



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.

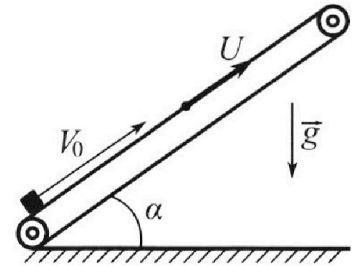
1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

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/с<sup>2</sup>. 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  $\alpha$  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/с<sup>2</sup>. 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.

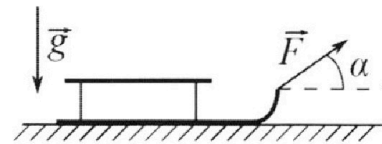
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом  $\alpha$  к горизонту (см. рис.).

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  $\mu$  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.



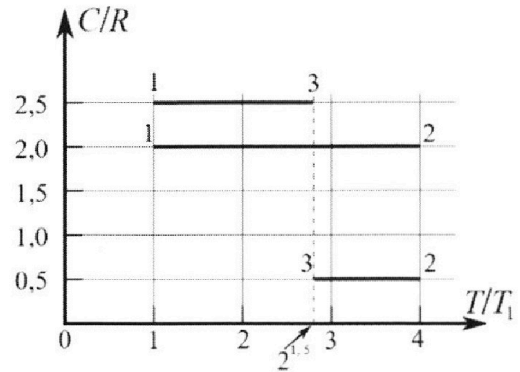
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01

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



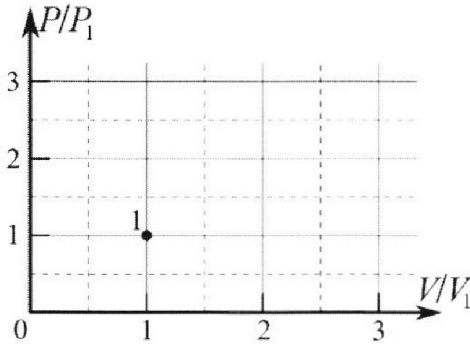
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1  $T_1 = 400$  К, универсальная газовая постоянная  $R = 8,31$  Дж/(моль·К).



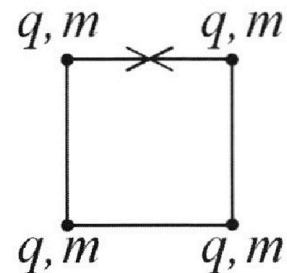
1) Найдите работу  $A_{12}$  газа в процессе 1-2.

2) Найдите КПД  $\eta$  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  $b$  (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)?

Коэффициенты 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!

*Чистовик*

2)  $V_0^2 + V_0^2 \cos 2\alpha$  - мкм. м. к. при  $\alpha = 45^\circ$   $\cos(2\alpha)$  - мкм

$$h_{\text{м. yg}} = \frac{S(V_0^2 - gS)}{V_0^2} = \frac{SV_0^2 - gS^2}{V_0^2} = S - \frac{gS^2}{V_0^2} = 20 - \frac{10 \cdot 20^2}{20^2} = 20 - 10 = 10 \text{ м}$$

Ответ: 2)  $h_{\text{м. yg}} = 10 \text{ м}$ .

②

1  2  3  4  5  6  7



Чистовик

№ 1

1) Дано:

$T = 2 \text{ с.}$

Найти:

$V_0 = ?$

В точке высота которой максимальна

$V = 0$ , где  $V$  - скорость мяча в точке с максимальной высотой

$V = V_0 - gT$

$V_0 = V + gT = 0 + 10 \cdot 2 = 20 \text{ м/с}$

Ответ: 1)  $V_0 = 20 \text{ м/с}$

2) Дано:

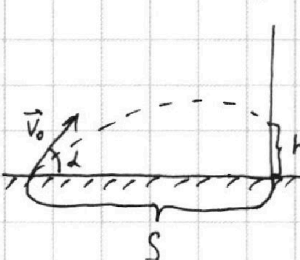
$S = 20 \text{ м}$

Найти:

