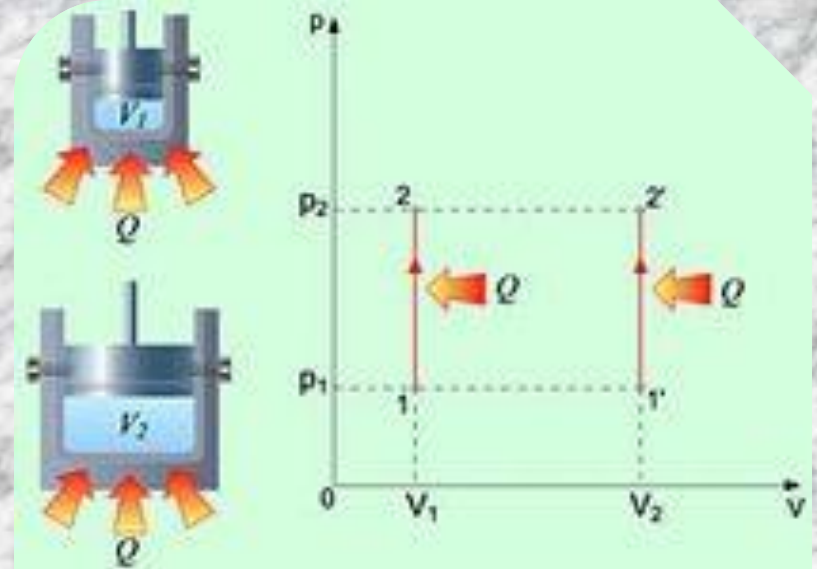
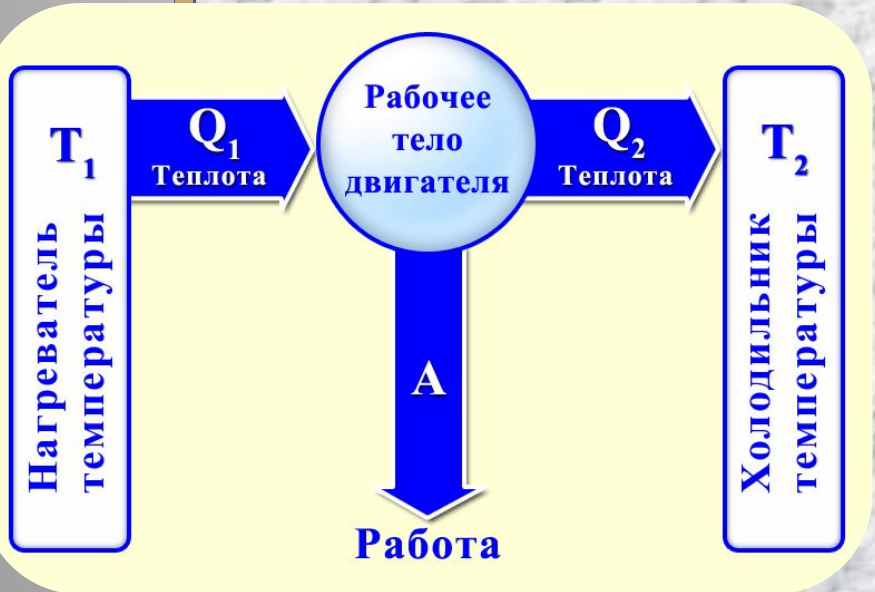


$$\eta = \frac{A_{\text{полезная}}}{A_{\text{затрачен}}}$$

# Основы термодинамики



Работа

Выполнила преподаватель Колтунова О.А.

# Внутренняя энергия

**Сумма кинетических энергий хаотического движения всех частиц тела относительно центра масс тела (молекул, атомов) и потенциальных энергий их взаимодействия друг с другом называется внутренней энергией.**

$$U = E_k + E_p$$

Кинетическая энергия частиц определяется скоростью, а значит - температурой тела.

Потенциальная - расстоянием между частицами, а значит - объемом.

Следовательно:  $U=U(T,V)$  - внутренняя энергия зависит от объема и температуры.

