

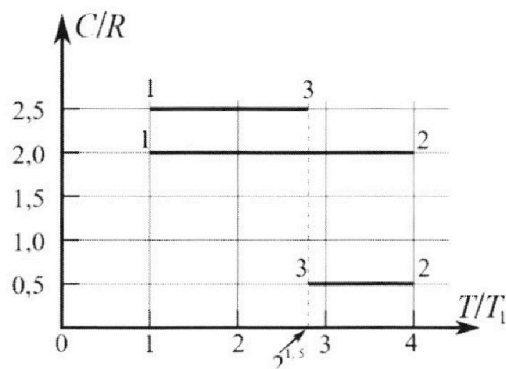
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01

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



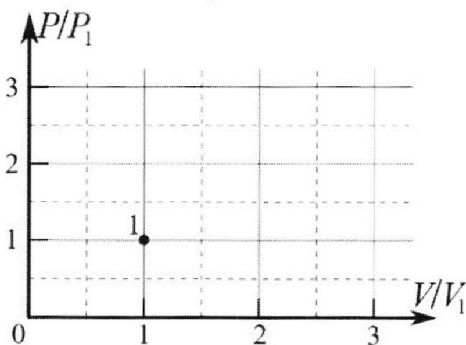
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2,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



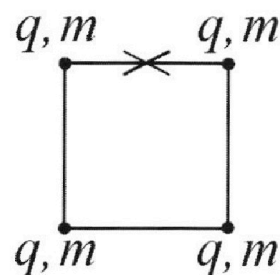
1) Найдите работу  $A_{12}$  газа в процессе 1-2.

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 вверху (на рисунке)?

Коэффициент пропорциональности в законе Кулона  $k$ . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 10-01

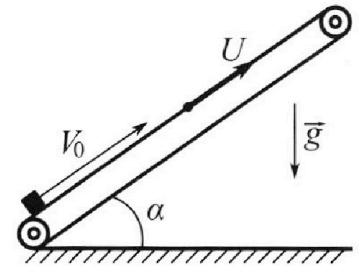
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



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?

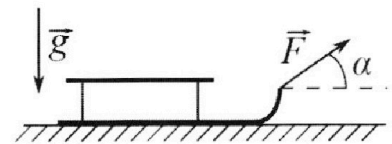
Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью  $U = 2$  м/с, и сообщают коробке скорость  $V_0 = 4$  м/с.

- 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.

*m - санки*

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  $T = 2c$   $T = \frac{V_0}{g} \Rightarrow V_0 = gT = 2 \cdot 10 = 20 \frac{м}{с}$

(2)  $H_{max} = \frac{V_0^2 \cdot \sin^2(90^\circ)}{2g} = 40 \text{ м} = 25$ . Это если

получается ситуация прохода оленка возмозноно  $H$   $H_{max} = \frac{(V_0 \sin 45^\circ)^2}{2g} = \frac{400}{40} = 10 \text{ м}$

Анализ:  $H(t) = (V_0 \sin \alpha)t - \frac{gt^2}{2}$

$L(t) = V_0 \cos \alpha t$

$V_0 \cos \alpha t = s \Rightarrow t = \frac{s}{V_0 \cos \alpha}$   
 $H(\alpha) = s \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha} - \frac{gs^2}{2V_0^2} \cdot \frac{2 \sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = 0$

В момент  $t$  происходит удар  $H = \frac{V_0 \sin \alpha \cdot s}{V_0 \cos \alpha t} - \frac{g}{2} \cdot \frac{s^2}{V_0^2 \cos^2 \alpha} = s \tan \alpha - \frac{gs^2}{2V_0^2 \cos^2 \alpha}$

$\frac{1}{\cos^2 \alpha} = \frac{gs^2}{2V_0^2} \cdot \frac{2 \sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha}$   $\tan^2 \alpha + 1 = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$

$1 = \frac{gs}{2V_0^2} \cdot \tan^2 \alpha$   $\tan^2 \alpha = \frac{V_0^2}{gs} = \frac{400}{10 \cdot 20} = 2$

$\frac{gs^2}{2V_0^2} \cdot \frac{V_0^2}{gs} = \frac{s}{2}$

$H_{max} = \frac{s \cdot V_0^2}{gs} - \frac{gs^2}{2V_0^2} \left( \frac{V_0^2}{gs} + 1 \right) = \frac{V_0^2}{g} - \frac{s}{2} - \frac{gs^2}{2V_0^2} = \frac{400}{10} - \frac{20}{2} - \frac{10 \cdot 400}{2 \cdot 400} = 40 - 10 - 5 = 25 \text{ м}$

