

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

Физические основы современного материаловедения - наука, основанная на совокупности научных и технических знаний о физико-химической природе различных материалов, методах их получения и исследования.

Анализируется физическая сущность явлений и процессов, происходящих в материалах в зависимости от их электрофизических, оптических, рекомбинационных, магнитных свойств.

Рассматриваются основные виды материалов и технологий, применяемых в современной науке и технике, изучаются методы их получения и физические свойства.

Проводится анализ поведения материалов в различных условиях их эксплуатации.

Конструкционные материалы — материалы, из которых изготавливаются различные конструкции, детали машин, элементы сооружений, воспринимающих силовую нагрузку.

Реальные газы, жидкости и твердые тела

Идеальный газ - 1) отсутствует потенциальное взаимодействие между молекулами
2) объем молекул мал

Модель идеального газа неприменима при высоких давлениях и низких температурах.

При нормальных условиях в 1 м^3 содержится $2,69 \cdot 10^{25}$ молекул и их объем равен 10^{-4} м^3

При давлении 500 МПа молекулы будут занимать половину объема; $0,5 \text{ м}^3$ для 1 м^3

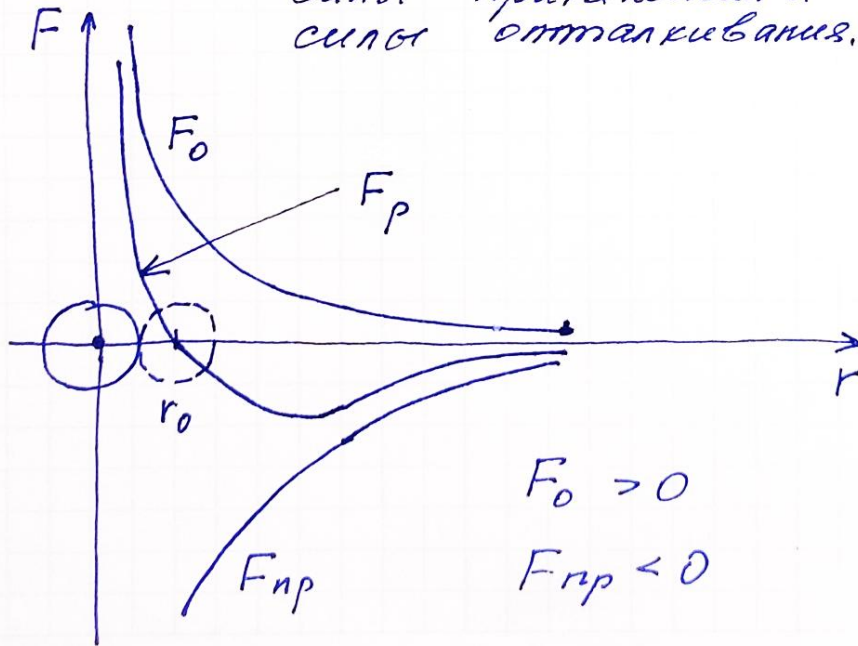
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ (ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ СИЛЫ)

Тип взаимодействия	Источник	Константа взаимодействия	Радиус действия (м)
Гравитационное	Масса	10^{-38}	∞
Электромагнитное	Электрически заряженные частицы	10^{-2}	∞
Сильное	Частицы, входящие в состав ядер (протоны, нейтроны)	1	10^{-15}
Слабое	Элементарные частицы	10^{-14}	10^{-18}

Для реальных газов необходимо учитывать силы межмолекулярного взаимодействия, они проявляются на расстояниях $\leq 10^{-9}$ м (размер молекул $\sim 10^{-10}$ м)

Эти силы - короткодействующие

Между молекулами есть силы притяжения и силы отталкивания.

