

Лекция 11

- Термодинамический подход
- Работа в ТД
- ТД равновесие
- Состояние в ТД
- Процесс в ТД. Квазистатический процесс. Обратимый и необратимый процесс
- Первое начало ТД. Изопроцессы. Теплоемкость в изопроцессах

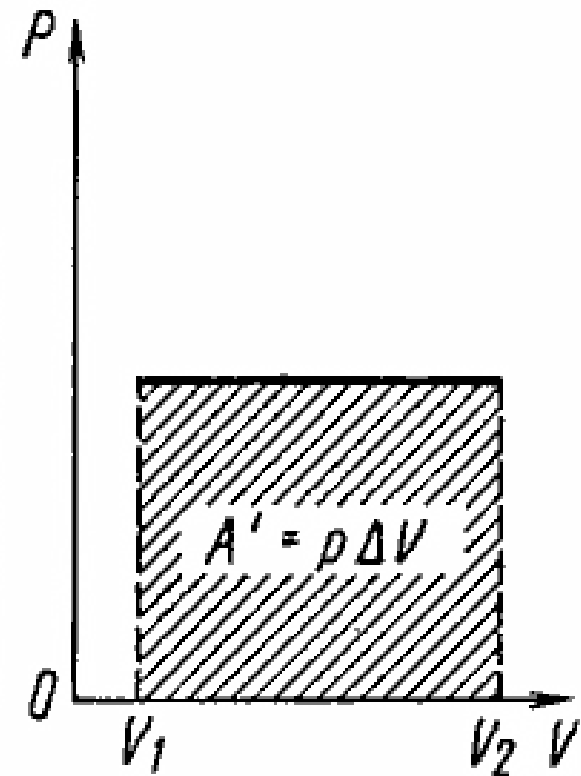
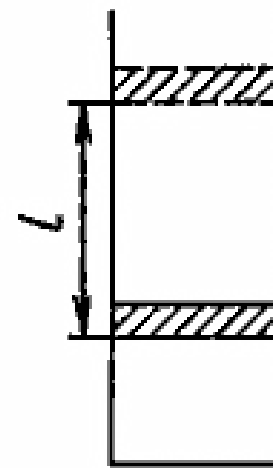
РАБОТАЮ ЗА ЕДУ

(лобстеры,
Дом Периньон,
белуга,
Хеннеси...)

Работа газа



106



107

ТД равновесие

- ТД равновесие – это состояние, в которое переходит ТД система, будучи предоставленной самой себе
- Характерные времена перехода – времена релаксации (см. материалы пред. лекции)
- В состоянии ТД равновесия у идеального газа во всех точках одинаковы температуры и одинаковы давления

Состояние в ТД

- На языке стат. Физики – макроскопическое состояние
- Характеризуется макропараметрами: p , V , T
- Для состояния справедливо уравнение состояния (М-Кл в случае ид.г., В-д-В, или с вириальными k -тами)

Состояние в ТД

- Равновесное, если p и T одинаковы во всем V
- Иначе – не равновесное
- Равновесному сост. соответствует ТД равновесие

Процесс в ТД

- **Процесс в ТД – последовательность сменяющих друг друга состояний**
- В общем случае – процесс проходит через **последовательность неравновесных состояний ТД системы**
- Если процесс протекает **медленно** – квазистатически – то можно надеяться на то, что в каждый момент времени в системе **устанавливается ТД равновесие**

Обратимость процесса

Обратимый процесс — процесс, который может проходить как в прямом, так и в обратном направлении, проходя через одинаковые промежуточные состояния. Причем система возвращается в исходное состояние без затрат энергии, и в окружающей среде не происходит изменений.

Обратимость/необратимость

Необратимы:

- выпечка пирога
- диффузия
- превращение работы во внутреннюю энергию

Обратимы:

- Гидролиз солей

Обратимость и равновесность

- Всякий обратимый процесс явл. равновесным (квазистатическим)
- Обратное утверждение неверно

Внутренняя энергия

- В.Э. системы – сумма кинетических энергий частиц и потенциальных энергий их взаимодействия, вычисленная в Ц-системе

Способы изменения U

- Изменение числа частиц
- Совершение работы
- Теплопередача (теплопроводность, конвекция, излучение)
- Далее рассм. только **закрытые системы**, в которых постоянно число частиц

Первое начало ТД

- Для изменения dU закрытой системы необходимо совершить над ней работу δA или осуществить передачу энергии в ходе теплопередачи δQ

d и δ

Адиабатный процесс

- Адиабатным называют процесс, протекающий без теплообмена с окружающей средой
- Чаще всего это достаточно быстрые процессы: за время их протекания не успевают устанавливаться равновесное состояние между системой и окр. телами