$V_x^2 = V_0^2$   $V_x \cdot t = s$   $t = \frac{s \sqrt{5}}{V_0}$   
 $V_x = \frac{V_0}{\sqrt{5}}$   $H = (2V_x)t - \frac{gt^2}{2} = \frac{2V_0}{\sqrt{5}} \cdot \frac{s \sqrt{5}}{V_0} - \frac{g}{2} \cdot \frac{s^2 \cdot 5}{V_0^2} = 2s - \frac{5g}{2} \frac{s^2}{V_0^2} = 40 - \frac{5}{2} \cdot 10 \cdot 1 = 15 \text{ м}$

треугольник скоростей, или тангенс наклон угла  $\tan \alpha = 2$  (получено из анализа  $\phi$ -уми раки)

Ответ: 1)  $20 \frac{м}{с}$  2)  $15 \text{ м}$

\* Производная функции  $H(\alpha)$  получена на черновике, на листовке записывалась уже готовая производная



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

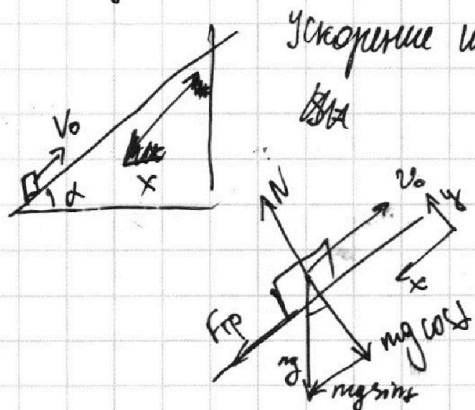
МФТИ

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

$\sin \alpha = 0,8$     $\mu = \frac{1}{3}$     $v_0 = 4 \frac{m}{c}$     $\mu?$  1)  $T = ?$  ( $S = 1m$ )   2)  $L = ?$   $v = 2 \frac{m}{c}$

$\Rightarrow$   $\mu = ?$   $v_k = 0$

Слож как вначале мента покажется  $\Rightarrow$  мну можно реш. как на подк. наклонную плоскость



Ускорение шайбы по оси  $x \rightarrow a_x = g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha$

$F_{тр} = \mu mg \cos \alpha$  (тик скользит)  
 $N = mg \cos \alpha$  (продольная сила  $F_{тр} = \mu mg \sin \alpha$ )

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

(1)  $S = v_0 T - a_x \frac{T^2}{2}$

$\sin \alpha = 0,8 \Rightarrow \cos \alpha = 0,6$

Решим квадратное ур-е в тплах

$10 \cdot 0,8 + \frac{1}{3} \cdot 10 \cdot 0,6 = 8 + \frac{6}{3} = 10$

$a_x \frac{T^2}{2} - v_0 T + S = 0$

$T^2(5) - 4T + 1 = 0$

$\frac{D}{4} = 4 - 5 < 0$

т.е для того, чтобы пройти метр, коробка должна достигнуть наибольшей точки и немногу увести вниз

$S_{\max} = \frac{v_0^2}{2a_x} = \frac{16}{20} = 0,8 \text{ м} < 1 \text{ м}$  (макс. путь вверх вдоль плоск.)

$S_d = S - S_{\max} = a_x' \cdot \frac{t_d^2}{2} \Rightarrow S_d = 1 - 0,8 = 0,2 \text{ м}$

$a_x' = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha = 6 \frac{m}{c^2}$  (м.к при скольжении вниз трение препят.)

$a_x' \cdot \frac{t_d^2}{2} = S_d$

$t_d = \sqrt{\frac{2S_d}{a_x'}} = \sqrt{\frac{0,2 \cdot 2}{6}} = \sqrt{\frac{4}{60}} = \sqrt{\frac{1}{15}}$

$t_p = \frac{v_0}{a_x} = \frac{4}{10} = 0,4 \text{ c}$

$T = t_p + t_d = \sqrt{\frac{2S_d}{a_x'}} + \frac{v_0}{a_x} = 0,4 + \sqrt{\frac{1}{15}} \text{ c}$

2) все инерциальные системы отсчета равноправны между собой переходят в со левит



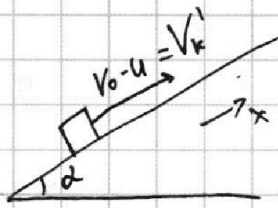
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

