

Применение первого закона термодинамики к изопроцессам Адиабатный процесс

Урок физики в 10 классе
Кустова Е.И.

Цели

- Рассмотреть изопроцессы в газах с энергетической точки зрения, примененив к ним первый закон термодинамики.
- Рассмотреть адиабатный процесс и применить к нему первый закон термодинамики.

Повторение

Фронтальный опрос

Сформулировать первый закон термодинамики и записать формулы, описывающие этот закон

Первый закон термодинамики

Изменение ΔU внутренней энергии системы при переходе ее из одного состояния в другое равно сумме работы $A_{\text{вн}}$ внешних сил и количества теплоты Q , переданного системе

$$\Delta U = Q + A_{\text{вн}}$$

Вторая запись первого закона термодинамики

$$Q = \Delta U + A$$

Количество теплоты, полученное системой, идет на изменение ее внутренней энергии и на совершение системой работы над внешними телами.

Закрепление изученного.

Используя уравнение первого закона термодинамики, запишите формулу для расчета внутренней энергии в каждом случае.

рис.1

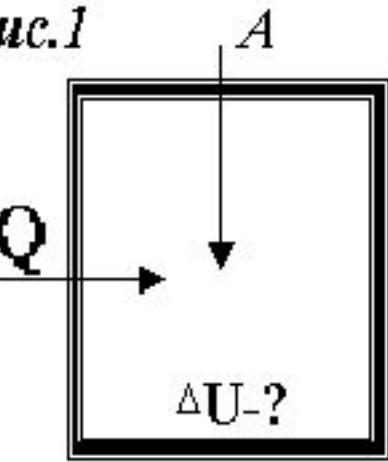


рис.2

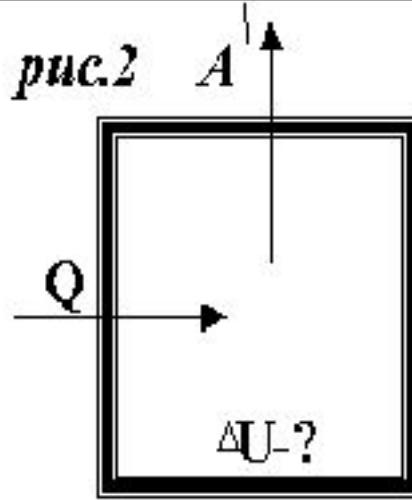
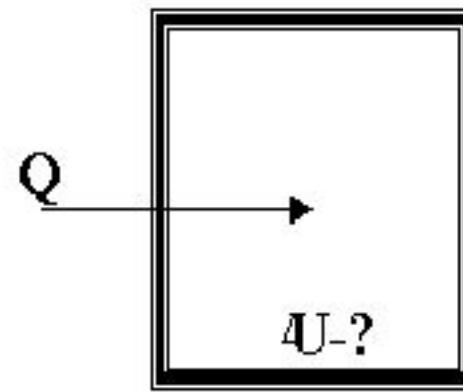


рис.3



Ответы:

$$\Delta U = \Delta h + Q$$

$$\Delta U = Q - A$$

$$\Delta U = Q$$

тест

1. Газ в сосуде сжали, совершив работу 30 Дж. Внутренняя энергия газа при этом увеличилась на 25 Дж. Следовательно, газ...
2. Газ отдал окр. среде количество теплоты 3 кДж. При этом внутренняя энергия уменьшилась на 13 кДж. Газ расширился, совершив ...
3. При нагревании газа его внутренняя энергия увеличилась от 300 до 700 Дж, при этом было потрачено 1000 Дж теплоты. Работа газа...

Ответы

1. ...отдал окружающей среде 5 Дж
2. ...работу 10 кДж
3. ...положительна и равна 600Дж

Задача на расчет работы: А – 3 балла; Б – 4 балла; В – 5 баллов



В вертикально расположенному цилиндре под поршнем находится газ при $T=323$ К, занимающий объём $V_1= 190$ см³. Масса поршня $M=120$ кг, его площадь $S=50$ см². Атмосферное давление $p_0 = 100$ кПа. Газ нагревается на

$\Delta T=100$ К.

- А. Определите давление газа под поршнем.
- Б. На сколько изменится объём, занимаемый газом, после нагревания?
- В. Найдите работу газа при расширении.



