



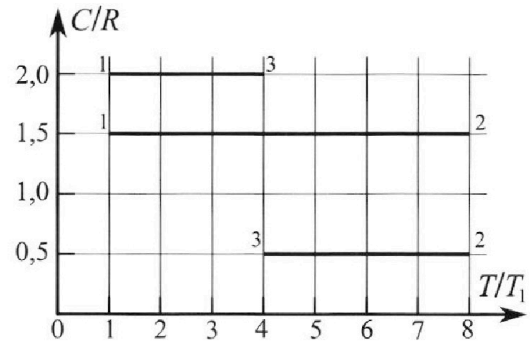
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02



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

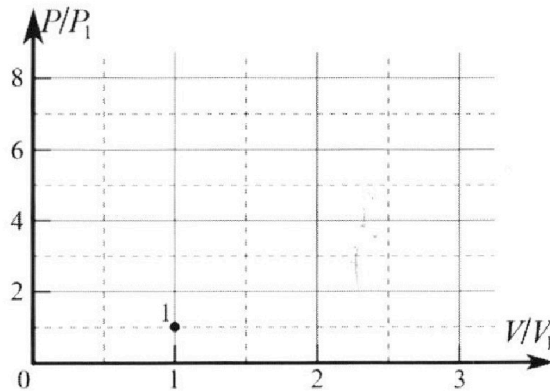
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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

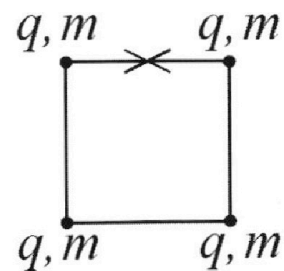
1) Найдите абсолютную величину $|q|$ заряда каждого шарика.

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 ϵ_0 . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.





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.

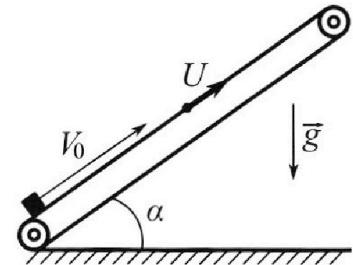
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

Ускорение с вободного падения $g = 10$ м/с². Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α 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

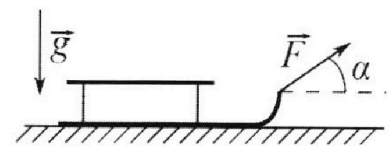
$U = 1$ м/с?

3) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². 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 α 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 μ 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.

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!



Спр. 2

№23 (истовник)

Дано:

$\alpha = 45^\circ$

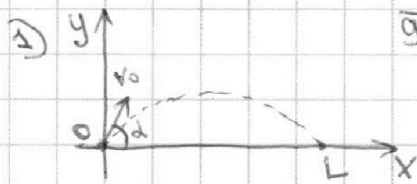
$L = 20\text{ м}$

$H = 3,6\text{ м}$

$g = 10\text{ м/с}^2$

1. v_0 - ?

2. S - ?



$t_{\text{пол}} - \text{время полета мяча}$

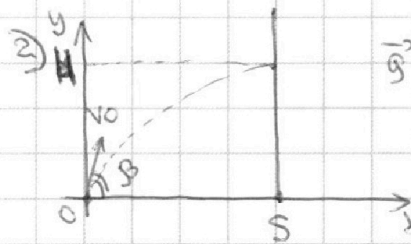
Запишем уравнения движения мяча в проекции на ось x и на ось y :

$$\begin{cases} v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t_{\text{пол}} = L \\ 0 = v_0 \sin \alpha \cdot t_{\text{пол}} - \frac{g \cdot t_{\text{пол}}^2}{2} \end{cases} \quad | \cdot t_{\text{пол}} \neq 0 \quad t_{\text{пол}} = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$v_0 \cos \alpha \cdot \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = L$$

$v_0^2 \cdot \sin 2\alpha = Lg$

$v_0 = \sqrt{\frac{Lg}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{\frac{20\text{ м} \cdot 10\text{ м/с}^2}{\sin 90^\circ}} = 20\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}}$



1. Пусть угол, под кот. направлена скорость мяча = β

2. Наибольшая высота, на кот. происходит соударение мяча со стенкой - это максимальная высота подъема мяча при броске под углом β

3. На максимальной высоте подвешен проекция скорости мяча на ось y равна 0:

$0 = v_0 \sin \beta - g t_{\text{пол}}$ ($t_{\text{пол}}$ - время, за кот. мяч поднимется на высоту H)

$t_{\text{пол}} = \frac{v_0 \sin \beta}{g}$

4. Запишем уравнения движения мяча в проекции на ось x и на ось y :

$$\begin{cases} H = v_0 \sin \beta \cdot t_{\text{пол}} - \frac{g t_{\text{пол}}^2}{2} \\ S = v_0 \cos \beta \cdot t_{\text{пол}} \end{cases}$$

$H = v_0 \sin \beta \cdot \frac{v_0 \sin \beta}{g} - \frac{g \cdot v_0^2 \sin^2 \beta}{2g^2} = \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{2g}$

$\sin \beta = \frac{\sqrt{2gH}}{v_0}$

(продолжение на стр. 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!

