

# Лекция 15

- Термодинамические потенциалы
- Фазовые переходы: классификация
- Фазовые переходы первого рода
- Уравнение Клапейрона-Клаузиуса
- Скрытая теплота перехода
- Тройная точка
- Фазовые переходы второго рода

# Термодинамические потенциалы

- $U$  – внутренняя энергия
- $H$  – энтальпия, эквивалент кол-ва теплоты при изобарическом процессе
- $F$  – свободная энергия Гельмгольца – часть внутренней энергии системы, которая при изотермическом расширении может быть переведена в работу
- $G$  - свободная энергия Гиббса – учтена только работа над внешними объектами, исключая среду

# Термодинамические потенциалы

Thermodynamic potentials are useful for the description of non-cyclic processes.

+PV

They are used along with the **First Law of Thermodynamics**.

**System work** and **entropy** play a major role.

-TS

<p><b>U</b> Internal energy</p> <p>U = energy needed to create a system</p>	<p><b>F = U-TS</b> Helmholtz free energy</p> <p>F = energy needed to create a system minus the energy you can get from the environment.</p>
<p><b>H = U+PV</b> Enthalpy</p> <p>H = energy needed to create a system plus the work needed to make room for it</p>	<p><b>G = U+PV-TS</b> Gibbs free energy</p> <p>G = total energy needed to create a system and make room for it minus the energy you can get from the environment.</p>

# ТДП: основные свойства

- ТДП – функции состояния
- Производные ТДП по  $T$ ,  $p$ ,  $V$  – также функции состояния
- $U – C_v$ ,  $H – C_p$
- Изоэнтальпийный процесс – эффект Джоуля-Томсона
- $\Delta H$  и calorический эффект хим. реакции
- Процесс с  $G = \text{const}$  – фазовые превращения

