \\ \hline 1476395008 \\ 1476395008 \\ \hline 2952790016 \\ 2952790016 \\ \hline 5905580032 \\ 5905580032 \\ \hline 11811160064 \\ 11811160064 \\ \hline 23622320128 \\ 23622320128 \\ \hline 47244640256 \\ 47244640256 \\ \hline 94489280512 \\ 94489280512 \\ \hline 188978561024 \\ 188978561024 \\ \hline 377957122048 \\ 377957122048 \\ \hline 755914244096 \\ 755914244096 \\ \hline 1511828488192 \\ 1511828488192 \\ \hline 3023656976384 \\ 3023656976384 \\ \hline 6047313952768 \\ 6047313952768 \\ \hline 12094627905536 \\ 12094627905536 \\ \hline 24189255811072 \\ 24189255811072 \\ \hline 48378511622144 \\ 48378511622144 \\ \hline 96757023244288 \\ 96757023244288 \\ \hline 193514046488576 \\ 193514046488576 \\ \hline 387028092977152 \\ 387028092977152 \\ \hline 774056185954304 \\ 774056185954304 \\ \hline 1548112371908608 \\ 1548112371908608 \\ \hline 3096224743817216 \\ 3096224743817216 \\ \hline 6192449487634432 \\ 6192449487634432 \\ \hline 12384898975268864 \\ 12384898975268864 \\ \hline 24769797950537728 \\ 24769797950537728 \\ \hline 49539595901075456 \\ 49539595901075456 \\ \hline 99079191802150912 \\ 99079191802150912 \\ \hline 198158383604301824 \\ 198158383604301824 \\ \hline 396316767208603648 \\ 396316767208603648 \\ \hline 792633534417207296 \\ 792633534417207296 \\ \hline 1585267068834414592 \\ 1585267068834414592 \\ \hline 3170534137668829184 \\ 3170534137668829184 \\ \hline 6341068275337658368 \\ 6341068275337658368 \\ \hline 12682136550675316736 \\ 12682136550675316736 \\ \hline 25364273101350633472 \\ 25364273101350633472 \\ \hline 50728546202701266944 \\ 50728546202701266944 \\ \hline 101457092405402533888 \\ 101457092405402533888 \\ \hline 202914184810805067776 \\ 202914184810805067776 \\ \hline 405828369621610135552 \\ 405828369621610135552 \\ \hline 811656739243220271104 \\ 811656739243220271104 \\ \hline 1623313478486440542208 \\ 1623313478486440542208 \\ \hline 3246626956972881084416 \\ 3246626956972881084416 \\ \hline 6493253913945762168832 \\ 6493253913945762168832 \\ \hline 12986507827891524337664 \\ 12986507827891524337664 \\ \hline 25973015655783048675328 \\ 25973015655783048675328 \\ \hline 51946031311566097350656 \\ 51946031311566097350656 \\ \hline 103892062623132194701312 \\ 103892062623132194701312 \\ \hline 207784125246264389402624 \\ 207784125246264389402624 \\ \hline 415568250492528778805248 \\ 415568250492528778805248 \\ \hline 831136500985057557610496 \\ 831136500985057557610496 \\ \hline 1662273001970115115220992 \\ 1662273001970115115220992 \\ \hline 3324546003940230230441984 \\ 3324546003940230230441984 \\ \hline 6649092007880460460883968 \\ 6649092007880460460883968 \\ \hline 13298184015760920921767936 \\ 13298184015760920921767936 \\ \hline 26596368031521841843535872 \\ 26596368031521841843535872 \\ \hline 53192736063043683687071744 \\ 53192736063043683687071744 \\ \hline 106385472126087367374143488 \\ 106385472126087367374143488 \\ \hline 212770944252174734748286976 \\ 212770944252174734748286976 \\ \hline 425541888504349469496573952 \\ 425541888504349469496573952 \\ \hline 851083777008698938993147904 \\ 851083777008698938993147904 \\ \hline 1702167554017397877986295808 \\ 1702167554017397877986295808 \\ \hline 3404335108034795755972591616 \\ 3404335108034795755972591616 \\ \hline 6808670216069591511945183232 \\ 6808670216069591511945183232 \\ \hline 13617340432139183023890366464 \\ 13617340432139183023890366464 \\ \hline 27234680864278366047780732928 \\ 27234680864278366047780732928 \\ \hline 54469361728556732095561465856 \\ 54469361728556732095561465856 \\ \hline 108938723457113464191122931712 \\ 108938723457113464191122931712 \\ \hline 217877446914226928382245863424 \\ 217877446914226928382245863424 \\ \hline 435754893828453856764491726848 \\ 435754893828453856764491726848 \\ \hline 871509787656907713528983453696 \\ 871509787656907713528983453696 \\ \hline 1743019575313815427057966907392 \\ 1743019575313815427057966907392 \\ \hline 3486039150627630854115933814784 \\ 3486039150627630854115933814784 \\ \hline 6972078301255261708231867629568 \\ 6972078301255261708231867629568 \\ \hline 13944156605110523416463735259136 \\ 13944156605110523416463735259136 \\ \hline 27888313210221046832927470518272 \\ 27888313210221046832927470518272 \\ \hline 55776626420442093665854941036544 \\ 55776626420442093665854941036544 \\ \hline 111553252840884187321709882073088 \\ 111553252840884187321709882073088 \\ \hline 223106505681768374643419764146176 \\ 223106505681768374643419764146176 \\ \hline 446213011363536749286839528292352 \\ 446213011363536749286839528292352 \\ \hline 892426022727073498573679056584704 \\ 892426022727073498573679056584704 \\ \hline 1784852045454146997467358113169408 \\ 1784852045454146997467358113169408 \\ \hline 3569704090908293994934716226338816 \\ 3569704090908293994934716226338816 \\ \hline 7139408181816587989869432452677632 \\ 7139408181816587989869432452677632 \\ \hline 14278816363633175979738864905355264 \\ 14278816363633175979738864905355264 \\ \hline 28557632727266351959477729810710528 \\ 28557632727266351959477729810710528 \\ \hline 57115265454532703918955459621421056 \\ 57115265454532703918955459621421056 \\ \hline 114230530909065407837910919242842112 \\ 114230530909065407837910919242842112 \\ \hline 228461061818130815675821838485684224 \\ 228461061818130815675821838485684224 \\ \hline 456922123636261631351643676971368448 \\ 456922123636261631351643676971368448 \\ \hline 913844247272523262703287353942736896 \\ 913844247272523262703287353942736896 \\ \hline 1827688494545046525406574707885473792 \\ 1827688494545046525406574707885473792 \\ \hline 3655376989090093050813149415770947584 \\ 3655376989090093050813149415770947584 \\ \hline 7310753978180186101626298831541895168 \\ 7310753978180186101626298831541895168 \\ \hline 14621507956360372203252597663083790336 \\ 14621507956360372203252597663083790336 \\ \hline 29243015912720744406505195326167580672 \\ 29243015912720744406505195326167580672 \\ \hline 58486031825441488813010390652335161344 \\ 58486031825441488813010390652335161344 \\ \hline 116972063650882977626020781304670322688 \\ 116972063650882977626020781304670322688 \\ \hline 233944127301765955252041562609340645376 \\ 233944127301765955252041562609340645376 \\ \hline 467888254603531910504083125218681290752 \\ 467888254603531910504083125218681290752 \\ \hline 935776509207063821008166250437362581504 \\ 935776509207063821008166250437362581504 \\ \hline 187155301841412764201633250087472513008 \\ 187155301841412764201633250087472513008 \\ \hline 374310603682825528403266500174945026016 \\ 374310603682825528403266500174945026016 \\ \hline 748621207365651056806533000349890052032 \\ 748621207365651056806533000349890052032 \\ \hline 1497242414731302113613066000699780104064 \\ 1497242414731302113613066000699780104064 \\ \hline 2994484829462604227226132001399560208128 \\ 2994484829462604227226132001399560208128 \\ \hline 5988969658925208454452264002799120416256 \\ 5988969658925208454452264002799120416256 \\ \hline 11977939317850416908904528005598240832512 \\ 11977939317850416908904528005598240832512 \\ \hline 23955878635700833817809056011196481665024 \\ 23955878635700833817809056011196481665024 \\ \hline 47911757271401667635618112022392963330048 \\ 47911757271401667635618112022392963330048 \\ \hline 9582351454280333527123622404478586660096 \\ 9582351454280333527123622404478586660096 \\ \hline 19164702908560667054247244808957173320192 \\ 19164702908560667054247244808957173320192 \\ \hline 38329405817121334108494489617914346640384 \\ 38329405817121334108494489617914346640384 \\ \hline 76658811634242668216988979235828693280768 \\ 76658811634242668216988979235828693280768 \\ \hline 153317623268485336433977958471657385561536 \\ 153317623268485336433977958471657385561536 \\ \hline 306635246536970672867955916943314711123072 \\ 306635246536970672867955916943314711123072 \\ \hline 613270493073941345735911833886628422246144 \\ 613270493073941345735911833886628422246144 \\ \hline 1226540986147882691471823667773256844482288 \\ 1226540986147882691471823667773256844482288 \\ \hline 24530819722957653829436473355465136888576 \\ 24530819722957653829436473355465136888576 \\ \hline 49061639445915307658872946710930273777152 \\ 49061639445915307658872946710930273777152 \\ \hline 98123278891830615317745893421860547554304 \\ 98123278891830615317745893421860547554304 \\ \hline 1962465577836612306354917868437210910886808 \\ 1962465577836612306354917868437210910886808 \\ \hline 3924931155673224612709835736874421821771616 \\ 3924931155673224612709835736874421821771616 \\ \hline 7849862311346449225419671473748843643543232 \\ 7849862311346449225419671473748843643543232 \\ \hline 1569972462269289845083934314749768686886464 \\ 1569972462269289845083934314749768686886464 \\ \hline 3139944924538579690167868629499537373772928 \\ 3139944924538579690167868629499537373772928 \\ \hline 62798898490771593803357372589990747475456 \\ 62798898490771593803357372589990747475456 \\ \hline 125597796981543187606714745179981494951104 \\ 125597796981543187606714745179981494951104 \\ \hline 25119559396308637521342949035996298990208 \\ 25119559396308637521342949035996298990208 \\ \hline 50239118792617275042685898071992597980416 \\ 50239118792617275042685898071992597980416 \\ \hline 10047823758523455008537179614385195960832 \\ 10047823758523455008537179614385195960832 \\ \hline 20095647517046910017074359228770391121664 \\ 20095647517046910017074359228770391121664 \\ \hline 40191295034093820034148718457540782243328 \\ 40191295034093820034148718457540782243328 \\ \hline 8038259006818764006829743691508156446656 \\ 8038259006818764006829743691508156446656 \\ \hline 16076518013637528013659487383016312933312 \\ 16076518013637528013659487383016312933312 \\ \hline 3215303602727505602731897476603262566664 \\ 3215303602727505602731897476603262566664 \\ \hline 6430607205455011205463794953206525133328 \\ 6430607205455011205463794953206525133328 \\ \hline 12861214410910022410927589906413050266656 \\ 12861214410910022410927589906413050266656 \\ \hline 25722428821820044821855179812826101333312 \\ 25722428821820044821855179812826101333312 \\ \hline 51444857643640089643710359625652202666624 \\ 51444857643640089643710359625652202666624 \\ \hline 102889715287280179287420719251304405333248 \\ 102889715287280179287420719251304405333248 \\ \hline 20577943057456035857484143850260880666656 \\ 20577943057456035857484143850260880666656 \\ \hline 41155886114912071714968287700521771333312 \\ 41155886114912071714968287700521771333312 \\ \hline 8231177222982414342993657540104344666624 \\ 8231177222982414342993657540104344666624 \\ \hline 16462354445964828685987315080208689333248 \\ 16462354445964828685987315080208689333248 \\ \hline 32924708891929657371974630160417378666656 \\ 32924708891929657371974630160417378666656 \\ \hline 65849417783859314743949260320834757333312 \\ 65849417783859314743949260320834757333312 \\ \hline 13169883556771862948789852064166946666624 \\ 13169883556771862948789852064166946666624 \\ \hline 26339767113543725897579704128333893333248 \\ 26339767113543725897579704128333893333248 \\ \hline 52679534227087451795159408256667786666656 \\ 52679534227087451795159408256667786666656 \\ \hline 105359068454174903590318816513335573333312 \\ 105359068454174903590318816513335573333312 \\ \hline 210718136908349807180637633026671146666624 \\ 210718136908349807180637633026671146666624 \\ \hline 421436273816699614361275266053342293333248 \\ 421436273816699614361275266053342293333248 \\ \hline 842872547633399228722550532106684576666656 \\ 842872547633399228722550532106684576666656 \\ \hline 1685745095266798457445101064213371153333312 \\ 16$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

