Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 10

Вариант 10-01

Шифр

(заполняется секретарём)

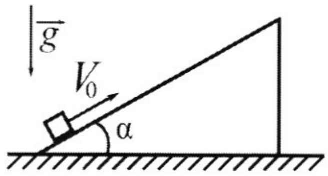
1. Фейерверк массой $m = 2$ кг стартует после мгновенной работы двигателя с горизонтальной поверхности, летит вертикально вверх и разрывается в высшей точке траектории на множество осколков, которые летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по величине скоростями. Высота точки разрыва $H = 65$ м. На землю осколки падают в течение $\tau = 10$ с.

1) Найдите начальную скорость V_0 фейерверка.

2) Найдите суммарную кинетическую энергию K осколков сразу после взрыва.

Ускорение свободного падения g=10 м/с^2. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. На гладкой горизонтальной поверхности расположен клин. Гладкая наклонная поверхность клина образует с горизонтом угол $\alpha = 30^0$. Шайбе, находящейся на наклонной поверхности клина, сообщают начальную скорость $V_0 = 2$ м/с (см. рис.), далее шайба безотрывно скользит по клину. Массы шайбы и клина одинаковы. Ускорение свободного падения g=10 м/с^2.



1) На какую максимальную высоту H над точкой старта поднимется шайба на клине?

2) Найдите скорость V клина, в тот момент, когда шайба вернется в точку старта на клине. Массы шайбы и клина одинаковы. Ускорение свободного падения g=10 м/с^2.

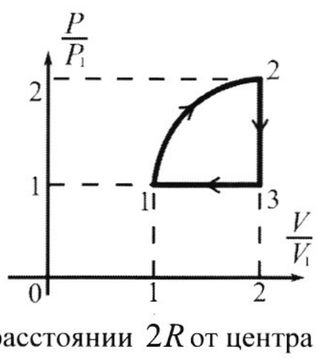
3. По внутренней поверхности проволочной металлической сферы радиуса $R = 1,2$ м равномерно со скоростью $V_0 = 3,7$ м/с движется модель автомобиля. Движение происходит в горизонтальной плоскости большого круга. Масса модели $m = 0,4$ кг. Модель приводится в движение двигателем. Силу сопротивления считайте пренебрежимо малой.

1) С какой по величине силой P модель действует на сферу?

2) Рассмотрим модель автомобиля равномерно движущуюся по окружности в плоскости большого круга, составляющей с горизонтом угол $\alpha = \dfrac{\pi}{6}$. Вычислите минимальную допустимую скорость V_{MIN} такого равномерного движения. Коэффициент трения скольжения шин по поверхности сферы $\mu = 0,9$.

Ускорение свободного падения g=10 м/с^2.

4. Один моль одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1 (см. рис.), участок 1–2 –дуга окружности с центром в точке 3. Температура газа в состоянии 1 равна T_1.



1) Какое количество Q теплоты подведено к газу в процессе расширения?

2) Найдите работу A газа за цикл.

3) Найдите КПД η цикла.

Универсальная газовая постоянная R.

5. Заряд Q >0 однородно распределен по сфере радиуса R. В первом опыте на расстоянии $2R$ от центра сферы помещают небольшой по размерам шарик с зарядом q >0.

1) Найдите силу F_1, действующую на заряженный шарик.

Во втором опыте заряд q однородно распределяют по стержню длины R, стержень помещают на прямой, проходящей через центр заряженной сферы. Ближайшая к центру сферы точка стержня находится на расстоянии $2R$ от центра.

2) Найдите силу F_2, с которой заряд сферы действует на заряженный стержень.

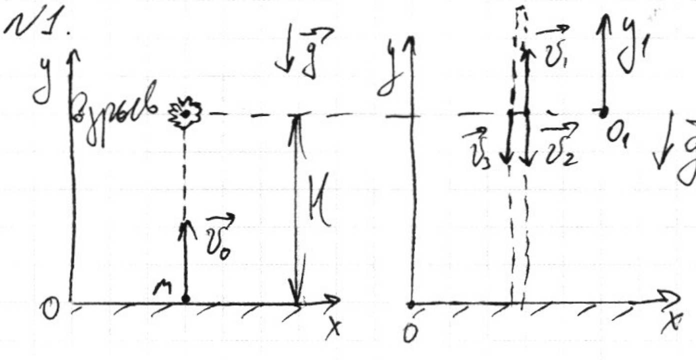
Все силы, кроме кулоновских, считайте пренебрежимо малыми. Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k. Явлениями поляризации пренебрегите.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.



1) Фейерверк:

$$Oy: \begin{cases} y = v_0 t - \frac{gt^2}{2} \\ v_y = v_0 - gt \end{cases}$$

Точка взрыва (максимальная высота траектории):

$y = H;\ t = t_1;\ v_y = 0$

$$\begin{cases} H = v_0 t_1 - \frac{g t_1^2}{2} \\ 0 = v_0 - g t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{v_0}{g} \end{cases}$$

$$H = \frac{v_0 \cdot v_0}{g} - \frac{g \cdot v_0^2}{2g^2} = \frac{v_0^2}{2g} \Rightarrow v_0^2 = 2gH \Rightarrow v_0 = \sqrt{2gH}$$

$$v_0 = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 65} = \sqrt{1300} \approx 36\ \frac{м}{с}$$

2) Первым из осколков упадёт тот, скорость которого в момент после взрыва направлена вертикально вниз. Последним же упадёт тот, скорость которого в момент после взрыва направлена вертикально вверх.

$|\vec{v}_1| = |\vec{v}_2| = v$ (по условию)

Заметим, что когда ~~снаряд~~ осколок, скорость которого в момент после взрыва направлена вверх (назовём его осколок 1), окажется вновь в точке взрыва (по оси Ox снаряд не перемещается, т.к. $\vec{v}_1 \uparrow\uparrow \vec{Oy}$), то его скорость будет равна начальной, т.е. $|\vec{v}_3| = v$. Это следует и ЗСЭ: $E_0 = E \Rightarrow \frac{m v_1^2}{2} + mgH = \frac{m v_3^2}{2} + mgH \Rightarrow v_1^2 = v_3^2 \Rightarrow v_3 = v$

Т.е. в этот момент он окажется в таких же условиях, как и ~~снаряд~~ осколок, скорость которого направлена вертикально вниз, после взрыва. ~~Т.к. разница во~~ (Назовём тот ~~сна~~ осколок - осколок 2). Т.к. разница во времени между падением осколка 2 и осколка 1 равна τ, то и разница во времени между нахождением ~~сна-~~ осколка 2 и осколка 1 в точке взрыва со скоростью равной по модулю v и направленой вертикально вниз равна τ.

