



VARIAN

Introduzione alle pompe ioniche

**Scuola Nazionale delle Tecnologie del Vuoto
Sardagna, Monte Bondone (Trento) - 13 Dicembre 2002 -**

Presentation by: Luca Bonmassar



VARIAN

Sommario

- La cella Penning
- Meccanismi di pompaggio per i diversi gas
- Tipi di elemento
- Saturazione
- La pompa ionica come misuratore di pressione
- Applicazioni



VARIAN

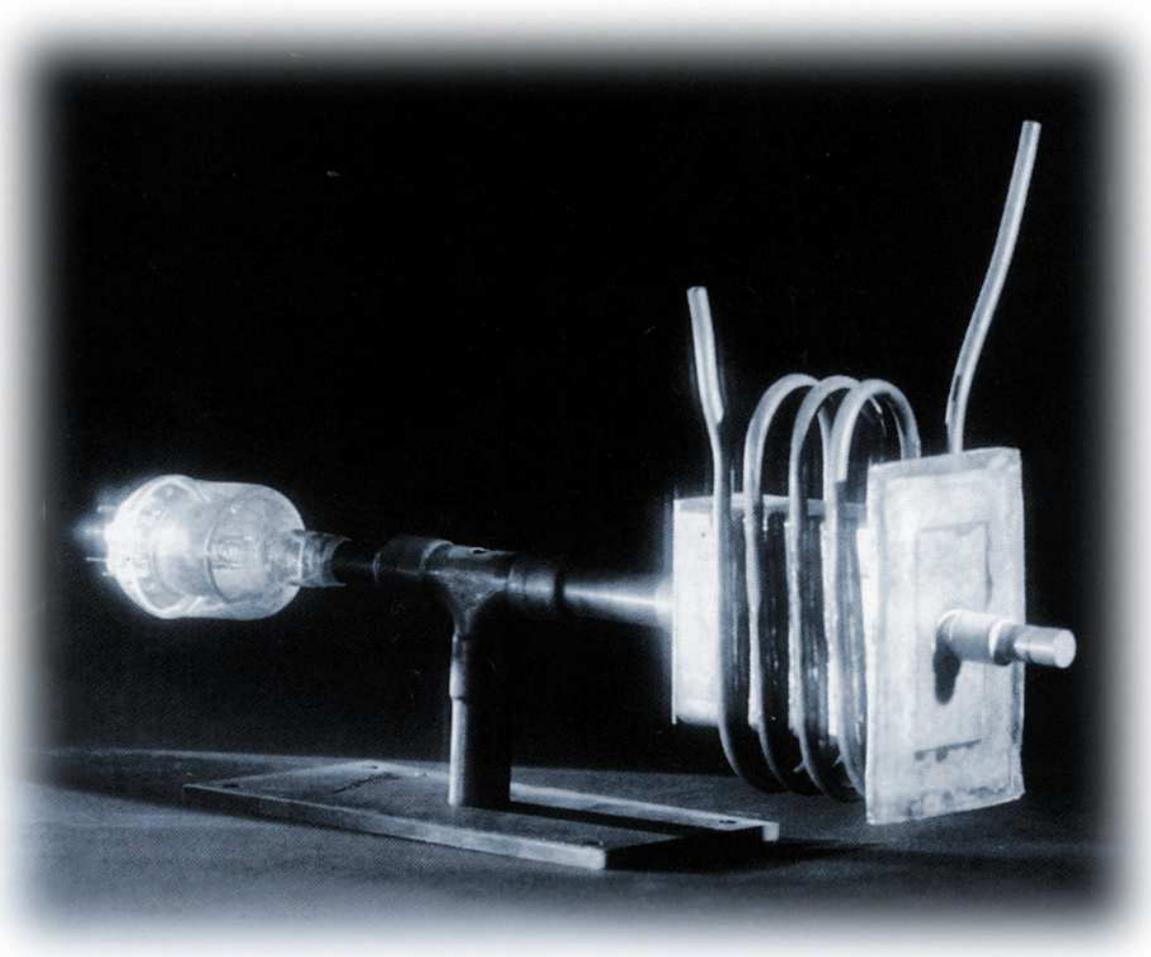
Storia della pompa ionica

- Le prime evidenze di pompaggio di una scarica elettrica furono riportate da Plücker nel 1858
- Nel 1937 F. Penning notò che il suo gauge a codo freddo aveva un effetto pompante
- Nei tardi anni '50 fu inventata la pompa ionica