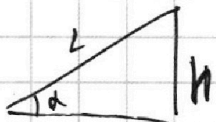
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Тогда второй вопрос задачи будет звучать так:  
когда  $V_k' + u = u$ , т.е. когда  $V_k'' = 0$ ?  
(на каком расстоянии  
(обратно в лабораторной ЗСЭ):

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mu^2}{2} + mgh + A_{тр.}$$

Из условия транспортира (из результатов нахождения в  $\omega$  транспортира следует, что сила трения направлена противоположно для рассм. моментов времени и абсолютна по модулю)



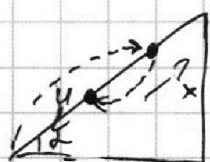
$$h = L \sin \alpha \quad A_{тр.} = (\mu mg \cos \alpha) \cdot L$$

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mu^2}{2} + \mu mg \cos \alpha L + mgL \sin \alpha$$

$$V_0^2 = u^2 + 2\mu g \cos \alpha L + 2gL \sin \alpha \Rightarrow L(2\mu g \cos \alpha + 2g \sin \alpha) = V_0^2 - u^2$$

$$L = \frac{V_0^2 - u^2}{2g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{16 - 4}{20(\frac{1}{3} \cdot \frac{8}{5} + \frac{4}{5})} = \frac{12}{20} = \frac{3}{5} = 0,6 \text{ м}$$

3) Опять в  $\omega$  левый



(пусть движется до вершины, останавливается, тут  $v_x = 0$  назад) (до момента  $v_x = -u$ )

(скорость стала нулю - путь равен L)

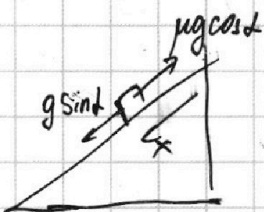
После остановки  $a_x' = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha$

$$a_x t' = u \quad t = \frac{u}{a_x}$$

$$\Delta x = \frac{a_x t'^2}{2} = a_x \cdot \frac{u^2}{2a_x^2} = \frac{u^2}{2a_x} = \frac{u^2}{2g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}$$

$$= \frac{4}{20(\frac{8}{5} - \frac{3}{10})} = \frac{4}{2 \cdot 6} = \frac{1}{3} \text{ м}$$

$$\frac{3}{5/3} = 0,2$$



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!

Моя цель - записать в новой форме ЗСЭ

$$A_{TP}^1 = A_{TP1} + A_{TP2} = \mu mg \cos \alpha (L + \Delta x)$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{m \cdot 0,2^2 \cdot 10}{2} + A_{TP}^1 + mgh$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh + \mu mg \cos \alpha \left( \frac{u^2}{2g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)} + \frac{v_0^2 - u^2}{2g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} \right)$$

$$\frac{v_0^2}{2} = gH + \mu g \cos \alpha \cdot \left( 0,6 + \frac{1}{3} \right) \text{ м}$$

$$\frac{16}{2} = gH + \frac{1}{3} g \cdot \frac{3}{5} \cdot \left( 0,6 + \frac{1}{3} \right)$$

$$gH = 8 - \frac{2 \cdot 14}{15}$$

$$H = \frac{1}{g} \left( \frac{v_0^2}{2} - \mu g \cos \alpha \left( \frac{u^2}{2g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)} + \frac{v_0^2 - u^2}{2g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} \right) \right) = \frac{1}{g} \left( 8 - \frac{28}{15} \right)$$

$$= \frac{1}{8} \left( 8 - \frac{28}{15} \right) = \frac{92}{150} \text{ м} = \frac{46}{75} \text{ м}$$

$$gH = 8 - 2 \left( \frac{14}{15} \right)$$

Ответ: 1)  $0,4 + \sqrt{\frac{1}{15}} \text{ с}$ ; 2)  $L = 0,6 \text{ м}$ ; 3)  $H = \frac{46}{75} \text{ м}$



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

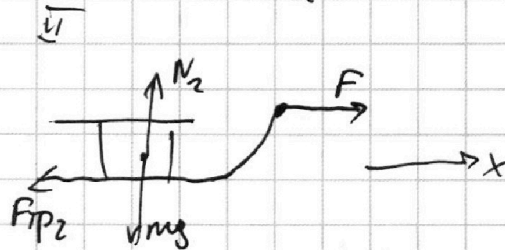
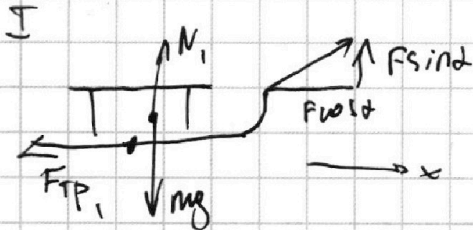
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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!

