



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 10-02

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



1. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Вектор начальной скорости мяча образует угол  $\alpha = 45^\circ$  с горизонтальной плоскостью. Горизонтальное перемещение мяча за время полета  $L = 20$  м.

1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

Если футболист направляет мяч под различными углами к горизонту, из той же точки с начальной скоростью  $V_0$  к высокой вертикальной стенке, то наибольшая высота, на которой происходит соударение мяча со стенкой, равна  $H = 3,6$  м.

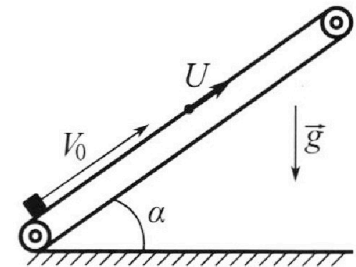
2) На каком расстоянии  $S$  от точки старта находится стенка?

Ускорение с вободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол  $\alpha$  такой, что  $\sin \alpha = 0,6$  (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость  $V_0 = 6$  м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте  $\mu = 0,5$ .

Движение коробки прямолинейное.



1) Какой путь  $S$  пройдет коробка в первом опыте к моменту времени  $T = 1$  с?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью  $U = 1$  м/с, и сообщают коробке скорость  $V_0 = 6$  м/с (см. рис.).

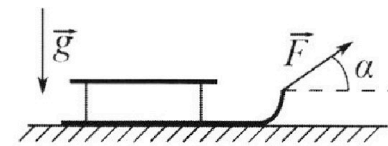
2) Через какое время  $T_1$  после старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 1$  м/с?

3) На каком расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? 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 кинетической энергии  $K$  на одинаковых участках пути.

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 кинетической энергии  $K$  действие внешней силы прекращается.



1) Найдите коэффициент  $\mu$  трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.

2) Найдите перемещение  $S$  санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения  $g$ . Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.



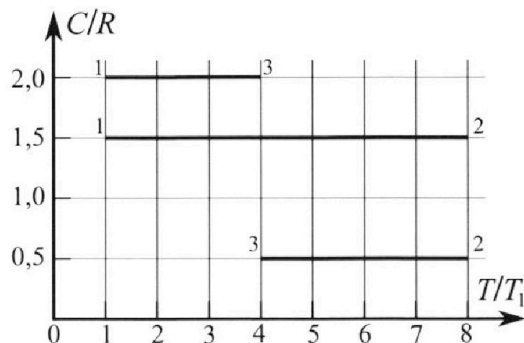
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-02



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

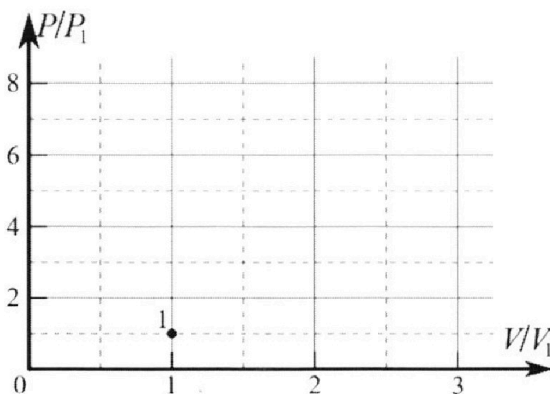
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1 равна  $T_1 = 200$  К, универсальная газовая постоянная  $R = 8,31$  Дж/(моль·К).



1) Найдите работу  $A_{31}$  внешних сил над газом в процессе 3-1.

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  $a$  (см. рис.). Сила натяжения каждой нити  $T$ .

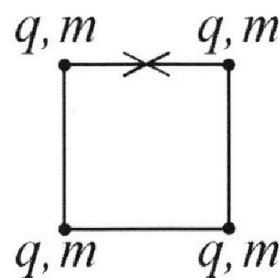
1) Найдите абсолютную величину  $|q|$  заряда каждого шарика.

Одну нить пережигают.

2) Найдите кинетическую энергию  $K$  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)?

Электрическая постоянная  $\epsilon_0$ . 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!