VARIAN

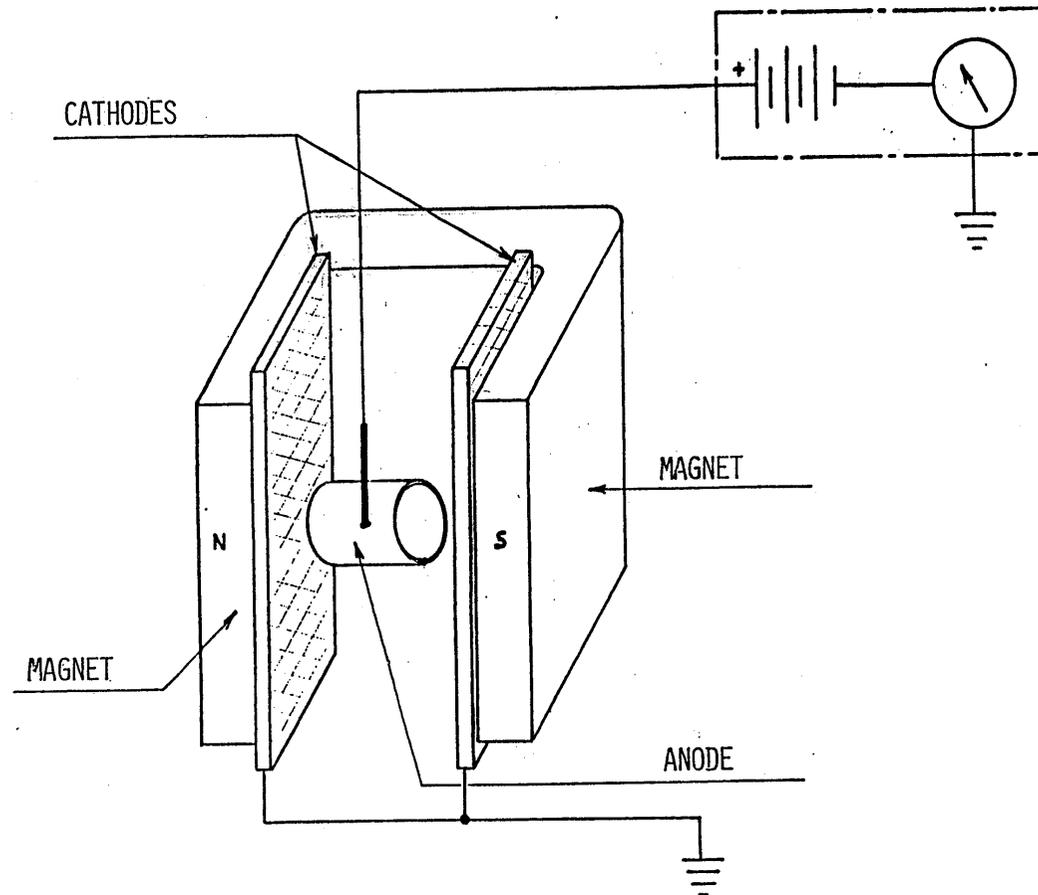
La prima pompa ionica





VARIAN

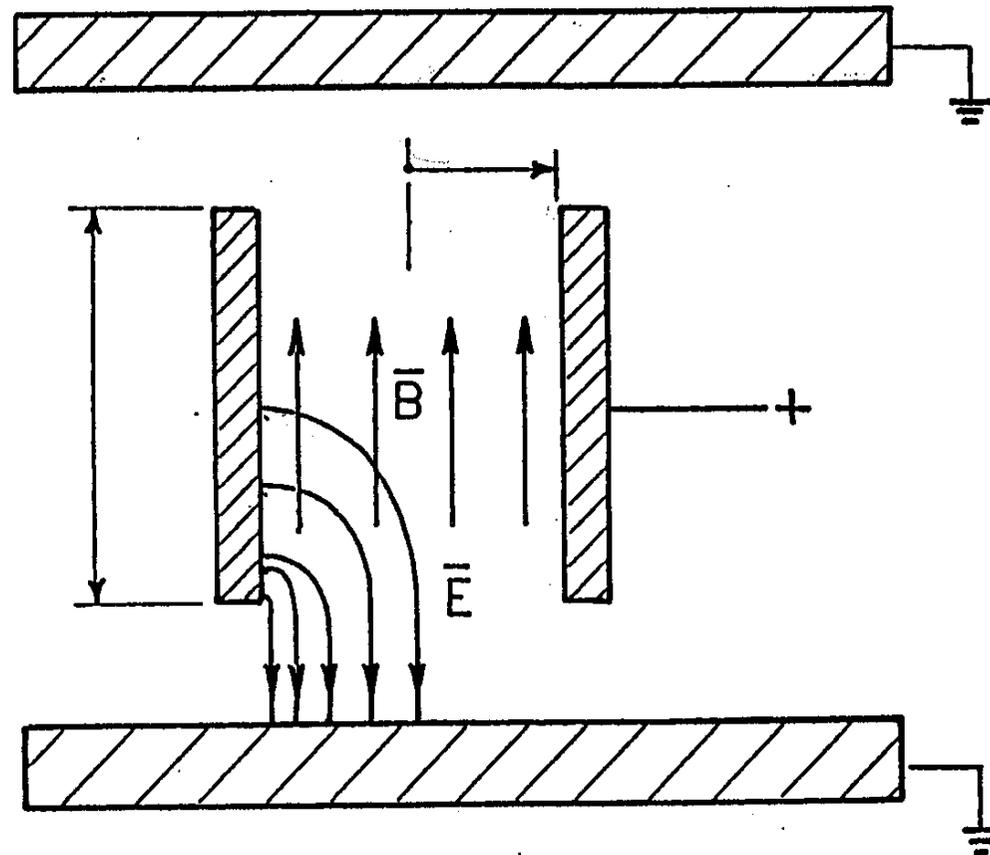
La cella Penning





VARIAN

La cella Penning





VARIAN

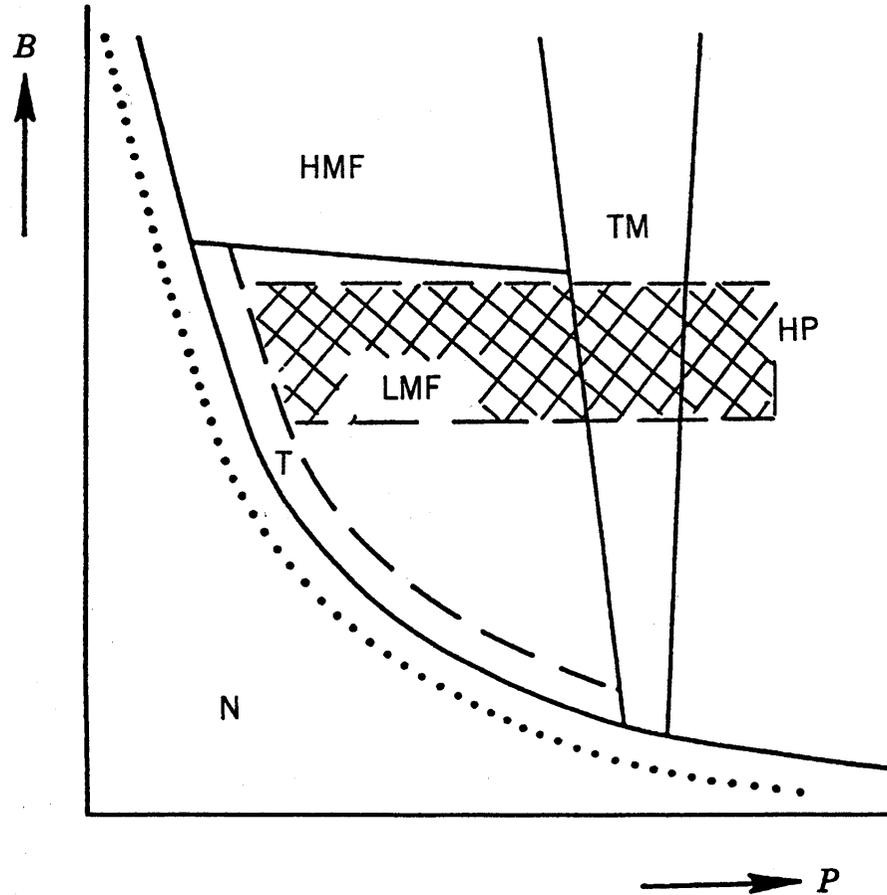
La cella Penning

- Anodo cilindrico, due catodi piani
- Potenziale catodo anodo da 3 a 7 kV
- Campo magnetico assiale creato da magneti permanenti



