

Niskotemperaturne tehnike

kriogenika

Uvod

- Niskotemperaturne tehnike vezuju se uz vakuumske
 - Povezanost sa supravodljivošću
 - Manifestacija kvantnih efekata na makroskopskoj razini
 - Supravodljivi magneti, polarizacija nuklearnih meta

Postizanje niskih temperatura

- Postizanje i održavanje niskih temperatura povezano je s mogućnošću ukapljivanja plinova
- Komponente ukapljivača:
 - Kompresor (recipročan toplinskom motoru)
 - Uređaj za hlađenje
 - Izmjenjivač topline

Nekoliko karakterističnih vrelišča plinova pri normalnom tlaku

Plin	Vrelišče
N_2	77K
H_2	20K
4He	4.2K
3He	3.2K

Metoda ohlađivanje – adijabatska ekspanzija

$$p_f V_f^\gamma = p_i V_i^\gamma \quad pV = nRT$$

$$p_f V_f V_f^{\gamma-1} = p_i V_i V_i^{\gamma-1}$$

$$T_f = T_i \left(\frac{V_i}{V_f} \right)^{\gamma-1}$$

Karakteristike

- Ako je konačna temperatura T_f dovoljno niska plin se ukapljuje
- Plin koji hladimo ne mora nužno biti i plin koji ukapljujemo
- Ograničena primjena adijabatske metode zbog pokretnih dijelova koji moraju zaptivati i na veoma niskim temperaturama

Metoda protoka plina kroz porozni materijal

- Izoentalpična ekspanzija – vrijedi:

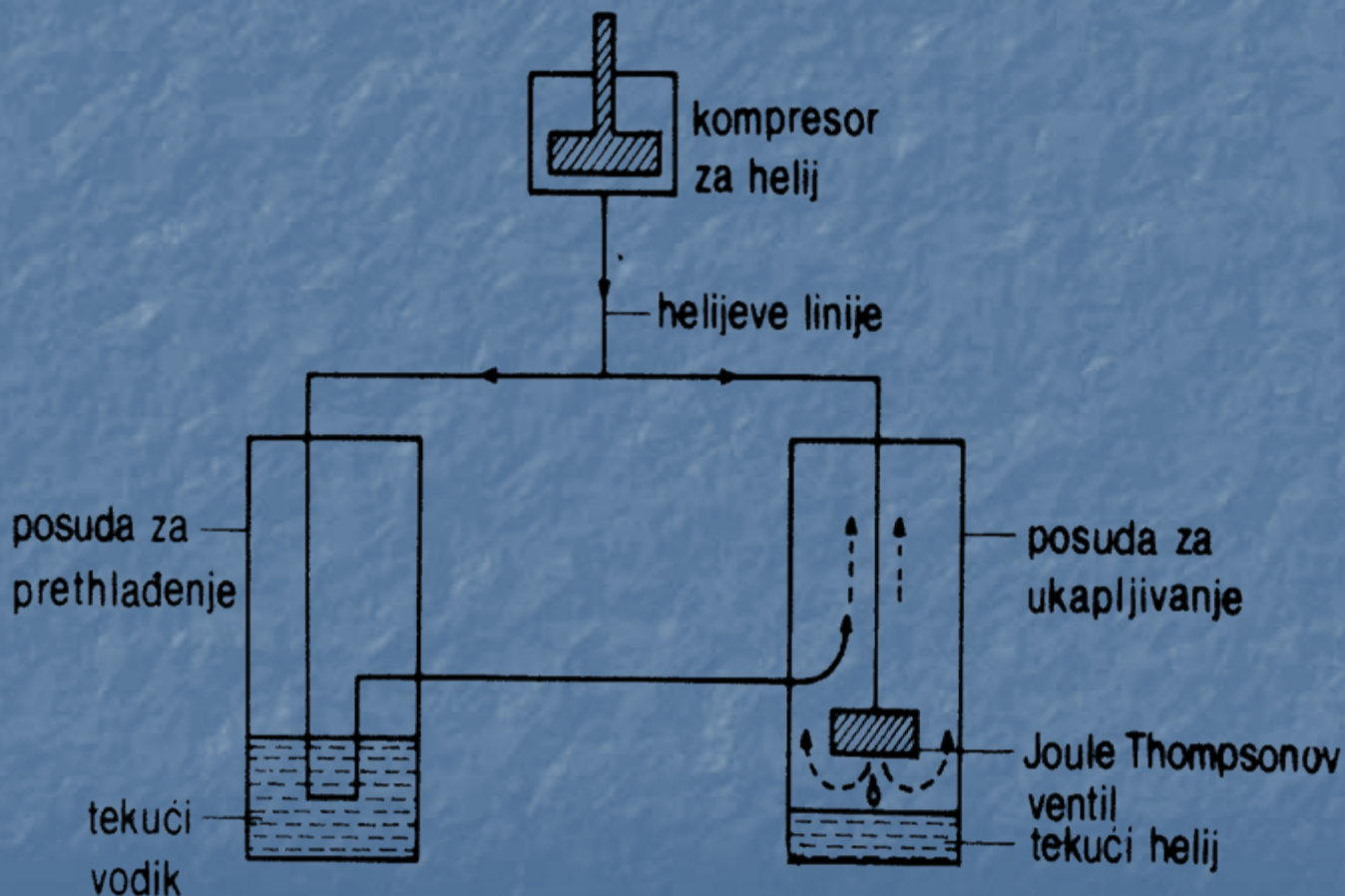
$$T_f = T_i - \left[T \left(\frac{\delta V}{\delta T} \right)_P - V \right] \cdot \frac{(p_i - p_f)}{C_P}$$

