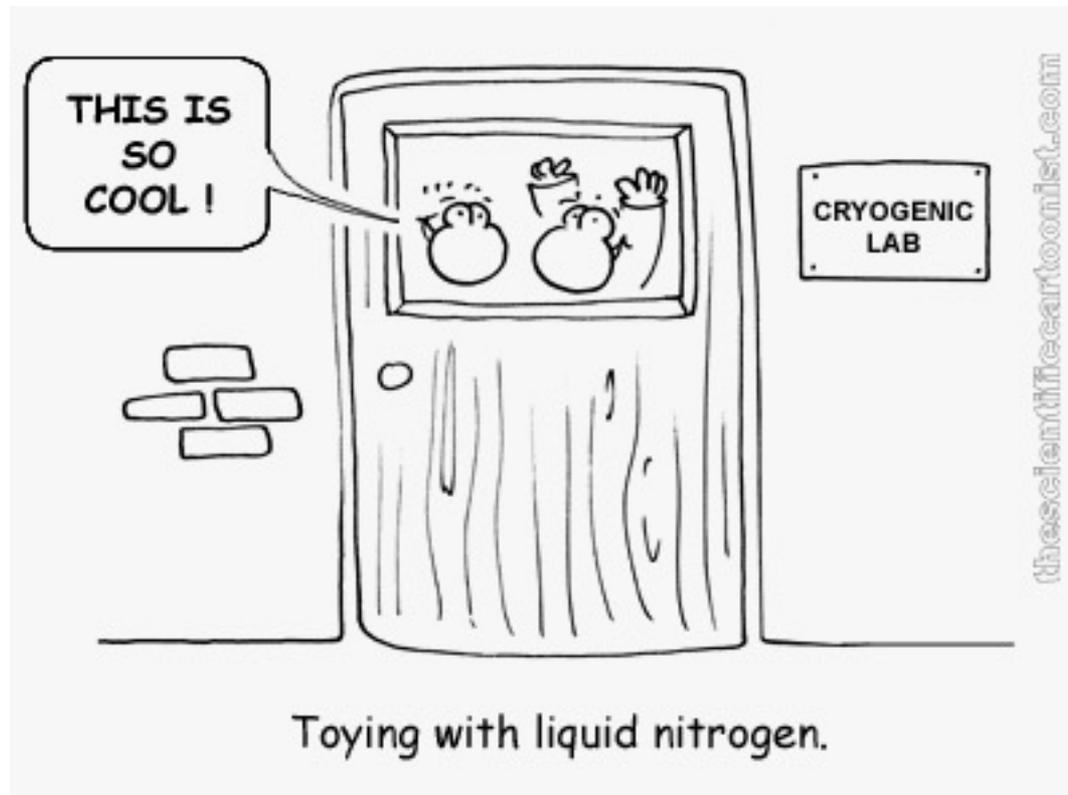


Criogenia per uso astronomico

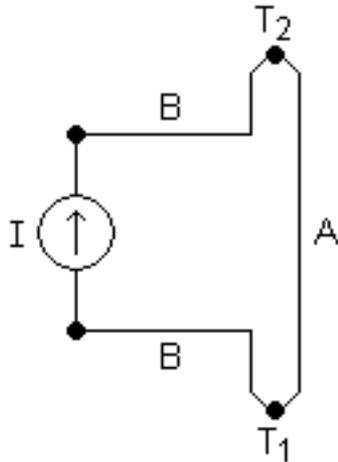


- Per criogenia si intendono le tecniche atte a raggiungere temperature inferiori ai -180°
(temperatura al di sotto della quale liquefano i principali gas puri).
- Sino a circa -150° si possono utilizzare gas simili a quelli nei frigoriferi (CFC)
- Per temperature ancora più elevate si possono usare array di elementi Peltier

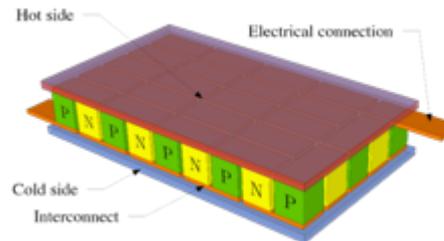
T	Metodo	Potenza Frigorifera
$T > 90\text{K}$	Gas refrigeranti (frigoriferi), elementi Peltier	Decine, centinaia di W
$0.2\text{K} < T < 90\text{K}$	Gas criogenici liquefatti, cryocooler	W, centinaia di mW
$T < 0.2\text{K}$	Sistemi a Diluizione, sistemi a Demagnetizzazione Adiabatica	Centinaia di μW

Peltier

- L'effetto Peltier è il fenomeno termoelettrico per cui una corrente elettrica che scorre tra due metalli o semiconduttori differenti posti in contatto (giunzione Peltier) produce un trasferimento di calore.