VARIAN

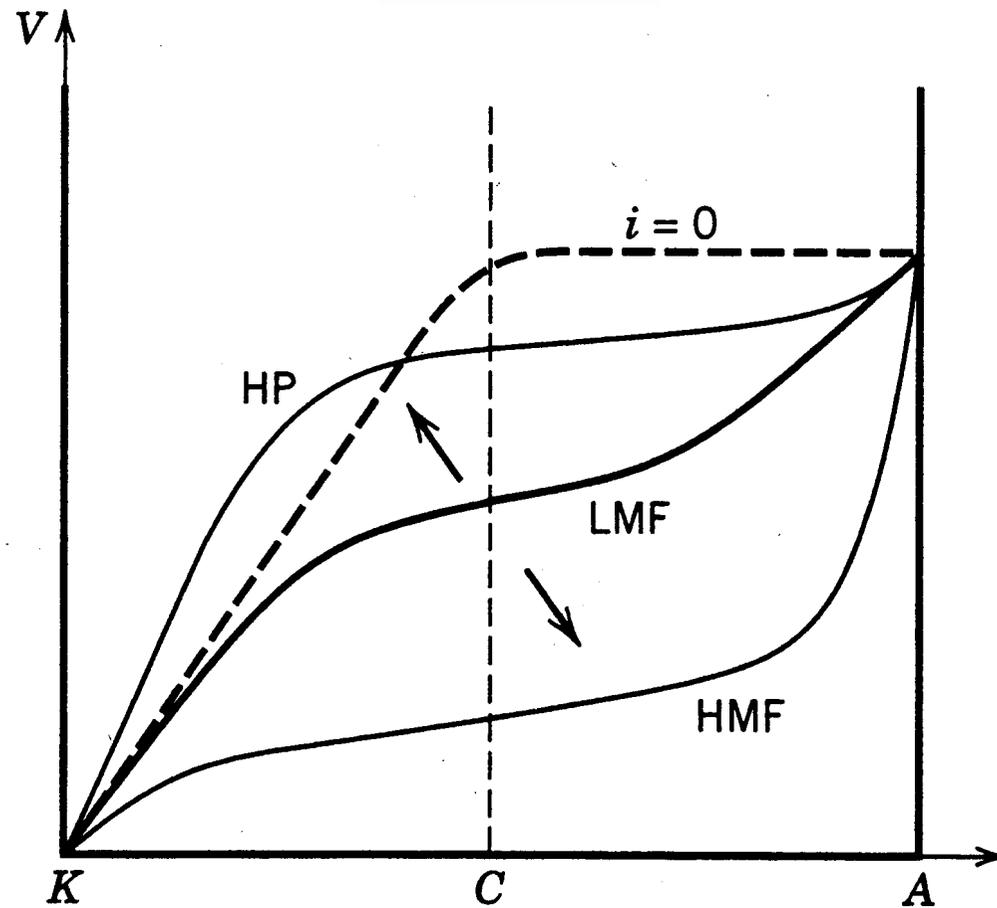
La cella Penning





VARIAN

La cella Penning





VARIAN

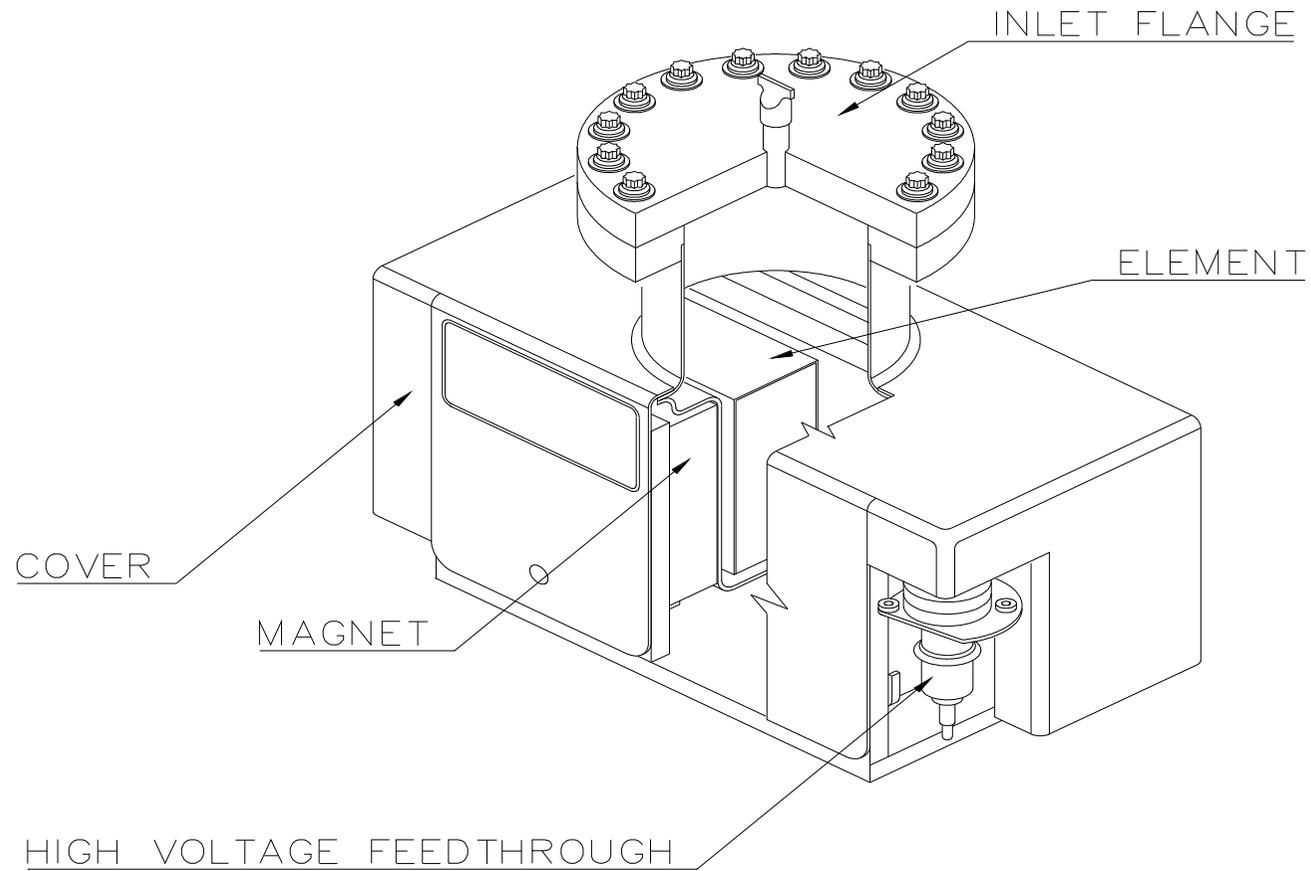
La cella Penning

- **HMF**: la nuvola elettronica è concentrata vicino all'anodo; il centro della cella è quasi al potenziale catodico
- **LMF**: piccola caduta di potenziale anche assialmente, la nuvola elettronica è diffusa in tutto il volume della cella
- **TM**: densità elettronica e densità ionica paragonabili; grande caduta di potenziale assialmente
- **HP**: non c'è caduta di potenziale anodica, il potenziale è simile a quello in assenza di scarica tranne che per un forte campo assiale al centro della cella

