

Тема урока:

I закон термодинамики

$$\Delta U = Q + A$$

ΔU – изменение внутренней энергии системы

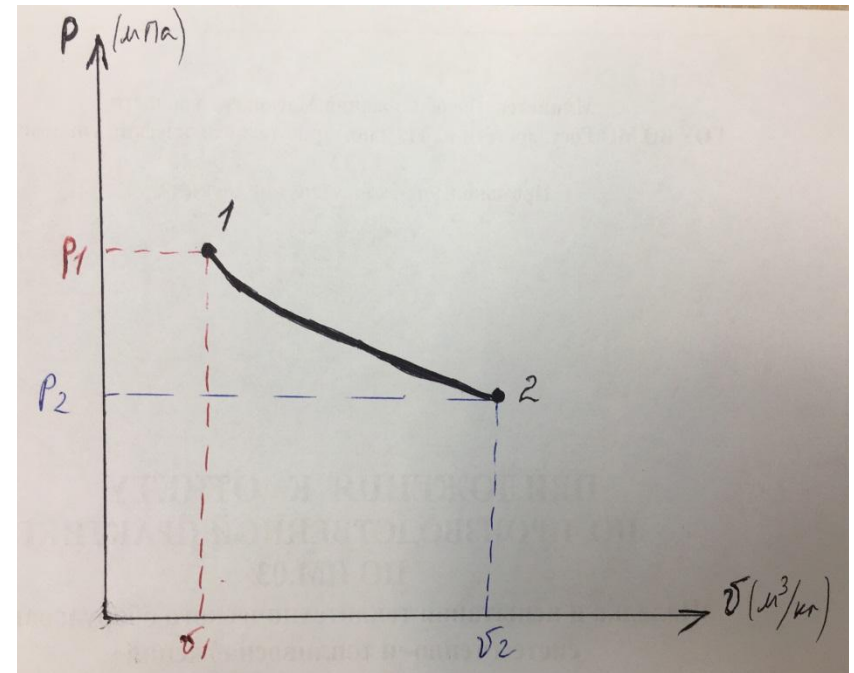
Q – количество теплоты, сообщенное системе

A – работа внешних сил, совершенная над системой

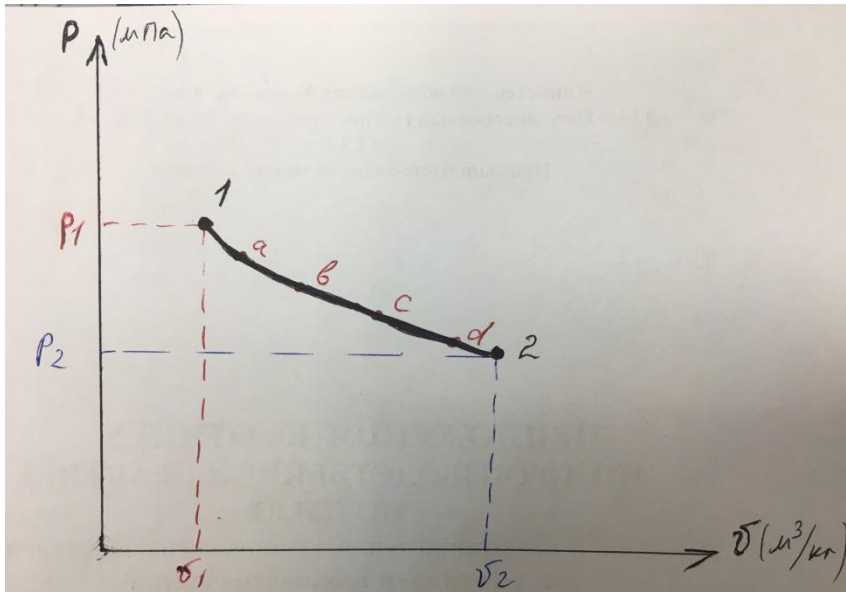
Термодинамический процесс

Термодинамический процесс (процесс) – всякое изменение параметров состояния рабочего тела, происходящее при тепловом и механическом взаимодействии рабочего тела с внешней окружающей средой.

- Для изучения процессов используют их графическое изображение в системе координат P и V – называемый P - V диаграммой.

