



# 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.

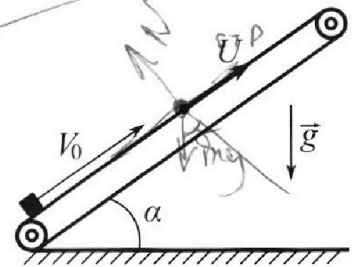
2) Теннисист посылает мяч с начальной скоростью  $V_0$  под различными углами к горизонту в направлении высокой вертикальной стенки, находящейся на расстоянии  $S = 20$  м от места броска. На какой максимальной высоте мяч ударяется о стенку?

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.

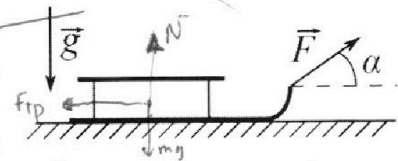
2) На каком расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 2$  м/с?

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.

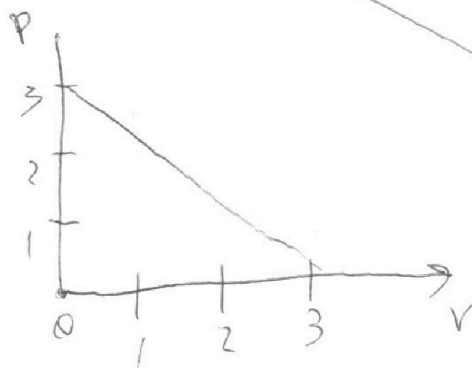


1) Найдите коэффициент  $\mu$  трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.

2) Через какое время  $T$  после прекращения действия силы санки остановятся? Ускорение свободного падения  $g$ .

Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

1 балл.  $N = mg - F \cdot \sin \alpha \Rightarrow$   
 $ma = F \cdot \cos \alpha - N \cdot \mu$



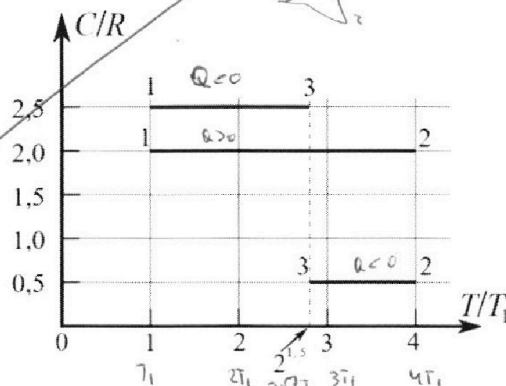
$p = b - v$

# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01

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

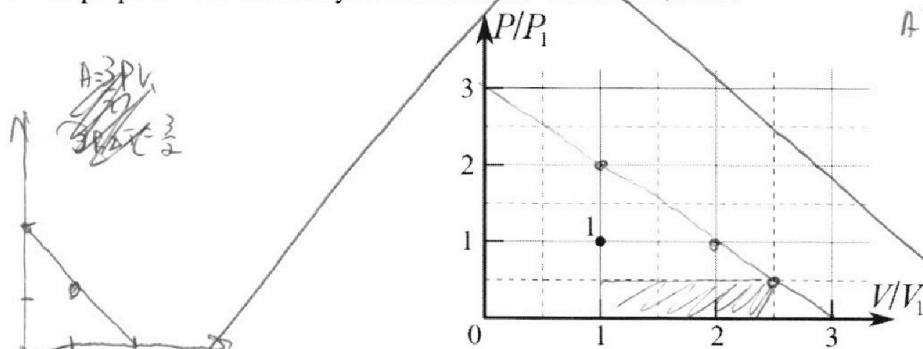
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2, 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  $A_2$  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.



$$A = 2,5 V_1 \cdot \frac{1}{2} P_1$$

$$Q = P_2 \cdot (V_1 - P_2)$$

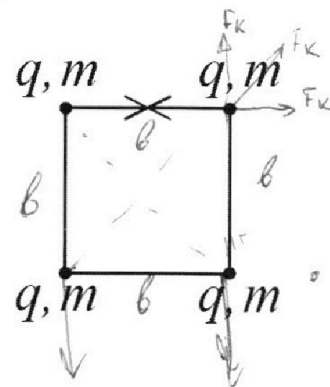
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной  $b$  (см. рис.). Масса каждого шарика  $m$ , заряд  $q$ .

1) Найдите силу  $T$  натяжения нитей.

Одну нить пережигают.

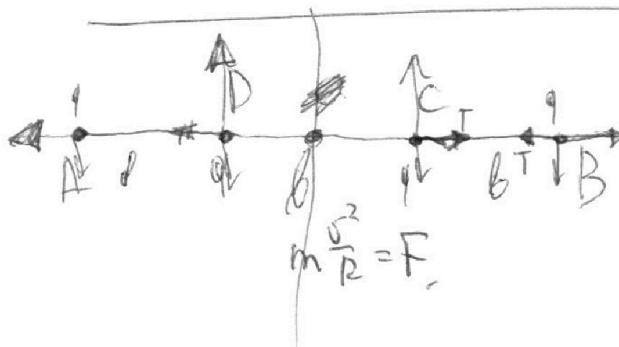
2) Найдите скорость  $V$  любого, выбранного Вами шарика, в тот момент, когда шарики будут находиться на одной прямой.