Значит, что время движения осколка 1 из точки взрыва до точки взрыва равно τ.

Осколок 1:

$$\begin{cases} y_1 = vt - \frac{gt^2}{2} \\ v_{1y} = v - gt \end{cases}$$

В момент через τ после взрыва: $y_1 = 0;\ t = \tau;\ v_{1y} = -v$

$$\begin{cases} 0 = v\tau - \frac{g\tau^2}{2} \\ -v = v - g\tau \end{cases} \Rightarrow v = \frac{g\tau}{2} = \frac{10 \cdot 10}{2} = 50\ \frac{м}{с}$$

Т.к. модули скоростей осколков равны, то кин. энергия одного осколка равна $K_i = \frac{m_i v^2}{2}$, где m_i - масса осколка. Тогда

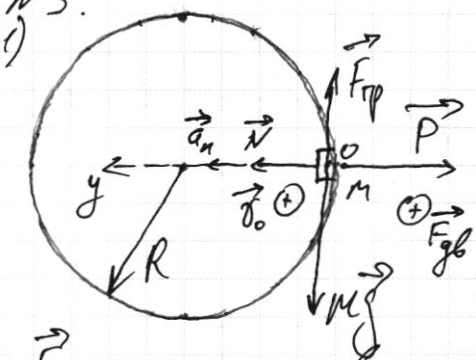
$$K = \sum \frac{m_i v^2}{2} = \frac{v^2}{2} \sum m_i = \frac{v^2}{2} \cdot m$$ (сумма масс осколков равна массе фейерверка)

$$K = \frac{2 \cdot 50^2}{2} = 2500 \text{ Дж}$$

Ответ: 1) $v_0 \approx 36 \frac{м}{с}$; 2) $K = 2500$ Дж

№3.

1)



$\vec{F}_{дв}$ - сила тяги двигателя

По 3-ему закону Ньютона $\vec{P} = -\vec{N}$.

$P = N$

2-ой закон Ньютона для модели в проекциях на ось Oy

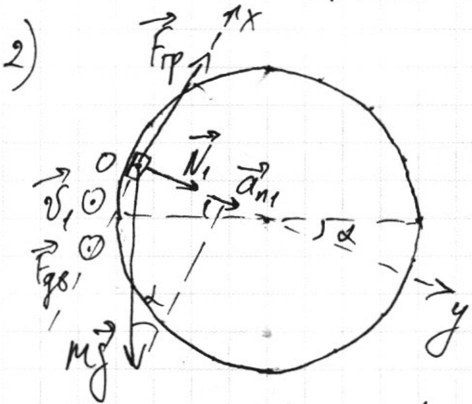
$Oy: ma_n = N \Rightarrow N = m \cdot \frac{v_0^2}{R}$

$P = N = m \cdot \frac{v_0^2}{R} = 0{,}4 \cdot \frac{3{,}7^2}{1{,}2} = \frac{3{,}7^2}{3} = \frac{13{,}69}{3} \approx$

$\approx 4{,}6 H$

2) Рассмотрим модель в наивысшей точке траектории:

2)



2-ой закон Ньютона в проекциях на оси Ox и Oy:

$Ox: 0 = F_{тр} - mg \cdot \cos\alpha$

$Oy: ma_{n1} = N_1 + mg \cdot \sin\alpha \Rightarrow N_1 = m(a_{n1} - g \cdot \sin\alpha)$

$F_{тр} = mg\cos\alpha$

Т.к. модель не соскальзывает с траектории, то $F_{тр} \le F_{тр}^{ск} = \mu N_1$

Значит $\mu N_1 \ge mg\cos\alpha \Rightarrow \mu m(a_{n1} - g \cdot \sin\alpha) \ge mg\cos\alpha$

$\mu\left(\frac{v_1^2}{R} - g \cdot \sin\alpha\right) \ge g\cos\alpha$

$\frac{\mu v_1^2}{R} - \mu g \cdot \sin\alpha \ge g\cos\alpha$

$\frac{\mu v_1^2}{R} \ge g(\cos\alpha - \mu\sin\alpha)$

$v_1^2 \ge \frac{Rg(\cos\alpha - \mu \cdot \sin\alpha)}{\mu} \Rightarrow v_1 \ge \sqrt{\frac{Rg(\cos\alpha - \mu \cdot \sin\alpha)}{\mu}}$

$\cos\alpha - \mu \cdot \sin\alpha \ge 0 \Rightarrow \cos\alpha \ge 0{,}9 \cdot \sin\alpha$. $\alpha = \frac{\pi}{6}$ - удовлетворяет условию.

Тогда $v_{min} = \sqrt{\frac{Rg(\cos\alpha - \mu \cdot \sin\alpha)}{\mu}} = \sqrt{\frac{1{,}2 \cdot 10\left(\frac{\sqrt{3}}{2} - 0{,}9 \cdot \frac{1}{2}\right)}{0{,}9}} \approx$