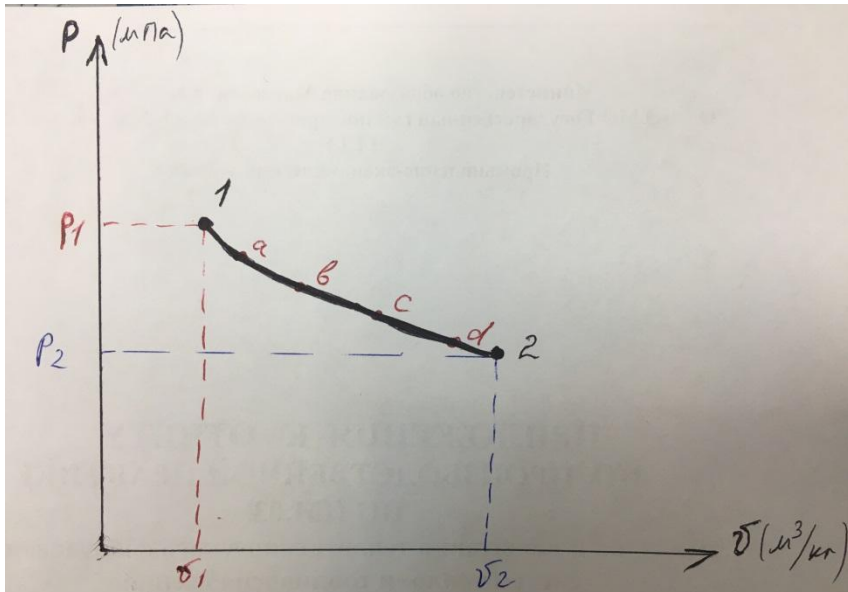


Прямой термодинамический процесс



- Из графика видно, что при переходе газа из начального состояния 1 в конечное состояние 2 (1-a-b-c-d-2) происходит понижение давления и увеличение удельного объема газа - **расширение газа**.
- Такой процесс считается прямым.

Обратный термодинамический процесс

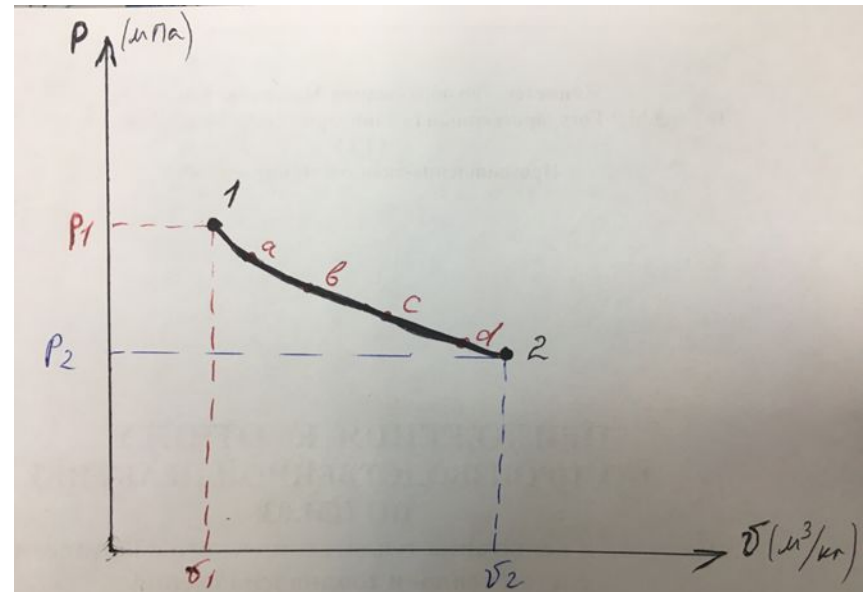


- Из графика видно, что при переходе газа из состояния 2 в состояние 1 (2-d-c-b-a-1) происходит повышение давления и снижение удельного объема газа – **сжатие газа**.
- Такой процесс считается обратным.

