

Лекция

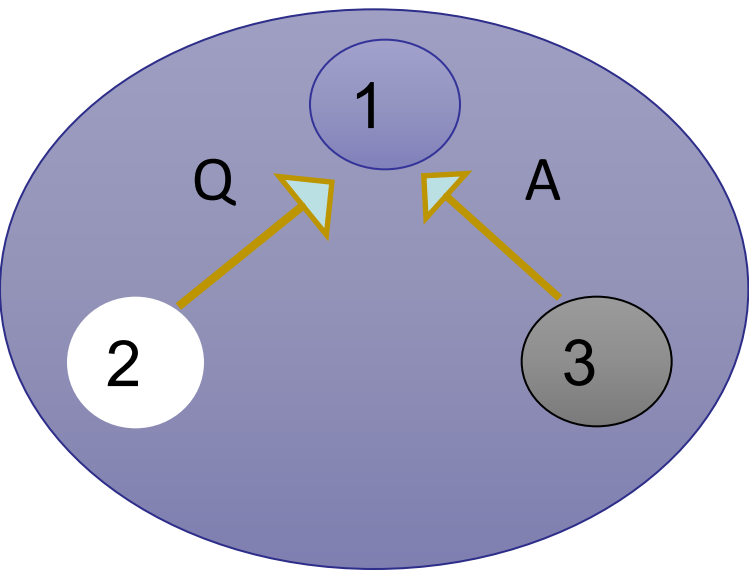
Изопроцессы

При любых взаимодействиях тел энергия не исчезает бесследно и не возникает из ничего. Энергия только передается от одного тела к другому или превращается из одной формы в другую - **ЗСЭ**

Способ передачи энергии, связанный с изменением внешних макропараметров системы, наз. **работой**

Без изменения внешних макропараметров, но с изменением внутренней энергии наз-ся **теплообменом**.

Затрачиваемая работа (A) может пойти на \uparrow любого вида энергии; кол-во теплоты (Q) может пойти только на \uparrow внутренней энергии системы



При теплопередаче количества теплоты Q внутр. энергия тела 2 из-ся на $\Delta U_2 = -Q$

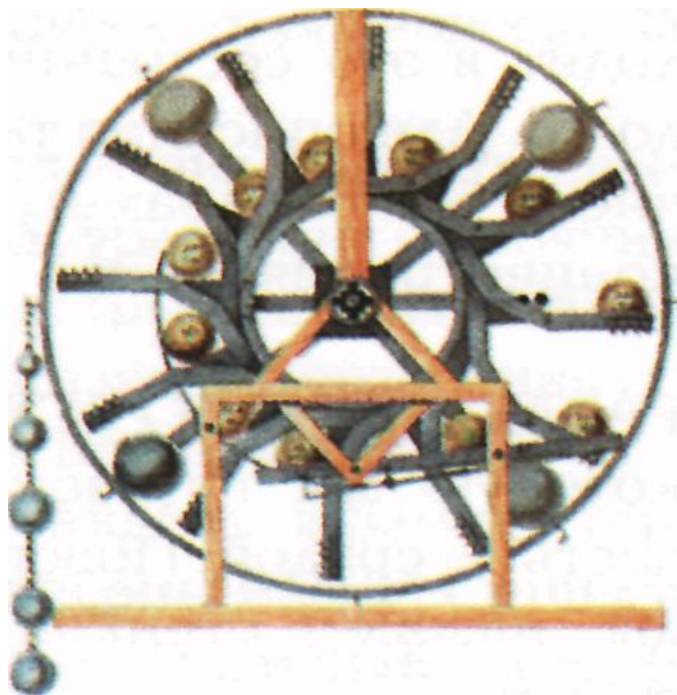
Внутр. энергия тела 3 в результате совершения работы изменится на $\Delta U_3 = -A$

Внутр. энергия каждого из трёх тел изменится. В изолированной термодинамической системе, в которую входят все три тела, внутренняя энергия остаётся неизменной