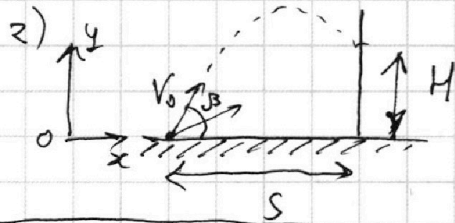
кр. 1 из 6 [шлявик]

№ 1

$\alpha = 45^\circ \Rightarrow L = \frac{v_0^2}{g}$

1) L - дальность полета  $\Rightarrow L = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$

$v_0 = \sqrt{\frac{Lg}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{200} \frac{м}{с} = 10\sqrt{2} \frac{м}{с}$



Угол  $\beta$  - угол, при котором достигается макс. высота  $z$  - время, за кот. мяч достигнет го. стены

Знаем уравнения движения вдоль осей  $x$  и  $y$ :

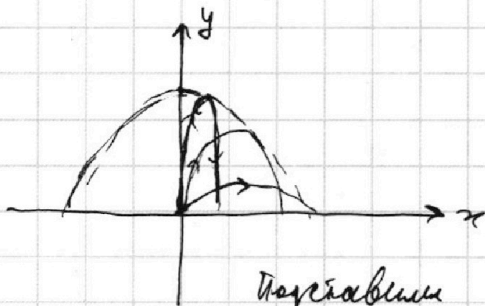
$$\begin{cases} z = \frac{S}{v_0 \cos \beta} \\ S \cdot \tan \beta - g \frac{S^2}{v_0^2 \cos^2 \beta} = H \end{cases}$$

и.к.  $H$  - макс, то  $H'(\beta) = 0$ .

$$S \cdot (1 - \tan^2 \beta) - \frac{g S^2}{v_0^2} \cdot (-2) \cdot \cos^{-3} \beta \cdot (-\sin \beta) = 0$$

$$1 - \tan^2 \beta = \frac{2g S}{v_0^2} \cdot \frac{\sin \beta}{\cos^3 \beta}$$

$H$  - макс. высота  $\Rightarrow$  точка с коорд.  $(S; H) \in$  границе разрешимой области.



Уравнение границы разрешимой обл.:

$$y = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{g}{2v_0^2} \cdot x^2$$

Подставим в него наши координаты:

$$H = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{g}{2v_0^2} \cdot S^2 ; \quad H = \frac{L}{2} - \frac{S^2}{2L} ; \quad S = \sqrt{2L \cdot \left(\frac{L}{2} - H\right)} = \sqrt{L^2 - 2LH} = \sqrt{400 - 144} \text{ м} = 16 \text{ м.}$$

Ответ:  $v_0 = \sqrt{\frac{Lg}{\sin 2\alpha}} = 10\sqrt{2} \frac{м}{с}$

$S = \sqrt{L^2 - 2LH} = 16 \text{ м.}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



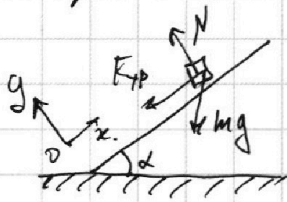
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



стр. 2 из 6

числовик № 2.

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = 0,8$$



$$F_{тр} = \mu N$$

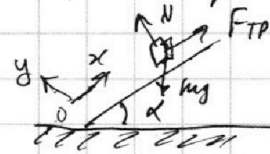
$a$  - ускорение бруска.

1) Запишем II з. Ньютона в проекции на оси  $x$  и  $y$ .

$$\begin{cases} N = mg \cos \alpha \\ -\mu N - mg \sin \alpha = ma_1 \end{cases} \Rightarrow a_1 = -\mu g \cos \alpha - g \sin \alpha = -10 \frac{m}{c^2}$$

$V_0 + aT < 0 \Rightarrow$  скорость изменится направи, и тогда

$F_{тр}$  будет в другую сторону.



$$\begin{cases} N = mg \cos \alpha \\ \mu N - mg \sin \alpha = ma_2 \end{cases} \Rightarrow a_2 = \mu g \cos \alpha - g \sin \alpha = -2 \frac{m}{c^2}$$

Брусок сначала остановится за время  $T_1' = -\frac{V_0}{a_1} = 0,6 \text{ сек.}$ ,

пути  $S_1 = \frac{-V_0^2}{2a_1} = 1,8 \text{ м.}$

и в течение  $T_2' = T - T_1' = 0,4 \text{ сек.}$  будет двигаться, пути  $L_2 =$

$$= \frac{a_2 T_2'^2}{2} = -0,16 \text{ м.}$$

$$S = S_1 + S_2 = 1,64 \text{ м.}$$

Ответ:  $S = 1,64 \text{ м}; T_1 = 0,5 \text{ сек.}$

Ответ:  $L = 1 \text{ м.}$

2) Путь  $S$  в со. лкн (она инерциальная). Скор-ть бруска

отн-но лкн  $V^1 = v - v = 0$ .