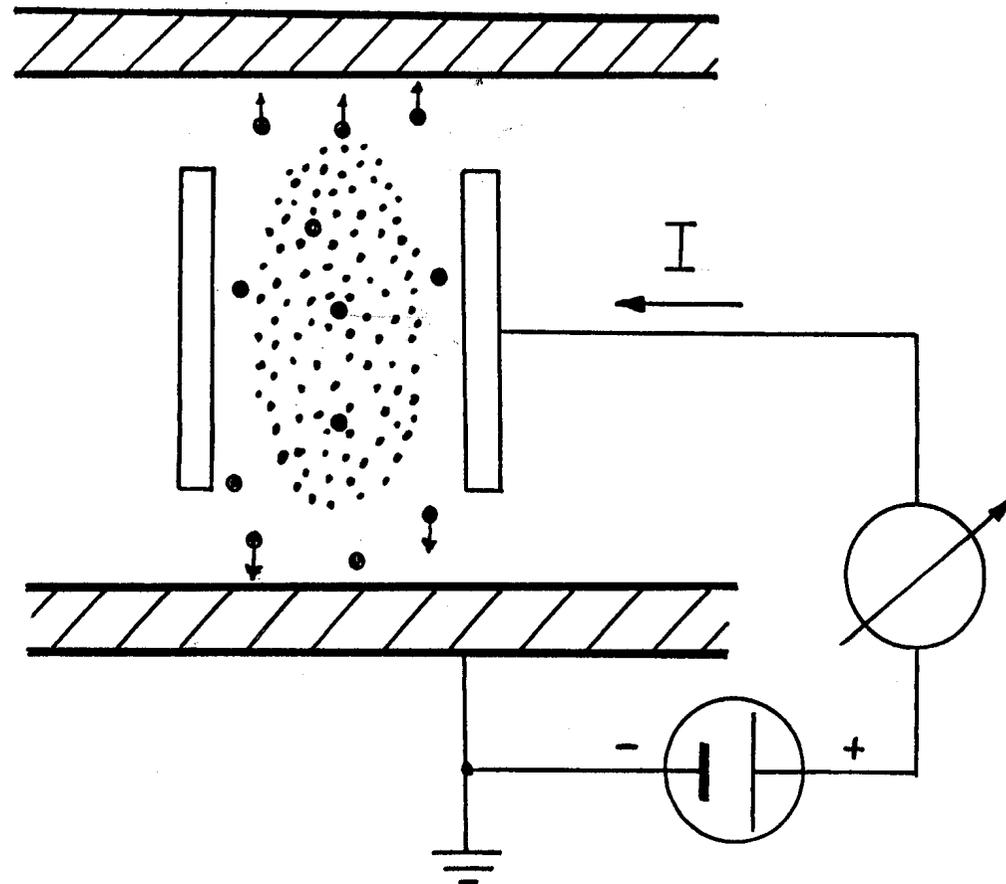


VARIAN

La pompa ionica



Meccanismi di pompaggio





VARIAN

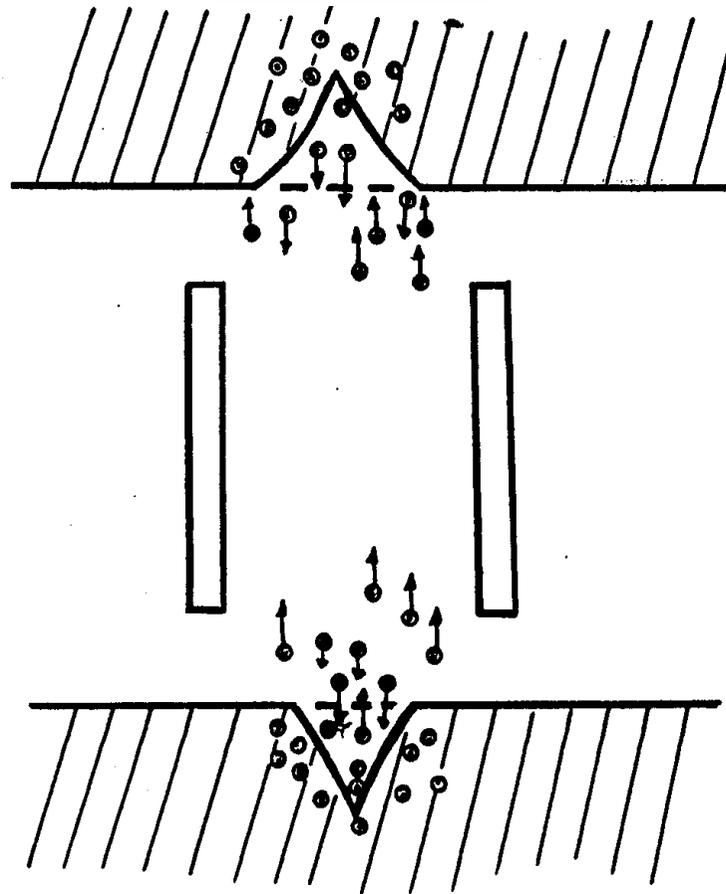
Gas chimicamente attivi

- Ionizzazione del gas di fondo
- Gli ioni creati sono accelerati verso i catodi
- Alcuni atomi del catodo in titanio vengono emessi per sputtering e ricoprono l'anodo
- Le molecole di gas di fondo che collidono con il film chimicamente attivo di titanio vengono intrappolate chimicamente



