

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01



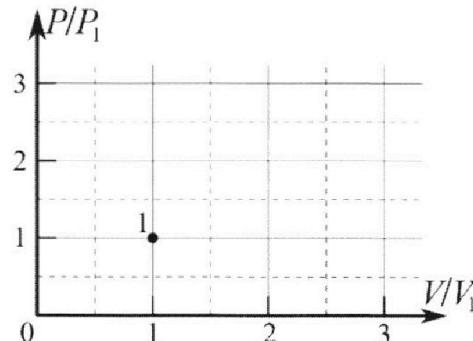
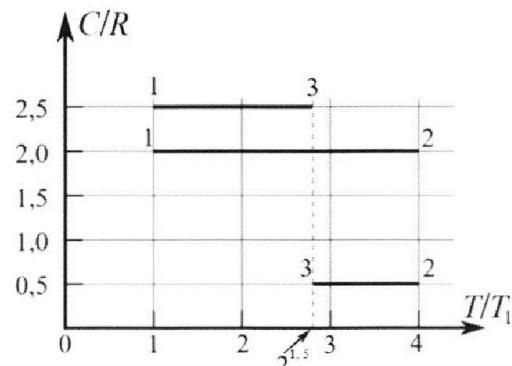
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

- 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 η 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 .

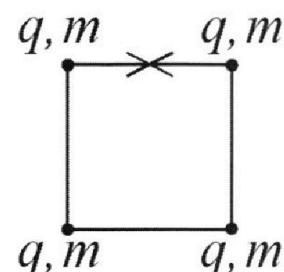
1) Найдите силу T натяжения нитей.

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 вверху (на рисунке)?

Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.





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.

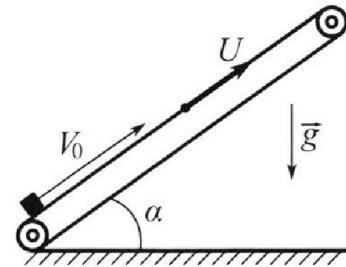
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

2) Теннисист посыпает 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 $g = 10 \text{ м/с}^2$. 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 α такой, что $\sin \alpha = 0,8$ (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покояющуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 4 \text{ м/с}$. 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 $S = 1 \text{ м}$?

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

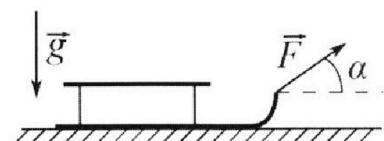
2) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки во *втором опыте* будет равна $U = 2 \text{ м/с}$?

3) На какой высоте H , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во *втором опыте* станет равной нулю? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. 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 α 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 μ 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.

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| X | <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. Дано: $T=2\pi$ Найти: 1) V_0 ? 2) h_{max} ?

$$S=20\text{м}$$

Решение: 1) Когда мяч достигает макс. высоты, $V=0 \Rightarrow$

$$V_0 - gT = 0 \quad V_0 = gT = \frac{20\text{м}}{\pi}$$

2) $x = V_0 \cos \alpha t$ $y = V_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$ - уравнение движения мяча в вертикальной плоскости.

$S = V_0 \cos \alpha t$, t_0 - время полёта до уровня океана.

$$\therefore h_{max} = V_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} \quad \leftarrow t = \frac{S}{V_0 \cos \alpha}$$

$$h_{max} = S \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 V_0^2 \cos^2 \alpha}$$

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

$$\tan^2 \alpha = \frac{\sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha}$$

$$h_{max} = - \frac{g S^2}{2 V_0^2} \tan^2 \alpha + S \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 V_0^2}$$

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

Приблизительно с $\alpha = 0$ (левый берег) \Rightarrow

$$h_{max} = \frac{-S \cdot V_0^2}{-g S^2} = \frac{V_0^2}{g S} = \frac{400}{200} = 20\text{ м}$$

Начальное значение высоты и дальности

Ответ: 1) $V_0 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ 2) $h_{max} = 20\text{ м}$.



- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" 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(проверка) Занесли, что $(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = 1$ и что груз начнет

спускаться со того момента пройдет путь $S=1m$ обозначим
я как 1
 $v = v_0 - gt$ $v_0 = at$ $t = \frac{v_0}{g}$, таким образом $x = 0,8m$
← когда $t=0$

Когда груз начнет спускаться, $F_{fr} = \mu mg \cos \alpha$, то движение его
будет оси x (проверка движущегося). т.к. движущее движение из α
 $\mu \cos \alpha = -ma$, $= \mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha$
 $a = g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = \frac{2}{3}g$ (размерность для удобства).

Но вначале нужно учесть остаток времени ($S-1$).

$$S-1 = \frac{at^2}{2} \quad t = \sqrt{\frac{2(S-1)}{g}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 0,2}{30}} = \sqrt{\frac{2}{30}} <$$

Тогда спуск начнется в $t=0,4s$ $\Rightarrow T = t_1 + t = (0,4 + \frac{1}{15})$

2) $v_k = v$, тогда грузу предстоит двигаться от $x=0$. Но $v_0 = v$ $t = \frac{v_0}{g}$ - время, через которое груз

упадет на x при $x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ $a = g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = g$

$$L = (v_0 + v) t - \frac{gt^2}{2} = (v_0 + v) \frac{v_0 - g v_0^2}{g} =$$

$$\frac{(v_0 + v)4 - \frac{16}{10}}{10} = 2,4 - 1,6 = 0,8m$$

3) Скорость груза в x -д. с x становится равной, когда $v_k = 0$ $v_k = v$ т.к. $v_{ax} = v_k + v \Rightarrow$ вспомним из $0 = v_k + v$
 $v_k = -v$

Т.к. движение x -д. с имеет на ускорение $a = g$ \Rightarrow скорость
 меняется с t из $v = v_0 + at$ (когда груз остановится отм. конца), где
 движется с ускорением $a = g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = \frac{2}{3}g$

~~$v = v_0 + at$~~ $v = \frac{2}{3}gt_1$ $t_1 = \frac{5}{3}\sqrt{\frac{v}{g}}$

За это время груз проходит $L = v \cdot t_1 - \frac{1}{2}g \cdot t_1^2 = \frac{v \cdot 15}{3g} - \frac{25 \cdot 25 \cdot v^2}{108 \cdot g^2}$
 $\frac{4,5}{30} - \frac{20}{60} = \frac{2}{3} - \frac{1}{3} = \frac{1}{3}m$

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"/> |

МФТИ

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

2. (прог) Тогда же время до остановки груза пройдет $S = L + l$, где L -расстояние из п. 2.

$$\text{Тогда } H = (L + l) \sin \alpha = \left(\frac{4}{5} + \frac{1}{3} \right) \frac{4}{5} = \frac{68}{65} \text{ м}$$

Ответ: 1) $T = \left(\frac{2}{5} + \sqrt{\frac{1}{15}} \right) t$ 2) $L = 0.8 \text{ м}$ 3) $H = \frac{68}{65} \text{ м}$

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"/> |

МФТИ.



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

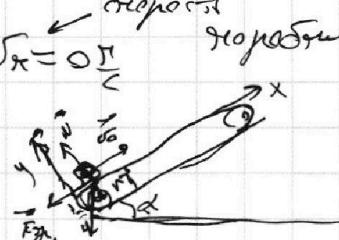
2. Дано: $\sin \alpha = 0,8$, $\mu = \frac{1}{3}$

Найти: 1) T , если $V_0 = 4\frac{\pi}{2}$ и $S = 1m$

2) L , $V_0 = 4\frac{\pi}{2}$; $V = 2\frac{\pi}{2}$ 3) H при $V_0 = 0\frac{\pi}{2}$ переслал
найдобин.

Решение:

1) ~~При~~ Действие сил x и y одинаковы и по направлению.