Первое начало ТД и изопроцессы

Процесс	Уравнения процесса	График процесса			Величины, входящие в 1 начало			Молярная теплоемкость, $C = Q/\Delta T$	Показатель политропы, $n = \frac{C - C_p}{C - C_v}$
		P, V	V, T	P, T	Q	ΔU	A		
Изобарный	$V = \text{const}$ $P_1 = P_2$ $\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$				$Q = \frac{m}{\mu} C_p (T_2 - T_1)$	$\Delta U = \frac{m}{\mu} C_v (T_2 - T_1)$	$A = P \Delta V = 0$	$C_v = \frac{1}{2} R$	∞
Изобарный	$P = \text{const}$ $P_1 = P_2$ $\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$				$Q = \frac{m}{\mu} C_p (T_2 - T_1)$	$\Delta U = \frac{m}{\mu} C_v (T_2 - T_1)$	$A = P(V_2 - V_1)$	$C_p = \frac{R\gamma}{\gamma - 1}$	$n = 0$
Изотермический	$T = \text{const}$ $P_1 V_1 = P_2 V_2$				$Q = A$ $Q = \frac{m}{\mu} R T \ln \frac{V_2}{V_1}$ $Q = P_1 V_1 \ln \frac{P_1}{P_2}$	$U = \text{const}$ $\Delta U = U_2 - U_1 = 0$	$A = \frac{m}{\mu} R T \ln \frac{V_2}{V_1}$ $A = P_1 V_1 \ln \frac{P_1}{P_2}$	∞	$n = 1$
Адиабатический	$Q = 0$ $P V^\gamma = \text{const}$ $\frac{T}{P^{1/\gamma}} = \text{const}$				$Q = 0$	$\Delta U = U_2 - U_1$ $\Delta U = \frac{m}{\mu} C_v (T_2 - T_1)$	$A = -\Delta U$ $A = U_1 - U_2$ $A = \frac{m}{\mu} C_v (T_1 - T_2)$	$C = 0$	$n = \gamma$ $n = \frac{C_p}{C_v}$

Теплоемкость

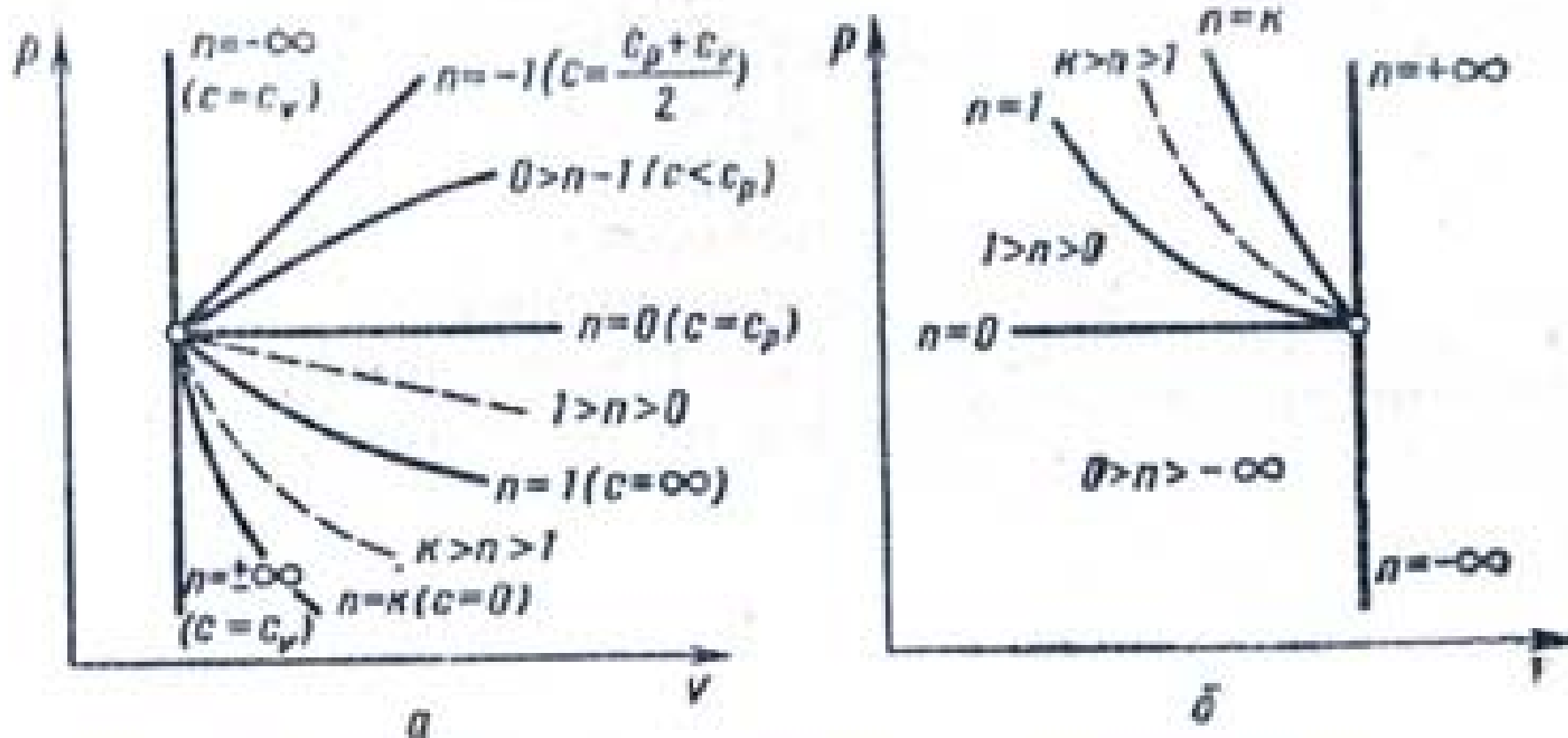


Рис. 148. Политропные процессы в $p-v$ -диаграмме

C_v 2-х атомного газа

