

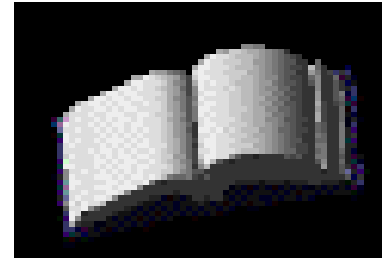
МБОУ «СОШ №6»
г.Мегион ХМАО-Югра

Первый закон термодинамики

Учитель физики
Шиман Татьяна
Николаевна



План урока



- ▶ Содержание 1-ого закона термодинамики
- ▶ Применение 1-ого закона термодинамики к изопроцессам в газах
- ◆ Адиабатический процесс
- ◆ Необратимость процессов в природе

Цели

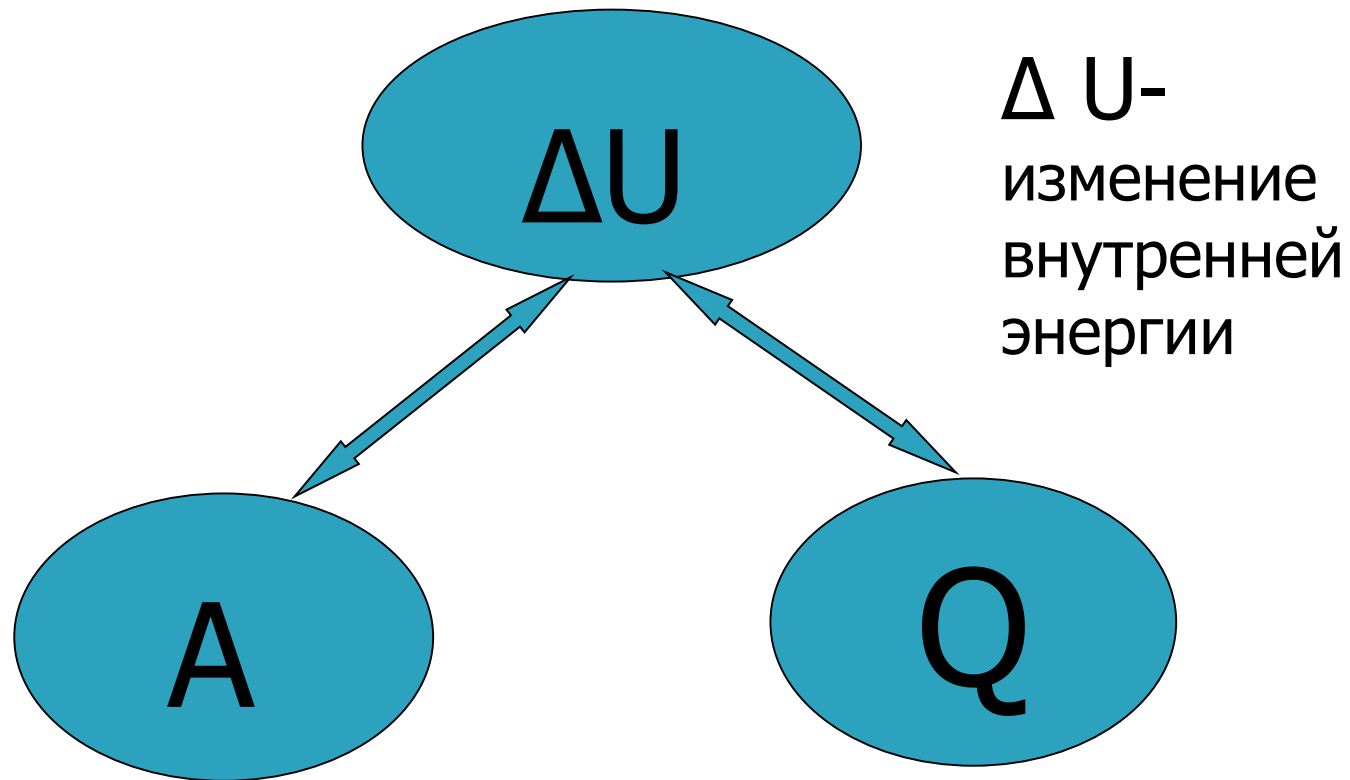
- ◆ Изучить закон сохранения энергии, распространённый на тепловые явления – первый закон термодинамики.
- ◆ Рассмотреть изопроцессы в газах с энергетической точки зрения, применив к ним первый закон термодинамики.
- ◆ Дать понятие адиабатического процесса.

Повторение

Фронтальный опрос

1. Дать определение внутренней энергии.
2. Что называют количеством теплоты?

Способы изменения внутренней энергии



ΔU -
изменение
внутренней
энергии

A - работа

Q - количество теплоты

Тест

1. Термодинамика изучает:

- А) движение молекул
- Б) состояние теплового равновесия
- В) тепловые процессы
- Г) процессы измерения температуры

2. Основным понятием термодинамики является:

- А) тепловое движение
- Б) количество теплоты
- В) внутренняя энергия
- Г) работа

3. Об изменении внутренней энергии можно судить по изменению

- А) скорости движения молекул
- Б) температуры
- В) объема
- Г) работы

4. Изменение внутренней энергии системы происходит из-за:

А) совершения работы

Б) сообщению системе количества теплоты

В) совершения работы и сообщению системе количества теплоты

5. Работа внешних сил и работа газа связаны равенством:

А) $A = -A'$

Б) $A = A'$

В) $A = kA'$

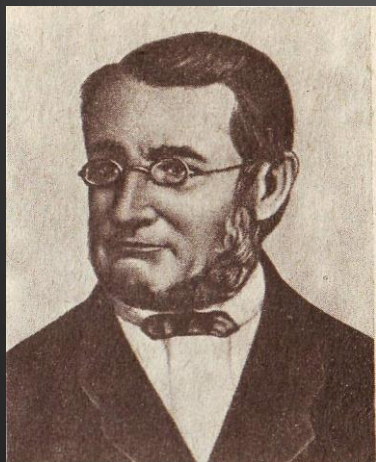
Повторение

- 1) Определение внутренней энергии
- 2) От чего зависит внутренняя энергия?
- 3) Внутренняя энергия одноатомного идеального газа
- 4) Способы изменения внутренней энергии.
- 5) Виды теплопередачи
- 6) Формула работы газа, работы внешних сил.
- 7) Изопроцессы. Определения, закон.
- 8) Закон сохранения энергии.