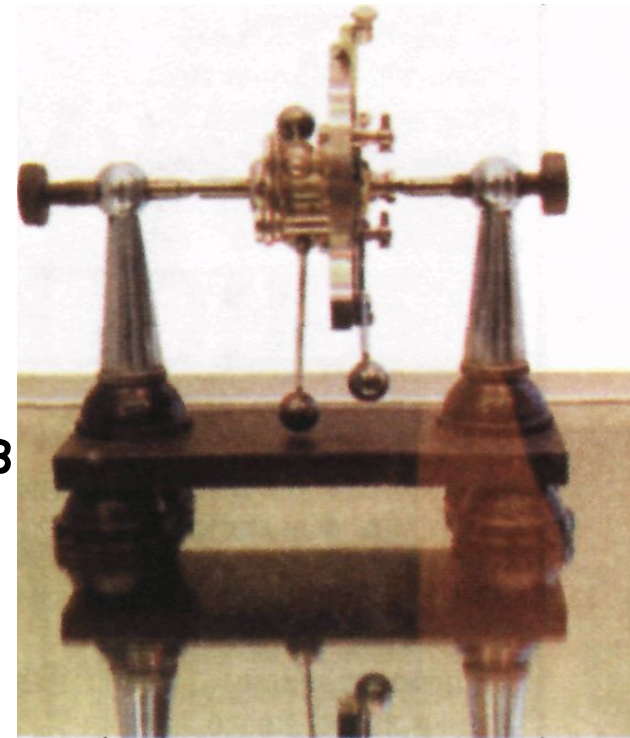
$$\Delta Q = \Delta U + \Delta A$$

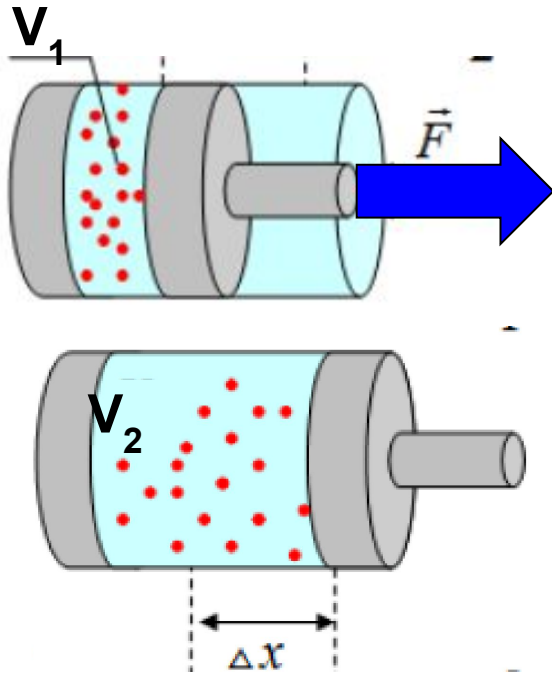
Первое начало термодинамики – кол-во теплоты Q , сообщенной телу (системе) расходуется на изменение его внутренней энергии и на совершение работы этим телом (системой)

Один из главных выводов – невозможность построения вечного двигателя



устройство,
способное
совершать
неограниченное
кол-во работы без
затрат топлива
или других
материалов





Поршень S на расстояние dx

$$F = PS$$

Работа, совершаемая системой при бесконечно малом изменении объема dV

$$\delta A = F dx = PS dx = PdV$$

If объем изменяется от V_1 до V_2



$$A = \int_{V_1}^{V_2} PdV$$

Изопроеесс - процесс, проходящий при постоянном значении одного из основных термодинамических параметров - P , V или T .

