



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.

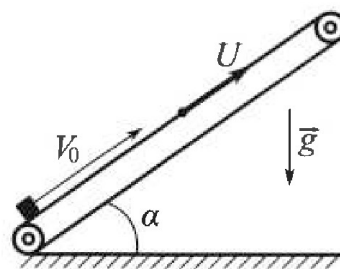
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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.

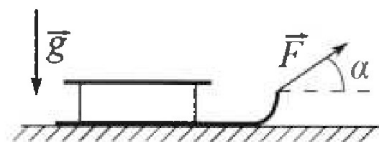
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

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.





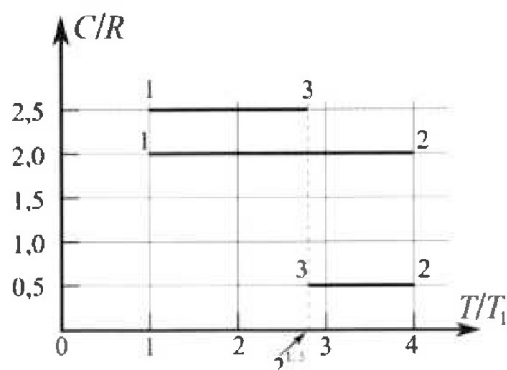
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-01

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



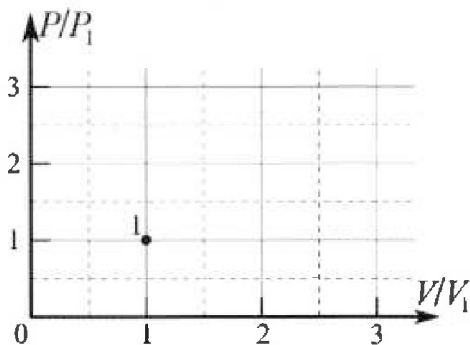
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



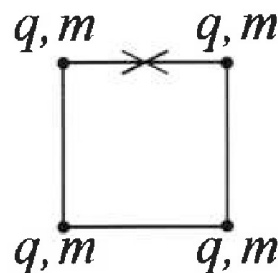
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

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
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

№1

за время $T=2\text{ с}$ шарик из состояния покоя
м.д. до 0 из состояния покоя шарик из состояния покоя

$$0 - m\vec{v}_0 = -mgT$$

$$\vec{v}_0 = gT = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

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

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

возьмем производную этой функции

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

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{2} \Rightarrow \operatorname{tg} \alpha = 0.5$$

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

$$\text{Ответ: } \vec{v}_0 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad H = 15 \text{ м}$$

Answer: $H = \frac{302}{200} \text{ m}$, $d = 0.6 \text{ m}$, $T = \frac{16}{15} \text{ s}$

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 еще на пройденный путь $S = 1 \text{ м}$

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

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

$$\begin{cases} 0 = v_0 - (g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha) t_1 \\ S_1 = v_0 t_1 - \frac{g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha}{2} t_1^2 \end{cases} \quad \text{при } S = \text{пути до какого-то момента времени } t_1 \text{ будет } S_1$$

$$t_1 = \frac{2}{5} \text{ с}$$

$$S_1 = v_0 t_1 - \frac{(g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha) t_1^2}{2}$$

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

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

будет использовать и ее ускорение будет

$$\text{равно } a = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha$$

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

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

* Во втором случае перейдем в СО

транспорта, тогда $\vec{v} = \vec{v}_0 - u$

При этом, если в ЛСО коробка и СО

транспорта $\vec{v} = 0$

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



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

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 3121 с учетом
действий
или Тренка

$$\sigma - m g \sin \alpha = \mu m g T$$

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

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



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

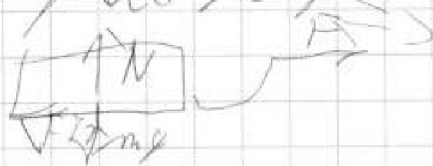
На оси OX: $ma = -F_{\text{тр}} + F \cos \alpha$

ОУ: $N = mg \cos \alpha + F \sin \alpha$

$$F_{\text{тр}} = \mu N =$$

$$ma_1 = F \cos \alpha - \mu (mg \cos \alpha + F \sin \alpha)$$

второй случай



$$N = mg$$

$$ma_2 = F - mg \mu$$

Запишем закон сохранения энергии

для обоих случаев

$$\begin{cases} m\vec{v}_0 = (T \cos \alpha - mg) \\ m\vec{v}_0 = F \cos \alpha - mg \mu \end{cases}$$

