

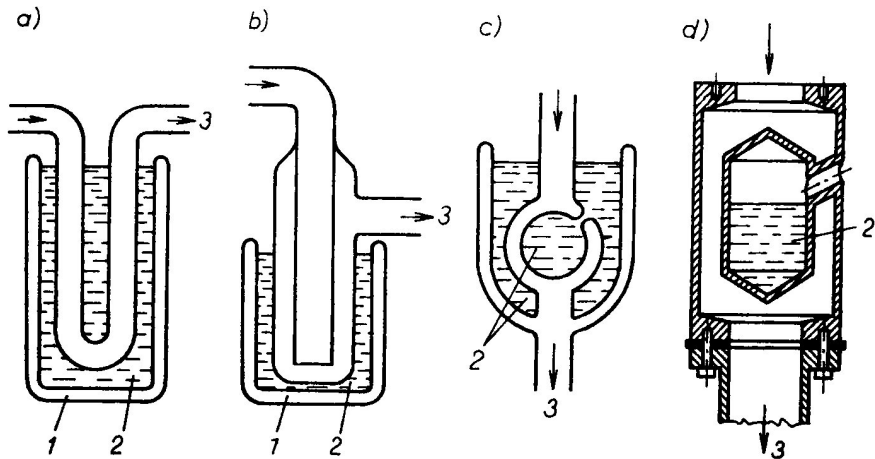
Aplikace fyziky nízkých teplot

- Vakuová fyzika
- Vědecké přístroje
- Biologie a medicína
- Supravodiče
- Raketová technika
- Doprava
- Ostatní aplikace

Vakuová fyzika

- Vymrazovačky
- Sorpční vývěvy

Vymrazovačky



Sorpční vývěvy

- kryogenní
- zeolitové
- sublimační

princip: vázání plynů a par na povrch a v materiálech k tomu zvláště připravených

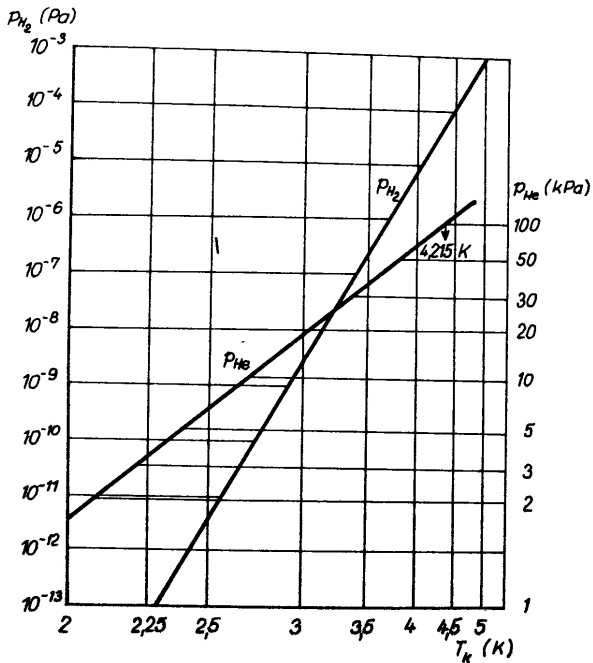
koeficient ulpění blízký jedné, doba pobytu co největší
plyn zůstává uvnitř vývěvy(čerpaného prostoru) ve vázaném stavu na sorbujícím povrchu, nebo ve vrstvách pod povrchem
čerpací rychlost je úměrná velikosti sorbujícího povrchu

Kryogenní (kryosorpční) vývěvy

Princip: adsorbování a kondenzace plynů a par
kryogenní vývěva - teplota $< 30\text{ K}$

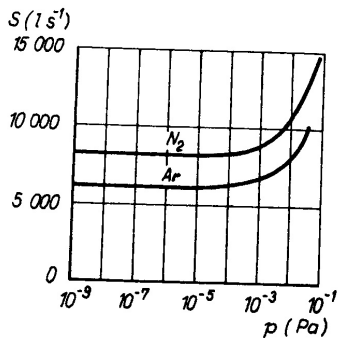
kapalný dusík (77K) - vymrazovačka

Kryogenní vývěvy se zpravidla používají na získání ultravakua, uvádí se do činnosti až po získání nízkého vakua jiným typem vývěv (difuzní, turbomolekulární,...)