VARIAN

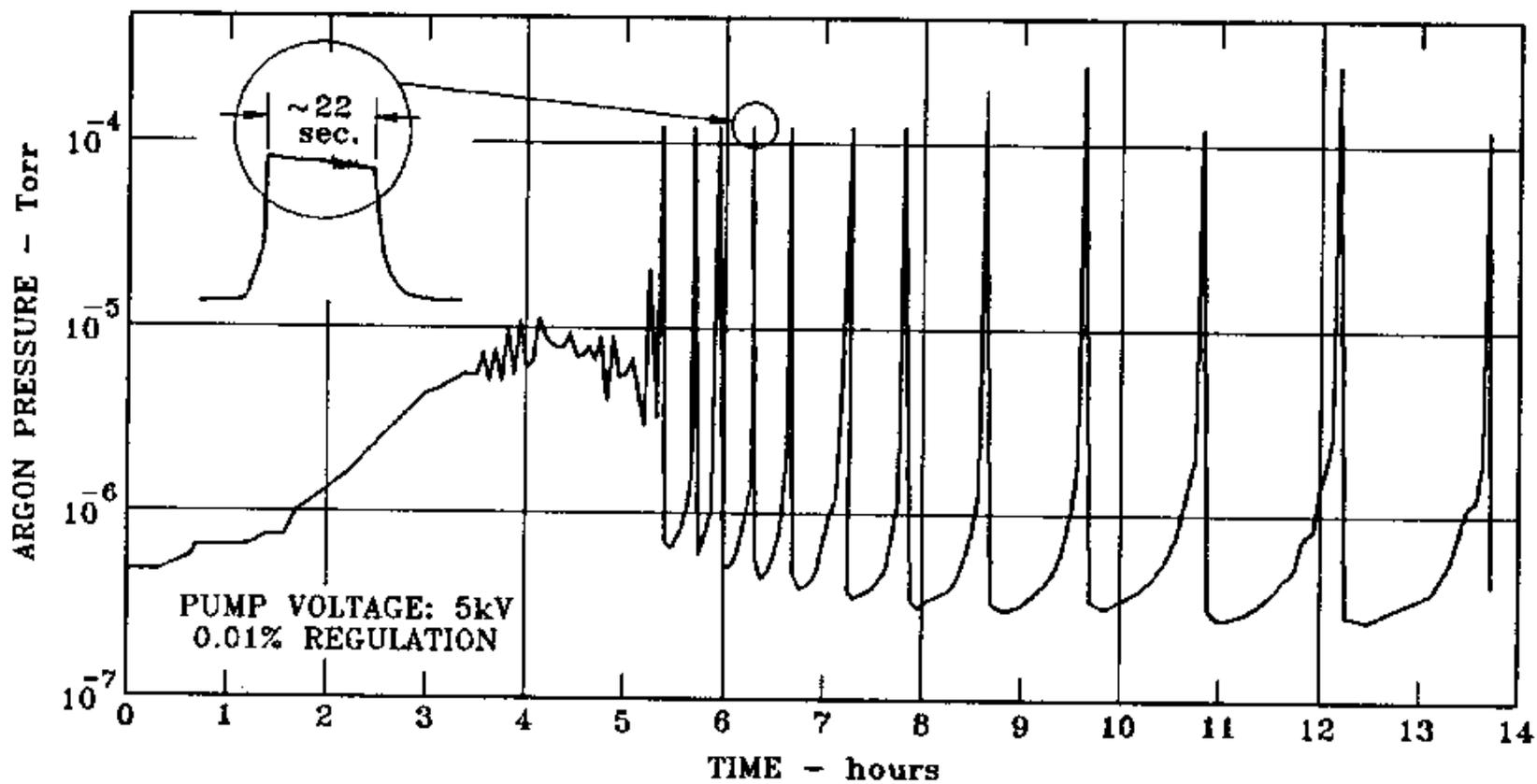
Gas nobili





VARIAN

Gas nobili





VARIAN

Gas nobili

- Non sono chimicamente attivi
- Non sono “pompati” dal film di titanio
- Vengono impiantati nel catodo ma tale pompaggio non è stabile
- Danno luogo ad un fenomeno detto instabilità per i gas nobili



VARIAN

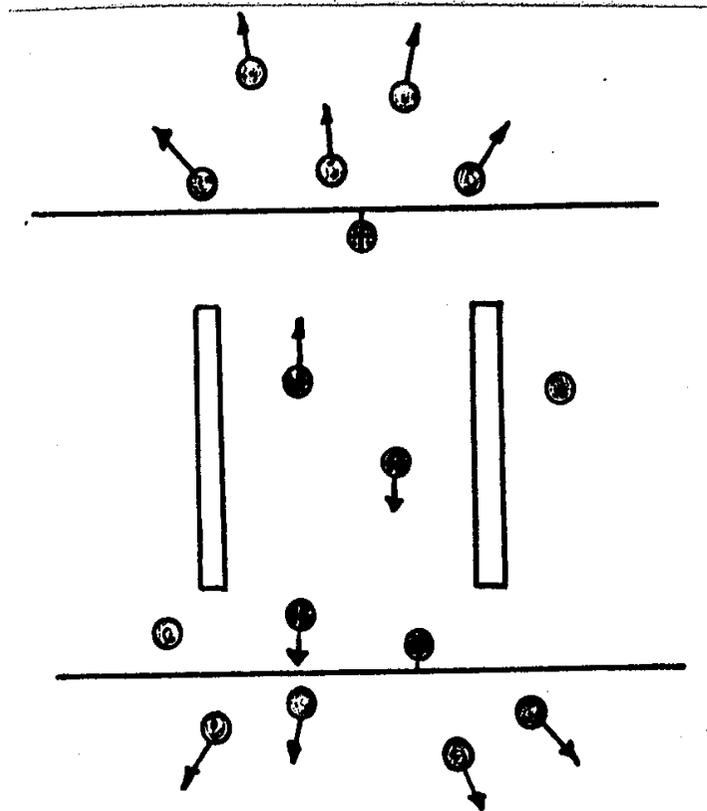
Gas nobili

- Alcuni ioni quando collidono contro il catodo vengono riflessi come neutri
- Tali neutri sono impiantati a fondo nell'anodo in quanto non risentono della forza di coulomb



VARIAN

Idrogeno





VARIAN

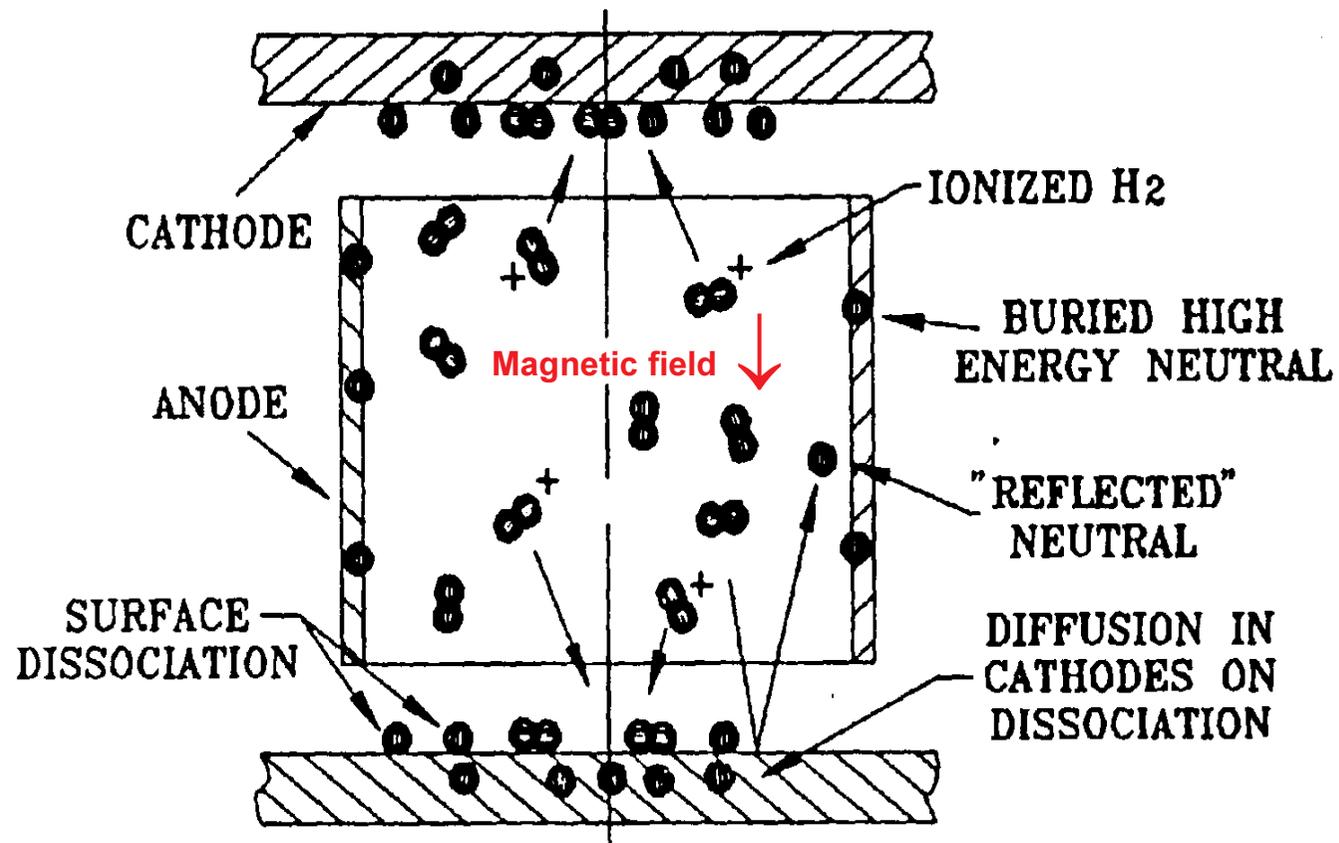
Idrogeno

- L'idrogeno è reattivo e quindi viene pompato dal film di titanio
- D'altra parte l'idrogeno ha una grande mobilità solubilità nel titanio
- Gli ioni idrogeno prima si impiantano nel catodo e poi vengono diffusi
- La resa di sputtering per idrogeno su titanio è molto bassa e poco idrogeno viene riemesso dal catodo