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.

$$P_1 d\sigma + dp$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

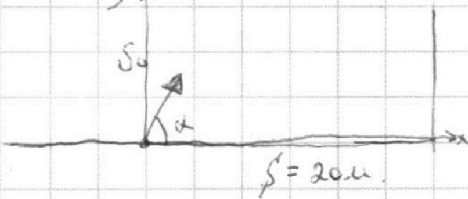
1	2	3	4	5	6	7
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



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

Задача №1. Пункт 1 мячик летит вертикально вверх в поле тяготы Земли  $\Rightarrow$  справедливо записать закон равномерного изменения скорости:  $V(t) = V_0 - gt \Rightarrow$  в макс. выс.  $V=0 \Rightarrow V_0 = 2 \cdot g \Rightarrow V_0 = 20$  [м/с]

Пункт 2. Нарисуем схему: пусть максимальной высоте  $h$  соответствующий угол  $\alpha$ .



Запишем закон равномерного движения вдоль осей показ. на рисунке: время до удара  $T_1$

Ох:  $V_0 \cdot \cos \alpha \cdot T_1 = h \Rightarrow \cos \alpha \cdot T_1 = 1, [м] \Rightarrow$

$\cos \alpha = \frac{1}{T_1}$   
 $T_1 \neq 0$   
 по с.м.  
 $\Rightarrow$

Оу:  $y(t) = V_0 \cdot \sin \alpha \cdot T_1 - \frac{gT_1^2}{2} \rightarrow$  экстремальное значение.

~~$y(t) = V_0 \cdot \sin \alpha \cdot T_1 - \frac{gT_1^2}{2}$~~   
 ~~$V_0 \cdot \sin \alpha$~~

$T_1 = \frac{1}{\cos \alpha}$

$y(\alpha) = V_0 \cdot \sin \alpha \cdot \frac{1}{\cos \alpha} - \frac{g}{2} \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha} = V_0 \tan \alpha - \frac{g}{2 \cos^2 \alpha} \quad (1)$

Возьмем производную функции  $y(\alpha)$  по  $\alpha$ :

$y'(\alpha) = \frac{V_0}{\cos^2 \alpha} - \frac{g \sin \alpha}{\cos^3 \alpha} = \frac{1}{\cos^2 \alpha} (V_0 - g \tan \alpha)$

$\Rightarrow$  из произв. выдем, что в т.к. по условию задачи

есть ограничение на  $\alpha: 0^\circ < \alpha < 90^\circ$ , то  $\cos^2 \alpha > 0$  при любых  $\alpha$  из интервала, а функция  $V_0 - g \tan \alpha$  монотонно убывает  $\Rightarrow$  экстр.

при  $\tan \alpha = 2$  функция имеет макс. возр.

$\Rightarrow 20 - 10 \cdot \tan \alpha = 0 \Rightarrow \tan \alpha = 2$  - абс. экстр. функции  $\Rightarrow$  наиб.

значение: из  $\tan \alpha = 2 \Rightarrow \sin \alpha = \frac{2}{\sqrt{5}}$ ;  $\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{5}} \Rightarrow$  по формуле

в (1)  $20 \cdot 2 - \frac{10 \cdot 5}{2 \cdot \frac{1}{5}} = 40 - 25 = 15$  [м] а) 20 [м/с]

Ответ: б) 15 [м]

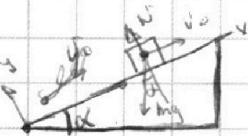
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



з.н. оу:  $N = mg \cos \alpha \Rightarrow \sin \alpha = 0,8 \Rightarrow \cos \alpha = 0,6$

оx:  $ma = +y mg \cos \alpha + mgs \sin \alpha \Rightarrow$

$a = \frac{1}{3}g + \frac{6}{10}g = 2$  РДж:  $l = 4 + T =$

$a = \frac{1}{3} \cdot 10 + \frac{6}{10} \cdot 10 = 10 \frac{m}{c^2} \Rightarrow T = 4 + T = 10 \cdot \frac{1}{2} \Rightarrow$

$5T^2 - 4T + 1 = 0 \Rightarrow T = \frac{4 \pm \sqrt{16}}{10}$  найдем время по закону  
тела =  $\frac{4}{10} = 0,4 c \Rightarrow$  путь за это время =  $4 \cdot 0,4 = \frac{16}{10} =$

$= 0,8 m$ .  $\Rightarrow$  тело пройдет путь  $1 m$  как  $0,8$  вдоль склона  $4,2$   
выз. найдем время прохождения этого  $0,2$  уз. сост. по коx:

з.н. оx:  $ma_1 = mg \cdot \sin \alpha - y \cdot mg \cos \alpha = 8 - \frac{1}{3} \cdot 10 \cdot \frac{6}{10} = 6 \frac{m}{c^2}$

$\Rightarrow T_2$  - пусть время прохот.  $0,2 m$ :  $0,2 = 3 \frac{6 \cdot T_2^2}{4} \Rightarrow T_2 = \sqrt{\frac{6}{10}}$

$\Rightarrow$  общее время  $0,4 + T_2 \approx 1 c$ . - ответ

2) этот момент соотв. тому что груз покажется от поштервона лампы.