Решение задачи

Дано:

$$T_1 = 323 \text{ К}$$

$$V_1 = 190 \text{ см}^3$$

$$M = 120 \text{ кг}$$

$$S = 50 \text{ см}^2$$

$$P_0 = 100 \text{ кПа}$$

$$\Delta T = 100 \text{ К}$$

A. P_{1_1} - ?

B. ΔV - ?

C. A - ??

Решение:

1. А. Давление оказываемое на поршень равно сумме давлений атмосферного и давление самого поршня.

$$P = P_0 + \frac{Mq}{S}$$

$$P = 10^5 + \frac{120 \bullet 10}{50 \bullet 10^4} = \\ = 340 \text{ кПа}$$

Решение:

2. Запишем уравнение состояния для изобарного $P = \text{const}$



$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_1 + \Delta V}{T_1 + \Delta T}$$

Решим полученное уравнение

$$V_1(T_1 + \Delta T) = T_1(V_1 + \Delta V)$$

$$\frac{V_1 T_1 + V_1 \Delta T}{V_1 \Delta T} = \frac{T_1 V_1 + T_1 \Delta V}{T_1 \Delta V}$$

$$\Delta V = \frac{V_1 \bullet \Delta T}{T_1}$$

$$\Delta V = 0,59 \text{ см}^3$$

Решение:

3. Работа газа при расширении определяется по формуле: $A = p\Delta V$



Мы уже получили выражение для p и для ΔV в предыдущих действиях,

подставим числовые значения и найдем необходимую величину

$$A = 20 \text{ Дж}$$

Ответ: А. $P = 340 \text{ кПа}$

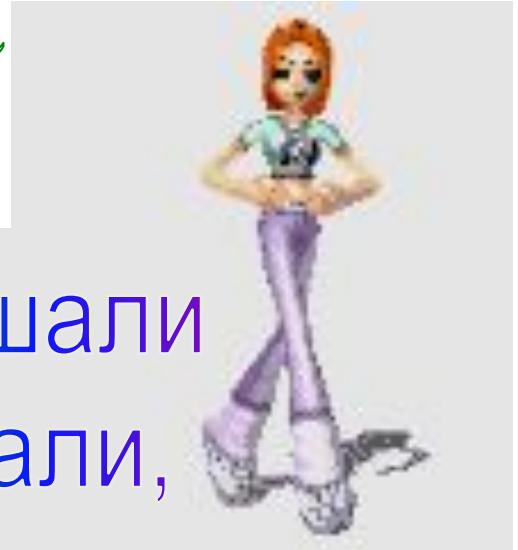
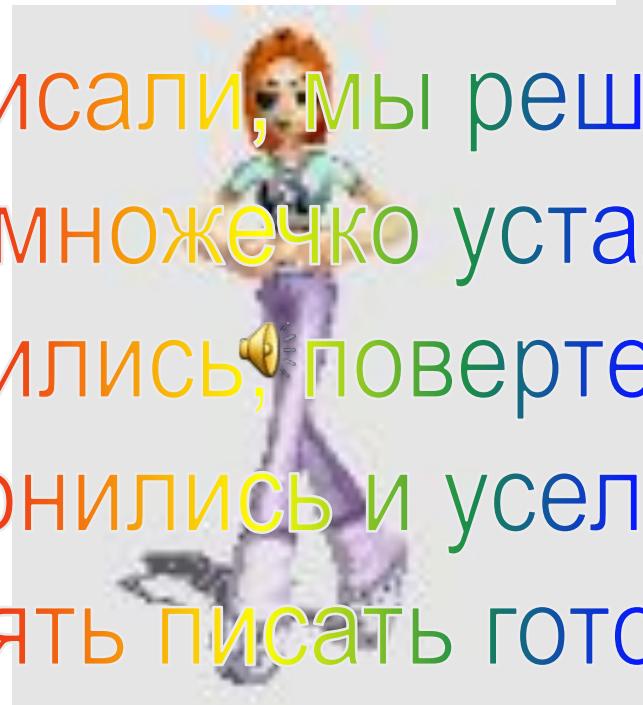
Б. $\Delta V = 0,59 \text{ см}^3$