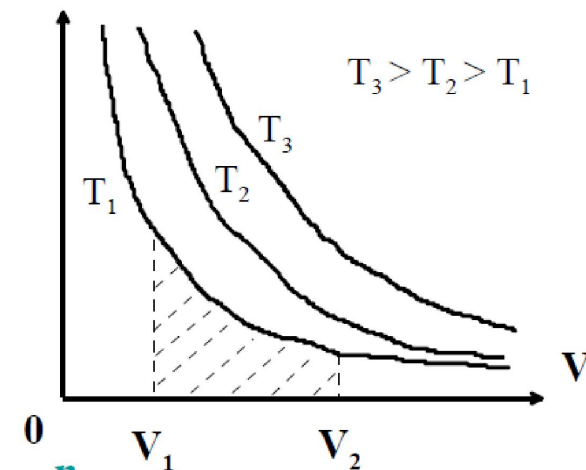
Изотермический процесс - пр-сс, происходящий в физ. системе при $T = \text{const}$

В идеальном газе при изотермическом пр-се произведение давления на объем постоянно - **закон Бойля -**

Мариотта:

$$PV = \text{const} \text{ при } T = \text{const}.$$

Изотерма



Внутренняя энергия газа не изменяется, поэтому все подводимое тепло идет на совершение газом работы

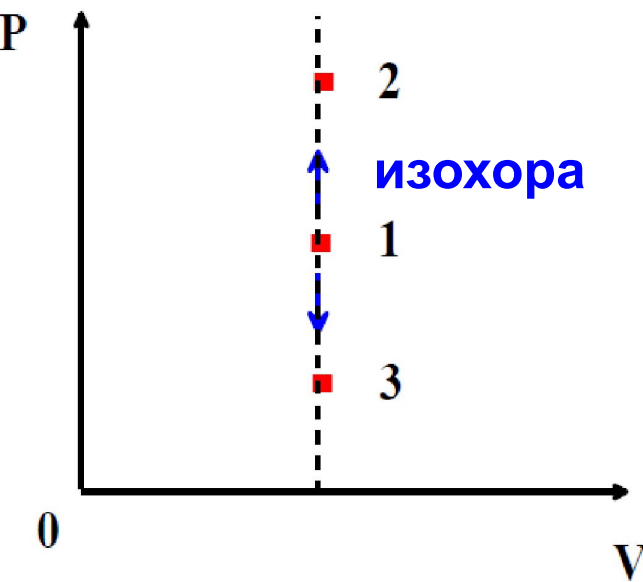
$$A = \int_{V_1}^{V_2} P dV = \frac{m}{\mu} RT \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = \frac{m}{\mu} RT \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$A = \frac{m}{\mu} RT \ln \frac{P_1}{P_2} \quad \Rightarrow \quad \Delta Q = \Delta A$$

Чтобы при расширении газа его t° не понижалась, к газу необходимо подводить кол-во Q , равное его работе над внешними телами

Изохорический процесс - процесс, происходящий в физической системе при $V = \text{const}$.

$$\frac{P}{T} = \text{const} \text{ при } V = \text{const} \quad - \text{закон Шарля}$$



Процесс 1-2 - газ нагревается

Процесс 2-3 - охлаждается

$$\Delta Q = \Delta U$$

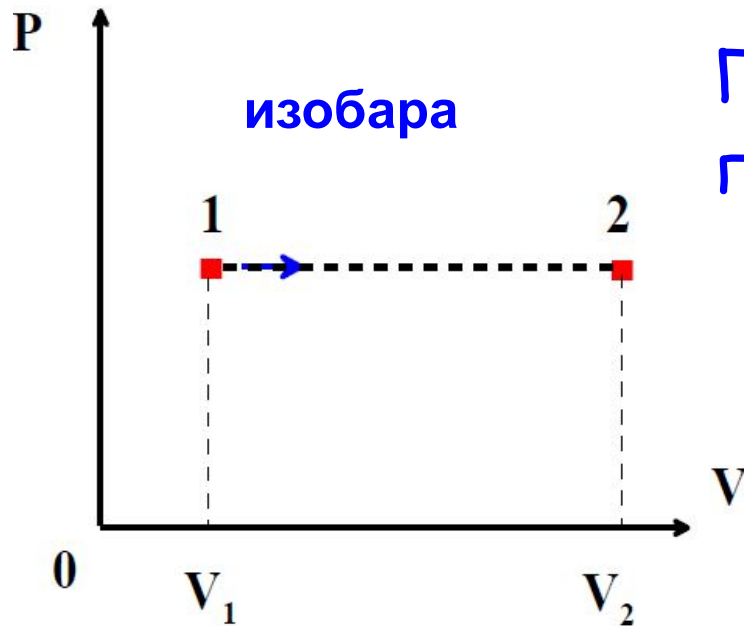
При изохорическом пр-се мех. работа газом не совершается.

