

Основы термодинамики

Содержание

- Внутренняя энергия
- Работа в термодинамике
- Количество теплоты
- Первый закон термодинамики
- Принцип действия тепловых двигателей. КПД

Термодинамика – теория тепловых процессов, в которой не учитывается молекулярное строение тел.

Внутренняя энергия

- Определение:

Внутренняя энергия тела – это сумма кинетической энергии хаотического теплового движения частиц (атомов и молекул) тела и потенциальной энергии их взаимодействия

- Обозначение:

U

- Единицы измерения:

[Дж]

Внутренняя энергия идеального одноатомного газа

$$U = N\bar{E}_k,$$

$$N = \frac{m}{M} N_A \text{ — число молекул}$$

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT \text{ — кинетическая энергия одной молекулы}$$



$$U = \frac{3}{2} N_A kT$$

$$(N_A k = R)$$



**Внутренняя энергия
идеального одноатомного газа**

$$U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT$$

***Внутренняя энергия
идеального двухатомного газа***

$$U = \frac{5}{2} \frac{m}{M} RT$$

Так как

$$pV = \frac{m}{M} RT$$

- уравнение Клапейрона – Менделеева,

то внутренняя энергия:

$$U = \frac{3}{2} pV$$

- для одноатомного газа

$$U = \frac{5}{2} pV$$

- для двухатомного газа.

Изменение внутренней энергии тела ΔU

Совершение
работы A

Теплообмен Q

теплопроводность

излучение

конвекция

над
телом

самим
телом

$\Delta U \blacktriangle$

$\Delta U \blacktriangledown$



Задача Какова внутренняя энергия 5 моль кислорода при 10 0С?

• Дано: "СИ"

• Решение.

Работа в термодинамике

- Работа газа:

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

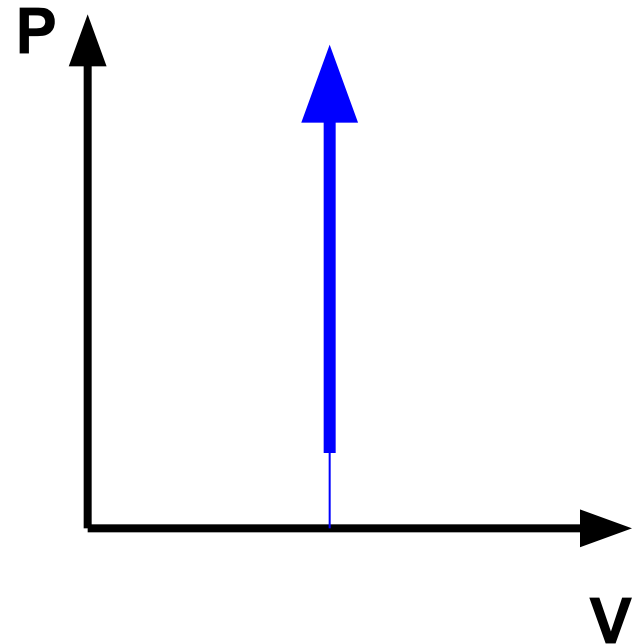
- Работа внешних сил:

$$A = -A'$$

Работа газа при изопроцессах

- При изохорном процессе ($V = \text{const}$):
 $\Delta V = 0$ работа газом не совершается:

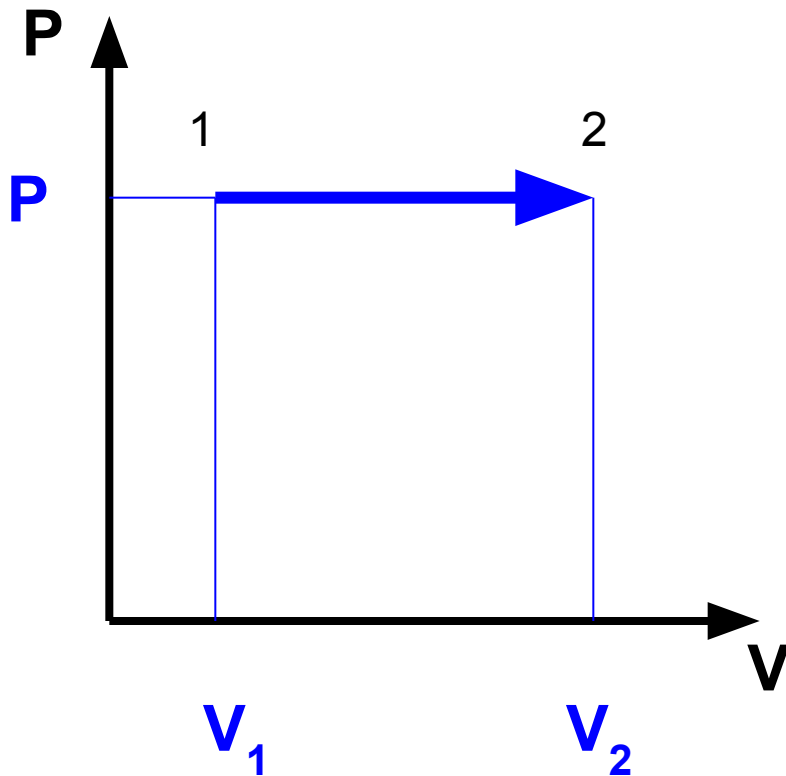
$$A' = 0$$



Изохорное нагревание

- При изобарном процессе ($P = \text{const}$):