$h_{\text{м. уд.}} = ?$

Пусть  $h_{\text{м. уд.}}$  - максимальная высота удара

мяча о стенку



Пусть  $h$  - высота удара мяча о стенку

Уг. п. 1)  $V_0 = 20 \text{ м/с}$

Пусть мяч бросим под углом  $\alpha$

мяча  $S = V_0 t \cos \alpha$ , где  $t$  - время полета мяча от начальной точки до стенки

$$t = \frac{S}{V_0 \cos \alpha}; \quad h = 0 + V_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} = \frac{V_0 S \sin \alpha}{V_0 \cos \alpha} - \frac{g S^2}{2 V_0^2 \cos^2 \alpha} = \frac{S \sin \alpha}{\cos \alpha} - \frac{g S^2}{2 V_0^2 \cos^2 \alpha} = \frac{2 S V_0^2 \sin \alpha \cos \alpha - g S^2}{2 V_0^2 \cos^2 \alpha} =$$

$$= \frac{S V_0^2 \sin(2\alpha) - g S^2}{2 V_0^2 \cos^2 \alpha} = \frac{S}{2 V_0^2 \cos^2 \alpha} (V_0^2 \sin(2\alpha) - g S) = \frac{S (V_0^2 \sin(2\alpha) - g S)}{V_0^2 (\cos(2\alpha) + 1)} = \frac{S (V_0^2 \sin(2\alpha) - g S)}{V_0^2 + V_0^2 \cos(2\alpha)}$$

$h = h_{\text{м. уд.}}$  при  $\alpha = 45^\circ$  м. к. при  $\alpha = 45^\circ$

1)

1)  $S (V_0^2 \sin(2\alpha) - g S)$  - макс. м. к. при  $\alpha = 45^\circ$   $\sin(2\alpha)$  - макс.

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!

~~Исходные~~ **Исходные**  
 тело, брошенное ~~горизонтально~~ **вертикально**

$$0 = v_0 - gt, \text{ где } t - \text{ время до остановки тела}$$

$$t = \frac{v_0}{g} = \frac{4}{10} = 0,4 \text{ с}; L - \text{ расстояние, пройденное телом до остановки}$$

$$L = 0 + v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

$$L = \frac{v_0^2}{g} - \frac{gv_0^2}{2g^2} = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{16}{2 \cdot 10} = \frac{8}{10} = 0,8 \text{ м}$$

точка  $S = 1 \text{ м}$

2) Дано: | Перейдем в СО транспорта, тогда по ЗСС

$$\sin \alpha = 0,8$$

$$v_0 = 4 \text{ м/с}$$

$$u = 2 \text{ м/с}$$

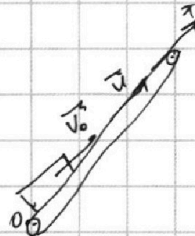
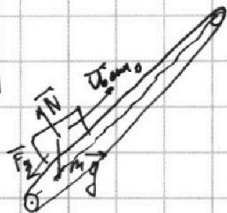
$$\mu = \frac{1}{3}$$

Найти:

$L = ?$

~~$\vec{v}_0 = \vec{u} + \vec{v}_{\text{отн}}$ , где  $\vec{u}$  - скорость, с которой движется относительно транспорта~~

$$\vec{v}_{\text{отн}} = \vec{v}_0 - \vec{u} \quad (1), \text{ где } v - \text{ скорость тела}$$



СО транспорта

ДСО

в момент когда  $v = u$  Ох:  $v_{\text{отн}} = u - u = 0$

~~...~~  
 → сила трения по усл. равна нулю

В СО транспорта ускорение  $a = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$

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

(4)

скорость в момент, когда скорость тела  $u$  в

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!