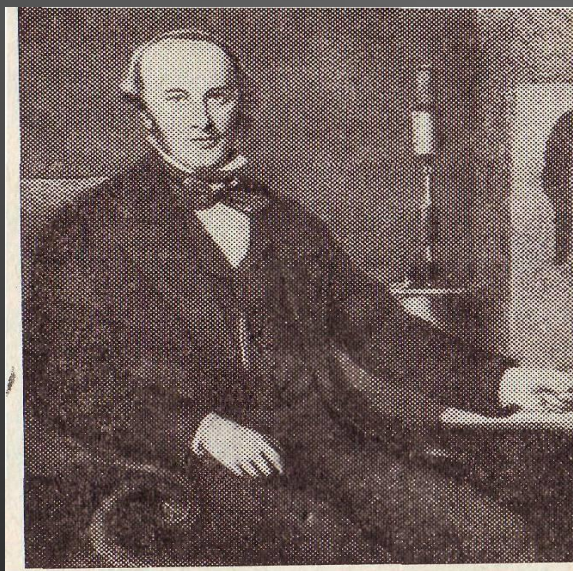


Закон сохранения энергии

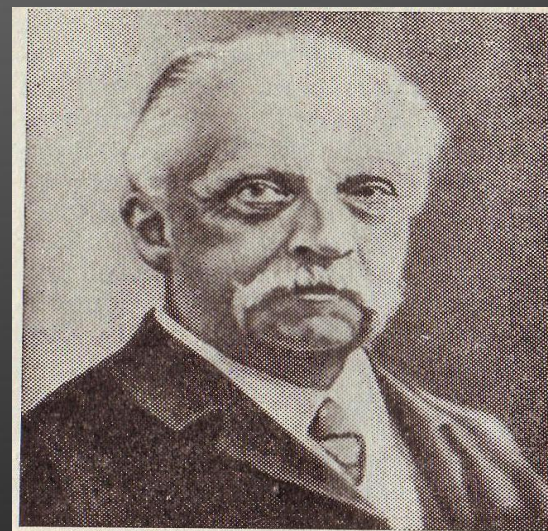
Р. Майер
(1814–1878)



Д. Джоуль
(1818-1889)



Г. Гельмгольц
1821-1894



Из истории открытия первого закона термодинамики

- ▶ Роберт Юлиус Майер
- ▶ Джеймс Прескотт Джоуль
- ▶ Герман Гельмгольц
- ▶ Эмиль Христианович Ленц

Роберт Юлиус Майер



- ▶ Майер по профессии врач, работал некоторое время судовым врачом. Однажды штурман сказал ему, что во время сильной бури вода нагревается. Майер занес замечание штурмана в свой дневник и впоследствии проверил его (наши восьмиклассники тоже проверяли, а вы сможете это сделать?).
- ▶ В порту у берегов Явы он заметил, что кровь матросов значительно светлее венозной крови жителей умеренных поясов. Местные врачи объяснили, что такой цвет крови – обычное явление для этих мест.
- ▶ Роберт Майер установил количественное соотношение между теплотой и работой и первый вычислил значение механического эквивалента тепла.

Джеймс Прескотт Джоуль



Джеймс Прескотт Джоуль
1818—1889

- ✦ Джоуль – английский промышленник, его занимала мысль о создании максимально экономного двигателя. Видимо, в ходе его экспериментальных работ у него возникла мысль о соотношении между полученной работой и затраченной энергией.
- ✦ В юности он занимался экспериментальными исследованиями в области электромагнетизма и обнаружил нагревание проводников, по которым протекал ток.
- ✦ В 1849г. Джоуль опубликовал описание опыта, ставшего классическим, являющимся доказательством выполнения закона сохранения и превращения энергии.
- ✦ «Могучие силы природы неразрушимы и во всех случаях , когда затрачивается механическая сила, получается точное эквивалентное количество теплоты» Д. Джоуль.

Герман Гельмгольц



Г. Гельмгольц
1821 - 1894

- ✦ Гельмгольц окончил Медико-хирургический институт в Берлине, работал военным хирургом в гусарском полку.
- ✦ Одновременно с Майером и независимо от него, тоже с теоретических позиций закон сохранения энергии разрабатывал Гельмгольц.
- ✦ «Целью настоящего исследования ... являлось желание доказать теоретическую, практическую и эвристическую важность этого закона».

Г. Гельмгольц

Эмиль Христианович Ленц



1804-1865

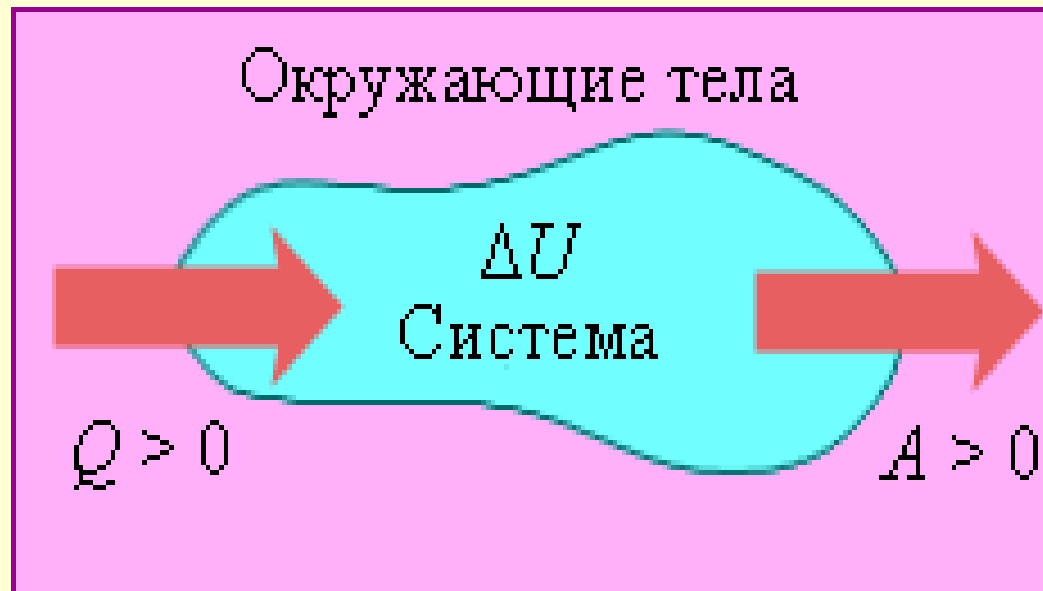
- ▶ В 1820 году поступил в университет, в 1823 – 1826г.г. в должности физика принимал участие в кругосветной экспедиции.
- ▶ При изучении теплового действия тока Ленц открыл независимо от Джоуля закон, который носит теперь имя Джоуля – Ленца.
- ▶ Свой результат Ленц получил раньше Джоуля, метод был более совершенным, результаты более точными, однако публикация Джоуля опередила публикацию Ленца.

ПЕРВОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ

- ▶ Первое начало термодинамики представляет собой закон сохранения энергии, один из всеобщих законов природы (наряду с законами сохранения импульса, заряда и симметрии):
 - ▶ *Энергия не уничтожается и не создается;*
 - ▶ *она может только переходить из одной формы в другую в эквивалентных соотношениях*

- ▶ **Первое начало термодинамики**
- ▶ *- представляет собой постулат – оно не может быть доказано логическим путем или выведено из каких-либо более общих положений.*
- ▶ *Истинность этого постулата подтверждается тем, что ни одно из его следствий не находится в противоречии с опытом.*
- ▶ **Еще некоторые формулировки первого начала термодинамики:**
- ▶ *Полная энергия изолированной системы постоянна;*
- ▶ *Невозможен вечный двигатель первого рода (двигатель, совершающий работу без затраты энергии).*

Обмен энергией между термодинамической системой и окружающими телами в результате теплообмена и совершаемой работы



1 закон термодинамики:

1. Изменение внутренней энергии системы при переходе её из одного состояния в другое равно сумме работы внешних сил и количества теплоты, переданной системе.

$$\Delta U = A_{\text{вн}} + Q$$

ИЛИ т.к. $A_{\text{вн}} = -A_{\Gamma}$, значит $\Delta U = -A_{\Gamma} + Q$

$$Q = \Delta U + A_{\Gamma}$$

2. Количество теплоты, переданное системе, идет на изменение её внутренней энергии и на совершение системой работы над внешними телами.