$$\dot{Q} = (\Pi_B - \Pi_A) I$$



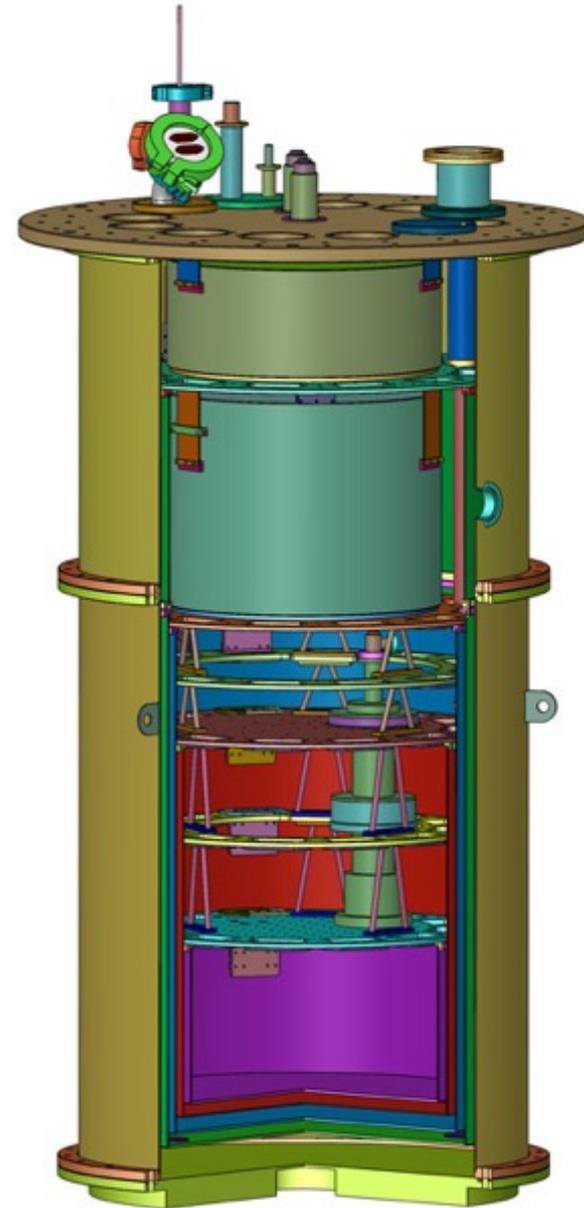
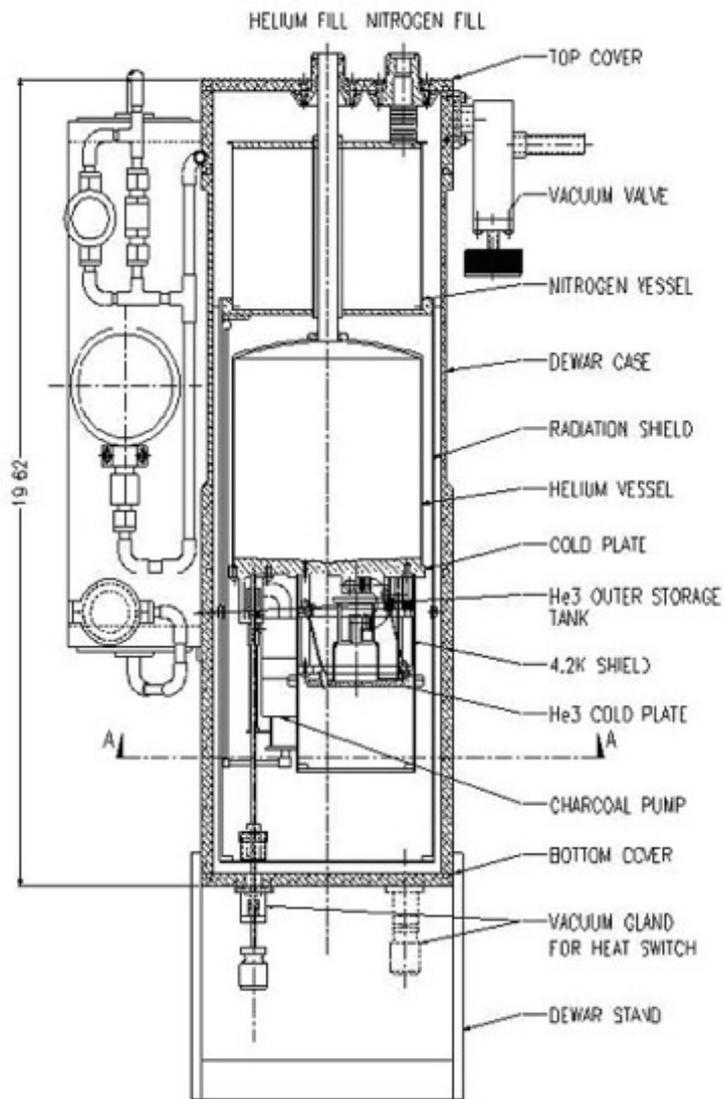
Criogenia bagnata e asciutta

- Con bagnato e asciutto si intende l'uso o meno di liquidi criogenici (LHe, LN2) a perdere
- Il principio di raffreddamento tramite liquidi criogenici è basato sullo sfruttamento del calore latente di evaporazione del liquido ed eventualmente dell'entalpia dell'evaporato