Вся теплота передаваемая газу идет на \uparrow его внутренней энергии

Изобарический процесс - процесс, происходящий в физической системе при $P = \text{const}$

$$V/T = \text{const} \text{ при } P = \text{const}$$

- закон Гей-Люссака



Газ совершает работу равную площади под прямой

$$A = \int_{V_1}^{V_2} P dV = P(V_2 - V_1)$$

Теплота передаваемая газу также идет на изменение внутренней энергии

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

Адиабатный процесс - процесс, происходящий в физической системе без теплообмена с окружающей средой ($Q = 0$)

Идеализированный случай!!
Ур-ние похоже на изотермическое

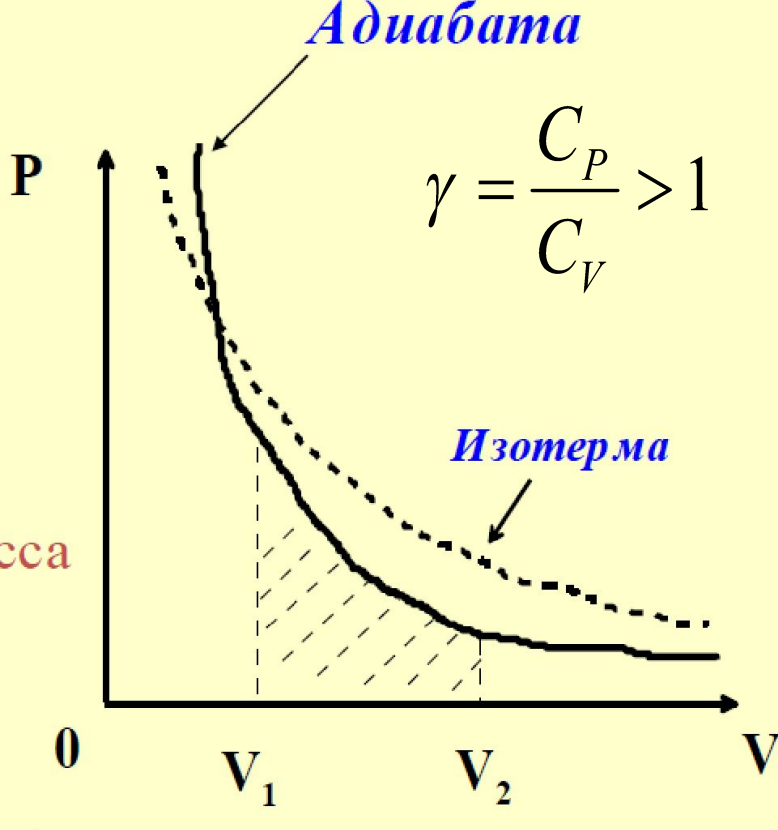
$$PV^\gamma = \text{const}$$

Уравнение Пуассона

$$\gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{i+2}{i}$$

Показатель адиабаты

Работа газа над внешними телами осуществляется за счет убыли внутренней энергии



$$A = -\Delta U$$

На графике адиабата идет круче чем изотерма \implies

Давление от объема
меняется быстрее для
адиабатического пр-са

При адиабатическом расширении идеальный газ **охлаждается**, при сжатии - **нагревается**

$$A = -c_V \int_{T_1}^{T_2} dT = -c_V (T_1 - T_2) = \frac{R}{1-\gamma} (T_1 - T_2)$$

Если термодинамическая система выведена из состояния равновесия и предоставлена сама себе, то она возвращается в исходное состояние - процесс называется **релаксацией**.