Первый закон термодинамики

Изменение ΔU внутренней энергии системы при переходе ее из одного состояния в другое равно сумме работы A внешних сил и количества теплоты Q , переданного системе

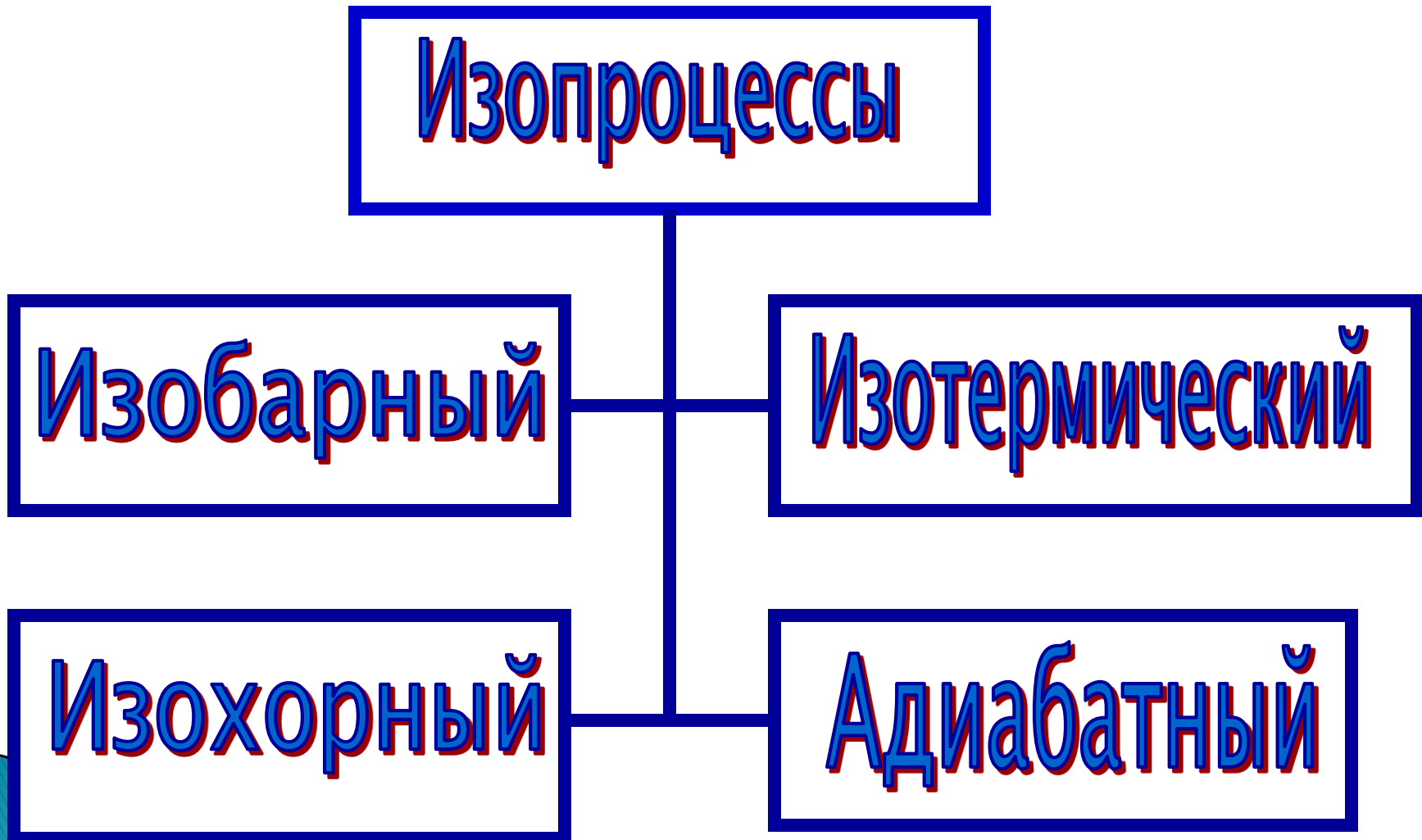
$$\Delta U = Q + A$$

***Вторая запись
первого закона
термодинамики***

$$Q = \Delta U + A'$$

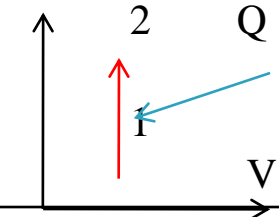
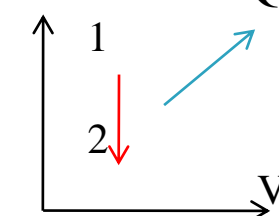
Количество теплоты, полученное системой, идет на изменение ее внутренней энергии и на совершение системой работы над внешними телами.

Виды изопроцессов

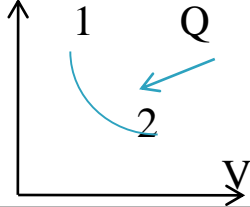
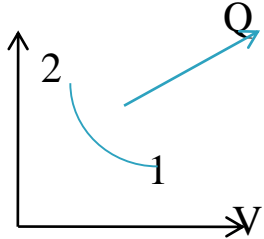


Применение 1 закона термодинамики к изопроцессам.

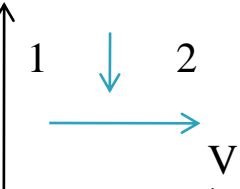
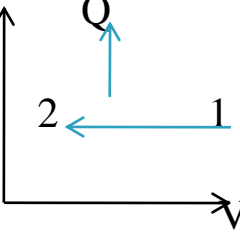
Изохорный процесс

Название процесса	График	Запись закона	Формулы	Физический смысл
Изохорный $V = \text{const}$	<p>Нагревание $Q > 0, A = 0$</p> 	$\Delta U = Q$	$\Delta U > 0$ $\Delta U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} R \Delta T$ $\Delta U = \frac{3}{2} \Delta p V$	Внутренняя энергия газа увеличивается за счет подводимого тепла
	<p>Охлаждение $Q < 0, A = 0$</p> 	$\Delta U = -Q$	$\Delta U < 0$	Внутренняя энергия газа уменьшается за счет того, что газ отдает тепло окружающей среде.

