



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-01

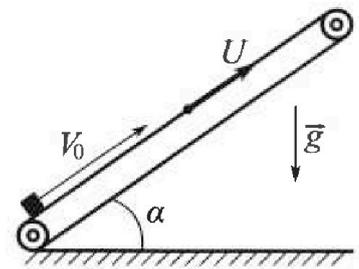


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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?

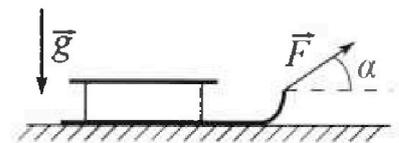
Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 2$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 4$ м/с.

- 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.

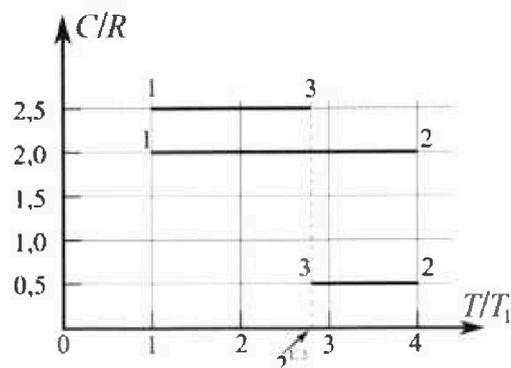
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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



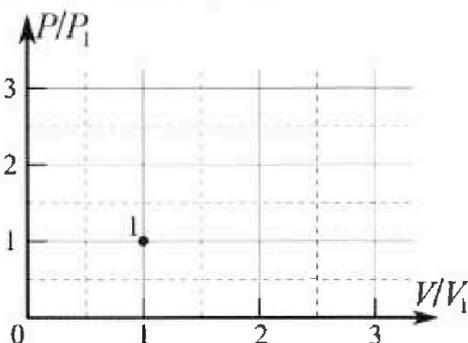
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



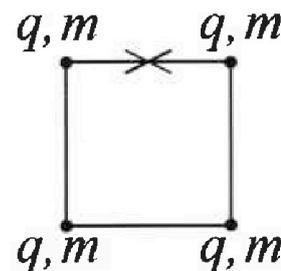
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

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.а. $v_0=0$ из состояния покоя из состояния покоя

$$a - m \cdot a = -mgT$$

$$v_0 = gT = 20 \frac{m}{c}$$

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

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

возьмем производную этой функции

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

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

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

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!



N2

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

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

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

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

$0 = v_0 - (g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha) t_1$ где $S = \text{путь}$

$S_1 = v_0 t_1 - \frac{g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha}{2} t_1^2$ *предположим что какой-то момент времени*

$t_1 = \frac{2}{5} \text{ с}$

$S_1 = v_0 t_1 - \frac{(g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha) t_1^2}{2}$ *т.е. t_1 вышло до этого*

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

Тогда оставшийся путь $S_2 = 0,2$ коробка

будет использовать 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 $v = 0$

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



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 Тension

$$\sigma = m g \sin \alpha = \mu m g \gamma$$

$$\frac{\sigma}{\mu g} = \gamma$$

$$\gamma = \frac{\sigma}{\frac{1 - \cos 2\alpha}{\sin 2\alpha}} = \frac{\sigma \sin 2\alpha}{1 - \cos 2\alpha}$$

$$\text{ответ: } \mu = \frac{1 - \cos 2\alpha}{\sin 2\alpha} \quad \gamma = \frac{\sigma \sin 2\alpha}{1 - \cos 2\alpha}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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: $N = mg \cos \alpha + F \cos \alpha$

$$F_{\text{тр}} = \mu N =$$

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

второй случай



$$N = mg$$

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

запишем закон сохранения энергии

для обоих случаев

$$m v_0 = (1 - \mu) mg$$

$$m v_0 = F \cos \alpha - mg \mu$$

$$\text{Тогда } F \cos \alpha - mg \mu = -mg \mu + \mu (mg \cos \alpha + F \cos \alpha)$$

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

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

при преращении действия

силы $F_{\text{тр}}$ в обоих случаях $= \mu mg$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