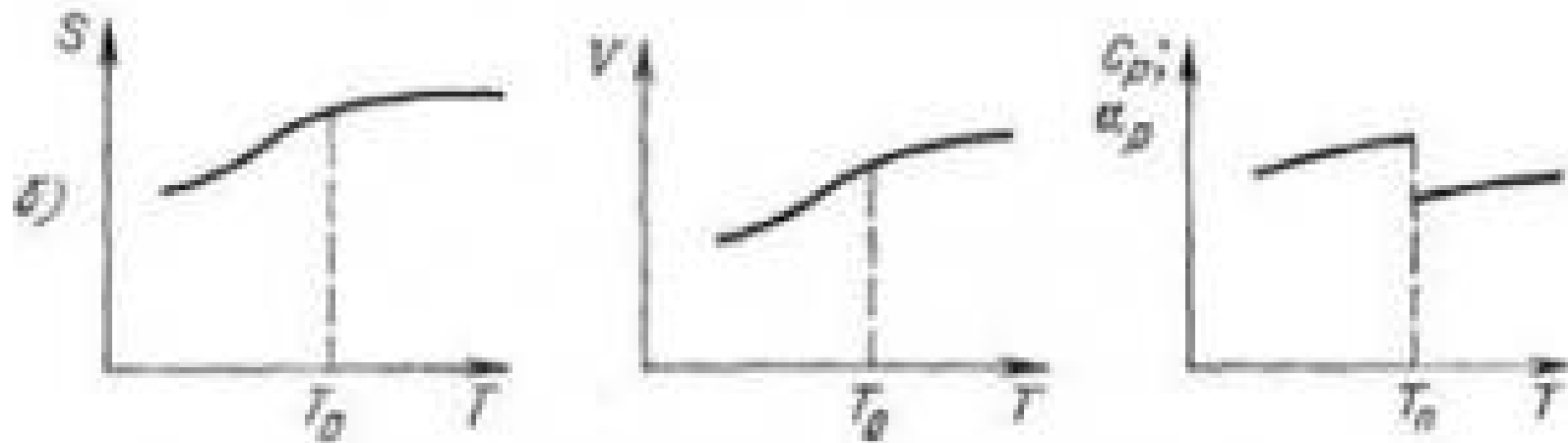
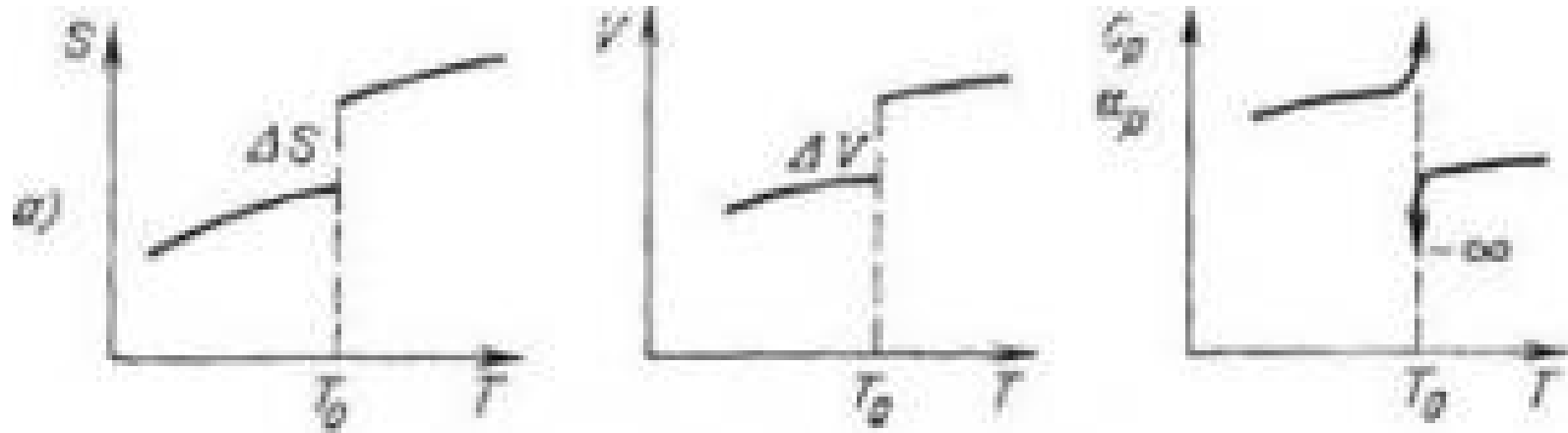
# Фаза

- Фаза — однородная по свойствам часть термодинамической системы, отделенная от других фаз поверхностями раздела, на которых скачком изменяются некоторые свойства системы.
- Фаза — гомогенная часть гетерогенной системы.
- В однокомпонентной системе разные фазы могут быть представлены различными агрегатными состояниями или разными полиморфными модификациями вещества.
- В многокомпонентной системе фазы могут иметь различный состав и структуру. В любом случае при наличии раздела фаз подразумевается принципиальная возможность перехода вещества из одной фазы в другую.

# Фазовые переходы: классификация Эренфеста

- **1 рода:** скачкообразно изменяются самые главные, первичные экстенсивные параметры: **удельный объём, внутренняя энергия, концентрация компонентов и т.п.**
- **2 рода:** плотность и внутренняя энергия не меняются, так что **невооружённым глазом такой фазовый переход может быть незаметен. Скачок испытывают их производные по температуре и давлению:** теплоёмкость, коэффициент теплового расширения, различные восприимчивости и т.д.