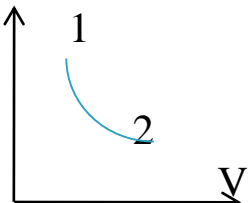
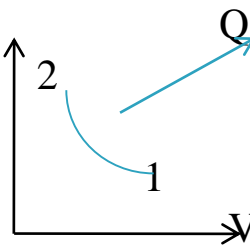
Изотермический процесс

Название процесса	График	Запись закона	Формулы	Физический смысл
Изотермический $T = \text{const}$	Расширение $Q > 0, A_{\Gamma} > 0$ 	$\Delta U = 0$ $Q = A_{\Gamma}$	$A_{\Gamma} = Q = \frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1}$	Всё переданное газу тепло идет на совершение им же работы.
	Сжатие $Q < 0, A_{\Gamma} < 0$ 	$\Delta U = 0$ $A_{\text{вн}} = -Q$	$A_{\text{вн}} = -Q = -\frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1}$	При совершении работы внешними силами газ отдает тепло окружающей среде

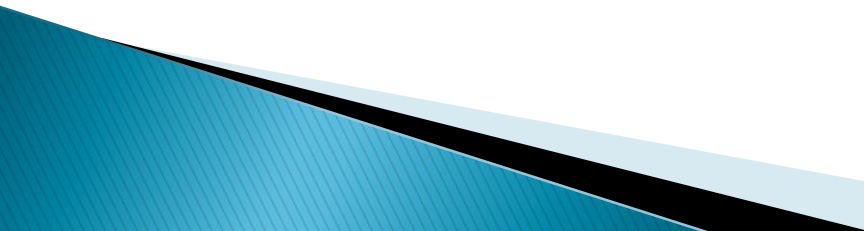
Изобарный процесс

Название процесса	График	Запись закона	Формулы	Физический смысл
Изобарный $p = \text{const}$	Расширение (нагревание) $Q > 0, A_{\Gamma} > 0$ 	$Q = \Delta U + A_{\Gamma}$	$\Delta U > 0$ $\Delta U = \frac{3}{2} p \cdot \Delta V = \frac{3}{2} \frac{m}{M} R \Delta T$ $A_{\Gamma} = p \cdot \Delta V = \frac{m}{M} R \Delta T$ $Q = \Delta U + A_{\Gamma} = \frac{5}{2} p \cdot \Delta V = \frac{5}{2} \frac{m}{M} R \Delta T$	Всё переданное газу тепло идет на совершение им же работы.
	Сжатие (Охлаждение) $Q < 0, A_{\Gamma} < 0$ 	$\Delta U = Q + A_{\text{вн}}$		При совершении работы внешними силами газ отдает тепло окружающей среде

Адиабатный процесс

Название процесса	График	Запись закона	Формулы	Физический смысл
Изотермический $T = \text{const}$	<p>Расширение $Q=0, A_{\Gamma} > 0$</p> 	$\Delta U = -A_{\Gamma}$		Внутренняя энергия уменьшается за счет того, что газ сам совершает работу. Газ охлаждается
	<p>Охлаждение $Q < 0, A_{\Gamma} < 0$</p> 	$A_{\text{вн}} = \Delta U$		Внутренняя энергия газа увеличивается за счет совершения работы внешними силами над системой. Газ нагревается

Вывод

- ▶ Внутренняя энергия идеального газа не изменяется только при изотермическом процессе.
 - ▶ При изохорном она меняется за счет теплопередачи.
 - ▶ При изобарном внутренняя энергия меняется как за счет теплопередачи, так и за счет совершения работы.
 - ▶ Адиабатный процесс происходит в теплоизолированной системе. Изменение энергии равно работе внешних сил.
- 

Тренировочные задачи.

1 закон термодинамики.

1. Идеальный газ получил количество теплоты, равное 300 Дж, и совершил работу, равную 100 Дж. Как изменилась внутренняя энергия газа?
 - А. увеличилась на 400 Дж
 - Б. увеличилась на 200 Дж
 - В. уменьшилась на 400 Дж
 - Г. уменьшилась на 200 Дж
2. Идеальный газ совершил работу, равную 100 Дж, и отдал количество теплоты, равное 300 Дж. Как при этом изменилась внутренняя энергия?
 - А. увеличилась на 400 Дж
 - Б. увеличилась на 200 Дж
 - В. уменьшилась на 400 Дж
 - Г. уменьшилась на 200 Дж

3. Идеальный газ совершил работу, равную 300 Дж. При этом внутренняя энергия уменьшилась на 300 Дж. Каково значение количества в этом процессе?

А. отдал 600 Дж

Б. отдал 300 Дж

В. получил 300 Дж

Г. не отдавал и не получал теплоты.

4. Идеальный газ совершил работу, равную 300 Дж. При этом его внутренняя энергия увеличилась на 300 Дж. Какое количество теплоты получил газ?

А. отдал 600 Дж

Б. отдал 300 Дж

В. получил 600 Дж

Г. получил 300 Дж

Необратимые процессы – это процессы, которые самопроизвольно могут протекать только в одном направлении.

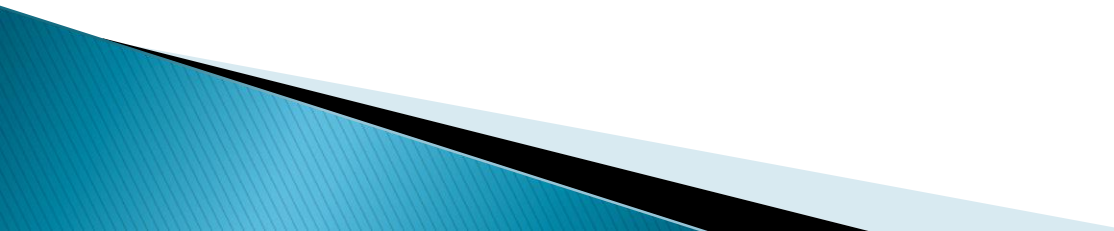
Второй закон термодинамики.

Формулировка Клаузиуса (1850):

невозможен процесс, при котором тепло самопроизвольно переходило бы от тел менее нагретых к телам более нагретым.

