

# *Основы термодинамики*

**Урок физики в 10 классе**

# *Цели урока*

1. Сформировать основные понятия термодинамики
2. Сформулировать первый закон термодинамики
3. Рассмотреть принцип действия тепловых двигателей и их КПД
4. Выявить отрицательное воздействие тепловых двигателей на окружающую среду и наметить пути решения этой проблемы

# 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

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

$$\left\{ \begin{array}{l} N = \frac{m}{M} N_A \text{ — число молекул} \\ \overline{E}_k = \frac{3}{2} kT \text{ — кинетическая энергия} \\ \text{одной молекулы} \end{array} \right.$$


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

$$(N_A k = R) \rightarrow$$

***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

$$pV = \frac{m}{M} RT \quad \text{- уравнение Клапейрона – Менделеева,}$$

то внутренняя энергия:

$$U = \frac{3}{2} pV \quad \text{- для одноатомного газа}$$

$$U = \frac{5}{2} pV \quad \text{- для двухатомного газа.}$$



***В общем виде:***

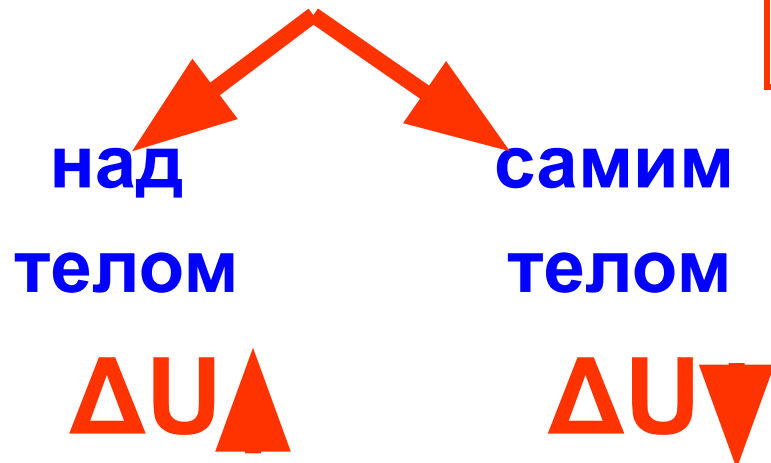
$$U = \frac{i}{2} \frac{m}{M} RT = \frac{i}{2} pV$$