# ТДП и фазовые переходы 1 и 2 рода

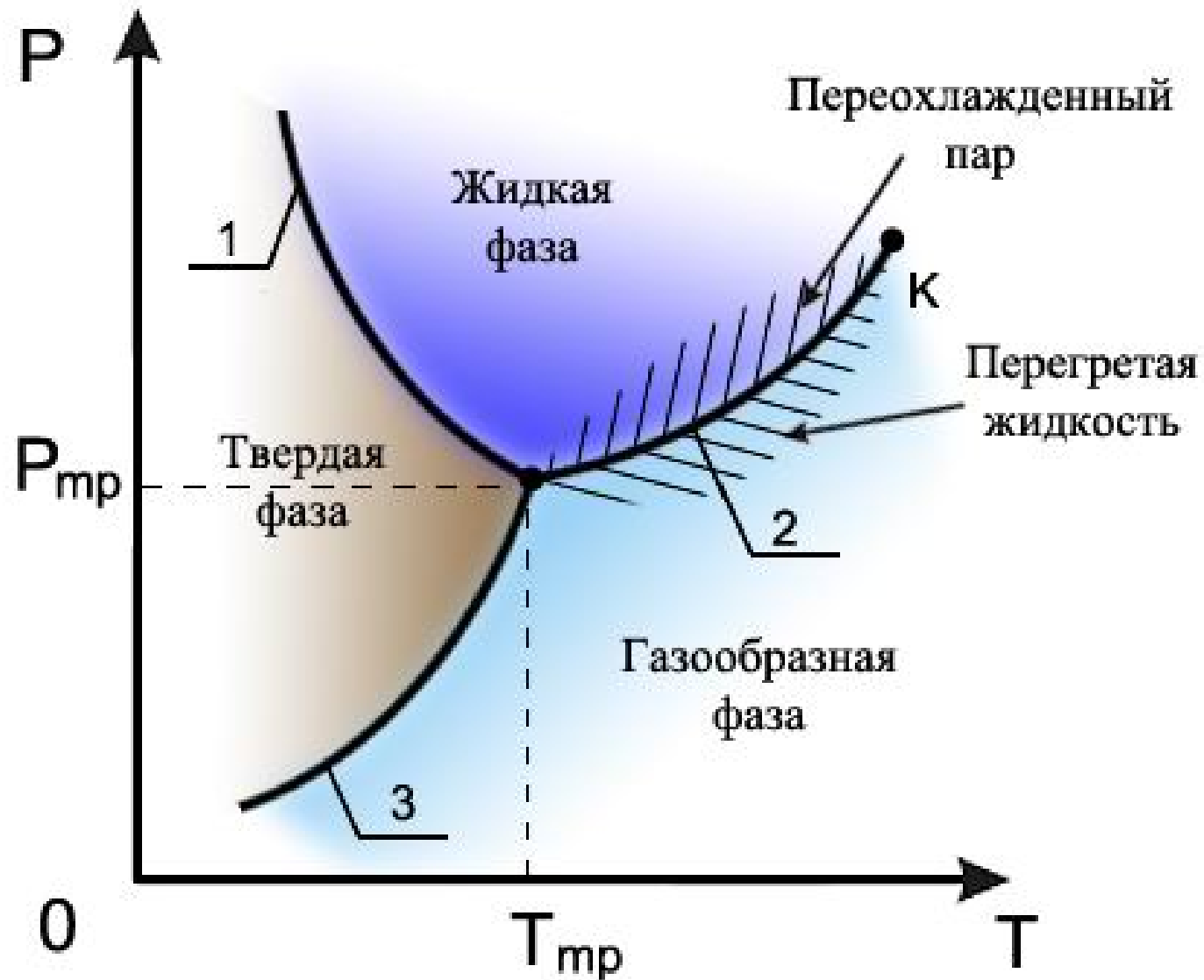


# Фазовые переходы первого рода