В. $A = 20 \text{ Дж}$

Физкультминутка

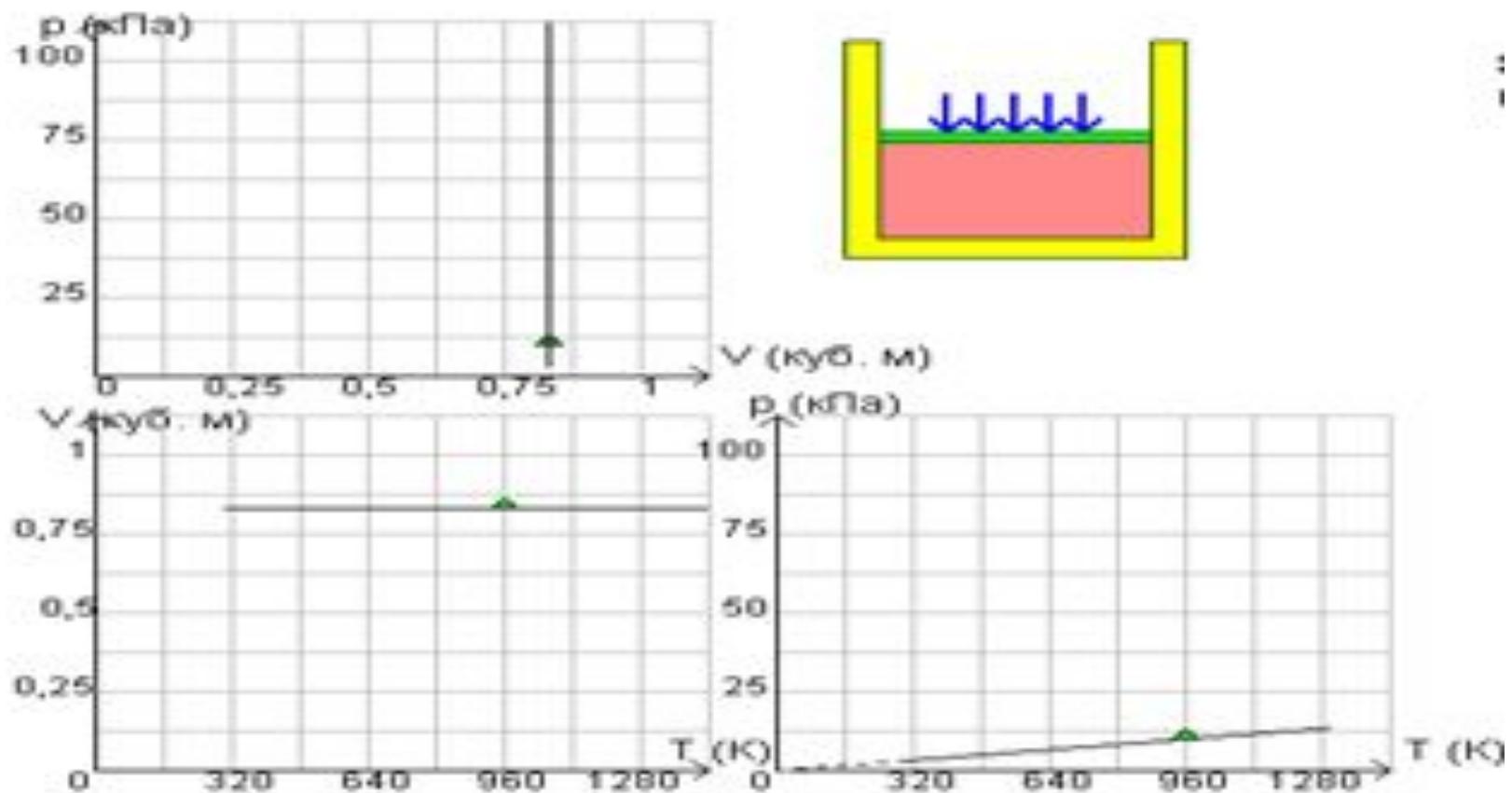


Мы писали, мы решали
И немножечко устали,
Покрутились, повернулись,
Наклонились и уселись,
И опять писать готовы
И решать и вычислять



Применим первый закон термодинамики к изопроцессам в газах.

В изохорном процессе ($V = \text{const}$)