$$A' = p \Delta V$$

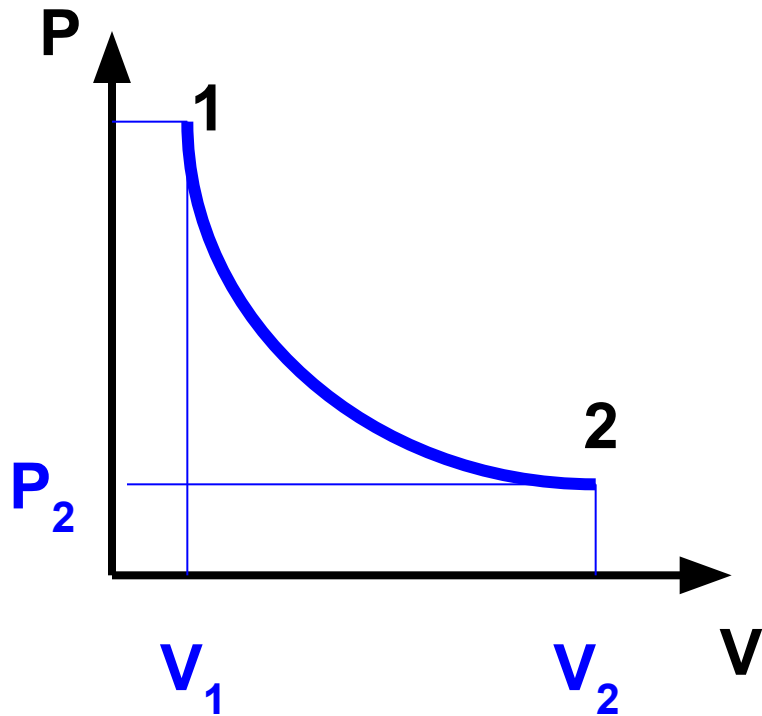


Изобарное расширение

$$A' > 0$$

- При изотермическом процессе ($T = \text{const}$):

$$A' = \frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1}$$

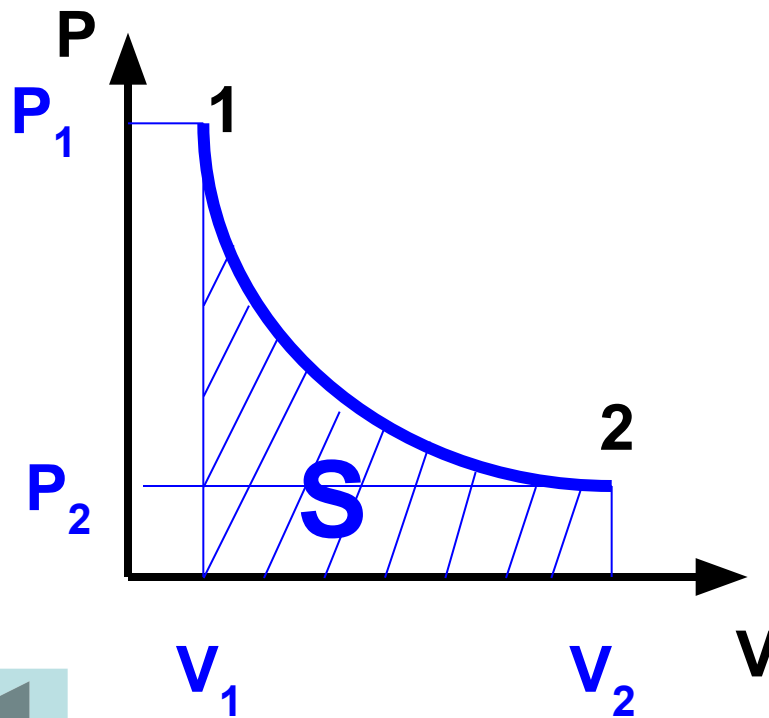
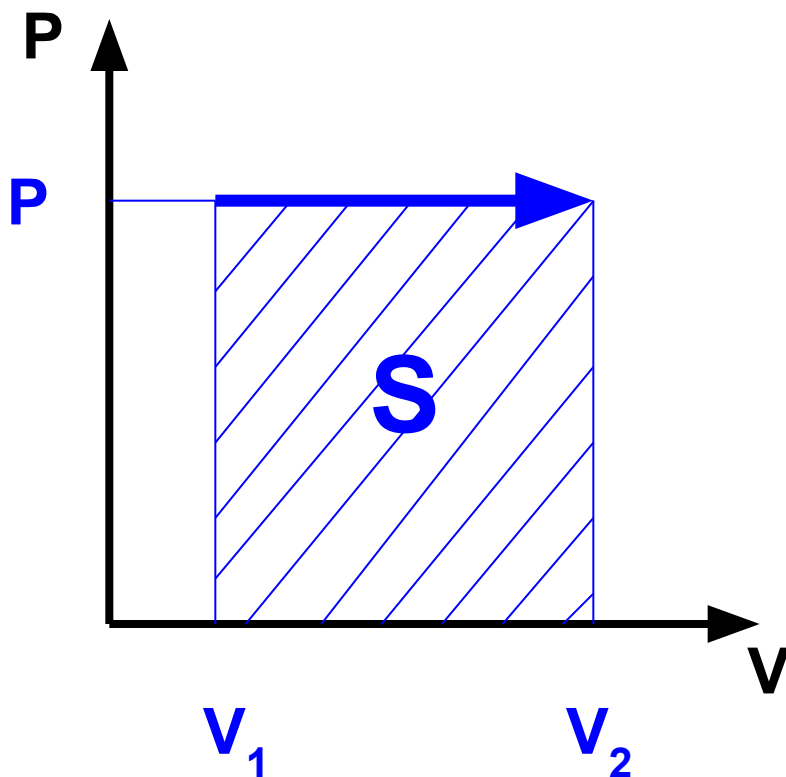