$v_0$  и в 1 и в 2 слух.  $r_1 = r_2 = r$   
Движения равноускоренные, но так как оба раза санки с 0  
до  $v_0$  разгоняют за одинаковое время  $\Rightarrow a_1 = a_2$  (по оси  $x$ )  
 $= a$



$$F \cos \alpha - F_{\text{тр}1} = ma$$

$$F \cos \alpha - \mu N_1 = ma$$

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

$$\mu (mg - mg + F \sin \alpha) = F (1 - \cos \alpha)$$

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

$$F - F_{\text{тр}2} = ma$$

$$F - \mu N_2 = ma$$

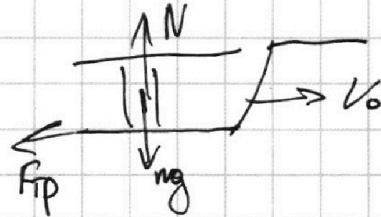
2)  $a_x T = v_0$

$$a_x = F - \mu N_2 = F - \mu mg \quad a_x = \mu N_2 = \mu mg$$

~~$$(F - \mu mg) T = v_0$$~~

~~$$\mu mg T = \mu mg$$~~

$$T = \frac{v_0}{\mu mg}$$



$$T = \frac{v_0}{\mu g} \cdot \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha}$$

Ответ: 1)  $\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$  2)  $T = \frac{v_0}{g} \cdot \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

МФТИ

1  2  3  4  5  6  7

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



$\nu = 1 \text{ моль}$      $T_1 = 400 \text{ К}$      $R = 8.31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$

$\Delta Q = \Delta U + A$

~~$C = \frac{\frac{3}{2} \nu R \Delta T + \nu R \Delta T}{\Delta T} = \frac{5}{2} \nu R$~~

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

~~$Q_{AA} C_p$~~

$\Delta Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = C_{12} \cdot \Delta T$

$C_{12} = 2R$

$Q_{12} = C_{12} \cdot (4T_1 - T_1) = 3 \cdot C_{12} \cdot T_1 = 6RT_1$

$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \cdot 3T_1$

$A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = 1 - \frac{1}{2} R (4T_1 - 2^{3/2} T_1) + \frac{3}{2} \nu R (4T_1 - 2^{3/2} T_1) = R \cdot (4T_1 - 2^{3/2} T_1) = 6RT_1 - \frac{3}{2} \nu R \cdot T_1 = R \cdot 600$

$A_{31} = Q_{31} - \Delta U_{31} = -\frac{5}{2} R (2^{3/2} T_1 - T_1) + \frac{3}{2} \nu R (2^{3/2} T_1 - T_1) = -R (2^{3/2} T_1 - T_1) = 400R$

$\Delta Q_{12} = C_{12} \cdot \Delta T_{12} = 6RT_1$   
 $\Delta Q_{23} = C_{23} \cdot \Delta T_{23} = -\frac{1}{2} R \cdot (4T_1 - 2^{3/2} T_1)$

$\Delta Q_{31} = C_{31} \cdot \Delta T_{31} = -\frac{5}{2} R \cdot (2^{3/2} T_1 - T_1)$

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

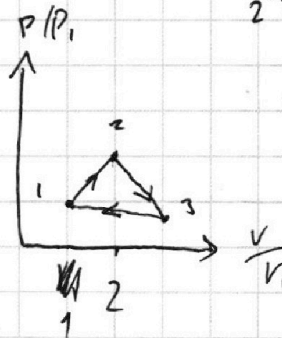
$= \frac{600R + 400R(4 - 2^{3/2}) - 400R(2^{3/2} - 1)}{6 \cdot 400R} = \frac{1.5 + 4 - 2^{3/2} - 2^{3/2} + 1}{6} =$

$= \frac{6.5 - 2^{5/2}}{6} = \frac{6.5 - 2^{5/2}}{6}$

$2^1 + 2^1 = 2^2$   
 $2^{3/2} \cdot 2 = 2^{5/2}$

Эквив графика выглядит так:

$A_{31} = -\nu R T_1 (2^{3/2} - 1)$



$P_1 V_1 = \nu R T_1$   
 $P_2 V_2 = \nu R \cdot 4T_1$   
 $P_3 V_3 = \nu R T_1 \cdot (2^{3/2})$

Этот график состоит из отрезков

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!