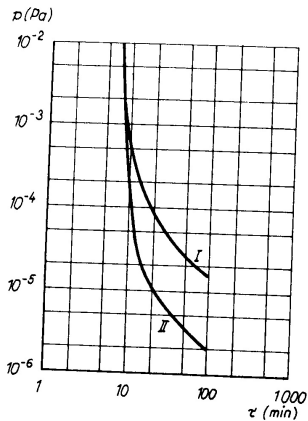


Tab. 4.11. Tlak některých plynů čerpaných kryogenními vývěvami nebo vymrazovačkami

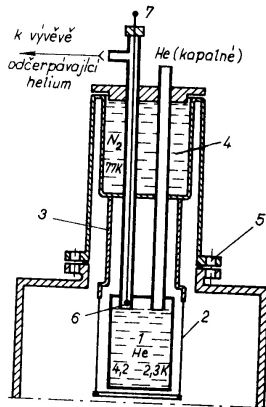
Čerpaný plyn	Bod varu (K)	Tlak plynu (Pa) čerpaného vývěvou chlazenou kapalným				tuhým
		He 4,2 K	H ₂ 20,4 K	Ne 27,2 K	N ₂ 77,3 K	CO ₂ 195 K
He	4,2	101 000	> 101 000	> 101 000	> 101 000	> 101 000
H ₂	20,4	$4,6 \cdot 10^{-5}$	101 000	> 101 000	> 101 000	> 101 000
Ne	27,2	—	60 000	101 000	> 101 000	> 101 000
N ₂	77,3	—	$3 \cdot 10^{-9}$	10^{-4}	101 000	> 101 000
CO	81,6	—	$5 \cdot 10^{-11}$	10^{-5}	68 000	> 101 000
Ar	87,3	—	$7 \cdot 10^{-11}$	10^{-5}	31 000	> 101 000
O ₂	90,2	—	$1,3 \cdot 10^{-11}$	10^{-6}	24 000	> 101 000
CH ₄	112	—	—	10^{-8}	10^3	> 101 000
Kr	121	—	—	—	133	> 101 000
NH ₃	140	—	—	—	10^3	> 101 000
Xe	165	—	—	—	10^{-1}	> 101 000
CO ₂	195	—	—	—	10^{-6}	101 000
H ₂ O	373	—	—	—	—	< 10^{-1}
Hg	630	—	—	—	—	< 10^{-6}



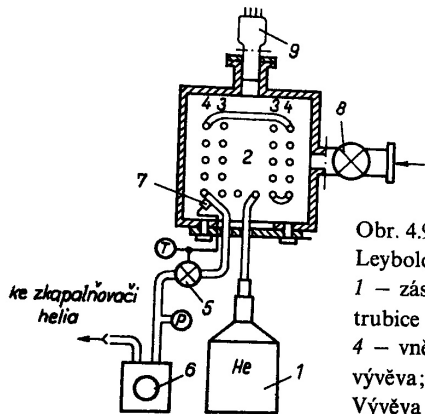
Obr. 4.89. Čerpací charakteristiky kryogenní vývěvy s plochou chlazené stěny $2\,000\text{ cm}^2$ při teplotě 15 K pro dusík a argon



Obr. 4.94. Pokles tlaku ve vakuovém systému při čerpání difúzní vývěvou (I) a čerpací soustavou skládající se z difúzní a kryogenní vývěvy (II)



Obr. 4.95. Helium chlazená kryogenní vývěva se stíněním chlazeným dusíkem
 1 – zásobník kapalného helia; 2 – válec;
 3 – válcová spojovací součást s velkou tepelnou vodivostí; 4 – zásobník kapalného dusíku; 5 – příruby; 6 – detektor výšky hladiny helia; 7 – průchodka detektoru



Obr. 4.96. Heliem chlazená kryogenní vývěva (firma Leybold)
 1 – zásobník kapalného helia; 2 – dvojitá šroubovicová trubice chlazená kapalným heliem; 3 – vnitřní závit; 4 – vnější závit; 5, 8 – ventily; 6 – rotační olejová vývěva; 7 – termočlánek; 9 – ionizační vakuometry.
 Vývěva 6 čerpá páry kapalného helia a snižuje tak jeho teplotu

Moderní kryogenní vývěvy

- plynné He
- uzavřený okruh He
- nejnižší teploty 10 - 20 K
- není potřeba LN₂
- mezní tlak $< 10^{-9}$ Pa