Тогда сила, действующая на частицу: $\alpha_x = -mg\sin\alpha - F_{xy} = -mg\sin\alpha$
 $\alpha_y = N - mg\cos\alpha$ $N = mg\cos\alpha$ $F_{xy} = \mu N = \mu mg\cos\alpha$
 $-ma_x = -\mu mg\cos\alpha - mgsin\alpha \Rightarrow a = g(\mu\cos\alpha + \sin\alpha)$

Уравнение движения вдоль оси x : $x = V_0 t - \frac{a t^2}{2}$

$$\cos\alpha = \sqrt{1 - \tan^2\alpha} =$$

$$0,6$$

(по определению
тangent).

$$S = V_0 t - \frac{g(\mu\cos\alpha + \sin\alpha)t^2}{2}$$

$$T^2 = \frac{V_0 \cdot T \cdot 2}{g(\mu\cos\alpha + \sin\alpha)} + 2S \rightarrow 0$$

$$T_1 = \frac{V_0}{g(\mu\cos\alpha + \sin\alpha)} \pm \sqrt{\frac{V_0^2}{g^2(\mu\cos\alpha + \sin\alpha)^2} - \frac{2S}{g(\mu\cos\alpha + \sin\alpha)}}$$

Координата S будет равна S в первом решении подбором и второе - при смене. Использовать первое симметрично \rightarrow $S = 0,5 \cdot T^2$

$$T = \frac{V_0}{g(\mu\cos\alpha + \sin\alpha)} + \sqrt{\frac{V_0^2}{g^2(\mu\cos\alpha + \sin\alpha)^2} - \frac{2S}{g(\mu\cos\alpha + \sin\alpha)}} = 4 + \sqrt{16 - 10(3 + \frac{4}{3})}$$

$$T = \frac{V_0}{g(\mu\cos\alpha + \sin\alpha)} = 2,4 \quad x = 0,4 \cdot 4 - \frac{10 \cdot 0,4^2}{x} = 4,16 - 0,8 = 3,36$$

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. Дано: $\Omega_0, \alpha = \alpha_0, \alpha, F$ Найти: 1) μ -? 2) T -?

Решение:

1) Представим силы действующие в горизонтальном случае:

$$Ox: F \cos \alpha - F_{\text{тр}} = Ma,$$

$$Oy: N - mg + F \sin \alpha = 0$$

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

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

то 2-ом случае.

$$Ox, F - F_{\text{тр}} = ma, \quad Oy: N = mg \Rightarrow F_{\text{тр}} = \mu mg$$

$$F - \mu mg = ma, \quad \alpha = \alpha_0, \text{ т.к. } \alpha_0 \text{ задано} \Rightarrow \text{запускаем машину с начальной скоростью } \Omega_0.$$

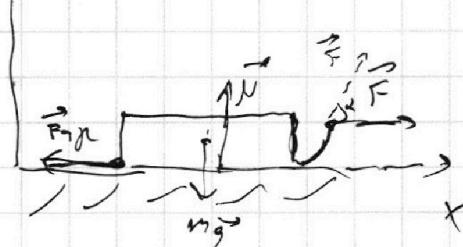
$$F - \mu mg = F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha)$$

$$F - \mu mg = F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha \quad \mu F \sin \alpha = F(1 - \cos \alpha) \quad \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

2) Масса приложенных действующих F не скажет
на результат $Oy: N = mg$ и $Ox: -ma = -\mu mg$
следовательно $a = \mu g$ $\Omega = \Omega_0 - \mu g t \Rightarrow$

$$\Omega = \Omega_0 - \mu g t \quad T = \frac{\Omega_0}{\mu g} = \frac{\Omega_0 \sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Ответ: 1)} \mu = \frac{(1 - \cos \alpha)}{\sin \alpha} \quad 2) T = \frac{\Omega_0 \sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)} \end{array} \right|$$



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 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!

4. (Прог.)
3).

$$P_1 V_1 = \sqrt{2} S_1$$

$$P_2 V_2 = 4 P_1 T_1$$

$$4 P_1 V_1 = 2 P_2 V_2$$

Процесс 3-1-
изохорический, т.к.