стр. 2

№3 (продолжение, черновик)

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{2gH}{V_0^2}} = \frac{\sqrt{V_0^2 - 2gH}}{V_0}$$

$$S = V_0 \cos \beta \cdot t_{\text{пол}} = V_0 \cos \beta \cdot \frac{V_0 \sin \beta}{g} = \frac{V_0^2}{g} \cdot \frac{\sqrt{2gH}}{V_0} \cdot \frac{\sqrt{V_0^2 - 2gH}}{V_0} =$$

$$= \frac{\sqrt{2gH} \cdot \sqrt{V_0^2 - 2gH}}{g} = \frac{\sqrt{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 3,6 \text{ м}} \cdot \sqrt{200 \text{ м}^2/\text{с}^2 - 2 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 3,6 \text{ м}}}{10 \text{ м/с}^2} =$$

$$= \frac{6\sqrt{2} \cdot \sqrt{128}}{10} \text{ м} = \frac{6 \cdot 16}{10} \text{ м} = \frac{48}{5} \text{ м}$$

Ответ: 1. $V_0 = 20\sqrt{2} \text{ м/с}$

2. $S = \frac{48}{5} \text{ м}$

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. 7

№2. (книжка)

Дано:

$$\sin \alpha = 0,6 = \frac{3}{5}$$

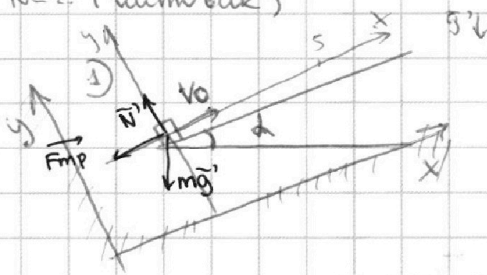
$$v_0 = 6 \text{ м/с}$$

$$\mu = \frac{1}{2}$$

$$r = 1 \text{ с}$$

$$u = 1 \text{ м/с}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$



На санки действуют силы:

N , mg , F_{mp}

1. по 2-му закону Ньютона в проекции на ось x и на ось y:

1. $S = ?$

2. $T_1 = ?$

3. $L = ?$

$$\begin{cases} N = mg \cos \alpha \\ -ma = F_{mp} + mg \sin \alpha \end{cases}$$

$$F_{mp} = \mu N \text{ (по второму закону Ньютона)}$$

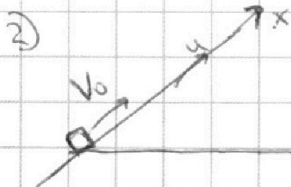
$$-ma = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha \quad | : m$$

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

2. Запишем уравнение движения для коробки на ось x:

$$s = v_0 T + \frac{a T^2}{2} = v_0 T - \frac{(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) g T^2}{2} = 6 \text{ м/с} \cdot 1 \text{ с} -$$

$$- \frac{(\frac{1}{2} \cdot \frac{3}{5} + \frac{3}{5}) \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 1 \text{ с}^2}{2} = (6 - 5) \text{ м} = 1 \text{ м}$$



лента транспортера (в частности верхняя часть)

движется с постоянной скоростью $u \Rightarrow$

\Rightarrow можем перейти в инерциальную систему отсчета, связанную с верхней частью ленты транспортера. Скорость коробки будет равна u тогда, когда в выбранной СО ее скорость будет равна нулю (по 3-му закону сложения скоростей). Начальная скорость в выбранной СО - это $(v_0 - u)$ по 3-му закону сложения скоростей

(продолжение на стр. 8)

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!



стр. 8.

№2 (продолжение, штурвик)

Ускорение коробки относительно л.с.о = ускорение коробки относ. выбранной
с.о + ускорение выбранной с.о относ л.с.о. Следовательно
ускорение коробки по первому пункту задачи в проекции на ось x

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

Скорость равна 0 в момент времени T_1 :

~~Запишем уравнение движения в проекции на ось x :~~

$$0 = V_0 - u + aT_1 \quad (\text{на ось } x)$$

$$T_1 = \frac{V_0 - u}{-a} = \frac{V_0 - u}{(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)g} = \frac{5 \text{ м/с}}{(\frac{1}{2} \cdot \frac{4^2}{5} + \frac{3}{5}) \cdot 10 \text{ м/с}^2} = \frac{1}{2} \text{ с}$$