Мак. скор-ть  $V_0^1 = V_0 - v = 5 \frac{m}{c}$ .

длит. равноз. замедления  $\Rightarrow T_1 = \frac{V^1 - V_0^1}{a_1} = \frac{v - V_0}{-g \cdot (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = 0,5 \text{ сек.}$

3) отн-но лкн  $V^1 = V - v = -1 \frac{m}{c}$ ; отн-но лкн м-

налось направл. движения. Когда  $V^1 = 0$   $L_1^1 = \frac{-V_0^1{}^2}{2a_1} =$

$= 1,25 \text{ м.}$  далее  $L_2^1 = \frac{V^1{}^2}{2a_2} = -0,25 \text{ м.}$  ;  $L = L_1^1 + L_2^1 = 1 \text{ м.}$

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!



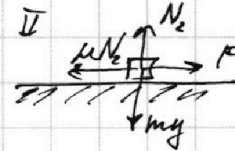
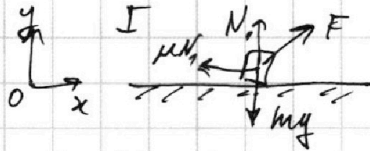
стр. 3 из 6

механика

№3

1) Если разлок на одинаковые углы, то ускорения равны

а) Если одинаковые



Возьмем II з. Ньют. по оси y и x

$$I \begin{cases} N_1 = mg - F \sin \alpha \\ F \cos \alpha - \mu N_1 = ma. \end{cases}$$

$$II \begin{cases} N_2 = mg \\ F - \mu N_2 = ma. \end{cases}$$

⇒

$$ma = F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha = F - \mu mg.$$

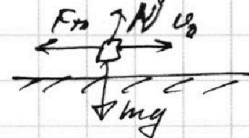
$$\cos \alpha + \mu \sin \alpha = 1. \quad \Rightarrow \quad \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

Вывод

$v$  - макс. скорость бруска при разлоке до торможения

2) При торможении в горизонт. направл. действует

сила  $F_{тр} = \mu N = \mu mg$



значит, ускорение бруска будет  $-\frac{F_{тр}}{m} = -\mu g$

$$s = \frac{-v^2}{-\mu g} = \frac{v^2}{\mu g}$$

$$\text{Но } K = \frac{m v^2}{2} \Rightarrow v^2 = \frac{2K}{m}$$

$$s = \frac{v^2}{\mu g} = \frac{\frac{2K}{m}}{\mu g} = \frac{2K \sin \alpha}{mg(1 - \cos \alpha)} = \frac{2K}{\mu mg} = \frac{2K \sin \alpha}{mg(1 - \cos \alpha)}$$

Ответ

Ответ:  $s = \frac{2K \sin \alpha}{mg(1 - \cos \alpha)}$

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

2)  $s = \frac{2K \sin \alpha}{mg(1 - \cos \alpha)}$

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!

пр. 4 из 6 (кислород) №4

1) За 3-1 изменение температуры  $\Delta T = -3T_1$

изм. внутр. энергии  $\Delta U_{31} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$ .

коэф. переданное тепло  $Q_{31} = \nu \cdot c_{31} \cdot \Delta T = 2\nu R \Delta T$ .