- kryokondenzace (většina plynů)
- kryosorpce (Ne, H₂, He)
- kryotrapping efekt (porézní vrstva kondenzovaného plynu)
- může pracovat od atmosférického tlaku
- chlazení typicky He
- získávání vysokého a extrémně vysokého vakua
- velká čerpací rychlost
- mezní tlak vývěvy je dán tenzí par čerpaného plynu při teplotě kondenzační stěny
- po určité době provozu nutná regenerace

LHC

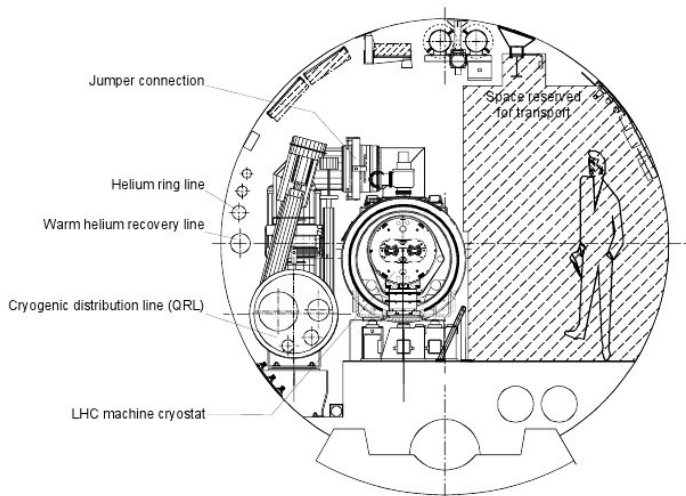
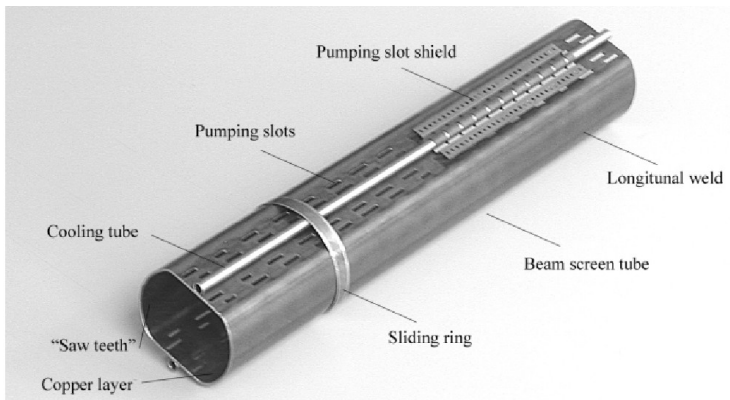


Figure 11.1: Transverse cross-section of the LHC tunnel

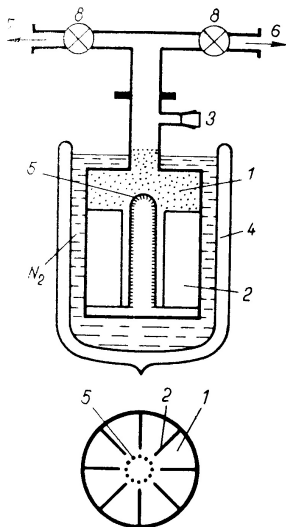
LHC



průměr asi 45 mm, 1 mm nerez ocel + $75\mu\text{m}$ Cu, 5-20 K,²

²<http://lhc.web.cern.ch/lhc/>

Zeolitové vývěvy

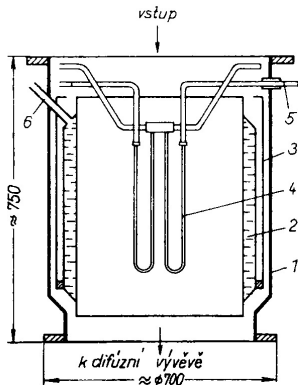


Obr. 4.108. Zeolitová vývěva

1 – zeolit; 2 – přepážky; 3 – přetlakový ventil; 4 – Dewarova nádoba; 5 – síťka; 6 – potrubí k rotační vývěvě; 7 – potrubí k vakuovému systému; 8 – ventily; 9 – hrdlo vývěvy z materiálu s malou tepelnou vodivostí (např. z nerezavějící oceli)

- dominantní proces je fyzisorbce
- dobře čerpá H_2O , N_2 , O_2 , uhlovodíky
- špatně čerpá Ne , He , H_2 , ...
- velký povrch, $1g \sim 1000 m^2$, pracuje od $\sim 10^5 Pa$
- dutiny a kanálky $\sim 1 nm$
- dá se regenerovat při vysoké teplotě
- zvětšení účinnosti snížením teploty zeolitu (tekutý dusík 77 K)
- žádné vibrace