$\Rightarrow$  это время  $T_1$  - до свт.  $\Rightarrow L = 0,4 \cdot 2 + 0,8 m = 1,6 m$ . - отв.

3) это момент соотв. тому что скорость груза стала  
равной  $+2 m/c$  вниз по склону против скорости эжектора

$v_{огн} = 0$ . найдем это время:  $+2 = 6 \cdot T_3 \Rightarrow T_3 = \frac{1}{3} c \Rightarrow$

$L_{эж} = \frac{1}{3} \cdot 2 = \frac{2}{3} m$  - по скл. вниз. эжн. вверх

$L_{гр} = \frac{6 \cdot \frac{1}{3}}{2} = \frac{1}{3} m$  - по скл. груз спустился  $\Rightarrow$

Груз поднялся по скл. от точки во 2 пункте на  $\frac{1}{3} m$ :  $\Rightarrow$

$(1,6 + \frac{1}{3}) \cdot \frac{8}{10} = (\frac{16}{10} + \frac{10}{30}) \cdot \frac{8}{10} = (\frac{48}{30} + \frac{10}{30}) \cdot \frac{8}{10} = \frac{58}{30} \cdot \frac{8}{10} = \frac{464}{300} \approx 1,55 m$   
 $\frac{126}{75} \approx 1,68 m$

- Ответ:



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

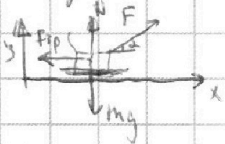
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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!

Задача 3. Запишем закон Ньютона для санок, пусть их масса  $m$ , коэффициент трения пусть  $\mu$ . З.Н. в 1 опыте ~~составим~~:  
введем оси  $Oy$  и  $Ox$  - вдоль пути санок,  $Oz$  - перп.  $Ox$  -  $\Rightarrow$

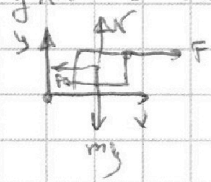


① Ответ:

$$Oy: N = mg - F \cdot \sin \alpha \quad (1)$$

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

здесь сказано, что санки разогнались до одной скорости  $v_0$  из сост. покоя  $\Rightarrow$  ускорения одинаковые  $\Rightarrow$  запишем З.Н. для 2  $\Rightarrow$  эксперимента: оси такие.



$$Oy: N = mg \quad (2)$$

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

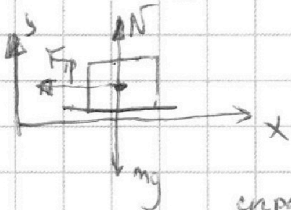
$\Rightarrow$  решаем систему (1)(2) помет.  $\mu$ .

$$\begin{cases} ma = F \cdot \cos \alpha - (mg - F \cdot \sin \alpha) \mu \\ ma = F - \mu mg \end{cases} \Rightarrow$$

$$F - \mu mg = F \cdot \cos \alpha - \mu mg + F \cdot \sin \alpha \cdot \mu \Rightarrow 1 = \cos \alpha + \sin \alpha \cdot \mu \Rightarrow$$

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

Решим пункт 2. после того как действие силы прекратится санки начнут равнозамедленное движение из-за Фтр. Р-и.



$$N = mg \Rightarrow Ox: ma_1 = N \cdot \mu = mg \mu \Rightarrow$$

$$a_1 = g \mu; \text{ пусть } T \text{ время торможения} \Rightarrow$$

$$\text{справе гравит. запишем: } v_0 - T \cdot g \mu = 0 \Rightarrow$$

$$v_0 = T g \mu \Rightarrow$$

$$T = \frac{v_0}{g \mu} = \frac{v_0}{\frac{g}{\sin \alpha} - g \cot \alpha}$$

Ответ:

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

$$2) \frac{v_0}{g \left( \frac{1}{\sin \alpha} - \cot \alpha \right)}$$

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

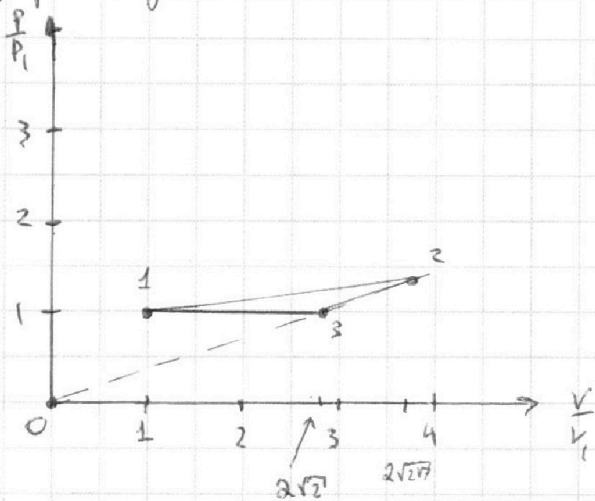
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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!

