



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-01



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

1. Мяч, посланный теннисистом вертикально вверх, поднимается на максимальную высоту за $T = 2$ с.

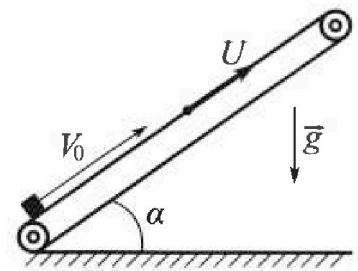
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

2) Теннисист посылает мяч с начальной скоростью V_0 под различными углами к горизонту в направлении высокой вертикальной стенки, находящейся на расстоянии $S = 20$ м от места броска. На какой максимальной высоте мяч ударяется о стенку?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². 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 покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 4$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = \frac{1}{3}$. Движение коробки прямолинейное.



1) За какое время T после старта коробка пройдет в первом опыте путь $S = 1$ м?

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

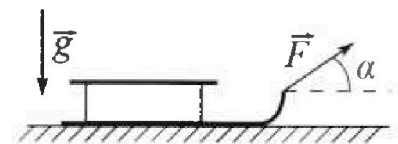
2) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 2$ м/с?

3) На какой высоте H , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². 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.

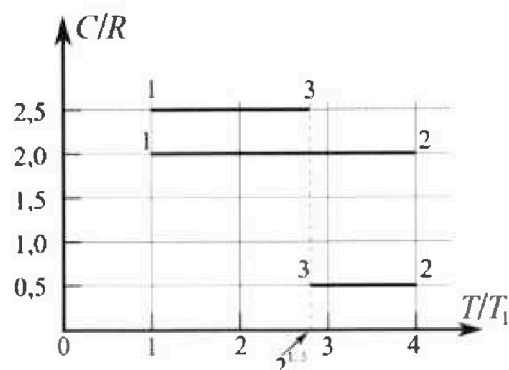
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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



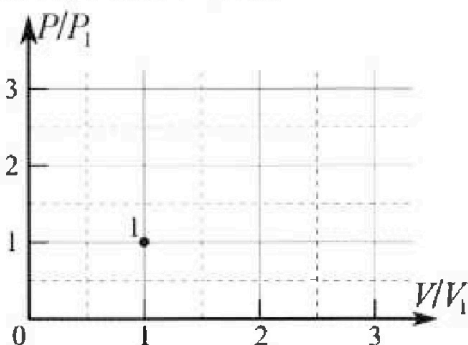
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



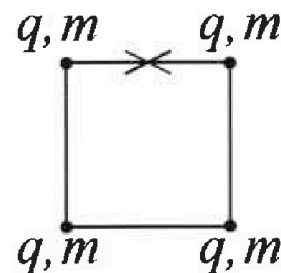
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

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 сверху (на рисунке)?



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



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МОТИ

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

№ 1

за время $T=2c$ шарик из состояния покоя
м.д.о. $y=0$ из точки $y=20$ м

$$a - m\ddot{y} = -mg$$

$$\ddot{y} = gT = 20 \frac{m}{c}$$

$$\begin{cases} S = v_0 \cos \alpha t \\ H = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} \end{cases} \begin{array}{l} \text{где } t \text{ - время полета} \\ \text{шарика до стены} \end{array}$$

$$H = S \operatorname{tg} \alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2}(1 + \operatorname{tg}^2 \alpha)$$

возьмем производную этой функции

$$S \operatorname{tg} \alpha - \frac{2gS^2}{2v_0^2} \alpha = 0$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{2} \Rightarrow v_y = 2v_x$$

$$H = 2S - \frac{5gS^2}{2v_0^2} = 15 \text{ м}$$

Ответ: $v_0 = 20 \frac{m}{c}$ $H = 15 \text{ м}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1
 2
 3
 4
 5
 6
 7



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

$$t \in \frac{2}{10} = 0,2 \text{ с}$$

$$L = 0,4 - 0,2 = -0,2 \text{ м} + 0,8 \text{ м} = 0,6 \text{ м}$$

В СО тракторного крюка $\mu = -2 \text{ см}$

$$\text{в } \text{м} \text{ СО} = 0$$

Запишем $S(t)$ (учитывая работу силы трения в момент остановки в тракторном крюке)

$$S = \frac{m g \sin \alpha}{2} t^2 + m g \mu - m g L \sin \alpha$$

$$S = (g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha) t^2, \text{ где } t \text{ — время}$$