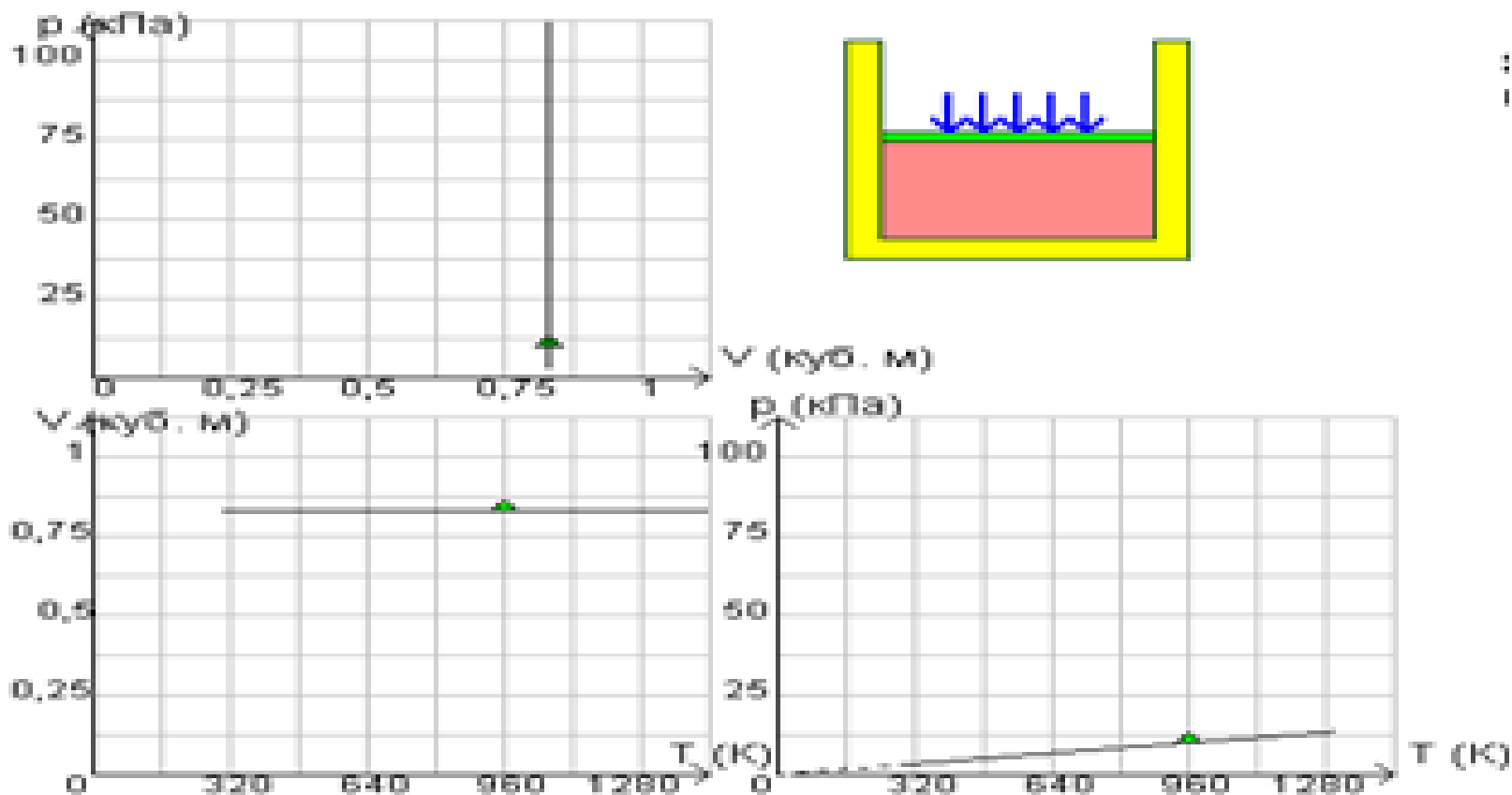


Необратимость процессов в природе.

- ▶ Передача тепла от более нагретого тела к менее нагретому.
 - ▶ Колебания маятника.
 - ▶ Старение организмов.
- 

Применим первый закон термодинамики к изопроцессам в газах.

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



Газ работы не совершает, $A=0$

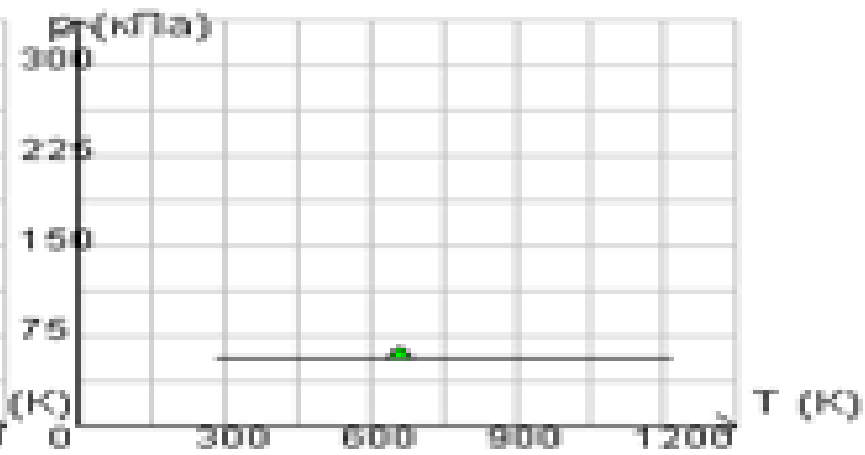
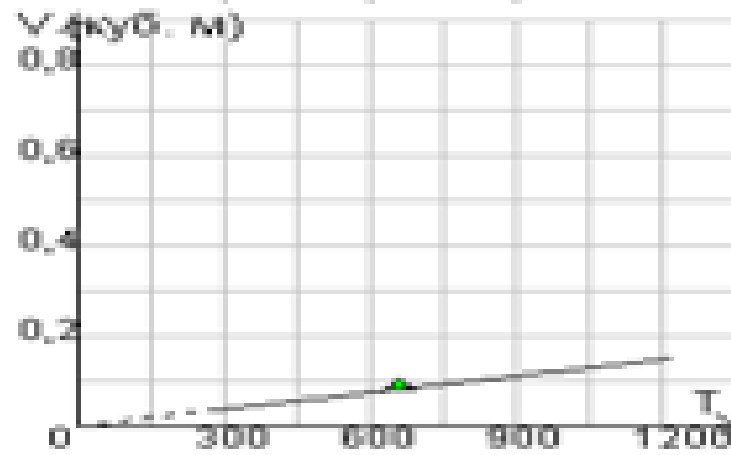
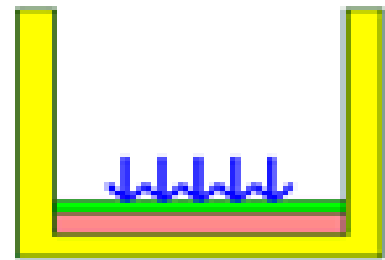
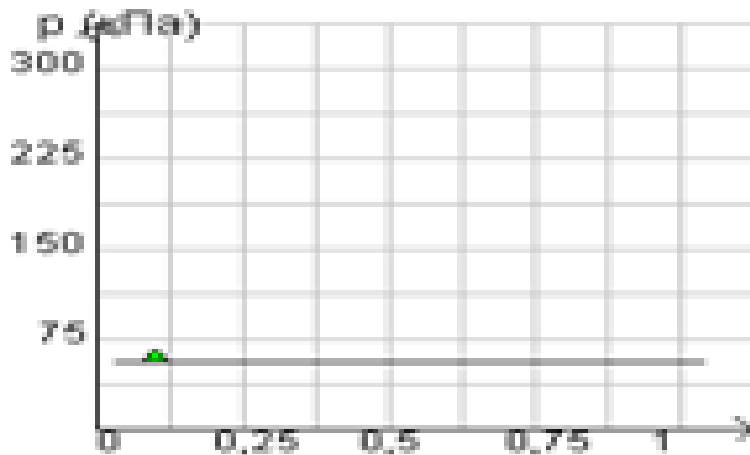
Первый закон термодинамики
для изохорного процесса