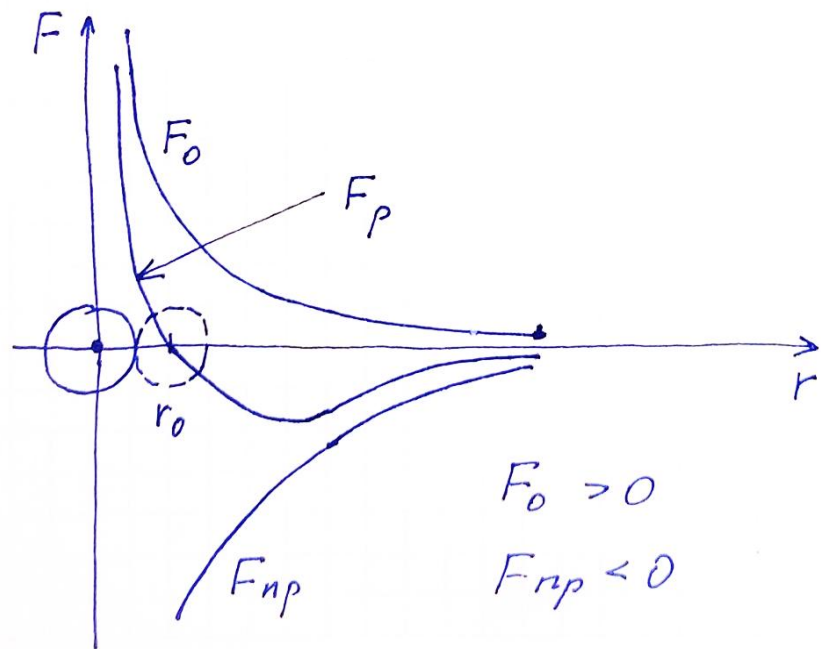


r - расстояние между двумя молекулами

F_0 - сила отталкивания

$F_{пр}$ - сила притяжения

F_p - результирующая сила взаимодействия двух молекул



$$\bar{F}_p = \bar{F}_0 + \bar{F}_{np}$$

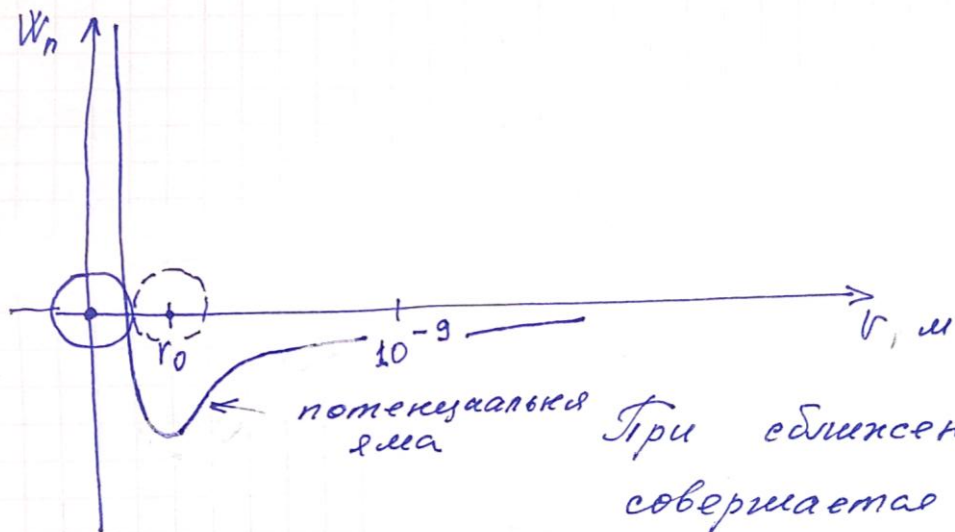
$$r = r_0 \quad F_p = 0 \quad |F_0| = |F_{np}|$$

r_0 - равновесное расстояние между молекулами

$r < r_0$ $F_p > 0$ (силы отталкивания)

$r > r_0$ $F_p < 0$ (силы притяжения)

при $r > 10^{-9}$ м $F_p \rightarrow 0$



Для $r = r_0$
 $W_n = W_{n \min}$ -
 система из двух
 молекул
 устойчива

При сближении молекул
 совершается работа

$$dA = F_p dr = -dW_n$$

$$r \rightarrow \infty \quad W_n = 0$$

При сближении молекул

$$F_p < 0 \quad dA = F dr > 0$$

$$W_n < 0 \quad \text{при } r = r_0$$

(потенциальная энергия
 минимальна -

потенциальная яма);

$$\text{При } r < r_0 \quad dA = F_p dr < 0$$

и W_n растет

Молекулы находятся в хаотичном тепловом движении, мера интенсивности движения - kT

$W_{n \min}$ - потенциальная энергия; определяет работу, которую надо совершить, что удалить молекулы друг от друга.