спуска в СО тракторного крюка

$$t = \frac{2L}{g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha} = \frac{2 \cdot 0,6}{10 \cdot 0,6 - 10 \cdot 0,3} = 0,6 \text{ с}$$

$$S = \frac{400 \cdot 0,36}{2} - 400 \cdot 0,3 = 72 \text{ м}$$

$$N = 400 - 12 + 2 \cdot 9,8 = 400 - 12 + 19,6 = 397,6 \text{ Н}$$

$$20 \text{ Н} = \frac{400}{3} - \frac{4 + 1,6}{20} \cdot 20$$

$$N = 400 - 12 + 19,6 = 397,6 \text{ Н}$$

Ответ: $N = 397,6 \text{ Н}$; $L = 0,6 \text{ м}$; $T = 1,06 \text{ с}$

$$N = \frac{400}{3} \text{ м}$$

$$N = \frac{396}{600} \text{ м}$$

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!



N2

Коробка со скоростью начального $v_0 = 4 \text{ м/с}$

остановится если же пройдя путь $S = 1 \text{ м}$

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

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

$0 = v_0 - (g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha) t_1$ при $S = \text{путь}$
 $S_1 = v_0 t_1 - \frac{g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha}{2} t_1^2$ предположим что какое-то время движется вверх
 $t_1 = \frac{2}{5} \text{ с}$
 $S_1 = v_0 t_1 - \frac{g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha}{2} t_1^2$ т.е. t_1 вышло до нуля

$S_1 = \frac{4}{5} \text{ м} = 0,8 \text{ м}$

Тогда оставшийся путь $S_2 = 0,2 \text{ м}$ коробка

будет скользить назад и ее ускорение будет

равно $a = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha$

$S_2 = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2S_2}{a}} = \frac{0,2 \cdot 2}{0,6} = \frac{4}{6} \text{ с}$

$T = t_1 + t_2 = \frac{4}{5} + \frac{2}{3} = \frac{32}{30} \text{ с} = 1 \frac{1}{15} \text{ с}$

* Во втором случае перейдем в СО

транспорта, тогда $v = v_0 - u$

При этом, если в ЛСО коробка u_0

в СО транспорта $v = 0$

$(0 \sin \alpha + \mu g \cos \alpha) t$
 $v = (v_0 - u) t - \frac{g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha}{2} t^2$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

по условию запишем 3 вектора
действующих
сил Тренка

$$\vec{a} = m \vec{g} \leftarrow \mu m \vec{g} \uparrow$$

$$\frac{v_0}{\mu g} = T$$

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

$$\text{ответ: } \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \quad T = \frac{v_0 \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) g}$$

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 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!



$$m\vec{a} = \vec{F} + \vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}}$$

по оси OX: $m a = -F \sin \alpha + F_{\text{тр}}$

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

$$F_{\text{тр}} = \mu N =$$

$$m a_1 = F \cos \alpha + \mu (mg \cos \alpha + F \cos \alpha)$$

второй случай



$$N = mg$$

$$m a_2 = F \cos \alpha - mg \mu$$

запишем закон сохранения энергии

для обоих случаев

$$m v_0 = (1000 - m g \mu)$$

$$m v_0 = F \cos \alpha + \mu (mg \cos \alpha + F \cos \alpha)$$

$$\text{Тогда } F \cos \alpha - m g \mu = -m g \mu + \mu F \sin \alpha + F \cos \alpha$$

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

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

при прекращении действия

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

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!