Состояние изолированной системы, в которое она переходит по истечении достаточно большого промежутка времени, сравнимого или большего времени релаксации, является **равновесным**

Характеризуется небольшим числом физ. **параметров состояния**: температура, объем, давление, концентрация компонентов смеси газов

Любое равновесное состояние может быть изображено точкой. Любой процесс - графически

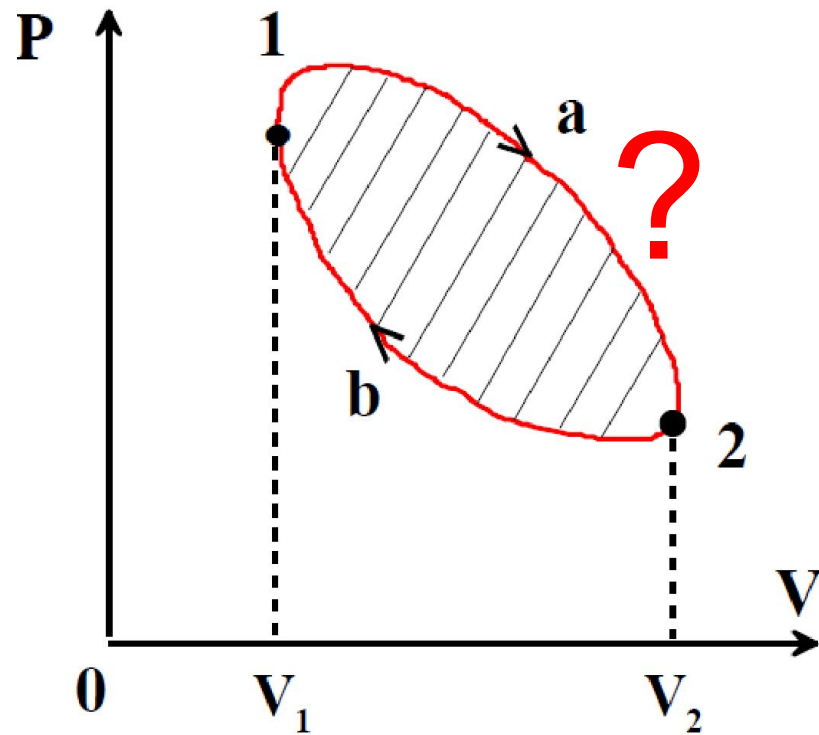
Термод-ий процесс, совершаемый сис-мой, называется **обратимым**, если после него можно вернуть сис-му, и все взаимодействовавшие тела в их начальные состояния таким образом, чтобы в других телах не возникло каких-либо остаточных изменений

Если процесс не отвечает принципу обратимости, то он называется **необратимым**

все реальные процессы - необратимы!!!

Необходимое условие обратимости
процесса - его равновесность

Совокупность термод-их проц-ов, в результате к-х система возвращается в исходное состояние, наз-ся **круговым проц-ом (циклом)**