График для пункта 3.



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!



1)  $T_1 = 400 \text{ K}$ .  $R = 8,31$ . Теплоемкость  $2,5$  для одноатомного газа соотв.

ср - изобарн. процессу.  $Q_{13} = 1 \cdot \frac{5}{2} R \cdot (2\sqrt{2} T_1 - T_1)$

изменение внутр. энергии:  $U_3 = \frac{3}{2} 1 R (2\sqrt{2} T_1 - T_1) \Rightarrow Q = A + \Delta U \Rightarrow$

$A = Q_{13} - U_{13} = R T_1 (2\sqrt{2} - 1)$  ~~каж~~ как работу  $A_{12}$ .

$$Q = 2R \cdot 3T_1 \Rightarrow A = 6RT_1 - \frac{3}{2} 1 \cdot R \cdot 3T_1 = \frac{12RT_1}{2} - \frac{9RT_1}{2} = \frac{3}{2} RT_1 \approx$$

$$\approx \frac{8}{2} \cdot \frac{25}{3} \cdot 400 = 5000 \text{ Дж} = A_{12}$$

$$2) D = \frac{A}{Q^+} = \frac{Q^+ - Q^-}{Q^+} = 1 - \frac{Q^-}{Q^+}$$

из герметич. вакуум, что в ~~1-2~~ 1-2 - газ под. энтр.

в 2-3 - омб. и в 3-1 - омб  $\Rightarrow$

$$Q_{31} < 0 = -\frac{5}{2} R T_1 (2\sqrt{2} - 1)$$

$$Q_{12} > 0 = 6RT_1$$

$$Q_{23} < 0 = \frac{1}{2} R (4T_1 - 2\sqrt{2} T_1) \Rightarrow$$

$$D = 1 - \frac{\frac{1}{2} R T_1 (4 - 2\sqrt{2}) + \frac{5}{2} R T_1 (2\sqrt{2} - 1)}{6RT_1} = 1 - \frac{4 - 2\sqrt{2} + 10\sqrt{2} - 5}{12}$$

$$= 1 - \frac{8\sqrt{2} - 1}{12}$$

←  
Ombin

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

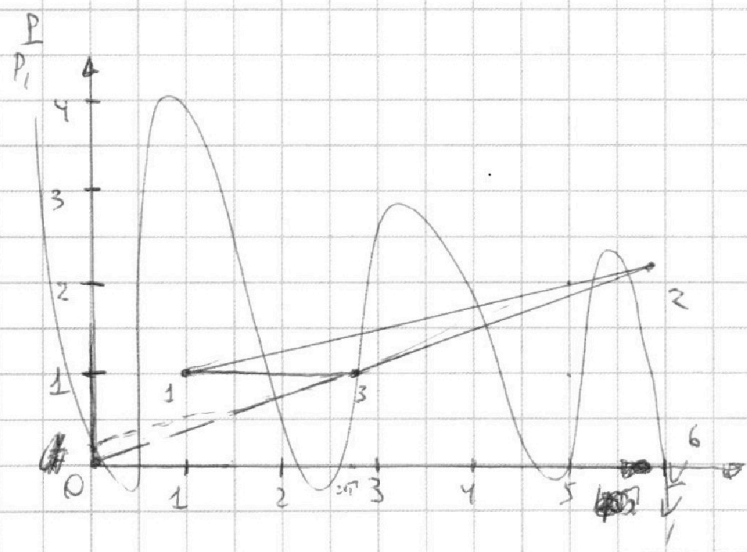
1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



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



3



1-3 - изохорный процесс  $\Rightarrow$   $p_1 \cdot V_1 = \nu R T_1$   
 $p_1 \cdot V_2 = \nu R T_2 = 2\nu R T_1 \Rightarrow$   
 $\frac{V_2}{V_1} = 2\sqrt{2}$

определим характер процесса 1-2 и 2-3.  
 $A = \int p dV$   
 $\nu R \Delta T = \frac{3}{2} (p dV + dpV) \Rightarrow \Delta T = \frac{3}{2\nu R} (p dV + dpV)$

$\Rightarrow Q = p dV + \frac{3}{2} p dV + \frac{3}{2} dpV = \frac{5}{2} p dV + \frac{3}{2} dpV \Rightarrow$