Числовые

N2

1) Дано:

$$\sin \lambda = 0,8$$

$$v_0 = 4 \text{ м/с}$$

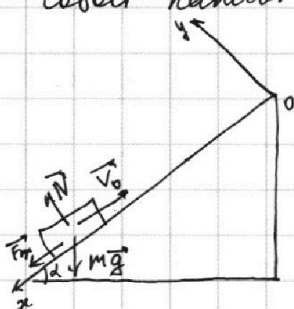
$$\mu = \frac{1}{3}$$

$$S = 1 \text{ м}$$

Найти:

T - ?

Показавшая ленту транспортера представляем собой наклонную плоскость



$\vec{F}_{\text{тр}}$  - сила трения скольжения в 1-м направлении;  $\vec{a}$  - ускорение коробки в 1-м направлении

$$\vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a} \quad \text{- закон ур-ния движения}$$

$$Oy: N - mg \cos \lambda = 0$$

$$Ox: mg \sin \lambda + \vec{F}_{\text{тр}} = ma$$

$$N = mg \cos \lambda; \quad mg \sin \lambda + \mu N = ma + mg \sin \lambda + \mu mg \cos \lambda = ma$$

$$a = g(\sin \lambda + \mu \cos \lambda)$$

Используем ф-лу для расчета пути без учета времени:

$$S = \left| \frac{v^2 - v_0^2}{2a} \right|, \quad v - \text{конечная скорость коробки, которую она приобретает на пути } S$$

$$S = \frac{v_0^2 - v^2}{2a} \quad \text{п.к. } v < v_0$$

$$2aS = v_0^2 - v^2 \rightarrow v = \sqrt{v_0^2 - 2aS}$$

$$v = v_0 - aT \rightarrow aT = v_0 - v \rightarrow T = \frac{v_0 - \sqrt{v_0^2 - 2aS}}{a} =$$

$$= \frac{v_0 - \sqrt{v_0^2 - 2g(\sin \lambda + \mu \cos \lambda)S}}{g(\sin \lambda + \mu \cos \lambda)} \quad \text{⊖}$$

$$\sin \lambda = 0,8 \quad \cos \lambda = \sqrt{1 - \sin^2 \lambda} = \sqrt{1 - \frac{64}{100}} = \sqrt{\frac{36}{100}} = 0,6$$

$$\text{⊖} \quad \frac{4 - \sqrt{16 - 2 \cdot 10(0,8 + \frac{1}{3} \cdot 0,6) \cdot 1}}{10(0,8 + \frac{1}{3} \cdot 0,6)} = \frac{4 - \sqrt{16 - 20}}{10} = \frac{4 - 4}{10} = 0 \quad \text{- не существует}$$

$$a = g(\sin \lambda + \mu \cos \lambda) = 10(0,8 + \frac{0,6}{3}) = 10 \rightarrow a = g$$

Ⓝ

Скорость остановившейся коробки будет равна нулю

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!



Именован

3) Дано:  $u_0$  - скорость поезда в поперечной плоскости времени

$u_x = 0$

Физика

H-?

Идентификация

Идентификация в СО транспорта

~~$\vec{u}_0 = \vec{u} + \vec{u}_{отн}$  и  $0 = u + u_{отн}$  и  $u = -u_{отн}$  и~~  
~~СО транспорта~~  
~~поезда будет~~  
~~равняться нулю с  $u_{отн} = u$~~

~~Идентификация на основе разности / скорости поезда~~  
~~разности по  $u$~~

~~у п. 1  $a' = g(\sin\alpha - \mu \cos\alpha)$~~

~~$L' = \left| \frac{u^2 - v^2}{2a'} \right|$  и  $L = \frac{u^2}{2g(\sin\alpha - \mu \cos\alpha)} = \frac{2^2}{2 \cdot 10 \cdot (0,2 + 0,6)}$~~   
 ~~$= \frac{4}{4 \cdot 5 \cdot 0,6} = \frac{1}{3}$  м~~

~~Идентификация в СО~~

Скорость поезда, когда она остановилась относительно транспорта равна  $u$  и  $\vec{v} = \vec{u} + \vec{u}_{отн}$

$u_{отн} = 0$  и  $\vec{v} = \vec{u}$ , где  $v$  - скорость поезда в ЛСО.