3) Скорость коробки $= 0$ в л.с.о \Rightarrow в выбранной с.о (н.2) скорость

коробки в проекции на ось $x = -u$:

$$-u = V_0 - u + aT_2 \quad (\text{на ось } x) \Rightarrow T_2 = \frac{-V_0}{a}$$

$$S = (V_0 - u)T_2 + a \frac{T_2^2}{2} \quad (\text{уравнение на ось } x)$$

$$S = (V_0 - u) \cdot \frac{V_0}{(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)g} - \frac{V_0^2}{2(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)g} = \frac{2V_0^2 - uV_0 - V_0^2}{2(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)g}$$

$$= \frac{V_0^2 - uV_0}{2(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)g} = \frac{36 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} - 6 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2(\frac{1}{2} \cdot \frac{4^2}{5} + \frac{3}{5}) \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{3}{2} \text{ м}$$

Ответ: 1. $S = 1.5 \text{ м}$

2. $T_1 = \frac{1}{2} \text{ с}$

3. $S = \frac{3}{2} \text{ м}$

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!



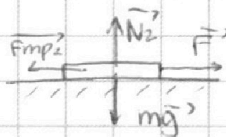
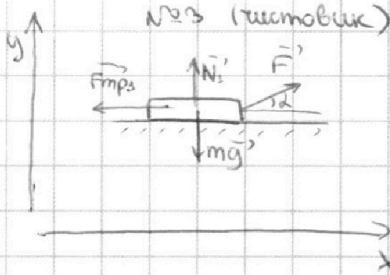
стр. 5

Физ.

K, α, g

1. μ - ?

2. S - ?



m - масса санок

1. Выбрать силы, действующие на санки в первом случае: mg, F, F_{mp1}, N_1

Силы, действующие на санки во втором случае: mg, F, F_{mp2}, N_2

2. Запишем 2-й закон Ньютона для первого ^{и второго} случая в проекции на ось x и ось y .

$$\begin{cases} N_1 = mg - F \cdot \sin \alpha \\ N_2 = mg \end{cases}$$

3. Запишем ЗСЭ для первого и для второго случая:

$$\begin{cases} A_{F1} + A_{F_{mp1}} = K \\ A_{F2} + A_{F_{mp2}} = K \end{cases}$$

A_{F1} - работа силы F по перемещению санок на расстояние L в x см.

A_{F2} - работа силы F по перемещению санок на расстояние L ^{в x см.} ^(т.к. по y см. силы F и F_{mp2} не делают работ)

$A_{F_{mp1}}$ - работа силы F_{mp1} по перемещению санок на ^{расст.} L в x см.

$A_{F_{mp2}}$ - работа силы F_{mp2} по перемещению санок на ^{расст.} L в x см.

по опр. работы:

$$\begin{cases} A_{F1} = F \cdot L \cdot \cos \alpha \\ A_{F2} = F \cdot L \\ A_{F_{mp1}} = -F_{mp1} \cdot L = -\mu \cdot N_1 \cdot L = -\mu \cdot (mg - F \sin \alpha) L \\ A_{F_{mp2}} = -F_{mp2} \cdot L = -\mu N_2 \cdot L = -\mu mg L \end{cases}$$

по опр. сил тр. скольж. (н.з.)

по опр. сил тр. скольж. (н.з.)

(продолжение на стр. 6)

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

 МФТИ

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

Пр. 6

№3 (программист, Истовик)

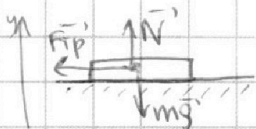
$$\begin{cases} K = F \cdot L \cdot \cos \alpha - \mu mgL + MF \sin \alpha \cdot L \\ K = F \cdot L - \mu mgL \end{cases}$$

$$F \cdot L \cdot \cos \alpha - \mu mgL + MF \sin \alpha \cdot L = FL - \mu mgL \quad | \cdot FL$$

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

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

2) В процессе торможения санок до остановки вся кинетическая энергия санок переходит в работу сил трения (ЗСА)



силы, действующие на санки: $\vec{F}_{\text{тр}}$, \vec{N}' , \vec{mg}

по II закону Ньютона в проекции на ось y : $N = mg$

$$|A_{\text{тр}}| = K$$

↓ по опр. работы

$$F_{\text{тр}} \cdot S = K$$

$F_{\text{тр}} = \mu N$ по опр. сил тр. скольжения

$$\mu N \cdot S = K$$

$$\mu mg S = K$$

$$S = \frac{K}{\mu mg} = \frac{K \sin \alpha}{mg \cdot (1 - \cos \alpha)}$$

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

2. $S = \frac{K}{\mu mg}$, где m - масса санок

$$S = \frac{K \sin \alpha}{mg(1 - \cos \alpha)}, \text{ где } m \text{ - масса санок}$$

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. 3

№4. (шестовик)

Дано:

$$\nu = 1 \text{ моль}$$

$$R \text{ (Т/и)}$$

$$T_1 = 200 \text{ К}$$

$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

1) Запишем первое начало термодинамики для процесса 3-2.