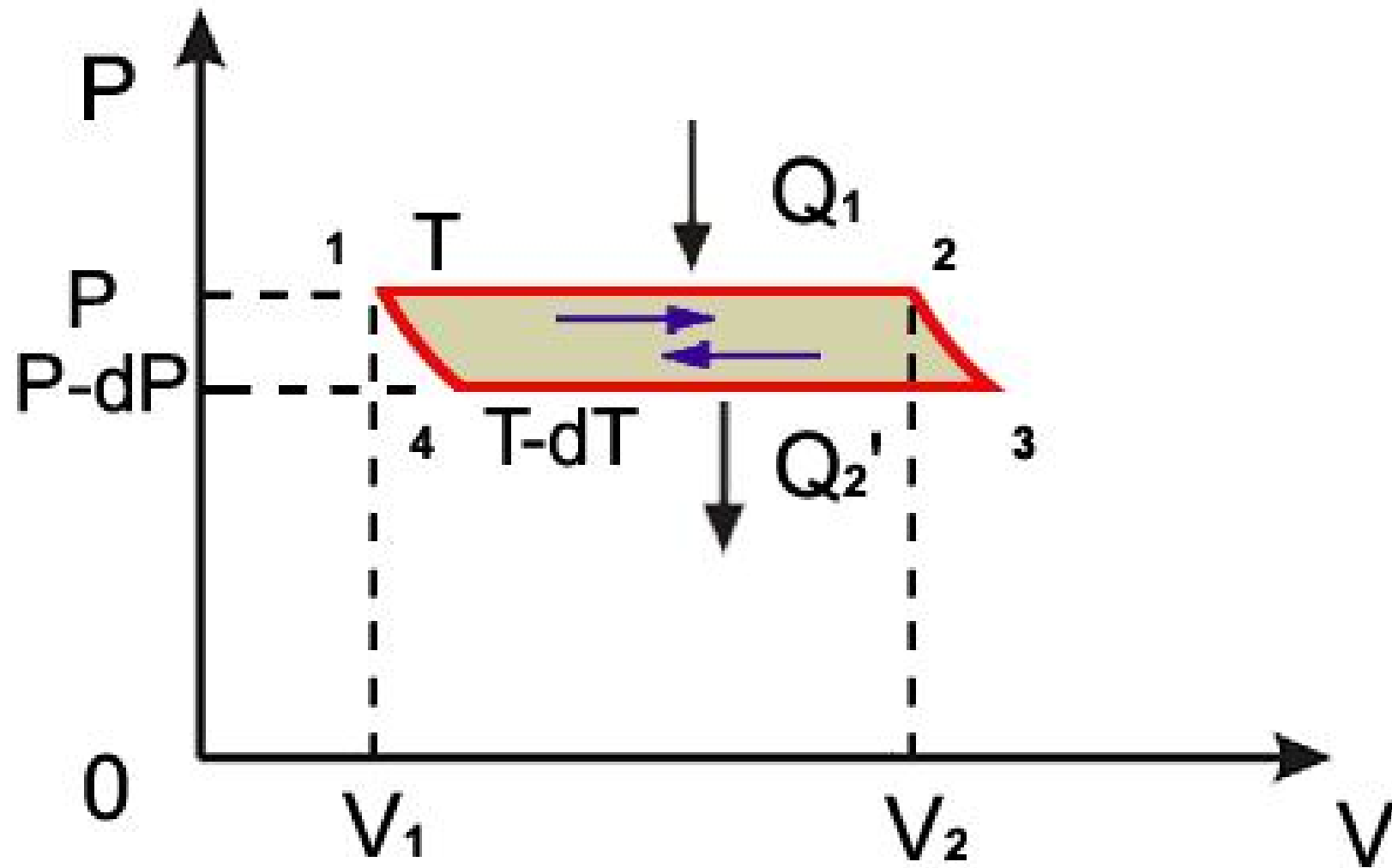
- плавление и кристаллизация
- испарение и конденсация
- сублимация и десублимация