$C = \frac{\frac{1}{2} (5 p dV + 3 dpV)}{\frac{3}{2\nu R} (p dV + dpV)} = \frac{\nu R (5 p dV + 3 dpV)}{3 (p dV + dpV)} \Rightarrow$

$\frac{3}{2} = \frac{5 \cdot p_1 \cdot dV + dp \cdot 2\sqrt{2} V_1}{p_1 \cdot dV + dp \cdot 2\sqrt{2} V_1}$

$\Rightarrow 3 p_1 dV + 3 dp \cdot 2\sqrt{2} V_1 = 5 p_1 dV + 4\sqrt{2} V_1 dp$   
 $7 p_1 dV = 14\sqrt{2} dp V_1 \Rightarrow \frac{dV}{dp} = \frac{14\sqrt{2} V_1}{7 p_1}$

$\Rightarrow \frac{dp}{dV} = \frac{7}{2\sqrt{2}} \left( \frac{p_1}{V_1} \right)$  - получим уравнение прямой, проходящей через начало координат.

Q: процесс идет через точку с зад. координатами.

$1 = \frac{7}{14\sqrt{2}} \cdot 2\sqrt{2} V_1 \Rightarrow b = 1 \Rightarrow$  уравнение прямой:  $\frac{p}{p_1} = 1 + \frac{7}{14\sqrt{2}} \cdot \frac{V_1}{V_1} -$  через O.  
 УРА! УРА!



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!

~~Рассчитаем коэффициент для прямой 1-2:~~

~~$$C = \frac{5p dV + dp V}{3(p dV + dp V)}$$~~

~~определим точку до которой будет процесс~~

Рассч. коэф. для прямой 1-2:

$$2 = \frac{5p dV + dp V}{3(p dV + dp V)} \Rightarrow 6p dV + 6dp V = 5p dV + dV \cdot 5$$

~~$$p dV - dp V = 0 \Rightarrow dp V = -p dV \Rightarrow$$~~

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

~~$dp V = -p dV$~~

процесс политроп.

$p dV = -5 dp V$  по формуле  $V \cdot p = \text{const} \Rightarrow$

~~$$p_1 \cdot dV = -5 \cdot dp \cdot V_1 \Rightarrow \frac{dp}{p} = -\frac{1}{5} \frac{dV}{V_1} \quad - \text{интегр. к. процесс. 2:1} \Rightarrow \text{проц.}$$~~

Уравн состояния: Пусть  $V_2$  - масса кон. объема проц. 2

$$\left\{ \begin{aligned} p_1 \cdot 2\sqrt{2} V_1 &= \nu R T \cdot 2\sqrt{2} \\ p_1 \cdot \frac{7V_2^2}{14\sqrt{2}V_1} &= \nu R T \end{aligned} \right. \Rightarrow \frac{7V_2^2}{14\sqrt{2}V_1} = \frac{4}{2\sqrt{2}V_1} \Rightarrow V_2^2 = 2$$

$$\frac{V_2^2}{2\sqrt{2}V_1} \cdot \frac{1}{2\sqrt{2}V_1} = \frac{4}{2\sqrt{2}V_1} \Rightarrow V_2 = V_1 \cdot 2\sqrt{2\sqrt{2}}$$

$\Rightarrow$  строим график

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

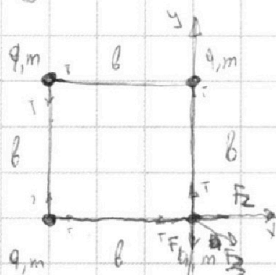
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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!

Задача 5. Пункт 2. Нарисуем чертёж для задачи:



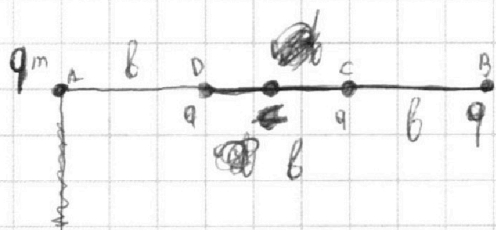
Т.к. схема симметрична относительно двух главных диагоналей, прямой проход через середину против положительной стороны следует, что сила натяжения будет везде одинаковой. расставим шкив T вдоль шкива расставим силы к полю для зарядов, т.к. все заряды положительные  $\Rightarrow$  сила кулона стремится **раздвинуть** разноименные заряды, расставим силы для одноименных зарядов.

$$F_1 = F_2 = \frac{k q^2}{a^2} ; F_3 = \frac{k q^2}{2a^2} \text{ - т.к. диаг. квадр. в } \sqrt{2} \text{ больше стороны}$$

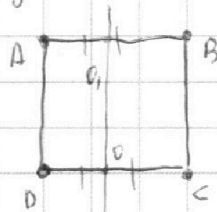
~~и угол~~ и угол который сила  $F_3$  образует с  $Ox$  и  $Oy = 45^\circ$  - вдоль диаг. сила  $\Rightarrow$  ниже услови равн.