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

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



*Работа, совершаемая газом,
выражается соотношением*

p–давление

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

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

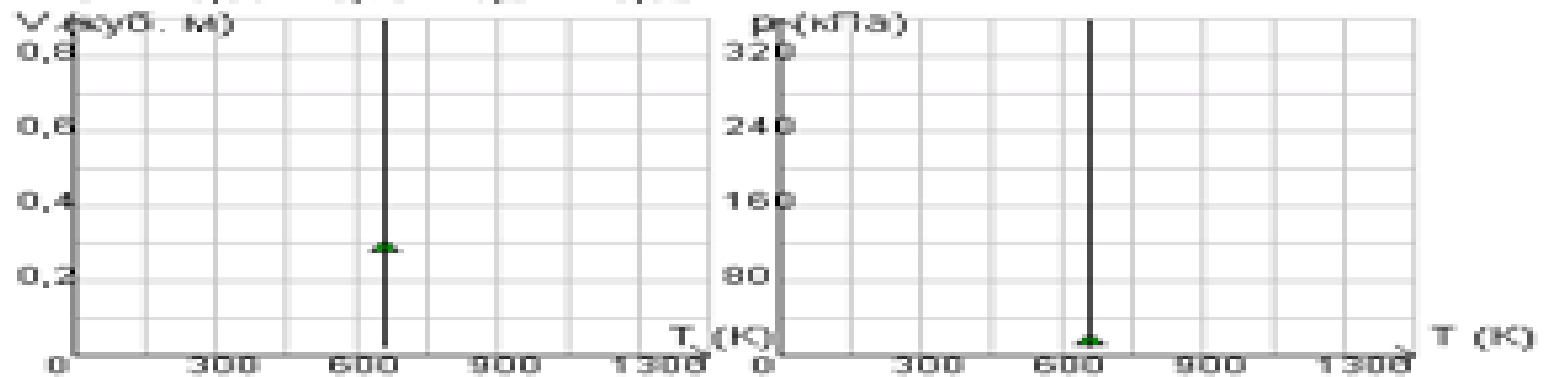
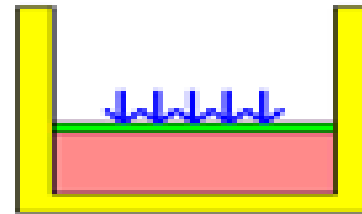
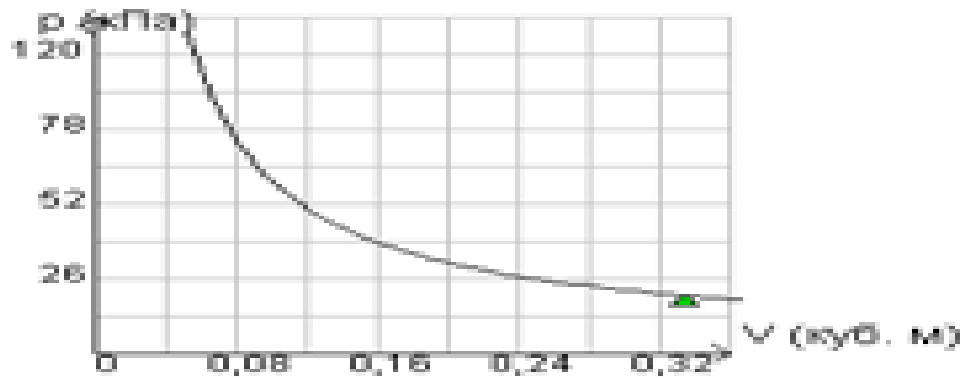
Применим первый закон термодинамики к изопроцессам в газах.

Первый закон термодинамики для изобарного процесса :

$$Q = U(T_2) - U(T_1) + p(V_2 - V_1) = \Delta U + p \Delta V$$

Применим первый закон термодинамики к изопроцессам в газах.