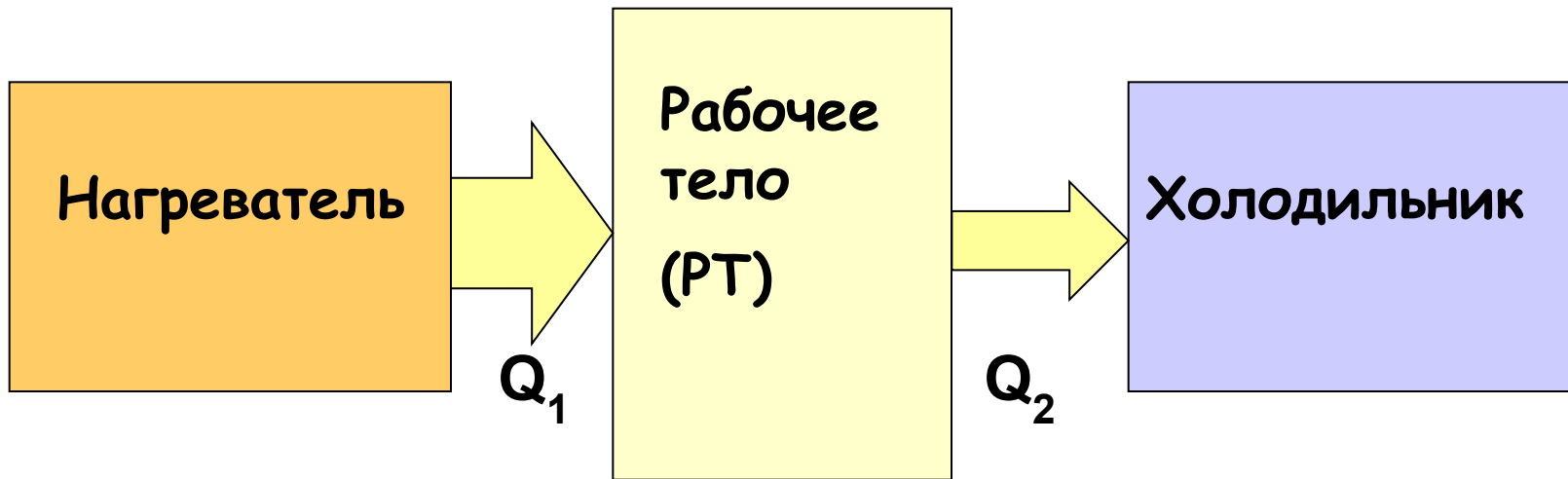
Изображается замкнутой кривой

Работа совершаемая при круг. процессе = площади, охватываемой кривой

Процесс, при котором работа положительна ($A > 0$) наз-ся **прямым**. $A < 0$ - **обратным**

На P-V диаграмме по часовой стрелке

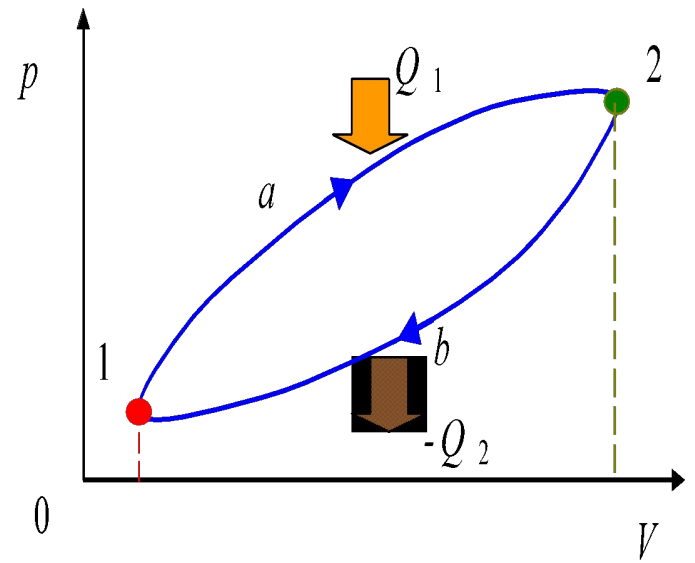
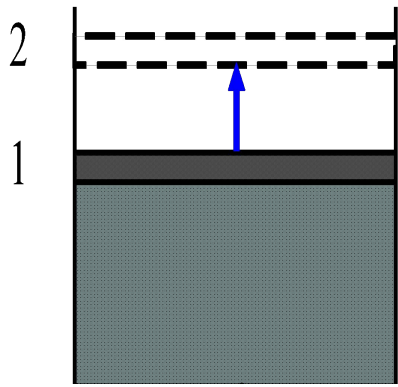
Циклически действующее устройство, превращающее теплоту в работу, называется **тепловой машиной** или **тепловым двигателем**