$\rightarrow v = u$  и  $L' = \left| \frac{v^2 - u^2}{2a'} \right| = \frac{u^2}{2a'} = \frac{u^2}{2g(\sin\alpha + \mu \cos\alpha)}$   
 $= \frac{4}{2 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 0,6} = \frac{1}{3}$  м

Идентификация  $\lambda$

$L = \left| \frac{u^2 - v_0^2}{2a} \right| = \frac{v_0^2 - u^2}{2a}$

$a = g(\sin\alpha + \mu \cos\alpha)$  у п. 1

6

$L = \frac{v_0^2 - u^2}{2g(\sin\alpha + \mu \cos\alpha)} = \frac{16 - 4}{2 \cdot 10(0,2 + 0,6 \cdot \frac{1}{3})} = \frac{12}{20} = \frac{6}{10} = 0,6$

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!



100) **равно нулю так как**

Числовый

по ЗСС:

$\vec{u} = \vec{u} + u_{\text{авт}}$ , где  $u_{\text{авт}}$  - скорость паровоза относительно земли

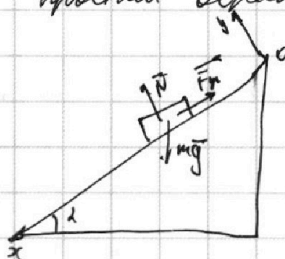
$u_{\text{авт}} = 0$  и  $u_{\text{пар}} = 0$ ; ~~Число~~

м.но  $\frac{(v_0 - u)^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = \frac{(u + \lambda)^2}{2 \cdot 10(0,8 + \frac{0,6}{3})} = \frac{4}{2 \cdot 10} = \frac{1}{5} = 0,2 \text{ м}$

~~Число~~

**продолжение п. 1**

Числовый коробка прошла путь  $S = 1 \text{ м}$  она движется по рельсам равномерно  $S - L = 1 - 0,8 = 0,2 \text{ м}$



$\vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} + m\vec{g} = m\vec{a}'$   $\vec{a}'$  - ускорение при движении вниз

$Ox: mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} = ma'$

$Oy: N - mg \cos \alpha = 0$

$N = mg \cos \alpha$

$mg \sin \alpha - \mu N = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma'$

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

$v'$  - скорость в точке, где тело проходит путь  $S = 1 \text{ м}$

$S - L = \frac{v'^2 - 0^2}{2a'}$   $2a'(S - L) = v'^2$   $v' = \sqrt{2a'(S - L)}$

$v' = 0 + a' t'$ ,  $t'$  - время от начала движения ~~коробки~~ до момента, когда коробка прошла  $S = 1 \text{ м}$

$\frac{v'}{a'} = t'$   $t' = \frac{\sqrt{2g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)(S - L)}}{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)} = \frac{\sqrt{2 \cdot 10(0,8 - \frac{1}{3} \cdot 0,6)(1 - 0,8)}}{10 \cdot (0,8 - \frac{1}{3} \cdot 0,6)} =$

$T = t + t' = \frac{\sqrt{2 \cdot 0,6 \cdot 0,2 \cdot 10}}{10 \cdot 0,6} = \frac{2\sqrt{0,6}}{6} = \frac{1}{3}\sqrt{0,6}$

$= 0,4 + \frac{1}{3}\sqrt{0,6}$

5

**Ответ:** 1)  $T = 0,4 + \frac{1}{3}\sqrt{0,6}$



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!