Три агрегатных состояния вещества

- 1) $W_{n \min} \ll kT$ - газообразное состояние
- 2) $W_{n \min} \approx kT$ - жидкое состояние
- 3) $W_{n \min} \gg kT$ - твердое состояние

Три агрегатных состояния вещества

1) $W_{\text{min}} \ll kT$ - газообразное состояние

2) $W_{\text{min}} \approx kT$ - жидкое состояние

3) $W_{\text{min}} \gg kT$ - твердое состояние



В **газах** среднее расстояние между молекулами в сотни раз превышает их размеры. Молекулы газа движутся равномерно и прямолинейно между столкновениями



В **жидкостях** расстояние между молекулами значительно меньше (порядка размера молекулы). Молекулы совершают колебания и перескакивают внутри слоёв и из слоя в слой. Жидкости текучи.



В **твёрдых** телах расстояние между молекулами порядка размера молекулы. Молекулы совершают непрерывные колебания относительно точек, называемых узлами кристаллической решетки.

В зависимости от температур T
вещество может находиться в разных
агрегатных состояниях

Для металлов W_{min} велика при
комнатных температурах

$$W_{\text{min}} \gg kT$$

Металлы находятся в твердом состоянии
при комнатной температуре

Газы: $W_{\text{min}} \ll kT$ при комнатных
температурах

Уравнение состояния реального газа
(Уравнение Ван-дер-Ваальса)

Уравнение состояния идеального газа

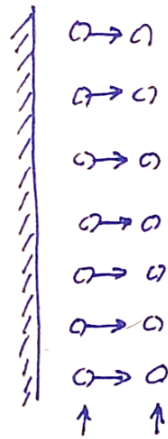
$$pV = \frac{m}{M} RT \quad \nu = \frac{m}{M} = 1 \text{ моль}$$

$$\boxed{pV = RT} \leftarrow \text{для одного моля газа}$$

1) Здесь V - Для реального газа объем, в котором может находиться каждая молекула

Молекулы занимают объем v
"V - v" - объем, в котором может находиться каждая молекула

2) p - давление газа на стенке сосуда



Давление меньше за счет сил притяжения между молекулами

$$p = RT \frac{1}{(V-b)}$$

Давление будет меньше на величину

$$\frac{a}{V^2}$$

между молекулами есть силы притяжения, за счет этого давление на стенку будет меньше (концентрация молекул в слое пропорциональна $\frac{1}{V}$)