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

$$P_1 = P_3 \quad P_1 V_3 = \sqrt{2} \cdot 2^{1.5} \Rightarrow \frac{V_3}{V_1} = 2^{1.5}$$

$$P_1 V_1 = 2 P_1 T_1$$

Рассмотрим Q₂₃. $Q_{23} = 2 P_1 V_1 (\bar{s}_2 - 2)$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} P_1 V_1 (\bar{s}_2 - 2) \Rightarrow \Delta U_{23} = -2 P_1 V_1 (\bar{s}_2 - 2),$$

$$P_2 V_2 = 4 P_1 V_1 \quad \frac{V_2}{V_1} = 2^{1.5} \quad g = \frac{1}{4}$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} P_1 V_1 (\bar{s}_2 - 2) \Rightarrow \Delta U_{23} = \frac{3}{2} P_1 V_1 (V_2 - V_1) \quad \text{но } \bar{s}_2 = \frac{5}{2} \text{ для } P_2 = 4 P_1$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} P_1 V_1 (\bar{s}_2 - 2) = \frac{3}{2} P_1 V_1 (V_2 - V_1) \quad \text{но } \bar{s}_2 = \frac{5}{2} \text{ для } P_2 = 4 P_1$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} P_1 V_1 (V_2 - V_1) = 3 P_1 (V_2 - V_1)$$

Ме(4;1), т.к. т.к. изохорический. (2;2) и (4;1) =>

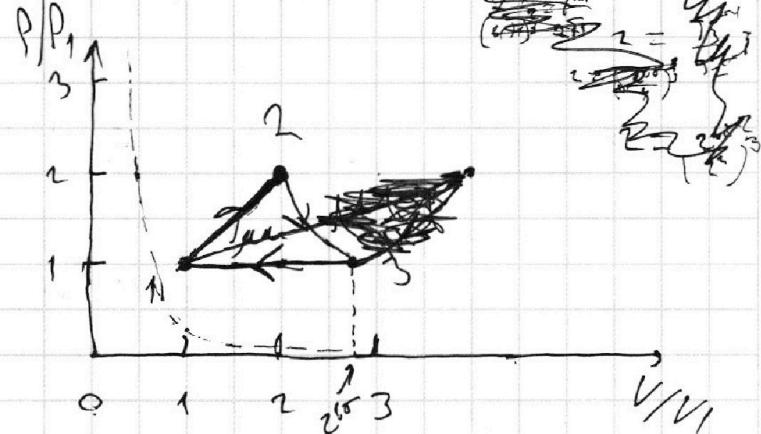
(2;2). $2 P_1 = 2 P_2 \quad V_2 = 2 V_1$. Процесс 2-3 изохорический

изохорический. Графически $\Delta_{23} = (P_2 + P_1)(V_2 - V_1) = \frac{3}{2} P_1 V_1 = \frac{3}{2} \Delta U_{23}$.

Действительно, отложив изохории графически под углом 45° => т.к. - угловые

$$\text{изохории} \Rightarrow \text{т.к. - угловые}$$

$$\text{изохории} \Rightarrow \text{т.к. - угловые}$$



2-3 изохории
т.к. 2-3 изохории
т.к. 2-3 изохории



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

4. Давн; $T_1 = 400\text{K}$, Мати; 1) $A_{12} = ?$ 2) $\eta = ?$ 3) Годр.
График, $i = 3$ градус
 $(\frac{P}{P_1}, \frac{V}{V_1})$

Решение:

$$1) \cancel{G_0 = \frac{R(A+V)}{2} = \frac{R}{2}(T_1 + T_2)} \quad \cancel{T_1 = 400\text{K}} \quad T_2 = 4T_1 \\ \Delta V_{12} = \frac{3}{2}VR(4T_1 - T_1) = \underline{9VR T_1}$$

$$Q_{12} = C_V \Delta T_{12} = 2R \cdot V \cdot 3T_1 \quad \text{по з.н. термодинамики}$$

$$Q = A' + \Delta U \Rightarrow A_{12} = GRV T_1 - \frac{9VR T_1}{2} = \frac{3}{2}VR T_1 = \frac{600 \cdot 8,31}{2} = 4986 \text{ Дж.}$$

$$2) \eta = 1 - \frac{Q_x}{Q_{12}} \quad Q_x = Q_{23} + Q_{31} \\ Q_{12} = Q_{23} + \cancel{Q_{31}}$$