$$A_{23} = \sqrt{RT_1}(4 - 2^{3/2}) = \frac{2P_1 + P_3}{2}(V_3 - 2V_1) \quad (1) \quad (1) - (2)$$

$$A_{31} = -\sqrt{RT_1}(2^{3/2} - 1) = \frac{P_1 + P_3}{2}(V_3 - V_1) \quad (2)$$

$$5\sqrt{RT_1} = \frac{P_1 V_3}{2} - \frac{3P_1 V_1}{2} - \frac{P_3 V_1}{2} \Rightarrow 13\sqrt{RT_1} = P_1 V_3 - P_3 V_1$$

$$V_3 = \frac{\sqrt{RT_1} \cdot 2\sqrt{2}}{P_3}$$

$$\sqrt{RT_1} \frac{3}{2} \Rightarrow 13\sqrt{RT_1} = \frac{P_1 \cdot \sqrt{RT_1} \cdot 2\sqrt{2}}{P_3} - P_3 V_1$$

$$P_3^2 \cdot V_1 + P_3 \cdot \sqrt{RT_1} - P_1 \cdot \sqrt{RT_1} \cdot 2\sqrt{2} = 0$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ + 1,4 \\ \hline 8 \\ + 11,2 \\ \hline 11,2 \end{array}$$

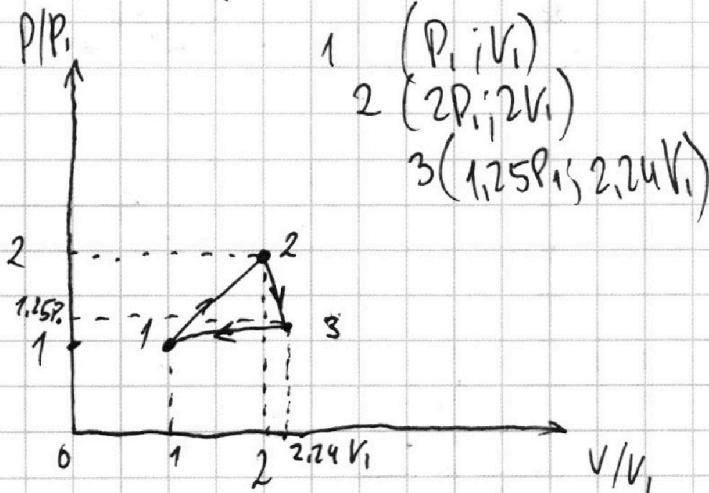
$$D = (\sqrt{RT_1})^2 + 4V_1 \cdot P_1 \cdot \sqrt{RT_1} \cdot 2\sqrt{2}$$

$$P_{3(1,2)} = \frac{-\sqrt{RT_1} \pm \sqrt{(\sqrt{RT_1})^2 + 4V_1 \cdot 2\sqrt{2} P_1 \cdot \sqrt{RT_1}}}{2}$$

$$= \frac{-P_1 \pm \sqrt{(P_1 V_1)^2 + 4(P_1 V_1)^2 2\sqrt{2}}}{2} = \frac{-P_1 \pm P_1 \sqrt{1 + 8\sqrt{2}}}{2} \Rightarrow P_3 = P_1 \frac{(\sqrt{1 + 8\sqrt{2}} - 1)}{2}$$

$$P_3 \approx P_1 \cdot \frac{\sqrt{12,2^2 - 1}}{2} \approx 1,25 P_1$$

$$V_3 \approx \frac{P_1 V_1 \cdot 2,8}{1,25 P_1} = 2,24 V_1$$



$$\begin{array}{r} 280 \quad | \quad 25 \\ -250 \quad | \quad 2,24 \\ \hline 300 \\ -250 \\ \hline 500 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 112 \\ -13,74 \\ \hline 3,6 \\ + 3,6 \\ \hline 7,2 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ \times 1,4 \\ \hline 4 \\ + 5,6 \\ \hline 6,6 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 216 \\ -108 \\ \hline 108 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 90 \quad | \quad 60 \\ -60 \quad | \quad 0,15 \\ \hline 30 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3,5 \\ \times 3,5 \\ \hline 12,25 \\ -10,5 \\ \hline 1,75 \end{array}$$

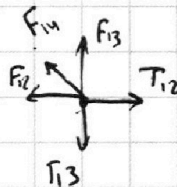
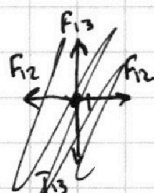
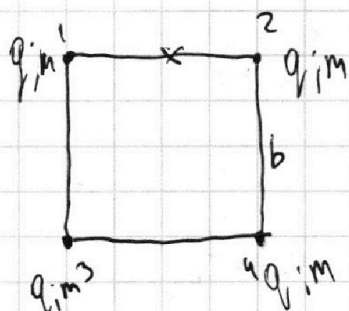
Ответ:  $A_{23} = 600R$ ;  $\eta = \frac{6,5 - 4\sqrt{2}}{6} \approx 15\%$

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!