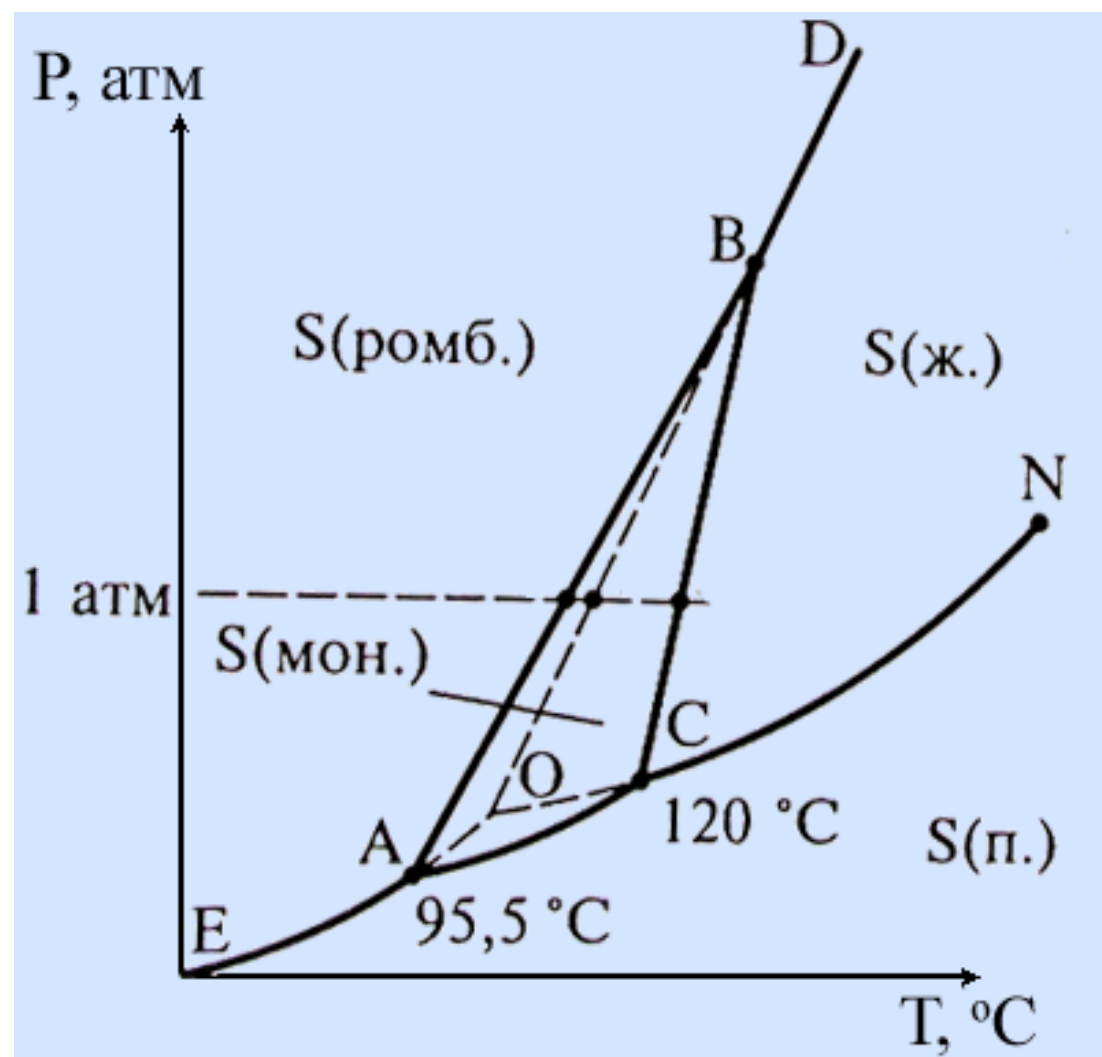


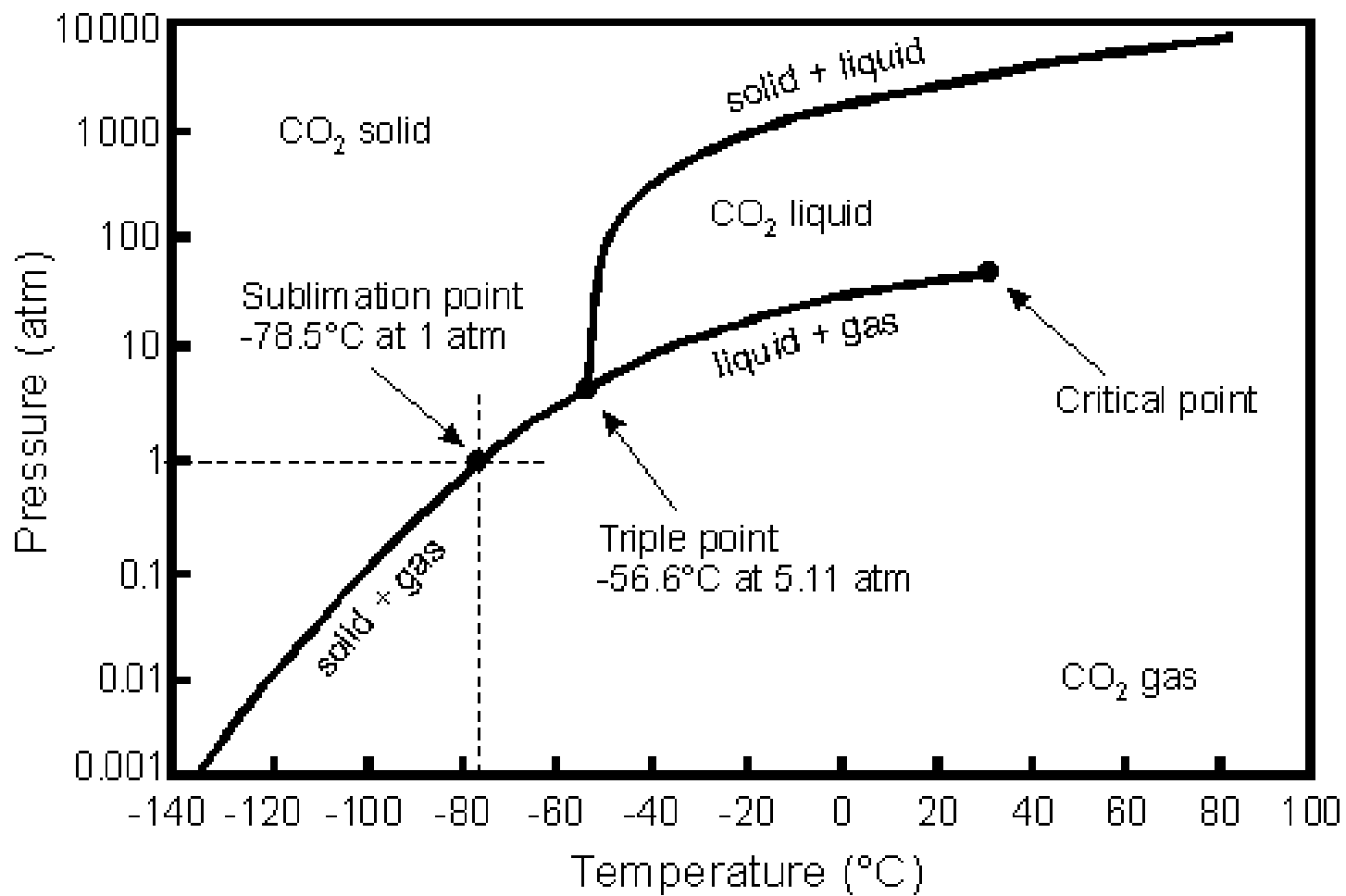
# Фазовая диаграмма



К ур. Кл-Кл

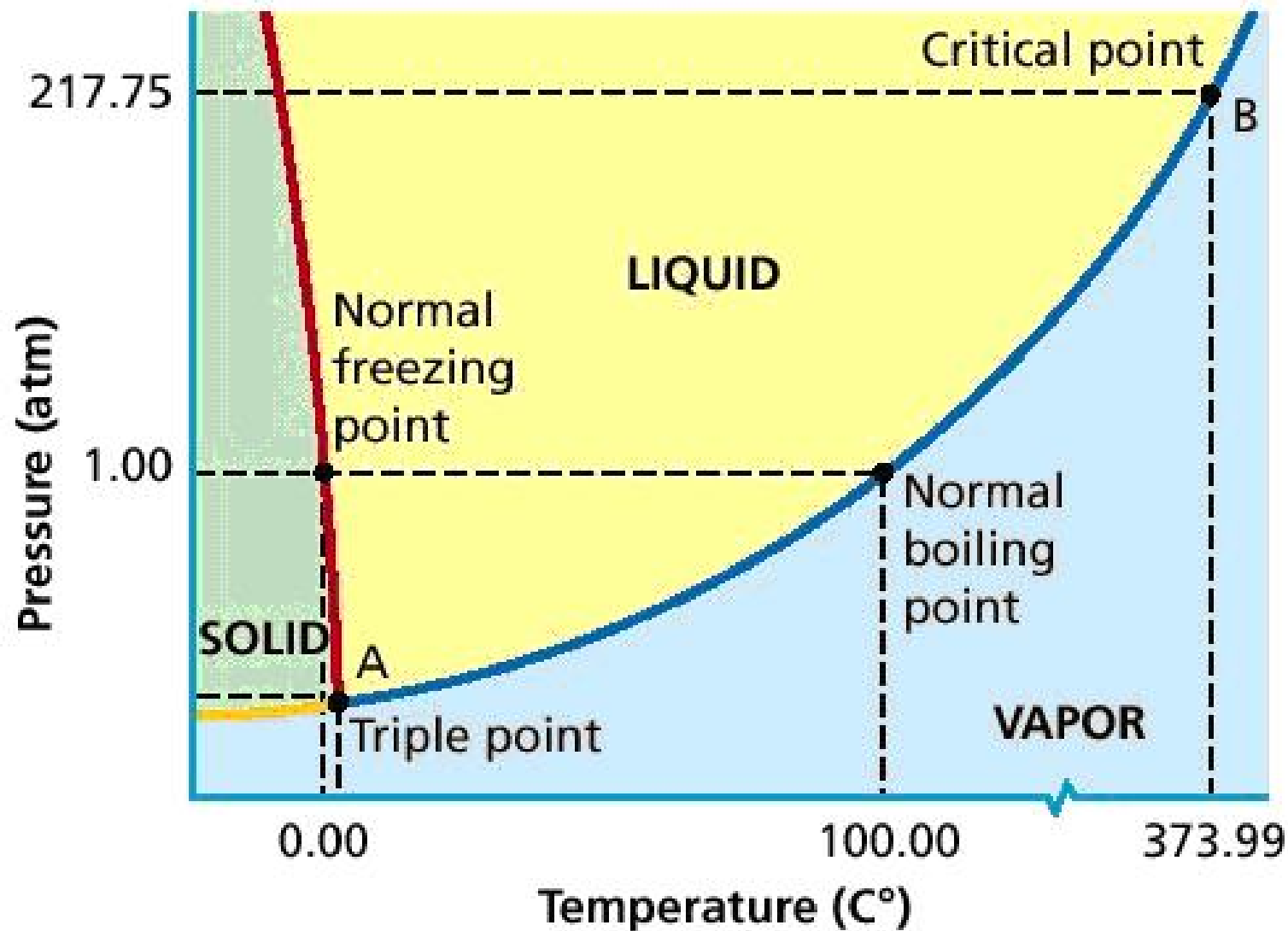






Pressure-Temperature phase diagram for CO<sub>2</sub>.

# Phase Diagram for H<sub>2</sub>O



# Фазовые переходы второго рода

- прохождение системы через критическую точку
- переход парамагнетик-ферромагнетик или парамагнетик-антиферромагнетик (параметр порядка — намагниченность)
- переход металлов и сплавов в состояние сверхпроводимости
- переход жидкого гелия в сверхтекучее состояние
- переход аморфных материалов в стеклообразное состояние