Газ работы не совершает, $A=0$

Первый закон термодинамики для изохорного процесса

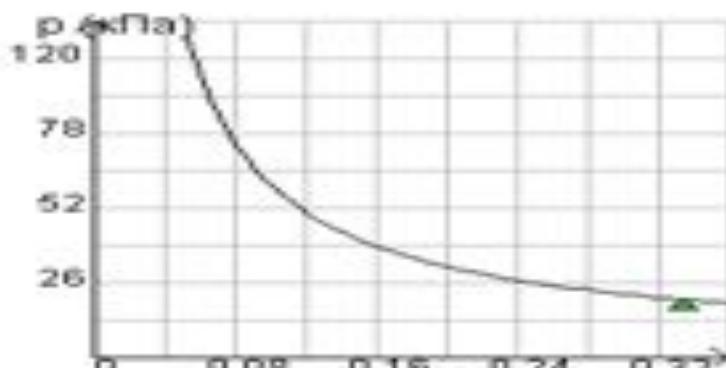
$$Q = \Delta U$$

$$Q = U(T_2) - U(T_1)$$

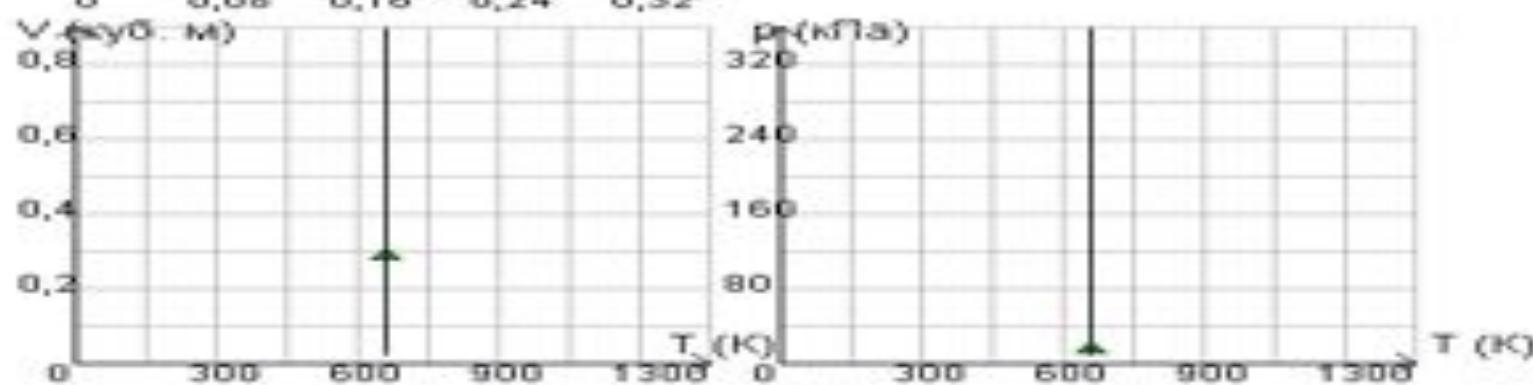
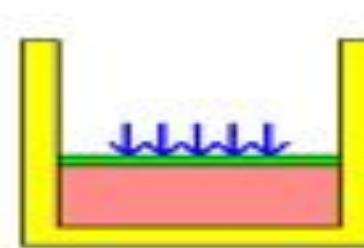
Здесь $U(T_1)$ и $U(T_2)$ – внутренние энергии газа в начальном и конечном состояниях.

Применим первый закон термодинамики к изопроцессам в газах.

В изотермическом процессе ($T=\text{const}$) следовательно, не изменяется и внутренняя энергия газа, $\Delta U = 0$.



V (куб. м)



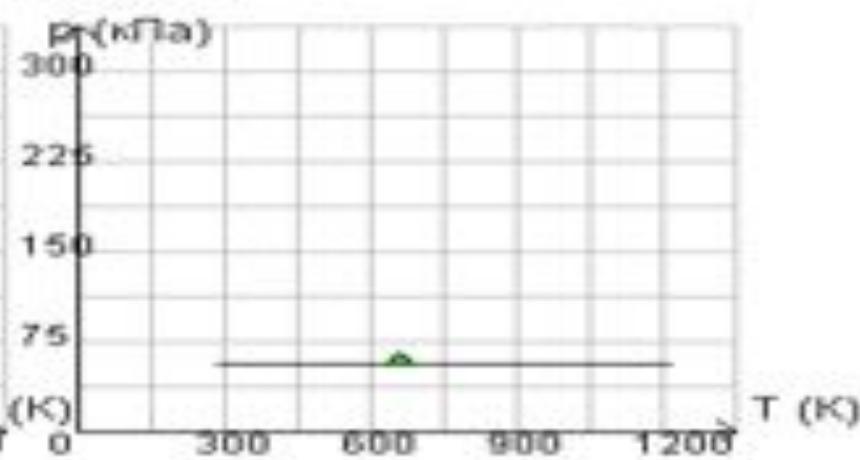
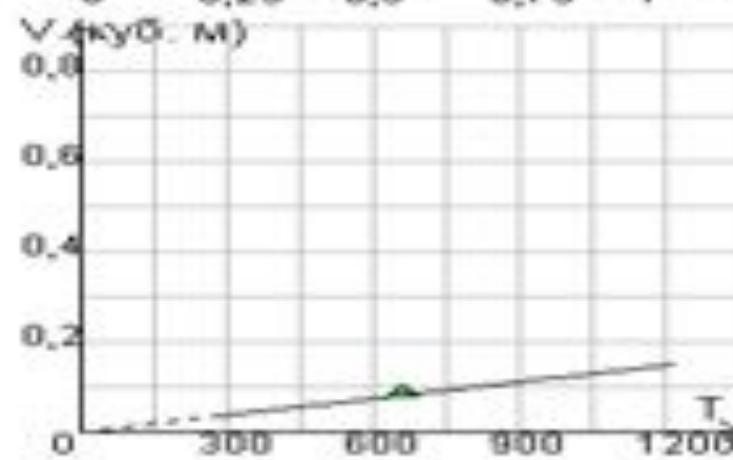
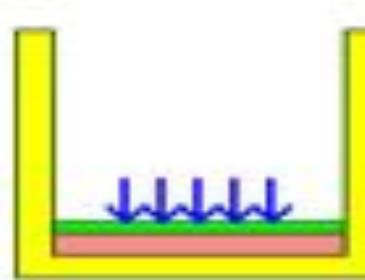
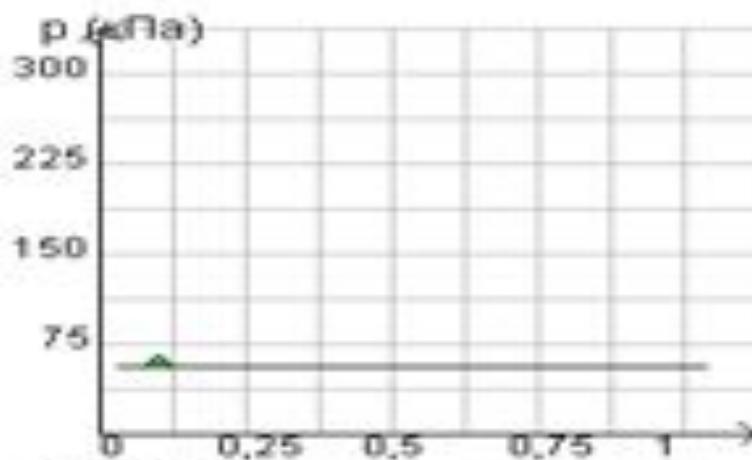
**Первый закон термодинамики
для изотермического процесса
выражается соотношением**

$$Q = A$$

**Количество теплоты Q , полученной газом в процессе изотермического расширения,
превращается в работу над внешними телами.**