$\Delta U = Q + A \Rightarrow A_{31} = \Delta U_{31} - Q_{31} = -\frac{\nu R \Delta T}{2} = \frac{3}{2} \nu R T_1$

2)  $\eta = 1 - \frac{|Q_-|}{Q_+}$

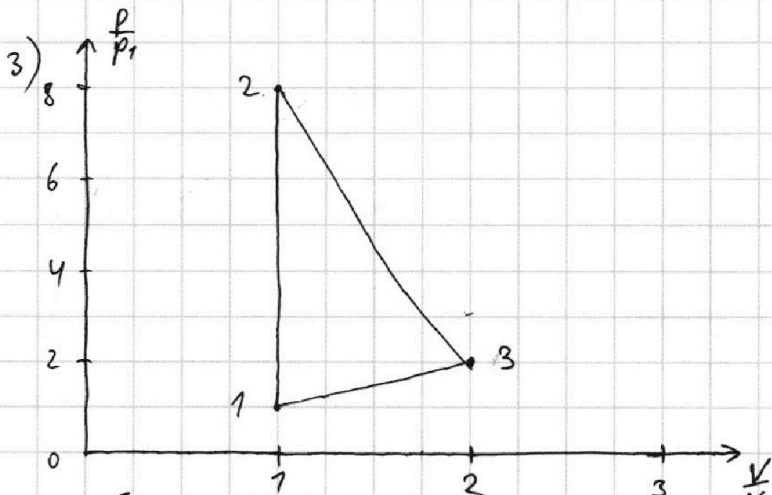
коэф. тепло за процесс:  $Q_{12} = \nu c_{12} \cdot \Delta T_{12} = +1,5 \nu R \cdot 4T_1$

$Q_{23} = \nu \cdot c_{23} \cdot \Delta T_{23} = -0,5 \nu R \cdot 4T_1$

$Q_{31} = \nu \cdot c_{31} \cdot \Delta T_{31} = -2 \nu R \cdot 3T_1$

$\eta = 1 + \frac{Q_{23} + Q_{31}}{Q_{12}} =$

$= 1 - \frac{8 \nu R T_1}{10,5 \nu R T_1} = \frac{2,5}{10,5} = \frac{5}{21}$



(12)  $c_{12} = \frac{3}{2} \nu R$ , газ одноатомный  $\Rightarrow$  в процессе 1-2  $V = \text{const.} \Rightarrow$

из уравнения состояния  $p = \frac{\nu R T}{V}$ ;  $\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} = 8$ ;  $p_2 = 8p_1$ ;  $V_2 = V_1$

(23)  $A_{23} = \Delta U_{23} - Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} - \frac{1}{2} \nu R \Delta T_{23} = \nu R \Delta T_{23} \Rightarrow$

$\Rightarrow -pdV = pdV + Vdp$   $\nu R dT = pdV + Vdp$   
(из уравнения состояния)

$\frac{dp}{p} = -2 \frac{dV}{V}$

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!

стр. 5 из 6 шестовик №4 (продолжение)

Значит,  $\ln\left(\frac{p_3}{p_2}\right) = -2 \ln\left(\frac{V_3}{V_2}\right)$

$$\frac{p_3}{p_2} = e^{-2} \cdot \frac{V_3}{V_2}$$

$$\frac{p_3}{8p_1} = e^{-2} \cdot \frac{V_3}{V_1}$$

(37)  $A_{31} = \Delta U_{31} - Q_{31} = -\frac{1}{2} \nu R \Delta T_{31}$

$$-pdV = -\frac{1}{2} \cdot (pdV + Vdp)$$

$$\frac{pdV}{2} = Vdp; \quad 2 \frac{dV}{V} = \frac{dV}{V} \Rightarrow 2 \ln\left(\frac{p_1}{p_3}\right) = \ln\left(\frac{V_1}{V_3}\right)$$

$$e^2 \cdot \frac{p_1}{p_3} = \frac{V_1}{V_3}$$

$$A_{23} = \Delta U_{23} - Q_{23} = \left(\frac{3}{2} - \frac{1}{2}\right) \nu R \Delta T_{23} = 4 \nu R \Delta T_1 = -4 p_1 V_1$$

$$A_{31} = \Delta U_{31} - Q_{31} = \left(\frac{3}{2} - 2\right) \nu R \Delta T_{31} = -\frac{3}{2} \nu R \Delta T_1 = -\frac{3}{2} p_1 V_1$$

Значит, массага под у-ном 23 будет  $4 \frac{m_1}{1}$ , под

у-ном 31 будет  $1,5 \frac{m_1}{1}$   $T_3 = 4T_1 \Rightarrow p_3 V_3 = 4 p_1 V_1$