$$+A_{31} = \Delta U_{31} - Q_{31}$$

$$2. \begin{cases} \Delta U_{31} = \nu R \cdot \frac{3}{2} (T_3 - T_1) \\ T_3 = 4T_1 \text{ (из графика)} \end{cases}$$

$$\Delta U_{31} = -\frac{3 \cdot 3}{2} \nu R T_1 = -\frac{9}{2} R T_1 \quad (\text{т.к. } \nu = 1 \text{ моль})$$

$$3. \begin{cases} Q_{31} = C_{31} \cdot (T_1 - T_3) \\ C_{31} = 2R \text{ (из графика)} \\ T_3 = 4T_1 \text{ (из графика)} \end{cases}$$

$$Q_{31} = -2R \cdot 3T_1 = -6R T_1$$

4. из п. 1, 2, 3:

$$A_{31} = \cancel{+Q_{31}} - \Delta U_{31} = \Delta U_{31} - Q_{31} = -\frac{9}{2} R T_1 + 6R T_1 = R T_1 \cdot \frac{6 \cdot 2 - 9}{2} = \frac{3}{2} R T_1 =$$

$$= \frac{3 \text{ моль}}{2} \cdot 200 \text{ К} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} = 6 \cdot 8,31 \text{ Дж} = 4986 \text{ Дж}$$

2) 1. из графика : $T_2 = 8T_1$; $T_3 = 4T_1$; $C_{12} = 2R$; $C_{23} = \frac{3}{2}R$; $C_{31} = \frac{1}{2}R$

2. Запишем Q_{12} , Q_{23} , Q_{31} :

$$\bullet Q_{12} = C_{12} \cdot \Delta T_{12} = \frac{3}{2} R \cdot (8T_1 - T_1) = \frac{21}{2} R T_1 > 0 \Rightarrow Q_{12} \text{ - это } Q_{\text{нагрев}}$$

$$\bullet Q_{23} = C_{23} \cdot \Delta T_{23} = \frac{1}{2} R (4T_1 - 8T_1) = -2R T_1 < 0 \Rightarrow Q_{23} \text{ - это } Q_{\text{охлажд}}$$

$$\bullet Q_{31} = C_{31} \cdot \Delta T_{31} = 2R (T_1 - 4T_1) = -6R T_1 < 0 \Rightarrow Q_{31} \text{ - это } Q_{\text{охлажд}}$$

3. из оп. КПД : $\eta = 1 - \frac{|Q_{\text{охлажд}}|}{Q_{\text{нагрев}}} = 1 - \frac{|Q_{23} + Q_{31}|}{Q_{12}} =$

$$= 1 - \frac{8R T_1 \cdot 2}{21 R T_1} = \frac{21 - 16}{21} = \frac{5}{21}$$

(продолжение на стр. 4)

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!



Смп. 4

№24 (продолжение, историк)

3) 1. Рассмотрим процесс, такой, что его график:

раз является, относительно $\mathcal{D} = 1 \text{ моль}$

Пусть в точке 1 координаты $(p_0; V_0)$

в точке 2 координаты $(p; V)$

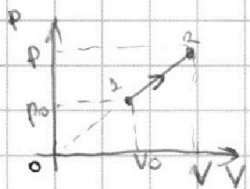


график этого процесса - прямая, прох. $\chi/3$ начало координат $\Rightarrow \frac{p_0}{V_0} = \frac{p}{V} = \text{tg } \chi \text{ или } \text{tg } \chi = \frac{p_0}{V_0} = \frac{p}{V} \Rightarrow p_0 V = p V_0$

Знайдем первое начало термодинамики для процесса 12:

$$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = (p_0 + p)(V - V_0) \cdot \frac{1}{2} + \frac{3}{2} (pV - p_0 V_0) = \frac{1}{2} (p_0 V -$$

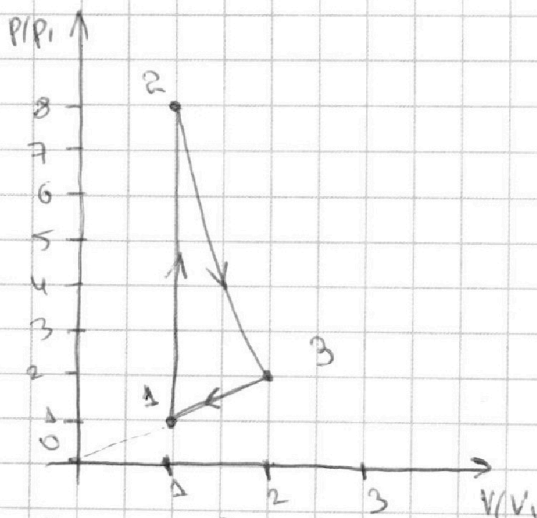
$$- p_0 V_0 + pV - p_0 V_0 + 3pV - 3p_0 V_0) = \frac{1}{2} (4pV - 4p_0 V_0) = 2(pV - p_0 V_0) =$$

$$= 2\mathcal{D}R\Delta T \Rightarrow \text{мольная теплоемкость такого процесса} = 2R$$