VARIAN

Schema





VARIAN

Tipi di elemento





VARIAN

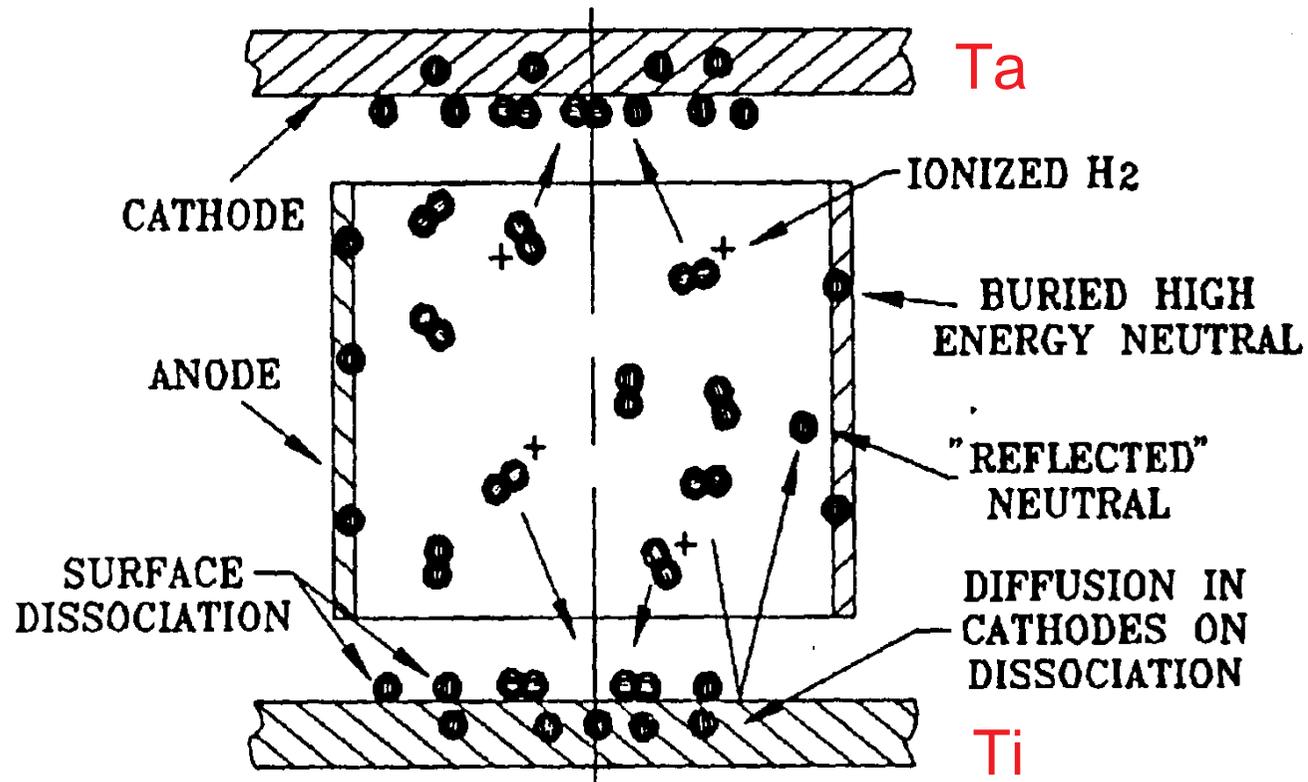
Diodo

- E' il miglior elemento per l'Ultra alto Vuoto
- Ha la più alta velocità di pompaggio e capacità per l'idrogeno
- Ha la più alta velocità di pompaggio per i gas chimicamente attivi
- Non è consigliata per pompare gas nobili o tracce di essi (come l'aria)