Таким образом, **характерным свойством термодинамических процессов является их обратимость.**

Это значит:

- что если при расширении из состояния 1 газ проходит через промежуточные состояния a, b, c, d, то при обратном процессе сжатия из состояния 2 газ проходит через те же промежуточные состояния, но в обратной последовательности d, c, b, a, т.е. возвращается в начальное состояние 1.



Вывод: в результате протекания сначала прямого, а затем обратного процессов в термодинамической системе никаких изменений не произойдет.

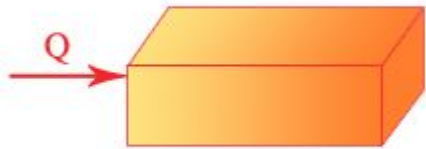
Закон сохранения энергии

Энергия в природе не возникает из ничего и не исчезает: количество энергии неизменно, она только переходит из одной формы в другую.

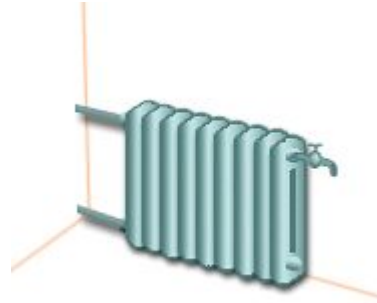
Способы изменения внутренней энергии

Теплопередача

Теплопроводность



Конвекция



Излучение

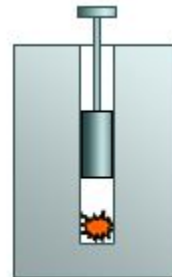


Механическая работа (деформация)

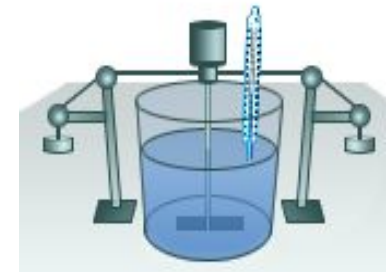
Изменение формы:
сгибание подковы



Изменение объема:
вспыхивание ваты при
сжатии воздуха



Трение: опыт Джоуля



Внутренняя энергия газа

Внутренняя кинетическая энергия

- Зависит от скорости движения и массы молекул.
- Зависит от температуры и при ее повышении увеличивается.

U (кДж) - внутренняя энергия
"т" кг газа

Внутренняя потенциальная энергия

- Обусловлена силами взаимодействия между молекулами и зависит от расстояния между ними.

U ($\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$) - внутренняя энергия
1 кг газа

- Внутренняя энергия газа = 0 при нормальных физических условиях.

Изменение внутренней энергии

$$\Delta U = U_1 - U_2$$

$$\Delta U = C_p (t_2 - t_1) \quad \left[\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right]$$

$$\Delta U = m \cdot \Delta U \quad [\text{кДж}]$$

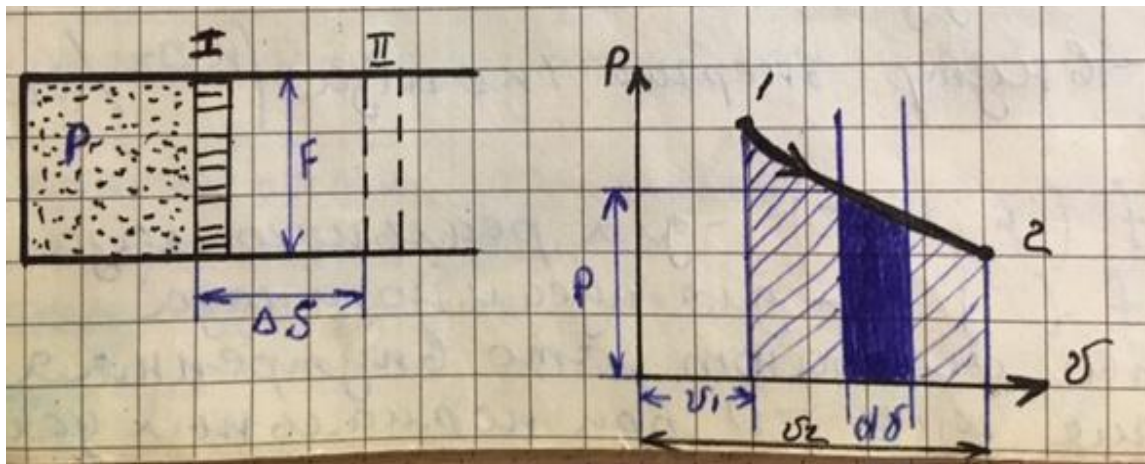
Работа расширения

□ **Работа совершается только при изменении объема.**

- Пусть в цилиндре тепловой машины перемещается поршень площадью F из положения I в положение II. Это перемещение происходит при расширении газа, т.е. с увеличением объема.