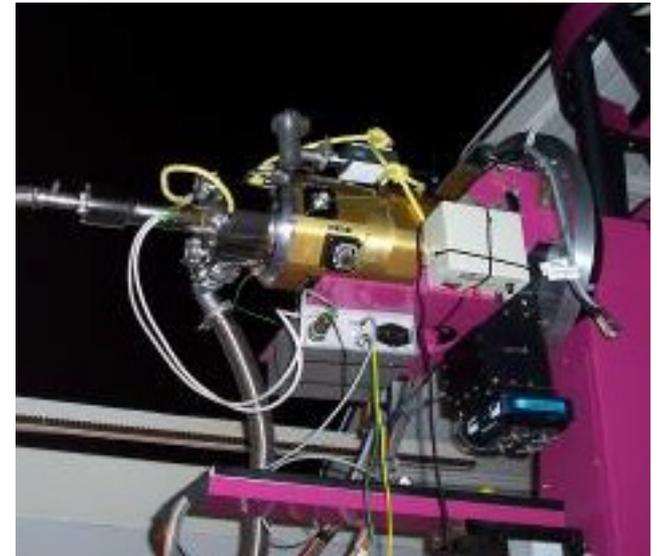
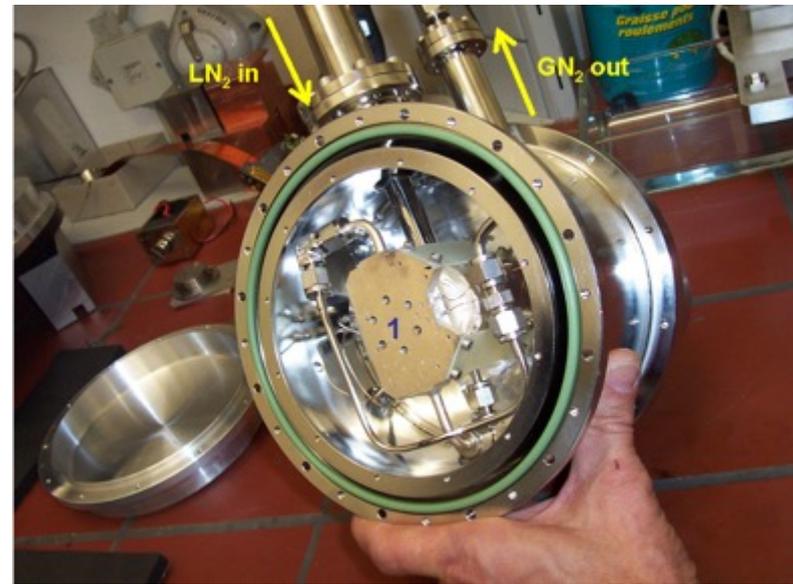
	He ⁴	n-H ₂	D ₂	Ne	N ₂	CO	F ₂	Ar	O ₂	CH ₄	Kr	Xe	C ₂ H ₄
Normal boiling point (K)	4.22	20.4	23.7	27.1	77.3	81.7	85.0	87.3	90.2	111.6	120.0	165.0	169.4
Liquid density (kg/m ³)	125	71.0	163	1205	809	792	1502	1393	1141	423	2400	3040	568
Liquid density/vapour density	7.4	53	71	126	175	181	267	241	255	236	270	297	272
Enthalpy of vaporisation (kJ/kg)	20.42	446	301	86	199	216	175	161	213	512	108	96	482
Enthalpy of vaporisation (kJ/kg-mole)	80.6	899	1211	2333	5565	6040	6659	6441	6798	8206	9042	12,604	13,534
Volume of liquid vaporised by energy input of 1W-hr (cm ³)	1410	114	74	35	22	21	14	16	15	17	14	13	13
Dynamic viscosity of liquid (μNsec/m ²)	3.3	13.3	28.3	124	152	—	240	260	195	119	404	506	170
Surface tension (mN/m)	0.10	1.9	~3	4.8	8.9	9.6	14.8	12.5	13.2	13.2	5.5	18.3	16.5
Thermal conductivity of liquid (mWm ⁻¹ K ⁻¹)	18.7	100	~100	113	135	—	—	128	152	187	94	74	192
Volume of gas at 15°C released from 1 volume of liquid	739	830	830	1412	681	806	905	824	842	613	689	520	475

* Pressure of 1.01325 bar.

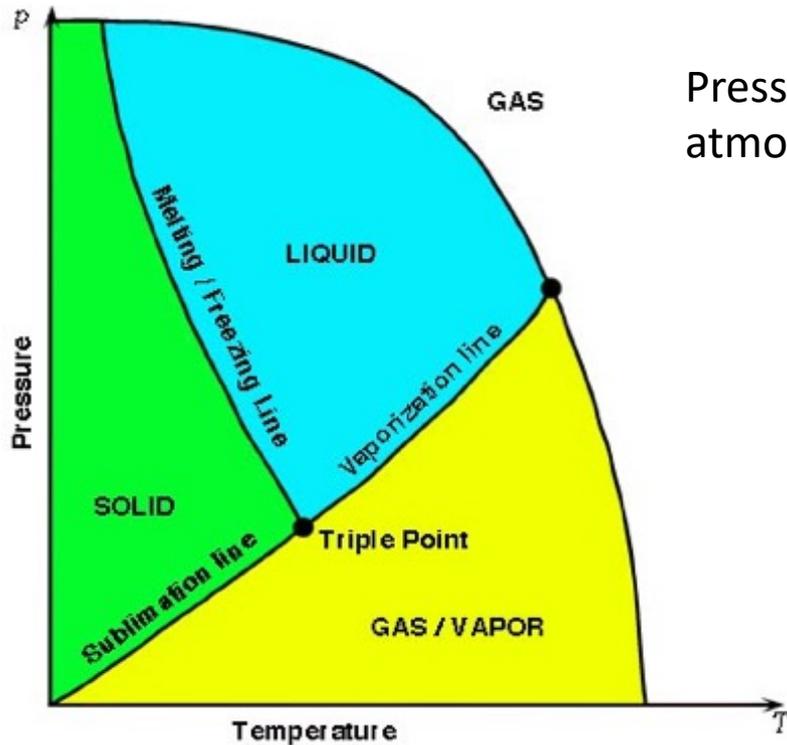
Source: *Cryogenic Engineering*, ed. B.A. Hands, Academic Press (1986).



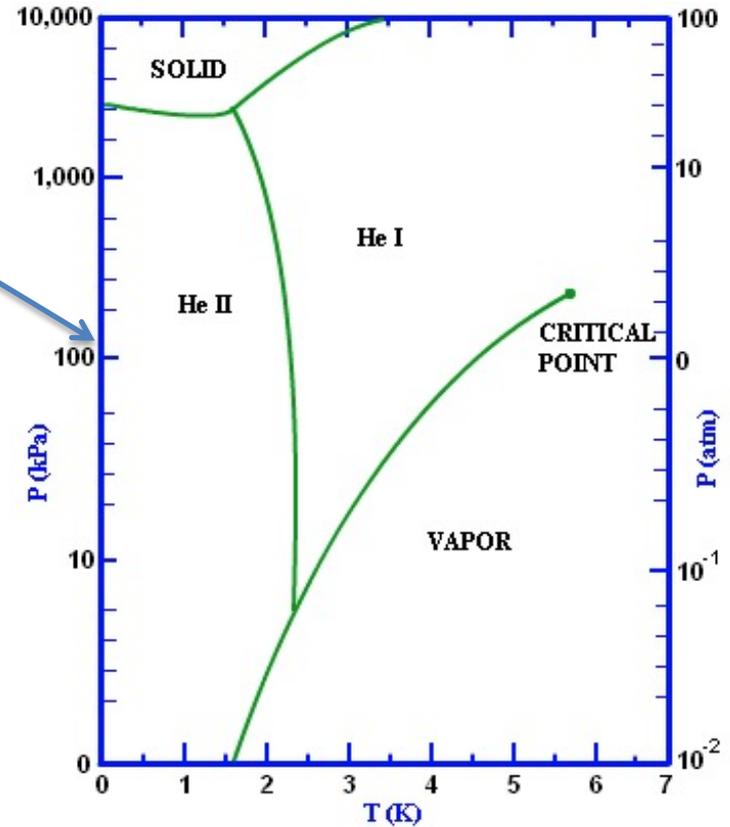
REM (INAF, La Silla)