(т.е. $\mathcal{D} = 1 \text{ моль}$). А значит процесс 31 в нашей задаче такой,

что его график в координатах p от V - прямая, проходящая $\chi/3$

начало координат $\Rightarrow \frac{p_3}{V_3} = \frac{p_1}{V_1} = \text{tg } \chi$, где χ - угол наклона этой прямой



Знайдем χ -я составляющая идеального газа в т.з., 2, 3:

$$\begin{cases} p_1 V_1 = \mathcal{D} R T_1 \\ p_2 V_2 = \mathcal{D} R 8 T_1 \\ p_3 V_3 = \mathcal{D} R \cdot 4 T_1 \end{cases}$$

мольная теплоемкость процесса 12 = $\frac{3}{2} R \Rightarrow$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \frac{3}{2} R \Delta T_{12} &= A_{12} + \frac{3}{2} R \Delta T_{12} \Rightarrow \\ \Rightarrow A_{12} &= 0 \Rightarrow \text{процесс 12 - изохорный} \Rightarrow \\ \Rightarrow V_2 &= V_1 \end{aligned}$$

$$\frac{p_2}{p_1} = 8 \quad \begin{cases} \frac{p_3}{p_1} = \frac{V_3}{V_1} = \frac{4}{1} = 4 \\ \frac{p_3}{p_1} = \frac{V_3}{V_1} = 2 \end{cases}$$

Ответ: 1. $A_{31} = 4986 \text{ Дж}$. 2. $\eta = \frac{1}{21}$. 3 (продолж.)

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. 9

№5 (методик)

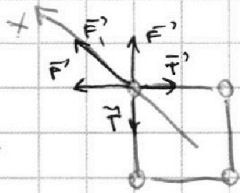
Дано:

a, r, ϵ_0

1. $|q|$ - ?

2. k - ?

3. d - ?



5) На каждый заряд действует:

(F) - сила отталкивания со стороны трех других шариков

F-силы на шарик по сторонам = две сил наименьшие чем F

F-силы отталкивания

1. Шарик неподвижен \Rightarrow по 3-му закону действие в реакции

на ось x и y

$$2 \cdot F \cdot \cos 45^\circ = 2F \cos 45^\circ + F_2$$

$$F = k \frac{q^2}{a^2}, F_2 = k \frac{q^2}{2a^2} \quad (\text{силы взаим. отталкивания зарядов по 3-му закону})$$

$$2 \cdot F \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = (2 \cdot \frac{F}{2} + F_2) \cdot k \frac{q^2}{a^2}$$

$$F \sqrt{2} = (F + F_2) \cdot k \frac{q^2}{a^2}$$

$$q^2 = \frac{F \sqrt{2} a^2}{(1 + \frac{F_2}{F}) k}$$

$$|q| = a \cdot \sqrt{\frac{F \sqrt{2}}{(1 + \frac{F_2}{F}) k}}$$

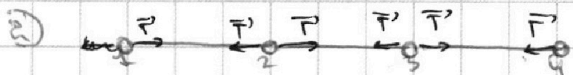
$$2F \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 2 \cdot k \frac{q^2}{a^2} + k \frac{q^2}{2a^2}$$

$$q^2 \left(\frac{2k}{a^2} + \frac{k}{2a^2} \right) = \sqrt{2} F$$

$$q^2 \frac{5k}{2a^2} = \sqrt{2} F$$

$$|q| = \sqrt{\frac{2F \cdot 2a^2}{5k}} = a \sqrt{\frac{8\epsilon_0 \sqrt{2} F}{5}}$$

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



рассмотрим шарик 1, 2, 3, 4. по 3-му, т.к. система шариков находится в покое.

$$m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 + m\vec{v}_3 + m\vec{v}_4 = 0$$

В силу симметрии $\vec{v}_1 = \vec{v}_4 = \vec{v}$, $\vec{v}_2 = \vec{v}_3 = -\vec{v}$

$$2\vec{v} + 2(-\vec{v}) = 0$$

$\vec{v}_1 = \vec{v}_2 = \vec{v} \Rightarrow$ все шарик имеют одинаковую скорость v

(просмотреть на стр. 10)

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. 3

№5 (системный подход)

Тогда по закону сохранения энергии:

$$4k \frac{q^2}{a^2} + 2k \frac{q^2}{2a^2} = \frac{5mk}{2} + 3k \frac{q^2}{a^2} + 2k \frac{q^2}{4a^2} + k \frac{q^2}{9a^2}$$

5mk/2 *минимальная энергия системы шаров*

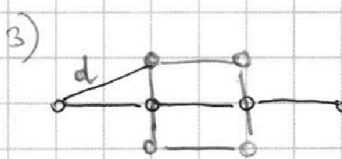
Тогда по ЗОЗ:

$$4k \frac{q^2}{a} + 2k \frac{q^2}{\sqrt{2}a} = 5k + 3k \frac{q^2}{a} + 2k \frac{q^2}{2a} + k \frac{q^2}{3a}$$