Применим первый закон термодинамики к изопроцессам в газах.

В изобарном процессе ($p = \text{const}$)



*Работа, совершаемая газом,
выражается соотношением*

p-давление

**V₁,V₂- объем в начальном и конечном
состояниях соответственно**

$$A = p (V_2 - V_1) = p \Delta V$$

Применим первый закон термодинамики к изопроцессам в газах

Первый закон термодинамики для изобарного процесса :

$$Q = \Delta U + A$$

$$Q = \Delta U + p \Delta V$$

В адиабатном процессе

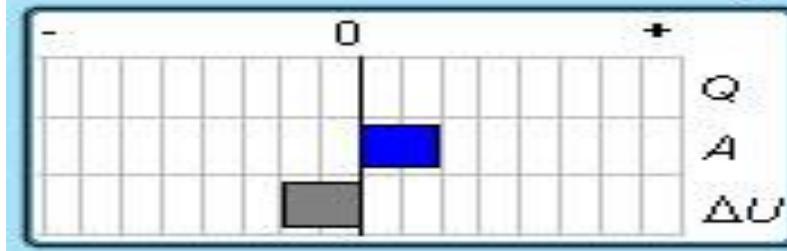
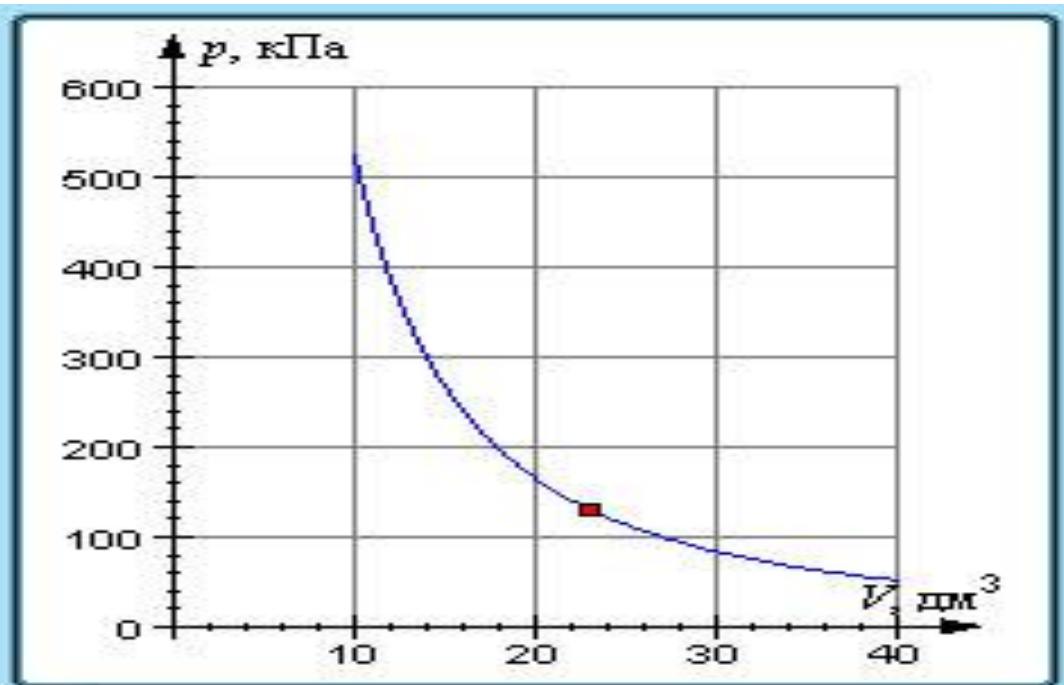
***$Q = 0$ (теплоизолированная
система)***

