

***Тема: «Внутренняя энергия.  
Работа. Количество  
теплоты».***

# Содержание

- Внутренняя энергия
- Работа в термодинамике
- Количество теплоты

---

***Определение:*** 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*

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

$$N = \frac{m}{M} N_A -$$

**число молекул**

$$\bar{E}_k \stackrel{U = \frac{3}{2} N k T}{=} \frac{3}{2} k T -$$

**кинетическая энергия  
одной молекулы**



$$(N_A k = R)$$



*Внутренняя энергия  
идеального одноатомного газа*

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

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.

**В общем виде:**

$$U = \frac{i}{2} \frac{m}{M} RT = \frac{i}{2} pV$$

где  $i$  – число степеней свободы молекул газа ( $i = 3$  для одноатомного газа и  $i = 5$  для двухатомного газа)

# Изменение внутренней энергии тела $\Delta U$

Совершение  
работы  $A$

Теплообмен  $Q$

теплопроводность

излучение

конвекция

над

самим

телом

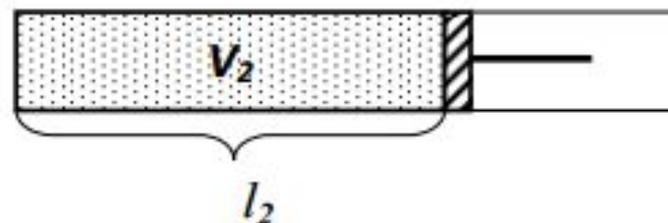
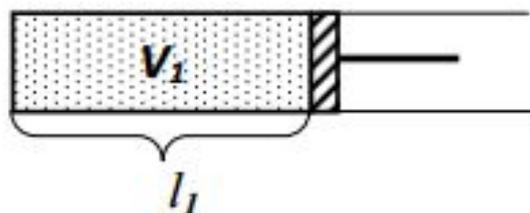
телом

$\Delta U \blacktriangle$

$\Delta U \blacktriangledown$

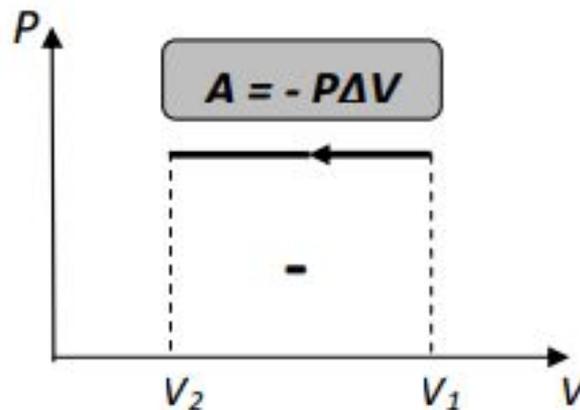
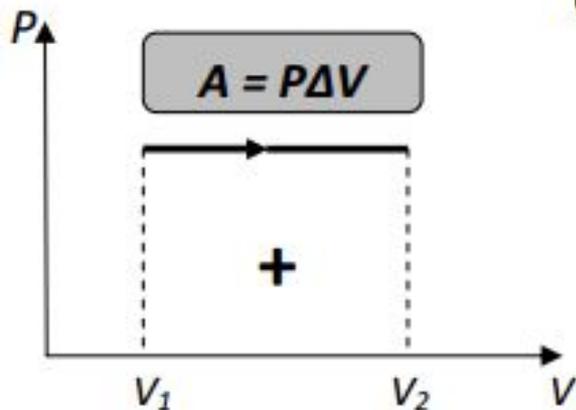
# Работа в термодинамике

P - const



$$A = F\Delta l \cos\alpha; F = PS; A = PS\Delta l; V = S\Delta l$$

$$A = P\Delta V$$



Изохорный процесс -  $\Delta V = 0$ ;  $A = 0$

# Работа в термодинамике

- Работа газа:

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

- Работа внешних сил:

$$A = -A'$$

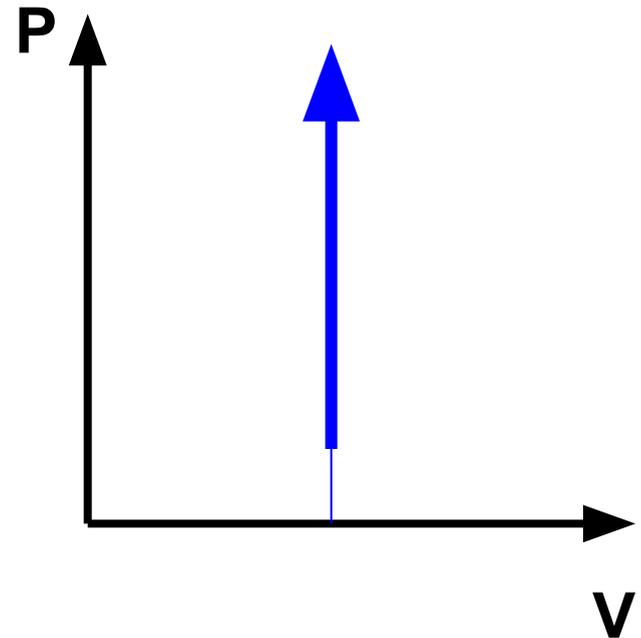
- Работа  $A$ , совершаемая внешними телами над газом, отличается от работы  $A'$  самого газа только знаком:

$$A = -A' = -p\Delta V.$$

# *Работа газа при изопроцессах*

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

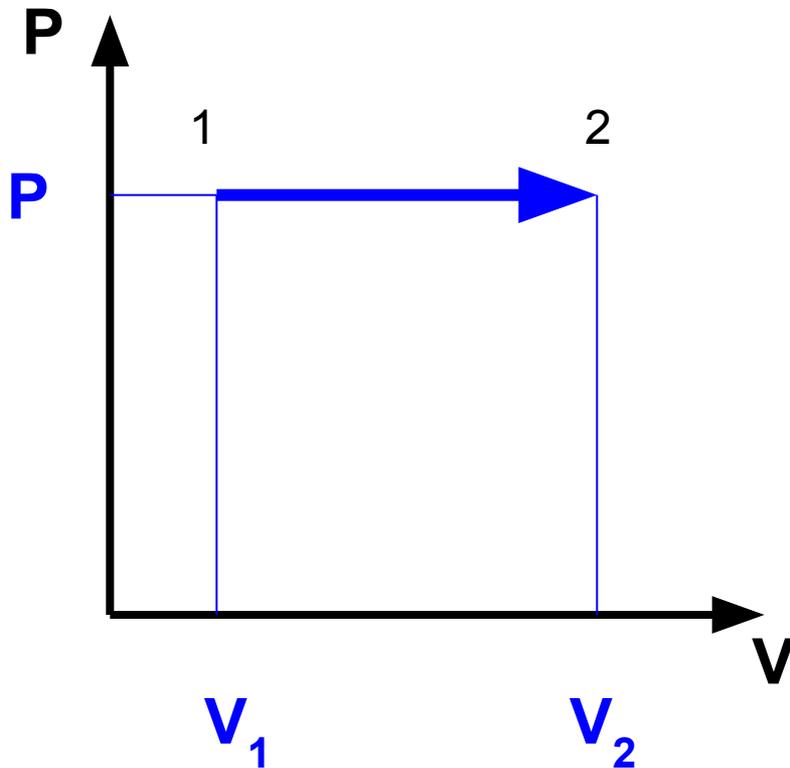
$$A' = 0$$



**Изохорное нагревание**

**При изобарном процессе ( $P=const$ ):**

$$A' = p \Delta V$$

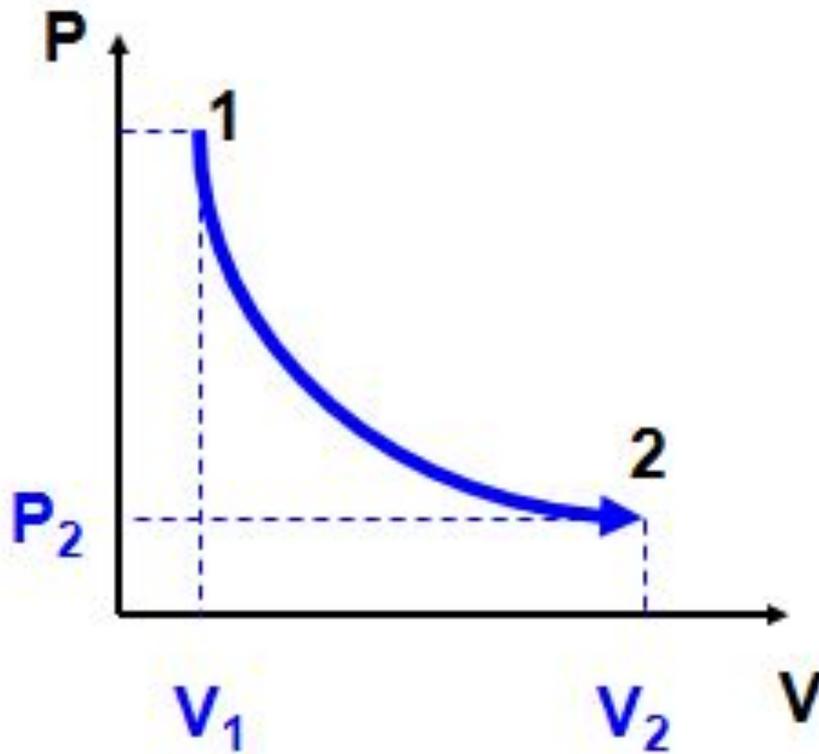


$$A' > 0$$

**Изобарное расширение**

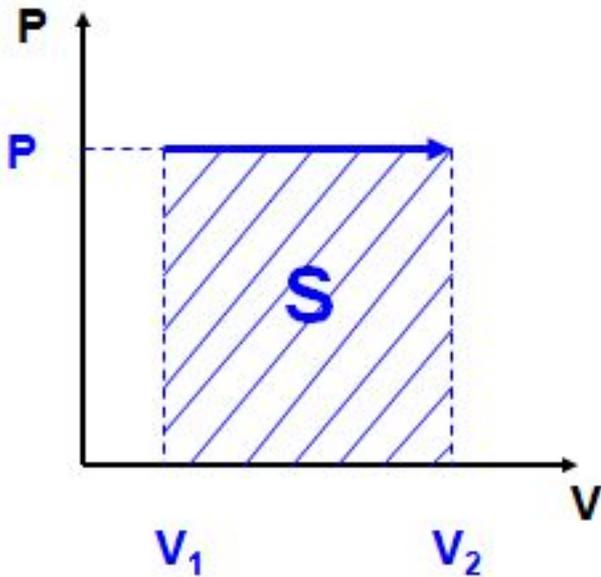
**При изотермическом процессе  
( $T=const$ ):**

**Изотермическое расширение**



# *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], $\Delta T$ – изменение температуры [ $^{\circ}$ К].
Кипение или конденсация	$Q = rm$	$r$ – удельная теплота парообразования [ Дж/кг ]
Плавление или кристаллизация	$Q = \lambda m$	$\lambda$ - удельная теплота плавления вещества [ Дж/кг ]
Сгорание топлива	$Q = qm$	$q$ – удельная теплота сгорания топлива [ Дж/кг ]



# Закрепление

1. Какова внутренняя энергия 10 моль одноатомного газа при температуре  $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?
2. На сколько изменяется внутренняя энергия гелия массой 200 г при увеличении температуры на  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?
3. Какова внутренняя энергия гелия, заполняющего аэростат объемом  $60\text{ м}^3$  при давлении  $100\text{ кПа}$ ?
4. В вертикально расположенном цилиндре с площадью основания  $1\text{ дм}^2$  под поршнем массой  $10\text{ кг}$ , скользящим без трения, находится воздух. При изобарном нагревании воздуха поршень поднялся на  $20\text{ см}$ . Какую работу совершил воздух, если наружное давление равно  $100\text{ кПа}$ ?

# Закрепление

1. В воду объёмом 1 л, температура которой  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , бросают кусок железа массой 100 г, нагретый до  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ . При этом температура воды повышается до  $24\text{ }^{\circ}\text{C}$  и некоторое количество её обращается в пар. Определите массу обратившейся в пар воды.

2. К чайнику с кипящей водой подводится каждую секунду энергия, равная 1,13 кДж. Определите скорость истечения пара из носика чайника, площадь поперечного сечения которого равна  $1\text{ см}^2$ . Плотность водяного пара считайте равной  $1\text{ кг/м}^3$ .