$$Ox: F_3 \cos 45^\circ + F_2 = T \Rightarrow \frac{k q^2}{2\sqrt{2}a^2} + \frac{k q^2}{a^2} = T \Rightarrow T = \frac{k q^2}{a^2} \left( 1 + \frac{1}{2\sqrt{2}} \right) =$$

$$= \frac{k q^2}{a^2} \left( \frac{2\sqrt{2} + 1}{2\sqrt{2}} \right); \text{ Ответили на 2 пункта. рисуем схему.}$$



Нарисуем начальное положение



и перерезал нити AB

из симметрии отн. прямой OD, положение в конце скорости

шаров A и B будут равны как и шаров D и C. ~~А тогда O будет - серединой DC~~

~~могут вращаться из симметрии  $\Rightarrow$  пусть скорость точки B = vB  $\Rightarrow$  ~~то~~ очевидно, что~~

все шары будут на одной ~~на одной~~  $\frac{vB}{2} = v$  той же линии когда прямой скорости будут  $\perp$  нитке.

$\Rightarrow$  скорость шара B вытекает из симметрии положения ~~и~~  $\Rightarrow$  силы

$$\text{сила действ. на шар с вдоль нити} = \frac{q^2 k}{4a^2} ;$$

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!

сила сил на шарик B =  $\frac{kq^2}{9b^2} + \frac{kq^2}{4b^2} + \frac{kq^2}{b^2} \Rightarrow$

$$\frac{kq^2}{b^2} \left( \frac{4}{36} + \frac{9}{36} + \frac{36}{36} \right) = \frac{kq^2}{b^2} \frac{49}{36}$$

перпендикуляр к середине отрезка DC - м.в. для точек. ~~то~~  
из симметрии у рав. ст. центр.  $\Rightarrow$  м.в.  $\Rightarrow$

~~м~~ ~~м~~  $m \cdot \frac{V_B^2}{\frac{3}{2}b} = \frac{49}{36} \frac{kq^2}{b^2} \Rightarrow$

$$V_B = \sqrt{\frac{49 \cdot 3}{36 \cdot 2} \frac{kq^2}{b^2} m}$$

центр [D,C]

Точка  $\odot$  ввиду симметричности понятно что система будет  
до этой системы вращаться вертикально вниз

пока что, что из-за симметрии расположения шариков  
видно, что если бы эту систему представили  
себе, то она бы совершала колебание, а  
когда они будут находиться на одной прямой  
это  $\omega_0$  отвечает:

~~то~~ посчитаем работу сил F на пути шаров.

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{kq^2}{b^2} \cdot \cos \alpha \, d\alpha = \frac{kq^2}{b^2} \left( -\sin \alpha \right) \Big|_0^{\frac{\pi}{2}} = -\frac{kq^2}{b^2}$$

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!

а работа на 2 шар виззу:

$$\frac{kq^2}{2b^2} \Rightarrow$$

рез. шна визз шестит на.

$$mg_H = \frac{kq^2}{2b^2} + \frac{kq^2}{r^2} \Rightarrow$$

$$H = \left( \frac{kq^2}{2b^2} + \frac{kq^2}{r^2} \right) \cdot g \quad - \text{амлит}$$



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!



$$1 = \frac{7}{2\sqrt{2}} \cdot 2\sqrt{2} + \beta \Rightarrow \beta = 1 - \frac{7}{8} = \frac{1}{8}$$

$$P = \frac{7}{2\sqrt{2}} \cdot v + \frac{1}{8}$$

$$\frac{7}{2\sqrt{2}} \cdot 2\sqrt{2} v_1 + \frac{1}{8} = 7v_1 + \frac{1}{8} = \frac{54}{8} +$$

$$P_1 v_1 = \sqrt{2} P_1$$

$$\Rightarrow P_2 v_2 = 4 v_1 P_1 \Rightarrow$$

$$P_2 \cdot v_2 = 4 \sqrt{2} P_1$$

$$v_2 \frac{1}{8} P_1 - \frac{7 P_1}{2\sqrt{2} v_1} v_2^2 = 4 v_1 P_1 \Rightarrow$$

$$\frac{v_2 \cdot 4}{8} - \frac{7}{2\sqrt{2}} v_2^2 = 4 v_1^2 \Rightarrow$$

$$\frac{7}{2\sqrt{2}} v_2^2 - \frac{v_1}{8} \cdot v_2 + 4 v_1^2 = 0 \Rightarrow$$

$$v_2 = \frac{v_1}{8} \pm \sqrt{\frac{v_1^2}{8}}$$

$$P = \frac{1}{2\sqrt{2}} v_1 \Rightarrow \frac{1}{2\sqrt{2}} v_1^2$$

$$\frac{1}{2\sqrt{2}} \cdot 2\sqrt{2} v_1$$

$$(P_1 \cdot 2\sqrt{2} v_1) = \sqrt{2} R \cdot 2\sqrt{2} T \Rightarrow \frac{v_2^2}{2\sqrt{2}} = \frac{4}{2\sqrt{2}} \cdot 2\sqrt{2}$$

$$P_1 \cdot \frac{v_2^2}{2\sqrt{2}} = \sqrt{2} R \cdot 4 T$$

$$v_2 =$$

$$\frac{v_2^2 \cdot 4}{2\sqrt{2}} = \frac{1}{2\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{2\sqrt{2}} v_1^2$$