минимальная энергия системы шаров

$$k = \frac{q^2 k}{5a} (4 + \sqrt{2} - 3 - 1 - \frac{1}{3}) = \frac{q^2}{5a} (\sqrt{2} - \frac{1}{3})$$

$$= \frac{\sqrt{2} \cdot 2a^2 \cdot \epsilon_0}{5 \cdot 5 \cdot 4\pi \epsilon_0 a} (\sqrt{2} - \frac{1}{3}) = \frac{2\sqrt{2}}{25} \pi \epsilon_0 a (\sqrt{2} - \frac{1}{3})$$



$$d = \sqrt{\frac{a^2}{4} + a^2} = \frac{\sqrt{5}a}{2}$$

при взаимодействии сил в вершине шаров шариком является нуль,
действием сил отталкивания от остальных удерживает шарик,
а вершине - коверс

- Ответ:
1. $|q| = 2a \sqrt{\frac{2\pi\epsilon_0 \sqrt{2} \Gamma}{5}}$
 2. $k = \frac{2\sqrt{2}}{25} \pi \epsilon_0 a (\sqrt{2} - \frac{1}{3})$
 3. $d = \frac{\sqrt{5}a}{2}$

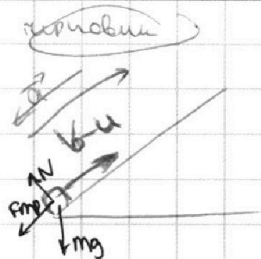
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7



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



$$ma = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha$$

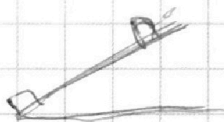
$$a = (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) g$$

скорость = 0

$$0 = (v_0 - u) - a \cdot T_1$$

$$T_1 = \frac{v_0 - u}{a} = \frac{v_0 - u}{(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) g}$$

$$\frac{m^2 \cdot g^2}{\mu^2} \cdot \frac{1}{g^2} = 1$$



скорость становится ~~равно~~ *равно нулю* \rightarrow *скорость* $u = -u$

скорость в н.с.о

$$T_2 = \frac{v_0}{a}$$

$$-u = v_0 - u - a \cdot T_2$$

$$S = (v_0 - u) \cdot T_2 - a \frac{T_2^2}{2}$$

$$s = (v_0 - u) \cdot \frac{v_0}{a} - \frac{a \cdot v_0^2}{2a^2} = \frac{(v_0 - u)v_0}{a} - \frac{v_0^2}{2}$$

$$W_p = q_1 q_2 \frac{k}{a}$$

Time

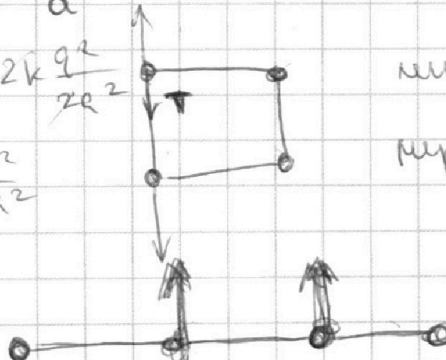
$$\frac{q_1 q_2}{a} + 2k \frac{q_1 q_2}{2r^2}$$