Исходные

Ответ: 2)  $L = 0,6 \text{ м.}$

продолжение 3)

$$L_{\text{осг}} = L + L' = 0,6 + \frac{1}{3} = \frac{1,4}{3} = 0,467 \text{ м}$$

$$H = L_{\text{осг}} \sin \alpha = \left(0,6 + \frac{1}{3}\right) 0,8 = 0,48 + \frac{8}{30} = 0,48 + 0,267 =$$

$$= 0,747 \text{ м} = \frac{28}{30} \cdot \frac{8}{10} = \frac{224}{300} = \frac{112}{150} = \frac{56}{75}$$

Ответ: 3)  $H = \frac{56}{75} \approx 0,747 \text{ м}$



$$\begin{array}{r} 80 \overline{) 30} \\ 80 \\ \underline{00} \\ 300 \\ \underline{240} \\ 600 \\ \underline{600} \\ 0 \end{array}$$

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!



$$a' = a \rightarrow \frac{F}{m} - \mu g = \frac{F \cos \lambda}{m} + \frac{\mu F \sin \lambda}{m} - \mu g \quad \text{Используем}$$

$$1 = \cos \lambda + \mu \sin \lambda$$

$$1 - \cos \lambda = \mu \sin \lambda$$

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

Ответ: 1)  $\mu = \frac{1 - \cos \lambda}{\sin \lambda}$ .

2) Дано:  $0 = V_0 - aT \rightarrow V_0 = aT \rightarrow T = \frac{V_0}{a}$

$\lambda; V_0;$   
Найти:  
 $T - ?$

Используем  $\mu = \frac{1 - \cos \lambda}{\sin \lambda}$  и  $a = \frac{F}{m} - \mu g$

$$T = \frac{V_0 m}{F - \mu m g} = \frac{m V_0}{F - \frac{1 - \cos \lambda}{\sin \lambda} m g} = \frac{m V_0 \sin \lambda}{F \sin \lambda - m g + m g \cos \lambda}$$

Ответ: 2)  $T = \frac{m V_0 \sin \lambda}{F \sin \lambda + m g (\cos \lambda - 1)}$

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

Oy:  $N - mg = 0 \rightarrow N = mg$

Ox:  $\mu N = mg a$

$$a = \mu g$$

$$T = \frac{V_0}{\mu g} = \frac{V_0 \sin \lambda}{(1 - \cos \lambda) g}$$

Ответ: 2)  $T = \frac{V_0 \sin \lambda}{g(1 - \cos \lambda)}$

9

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!



Черновик

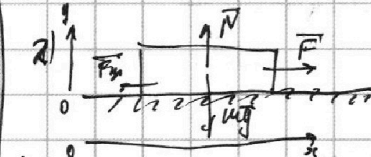
№ 3

1) Дано:

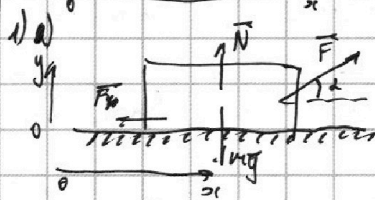
$v_0$ ; 2

Трение

$\mu$  - ?



$$v_0 = 0 - at$$



$$v_0 = 0 - a't$$

$a$  - ускорение в 1-м случае

$a'$  - ускорение во 2-м случае

$t$  - время разгона

$$v_0 = at \rightarrow a = \frac{v_0}{t} ; v_0 = a't \rightarrow a' = \frac{v_0}{t} = a$$

Запишем для каждого случая уравнения движения

$$2) \vec{F} + \vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{fr} = m\vec{a}$$

$$Oy: N - mg = 0$$

$$Ox: F - \mu N = ma$$

$$\frac{F}{m} - \frac{\mu mg}{m} = a \rightarrow a = \frac{F}{m} - \mu g$$

$$1) \vec{F} + \vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{fr} = m\vec{a}'$$