из графика видно, что процесс
1-2 $\dot{U}_{\text{load}} = 2R$, $\Delta U = \frac{3}{2} \Delta R$ и $\Delta U = \frac{3}{2} \Delta R$,
тогда $A_{12} + U = 0$,

$$Q = (U_{\text{load}}) \Delta U = 2R \cdot 3T_1$$

$$A_{12} = Q - U = \frac{3}{2} \Delta R T_1, \quad \Delta = 1 \text{ МВ}$$

$$A_{12} = \frac{3}{2} R T_1 = 4982 \text{ Дж}$$

процесс замкнутой, что видно

из рисунка \Rightarrow $U_{\text{load}} = 0 \Rightarrow$
 $U_{\text{load}} = \varepsilon \cdot 0$

$$\eta = \frac{A_{12}}{Q}$$

Результату найдем только процесс

1-2, потому что только в нем $\Delta U > 0$

$$\eta = \frac{Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}}{Q_{12}}$$

$$Q_{12} = 6 \Delta R T_1$$

$$Q_{23} = 0,5 \Delta R (2T_1 - 4T_1)$$

$$Q_{31} = 2,5 \Delta R T_1 - 2 \Delta R T_1$$

$$\eta = \frac{6T_1 + \sqrt{2}T_1 - 2T_1 + 2,5T_1 - 5\sqrt{2}T_1}{6T_1}$$

$$\eta = \frac{6 - 4\sqrt{2} + 0,5}{6,5 - 4\sqrt{2}}$$

ответ: $\eta = \frac{6,5 - 4\sqrt{2}}{6}$; $A_{12} = 4982 \text{ Дж}$

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!

Запишем ΔE в эфеме процесс раз
агона из трех шариков
было стало

$$E_1 + E_2 + E_3 = E_1 + E_2 + E_3 + \frac{m v^2}{2}$$

E_1 - энергия шарика в поле веревки левого

E_2 - минуса правого

E_3 - в поле шарика сверху ^{от} веревки

и E_3 - поле

$$E_1 = k \frac{q^2}{b}$$

$$E_2 = k \frac{q^2}{b}$$

$$E_3 = k \frac{q^2}{\sqrt{2}b} \quad E_3' = \frac{kq^2}{2b}$$

$$E_3' - E_1 = \frac{m v^2}{2}$$

$$v = \sqrt{2 \frac{E_3' - E_1}{m}}$$

$$v = \sqrt{2 \frac{k \frac{q^2}{2b} - k \frac{q^2}{b}}{m}}$$

$$v = \sqrt{k \frac{q^2}{bm} (1 - 2) = 1}$$

$$v = g \sqrt{k \frac{q^2}{bm}}$$

Ответ: $v = k \frac{q^2}{b^2} \left(\frac{4 + \sqrt{2}}{4} \right)$, $v = g \sqrt{k \frac{q^2}{bm}}$

$$l = \frac{m v^2}{2} d$$

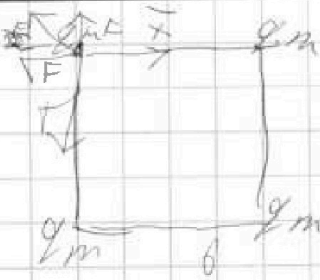
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



на каждой из шариков
действуют равные силы
по модулю и сама конструкция
симметрична, поэтому
везде сила натяжения будет
одинаковой

$$F_1 = K \frac{q^2}{b^2} \quad F_2 = K \frac{q^2}{b^2}$$

$$F_3 = K \frac{q^2}{2b^2}$$

$$F_4 = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} \quad F_4 \text{ и } F_3 \text{ сонаправлены}$$

Поскольку $F_1 = F_2 \Rightarrow F_4$ диагональ квадрата
и F_3 является его

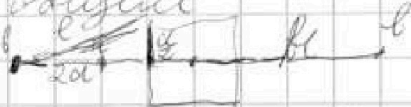
$$F_{\text{сум}} = F_4 + F_3 = K \frac{q^2}{2b^2} + \sqrt{2} K \frac{q^2}{b^2}$$

$$T_{\text{сум}} = \sqrt{T_1^2 + T_2^2} = T \sqrt{2}$$

$$F_{\text{сум}} = T_{\text{сум}} \quad T \sqrt{2} = K \frac{q^2}{b^2} \left(\frac{\sqrt{2} + 1}{2} \right)$$

$$T = K \frac{q^2}{b^2} \left(\frac{4 + \sqrt{2}}{4} \right)$$

при взаимной сдвигу шариков их центр масс не
изменяется поэтому шарик будет находиться
на линии симметрии квадрата, длина которой
равна $\frac{a}{2}$. В прямоугольнике отрезка $\frac{a}{2}$ и b
меньше шарик будет висеть на
крючке, но расстояние от
центра шарика до центра квадрата



$$r = \sqrt{\frac{a^2}{4} + b^2} = \frac{a}{2} \sqrt{1 + \frac{4b^2}{a^2}}$$

$$\text{Ответ: } T = K \frac{q^2}{b^2} \left(\frac{4 + \sqrt{2}}{4} \right), \quad l = \frac{\sqrt{1 + \frac{4b^2}{a^2}}}{2} a$$