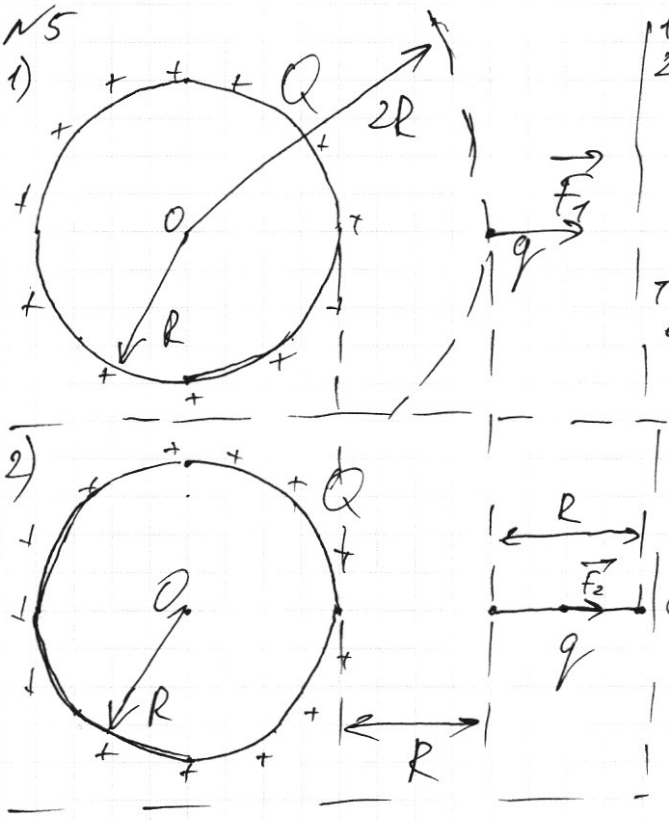
$\approx \sqrt{\frac{1{,}2 \cdot 10 \cdot \frac{1}{2} \cdot 0{,}8}{0{,}9}} \approx \sqrt{\frac{6 \cdot 0{,}8}{0{,}9}} = \sqrt{\frac{48}{9}} \approx \frac{4\sqrt{3}}{3} \approx 2{,}3 \frac{м}{с}$

Ответ: 1) $P \approx 4{,}6 H$; 2) $v_{min} \approx 2{,}3 \frac{м}{с}$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5



1) Выделим мысленно сферу радиусом 2R ~~в~~ с центром в точке O!
По теореме Гаусса:

$$\oint \vec{E} \cdot \Delta \vec{S} = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

Т.к. наша сфера симметричная, то E в любой точке на этой сфере будет одинаково. Тогда получаем:

$$E \cdot S_{сф} = \frac{Q}{\varepsilon_0} \Rightarrow E = \frac{Q}{4\pi \cdot 4R^2 \cdot \varepsilon_0} = \frac{kQ}{4R^2}$$

Если выделять сферу с произвольным радиусом $r > R$, то получаем $E(r) = \frac{kQ}{r^2}$

Тогда $F_1 = \cancel{E \cdot q}\ E(2R) \cdot q = \frac{kQ}{4R^2} \cdot q$

2) $\vec{F_2}$ – сила действующая на стержень равна геометрической сумме сил действующих на небольшие части стержня (которые можно принять за точечные заряды)

~~Тогда $F_2 = \frac{kQ\Delta q}{(2R)^2} + \frac{kQ\Delta q}{(2R+\Delta x)^2} + \ldots + \frac{kQ\Delta q}{(3R)^2}$, где $\Delta x \,[м] \to 0$~~

~~$F_2 = kQ\Delta q \left(\frac{1}{(2R)^2} + \frac{1}{(2R+\Delta x)^2} + \ldots + \frac{1}{3R^2}\right)$~~

$$F_2 = \int \frac{kQ\Delta q}{r_i^2} = k \cdot Q \cdot q \int \frac{\Delta q}{r_i^2}$$

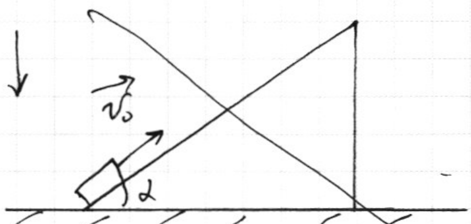
возьмём усреднённое значение $\frac{1}{r_i^2}$. $\left(\frac{1}{r_i^2}\right)_{max} = \frac{1}{4R^2}$; $\left(\frac{1}{r_i^2}\right)_{min} = \frac{1}{9R^2}$. Тогда $\left(\frac{1}{r_i^2}\right)_{ср} = \frac{2}{4R^2 + 9R^2} = \frac{1}{6{,}5R^2}$

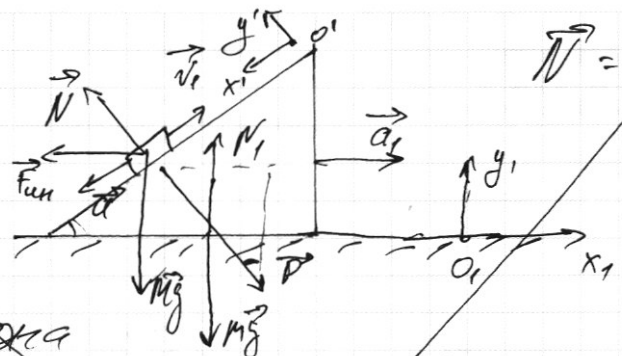
Тогда $F_2 \approx \frac{kQq}{6{,}5R^2}$

Ответ: 1) $F_1 = \frac{kQq}{4R^2}$

2) $F_2 = \frac{kQq}{6{,}5R^2}$

№2.





$\vec N = -\vec P \Rightarrow N = P$

Второй закон Ньютона для шайбы в проекциях на оси Ox и Oy:

$O'x': ma = mg\cdot\sin\alpha + F_{ин}\cdot\cos\alpha$ (1)

$O'y': 0 = N + F_{ин}\cdot\sin\alpha - mg\cdot\cos\alpha \Rightarrow N = mg\cos\alpha - F_{ин}\cdot\sin\alpha$

$F_{ин} = ma_1$

$N = m(g\cos\alpha - a_1\cdot\sin\alpha) = P$

Из (1): $ma = mg\cdot\sin\alpha + ma_1\cdot\cos\alpha$

$a = g\sin\alpha + a_1\cos\alpha$

Второй закон Ньютона для клина в проекциях на оси O_1x_1 и O_1y_1:

$O_1x_1: ma_1 = P\cdot\sin\alpha \Longrightarrow ma_1 = m\sin\alpha(g\cos\alpha - a_1\cdot\sin\alpha)$ (2)