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

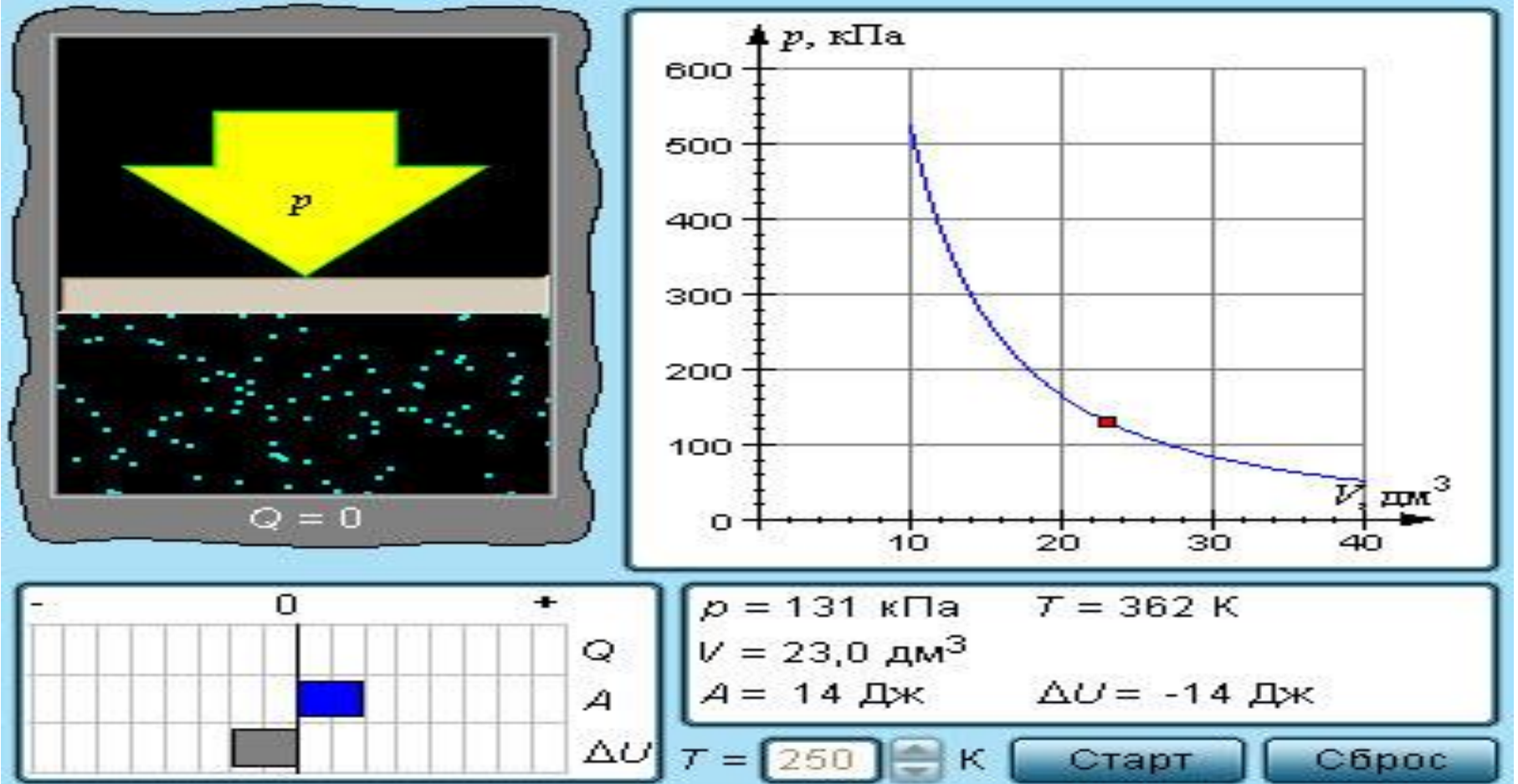


Первый закон термодинамики
для изотермического процесса
выражается соотношением

$$Q = A$$

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

Адиабатический процесс



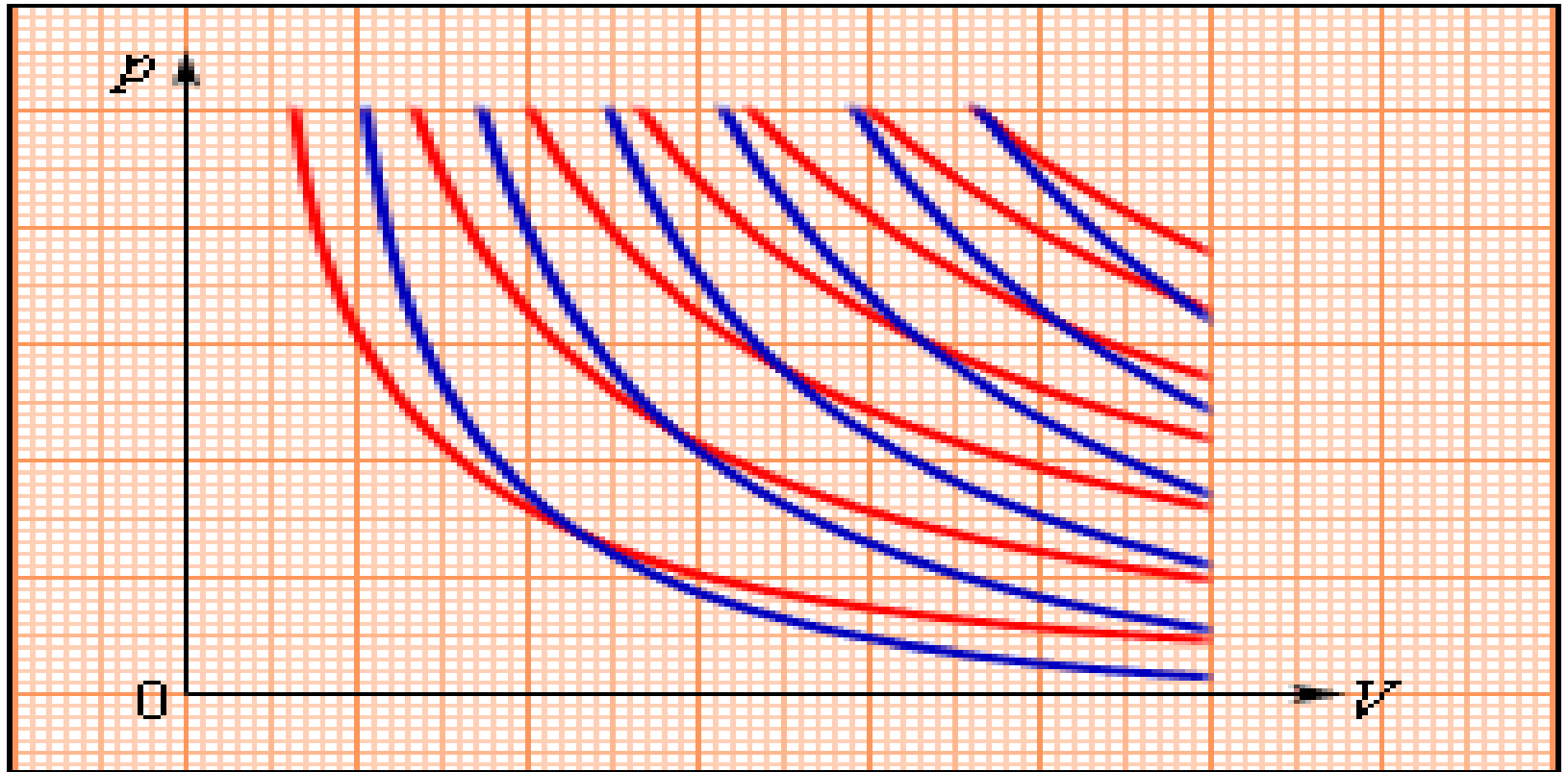
Модель. Адиабатический процесс

В адиабатическом процессе
 $Q = 0$; поэтому первый закон
термодинамики принимает
вид

$$A = -\Delta U$$

газ совершает работу за счет убыли его внутренней энергии.