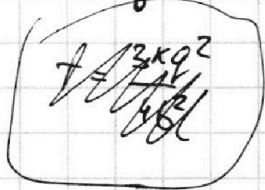
bigim



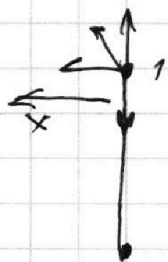
$$T_{12} = F_{12} + F_{14} \cdot \cos 45^\circ = \frac{kq^2}{b^2} + \frac{kq^2}{2b^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$F_{12} = \frac{kq^2}{b^2} \quad F_{14} = \frac{kq^2}{(b\sqrt{2})^2} = \frac{kq^2}{2b^2}$$

$$T_{12} = \frac{kq^2}{b^2} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4}\right) = T_i$$



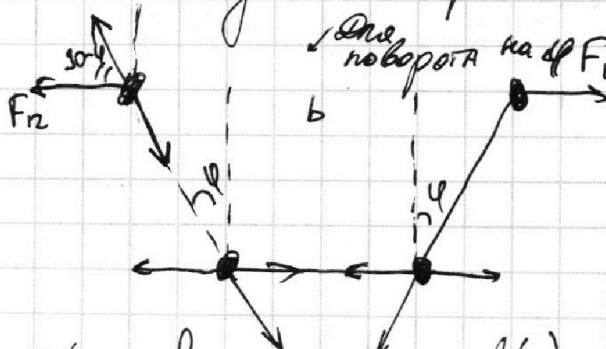
В момент, когда перешли кинуть



$$1. \frac{kq^2}{b^2} + \frac{kq^2}{2b^2} = ma_{ix}$$

Скорее всего здесь надо записать ЗСЭ,

но электростатическую нам еще не преподавали. И я не знаю как писать ЗСЭ для электростатического поля.



для поворота на  $\varphi$   $F_{12} = \frac{kq^2}{(b+2b\sin\varphi)^2}$

$F_{12} \cdot \sin\varphi$  не скомпенсировать. Для заряда 1

$$V_1 = \int a(t) dt$$

$$a(\varphi) = \frac{kq^2}{(b+2b\sin\varphi)^2} \cdot m$$





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

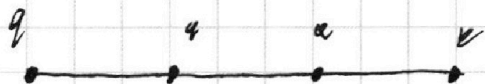
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 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!

*Черновик*



$$\begin{aligned} \omega &= \cancel{q} \cdot \cancel{t} \\ &= q \cdot t \end{aligned}$$