VARIAN

Noble Diode





VARIAN

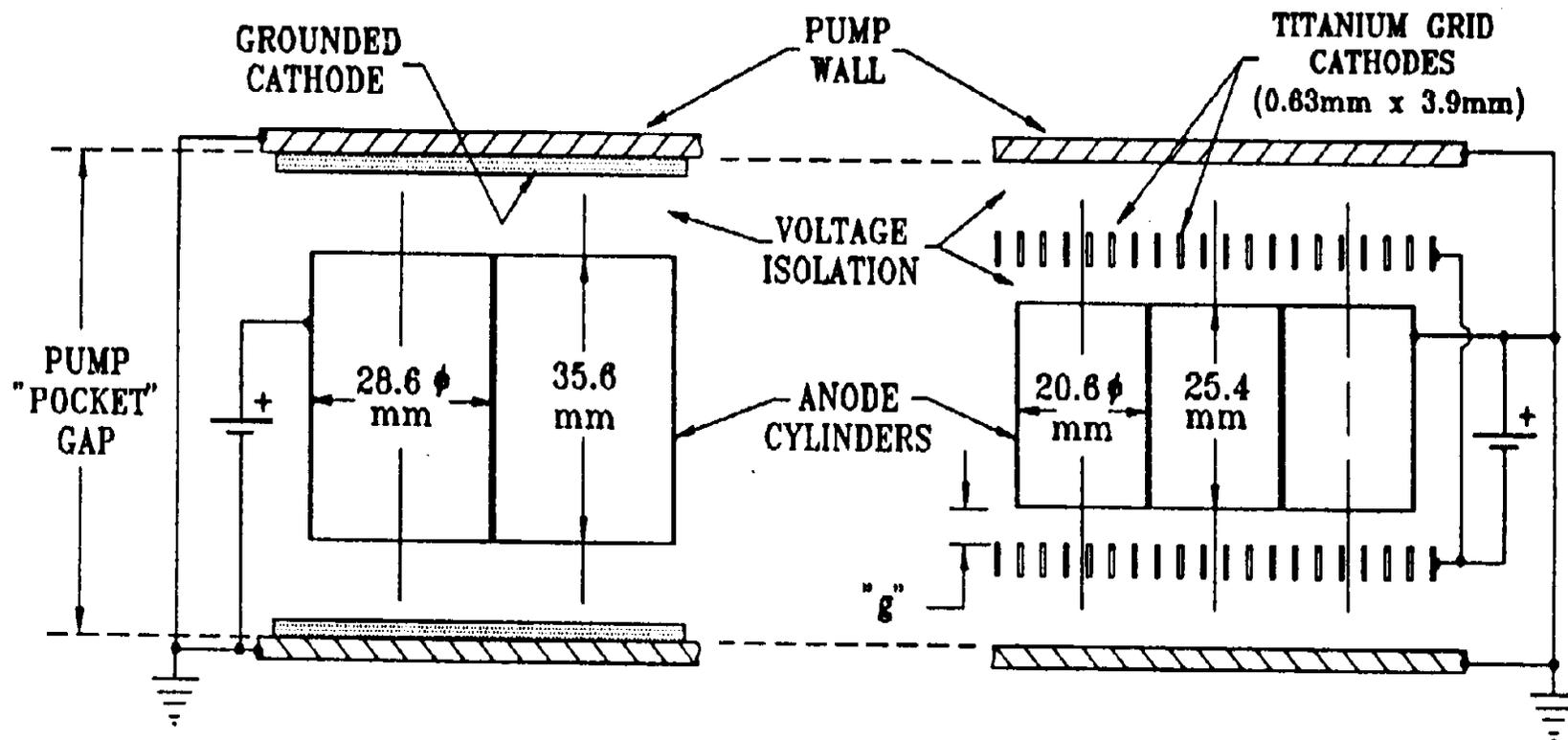
Noble Diode

- Ha un catodo di tantalio che permette di aumentare la probabilità di avere riflessione di neutri
- E' più stabile del diodo per pompare gas nobili
- Ha ~ l'85% della velocità di pompaggio per azoto rispetto al diodo
- Ha una velocità di pompaggio e capacità per l'idrogeno ridotta



VARIAN

Triodo





VARIAN

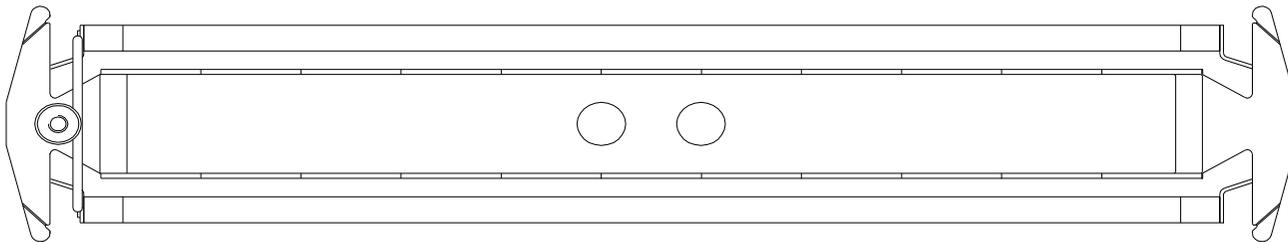
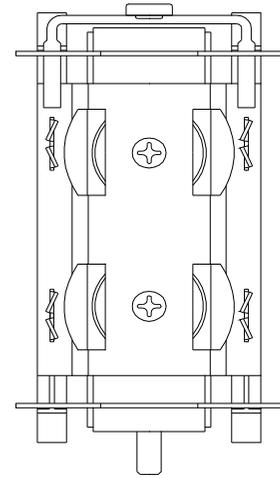
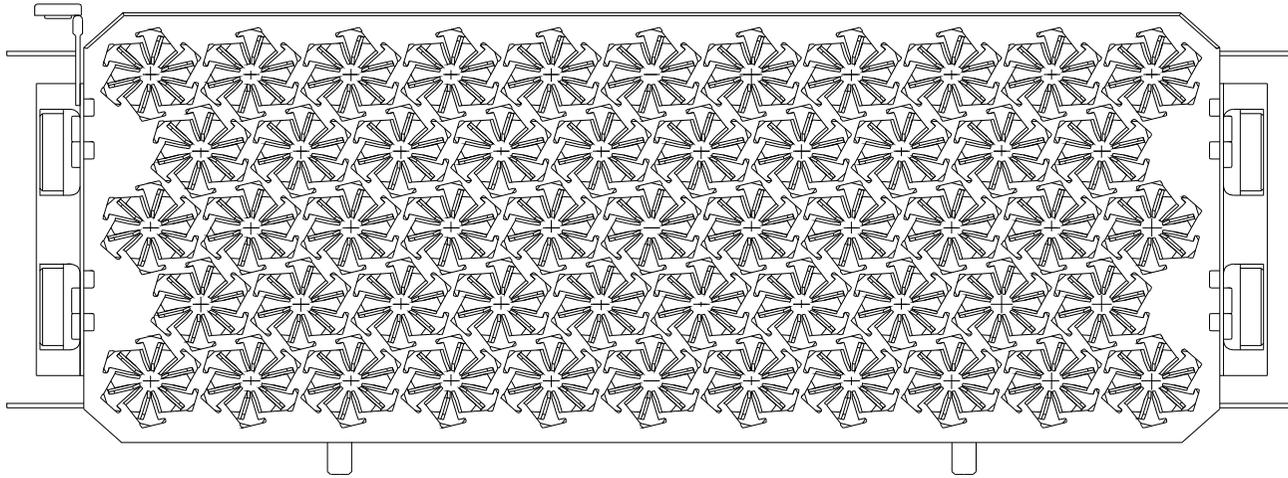
Triodo

- Ha un catodo “forato”
- L’anodo è a massa e il catodo alimentato ad un potenziale negativo
- Quando gli ioni incidono sul catodo con un angolo di 90° rispetto alla normale la probabilità che gli ioni siano emessi come neutri aumenta
- Il gas è pompato sulle pareti della pompa



VARIAN

Starcell





VARIAN

Starcell

- E' un miglioramento della triodo
- Ha una vita più lunga dell'elemento triodo
- Ha le alette ottimizzate per avere la massima velocità di pompaggio per gas nobili
- E' un brevetto Varian



VARIAN

Starcell

- Ha circa il 75% della velocità di pompaggio per azoto di una diodo
- Ha la più alta velocità di pompaggio e stabilità per i gas nobili
- Può pompare grandi quantità di idrogeno perché ha entrambi i catodi fatti di titanio

Dati di S per alcuni gas

- La tabella successiva mostra la velocità di pompaggio di alcuni gas rispetto a quella dell'azoto:

	Diodo	Starcell
H ₂	200%	180%
CO ₂	100%	100%
O ₂	100%	100%
N ₂	100%	100%
Ar	3%	22%
He	1%	30%