Пусть  $\frac{V_3}{V_1} = x$ . Тогда  $\frac{p_3}{p_1} = \frac{4}{x}$ . Плюс под у-ном 31  $1,5 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{(x-1) \cdot \left(\frac{4}{x} + 1\right)}{2} = 1,5; \quad (x-1)\left(\frac{4}{x} + 1\right) = 3; \quad (x-1)(x+4) = 3x. \\ x^2 + 3x - 4 = 3x.$$

формула масс. у-на

$$\Rightarrow N_3 = 2V_1 \Rightarrow p_3 = 2p_1$$

$$x = 2. \Rightarrow$$

т.е. на у-ном 23; 31  $c = const$ , то на у-ном 31 это отрезки.

Ответ: 1)  $A_{31} = \frac{3}{2} \nu R T_1$ ; 2)  $\eta = \frac{5}{27}$



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!

№ 2 ЧЕРНОВИК

$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = 0,8$

$F_{тр} = \mu N$   
 $a$  - ускорение бруска ~~вдоль~~ по склону.

1) Запишем II з. Ньют. в проекциях на оси x и y.

$$\begin{cases} N = mg \cos \alpha \\ -\mu N = ma \end{cases} \Rightarrow a = -\mu g \cos \alpha = -4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Значит  $V_0 + aT > 0 \Rightarrow$  коробка не поменяет направл. движе-  
ния. Значит,  $S = V_0 T + \frac{aT^2}{2} = \frac{1}{2} V_0 T - \frac{\mu g \cos \alpha \cdot T^2}{2} = 4 \text{ м.}$   
(она отрицательна)

2) Перегнёт в с.о. земли. Тогда скорость коробки отно-  
сительно  $V' = V - V_0 = 0$ . Но нач. скорость коробки была  
равна  $V_0' = V_0 - V = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . Она движ. равноускоренно  
 $V' = V_0' + aT_1$ ;  $T_1 = \frac{V' - V_0'}{a} = \frac{V - V_0}{-\mu g \cos \alpha} = 1,25 \text{ с.}$

3) Скорость отно-но земли  $V = 0 \Rightarrow$  отно-но склону  
 $V' = V - V_0 = -1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ; коробка движ. равноускоренно.  
Отно-но склону менялось направление движения  
Когда  $V' = 0$ , коробка прошла  $L_1 = \frac{V'^2 - V_0'^2}{2a}$   
Когда



1  2  3  4  5  6  7

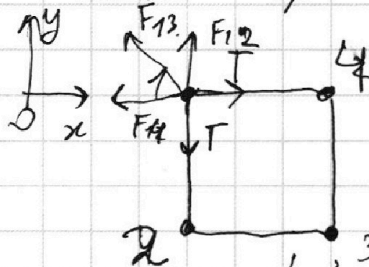
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



черновик

стр. 6 из 6

№ 5



$$F_{12} = F_{14} = \frac{kq^2}{a^2}, \text{ и}$$

$$F_{13} = \frac{kq^2}{2a^2}, \text{ где } k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$= \sqrt{\frac{4\pi\epsilon_0 \cdot T a^2}{1 + \frac{\sqrt{2}}{4}}} = \sqrt{\frac{16\pi\epsilon_0 \cdot T a^2}{4 + \sqrt{2}}}$$

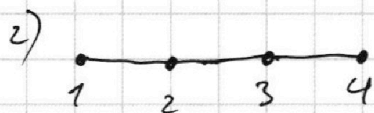
1) По II з. Котол. в проекции на ось  $xy$ :

$$T = F_{12} + F_{13} \cdot \cos 45^\circ.$$

$$T = \frac{kq^2}{a^2} + \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{kq^2}{2a^2}.$$

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

$$q = \sqrt{\frac{T a^2}{k \cdot \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4}\right)}} =$$



Начали энергию потенциального  
взаимодействия у любого шарика равна

$$\frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{\sqrt{2}a} = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a} \cdot \left(2 + \frac{\sqrt{2}}{2}\right)$$

Возьмем 1 шар

$$K_1 = \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{2a} + \frac{kq^2}{3a} = \frac{11}{6} \frac{kq^2}{a} + k_1$$

$$\text{Тогда } K_1 = \frac{kq^2}{a} \cdot \left(2 + \frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{11}{6}\right) = \frac{kq^2}{4\pi\epsilon_0 a} \cdot \frac{1 + 3\sqrt{2}}{6}$$