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

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

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

при прекращении действия

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

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 $\bar{Q}_{12} = 2R$, $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} \nu R T_1$,
тогда $A_{12} + Q_{12} = 0$,

$$Q = (\bar{Q}_{12}) \Delta T = 2R \cdot 3T_1$$

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

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

процесс замкнутой, что видно
из рисунка $\Delta U = 0$ и $Q_{12} = Q_{21}$
1-2 $\Delta U = 0$

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

температуру T_1 и T_2 найдем только в процессе
1-2, потому что только в нем $\Delta U > 0$

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

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

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

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

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

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1
☐

2

3
□4 ☐

5

☒

6
□

7

МФТИ

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

Записки И.Э. в 2-х томах, переписанные
одним из киевских шариков
дочери

$$F_1 + F_2 + F_3 = F_1 + F_2 + F_3 + \frac{mv^2}{2}, \text{rel}$$

Е1 - Нергия махара в поле Верного слова

2 - нижнего правого

№ 3 - ~~В~~ ^{от} марксистской верушки

и E_3 - новые

$$E_1 = K^{\frac{2}{3}}$$

$$E_2 = K^2 B$$

$$E_3 = K \frac{q^2}{\sqrt{2} a} \quad E_3 = \frac{K q^2}{2b}$$

$$E_3 - E_1 = \frac{mv^2}{2}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{E^T E}{n}}$$

$$v = \sqrt{2 \frac{k_{\text{eff}}^{Q^2} - k_{\text{eff}}^{Q^2_0}}{m}}$$

$$v = \sqrt{k \frac{q_2}{6 \pi \epsilon_0} (4\sqrt{2} - 1)}$$

$$T = 2\sqrt{k \frac{\sqrt{2}-1}{6m}}$$

Answer: $T = k \frac{q^2}{\epsilon_0^2} \left(\frac{4 + \sqrt{2}}{4} \right)$, $v = g \sqrt{k \frac{\sqrt{2} + 1}{6mg}}$
 $l = \frac{\sqrt{2} + 1}{2} d$

$$p = \frac{\sqrt{17}}{2} \alpha$$

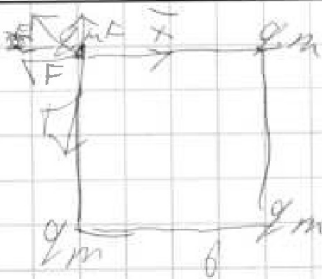
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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



на каждый из шариков
действуют равные силы
по модулю и сама конструкция
симметрична, поэтому
вектор сил на каждый будет
одинаковым

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

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

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

То есть, что $F_1 = F_2 = F_4$ диагональ квадрата
и F_3 является его

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

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

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

$$T = K \frac{q^2}{r^2} \left(\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{2}}{2} \right)$$

при взаимодвижении шариков их центр масс не
изменяется поэтому шарик будет находиться
на линии симметрии квадрата, длина которой
равна $\frac{a}{2}$. В равновесии от центра масс к
ближнему шарикам верхних диагональных
каждого, но тогда мы -



$$x = \sqrt{\frac{a^2}{4} + 4a^2} = \frac{a}{2} \sqrt{17}$$

$$\text{Ответ: } T = K \frac{q^2}{r^2} \left(\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{2}}{2} \right), \quad r = \frac{\sqrt{17}}{2} a$$



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!

Handwritten solution for a physics problem involving a block on an inclined plane.

Diagram: A block of mass m is on an inclined plane with angle α . The height is $H = 2$ m. The length of the incline is $L = \frac{H}{\sin \alpha} = \frac{2}{\sin 30^\circ} = 4$ m. The block is released from rest at the top.

Forces: Gravity mg , Normal force N , Friction force $F_{\text{тр}} = \mu N$.

Equations:

$$mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} = ma$$
$$mg \cos \alpha = N$$
$$F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha$$
$$mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma$$
$$a = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$
$$v^2 = 2aL$$
$$v = \sqrt{2g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)L}$$

Calculation:

$$\sin 30^\circ = 0.5, \cos 30^\circ = 0.866, \mu = 0.1, g = 10 \text{ m/s}^2, L = 4 \text{ m}$$
$$a = 10(0.5 - 0.1 \cdot 0.866) = 4.134 \text{ m/s}^2$$
$$v = \sqrt{2 \cdot 4.134 \cdot 4} = 5.77 \text{ m/s}$$

Final answer: $v = 5.77 \text{ m/s}$

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!

[illegible]