# Внутренняя энергия одноатомного идеального газа

Для идеального газа:  $U=U(T)$ , т.к. взаимодействием на расстоянии пренебрегаем

$$U = N\bar{E} = N \frac{3}{2} kT = \frac{3m}{2M} N_A kT = \frac{3m}{2M} RT = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} pV$$

**Внутренняя энергия одноатомного идеального газа:**

$$U = \frac{3}{2} \nu RT \quad \text{или} \quad U = \frac{3}{2} pV$$

# Способы изменения внутренней энергии

## Совершение работы

$A$

- Работа газа -  $A'$
- Работа внешних сил -  $A$

## Теплопередача

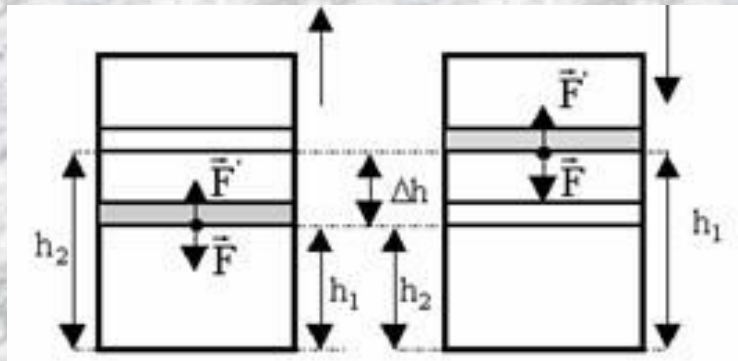
$Q$

### Виды

теплопередачи:

- теплопроводность
- конвекция
- излучение

# Работа в термодинамике



**Работа газа:**

$$A' = F' \cdot s \cdot \cos(\vec{F}', d) = \\ = p \cdot s \cdot \Delta h = p \cdot \Delta V$$

По третьему закону Ньютона:

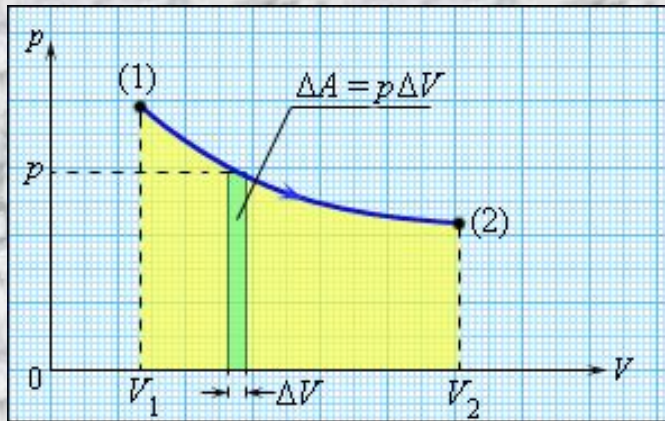
$$\vec{F} = -\vec{F}'$$

**Работа внешних сил над**

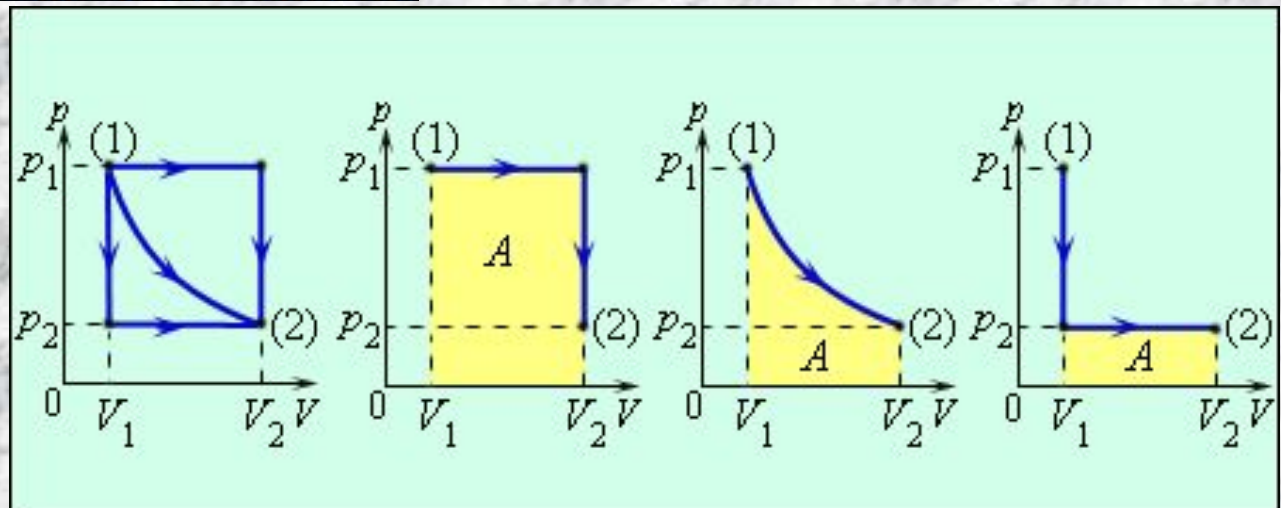
**газом:**  $A = -A' = -p\Delta V$



# Геометрический смысл работы



- Работа численно равна площади под графиком процесса на диаграмме ( $p, V$ ).



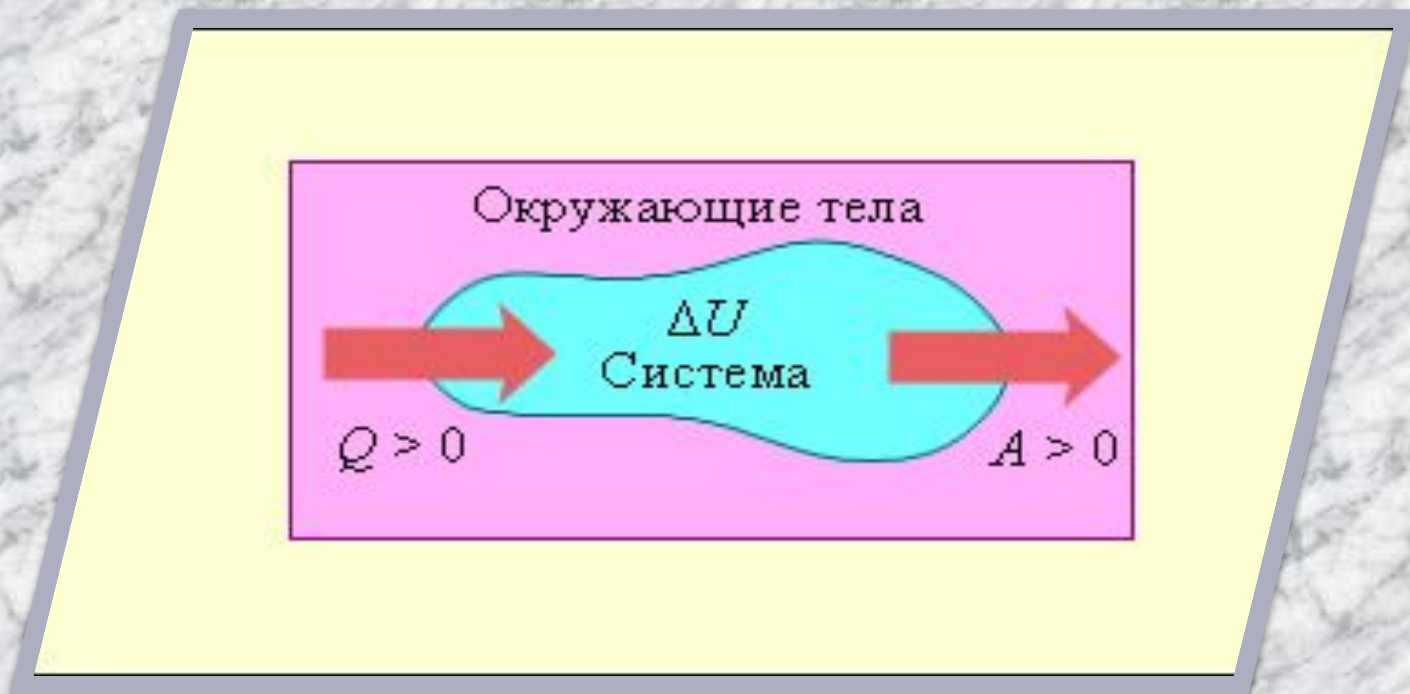
Величина работы зависит от того, каким путем совершался переход из начального состояния в конечное.

# КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛОТЫ

- $Q = cm(t_2^0 - t_1^0)$  – нагревание  
(охлаждение)
- $Q = \pm \lambda m$  - плавление  
(кристаллизация)
- $Q = \pm r m$  - парообразование  
(конденсация)

# ПЕРВЫЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ

Обмен энергией между термодинамической системой и окружающими телами в результате теплообмена и совершаемой работы





# Первый закон термодинамики

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

$$\Delta U = Q + A$$

**Если  $A$  - работа внешних сил, а  $A'$  - работа газа, то  $A = -A'$  (в соответствии с 3-м законом Ньютона). Тогда:**

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

**другая форма записи первого закона  
термодинамики**

# Применение 1 закона термодинамики к изопроцессам

## **А) изохорный процесс ( $v=\text{const}$ )**

т.к.  $\Delta V=0$ , то  $A=0$ , значит первый закон термодинамики выглядит так:

$$\Delta U=Q$$

**Газ увеличивает свою внутреннюю энергию за счет теплоты, полученной из внешней среды.**

Если газ нагревается, то  $\Delta U > 0$ .

Если газ охлаждается, то  $\Delta U < 0$

# Применение 1 закона термодинамики к изопроцессам

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

т.к.  $T=\text{const}$ , то  $\Delta U = 0$ , значит первый закон термодинамики выглядит так:

$$Q = A'$$

Если газ получает тепло ( $Q>0$ ), то  $A'>0$ .

Если газ отдаёт тепло ( $Q<0$ ), то  $A'<0$ .

# Применение 1 закона термодинамики к изопроцессам

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

При изобарном нагревании  $T > 0$ ,  $U > 0$ , газ совершает работу, тепло поглощается.

Первый закон термодинамики выглядит так:

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

# Адиабатный процесс.

**Адиабатный процесс** - термодинамический процесс в теплоизолированной системе.

**Теплоизолированная система** - система, не обменивающаяся энергией с окружающими телами.

Т.к.  $Q = 0$ , то первый закон термодинамики выглядит так:

$$\Delta U = A$$

# Решение задач.

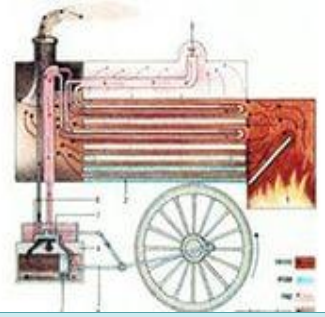
$$\Delta U = A + Q$$

$$Q = A + \Delta U$$

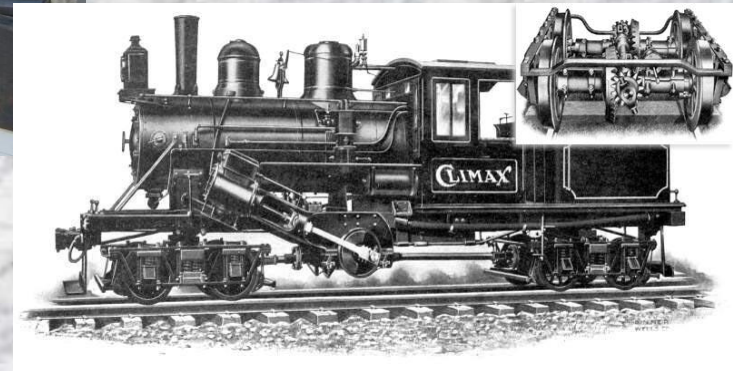
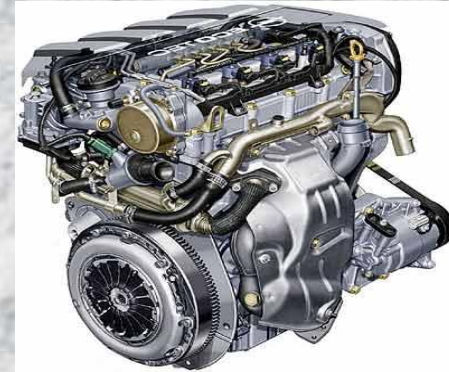
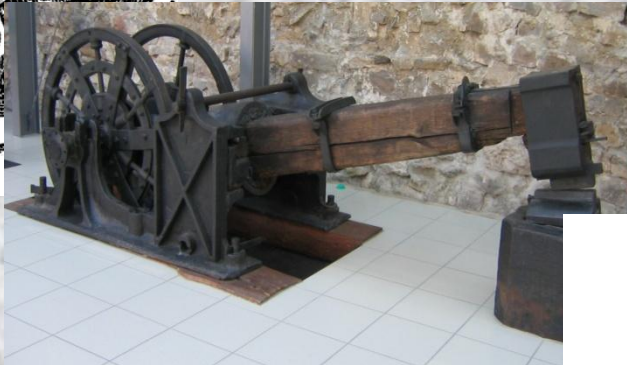
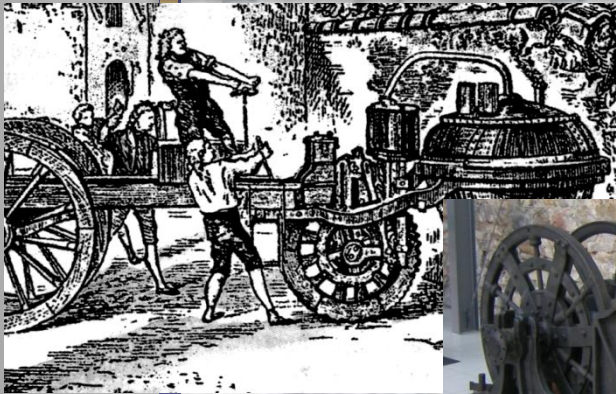
- 1. Идеальный газ получил количество теплоты, равное 300 Дж, и совершил работу, равную 100 Дж. Как изменилась внутренняя энергия газа?
- 2. Идеальный газ совершил работу, равную 100 Дж, и отдал количество теплоты, равное 300 Дж. Как при этом изменилась внутренняя энергия?
- 3. Идеальный газ совершил работу, равную 300 Дж. При этом внутренняя энергия уменьшилась на 300 Дж. Каково значение количества теплоты в этом процессе?
- 4. Идеальный газ совершил работу, равную 300 Дж. При этом его внутренняя энергия увеличилась на 300 Дж. Какое количество теплоты получил газ?
- *Критерий оценивания: 4 задачи – “5” 3 задачи – “4” 2 задачи – “3”*