Q_1 - тепло, получаемое РТ от нагревателя

Q_2 - тепло, передаваемое РТ холодильнику

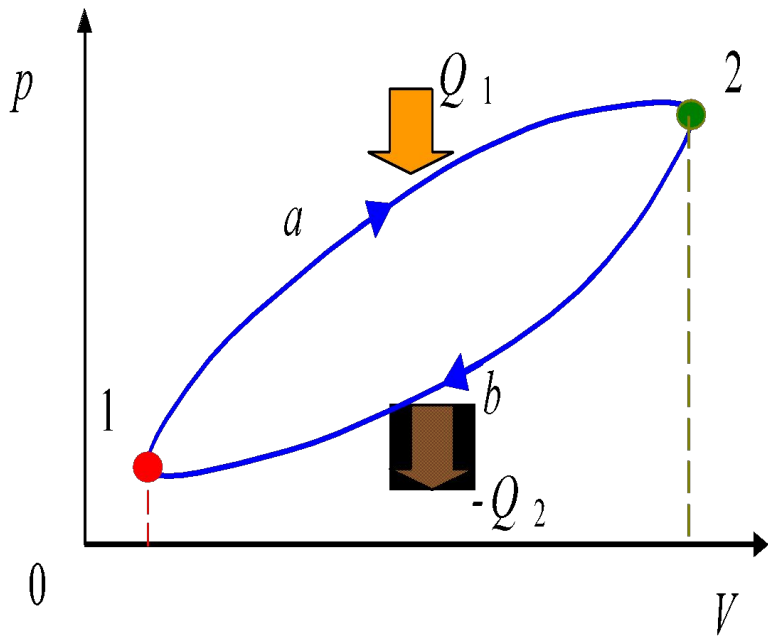
A - полезная работа (работа, совершаемая РТ при передаче тепла)



В цилиндре находится газ – рабочее тело (РТ).
Начальное состояние РТ на диаграмме $p(V)$
изображено (\cdot) 1.

Цилиндр подключают к нагревателю, РТ
нагревается и расширяется.

Работа A_1 положительна, цилиндр переходит в
положение 2 (состояние 2).



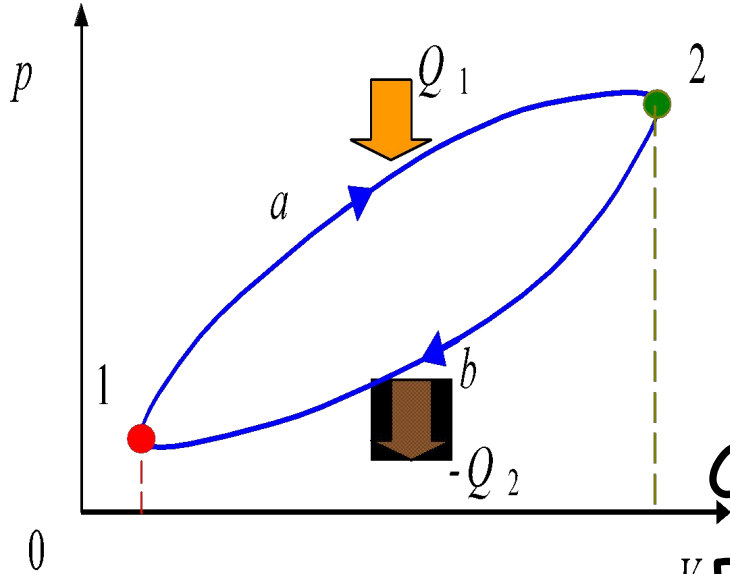
Процесс 1-2: -

$$Q_1 = U_2 - U_1 + A_1$$

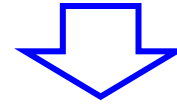
первое начало
термодинамики

Работа A_1 равна площади под кривой 1a2.