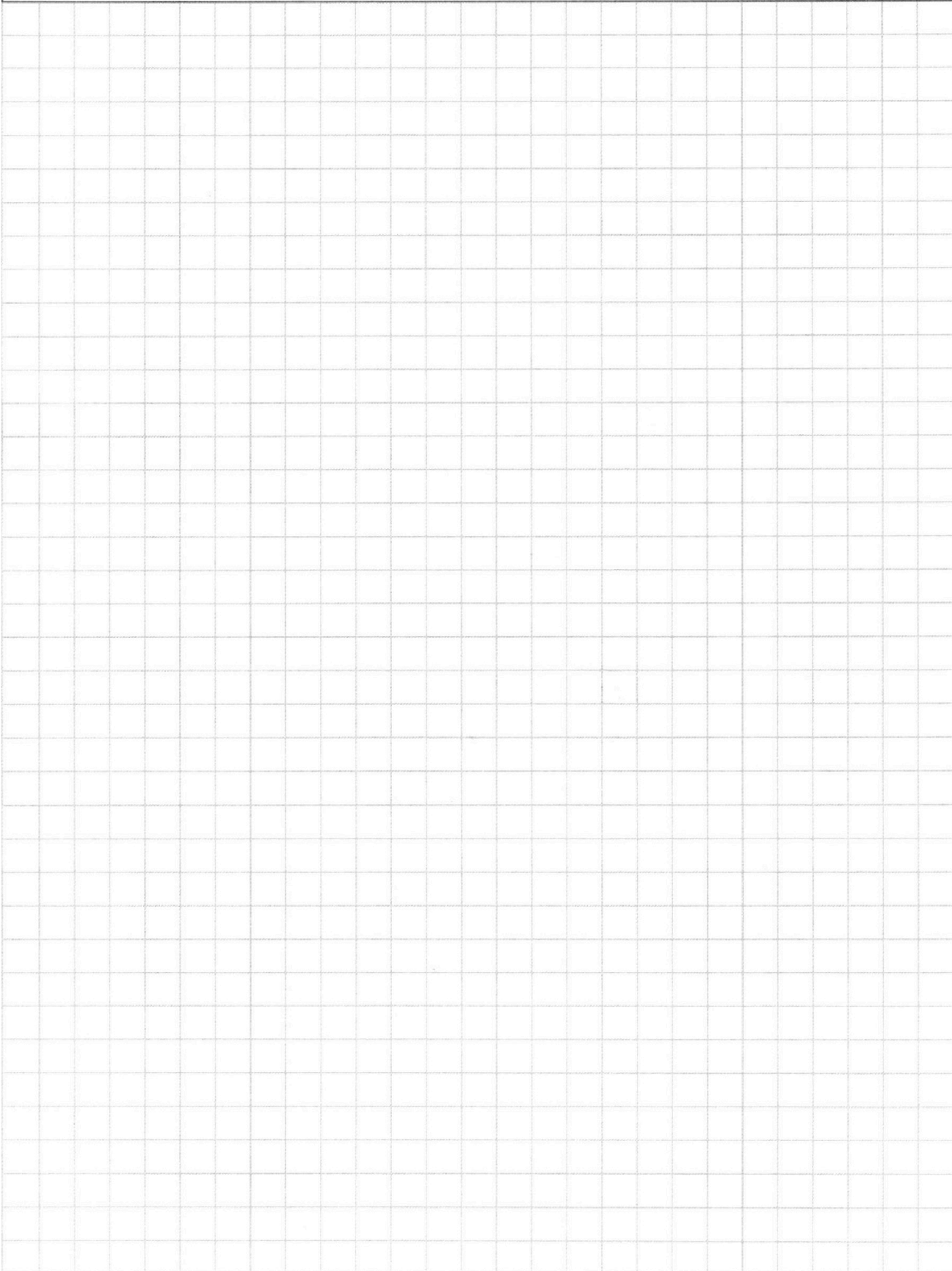
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