$$p = RT \frac{1}{(V-b)} - \frac{a}{V^2}$$

$$\left(p + \frac{a}{V^2} \right) (V-b) = RT$$

"a" и "b" - поправки, определяют опытным путем

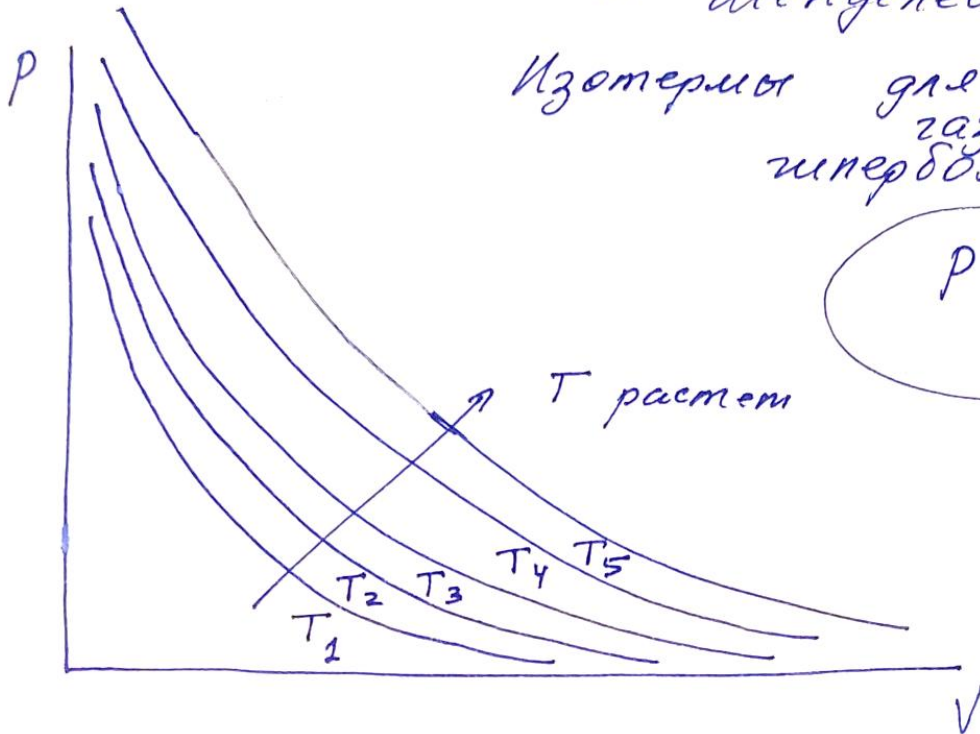
$$\left(p + \frac{a}{V^2}\right) (V - b) = RT \leftarrow \text{уравнение Ван-дер-Ваальса}$$

(уравнение состояния реального газа)

$$pV = RT - \text{уравнение состояния идеального газа}$$

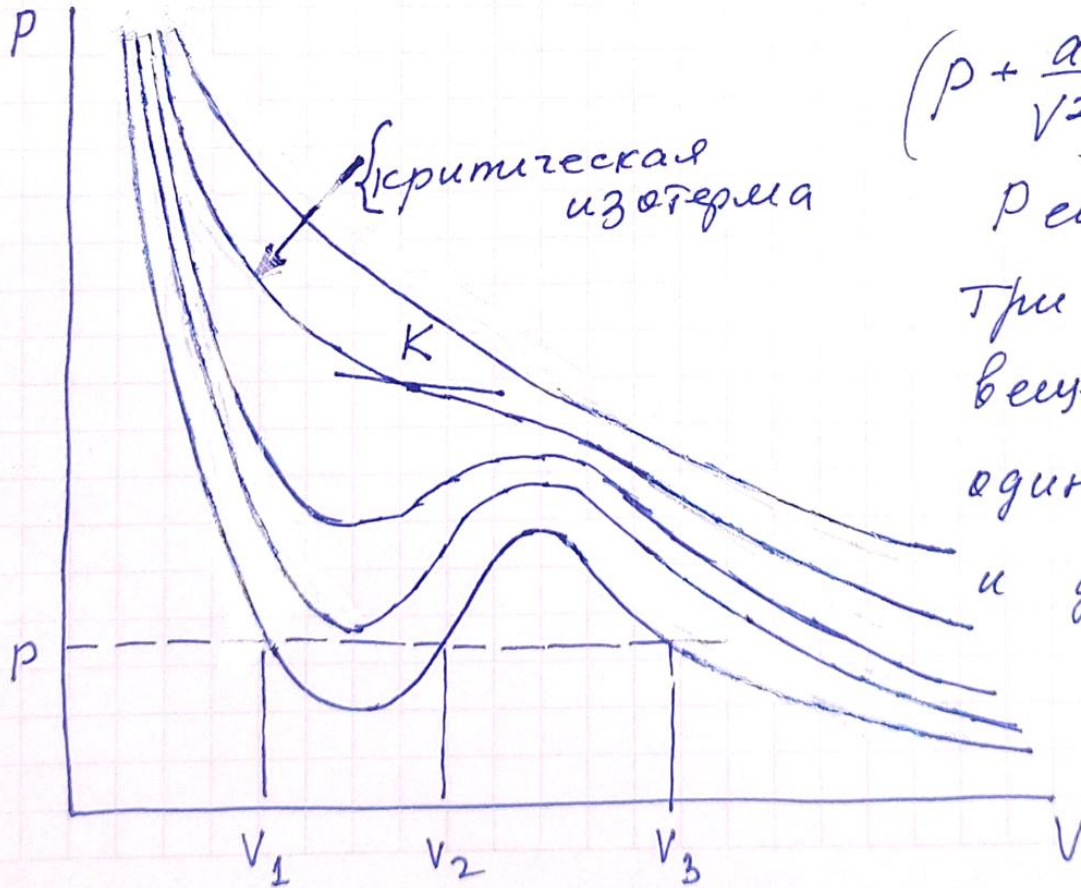
(уравнение Клапейрона-Менделеева)