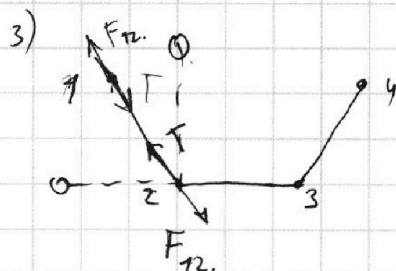
Возьмем 2 шар

у него энергии  $k_2 + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{2a}$

$$k_2 = kq^2 \cdot \left(2 + \frac{\sqrt{2}}{2} - \left(2 + \frac{1}{2}\right)\right) = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a} \cdot \frac{\sqrt{2}-1}{2}$$

$$\text{Итак, } K_1 = K_4 = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a} \cdot \frac{1 + 3\sqrt{2}}{24}$$

$$K_2 = K_3 = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a} \cdot \frac{\sqrt{2}-1}{8}$$



т.к. присутствует нули, шары 2 и 3 будут неподвижны. Шары, крайние шары  
прямые расстояние  $d = \sqrt{2}a$ .

Ответ: 1)  $q = \sqrt{\frac{16\pi\epsilon_0 \cdot T a^2}{4 + \sqrt{2}}}$ ; 2)  $K_2 = \frac{(\sqrt{2}-1)q^2}{8\pi\epsilon_0 a}$ ; 3)

3)  $d = \sqrt{2}a$ .



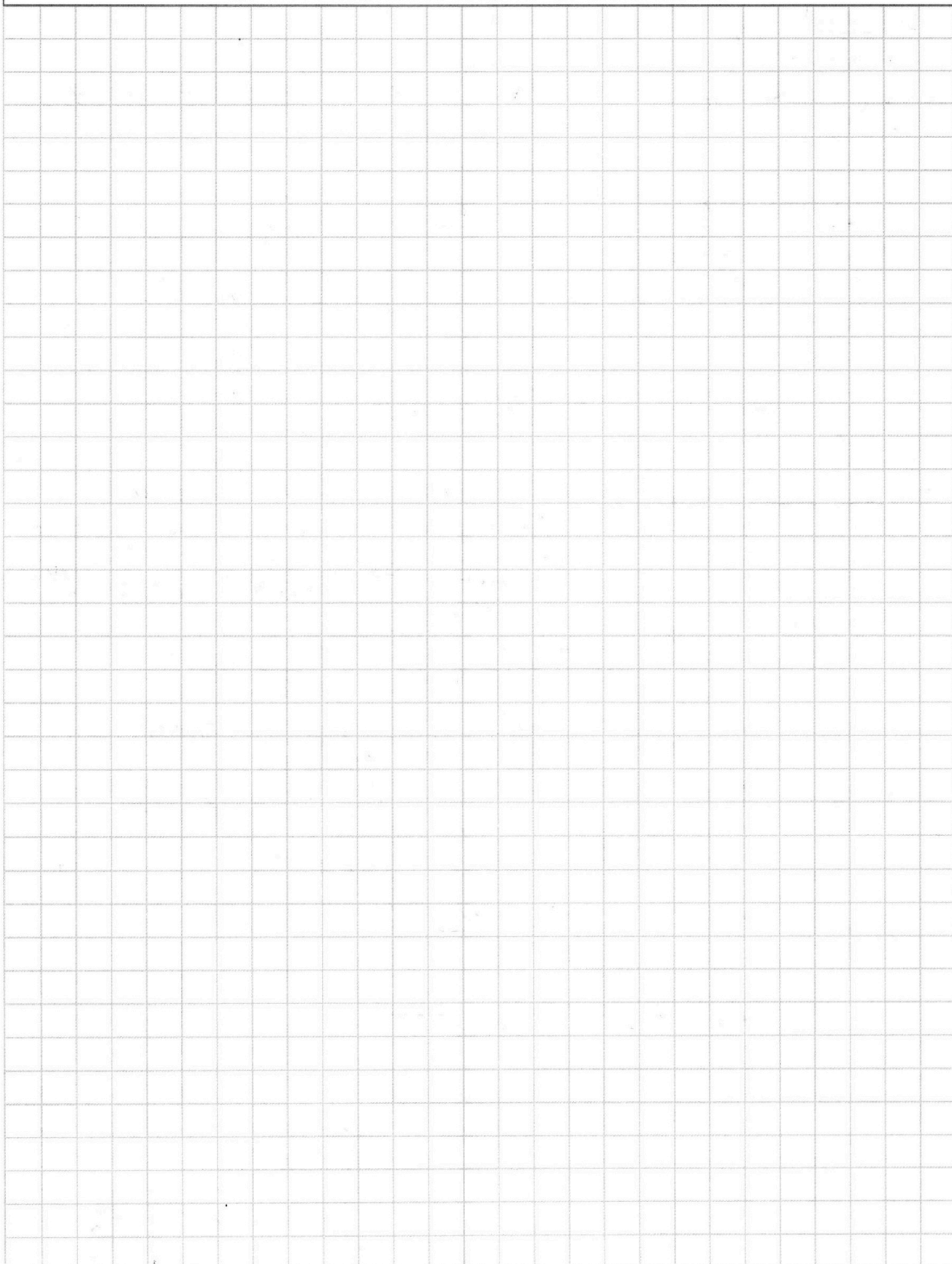
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!