Чтобы поршень цилиндра вернуть в исходное состояние 1, необходимо сжать РТ, затратив при этом работу $-A_2$.



2 Для того чтобы поршень совершил полезную работу, необходимо условие: $A_2 < A_1$.

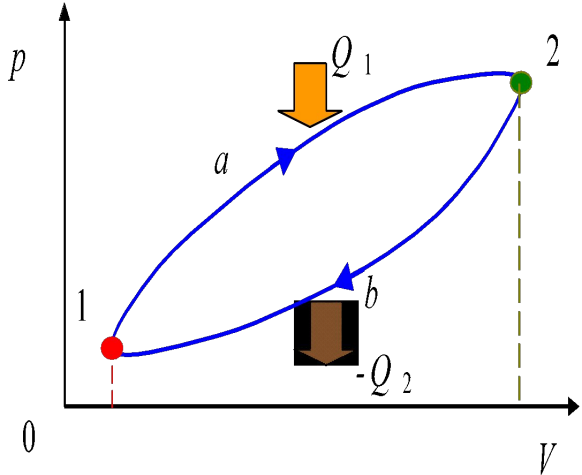


Сжатие ледует производить при охлаждении РТ, т.е. от РТ необходимо отводить к холодильнику тепло $-Q_2$.

Процесс 2-1:
$$-Q_2 = U_1 - U_2 - A_2$$

- первое начало термодинамики

Работа A_2 равна площади под кривой 2b1.



Сложим два уравнения
и получим:

$$Q_1 - Q_2 = A_1 - A_2 = A_{\text{полезная}}$$

Рабочее тело совершает круговой процесс 1a2b1 -
цикл

Доля теплоты, перешедшая в работу → **К.п.д.**

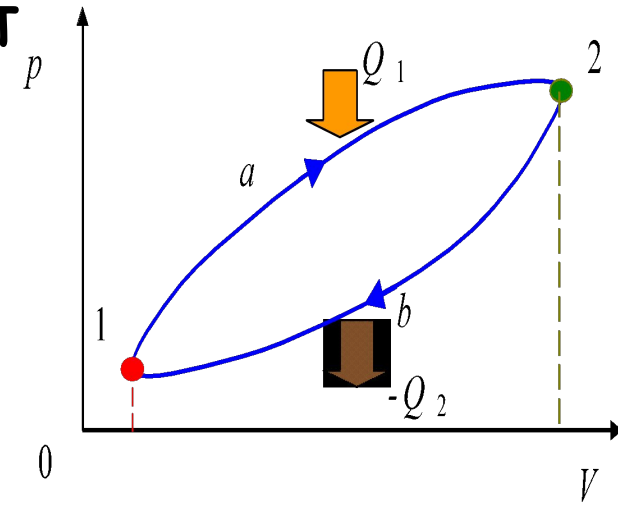
$$\eta = \frac{A_{\text{полезная}}}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

Тепловая машина тем эффективнее, чем
большую долю полученной от внешних тел
теплоты она превращает в работу

Опыт показывает, что газ передает теплоту Q_2 на обратном участке любого теплового процесса 2-1



$$\eta < 1$$



$$pV = \frac{m}{M}RT \Rightarrow T = pV \frac{M}{Rm};$$

$$\text{при } V = \text{const}, p_{\text{нагревателя}} > p_{\text{холодильника}} \Rightarrow T_{\text{н}} > T_{\text{х}}.$$

Процесс возвращения РТ в исходное состояние происходит при более низкой температуре. Следовательно, для работы тепловой машины холодильник принципиально необходим