$O_1y_1: 0 = N_1 - mg - P\cdot\cos\alpha$

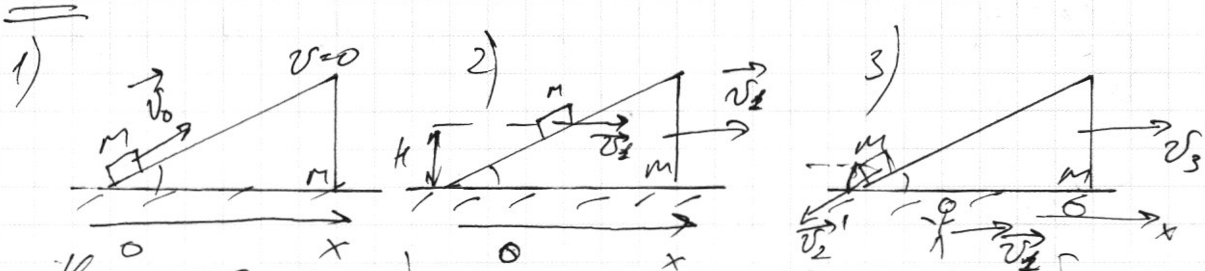
(2): $a_1 = g\cdot\cos\alpha\cdot\sin\alpha - a_1\cdot\sin^2\alpha \Rightarrow a_1(1+\sin^2\alpha) = g\cos\alpha\cdot\sin\alpha$

$a_1 = \frac{g\cos\alpha\cdot\sin\alpha}{1+\sin^2\alpha}$

$a_1 = \frac{10\cdot\cos30°\cdot\sin30°}{1+\sin^2 30°} = \frac{10\cdot\frac{\sqrt3}{2}\cdot\frac12}{1+\frac14} = \frac{10\sqrt3}{4\cdot\frac54} = 2\sqrt3\ \frac{м}{с^2}$

Тогда $a = g\cdot\sin30° + a_1\cdot\cos30° = 10\cdot0{,}5 + 2\sqrt3\cdot\frac{\sqrt3}{2} = 5+3 = 8\frac{м}{с^2}$

$x_2' =$



На схеме 2) момент, когда шайба неподвижна относительно клина, т.е. $v'_{ш} = 0$, скорости в ИСО в этот момент равны.

По ЗСИ: $P_{0x} = P_x \Rightarrow mv_0\cdot\cos\alpha = 2mv_1 \Rightarrow v_1 = \frac{v_0\cos\alpha}{2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

По ЗСЭ: $E_0 = E \Rightarrow \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_1^2}{2} + mgH \quad |\cdot\frac{2}{m}$

$v_0^2 = 2v_1^2 + 2gH \Rightarrow H = \frac{v_0^2 - 2v_1^2}{2g} = \frac{4 - 2\cdot\left(\frac{v_0\cdot\cos\alpha}{2}\right)^2}{2\cdot 10} = \frac{4 - 2\cdot\left(\frac{2\cdot\sqrt{3}}{2\cdot 2}\right)^2}{2\cdot 10} =$

$= \frac{4 - \frac{3}{2}}{2\cdot 10} = \frac{5}{2\cdot 2\cdot 10} = \cancel{\frac{13}{2\cdot 2\cdot 4}} = \cancel{\frac{13}{80}} = \frac{1}{8}$ м

2) перейдём в систему координат, которая движется со скоростью $\vec{v}_1$. Тогда в момент 2) скорости шайбы и клина в этой СО равны нулю.

ЗСИ: $P_x = P_{2x} \Rightarrow 0 = mv_3' - mv_2'\cdot\cos\alpha \Rightarrow v_3' = v_2'\cdot\cos\alpha \Rightarrow v_2' = \frac{v_3'}{\cos\alpha}$

ЗСЭ: $E = E_2 \Leftrightarrow mgH = \frac{mv_3'^2}{2} + \frac{mv_2'^2}{2} \quad |\cdot\frac{2}{m}$

$$2gH = v_3'^2 + v_2'^2$$

$$v_3'^2 + \frac{v_3'^2}{\cos^2\alpha} = 2gH$$

$$v_3'^2\left(1 + \frac{1}{\cos^2\alpha}\right) = 2gH \Rightarrow v_3' = \left(\frac{2gH}{1 + \frac{1}{\cos^2\alpha}}\right)^{\frac{1}{2}}$$

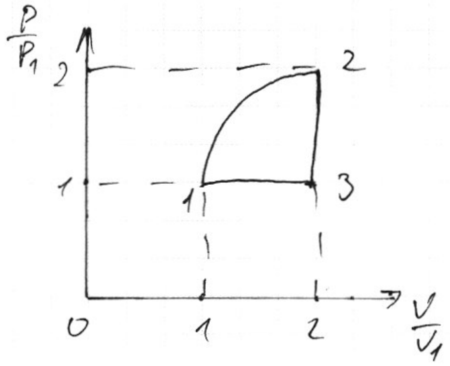
$v_3 = v_3' + v_1 = \sqrt{\frac{2gH}{1 + \frac{1}{\cos^2\alpha}}} + \frac{v_0\cos\alpha}{2}$

$\cancel{v_3' = \sqrt{\frac{2\cdot 10\cdot 1}{8\left(1 + \frac{1}{\cos^2 30°}\right)}} + \frac{2\cdot\cos 30°}{2} = \sqrt{\frac{280}{80\cdot\frac{7}{3}}} + \frac{2\sqrt{3}}{2\cdot 2} = \sqrt{\frac{39}{40\cdot 7}} + \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{1}{2}\left(\sqrt{\frac{39}{70}} + \sqrt{3}\right)}$ м/с

$v_3 = \sqrt{\frac{2\cdot 10\cdot 1}{8\left(1 + \frac{1}{\cos^2\alpha}\right)}} + \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{\frac{20}{8\cdot\frac{7}{3}}} + \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{\frac{15}{14}} + \frac{\sqrt{3}}{2} \approx 1{,}9$ м/с

Ответ: ~~$H = \frac{13}{80}$ м; $v_3 \approx 1{,}9$ м~~ $H = \frac{1}{8}$ м; $v_3 \approx 1{,}9$ м/с

№4.



$P_1 = P_3$; $\frac{P_2}{P_1} = 2 \Rightarrow P_2 = 2P_1$

$V_3 = V_2$; $\frac{V_2}{V_1} = 2 \Rightarrow V_2 = 2V_1 = V_3$

состояние 1: $P_1V_1 = \nu RT_1$ (Менд-Клап.)