# Тепловые двигатели



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



# Виды тепловых двигателей:

1

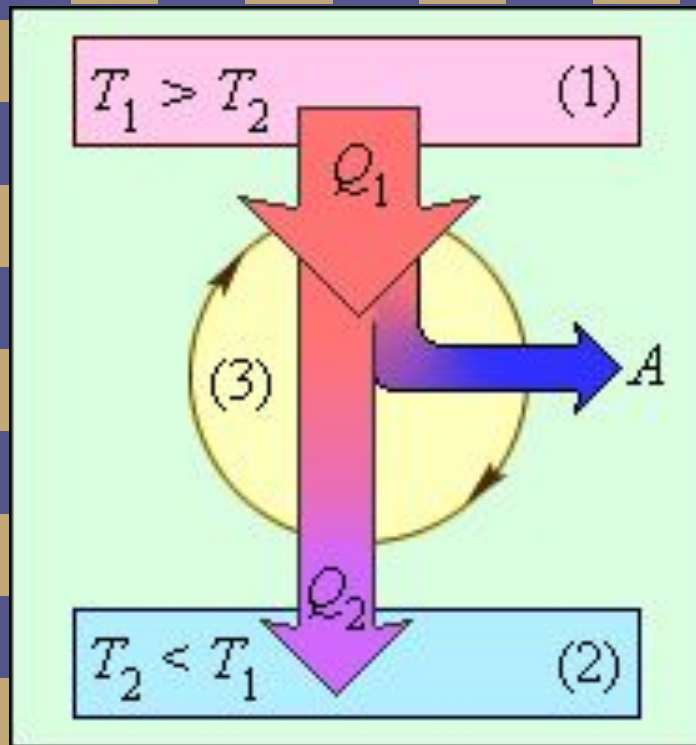
2

3

4

5

# Энергетическая схема тепловой машины:



1 – нагреватель;  
2 – холодильник;  
3 – рабочее тело,  
совершающее круговой  
процесс.

**КПД теплового двигателя**

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} < 1$$

**Кпд реальных двигателей:**

турбореактивный - 20 -30%;

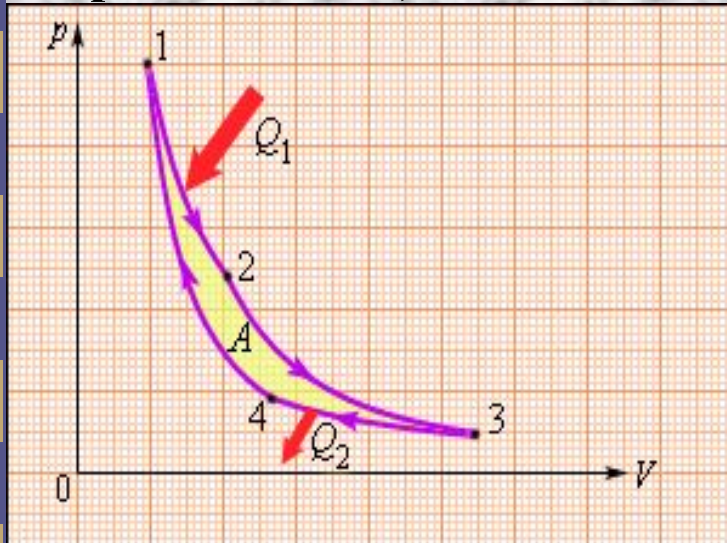
карбюраторный - 25 -30%,

дизельный - 35-45%.



# Идеальная тепловая машина

Идеальная тепловая машина - машина Карно (Сади Карно, Франция, 1815)



*Машина работает на идеальном газе.*  
*1 - 2 - при тепловом контакте с нагревателем газ расширяется изотермически.*  
*2 - 3 - газ расширяется адиабатно.*  
*После контакта с холодильником:*  
*3 - 4 - изотермическое сжатие.*  
*4 - 1 - адиабатное сжатие.*

Теорема Карно: КПД реальной тепловой машины не может быть больше КПД идеальной машины, работающей в том же интервале температур.

КПД идеальной машины:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

# Второй закон термодинамики

Второй закон термодинамики указывает направление возможных энергетических превращений и тем самым выражает необратимость процессов в природе.

**Формулировка Р. Клаузиуса:** невозможно перевести тепло от более холодной системы к более горячей при отсутствии одновременных изменений в обеих системах или окружающих телах.

**Формулировка У. Кельвина:** невозможно осуществить такой периодический процесс, единственным результатом которого было бы получение работы за счет теплоты, взятой от одного источника.

Невозможен тепловой вечный двигатель второго рода, т.е. двигатель, совершающий механическую работу за счет охлаждения какого-либо одного тела.

# Решение задач.

1. Если  $V_1 = 2$  л,  $V_2 = 3$  л,  
 $p_1 = 4 \cdot 10^4$  Па,  $p_2 = 10^5$  Па,  
то в процессе  $1-2$  газ совершил  
работу, равную:

- 1) 20 Дж; 2) 30 Дж; 3) 50 Дж; 4) 70 Дж;  
5) 82 Дж.

2. Если идеальный газ отдал количество теплоты  
100 Дж и при этом внутренняя энергия газа  
уменьшилась на 100 Дж, то работа, совершённая  
газом, равна:

- 1) -200 Дж; 2) 200 Дж; 3) 100 Дж; 4) 0 Дж.