**МФТИ**

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



$$Q = A + du = A + \frac{3}{2} p R \Delta T \Rightarrow$$

$$p = \alpha \cdot \nu \Rightarrow \alpha \nu^2 = p R T \Rightarrow A = \frac{3}{2} p R T$$

$$A = dp \cdot \nu +$$

$$\alpha \cdot \nu + \alpha \nu = 2\alpha \nu$$

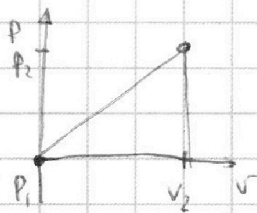
$$dA = \alpha d\nu$$

$$p = \alpha \nu$$

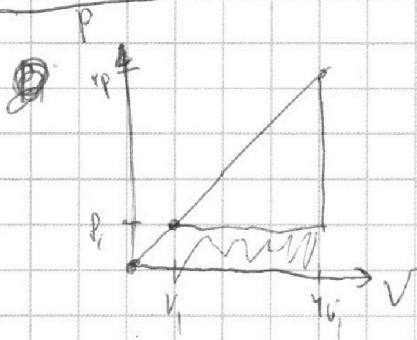
$$A = p \cdot \nu = \alpha \nu \cdot \nu$$

$$du = p R \Delta T = \frac{3}{2} \alpha \nu \Delta T \Rightarrow$$

$$\Delta T = \frac{3\alpha \nu}{p R}$$



$$A = p_1 \nu_2 + \frac{1}{2} \nu_2^2$$



$$\frac{3}{2} 15 p_1 \nu_1 = p R \Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{3}{2 R} 15 p_1 \nu_1$$

$$Q = \frac{3}{2} 15 p_1 \nu_1 + p_1 \cdot 4 \nu_1 + 3 p_1 \cdot 3 \nu_1 =$$

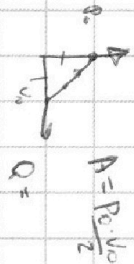
$$= \frac{45}{2} p_1 \nu_1 + 13 p_1 \nu_1 \Rightarrow$$

$$Q = \frac{71 p_1 \nu_1}{2}$$

$$C =$$

$$\frac{3}{2 R} 15 p_1 \nu_1$$

$$p = \alpha \nu$$



$$\frac{26}{45} + \frac{45}{71}$$

$$71$$

$$p = \alpha \nu$$

$$Q = A + du = p d\nu + \frac{3}{2} (dp \nu + p d\nu) = p d\nu + \frac{3}{2} \nu dp + \frac{3}{2} \alpha \nu^2$$

$$\Delta T = \frac{3}{2} (p R \Delta T)$$

$$C = \frac{5 p d\nu + dp \nu}{p d\nu + dp \nu}$$

$$5 \alpha \frac{\nu^2}{2} + \alpha \nu$$

$$\alpha \frac{\nu^2}{2} +$$

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!

$$v_0 \sin \alpha - g t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} \Rightarrow L_{\max} = \frac{2v_0^2 \cos \alpha \sin \alpha}{g} =$$

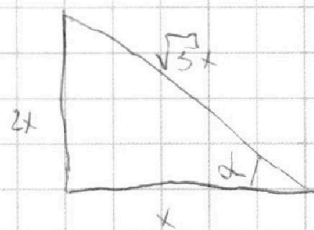
$$= \frac{2 \cdot 400 \cdot 1}{10} = 40 \text{ м.}$$

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

$$\begin{array}{r} 126 \overline{) 75} \\ 75 \phantom{00} \\ \hline 510 \phantom{00} \\ 450 \phantom{00} \\ \hline 60 \phantom{00} \end{array}$$

$$\left( \frac{1}{2 \cos^2 \alpha} \right)' = \frac{1}{2} \left( \cos^{-2} \alpha \right)' = \frac{1}{2} \cdot -2 (\cos^2 \alpha)^{-3} \cdot (-\sin \alpha) =$$

$$= \frac{\sin \alpha}{\cos^3 \alpha} \quad p = \alpha \sqrt{v} \Rightarrow$$



$$\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{5}}$$

$$\sin \alpha = \frac{2}{\sqrt{5}}$$

$$\frac{1}{25} + \frac{4}{25} = \frac{5}{25} = \frac{1}{5} \quad Q =$$

$$v^2 \alpha = \text{const} \Rightarrow$$

$$1 - \frac{0,2}{6} = \frac{1}{6}$$

$$\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{5}} \quad \sin \alpha = \frac{2}{\sqrt{5}}$$

$$\alpha = 45^\circ$$

$$T_1 = \sqrt{2} l \Rightarrow$$

$$\frac{1}{\sqrt{5}} \Rightarrow T_1 = 1$$

$$T_1 = \sqrt{2} l \Rightarrow$$

$$T_1 = \sqrt{5}$$

$$20 \cdot \sqrt{2} l = \frac{10 \cdot 2}{4} =$$

$$C_V = \frac{3}{2} R$$

$$C_D = \frac{5}{2} R$$

10

$$20 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{2} - \frac{10 \cdot 2}{2} = 10$$



$$1 - \frac{2\sqrt{2}}{3} + \frac{1}{12} =$$

$$\frac{10}{8} + \frac{4}{10} = \frac{50 + 32}{80} \approx 1$$

$$1,6 \cdot 8 = \sqrt{2}$$

$$\frac{1}{1,6} + \frac{4}{10}$$