**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



# ***Работа в термодинамике***

- **Работа газа:**

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

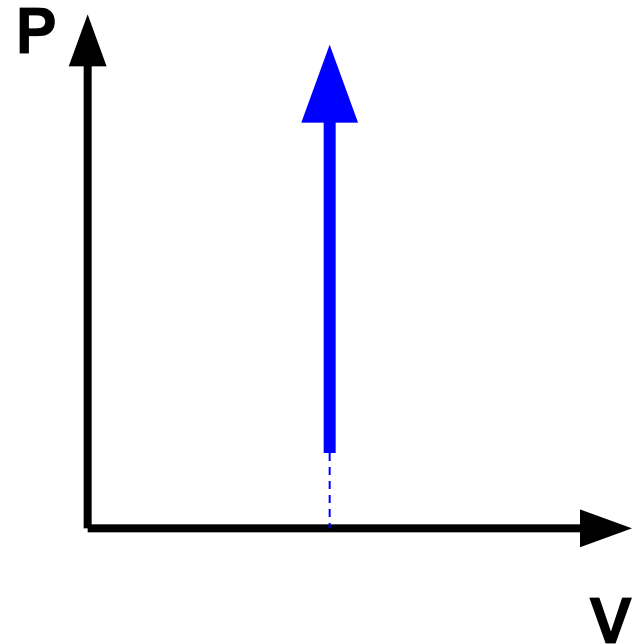
- **Работа внешних сил:**

$$A = -A'$$

# *Работа газа при изопроцессах*

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

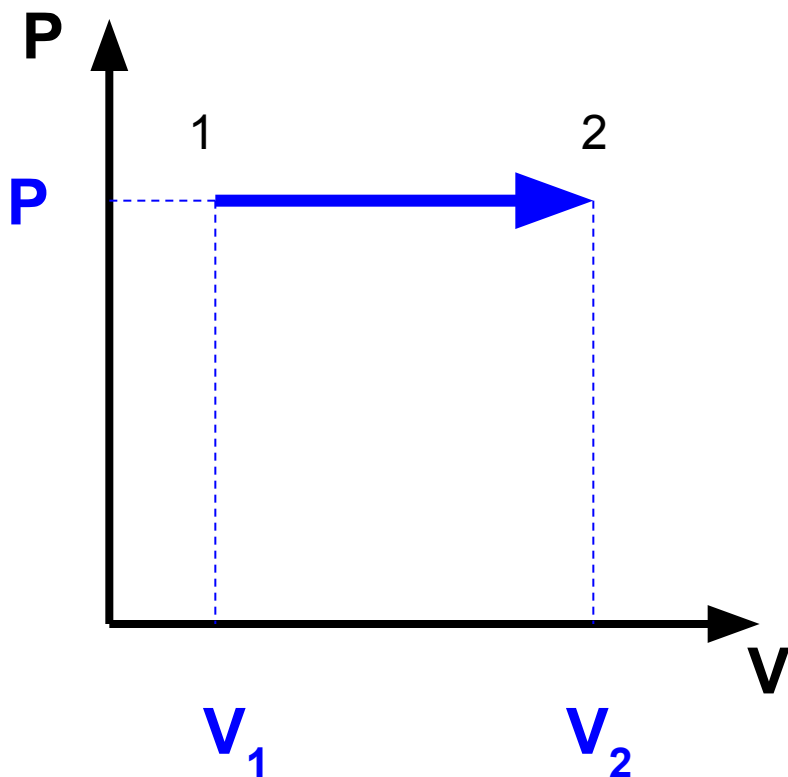
$$A' = 0$$



Изохорное нагревание

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

$$A' = p \Delta V$$

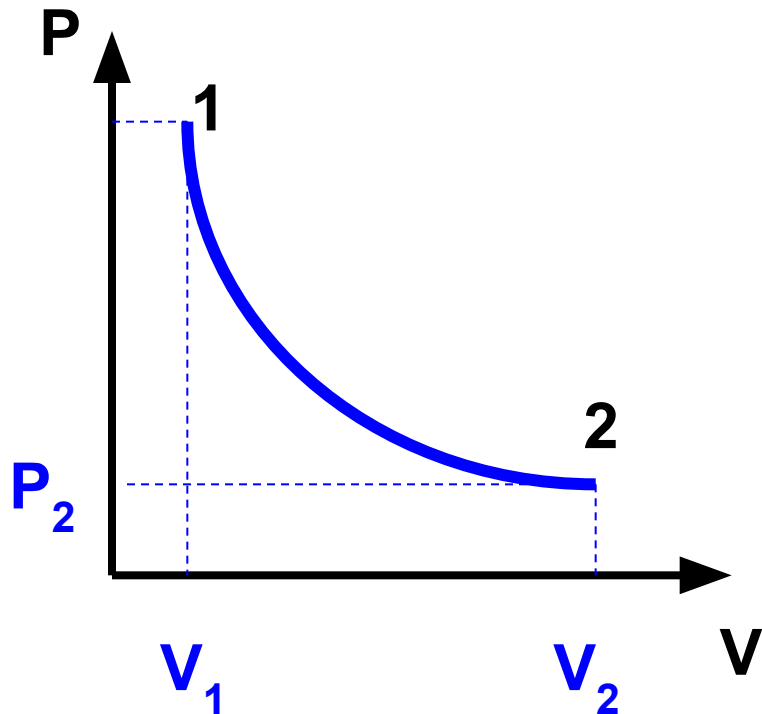


Изобарное расширение

$$A' > 0$$

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

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

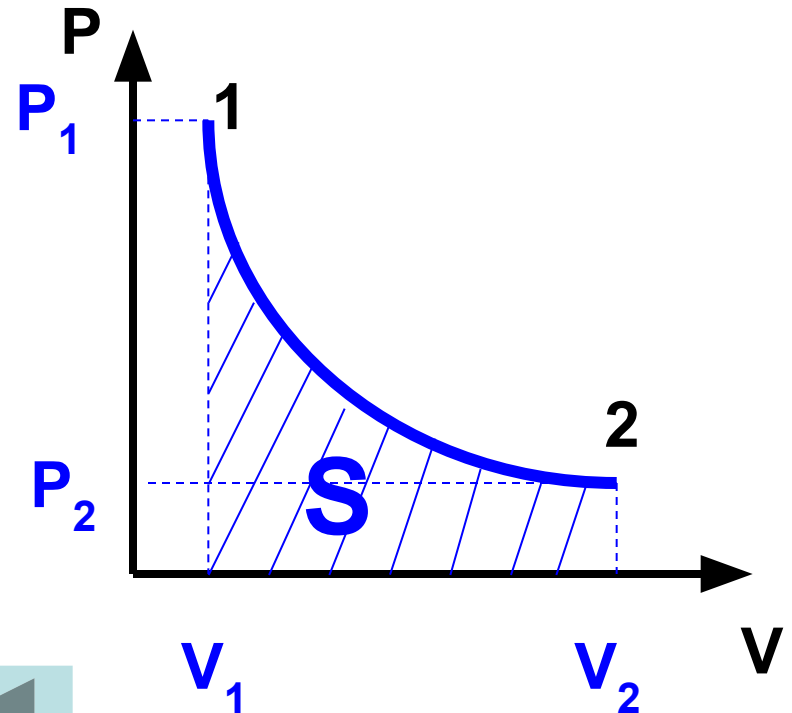
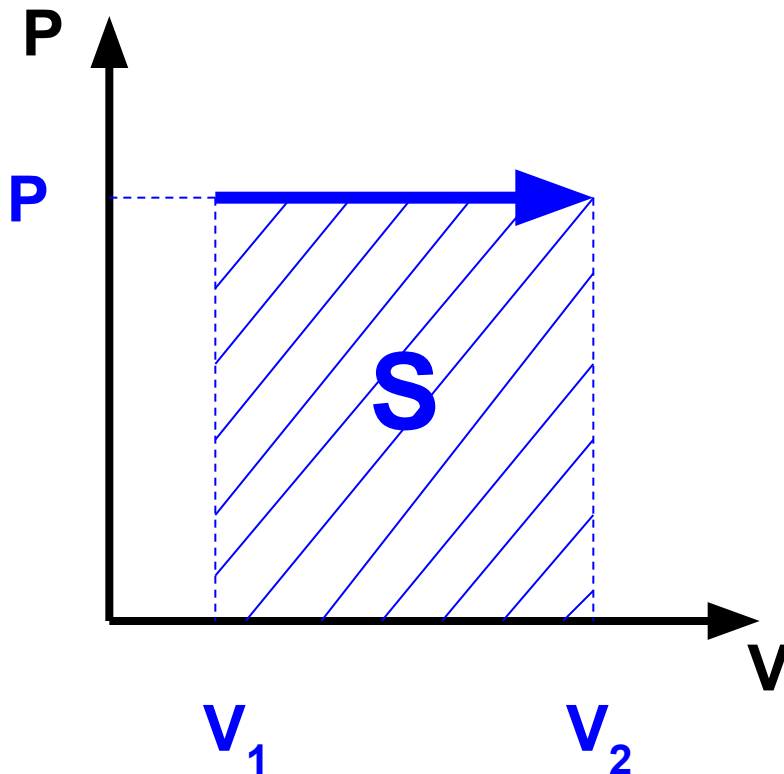


Изотермическое расширение

$$A' > 0$$

# 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 $^{\circ}\text{K}$ ], $m$ – масса [кг], $\Delta T$ – изменение температуры [ $^{\circ}\text{K}$ ]. |
| 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 ]                                                                                               |





# 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      |



# ***Литература***

1. **Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Сотский Н.Н. Физика 10 класс. – М.: Просвещение, 2007. – 365 с.**
2. **Касьянов В.А. Физика 10 класс. – М.: Дрофа, 2006. – 410 с.**
3. **Волков В.А. Поурочные разработки по физике. 10 класс. – М: Вако, 2006. – 400 с.**
4. **Касаткина И.Л., Ларцева Н.А., Шкиль Т.В. Репетитор по физике. В 2-х томах. Том 1. – Ростов-на-Дону: Феникс, 1995. – 863 с.**
5. **[www: fiz.1september.ru](http://www.fiz.1september.ru)**