Temperatura di ebollizione vs pressione

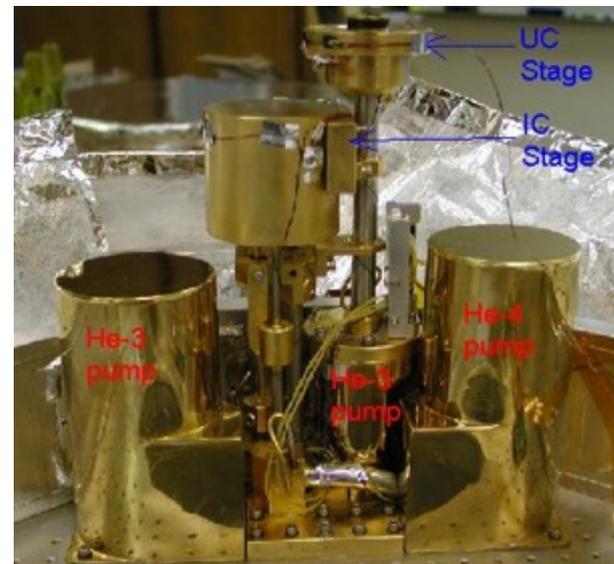
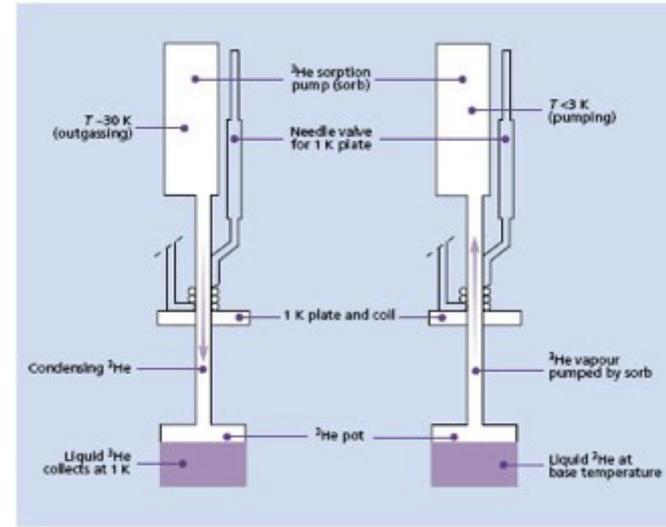
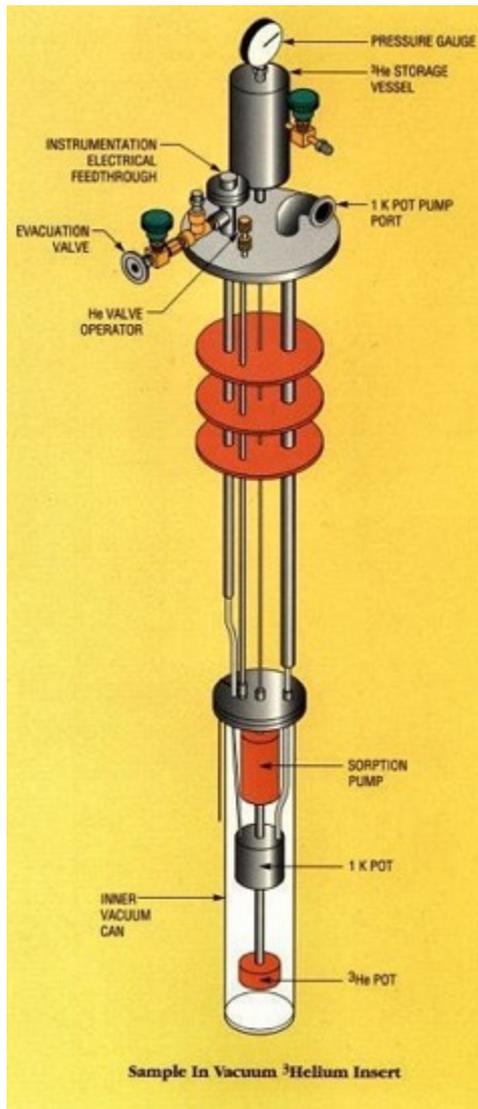