- При перемещении поршня на расстояние ΔS 1 кг газа совершит элементарную работу:

$$l = P \cdot F \cdot \Delta S = P \cdot \Delta V$$



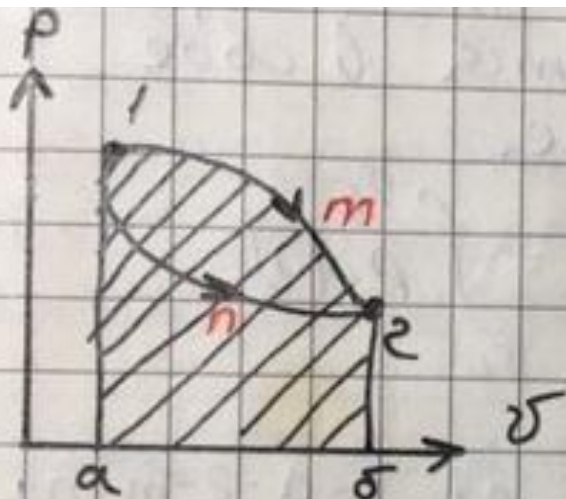
Работа, совершаемая газом

Если $dV > 0$ (газ расширяется), то $dE > 0$
+ - работа расширения положительна
Если $dV < 0$ (газ сжимается), то $dE < 0$
- - работа сжатия отрицательна

$$E = \int_{V_1}^{V_2} P dV$$

- работа, совершаемая газом при любых процессах.

Изображение работы



В p - v диаграмме работа изображается площадью $a12б$.

Отсюда следует, что работа расширения газа зависит от

характера процесса или от пути, которым газ переходит из начального состояния в конечное!

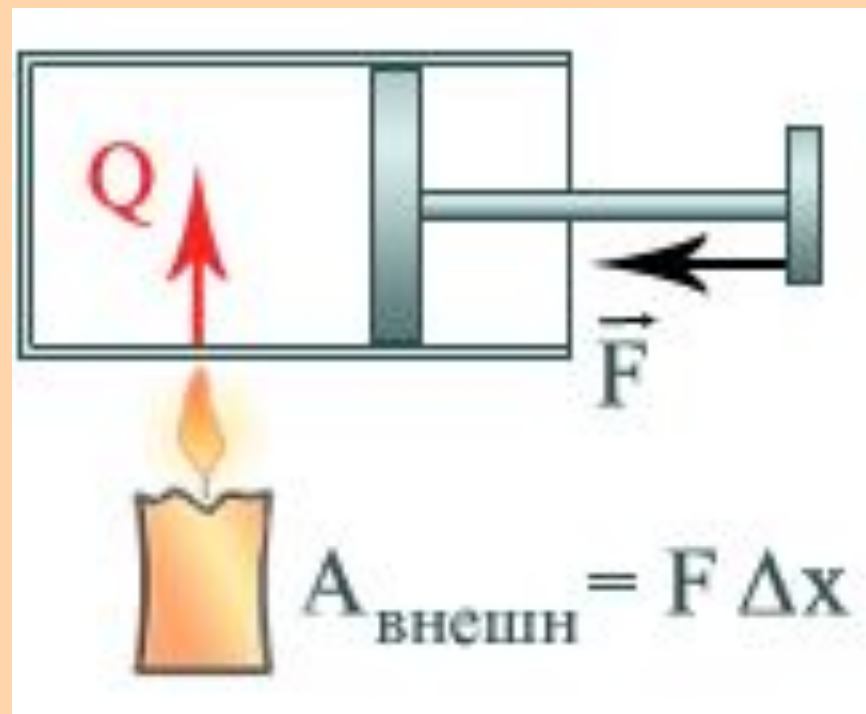
процесс $1-т-2$: работа газа изображается площадью $a1т2б$.