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!



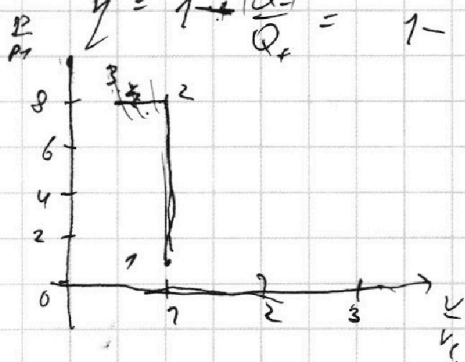
$c = \frac{3}{2} R$ ;  $V = \text{const}$ . №4

$C = 2R$ ;  $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$ .

$Q = 2 \nu R \Delta T$ ;  $A_{32}$

$\Delta U = Q - A$ ;  $A = \Delta U - Q = -\frac{\nu R \Delta T}{2} = -\frac{\nu R (-3T_1)}{2} = 1,5 \nu R T_1$

$\eta = 1 - \frac{|Q_-|}{Q_+} = 1 - \frac{0,5 \nu R \cdot 4T_1 + 2 \nu R \cdot 3T_1}{1,5 \nu R \cdot 3T_1} = 1 - \frac{8}{10,5} = \frac{2,5}{10,5}$



(2)  $V = \text{const}$ ;  $p = \frac{\nu R T}{V}$ ;  $\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} = 8$

(2)  $A = \frac{1}{2} \nu R \Delta T + 0,5 \nu R \Delta T = \nu R \Delta T$

$-\int p dV = \int p dV + V dp$   
 $V dp = -p dV$ ;  $V dp = 0$ ;  $p = \text{const}$ .

$\frac{dp}{p} = -\frac{2 dV}{V}$   
 $\ln \frac{p_2}{p_1} = -2 \ln \frac{V_2}{V_1} = -2 \ln 8$

$N = mg - F \sin \alpha$

(3)  $A = \frac{3}{2} \nu R \Delta T - 2 \nu R \Delta T = -\frac{1}{2} \nu R \Delta T$

$p dV = -\frac{2}{3} p dV + V dp$

$\frac{3}{2} p dV = V dp$

$\frac{3}{2} \frac{dV}{V} = \frac{dp}{p}$

$\frac{3}{2} \ln \left( \frac{V_3}{V_1} \right) = \ln \left( \frac{p_3}{p_1} \right)$   
 $e^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{V_3}{V_1} = \frac{p_3}{p_1}$

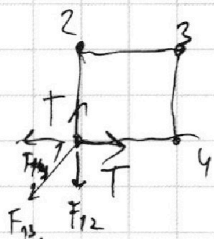
$F \cos \alpha - \mu N$

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

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

$A_{23} = \nu R \cdot 4 \nu R T_1 = 4 p_1 V_1$

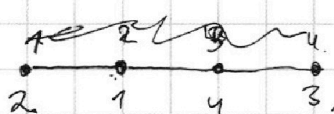
$A_{31} = \frac{3}{2} \nu R T_1 = \frac{3}{2} p_1 V_1$