Pressione
atmosferica



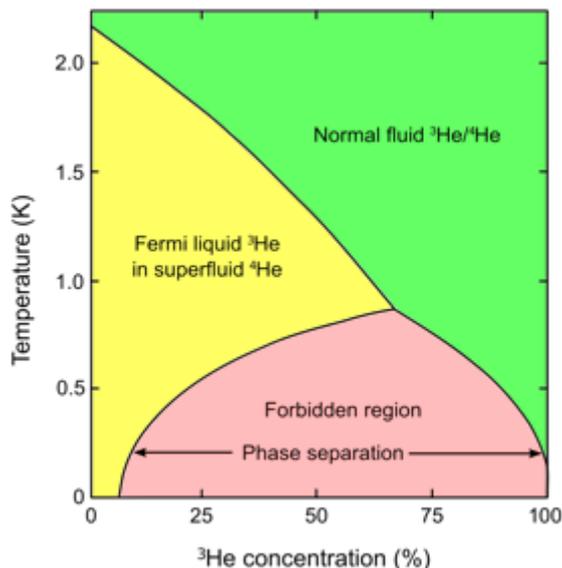
$T > 1.2 \text{ K}$

L³He permette di raggiungere temperature inferiori



T > 0.2K

Refrigeratori a diluizione

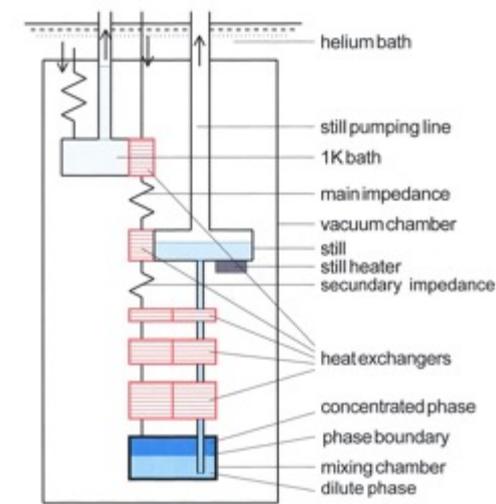
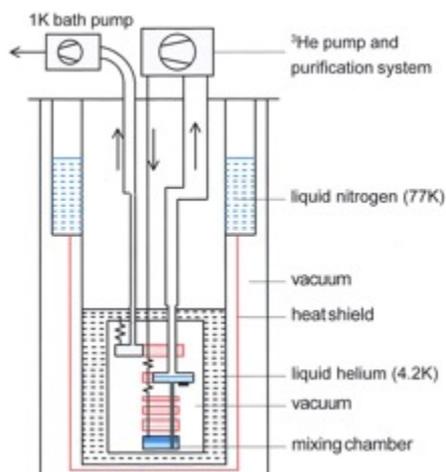


Una miscela di due isotopi di elio (³He e ⁴He) quando è raffreddata sotto i 700 mK, subisce una separazione di fase spontanea formando una fase ricca di ³He e una povera di ³He. La fase ricca di ³He galleggia sulla fase povera.

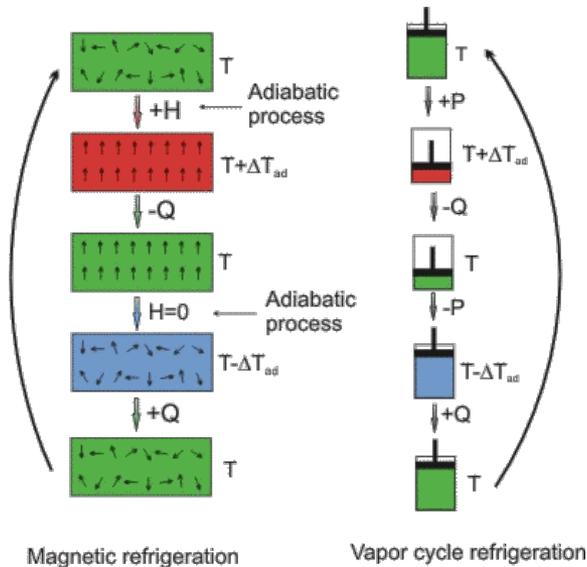
Serve energia per trasportare l'³He dalla fase ricca di ³He alla fase povera di ³He

Se gli atomi possono essere spostati attraverso questa divisione (tramite un capillare) l'effetto è di raffreddare la miscela.

$$T \leq 1mK$$



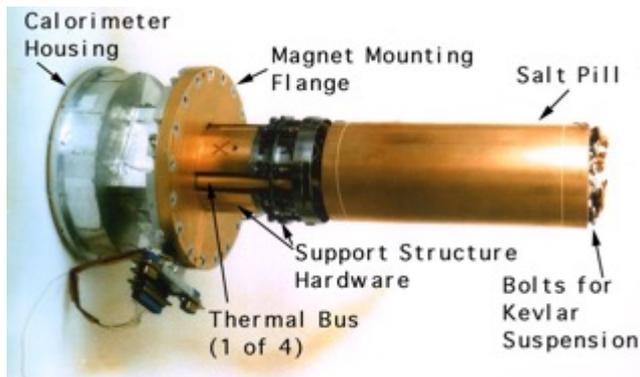
Refrigeratori a Demagnetizzazione Adiabatica



Effetto Magnetocalorico

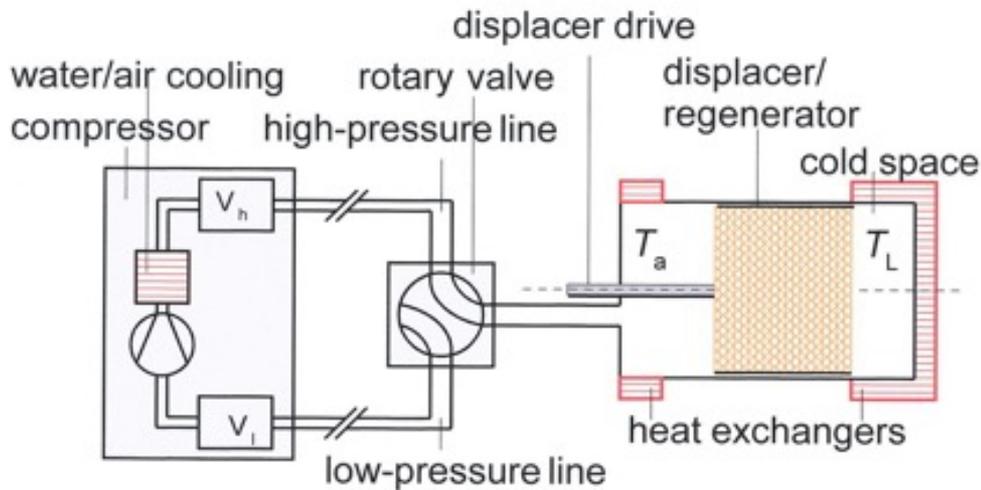
Una cartuccia carica di un sale paramagnetico è posta in contatto termico con un refrigeratore (solitamente ad 4He) fintanto che è immersa in un forte campo magnetico (Tesla). Questo provoca l'orientazione dei domini magnetici del sale.