процесс $1-п-2$: площадью $a1п2б$

I закон термодинамики

внутренняя энергия определяется только состоянием системы, причем изменение внутренней энергии системы при переходе ее из одного состояния в другое равно сумме работы внешних сил и количества теплоты, переданного системе:

$$\Delta U = L_{\text{внешн}} + Q$$

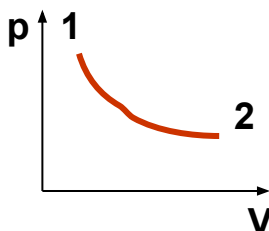
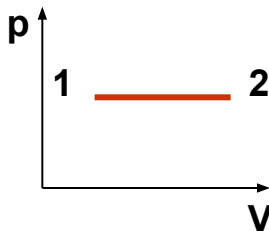
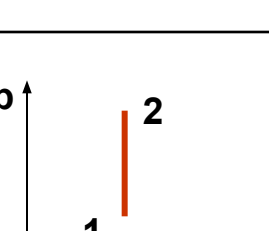


Если при нагревании газ расширяется и при этом совершает работу L , то первый закон термодинамики можно сформулировать по-другому:

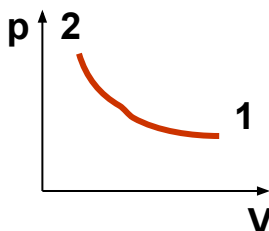
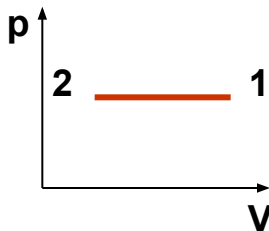
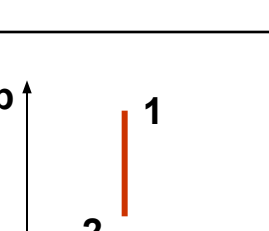
$$Q = \Delta U + L$$

Теплота, подводимая к газу, расходуется на совершение работы и изменение его внутренней энергии.

I закон термодинамики и изопроцессы

НАЗВАНИЕ ПРОЦЕССА	ГРАФИК	ΔU	L	Q	УРАВНЕНИЕ I ЗАКОНА ТД
ИЗОТЕРМ. РАСШИРЕНИЕ		0	$L > 0$	$Q > 0$	$Q = L$
ИЗОБАРИЧ. РАСШИРЕНИЕ		$\Delta U > 0$	$L > 0$	$Q > 0$	$Q = L + \Delta U$
ИЗОХОРНОЕ НАГРЕВАНИЕ		$\Delta U > 0$	$L = 0$	$Q > 0$	$Q = \Delta U$