Изотермическое расширение

$$A' > 0$$

Геометрическое истолкование работы:

Работа, совершаемая газом в процессе его расширения (или сжатия) при любом термодинамическом процессе, численно равна площади под кривой, изображающей изменение состояния газа на диаграмме (p, V) .



Количество теплоты – часть внутренней энергии, которую тело получает или теряет при теплопередаче

Процесс	формула	
Нагревание или охлаждение	$Q = cm\Delta T$	c – удельная теплоёмкость вещества [Дж/кг $^{\circ}$ К], m – масса [кг], ΔT – изменение температуры [$^{\circ}$ К].
Кипение или конденсация	$Q = rm$	r – удельная теплота парообразования [Дж/кг]
Плавление или кристаллизация	$Q = \lambda m$	λ - удельная теплота плавления вещества [Дж/кг]
Сгорание топлива	$Q = qm$	q – удельная теплота сгорания топлива [Дж/кг]



Первый закон термодинамики

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

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

$$\Delta U = A + Q$$

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

Применение первого закона термодинамики к различным процессам

Процесс	Постоянный параметр	Первый закон термодинамики
Изохорный	$V = \text{const}$	$\Delta U = Q$
Изотермический	$T = \text{const}$	$Q = A'$
Изобарный	$P = \text{const}$	$Q = \Delta U + A'$
Адиабатный	$Q = \text{const}$	$\Delta U = -A'$



**Тепловые двигатели –
устройства, превращающие
внутреннюю энергию топлива в
механическую.**

Виды тепловых двигателей



Принцип действия тепловых двигателей



T_1 – температура нагревателя

T_2 – температура холодильника

Q_1 – количество теплоты, полученное от нагревателя

Q_2 – количество теплоты, отданное холодильнику

Коэффициент полезного действия (КПД) теплового двигателя –

отношение работы A' , совершаемой двигателем, к количеству теплоты, полученному от нагревателя:

$$\eta = \frac{A'}{Q_1}$$

где $A' = Q_1 - |Q_2|$ - работа, совершаемая двигателем

тогда
$$\eta = \frac{Q_1 - |Q_2|}{Q_1} = 1 - \frac{|Q_2|}{Q_1}$$

$$\eta < 1$$

КПД всегда меньше единицы, так как у всех двигателей некоторое количество теплоты передаётся холодильнику

При $T_1 - T_2 = 0$ двигатель не может работать

**Максимальное значение КПД
тепловых двигателей (цикл Карно):**

$$\eta_{\max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

Отрицательные последствия использования тепловых двигателей:

- Потепление климата
- Загрязнение атмосферы
- Уменьшение кислорода в атмосфере

Решение проблемы:

- Вместо горючего использовать сжиженный газ.
- Бензин заменить водородом.
- Электромобили.
- Дизели.
- На тепловых электростанциях использовать скрубберы, в которых сера связывается с известью.
- Сжигание угля в кипящем слое.



КПД тепловых двигателей

Двигатель	КПД, %
Паровая машина	1
Паровоз	8
Карбюраторный двигатель	20 - 30
Газовая турбина	36
Паровая турбина	35 - 46
Ракетный двигатель на жидком топливе	47