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

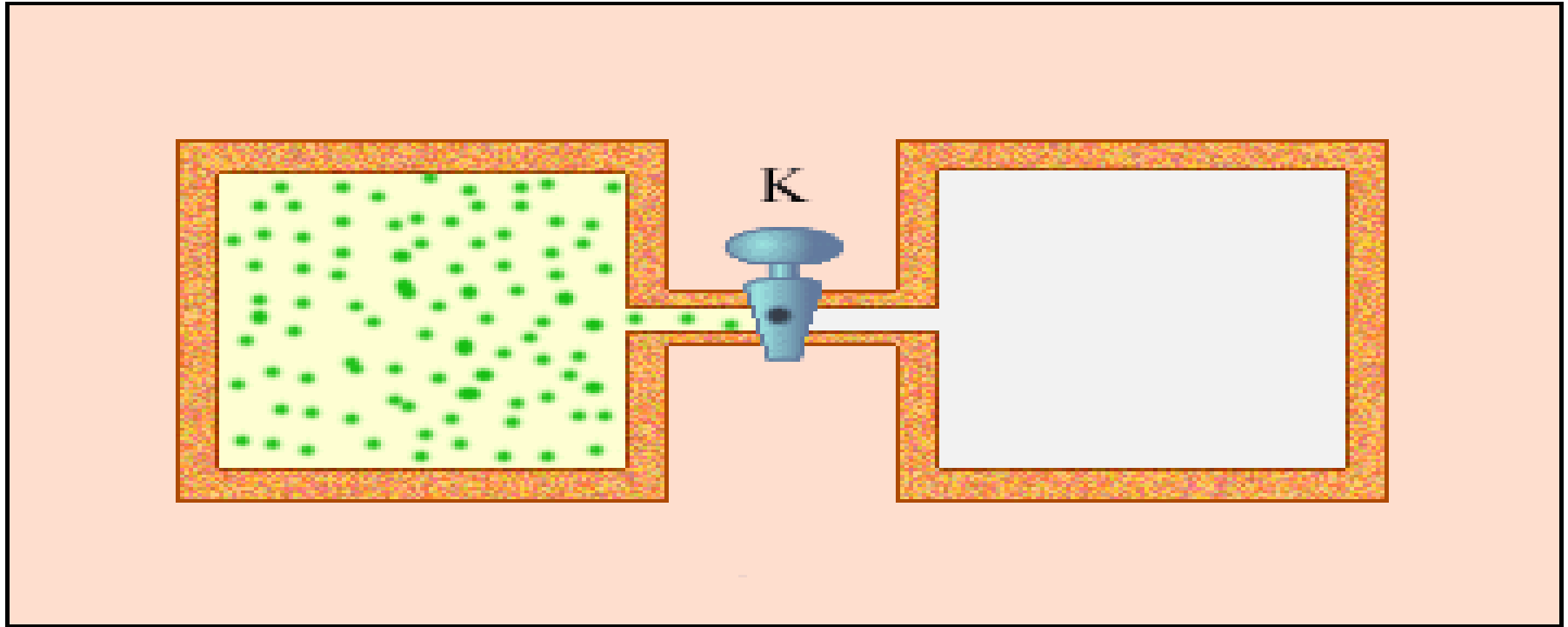


$(A > 0) (\Delta U < 0)$

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

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

Расширение газа в пустоту

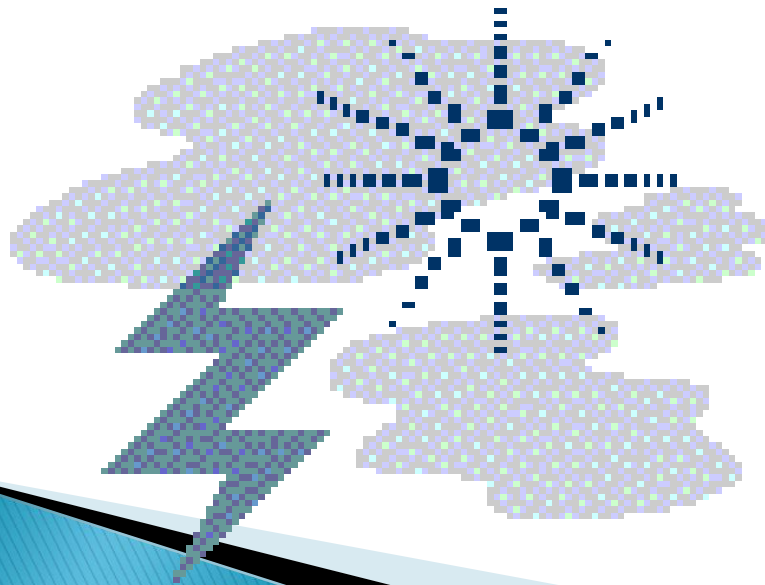


В этом процессе $Q = 0$, т.к. нет теплообмена с окружающими телами, и $A = 0$, т.к. оболочка недеформируема.

Из первого закона термодинамики следует: $\Delta U = 0$, т. е. внутренняя энергия газа осталась неизменной.

Адиабатные процессы в природе

- ▶ Образование облаков.
- ▶ Осадки.



Образование облаков



✦ В летний день земная поверхность имеет более высокую температуру, чем атмосферный воздух.

✦ Слой воздуха, находящийся у поверхности Земли, нагревается сильнее, чем слой, находящийся над ним.

✦ Подъем более теплого воздуха в более высокие слои атмосферы сопровождается его расширением, которое происходит адиабатно и сопровождается его охлаждением.

✦ Водяной пар в воздухе при подъёме, и охлаждаясь на некоторой высоте из ненасыщенного становится пересыщенным, при этом происходит конденсация пара и образуется облако,



Осадки



✦ Если процесс конденсации пара в облаке идет более интенсивно, чем процесс испарения, капель воды на поверхности облака, развитие облака может завершиться выпадением дождя, снега или града.

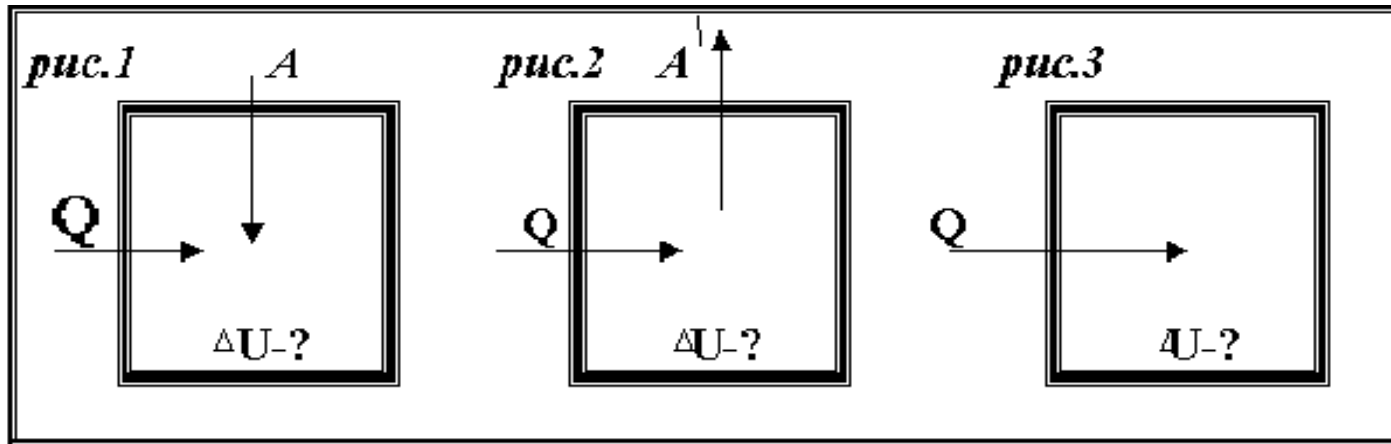
✦ Когда размер капли станет таким, что скорость её падения превысит скорость подъёма восходящего потока воздуха в облаке, капли падающие вниз, сливаясь с более мелкими, поднимающимися вверх выпадают в виде дождя.

✦ Если вершина облака состоит из кристалликов льда, то возможно выпадение осадков в виде снега или града.



Закрепление изученного.

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



Ответы:

$$\Delta U = A + Q$$

$$\Delta U = Q - A'$$

$$\Delta U = Q$$

Закрепление изученного.

Выберите правильный вариант ответа.

Задание		Варианты ответов				
		1	2	3	4	5
1.Какие параметры изменяются при протекании		p,T	p,V	V,T	p,V,T	p,V,T,m
<i>изобарного</i>	<i>изотермического</i>					
процесса в данной массе газе						
2. $\Delta U = Q + A$,какая величина в этом уравнении равна нулю при протекании		A	Q	ΔU	p ΔU	3/2RT
<i>изохорного</i> <i>процесса</i>	<i>адиабатного</i> <i>процесса</i>					

Изобарный – изменяются
параметры **V,T**

Изохорный – **A=0**

Изотермический –
изменяются
параметры **p,V**

Адиабатный – **Q=0**

Вопросы по теме «Первый закон термодинамики»

- ▶ В чём заключается смысл закона сохранения энергии?
- ▶ К каким системам применим закон сохранения энергии?
- ▶ Как формулируется первый закон термодинамики?
- ▶ В каких системах применим первый закон термодинамики?
- ▶ Что является доказательством справедливости первого закона термодинамики?
- ▶ Как найти работу при изобарном расширении?
- ▶ Как можно сравнить работу, совершенную газом в различных процессах?
- ▶ Почему работа газа при его сжатии отрицательна?
- ▶ Почему работа газа в круговом процессе не равна нулю?
- ▶ Как изменяется внутренняя энергия газа при изотермическом процессе?
- ▶ Какая связь между изменением внутренней энергии идеального газа и переданным ему количеством теплоты при изохорном процессе?
- ▶ Как изменяется внутренняя энергия идеального газа при изобарном сжатии?
- ▶ Какой процесс изменения состояния газа называется адиабатным? Как этот процесс может быть осуществлён? Как изменяется при этом температура газа?