

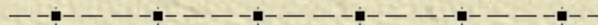
«За основу тут мы берём положение такое:

*Из ничего не творится ничего*»

Лукреций Кар, «О природе вещей»

# *Первый закон термодинамики*

**Закон сохранения энергии для тепловых  
процессов**



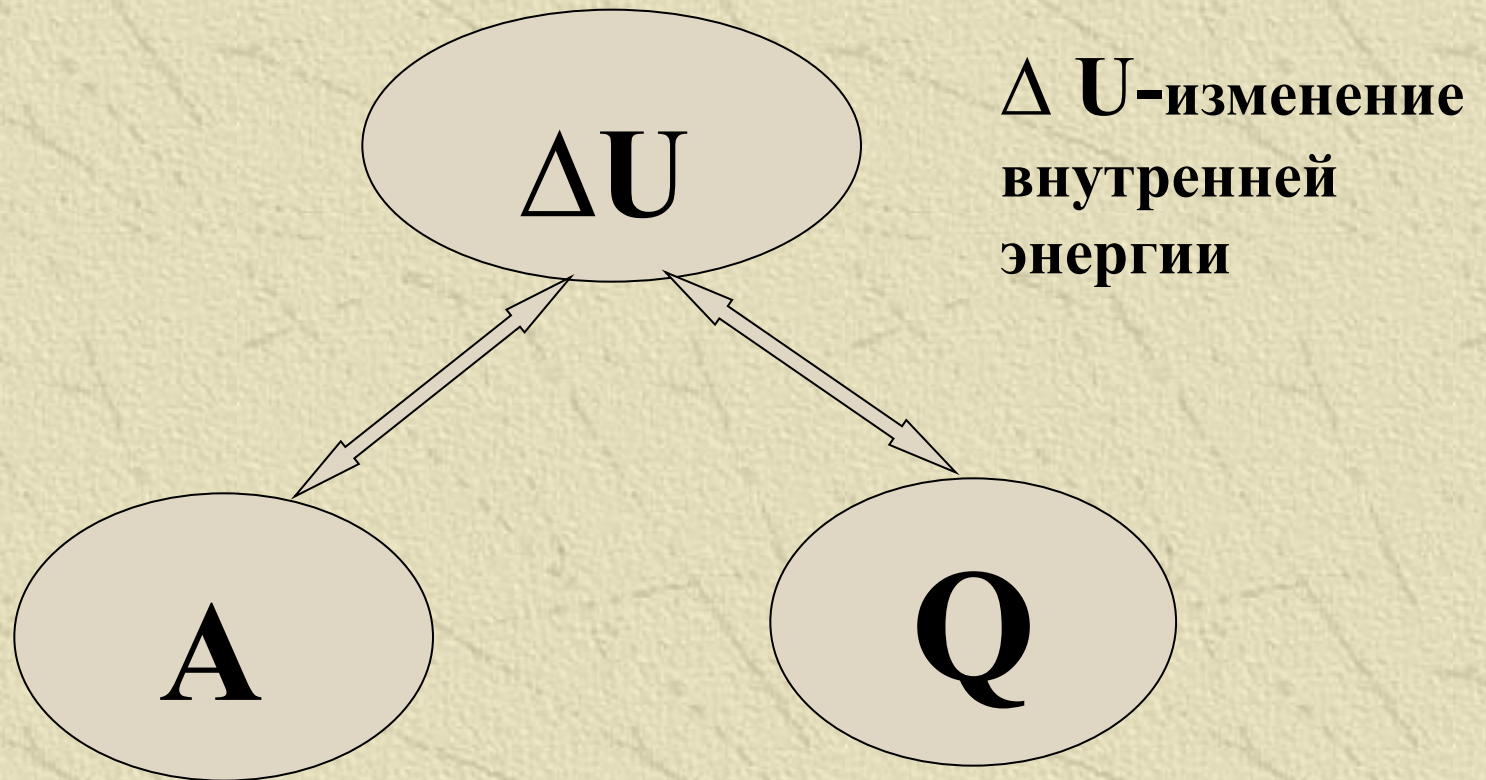
# Что надо выяснить:

---

- Выполнение закона сохранения энергии в тепловых процессах.
- Как применить закон сохранения энергии к изопроцессам.
- Что такое адиабатный процесс.
- Роль ученых в открытии закона сохранения энергии.

# Способы изменения внутренней энергии

---



$A$ - работа

$Q$ -количество теплоты





# Первый закон термодинамики

---

$A_{\text{вн}}$  - работа  
внешних сил

$Q$ -количество  
теплоты

$\Delta U$ -изменение  
внутренней  
энергии

$$\Delta U = Q + A_{\text{вн}}$$

В термодинамической системе изменение внутренней энергии равно сумме количества переданной теплоты и работы внешних сил.