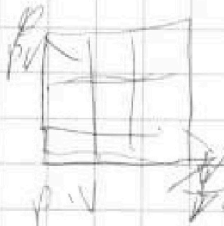
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1
 2
 3
 4
 5
 6
 7



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



$L = \frac{5a}{2}$
 $h = 2$

$E_1 = 6 \frac{mg \cos \alpha}{\sqrt{1.5}}$
 $E_2 = k \frac{mg \sin \alpha}{\sqrt{2}}$
 $FK^2 = \frac{36}{2} = 18$
 $E = \frac{18 \cdot 1.5}{2} = 13.5$
 $\frac{1.4}{3.18}$



$(F_{\text{cos}} - mg \cos \alpha - F_{\text{sin}}) = m \cdot 0 = 0$

$13) \frac{P \cdot V}{P_1 \cdot V_1} = \frac{T}{T_1}$ $F_{\text{cos}} = mg \cos \alpha = m \cdot 0$

$2 P_1 V_1 - P_2 V_2 = \frac{P_1 V_1}{T_1} - \frac{P_2 V_2}{T_2}$ $F - F_{\text{sin}} = mg \sin \alpha$

$\mu = \frac{1 - \cos 2}{\sin 2}$

$m \cdot \frac{v^2}{2} = \mu mg s$

$s = \frac{v^2}{2 \mu g} = \frac{v^2}{2 \mu g (1 - \cos 2)}$

$6 R T_1 = 123$
 $2400 = 4902$
 -3600

$24) \frac{P_1 V_1 - P_2 V_2}{2400 \times 12} + \Delta U = 0$

$\frac{P}{P_1} \cdot \frac{V}{V_1} = \frac{v_{\text{RT}}}{v_1}$

$A_{25} = 5$ $A_{12} = \mu z \cdot \Delta T = 0 = C_{\text{air}} \Delta T$ 38 B
 $792,7$

5000
 5000
 5000
 5000
 5000

$412 = -2 R T_1 + 2 R T_2$ $3 R T_1 = 2 R T_2$

$40 - 12 + 4 \cdot 23 = \mu u + 0$ $0.11 \cdot 23 \cdot 10^3$
 $28 \cdot 2 \cdot 171 = \mu u + 0$ 12000
 $32,7$ $750 = 45$

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!

$$m g \cos \alpha = \frac{m v^2}{R} - \frac{m v_0^2}{2} + m g S \sin \alpha$$

$$- \mu m g \cos \alpha \cdot l = \frac{m v^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2}$$

$$\mu m g \sin \alpha = \frac{m v^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2} + m g \cos \alpha \cdot l$$

$$m g l = g S \sin \alpha + \mu m g \cos \alpha \cdot l$$

$$g = g \cdot \sin \alpha + \mu g \cos \alpha$$

$$- 8 = \frac{v^2}{2} - \frac{v_0^2}{2} - \frac{g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha \cdot l}{2}$$

$$t = \frac{v - v_0}{a} = \frac{v - v_0}{g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha}$$

$$v = \sqrt{v_0^2 - 2(g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha) l}$$

$$v = \sqrt{20^2 - 2 \cdot 10 \cdot (0,2 + 0,1 \cdot 0,8)} = \sqrt{20^2 - 2 \cdot 10 \cdot 0,28} = \sqrt{20^2 - 5,6} = \sqrt{34,4} \approx 5,86$$

$$v = 5,86 \text{ м/с}$$

$$S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} = \frac{5,86^2 - 20^2}{2 \cdot (-0,64)} = \frac{34,33 - 400}{-1,28} = \frac{-365,67}{-1,28} \approx 285,68$$

$$S = 285,68 \text{ м}$$