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

$$N = mg - F \sin \alpha$$

$$Ox: F \cos \alpha - \mu N = ma'$$

$$\frac{F \cos \alpha}{m} - \frac{\mu(mg - F \sin \alpha)}{m} = a'$$

$$\frac{F \cos \alpha}{m} + \frac{\mu F \sin \alpha}{m} - \mu g = a'$$

8

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

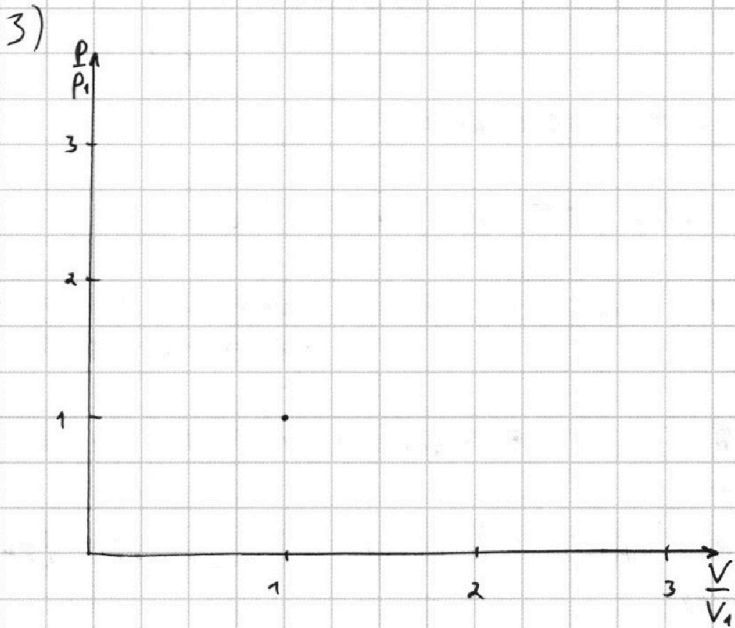
1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**МФТИ**

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



*Шестаков*



По уравнению Менделеева - Клапейрона:

$$\begin{aligned} p_2 V_2 &= \nu R T_1 \cdot 4 \\ p_1 V_1 &= \nu R T_1 \end{aligned} \quad \Rightarrow \quad \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = 4$$

$$\begin{aligned} p_1 V_1 &= \nu R T_1 \\ p_3 V_3 &= \nu R T_1 \cdot 2^{1,5} \end{aligned} \quad \Rightarrow \quad \frac{p_1 V_1}{p_3 V_3} = \frac{1}{2^{1,5}} = \frac{1}{2\sqrt{2}}$$

$$\frac{p_2 V_1}{p_3 V_3} = \frac{4}{2^{1,5}} = \sqrt{2}$$

(11)

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!



Черновик

№4

$$\begin{array}{r} 1 \\ \wedge 831 \\ \wedge 6 \\ \hline 4986 \end{array}$$

1) Дано:  
 $v = 1 \text{ м/с}$   
 $T_1 = 400 \text{ К}$   
 $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$   
Найти:  
 $A_{1-2} = ?$

По I закону термодинамики

$$Q_{1-2} = A_{1-2} + \Delta U_{1-2} \quad \text{или} \quad A_{1-2} = Q_{1-2} - \Delta U_{1-2}$$

По графику  $C_{m12} = 2R$ , где  $C_{m12}$  *мольная теплоемкость* - *в процессе*  
 $1-2$

$$Q_{1-2} = \nu C_{1-2} \Delta T = \nu C_{m12} (4T_1 - T_1) = 2\nu R \cdot 3T_1 = 6\nu RT_1$$

по графику

$$\Delta U_{1-2} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} \nu R (4T_1 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R \cdot 3T_1 = \frac{9}{2} \nu RT_1$$

по графику

$$A_{1-2} = 6\nu RT_1 - \frac{9}{2} \nu RT_1 = \frac{12-9}{2} \nu RT_1 = \frac{3}{2} \nu RT_1 =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 400 = 3 \cdot 831 \cdot 2 = 4986 \text{ Дж}$$