Изотермы для идеального газа - это гиперболы



$$p = RT \frac{1}{V}$$

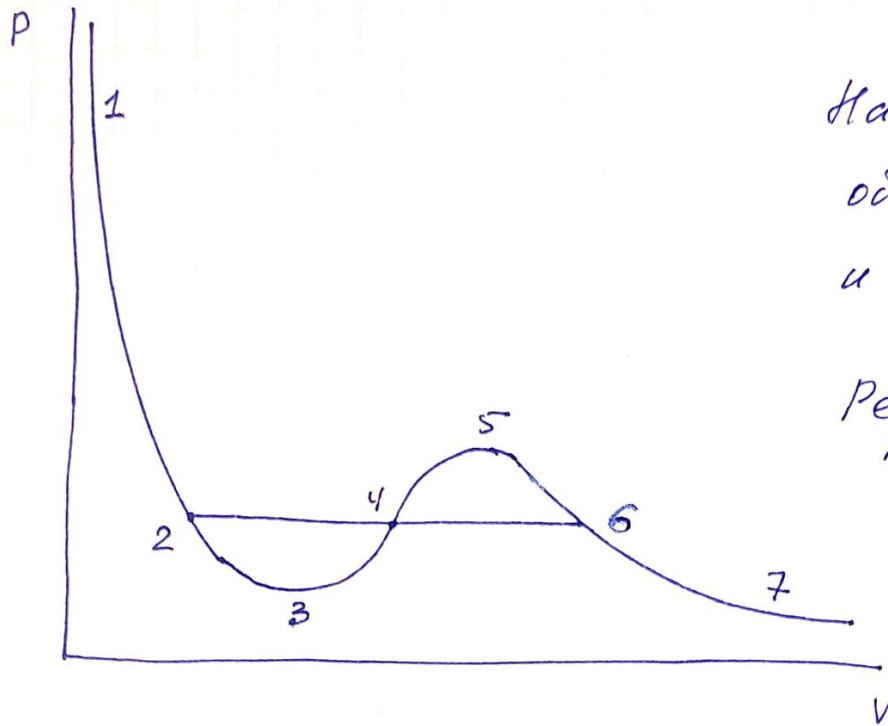
Изотермы для реального газа
(из уравнение Ван-дер-Ваальса -
уравнение третьей степени)



$$\left(p + \frac{a}{V^2}\right) (V - b) = RT$$

Решение:

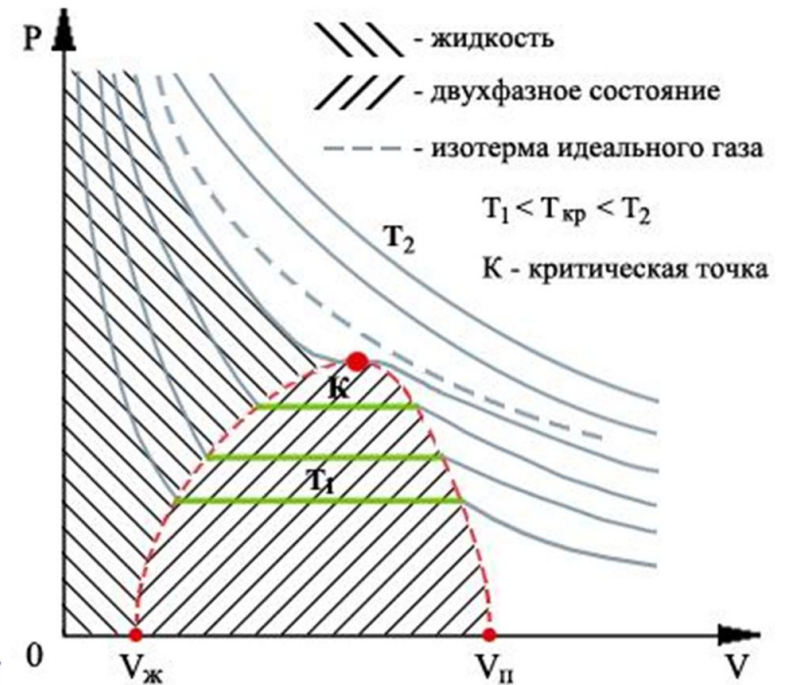
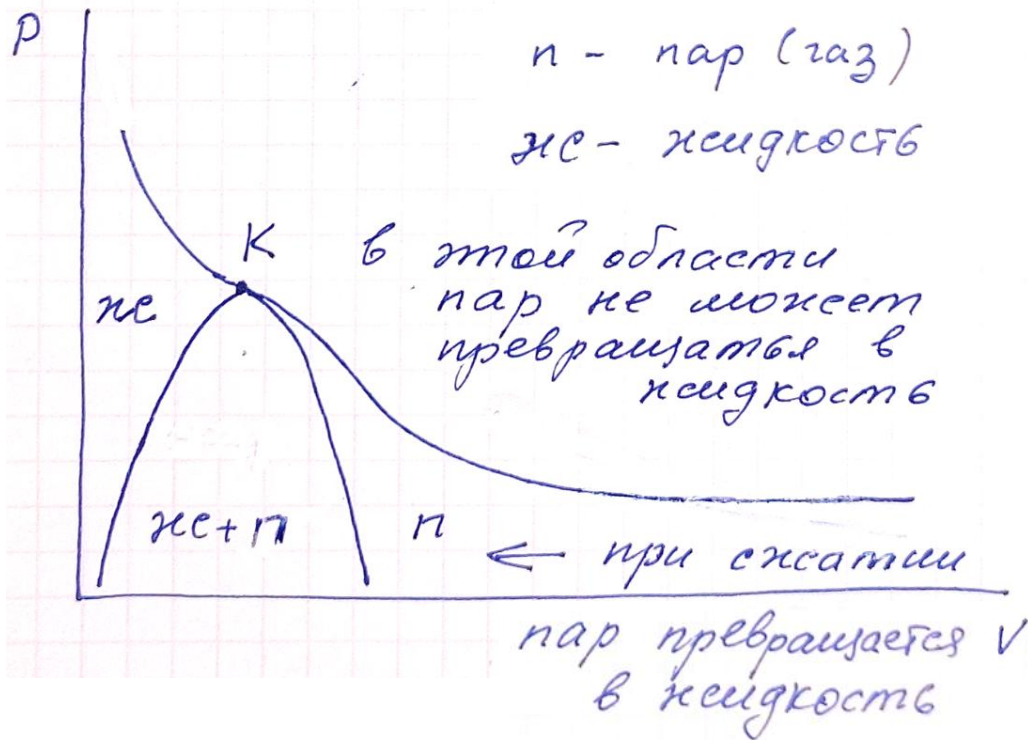
Три корня
вещественных или
один вещественный
и два мнимых



На участке 3-4-5
 объем уменьшается
 и давление
уменьшается
 Реально этот
 процесс
 не реализуется

- 1 - 2 — газ
- 2 - 6 — жидкость + газ
- 6 - 7 — жидкость

T_k - критическая температура, при
 которой жидкость и газ
 находится в равновесии