Quando il campo magnetico diminuisce, i domini magnetici del materiale paramagnetico assumono un'orientazione casuale rispetto al campo magnetico, a scapito del calore fornito dall'oggetto che si vuole raffreddare. Se il materiale è isolato in modo tale che non possa scambiare energia con l'esterno (processo adiabatico), la temperatura diminuisce poiché i domini magnetici assorbono energia termica per riorientarsi.



Cryocooler

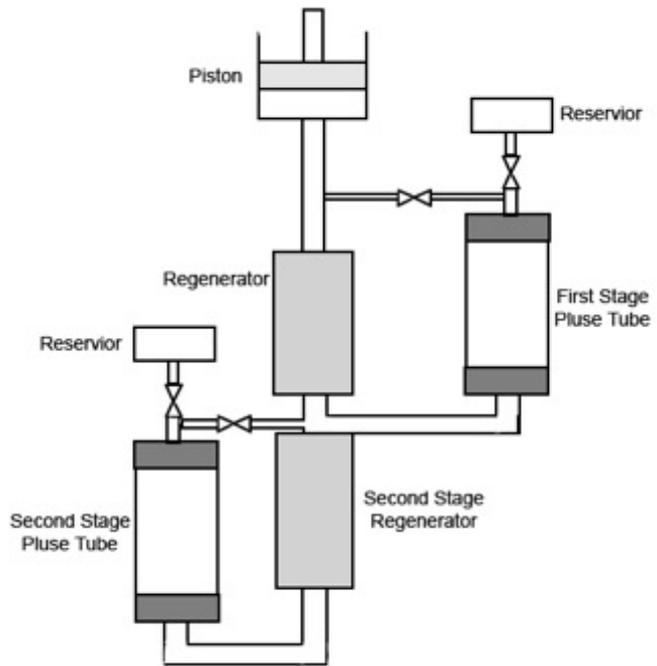
- Sistemi meccanici di raffreddamento in regime criogenico.



Gifford-McMahon

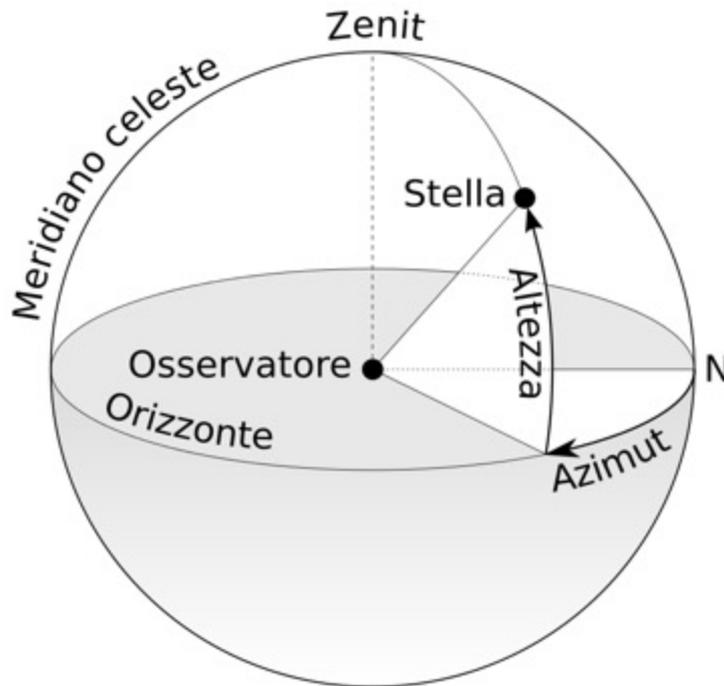


Pulse Tube: no vibrations



Sistemi di coordinate

Coordinate altoazimutali o orizzontali (o locali)



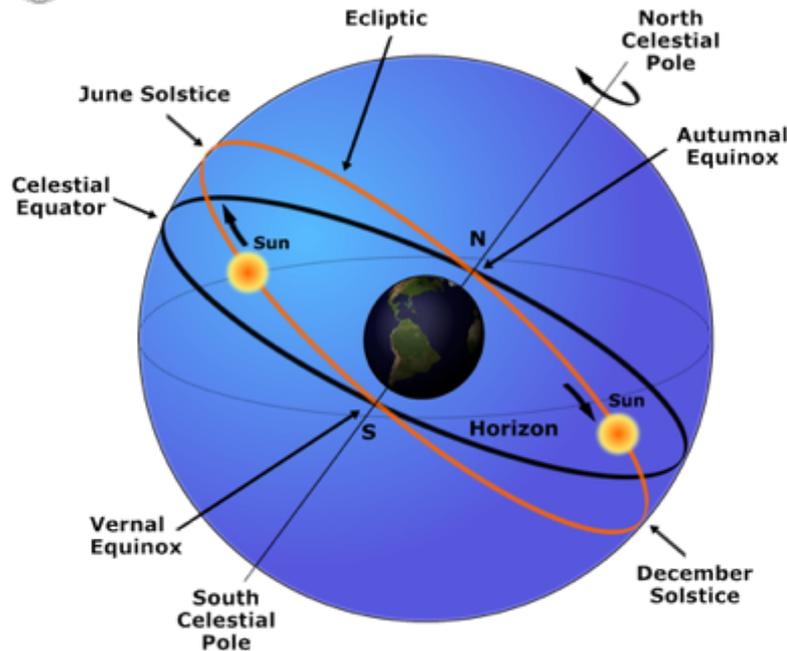
Dipendono dalle coordinate geografiche dell'osservatorio

Il piano fondamentale è quello dell'orizzonte locale

L'azimuth si misura in senso orario partendo dal punto Nord di intersezione del meridiano locale con l'orizzonte.