# В изолированной системе

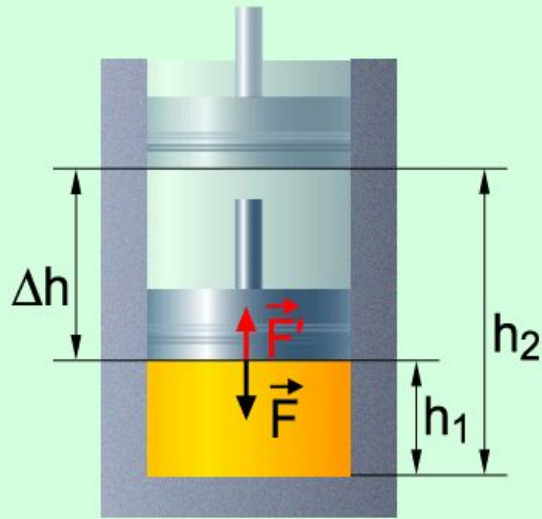
- Изолированная система не обменивается теплотой с окружающими телами ( $Q=0$ ).
- Над ней не совершается работа внешними силами ( $A_{\text{вн}} = 0$ )

Следовательно:  $\Delta U = U_2 - U_1 = 0$

или  $U_2 = U_1 = \text{const}$

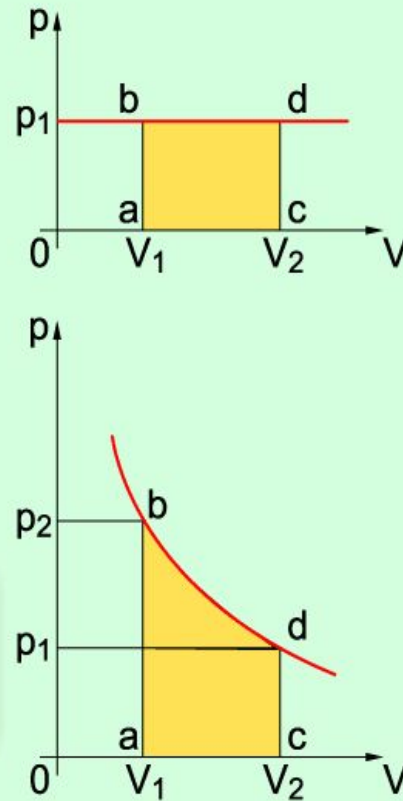
**Внутренняя  
энергия  
замкнутой,  
изолированной  
системы  
сохраняется.**

# Работа, совершаемая газом, и первый закон термодинамики



$$A' = F' \Delta h = pS(h_2 - h_1) = p(S h_2 - S h_1)$$

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



$$Q = \Delta U + A$$

Количество теплоты, подведённое к системе, идёт на изменение её внутренней энергии и на совершение системой работы над внешними телами.

$$\Delta U = Q + A_{\text{вн}}'; \quad A_{\text{вн}} = F_{\text{вн}} h, \quad F' = -F_{\text{вн}},$$

значит  $A_{\text{вн}} = -A'$ , сл-но:  $(A' = A, F' = F)$



# *Первый закон термодинамики для изопроцессов*

---

- *Изохорный процесс*
- *Изотермический процесс*
- *Изобарный процесс*
- *Адиабатный процесс*



# Изохорный процесс ( $V = \text{const}$ )



- $\Delta V = 0$ , поэтому

газ работы не  
совершает

т.е.  $A = 0$ .

- $Q = \Delta U$

- $\Delta U = U_2 - U_1$ ;

$$U_2 = imRT_2/2M;$$

$$U_1 = imRT_1/2M;$$

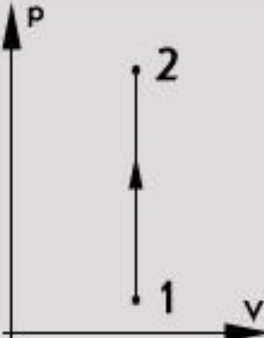
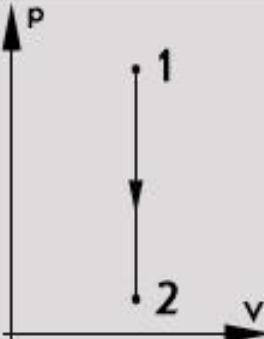
$$Q = \Delta U$$

$$\Delta U = imR \Delta T / 2M.$$



# Применение первого закона термодинамики к изопроцессам

Изохорный процесс

Процесс	Условие процесса	$p, V$ -диаграмма	Первый закон термодинамики применительно к изопроцессу	Изменение внутренней энергии, $\Delta U$	Работа газа, $A$
Изохорное нагревание	$V = \text{const}$		$Q = \Delta U$ ( $Q > 0$ )	$\Delta U = Q$ ( $\Delta U > 0$ )	0
Изохорное охлаждение	$V = \text{const}$		$Q = \Delta U$ ( $Q < 0$ )	$\Delta U = Q$ ( $\Delta U < 0$ )	0



# Изотермический процесс ( $T = \text{const}$ )



- $\Delta T = 0$ ,  
следовательно,  
внутренняя  
энергия  
не изменяется:  $\Delta U$   
 $= 0$ .
- $Q = A$ .