$$W_{\text{мех}} \Rightarrow T^2$$

$$W_{\text{мех}} \Rightarrow r = z.$$

Век скорости

$$5k \frac{q_1 q_2}{a^2}$$



$$\frac{m(v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + v_4^2)}{2}$$

$$+ 3k \frac{q_1 q_2}{a^2}$$

$$+ 2k \frac{q_1 q_2}{4r^2} + k \frac{q_1 q_2}{a^2}$$

$$+ 5k \frac{q_1 q_2}{a^2}$$



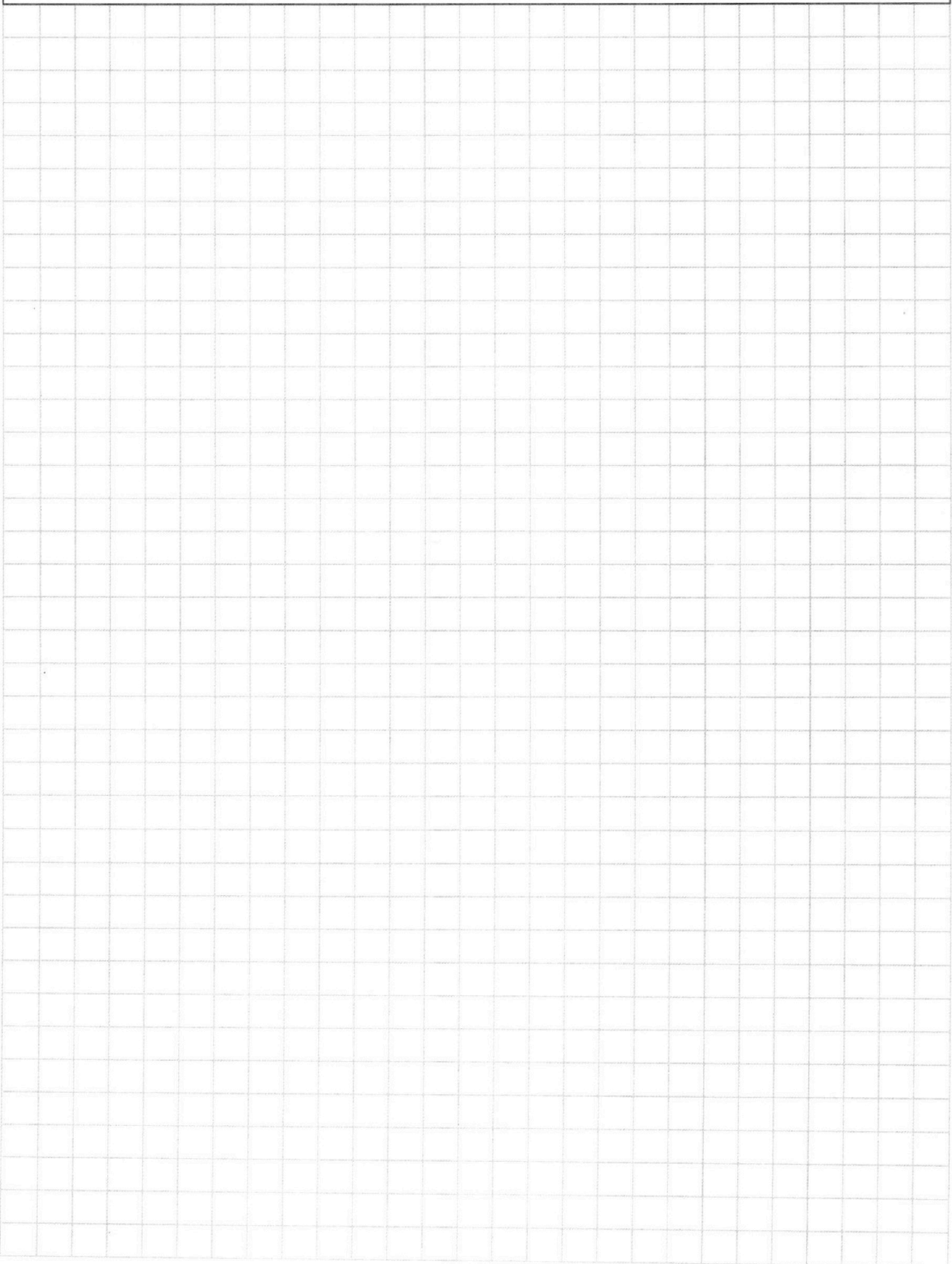
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



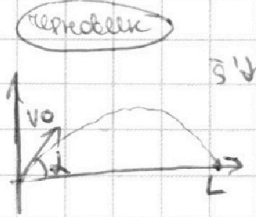
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

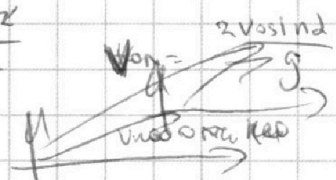
- 1 2 3 4 5 6 7



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



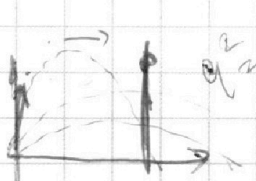
$$\begin{cases} v_0 \cos \alpha \cdot t_{\text{пол}} = L \\ 0 = v_0 \sin \alpha \cdot t_{\text{пол}} - g \frac{t_{\text{пол}}^2}{2} \end{cases}$$



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

$$\frac{F \alpha^2}{V_0^2} \cdot \sin^2 30^\circ = Lg$$

$$v_0 = \sqrt{Lg} = \sqrt{20 \text{ м} \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 10 \text{ м/с}$$



какая скорость - макс при каком угле

каким углом при чем макс и как му?

$$H = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

$$0 = v_0 \sin \alpha \cdot t - gt \rightarrow t = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} \Rightarrow \sin \alpha = \sqrt{\frac{2gH}{v_0^2}}$$

$$S = v_0 \cos \alpha \cdot t = \frac{v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g}$$

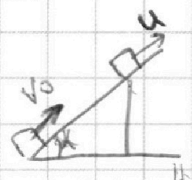


$$ma = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha$$

$$S = v_0 t - \frac{at^2}{2}$$

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

на фоне горизонтальной оси. перем.