Sublimační vývěvy



Obr. 4.122. Velká kryogenní sublimační vývěva s čerpací rychlostí $S_{\text{H}_2} = 150\,000\text{ l s}^{-1}$ (podle Prévota a Sledziewského, 1964)

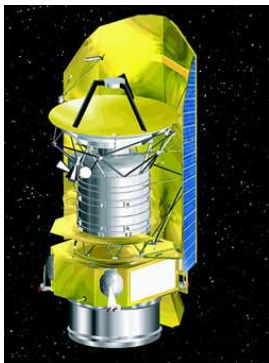
1 – plášť; 2 – chlazení kapalným dusíkem;
3 – stínění pro tepelnou izolaci; 4 – zdroj par titanu; 5 – přívod proudu; 6 – otvor pro plnění dusíkem

- dominantní proces je chemisorbce
- dobře čerpá H_2 , H_2O , N_2 , CO , CO_2 , O_2
- nečerpá inertní plyny např. Ne , Ar , ...
- opakované vytváření čistého povrchu kovu, pracuje od $\sim 10^{-4} Pa$
- získávání vysokého a extrémně vysokého vakua
- zvětšení účinnosti snížením teploty pohlcujícího povrchu

Vědecké přístroje

- chlazení detektorů CCD pro OES
- chlazení detektorů pro infračervenou spektrometrii
- chlazení výkonových laserů - HILASE
- supravodivé magnety
- kryostaty

Herschel Space Observatory



3

- start 14.5.2009, raketou Ariane 5
- váha 3.3 t, umístění L2,
- primární zrcadlo má průměr 3.5 m
- 2300 l LHe, 1.4K
- předpokládaná životnost 3 roky
- 29.4.2013 - mise ukončena

Biologie a medicína

- dlouhodobé skladování virů a bakterií
- dlouhodobé skladování bio-preparátů
- dlouhodobé skladování semen
- kryoskalpel - chladící rychlost 1300 °C/min
- celotělová kryoterapie, -110 °C až -160 °C, asi 3 minuty

Supravodiče ⁴

- přenos energie
- supravodivé motory
- akumulace energie - stabilizace el.sítě
- LHC - NbTi(9K) - chlazen na 1.9 K,
havárie 19.9.2008, při proudu 8.7 kA, provozní proud 9.3 kA,
rekonstrukce 700 m, ztráta 6 t He, celkové množství asi 120 t

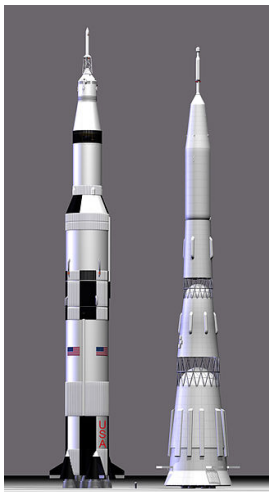
⁴<http://www.superconductors.org/>



5

⁵<http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:CERN-cables-p1030764.jpg>

Raketová technika



6

okysličovadlo - LO_2 , 90 K

palivo u některých raket - LH_2 , 20 K

- vojenské rakety - V2 - LO_2 4910 kg, vyrobeno asi 5200 kusů;...
- civilní rakety - Saturn V, N1, Soyuz, ...

⁶<http://en.wikipedia.org/wiki/File:N1%2BSaturn5.jpg>

Doprava

- MAGLEV
 - 2003 rychlostní rekord 581 km/h
 - délka tras - Japonsko 8 km, Čína 30 km, Jižní Korea 1 km
- doprava zemního plynu LNG, teplota -160 °C, Evropa - 21 přístavů pro příjem
- letadla - bezpilotní Boeing Phantom Eye

MAGLEV



7

⁷<http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:JR-Maglev-MLX01-2.jpg>

Ostatní aplikace

- skladování potravin
- při záplavách - záchrana knih a dokumentů
- detektory magnetického pole - SKVID
- výroba Braggovských mřížek - LH2, optické senzory, kompenzátory chromatické disperze
- získávání vody
- vojenské aplikace
- akumulace energie

Získávání vody ze vzduchu ⁸

Princip - kondenzace

Zařízení firmy Aqua Sciencis - virová trubice,

na výstupu teplota až $-46\text{ }^{\circ}\text{C}$

4500 litrů denně



⁸<http://www.osel.cz/index.php?clanek=2499>