***поэтому первый закон
термодинамики принимает вид***

$$A = -\Delta U$$

***газ совершает работу за счет уменьшения его
внутренней энергии.***

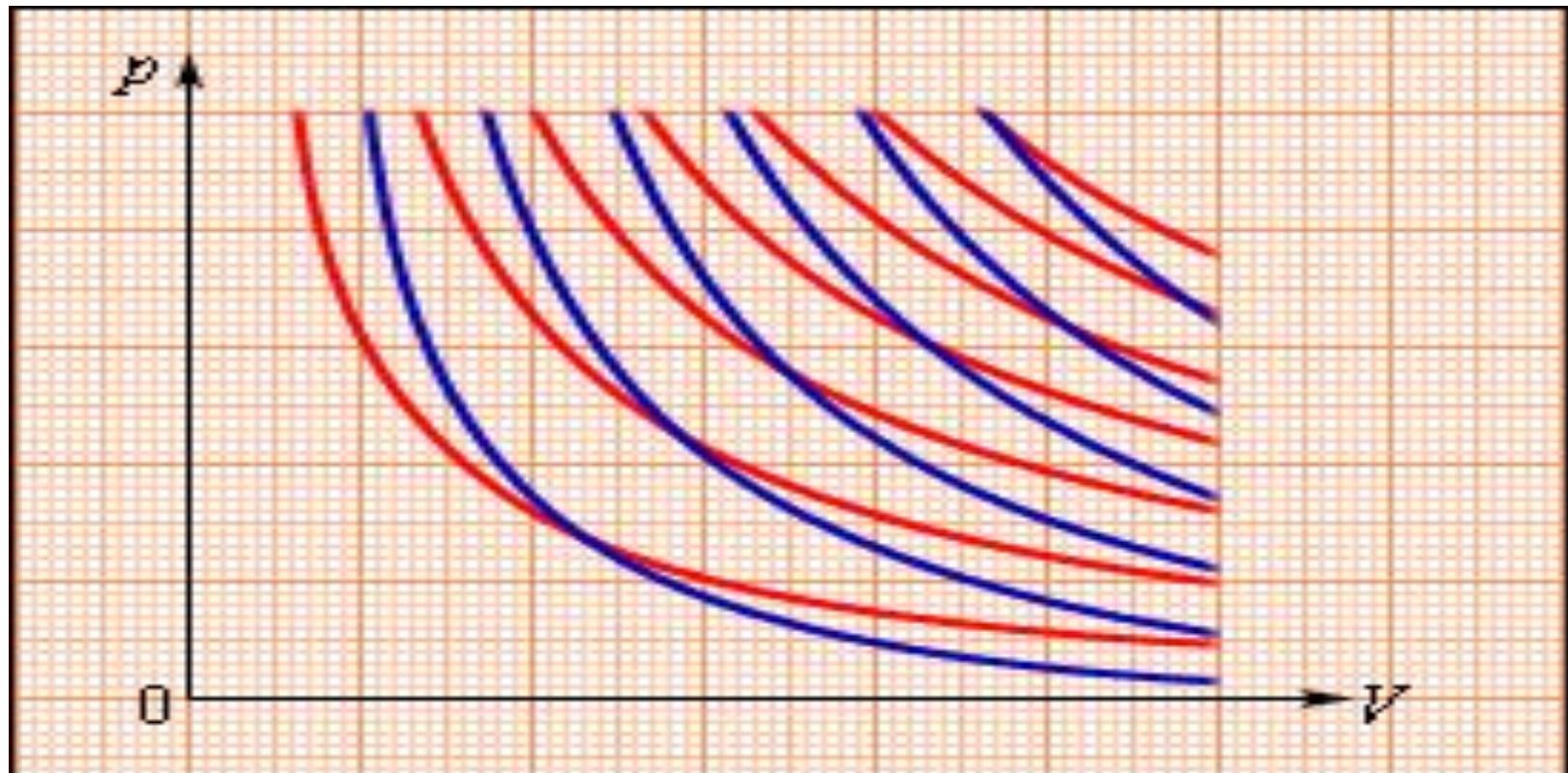
Адиабатный процесс



$p = 131 \text{ кПа}$ $T = 362 \text{ К}$
 $V = 23,0 \text{ дм}^3$ $A = 14 \text{ Дж}$ $\Delta U = -14 \text{ Дж}$
 $T = 250$ К Старт Сброс

Модель. Адиабатический процесс

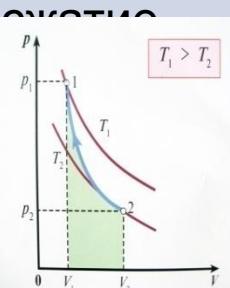
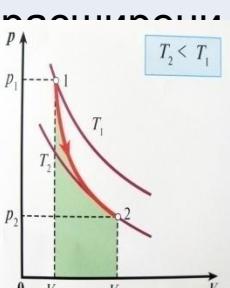
Семейства изотерм (красные кривые) и адиабат (синие кривые) идеального газа



$$(A > 0) (\Delta U < 0)$$

*Работа газа в адиабатном
процессе просто выражается
через температуры T_1 и T_2
начального и конечного
состояний*