$$\sin \alpha = \frac{h}{S}$$

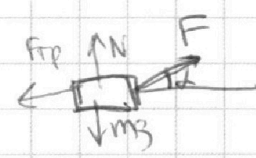
$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mu^2}{2} + mgH + (Amp)S$$

$$Amp = F_{mp} \cdot \frac{H}{\sin \alpha}$$

если перейти к CO, то a = ...

$$\text{пер. скорость} = v_0 - u$$

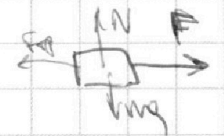
если нет скорости?



$$F \cdot L \cdot \cos \alpha + F_{mp} L = K$$

$$N + F \cdot \sin \alpha = mg \Rightarrow N = mg - F \sin \alpha$$

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

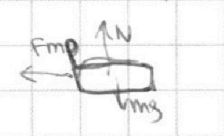


$$F \cdot L_1 - F_{mp} \cdot L_1 = K \Rightarrow (F - \mu mg) L_1 = K$$

$$N = mg$$

$$F_{mp} = \mu mg$$

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



$$F_{mp} = \mu mg$$

$$\mu mg \cdot S = K$$

$$S = \frac{K}{\mu mg}$$

$$\Delta = \cos \alpha + \mu \sin \alpha$$

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7



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



Черновик $C = \frac{3}{2}R$ молярная теплоемкость; $pV = SRT$ $Q = C \Delta T$ $Q = \nu C \Delta T$
 $\Delta 2: C = \frac{3}{2}R$ $Q = C \Delta T$ $Q = \nu C \Delta T$
 $\Delta 3: C = \frac{3}{2}R$ $T_1 = T_1$ $T_2 = 4T_1$
 $\Delta 3: C = \frac{3}{2}R$ $R \rightarrow \frac{pV}{\nu n k}$ $Q = \nu C \Delta T$ $Q = \nu C \Delta T$

31: $Q = A \nu \Delta T + \Delta U$

$2R(T_1 - 4T_1) = A \nu \Delta T + \frac{3}{2} R \nu (T_1 - 4T_1)$

$A \nu \Delta T = (2 - \frac{3}{2}) \cdot (-3T_1) \Rightarrow A \nu \Delta T = \frac{3}{2} 2T_1 R = \frac{3}{2} \cdot 200 \cdot 8 \cdot 31 = 24930 \text{ J}$

$\Delta 2: \Delta T > 0 \Rightarrow Q > 0$ $\frac{3}{2} R \nu \Delta T = \frac{3}{2} R \nu \Delta T + A \nu \Delta T$ $Q_{12} = \frac{3}{2} R \cdot 7T_1$

$\Delta 3: \frac{1}{2} R \nu \Delta T = \frac{3}{2} R \nu \Delta T + A \nu \Delta T$ $A \nu \Delta T = -R \nu (4T_1 - 8T_1) = 4R \nu T_1$ $Q_{23} = -\frac{1}{2} R \nu T_1 = -2R \nu T_1 < 0$

$\Delta 3: 2R \nu \Delta T = A \nu \Delta T + \frac{3}{2} R \nu \Delta T$ $\Rightarrow Q_{31} < 0$
 $\Delta T = T_1 - 4T_1 = -3T_1$

$\eta = \frac{Q_{12} + Q_{23}}{Q_{12}} = \frac{-6R \nu T_1 + -2R \nu T_1}{21 R \nu T_1} = 1 - \frac{16}{21}$
 $= \frac{21 - 16}{21} = \frac{5}{21}$

$pV = SRT$

$T_1 = T_1$
 $T_2 = 8T_1$
 $T_3 = 4T_1$

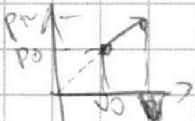
$pV_1 = SRT_1$

$p_2 V_2 = 8SRT_1$

$p_3 V_3 = 4SRT_1$

$\left\{ \begin{array}{l} \Delta 2 - \text{изотерма} \\ \frac{p_2}{p_1} = 8 \end{array} \right.$

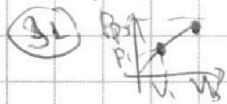
$\frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = \frac{8SRT_1}{SRT_1} = 8$



$\frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = \frac{p_2}{p_1} \cdot \frac{V_2}{V_1} = 8$
 $\Rightarrow p_2 V_2 = 8 p_1 V_1$

масса газа m

$Q = \frac{1}{2} (p_2 + p_1) (V_2 - V_1) + \frac{1}{2} (p_3 - p_2) (V_3 - V_2) = \frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1 + p_3 V_3 - p_2 V_2 + p_3 V_3 - 3p_1 V_1)$
 $= \frac{1}{2} (4p_1 V_1 - 4p_1 V_1) = 2p_1 V_1 = 2R \nu T_1$



$\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2} \Rightarrow p_2 V_1 = p_1 V_2$

$\frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \frac{1}{4}$

$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{2}$ Адiab.

$Q = A \nu \Delta T + \Delta U$

$-A \nu \Delta T = \Delta U - Q$