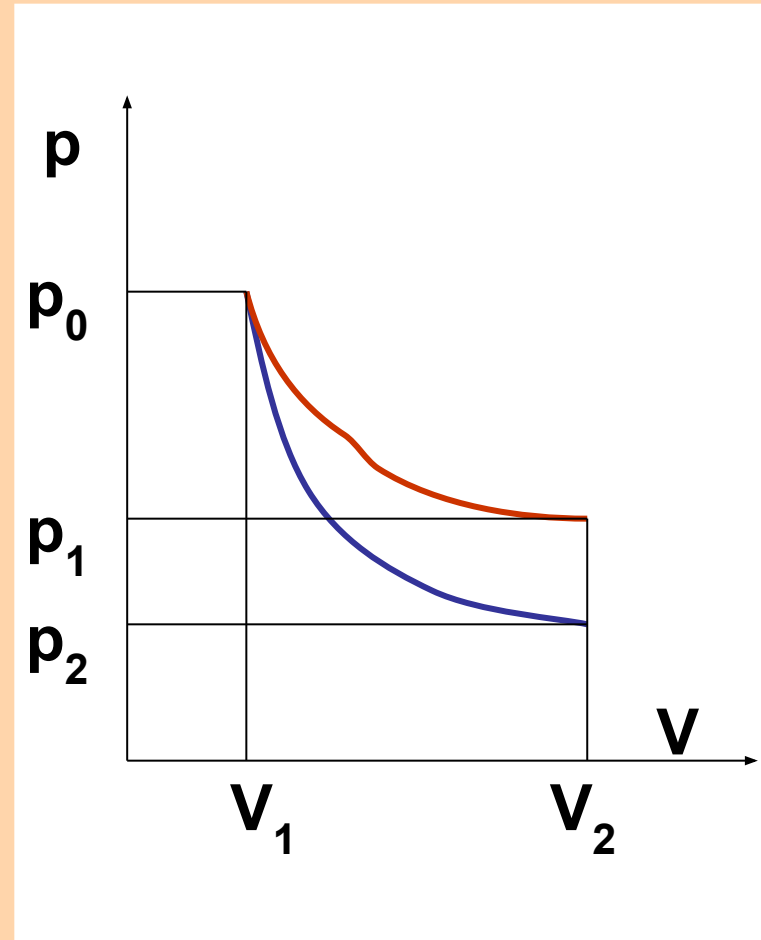
I закон термодинамики и изопроцессы

НАЗВАНИЕ ПРОЦЕССА	ГРАФИК	ΔU	L	Q	УРАВНЕНИЕ I ЗАКОНА ТД
ИЗОТЕРМ. СЖАТИЕ		0	$L < 0$	$Q < 0$	$Q = L$
ИЗОБАРИЧ. СЖАТИЕ		$\Delta U < 0$	$L < 0$	$Q < 0$	$Q = L + \Delta U$
ИЗОХОРНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ		$\Delta U < 0$	$L = 0$	$Q < 0$	$Q = \Delta U$

Адиабатный процесс

– это модель термодинамического процесса, происходящего в системе без теплообмена с окружающей средой.

Линия на термодинамической диаграмме состояний системы, изображающая равновесный (обратимый) адиабатический процесс, называется *адиабатой*.



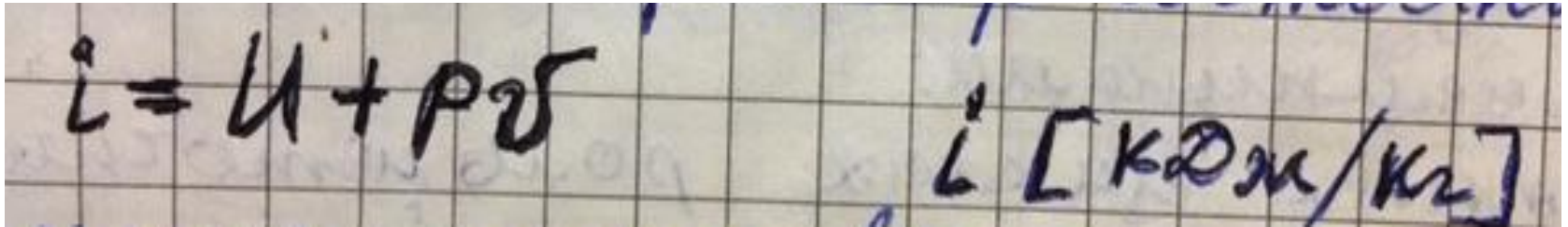
I закон термодинамики и изопроцессы

НАЗВАНИЕ ПРОЦЕССА	ГРАФИК	ΔU	L	Q	УРАВНЕНИЕ I ЗАКОНА ТД
АДИАБАТНОЕ РАСШИРЕНИЕ		$\Delta U < 0$	$L > 0$	$Q = 0$	$\Delta U = -L$ $\Delta U = L$
АДИАБАТНОЕ СЖАТИЕ		$\Delta U > 0$	$L < 0$	$Q = 0$	$\Delta U = -L$ $\Delta U = L$

————— ИЗОТЕРМА

————— АДИАБАТА

Энтальпия – параметр состояния газа



A photograph of a piece of grid paper with handwritten mathematical formulas. On the left, the formula $i = u + p \cdot v$ is written in blue ink. On the right, the unit $i \text{ [кДж/кг]}$ is written in blue ink.

$$i = u + p \cdot v$$
$$i \text{ [кДж/кг]}$$

Энтальпия – это сумма внутренней энергии газа и произведения давления на объем.

Энтальпия - теплосодержание