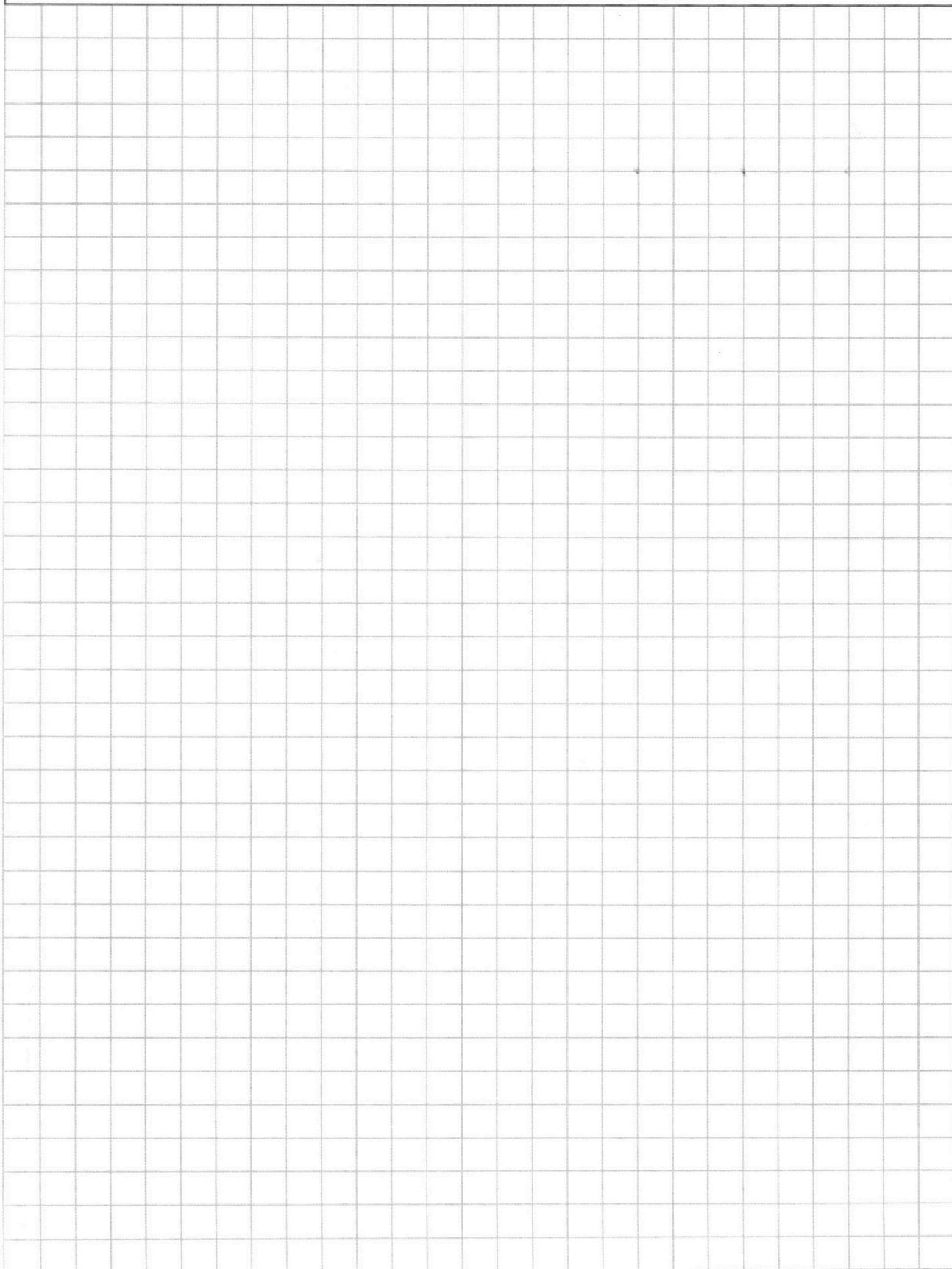
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



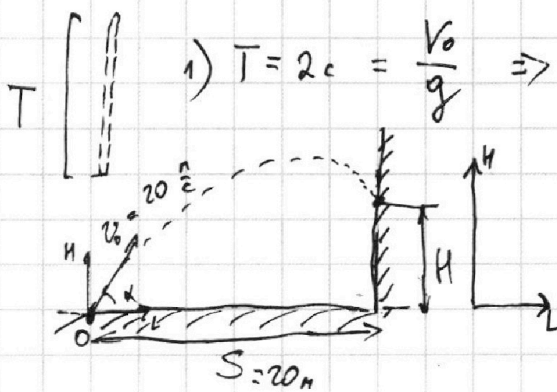
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



1)  $T = 2c = \frac{v_0}{g} \Rightarrow v_0 = gT = 20 \frac{m}{c}$

черновик  
14:35 - концы

$H_{max} - ?$   
 $H(t) = (v_0 \sin \alpha) t - \frac{gt^2}{2}$   
 $L(t) = v_0 \cos \alpha t$   
 $H_{max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{400}{20} = 20m$

В момент  $t$ , когда  $L(t) = s$ , высота максимальна  $H(t)$   
 $v_0 \cos \alpha t = s$   
 $t = \frac{s}{v_0 \cos \alpha}$   
 $H(t) = (v_0 \sin \alpha) \cdot \frac{s}{v_0 \cos \alpha} - \frac{g \cdot s^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} = s \operatorname{tg} \alpha - \frac{gs^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$

Поиск  $H(t)_{max} - ?$   
 $H'(t) = s \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha} - \frac{gs^2 \cdot 2 \sin \alpha}{\cos^3 \alpha} = 0$   
 $\frac{s}{\cos^2 \alpha} = \frac{2gs \sin \alpha}{\cos^3 \alpha}$   
 $2g \sin \alpha \cdot s = \cos \alpha$   
 $\operatorname{ctg} \alpha = 2gs \Rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{2gs} \Rightarrow \frac{1}{\cos^2 \alpha} = 1 + \frac{1}{4g^2 s^2}$

$H_{max} = \frac{s}{2gs} + \frac{gs^2}{2v_0^2} \left(1 + \frac{1}{4g^2 s^2}\right) = \frac{1}{2g} + \frac{gs^2}{2v_0^2} + \frac{1}{8v_0^2}$