L'altezza si misura sul meridiano che passa dall'astro partendo dall'intersezione con il piano dell'orizzonte

Sistemi di coordinate



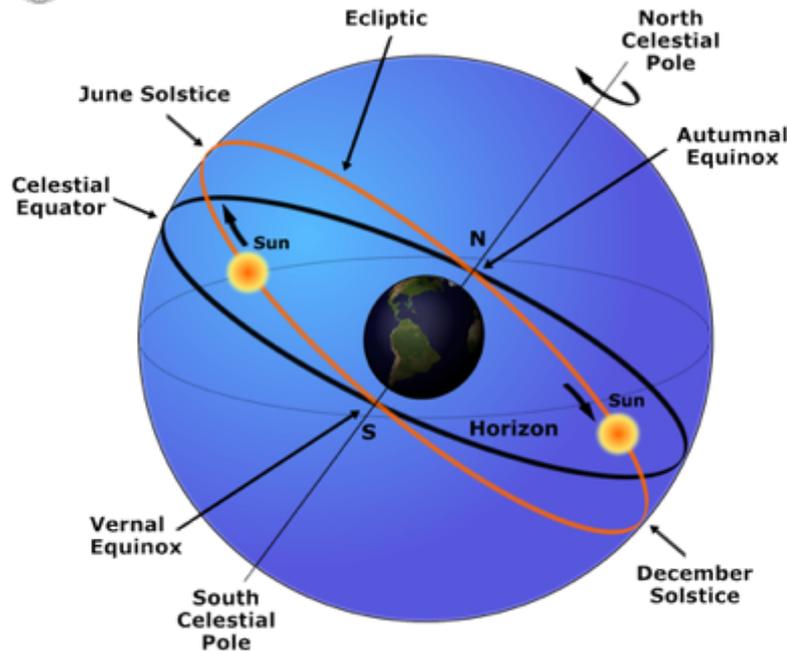
Coordinate Equatoriali

Non dipendono dalle coordinate geografiche dell'osservatorio

Si proietta in cielo l'equatore terrestre che costituisce uno dei due cerchi coordinati.

L'intersezione del piano dell'eclittica con quello equatoriale permette di identificare un punto da cui misurare gli angoli (in h;';") questo è il punto γ o di Ariete e coincide con l'equinozio di autunno.

Sistemi di coordinate

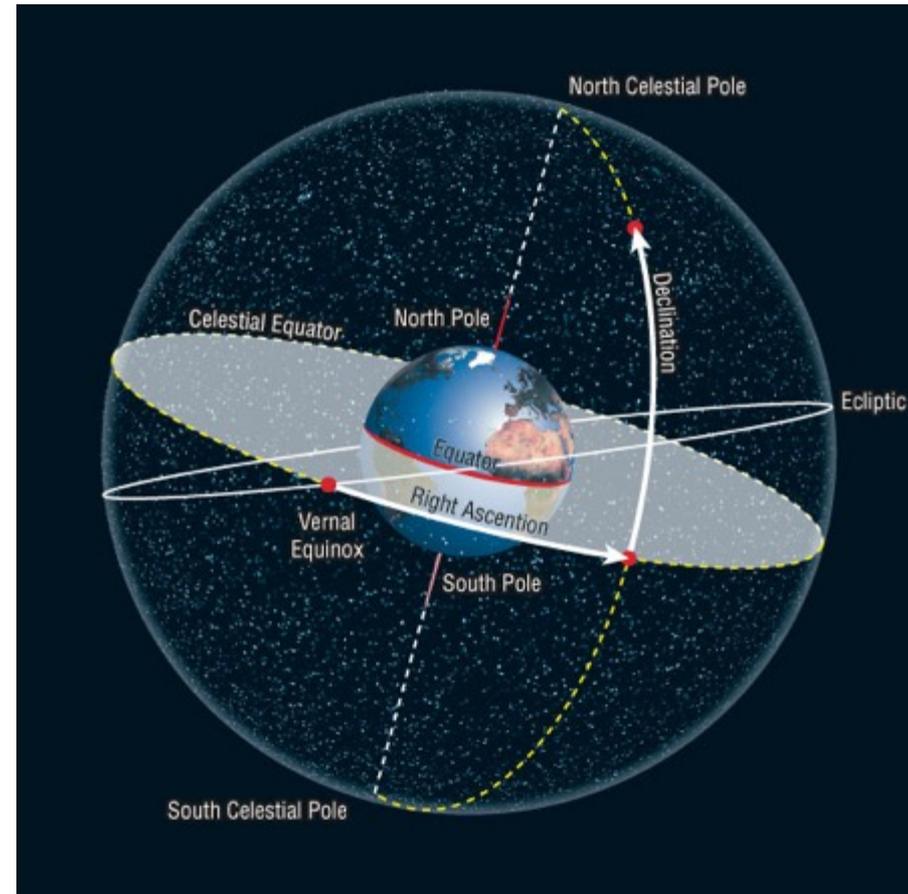
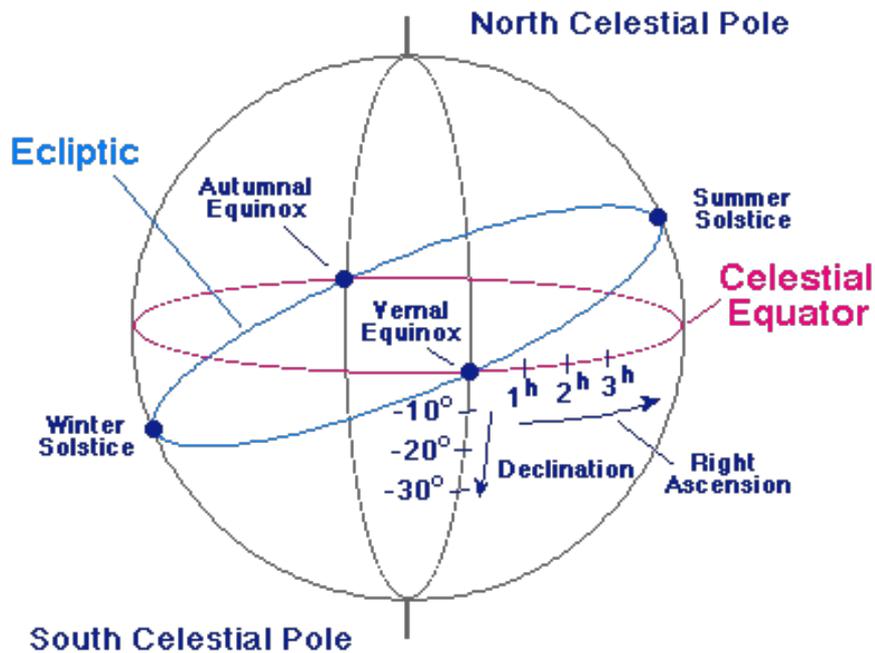