$P_1V_1 = RT_1$ ($\nu = 1$ моль) (1)

состояние 2: $P_2V_2 = \nu RT_2$

$2P_1\cdot 2V_1 = RT_2 \Rightarrow 4P_1V_1 = RT_2$ (2)

~~3~~ состояние 3: $P_3V_3 = \nu R T_3 \Rightarrow 2P_1V_1 = \cancel{2}RT_3$ (3)

$\frac{(2)}{(1)}: \ \frac{4P_1V_1}{P_1V_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow T_2 = 4T_1$

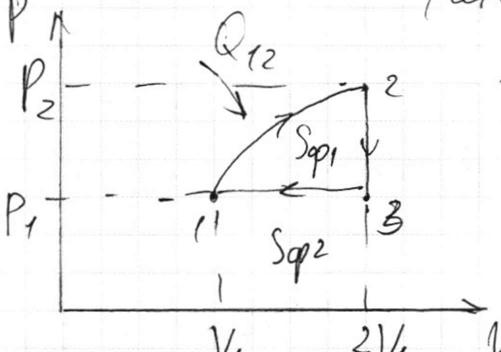
$\frac{(3)}{(1)}: \ \frac{2P_1V_1}{P_1V_1} = \frac{T_3}{T_2} \Rightarrow T_2 = 2T_1$

<u>1-2</u>: $Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}$

$\Delta U_{12} = \frac{3}{2}\nu R \Delta T_{12} = \frac{3}{2}R(T_2 - T_1) = \frac{9}{2}RT_1$

$A_{12} = S_{ф1} + S_{ф2}$; $S_{ф1} = \frac{\pi \cdot V_1^2}{4} \cdot \frac{P_1}{V_1} = \frac{\pi \cdot P_1V_1}{4} = \frac{\pi RT_1}{4}$

(четверть эллипса)



$S_{ф2} = P_1 \cdot (2V_1 - V_1) = P_1V_1 = RT_1$

$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = \frac{\pi RT_1}{4} + RT_1 + \frac{9}{2}RT_1 =$

$= RT_1\left(\frac{\pi + 4 + 18}{4}\right) = \frac{22+\pi}{4}RT_1$

2) $A_{газа} = S_{ф1} = \frac{\pi RT_1}{4}$

3) $\eta = \cancel{Q_н} \ \frac{A_{газа}}{Q_н}$

$Q_н = Q_{12}$, т.к. $Q_{23} = \Delta U = \frac{3}{2}R(-2T_1) = -3RT_1 < 0$ ($V = const$)

$Q_{31} = -S_{ф2} + \frac{3}{2}R(T_1 - 2T_1) = -RT_1 - \frac{3}{2}RT_1 < 0$ ($P = const$)

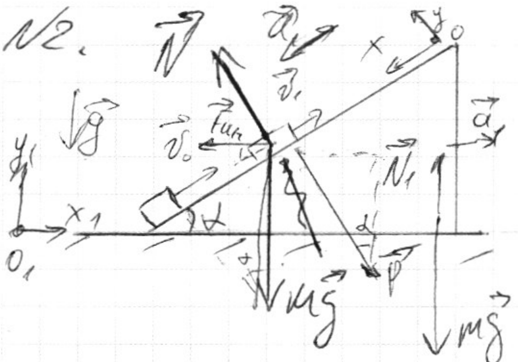
Тогда $\eta = \frac{A_{газа}}{Q_{12}} = \frac{\pi RT_1 \cdot 4}{4 \cdot (22+\pi)RT_1} = \frac{\pi}{22+\pi}$

Ответ: 1) $Q_{12} = \frac{22+\pi}{4}RT_1$

2) $A = \frac{\pi RT_1}{4}$

3) $\eta = \frac{\pi}{22+\pi}$

№2.



шайба: $\begin{cases} Ox: ma = F_{ин}\cdot\cos\alpha + mg\cdot\sin\alpha \\ Oy: 0 = N + F_{ин}\cdot\sin\alpha - mg\cdot\cos\alpha \end{cases}$

$ma = \cancel{m}a_1\cos\alpha + \cancel{m}g\sin\alpha$

$P = N = mg\cos\alpha - ma_1\cdot\sin\alpha$

клин: $O_1x_1: \; ma_1 = P\cdot\sin\alpha \Rightarrow ma_1 = (mg\cos\alpha - ma_1\cdot\sin\alpha)\sin\alpha$

$O_1y_1: \; 0 = N_1 - mg$

$a_1 = g\cos\alpha^{\sin\alpha} - a_1\sin^2\alpha \Rightarrow a_1(1+\sin^2\alpha) = g\cos\alpha\cdot\sin\alpha$

$a_1 = \frac{g\cdot\cos\alpha\cdot\sin\alpha}{1+\sin^2\alpha} = \frac{10\cdot\frac{\sqrt3}{2}\cdot0{,}5}{1+0{,}25} = \frac{\frac{5\sqrt3}{2}}{\frac54} = \frac{5\sqrt3\cdot4}{2\cdot5} = 2\sqrt3\,\frac{м}{с^2}$

$P_{0x} = P_x$; $mv_0\cdot\cos\alpha = 2mv_к$

~~$v_0 = 2v$~~ $\quad v_к = \frac{v_0\cos\alpha}{2} = \frac{2\cdot\sqrt3}{2\cdot2}a = 2\sqrt3\cdot\frac{\sqrt3}{2} + 10\cdot0{,}5 = 8\,\frac{м}{с^2}$ *

$E_0 = E$ $\qquad v_к^2 = \frac34$

$\frac{\cancel{m}v_0^2}{2} = \frac{\cancel{m}v_к^2}{2} + \frac{\cancel{m}v_к^2}{2} + \cancel{m}gH$; $v_0^2 = 2v_к^2 + 2gH$; $2gH = v_0^2 - 2v_к^2$

$\cos30^\circ = \frac{\sqrt3}{2}$

$\cos^2 30^\circ = \frac34$

$\frac{m\cdot4}{2} = \frac{\cancel{\sin^2}}{\cancel{4}}$ $\quad 2m\cdot m\cdot\sqrt3$

$H = \frac{v_0^2 - 2v_к^2}{2g} = \frac{v_0^2 - \frac{v_0^2\cos^2\alpha}{2}}{2g} = \frac{4 - \frac{4\cdot3}{4\cdot2}}{2\cdot10} = \frac{2{,}5}{20} = \frac18\,м$