1 2 3 4 5 6 7

ЛЮТИ

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 $\bar{L}_{\text{зад}} = 2R$, $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} \nu R T_1$,
тогда $A_{12} + \mu = Q$,

$$Q = (\mu_{\text{зад}}) \Delta T = 2R \cdot 3T_1$$

$$A_{12} = Q - \mu = \frac{3}{2} \nu R T_1, \nu = 1,5$$

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

процесс замкнутой, что видно

из рисунка \Rightarrow $\Delta U_{\text{цикла}} = 0 \Rightarrow$
 $\Delta W_{\text{цикла}} = \Delta Q$

$$\eta = \frac{A_{\text{цикла}}}{Q_{\text{цикла}}}$$

Результату найдем только процесс

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

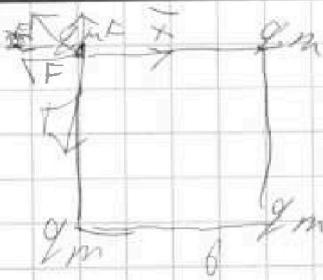
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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 канцелярских шариках
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 движимости шариков их центр масс не
изменяется поэтому шарик будет находиться
на линии симметрии квадрата, длина которой
равна $\frac{a}{2}$. В равновесии от центра квадрата
меньший шарик верхний диагонального, но поэтому не



$$r_{\text{сум}} = \sqrt{\frac{a^2}{4} + 4a^2} = \frac{a}{2} \sqrt{17}$$

$$\text{Ответ: } T = K \frac{q^2}{b^2} \left(\frac{4 + \sqrt{2}}{4} \right), \quad l = \frac{\sqrt{17}}{2} a$$

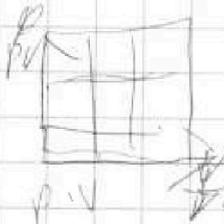
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



$$E_1 = 6 \frac{m m g}{\sqrt{1.5}} \quad F K^2 = \frac{36}{2} E K_{1.11}$$

$$E_2 = k \frac{m m g^2}{\sqrt{1.5}} \quad 2 \sqrt{1.5} = 2 \sqrt{1.5} = 2 \sqrt{1.5}$$

$$2 \sqrt{1.5} = 2 \sqrt{1.5} = 2 \sqrt{1.5}$$

$$1.4$$

$$3.18$$

$$(F_{cos} - \mu mg) = m \dot{v} = \mu$$

$$13) \frac{P \cdot V}{P_1 P_2} = \frac{T}{T_1} \quad F_{cos} = \mu mg \quad m \dot{v} = 0$$

$$2 P_1 V_1 - P_2 V_2 = \frac{P_1 V_1}{1.2} \quad F - F_{sin} = \mu V \sin \alpha$$

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

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

$$s \mu m g = \mu mg s$$

$$s = \mu g = (1 - \cos \alpha) g$$

$$6 R T_1 = 123$$

$$2400 = 4902$$

$$-3600$$

$$24) \quad A_{12} = C_{1R} 2 R T_2$$

$$2 P_1 V_1 - P_2 V_2 = 1200 \cdot 2$$

$$2400 \cdot 12 + \Delta U = 0$$

$$\frac{P}{P_1} \cdot \frac{V}{V_1} = \frac{C_V R T}{C_V R T_1}$$

$$A_{25} = 5000$$

$$A_{12} = \mu z \Delta T = 0 = C_{1R} \Delta T$$

$$A_{12} = 2 R T_1 \cdot 2 R T_2$$

$$A_{12} + 125 \Delta T = 17$$

$$40 - 12 + 4 \cdot 23 = \mu u + 0$$

$$28 = \mu u + 0$$

$$32.8$$

$$A_{12} = \mu z \Delta T = 0 = C_{1R} \Delta T$$

$$A_{12} = 2 R T_1 \cdot 2 R T_2$$

$$3 R T_1 = 2 R T_2$$

$$A_{12} + 125 \Delta T = 17$$

$$40 - 12 + 4 \cdot 23 = \mu u + 0$$

$$28 = \mu u + 0$$

$$32.8$$

$$28 = \mu u + 0$$

$$32.8$$

$$750 = 45$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

МФТИ

- 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!



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

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

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

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

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

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

$$- 8 = \frac{v^2}{2} - \frac{v_0^2}{2}$$

$$v^2 = v_0^2 - 16$$

$$v = \sqrt{v_0^2 - 16}$$

$$v = \sqrt{20^2 - 16} = \sqrt{36} = 6$$

$$v = 6 \text{ m/s}$$