Coordinate Equatoriali

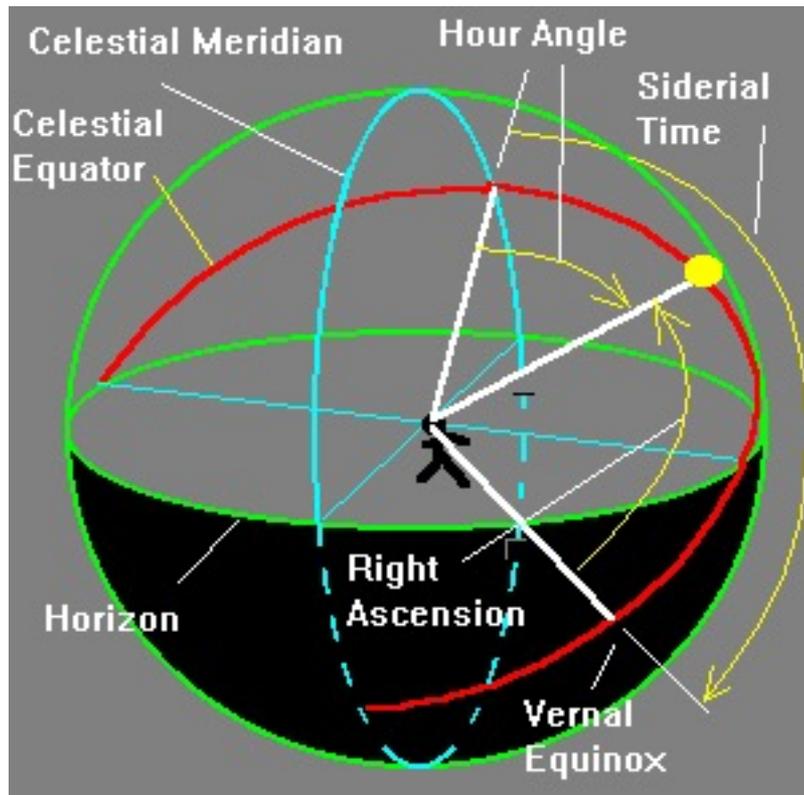
L'ascensione retta (RA o α) si misura dal punto di ariete e aumenta da ovest verso est

La declinazione (DEC o δ) si misura in gradi dal piano dell'equatore celeste passando per il circolo orario (il meridiano celeste che passa per l'oggetto)_

Sistemi di coordinate



Sistemi di coordinate



Quando si fa una proposta osservativa ad un dato telescopio, spesso ci viene chiesto di indicare l'intervallo di tempo siderale a cui vogliamo osservare. Il tempo siderale rappresenta l'angolo di rotazione della terra rispetto al punto γ (un giorno sidereo è più breve di circa 4' di un giorno terrestre) e dipende dalle coordinate dell'osservatorio.

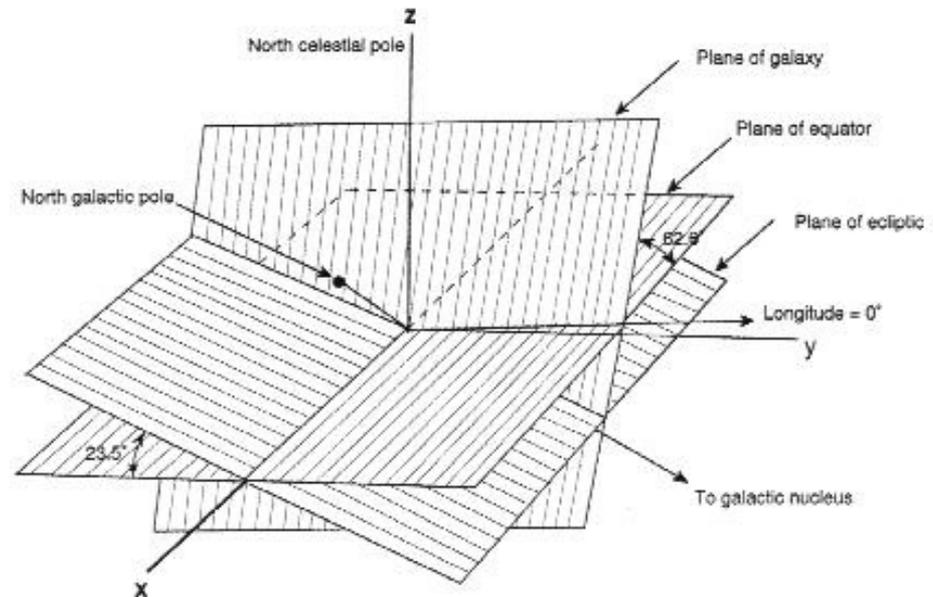
Relazione tra Ascensione Retta (RA)
Tempo Siderale (ST o RA del meridiano locale), Angolo Orario (HA)

$HA = RA \text{ del meridiano} - RA \text{ dell'oggetto}$

Sistemi di coordinate

Piano di riferimento è quello che passa per il sole ed è parallelo al piano della galassia

Coordinate Polo Nord Galattico (2000)
RA 12h 51.4' Dec +27.1



Coordinate Galattiche

Sistemi di coordinate

Coordinate Galattiche: conversione con Equatoriali

