

# ВТНП

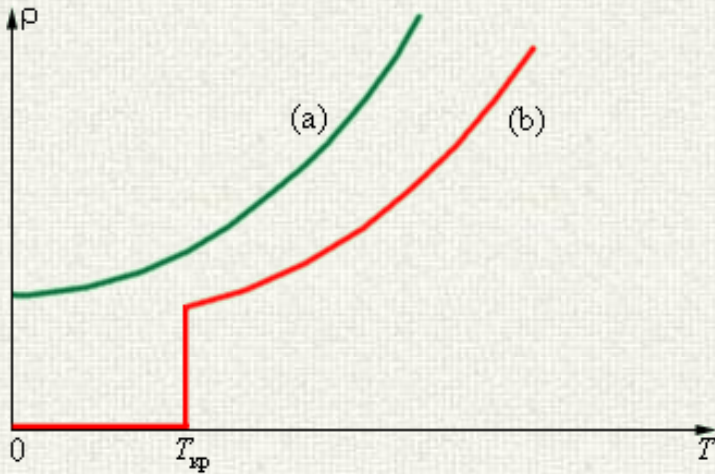
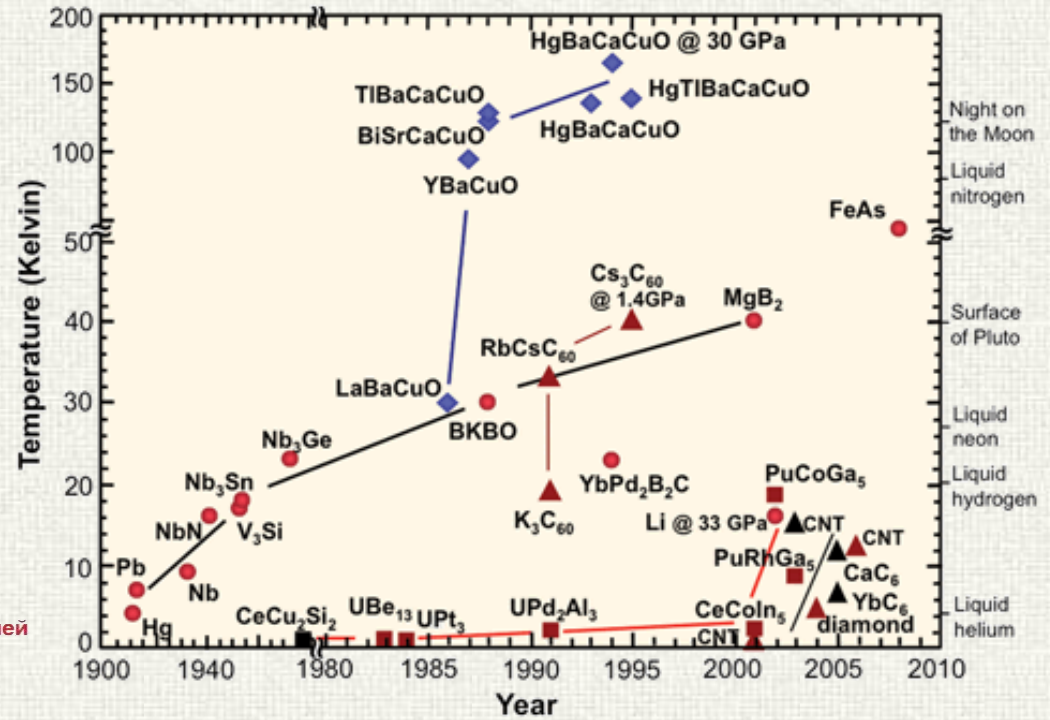
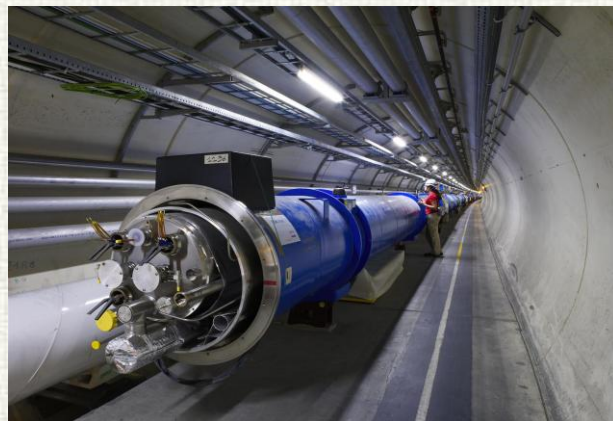
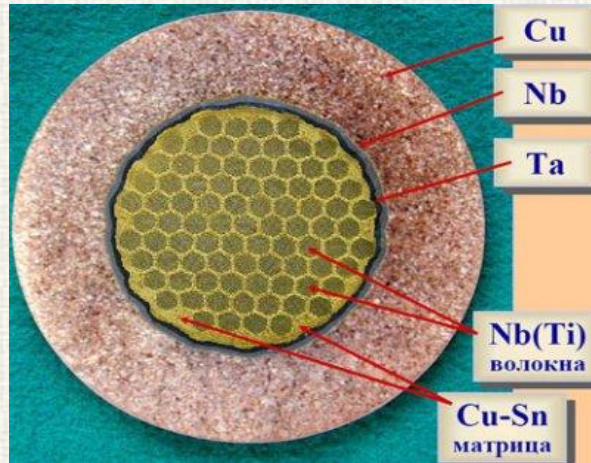