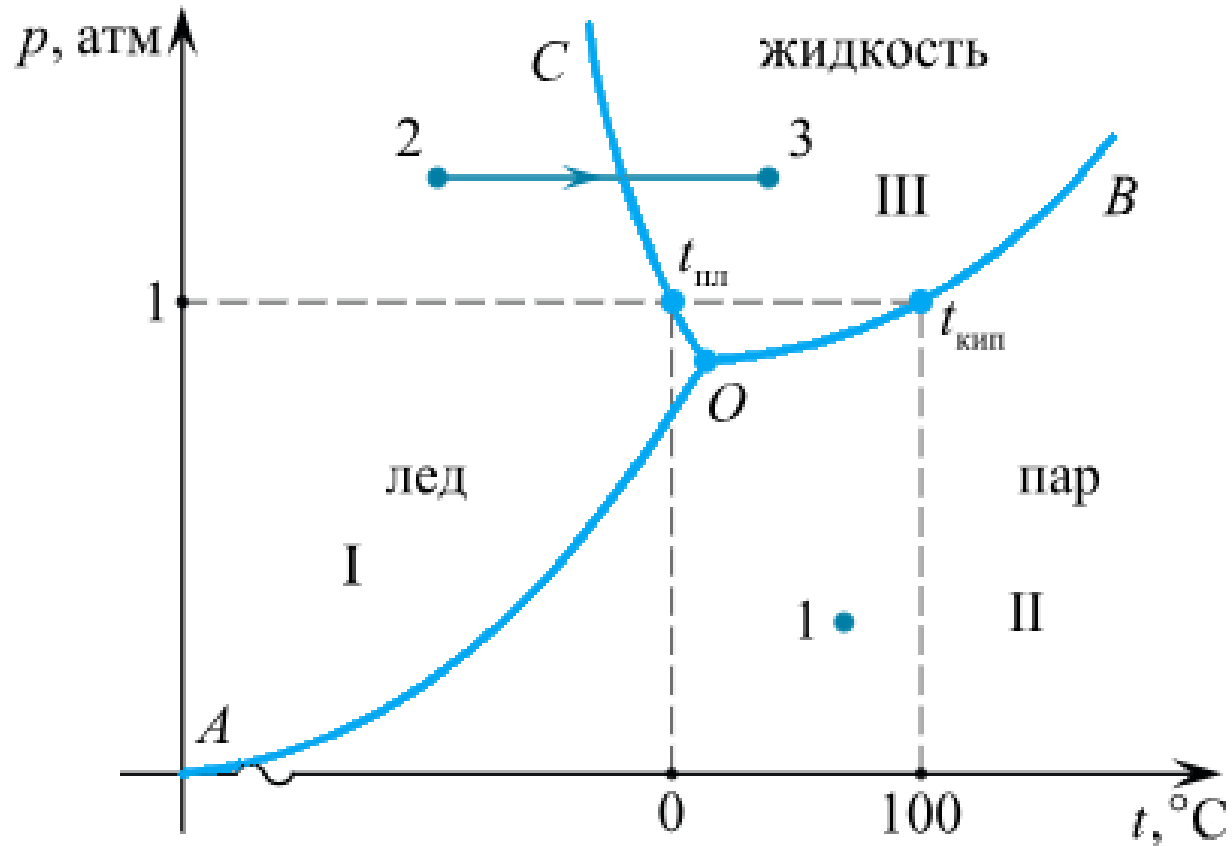
Колоколообразная кривая и критическая изотерма, которая проходит через критическую точку К, делят диаграмму состояний в координатах p - V на три области:

- под колоколообразной кривой располагается область двухфазных состояний – жидкость и насыщенный пар;
- слева от нее находится область жидкого состояния;
- справа находится область пара.

Газ (пар) при изотермическом сжатии ($T = const$) будет превращаться в жидкость. При этом газ при температурах выше критической не может превращаться в жидкость ни при каком давлении.

Три параметра (термодинамические параметры) характеризуют состояния вещества: p - давление, V - объем, T - температура (по шкале Кельвина или абсолютная температура).

Для построения диаграммы состояний можно использовать другую пару параметров, p - давление, T - температура. В этом случае диаграмма состояний будет выглядеть следующим образом.



$$1 \text{ атм} = 760 \text{ мм.рт.ст.} = 1020 \text{ гПа. } 1^\circ\text{C} = 1 \text{ К, } T (\text{К}) = t (^\circ\text{C}) + 273,15$$