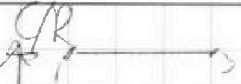
Отметьте крестиком номер задачи,

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!



$$Q = \dots$$

$$2R = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{\Delta U + A}{\Delta T} = 2R$$

$$= \frac{\frac{3}{2} QR + A}{\Delta T} = 2R$$

$$\frac{3}{2} QR + A = 2R \Delta T$$

$$1,5R - 1 = 2R \Delta T$$

$$A = A \cdot 0,5R \Rightarrow$$

$$A_0 = 2,5R \Delta T$$

$$0,5R = \frac{3}{2} QR \Delta T$$

$$\Delta T = 2R$$

$$0,5R = \frac{3}{2} R$$

|  |     |     |     |
|--|-----|-----|-----|
|  | 1-2 | 2-3 | 3-1 |
|--|-----|-----|-----|

$$\Delta U > 0 \quad < 0 \quad < 0$$

$$A = 0 \quad 4,0R \quad -3,0R$$

$$Q > 0 \quad < 0 \quad < 0$$

$$0,5 = \frac{Q}{2 - 4T}$$

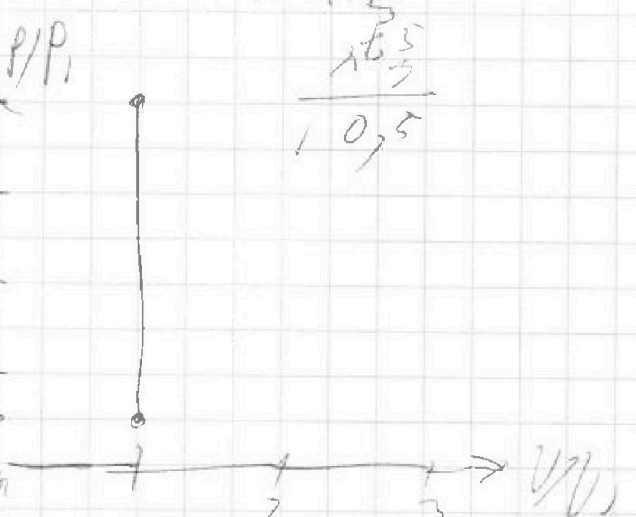
$$\frac{1 \cdot 0,5}{10,5}$$

$$\Delta U_{1-2} = \frac{3}{2} QR \Delta T = \frac{3}{2} (P_1 V_1 - P_2 V_2)$$

$$2,0R \Delta T = (P_1 V_1 - P_2 V_2)$$

$$2,0R \Delta T = V_1 (P_2 - P_1)$$

$$\frac{T_1}{P_1} = \frac{2T_1}{P_2} \Rightarrow P_2 = 2P_1$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1     2     3     4     5     6     7



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



$$V(t) = V_0 - \alpha t \quad \text{где } \alpha \text{ — ускорение}$$

$$V(t) = V_0 - \alpha t \Rightarrow t = \frac{V_0 - V}{\alpha}$$

$$S(t) = V_0 t - \frac{\alpha t^2}{2}$$

$$S(V) = \frac{V_0(V_0 - V)}{\alpha} - \frac{(V_0 - V)^2}{2\alpha} = \frac{V_0^2 - V_0 V}{\alpha} - \frac{(V_0^2 - 2V_0 V + V^2)}{2\alpha}$$

$$\text{если } V=0 \Rightarrow S(0) = \frac{V_0^2}{\alpha} - \frac{V_0^2}{2\alpha} = 36 \left( \frac{1}{10} - \frac{1}{20} \right) = \frac{36}{20} \text{ м}$$

13 м.

10-е задание.

$$V = V_0 - 10t$$

$$\frac{1-0}{10} = \frac{1}{2}$$

$$k = mV^2 \Rightarrow$$

$$V = \sqrt{\frac{2k}{m}}$$