$$Q = A$$

# Применение первого закона термодинамики к изопроцессам

Изотермический процесс

Процесс	Условие процесса	$p, V$ -диаграмма	Первый закон термодинамики применительно к изопроцессу	Изменение внутренней энергии, $\Delta U$	Работа газа, $A$
Изотермическое расширение	$T = \text{const}$		$Q = A$ ( $Q > 0$ )	0	( $A > 0$ )
Изотермическое сжатие	$T = \text{const}$		$Q = A$ ( $Q < 0$ )	0	( $A < 0$ )





# Изобарный процесс ( $p = \text{const}$ )



- При изобарном расширении газа подведённое к нему количество теплоты расходуется как на увеличение его внутренней энергии, так и на совершение работы газом.
- Для изобарного расширения газа при котором увеличивается его температура, требуется большее количество теплоты, чем при изотермическом процессе, где температура газа не меняется.

$$Q = \Delta U + A$$

# Применение первого закона термодинамики к изопроцессам

Изобарный процесс

Процесс	Условие процесса	$p, V$ -диаграмма	Первый закон термодинамики применительно к изопроцессу	Изменение внутренней энергии, $\Delta U$	Работа газа, $A$
Изобарное расширение	$p = \text{const}$		$Q = \Delta U + A$ $(Q > 0)$	$\Delta U = Q - A$ $(\Delta U > 0)$	$p(V_2 - V_1) =$ $= \frac{m}{M} R(T_2 - T_1)$ $(A > 0)$
Изобарное сжатие	$p = \text{const}$		$Q = \Delta U + A$ $(Q < 0)$	$\Delta U = Q - A$ $(\Delta U < 0)$	$p(V_2 - V_1) =$ $= \frac{m}{M} R(T_2 - T_1)$ $(A < 0)$



# Адиабатный процесс

- *Теплоизолированная система – это система, не обменивающаяся энергией с окружающими телами.*
- *Адиабатный процесс – термодинамический процесс в теплоизолированной системе.*

$$Q = \Delta U + A$$

$$\underline{Q = 0}$$

При закачивании воздуха в колбе увеличивается давление, до тех пор, пока не вылетит пробка. При вылете пробки давление резко становится равным атмосферному. Газ в колбе не успевает обменяться теплом с окружающей средой. Таким образом, мы наблюдаем адиабатный процесс. При резком расширении температура в колбе падает и образуется водяной пар, который мы и наблюдаем.



# Применение первого закона термодинамики к изопроцессам

Адиабатный процесс

Процесс	Условие процесса	$p, V$ -диаграмма	Первый закон термодинамики применительно к изопроцессу	Изменение внутренней энергии, $\Delta U$	Работа газа, $A$
Адиабатное расширение	$\Delta Q=0$		$A=-\Delta U$	$\Delta U < 0$	$A > 0$
Адиабатное сжатие	$\Delta Q=0$		$A=-\Delta U$	$\Delta U > 0$	$A < 0$



# 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 идёт 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.



# Из истории открытия первого закона термодинамики

---

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



# Роберт Юлиус Майер

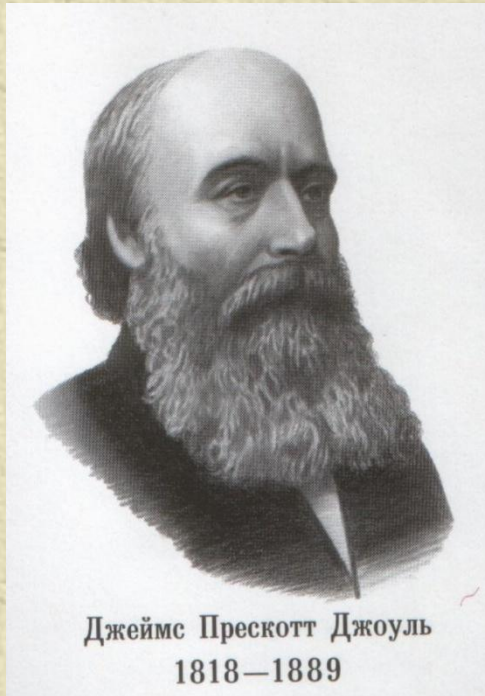


- Майер по профессии врач, работал некоторое время судовым врачом. Однажды штурман сказал ему, что во время сильной бури вода нагревается. Майер занес замечание штурмана в свой дневник и впоследствии проверил его (наши восьмиклассники тоже проверяли, а вы сможете это сделать?).
- В порту у берегов Явы 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



- 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 – 1826 г.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.



# 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?

# Информационные материалы:

---

- Дягилев Ф.М. Из истории физики и жизни её творцов.- М.: Просвещение, 1986.
- Блудов М.И. Беседы по физике. ч.1.- М. Просвещение, 1972.
- Мощанский В.Н. История физики в средней школе.- М.: Просвещение, 1981.
- Касьянов В.А. Физика 10.- М.: Дрофа, 2000.
- Физика 10. Под редакцией А.А. Пинского.- М.: Просвещение, 2001.
- Microsoft Office 2000: Использование Microsoft Office в школе. Учебно – методическое пособие для учителей.
- Виртуальная школа Кирилла и Мефодия, 2003.