$* \begin{cases} x = v_0t - \frac{at^2}{2} \\ v_x = v_0 - at \end{cases}$

max высота: $v_x = 0 \to t = \frac{v_0}{a} = \frac14\,с$

$x = v_0\cdot t - \frac{at^2}{2} = 2\cdot\frac14 - \frac{8\cdot1}{16\cdot2} = \frac12 - \frac14 = \frac14\,м$

$H = \frac18\,м$ $\qquad Mv_0\cos\alpha = 2mv_к$

$a = \frac32$

$\frac{mv_0^2}{2} = $ $\quad 2mv_1 = Mv_2 - Mv_3\cos\alpha$

$\frac{2mv_1^2}{2} + mgH = \frac{mv_2^2}{2} + \frac{mv_3^2}{2}$

$\frac{M\cdot4}{2} = \frac{2m\cdot\frac34}{2} + mgH$

4

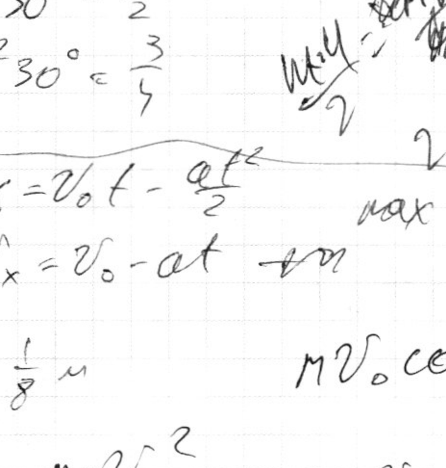
$2 = \frac34 + gH$

$H = $

$\frac54 = gH$

$H = \frac{5}{4\cdot10}\,м$

№3.



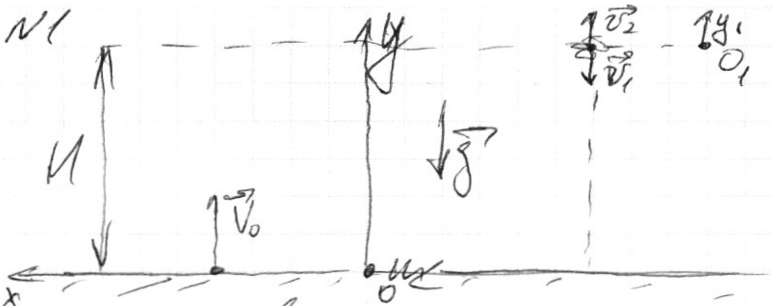
$Oy: \; ma_n = N \Rightarrow P = N = M\cdot\frac{v_0^2}{R}$

$x = 2\cdot\frac14 - \frac{8\cdot1}{2\cdot16} = \frac14\,м$

$tg^2 + 1 + \frac{1}{\cos^2 30} = 1 + \frac43 = \frac73$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1



$v_1 = v_2 = v$

$65 \times 20 = 1300$; $35 \times 35 = 1225$; $36 \times 36 = 1296$

Раньше всех упадёт осколок, скорость кот. после взрыва ↓, позже всех — ↑.

Рассмотрим: | Высшая точка траектории (т. взрыва):

$\text{Oy}: \begin{cases} y = V_0 t - \frac{gt^2}{2} \\ V_y = V_0 - gt \end{cases}$ | $V_y = 0$; $t = t_1$; $y = H$

$\begin{cases} H = V_0 t_1 - \frac{g t_1^2}{2} \\ 0 = V_0 - g t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{V_0}{g} \end{cases}$

$H = V_0 \cdot \frac{V_0}{g} - \frac{g \cdot V_0^2}{2g^2} = \frac{V_0^2}{g} - \frac{V_0^2}{2g} = \frac{V_0^2}{2g} \Rightarrow V_0^2 = 2gH \Rightarrow V_0 = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 65} = \sqrt{1300} \approx 36 \frac{м}{с}$

г) Осколок ↑ (по x не перемещается):

$\begin{cases} y = H + v_{y2} t - \frac{gt^2}{2} \\ v_{y2} = v - gt \end{cases}$ Падение: $y = 0$; $H = gt$

$36 \times 36 = 216 + 108 = 1296$

Заметим что когда этот снаряд вновь окажется на высоте H его скорость будет равна v по ЗСЭ: $\frac{mv^2}{2} + mgH = \frac{mv'^2}{2} + mgH$; $v^2 = v'^2$

Т.е. он окажется в таких же усл., как и сн. ↓ пом. в ~~⇒~~ т.к. они упадут с разн. в τ, то и сн ↑ будет вновь в т. вз. через τ.

$\begin{cases} y_1 = vt - \frac{gt^2}{2} \Rightarrow y_1 = 0 \Rightarrow v = \frac{gt_1}{2} \rightarrow t_1 = \frac{2v}{g} \\ v_{y2} = v - gt \end{cases}$

$t_1 = \tau \Rightarrow \tau = \frac{2v}{g} \Rightarrow v = \frac{\tau g}{2}$

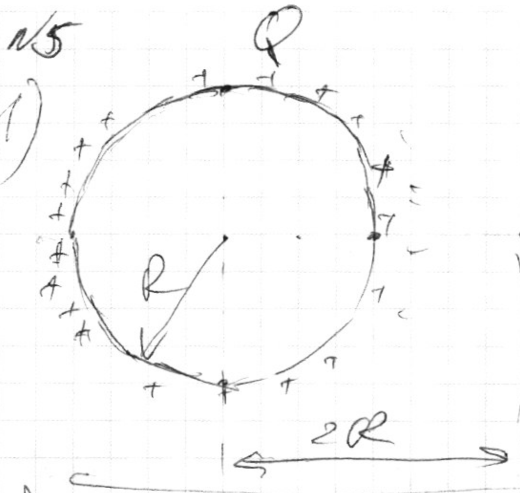
$E_{кин}^{общ} = \sum E_{кин\, i} = \sum \frac{m_i v^2}{2} = \frac{mv^2}{2}$ и $E_{кин}^{общ} = \frac{2 \cdot 50^2}{2} = 2500$ Дж; $v = \frac{10 \cdot 10}{2} = 50 \frac{м}{с}$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