Ответ: 1)  $A_{1-2} = 4986 \text{ Дж}$

2) Дано:  
 $v = 1 \text{ м/с}$   
 $T_1 = 400 \text{ К}$   
 $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$   
Найти:  
 $\eta_{цикла} = ?$

$$\eta = \frac{Q_{\text{пол}} - |Q_{\text{отг}}|}{Q_{\text{пол}}} = 1 - \frac{|Q_{\text{отг}}|}{Q_{\text{пол}}}$$

$$Q_{\text{отг}} = C_{2-3} (2^{1,5} - 4) T_1 + C_{3-1} (1 - 2^{1,5}) T_1 =$$

$$= \frac{1}{2} \nu RT_1 (2^{1,5} - 4) + \frac{5}{2} \nu RT_1 (1 - 2^{1,5}) =$$

$$= \frac{1}{2} \nu RT_1 2^{1,5} - 2\nu RT_1 + \frac{5}{2} \nu RT_1 - \frac{5}{2} \nu RT_1 2^{1,5} =$$

$$= \frac{1}{2} \nu RT_1 + \nu RT_1 2^{1,5} \left( \frac{1}{2} - \frac{5}{2} \right) \quad \text{и} \quad |Q_{\text{отг}}| = \nu RT_1 (2 \cdot 2^{1,5} - \frac{1}{2})$$

$$Q_{\text{пол}} = Q_{1-2} = 6\nu RT_1$$

$$\eta = 1 - \frac{\nu RT_1 (2 \cdot 2^{1,5} - \frac{1}{2})}{6\nu RT_1} = 1 - \frac{2 \cdot 2^{1,5} - \frac{1}{2}}{6} =$$

$$= 1 - \frac{4 \cdot 2^{1,5} - 1}{12} = \frac{12 - 4 \cdot 2^{1,5} + 1}{12} = \frac{13 - 8\sqrt{2}}{12}$$

Ответ 2)  $\eta = \frac{13 - 8\sqrt{2}}{12}$

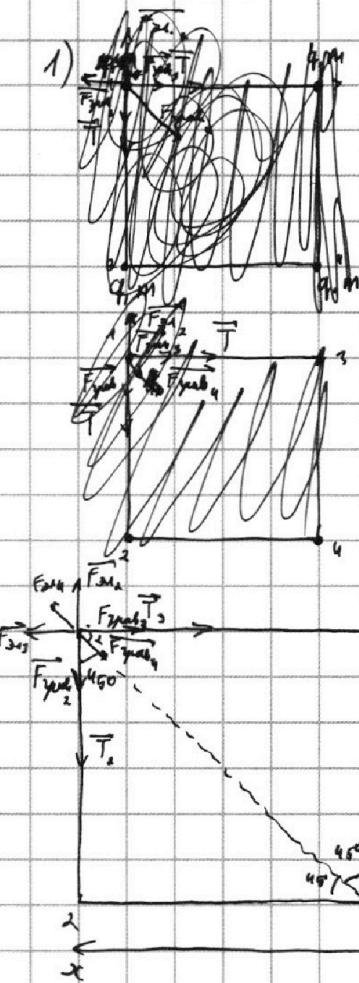
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



№ 5 Шитовкин

После как шарик движется и в  
вершинах квадрата, то силы  
натяжения одинаковые и равные  $T$   
так как шарик в равновесии

$$\vec{F}_{21} + \vec{F}_{23} + \vec{F}_{24} + \vec{F}_{21} + \vec{F}_{23} + \vec{F}_{24} + \vec{T}_2 + \vec{T}_3 = 0$$

$$Oy: F_{21} - F_{23} - T_2 - F_{24} \cdot \cos 45^\circ + F_{21} \cos 45^\circ = 0$$

$$Ox: F_{23} - F_{24} - T_3 - F_{24} \cos 45^\circ + F_{23} \cos 45^\circ = 0$$

Углы ~~одинаковые~~ одинаковые и  $F_{21} = F_{23}$   
 $F_{23} = F_{24}$  и шарик движется  
и в вершинах квадрата

и-но:

$$F_{21} - F_{24} - T - F_{24} \cos 45^\circ + F_{21} \cos 45^\circ = 0$$

$$T = F_{21} - F_{24} + \cos(45^\circ)(F_{21} - F_{24})$$

$$F_{21} = k \frac{q \cdot q}{b^2} = k \frac{q^2}{b^2}; \quad F_{24} = G \frac{m^2}{b^2};$$

$$F_{21}' = k \frac{q \cdot q}{b^2 + b^2}; \quad F_{24}' = G \frac{m^2}{b\sqrt{2}} \text{ и. н. (по м. Пифагора расем между 1 и 4 - } r_{1-2}^2 = b^2 + b^2$$