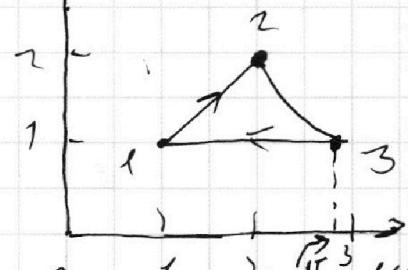
$$\frac{8,31}{4986}$$

$$Q_{23} = C_V V (2^{15}T - 4T) = JT(\sqrt[4]{2} - 2)R$$

$$Q_{31} = C_V V (T_1 - 2^{15}T_1) = 2,5R \cdot V \cdot T_1 (1 - 2^{15})$$

$$\eta = 1 - \frac{3,5RV T_1 (2^{15} - 1) + 2,5T_1 (2 - \sqrt[4]{2})}{6RV T_1} = \frac{2,5(2^{15} - 1) + 2 - \sqrt[4]{2}}{6}$$

$$\eta = 1 - \frac{3,5(2^{15} - 1) + 2 - \sqrt[4]{2}}{6} \uparrow P/P_1$$



3) Очевидно, что

на участке 2-3 уменьшается

давление из-за изобарного

изохорического расширения

(изотермического); значит, $T_3 < 2^{15}T_1$. Т.к. можно

сказать, что здесь предполагают

адиабатический

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

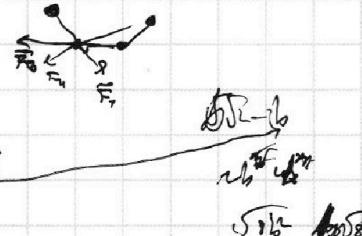


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

5(нагр.) ~~Движение одного из макетов~~
~~ассиметрично при движении относительно~~

~~движение двух~~

~~одного из макетов~~
~~затем симметрич.~~

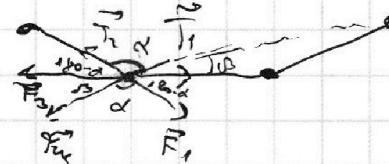


$$F_{10} = \frac{kg}{2b^2} + \frac{kq^2}{8b^2} = \frac{10kg^2}{8b^2}$$

$$k = \frac{m \cdot g^2 \cdot 4b^2}{10kg}$$

$$T = \frac{m \cdot g^2}{5kg^2} = \frac{U^2 \cdot b}{10kg}$$

~~Движение одного из макетов~~ ~~ассиметрическое~~ ~~затем симметричное~~
~~приложенное к нему F_{10} - не симметрическое~~



$$3) d =$$

$$\text{Ответ: 1) } T = \frac{kg^2}{b^2} \left(\frac{\sqrt{2}}{4} + 1 \right) \quad 2) U = \sqrt{\frac{kg^2}{2mb} \left(\frac{4-3\sqrt{2}}{2} \right)}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 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!

5 (нр. 5) $W_{\text{нест.}2} = W_{\text{нест.}3}$ (сингулярно)

$$W_{\text{нест.}2} = \left(\frac{kq^2}{b} + \frac{q_1 q}{b} + \frac{kq^2}{2b} \right) = -\frac{5kq^2}{2b}$$

$\begin{matrix} 1 \\ q_{12} \\ q_{22} \\ q_{42} \end{matrix} \quad \begin{matrix} 1 \\ q_{32} \\ q_{42} \end{matrix} \quad \begin{matrix} \uparrow \\ q_{42} \end{matrix}$

$$W_{\text{нест.}} = \left(\frac{2kq^2}{6b} + \frac{kq^2}{2b} \right) = -\frac{kq^2}{b} \cdot \frac{5^2}{6} = -\frac{25kq^2}{12b} = -\frac{13kq^2}{3b}$$

$$\Delta E_{\text{нест.}} = -\frac{13kq^2}{3b} + \frac{kq^2}{b} (2+5^2) = -\frac{kq^2}{b} \left(\frac{13}{3} - 2 - 25 \right) =$$

$$-\frac{kq^2}{b} \left(\frac{4}{3} - 25 \right)$$

Зт <чт> ~~ко~~ упрощение пот. энергии
увеличилось

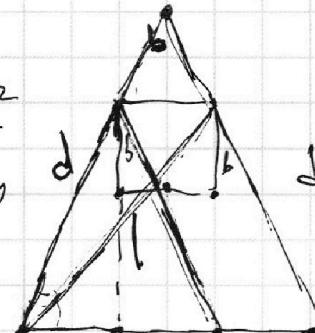
ЗСЭ:

7т. циркуль и $U_1 = U_2 = U_3 = U_4$

$$-\frac{kq^2}{b} \left(\frac{4}{3} - 25 \right) + \frac{4 \cdot m \omega^2}{x} = 0$$

$$U = \sqrt{\frac{kq^2}{b \cdot 2m} \left(\frac{4}{3} - 25 \right)}$$

относ.
силы, $\sigma = 0$
 $\sigma_{\text{нест.}} = \frac{m \omega^2}{2}$



3) ~~формул~~:

$$\cancel{2b \cdot (b+1)} = \cancel{b(b+1)} + 2 \cdot$$

Государственная
исследовательская
учебная
лаборатория

Возможен
изменение
имени
представ

$$(3b+6) \cdot (b+1) - b(b+1) + \frac{(b+1)b}{2} =$$



И
зменение
имени
представ

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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. Дано: b, m, q . Найти: 1) $T - ?$ 2) $\omega_{\text{св}}(B) d - ?$

Решение:

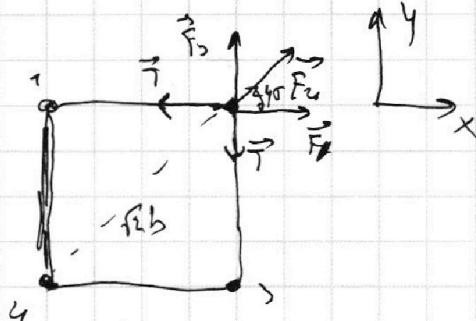
$$1) |F_A - F_B| = \frac{kq^2}{b^2}$$

$$F_H = \frac{kq^2}{2b} \quad \text{Т.Всех линий}$$

но модуль в силу симметрии

расчетами для 2.: $Q_x: F_H \cdot \cos 45 + F_1 = T$

$$T = \frac{kq^2 \cdot \sqrt{2}}{2b^2} + \frac{kq^2}{b^2} = \frac{kq^2}{b^2} \left(\frac{\sqrt{2}}{4} + 1 \right)$$



2) F_H и $\omega_{\text{св}}$ будут действовать из другой цепочки, их
справки будут правы (F_H будет действовать только
одной цепочкой \Rightarrow их будут линейческими T и $\omega_{\text{св}}$).

Найдем ненулевые коэффициенты системы. Для этого суммируем в каждой точке (точка - узел),

Всю систему ~~найдем~~ можно в виде единого балла
рассмотреть \Rightarrow мы будем иметь формулу $\omega_{\text{св}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{kq^2}{b}}$ (хот. 80
лекции)

$$\text{Узл. 2: } (\varphi_{12} + \varphi_{32} + \varphi_{42}) \varphi = \left(\frac{kq^2}{b} + \frac{kq^2}{b\sqrt{2}} \right) \varphi = \frac{kq^2}{b} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) \quad \frac{4}{\sqrt{2}}$$

$$\varphi_{12} = \varphi_{32} = \frac{kq}{b} \quad \varphi_{42} = \frac{kq}{b\sqrt{2}} \quad \text{Узл. 4: } \frac{kq^2}{b} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) \frac{4}{\sqrt{2}}$$

3) и сюда подставляем.

получим линии скручивания

$$\omega'_{\text{скр.}} = \frac{\sum \omega'_{\text{скр.}}}{2} \quad \omega'_{\text{скр.}} = \frac{kq^2}{3b} + \frac{kq^2}{2\sqrt{2}} + \frac{kq^2}{b} = \frac{11kq^2}{6Gb} = \omega'_{\text{скр.4}} \text{ (сингуляр.)}$$



$$\varphi'_{11} \quad \varphi'_{32} \quad \varphi'_{21}$$