$$A = C_V (T_2 - T_1)$$

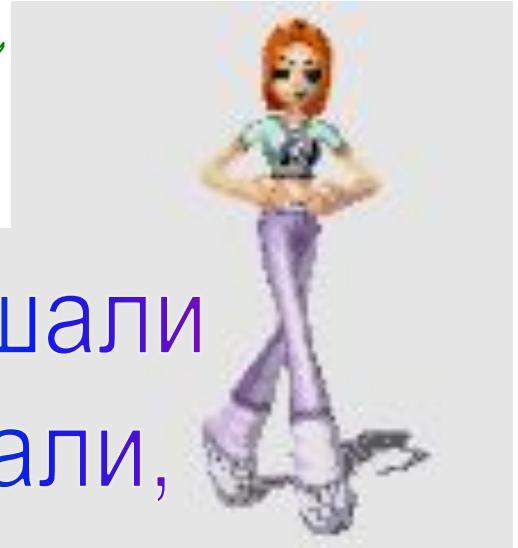
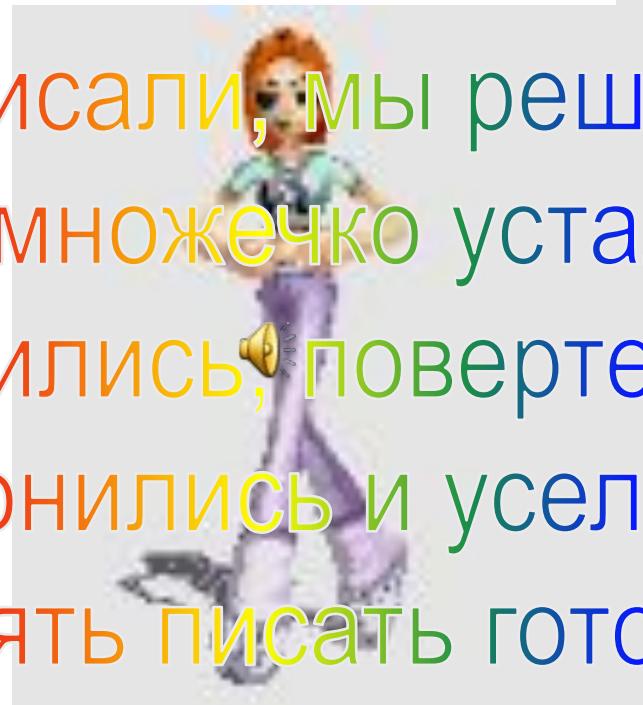
Название процесса	график	Изменение внутренней энергии	Работа газа	Запись закона	Физический смысл закона
адиабатный $Q=0$		$\Delta U > 0$	$A < 0$	$\Delta U = A_B$	Внутренняя энергия газа увеличивается за счет работы внешних сил
		$\Delta U < 0$	$A > 0$	$\Delta U = -A_\Gamma$	Внутренняя энергия газа уменьшается, газ совершает работу

Изопроцесс	Изотермический	Изобарный	Изохорный	Адиабатный
Описание	$T = const$, $\Delta T = 0$ $\Delta U = 0$	$P = const$	$V = const$, $\Delta V = 0$ $A = 0$	Процесс, совершаемый без теплообмена с окружающей средой $Q = 0$
Закон	Закон Бойля-Мариотта $PV = const$	Закон Гей-Люсса $V/T = const$	Закон Шарля $P/T = const$	
График изопроцесса				
Формула 1-го закона термодинамики	$Q = A$	$Q = \Delta U + A$	$\Delta U = Q$	$\Delta U = A_{вн}$ $\Delta U = -A$
Формулировка 1-го закона термодинамики	Количество теплоты, переданное газу, идёт на совершение работы газом над внешними телами	Количество теплоты, переданное газу идет и на совершение газом работы, и на возрастание внутренней энергии	Изменение внутренней энергии газа совершается за счёт передачи газу некоторого количества теплоты	Изменение внутренней энергии газа происходит путём совершения работы

Физкультминутка



Мы писали, мы решали
И немножечко устали,
Покрутились, повернулись,
Наклонились и уселись,
И опять писать готовы
И решать и вычислять



Идеальный газ при изобарном нагревании и изотермическом расширении получил 16 кДж тепла. При этом его внутренняя энергия увеличилась на 6 кДж. Нарисовать графики процессов с газом в координатах (p, V) и (V, T) . Какую работу совершил газ при изотермическом расширении

Дано:

$$Q = 16 \text{ кДж}$$

$$\Delta U = 6 \text{ кДж}$$

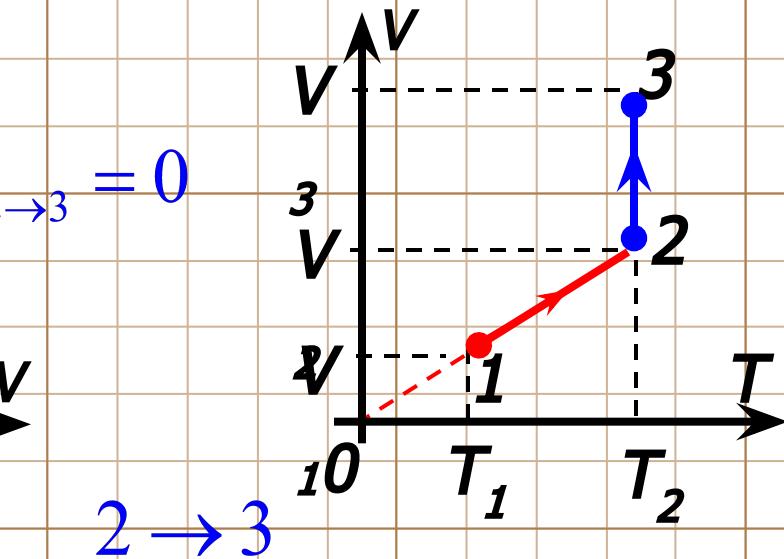
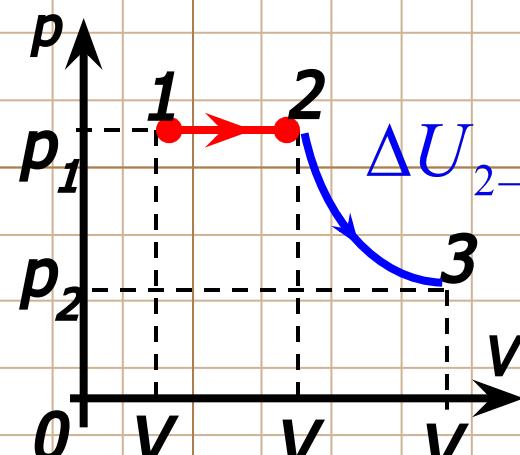
$$A_{2 \rightarrow 3} - ?$$

$$1 \rightarrow 2$$

$$\Delta U_{1 \rightarrow 2} = \Delta U = \frac{3}{2} v R \Delta T$$

$$A_{1 \rightarrow 2} = v R \Delta T = \frac{2}{3} \Delta U$$

$$Q_{1 \rightarrow 2} = A_{1 \rightarrow 2} + \Delta U_{1 \rightarrow 2} = \frac{5}{3} \Delta U$$



$$Q_{2 \rightarrow 3} = A_{2 \rightarrow 3} = Q - Q_{1 \rightarrow 2}$$

$$A_{2 \rightarrow 3} = Q - \frac{5}{3} \Delta U$$

$$A_{2 \rightarrow 3} = 16 - \frac{5 \cdot 6}{3} = 6 \text{ кДж}$$

Ответ: 6 кДж.

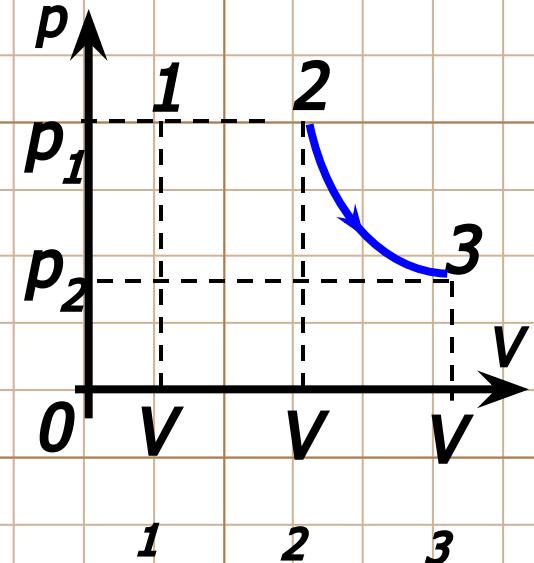
Одноатомный газ расширяется сначала изобарно, а затем изотермически. Работа, совершаемая газом при расширении, равна 800 Дж. В процессе изотермического расширения газ получил 300 Дж тепла. Найти изменение внутр. энергии газа.

Дано:

$$A = 800 \text{ кДж}$$

$$Q_{2 \rightarrow 3} = 300 \text{ Дж}$$

$$\Delta U - ?$$



$2 \rightarrow 3$

$$Q_{2 \rightarrow 3} = A_{2 \rightarrow 3} + \Delta U_{2 \rightarrow 3}$$

$$\Delta U_{2 \rightarrow 3} = 0$$

$$Q_{2 \rightarrow 3} = A_{2 \rightarrow 3}$$

$$\Delta U = \Delta U_{1 \rightarrow 2}$$

$1 \rightarrow 2$

$$A_{1 \rightarrow 2} = A - A_{2 \rightarrow 3} = 500 \text{ Дж}$$

$$A_{1 \rightarrow 2} = vR\Delta T$$

$$\Delta U = \Delta U_{1 \rightarrow 2} = \frac{3}{2}vR\Delta T = \frac{3}{2}A = 750 \text{ Дж}$$

Ответ: 750 Дж.

Молодцы!
Ура! Теперь вы знаете
все о первый законе
термодинамики!

Осталось только
чуть-чуть его доучить
дома и
решать,
решать,
решать...

Домашнее задание

- Параграфы учебника: 78, 79, 80
- Задачи

Сборник О.И.Громцевой п.8.13

№16-19

Сборник А.И. Черноуцана 8.80, 8.63