Joule Thompsonov efekt

Joule-Thompsonov efekt

- Nedostaci:
 - Daje mnogo manje učinke od adijabatske metode
- Prednosti:
 - Nema pokretnih dijelova
 - Funkcionira na veoma niskim temperaturama

Joule-Thompsonov tip ukapljivača



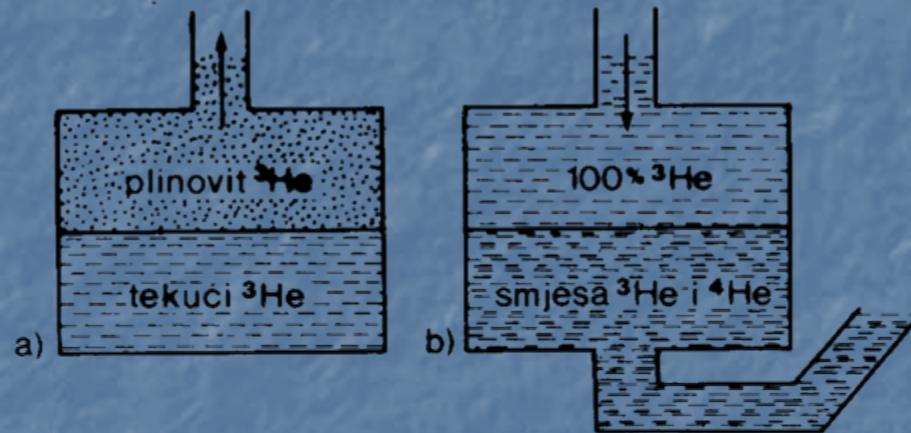
Karakteristike

- Ukapljena tekućina predstavlja stabilan spremnik određene temperature
- Odsisavanjem plina tekućini možemo još više sniziti temperaturu no ovaj efekt ima ograničeno područje primjene za snižavanje temperature
- Tlak para snižava se eksponencijalno s temperaturom

Dilucijski hladnjak

- Milikelvinsko područje
- Koristimo smjesu $^3\text{He} - ^4\text{He}$
- Ova se smjesa separira na dvije faze pri 0.8 K
- Prijelaz iz čiste faze u mješovitu hladi čistu fazu plina
- Udio ^3He u miješanoj fazi je praktično konstantan i neovisan o temperaturi

Princip rada



Slika 8.2. Dilucijski hladnjak:

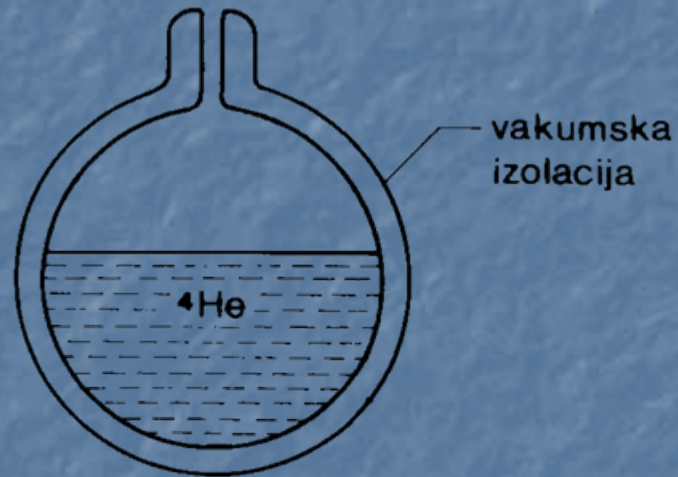
a) Klasični način hlađenja otpumpavanjem. Atomi ${}^3\text{He}$ prolaskom kroz površinu tekućine i prelaskom u plinsku fazu hlade tekućinu.

b) U mješavini ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$ s otpumpavanjem helija-3 kroz mješavinu kao "teški vakuum" služi helij-4. Kada helij-3 prolazi kroz površinu odozgo nadolje, hladi se gornja komponenta.

Glavni procesi transporta topline

- Vođenje – toplinski izolatori (teflon)
- Radijacija – visoko reflektivne površine (inoks)
- Konvekcija – u vakuumu zanemarivo

Uskladištenje pothlađenih kapljevina



Slika 8.3. Uskladištenje ${}^4\text{He}$. Bačva s Dewarovim stijenkama. Dvostruke stijenke odvojene su vakuumom i imaju visok sjaj.

Transport pothlađenih kapljevina



Slika 8.4. Transfer–linija za tekući helij. Cijev za pretakanje helija ponovno ima dvostruke stijenke s vakuumom među njima. Mehanička stabilnost pojačava se teflonskim krilcima položenim poprečno u cijevi.

Mjerenje niskih temperatura

- Bourdonova cijev

$$p=p(T)$$

V=konst.