$F_{12} + F_{21} \cdot \cos 45^\circ = T$

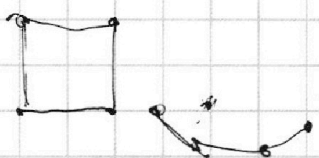
$k \frac{q^2}{a^2} + \frac{k q^2}{2a^2} = T$

$\frac{3}{2} \frac{k q^2}{a^2} = T$ ;  $|q| = \sqrt{\frac{2 T a^3}{k}} = \sqrt{\frac{2}{3} T a^3 \cdot 4 \sqrt{6}}$



(1)  $\frac{k q^2}{2a^2} + \frac{k q^2}{2a^2} + \frac{k q^2}{2a^2} = \frac{k q^2}{2a^2} + \frac{k q^2}{a^2} + \frac{k q^2}{4a^2} + \frac{k q^2}{a^2}$

$\frac{k q^2}{4a^2} = \frac{m \mu^2}{2}$ ;  $\mu = \sqrt{\frac{2 a q^2}{2 m a^2}}$



$\frac{k q^2}{2a^2} + \frac{k q^2}{2a^2} + \frac{k q^2}{2a^2} = \frac{k q^2}{2a^2} + \frac{k q^2}{4a^2} + \frac{k q^2}{4a^2} + k$

$k = k q^2 \cdot \left( 1 + \frac{1}{2} - \frac{1}{4} - \frac{1}{4} \right) = \frac{41}{36} k q^2$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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

ЧЕРНОВИК

$$V_0 \sin \alpha t = \frac{gt^2}{2}; \quad t = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g}$$

$$L = V_0 \cos \alpha t = \frac{2V_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g}, \quad \frac{V_0^2}{g}$$

$$V_0 \cos \alpha t_2 = S, \quad V_0 = \sqrt{2gH}$$

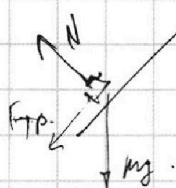
$$t_2 = \frac{S}{V_0 \cos \alpha} \quad S V_0 \sin \alpha t_2 - \frac{gt^2}{2} = H$$

$$\left(\frac{\sin}{\cos}\right)^2 = \frac{\sin^2 \cos - \cos^2 \sin}{\cos^2} = \frac{\cos^2 - \sin^2}{\cos^2} = 1 - \tan^2 \alpha$$

$$S \tan \alpha - \frac{gS^2}{2V_0^2 \cos^2 \alpha} = H$$

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

$\frac{k}{m}$  - маневр, m cs



$N = mg \cos \alpha$

$F_{тр} = \mu mg \cos \alpha$

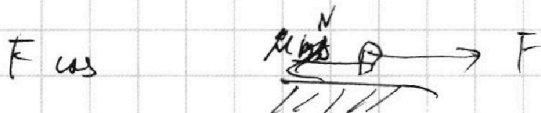
$a = -\mu g \cos \alpha = -0,8 \mu g = -4 \frac{m}{c^2}$

$V_0 - at > 0$

$S = V_0 t + \frac{at^2}{2} = 4 \text{ m}$

с.о. земли

$$\sqrt{400 - 144} = \sqrt{256} = 16 \frac{m}{c}$$



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

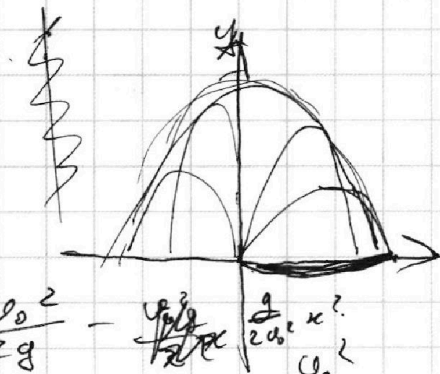
$N = mg - F \sin \alpha$

$ma = F \cos \alpha - \mu N = F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha$

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

$$\mu = \frac{F - F \cos \alpha}{F \sin \alpha - mg}$$

Угол наклона  
горизонт. поверхности



$$y = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{g}{2v_0^2} x^2$$

$y = k - ax^2$

$y \cos \alpha = \frac{v_0^2}{g}$

$k =$