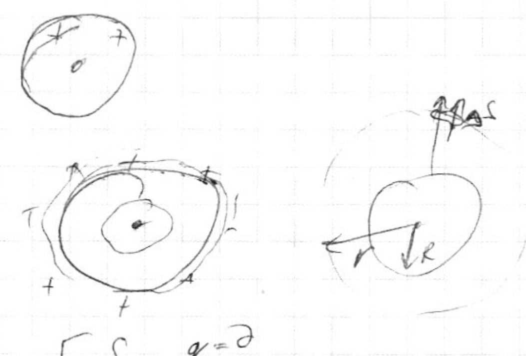
Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

№5 Q

1)



q, F_1



$E \cdot S = \frac{q}{\varepsilon_0}$

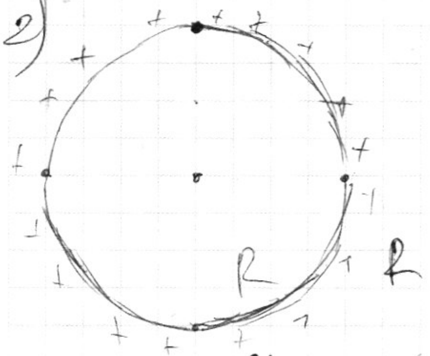
$\oint E \Delta S = \frac{Q}{\varepsilon_0}$

$E \cdot 4\pi r^2 = \frac{Q}{\varepsilon_0}$

$E = \frac{Q}{4\pi r^2 \varepsilon_0} = \frac{kQ}{r^2}$

$E(2R) = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 \cdot 4R^2} = \frac{kQ}{4R^2} q$

2)



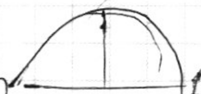
$\frac{1}{4R^2}$ $\frac{1}{9R^2}$

$2R$ $3R$ F_i

R

$F_2 = \int E_i \cdot q_i = \int$

1-2: $Q = A + \Delta U$



$F_2 = \int \frac{kQ}{r^2} \cdot q_i = kQ \int_{r=2R}^{3R} \frac{q_i}{r^2}$

$\boxed{P_1 V_1 = R T_1}$

$F_2 = \sum E_i \cdot \Delta q = \sum$

$F_2 = \sum F_i = \sum \frac{kQq}{r^2} = kQq \sum$

$\sqrt{\frac{20}{8 \cdot 7/3}} = \sqrt{\frac{10}{4}}$

$\sqrt{\frac{5 \cdot 3}{2 \cdot 7}} = \sqrt{\frac{15}{14}}$

$11 + \frac{17}{2}$

F_2

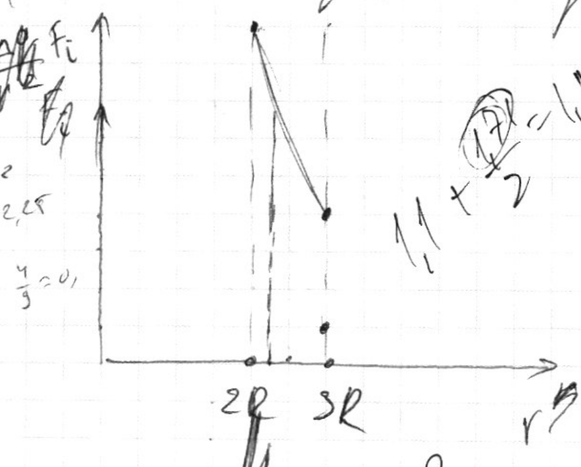
$F_i = \frac{kQq}{r^2}$

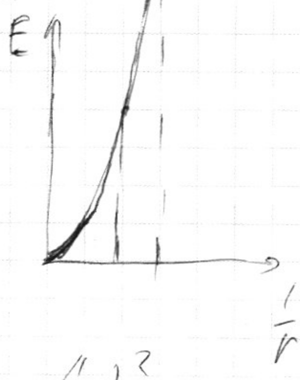
$F_i = kQ\Delta q \cdot a$

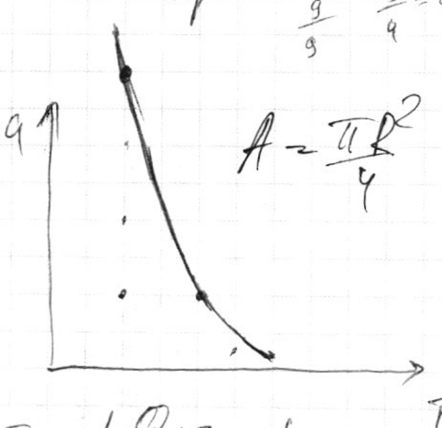
$a = \frac{1}{r^2}$

$\frac{9}{9}$ $\frac{9}{4} = 2{,}25$ $\frac{4}{9} = 0{,}$

$A = \frac{\pi R^2}{4}$







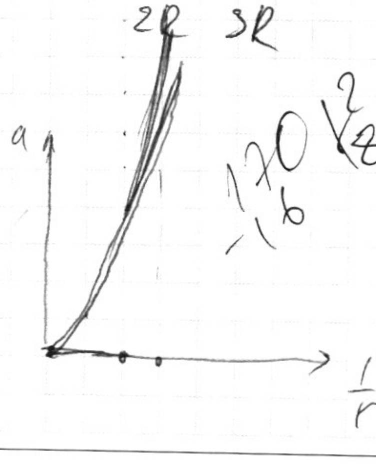
$F_r = \frac{kQ\Delta q}{r} \cdot \frac{1}{r}$

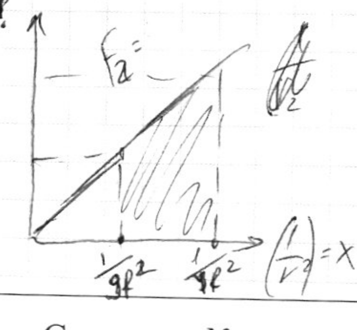
$F_i = kQ\Delta q \cdot$

$\frac{170}{16}$

$\sqrt{8 \frac{kQ}{q}}$

$a = \left(\frac{1}{r}\right)^2$





☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

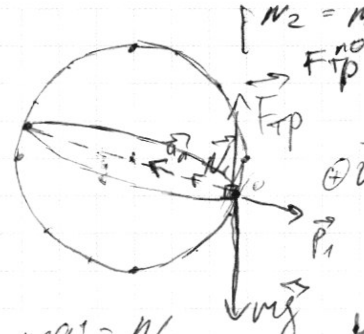
Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