$H_{max} \approx \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{400 \cdot \frac{1}{2}}{20} = \frac{200}{20} = 10$   
 $\left(\frac{1}{g}\right)' = \left(\frac{1}{\cos^2 \alpha}\right)' = \frac{1 \cdot \cos^2 \alpha - 1(\cos^2 \alpha)'}{\cos^4 \alpha}$

$\frac{10 \cdot 20^2}{2 \cdot 20^2} = 5 + \frac{1}{20} + \dots$   
 $(x^n)' = n x^{n-1}$   
 $\frac{gs^2}{2v_0^2} \cdot \frac{1}{4g^2 s^2} = \frac{1}{8v_0^2 g}$   
 $\left(\frac{1}{g}\right)' = \frac{-1 \cdot (-2) \sin \alpha \cos \alpha}{\cos^4 \alpha} = \frac{2 \sin \alpha \cos \alpha}{\cos^4 \alpha}$

$(\cos^2 \alpha)' = f(g(x)) = -2 \cdot \cos^3 \alpha \cdot (-\sin \alpha) = 2 \sin \alpha \cos^3 \alpha$   
 $(\cos \alpha \cdot \cos \alpha)' = -\sin \alpha \cos \alpha - \sin \alpha \cos \alpha = -2 \sin \alpha \cos \alpha$

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

$\frac{s \sin \alpha}{2v_0 \cos \alpha} - \dots$   
 $-\operatorname{tg}^2 \alpha = -\frac{\sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha}$



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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



Черновик

$$P_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$P_2 V_2 = \nu R \cdot 4 T_1$$

$$P_3 V_3 = \nu R T_1 \cdot (2^{3/2})$$

$$C_{23} = -\frac{R}{2}, \Delta Q_{23} = C_{23} \cdot \nu \left(4 - 2^{3/2}\right) T_1$$

$$-\frac{R}{2} \cdot \nu \cdot 1,3 \cdot 400 = \Delta_{23} - \frac{3}{2} \nu R (4 - 2^{3/2})$$

$$\Delta_{23} = \nu R T_1 (4 - 2^{3/2})$$

$$\Delta_{12} = 1,5 \nu R T_1$$

$$Q_{31} = -\nu R T_1 (2^{3/2} - 1)$$

$$P_3 V_3 = \nu R T_1 (2^{3/2})$$

$$2 V_1 \cdot P_1 = 2 \nu R T_1$$

$$V_{12} = 1,5 P_1 V_1$$

$$\Delta_{23} =$$

$$-\nu R T_1 (2^{3/2} - 1) = \frac{P_1 + P_3}{2} \cdot (V_3 - V_1)$$

$$5 \nu R T_1 = P_1 (V_3 - 2 V_1) + \frac{P_3}{2} (V_3 - 2 V_1) - P_1 \left(\frac{V_3 - V_1}{2}\right)$$

$$-\frac{P_3 (V_3 - V_1)}{2} = \frac{P_1 V_3 - 2 P_1 V_1 + \frac{P_3 V_3}{2} - P_3 V_1 - \frac{P_1 V_3}{2} + \frac{P_1 V_1}{2}}{2}$$

$$-\frac{P_3 V_3}{2} + \frac{P_3 V_1}{2} \Rightarrow 5 \nu R T_1 = \frac{P_1 V_3}{2} - \frac{3 P_1 V_1}{2}$$

$$\Delta_{23} = \nu R T_1 (4 - 2^{3/2}) = \frac{2 P_1 + P_3}{2} (V_3 - 2 V_1)$$

$$-\nu R T_1 (2^{3/2} - 1) = \frac{P_1 + P_3}{2} (V_3 - V_1)$$

$$4 \nu R T_1 + \nu R T_1 = P_1 V_3 - 2 P_1 V_1 + \frac{P_3 V_3}{2} - P_3 V_1 - \frac{P_1 V_3}{2} + \frac{P_1 V_1}{2}$$

$$\frac{P_3 V_3}{2} - P_3 V_1 - \frac{P_3 V_3}{2} + \frac{P_3 V_1}{2} = P_3 \left( 5 \nu R T_1 = \frac{P_1 V_3}{2} - \frac{3 P_1 V_1}{2} - \frac{P_3 V_1}{2} \right)$$

$$\nu R T_1 (2^{3/2}) - \frac{P_3 V_1}{2}$$

$$13 \nu R T_1 = P_1 V_3 - P_3 V_1$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$

$$1 - \frac{P_1 V_3}{2} + P_3$$