Рис. 7. Секция трехфазного кабеля, изготовленного компанией Sumitomo Electric Industries с использованием провода 2G HTS компании SuperPower



# ВТНП



# Рівняння Клапейрона-Клаузіуса

- Рівняння Клапейрона-Клаузіуса відображає **особливості фазових переходів першого роду**. Виведемо це рівняння для рівноважного переходу одного моля речовини з фази 1 у фазу 2 при сталих тиску і температурі.
- У такому процесі виконується тільки робота розширення і зміна внутрішньої енергії дорівнює

$$U_2 - U_1 = T(S_2 - S_1) - p(V_2 - V_1)$$

або 
$$U_2 - TS_2 + pV_2 = U_1 - TS_1 + pV_1$$

Ліва і права частини є енергіями Гіббса  $G_1$  і  $G_2$  моля речовини у співіснуючих фазах, тобто ізобарні потенціали одиниці маси речовини в двох фазах, що знаходяться в рівновазі, рівні між собою

$$G_2 = G_1$$

Зміна температури або тиску призводить до порушення рівноваги і встановлення нової рівноваги, а енергії Гіббса фаз змінюються

$$dG_1 = -S_1 dT + V_1 dp$$

$$dG_2 = -S_2 dT + V_2 dp$$

Але і в нових умовах залишаються справедливими умови рівноваги:

$$G_2 + dG_2 = G_1 + dG_1 \rightarrow dG_1 = dG_2$$

# Рівняння Клапейрона-Клаузіуса



Клапейрон Б.П.Е.  
1799 – 1864

Таким чином,  $dG_1 = dG_2$ , отже  
 $(V_1 - V_2)dp = (S_2 - S_1)dT$  або  
 $dp/dT = (S_2 - S_1)/(V_2 - V_1)$ .

Оскільки фазові перетворення  
являють собою рівноважний  
ізобарно-ізотермічний процес, то  
зміна ентропії становить величину

$$\Delta S = S_2 - S_1 = Q/T = \Delta H_{\text{ф.п.}}/T$$

де  $\Delta H_{\text{ф.п.}}$  - зміна ентальпії при фазовому переході  
(теплота фазового переходу). Після підстановки виразу  
для  $\Delta S$  отримаємо **рівняння Клаузіуса-Клапейрона**

$$dp/dT = \Delta H_{\text{ф.п.}} / T (V_2 - V_1)$$



Клаузіус Р.Ю.Е.  
1822 – 1888

# Принципи побудови діаграм стану

- Для однокомпонентних систем правило фаз має вигляд  
$$C = K - \Phi + 2 = 1 - \Phi + 2 = 3 - \Phi.$$
  - Мінімальне число ступенів свободи ( $C_{\min}$ ) = 0 коли число фаз  $\Phi = 3$ . У рівноважній однокомпонентній системі можуть співіснувати максимально три фази (т, р, г). Максимальне число ступенів свободи ( $C_{\max}$ ) система має при мінімальному числі фаз - одиниці.  
Отже,  $C_{\max} = 1 - 1 + 2 = 2$ .
- Цими ступенями свободи є **P** і **T**
- Графічні зображення залежності тиску **P** від температури **T** (чи **P** від складу і **T** від складу) називають **діаграмами стану**, аналіз яких дозволяє визначити число фаз, межі їх існування, характер взаємодії компонентів, наявність новоутворених хімічних сполук та їх склад.

# Загальні принципи побудови діаграм стану

Метод фізико-хімічного аналізу багатокomпонентних систем в 1912-1914р. запропонував

**М. С. Курнаков**

В основі аналізу лежать *принципи безперервності і відповідності.*



Курнаков Микола Семенович

1860 - 1941

# Загальні принцип побудови діаграм стану

- Відповідно до **принципу безперервності**, при беззупинній зміні параметрів властивості окремих фаз змінюються також беззупинно, а властивості системи в цілому змінюються беззупинно доти, поки не зміниться число чи природа фаз, після чого властивості системи змінюються стрибкоподібно.
- За **принципом відповідності** на діаграмі стану кожній фазі відповідає частина площини, яку називають **полем фази** - область існування фази у визначеному стані (т, р, г).

**Лінії перетину площин** характеризують рівноважний стан  $t \leftrightarrow p$ ;  $p \leftrightarrow g$ ;  $t \leftrightarrow g$ .

Точка на діаграмі стану (**фігуративна точка**) вказує значення параметрів, які характеризують даний стан системи.

# Фазова діаграма води