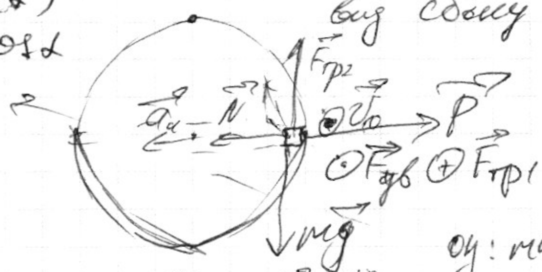
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$N_2 = m\left(\frac{v_1^2}{R} - g\sin\alpha\right)$

$F_{тр\,2}^{пок} = \mu g\cos\alpha$



вид сбоку



$ma_n = N$

$N = m\frac{v_0^2}{R} = 0{,}4 \cdot \frac{3{,}7^2}{1{,}2} = 4{,}6\,H$

$= \frac{3{,}7^2}{3}$

$Oy: ma_n = N_2 + mg\sin\alpha$

$Ox: 0 = F_{тр2} - \mu g\cos\alpha$

$3{,}7^2$

$\times 3{,}7$
$\quad 3{,}7$
$25\,9$
111
$13{,}69$

$13{,}69 \,|\, 3$
$-12 \quad 4{,}58$
16
-15
19

$ma_n^1 = N_1$

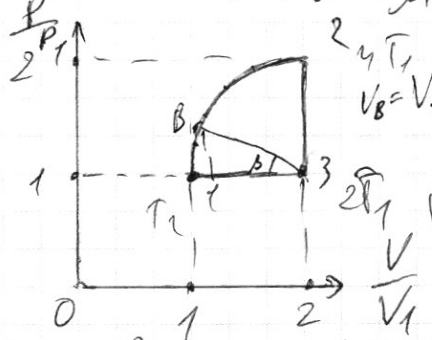
$m\frac{v_1^2}{R} = N_1$

$\mu N_2 \geq mg\cos\alpha$

$\mu m\left(\frac{v_1^2}{R} - g\sin\alpha\right) \geq mg\cos\alpha$

$\frac{\mu v_1^2}{R} \geq g(\sin\alpha + \cos\alpha)$

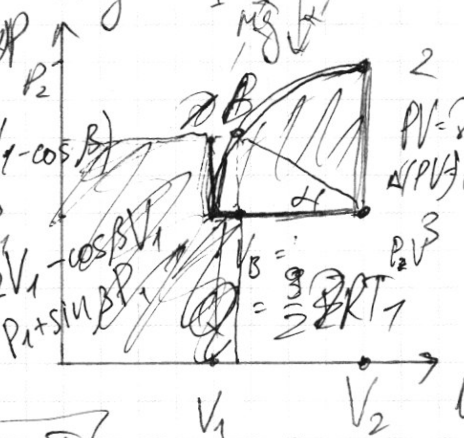
$v_1 \geq \sqrt{\frac{gR(\sin\alpha+\cos\alpha)}{\mu}}$



$V_B = V_1 + V_1(1-\cos\beta)$

$V_B = 2V_1 - \cos\beta V_1$

$P_B = P_1 + \sin\beta P_1$

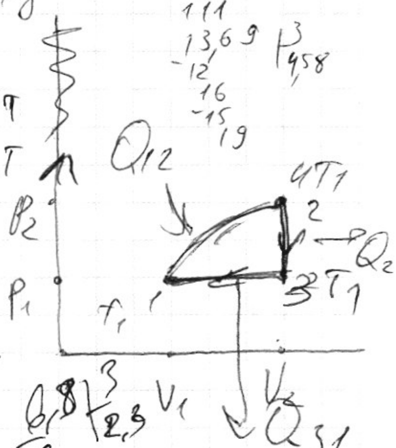


$PV = \nu RT$

$\Delta(PV) = R\Delta T$

$P_3 V_3$

$= \frac{3}{2}\,2RT_1$



$0{,}8 \,|\, \frac{3}{2{,}3}$
6

$\frac{V_2}{V_1} = \frac{P_2}{P_1} = 2$

$\frac{P_3}{P_1} = 1$

$\boxed{\text{Знаем: } T_1}$

$\times\,1{,}71$
$\quad 1{,}71$
171
1197
171
29241

$1{,}7$
$\times 1{,}4$
$6{,}8$

$(x-2)^2 + (y-1)^2 = 1$

$x^2 - 4x + 4 + y^2 - 2y + 1 = 1$

$x^2 - 4x + y^2 - 2y = -4$

$\left(\frac{V_B}{V_1}\right)^2 - 4\left(\frac{V}{V_1}\right) + \left(\frac{P}{P_1}\right)^2 - 2\frac{P}{P_1} = -4$

$(P_1V)^2 - 4V\,P_1V_1 + P^2V_1^2 - 2PP_1V_1^2 = -4$

1-2 - процесс расширения

$Q = A + \Delta U$

$\Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T = \frac{3}{2}R\cdot 3T_1 = \frac{9}{2}RT_1$

$P_1V_1 = RT_1$

$P_2V_2 = RT_2$

$\frac{2P_1\cdot 2V_1}{P_1V_1} = \frac{P_2V_2}{P_1V_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = 4 \Rightarrow T_2 = 4T_1$

$\cos 30^\circ = \frac{\sqrt3}{2}$

$\frac{\pi}{6} = \frac{180^\circ}{6} =$

$P_3V_3 = RT_3$

$\Delta PV + P\Delta V$

$48 = 16\cdot 3$

$P_1 2V_1 = RT_3 \Rightarrow 2 = \frac{T_3}{T_1} \Rightarrow T_3 = 2T_1$

2-3: $V = const$; $A = 0$

$Q_{23} = \Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T = \frac{3}{2}R(-2T_1) = -3RT_1 < 0$

3-1: $P = const$; $Q = P\Delta V + \Delta U = -P_1V_1 - \frac{3}{2}RT_1 < 0$

$A_{23} = -P_1V_1$

$\frac{8}{2} - \frac{3}{2} = \frac{5}{2}$

$3{,}7$
$\times 3{,}7$
259
111
$13{,}69$

$13{,}69 \,|\, 3$
$-12 \quad 4{,}586$
16
-15
19
18