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

$$\text{Ответ: } 1) T = \frac{kq^2 - Gm^2}{b^2} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4}\right).$$

12

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

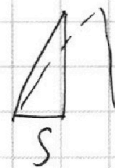
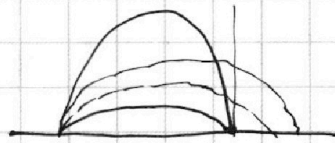
- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



Черновик



$$\frac{S V_0^2 \sqrt{3} - 2g S^2}{V_0^2 (2 - \sqrt{3})}$$

$$- 2S V_0^2 + S V_0^2 \sqrt{3} -$$

$$+ 2g S^2$$

$$\frac{2S V_0^2 (\sqrt{3} - 1)}{2g S^2 \sqrt{3}}$$

$$\frac{2S V_0^2 (\sqrt{3} - 1)}{V_0^2 (2 - \sqrt{3})}$$

$$\frac{S}{2V_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$= \frac{S}{V_0^2 (2 \cos^2 \alpha - 1 + 1)}$$

$$= \frac{S}{V_0^2 (\cos 2\alpha + 1)}$$

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

$$gS = V_0 g t \cos \alpha$$

$$\frac{S V_0^2 \frac{\sqrt{3}}{2} - g S^2}{V_0^2 (1 - \frac{\sqrt{3}}{2})}$$

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

$$= \frac{S \sqrt{2}}{2 - \sqrt{2}}$$

$$= \frac{g S^2}{V_0^2 (1 - \frac{\sqrt{3}}{2})} + \frac{g S^2}{V_0^2} - S^2$$

$$= \frac{S}{\sqrt{2} - 1} - \frac{g S^2}{V_0^2 (2 - \sqrt{2})} - S = \frac{S}{\sqrt{2} - 1} - \frac{g S^2}{V_0^2 (2 - \sqrt{2})} - S$$

$$= \frac{S}{\sqrt{2} - 1} - \frac{g S^2}{V_0^2 (\sqrt{2} - 1)}$$

$$= \frac{S V_0^2 - g S^2}{V_0^2 (\sqrt{2} - 1)}$$

$$\frac{1}{2} \frac{S V_0^2 - g S^2}{V_0^2 - \frac{1}{2} V_0^2} =$$

$$= \frac{S V_0^2 - 2g S^2}{V_0^2 (2 - \sqrt{3})} =$$

$$\frac{V_0}{g} = t$$



$$= \frac{2 \sqrt{3} (V_0^2 - g S) - 2S V_0^2}{V_0^2 (2 - \sqrt{3})}$$

$$S = 0 + V_0 t - \frac{g t^2}{2} = \frac{V_0^2}{g} - \frac{g V_0^2}{2g^2} = \frac{V_0^2}{2g} = \cos 2\alpha = \sqrt{1 - \sin^2 2\alpha}$$

$$= \frac{16}{20} = \frac{4}{5} \text{ м.}$$

$$\frac{S V_0^2 \frac{\sqrt{3}}{2} - g S^2}{\frac{1}{2} V_0^2} = \frac{S V_0^2 \sqrt{3} - 2g S^2}{V_0^2}$$

$$= \frac{S \sqrt{3} - \frac{2g S^2}{V_0^2}}{20^2} = S \left( \sqrt{3} - \frac{1}{\sqrt{2} - 1} \right) -$$

$$= \frac{10 \cdot 20}{20^2} = \frac{1}{2} - \frac{g S}{V_0^2 (\sqrt{2} - 1)} = 30; 150$$

$$S = V_0 \cos \alpha t$$

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

$$\frac{g S}{V_0^2} = \sin 2\alpha =$$

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

$$2 \in [0; 90^\circ]$$



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"/>



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