VARIAN

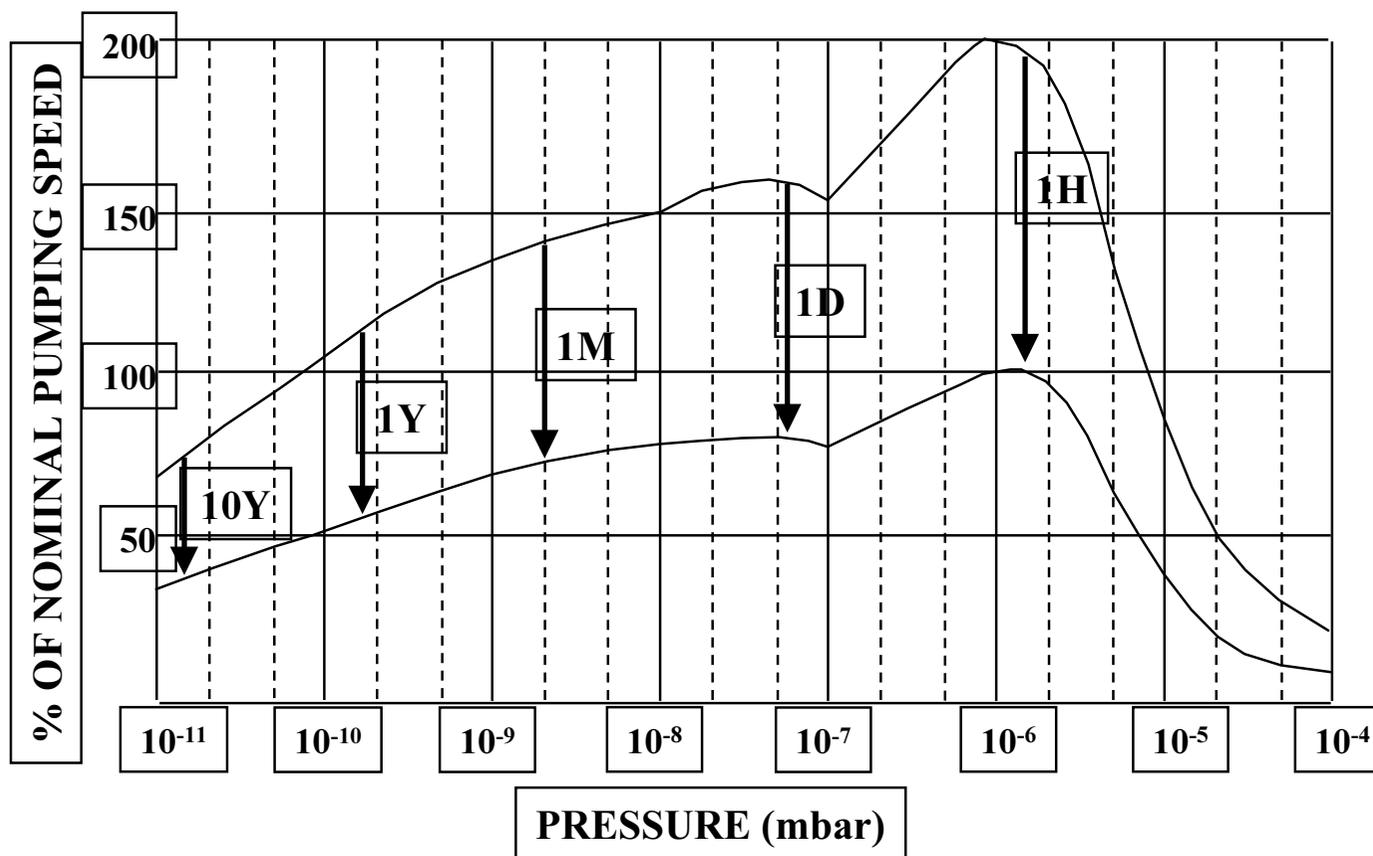
Saturazione

- La velocità di pompaggio delle pompe ioniche dipende dal gas pompato
- Quanto la velocità di pompaggio raggiunge il minimo si parla di velocità di pompaggio di pompa satura
- Il tempo di saturazione è lineare con la pressione



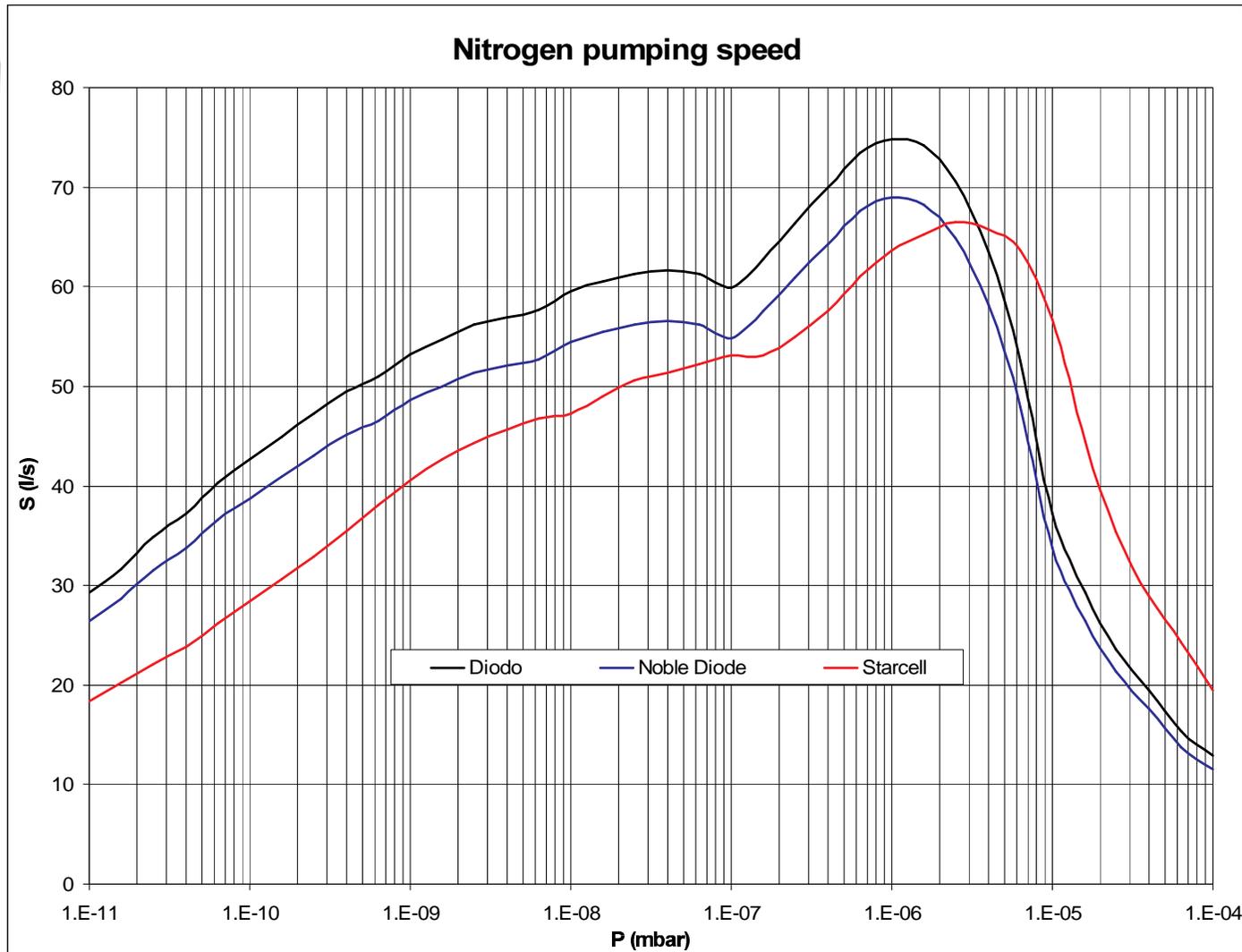
VARIAN

Saturazione



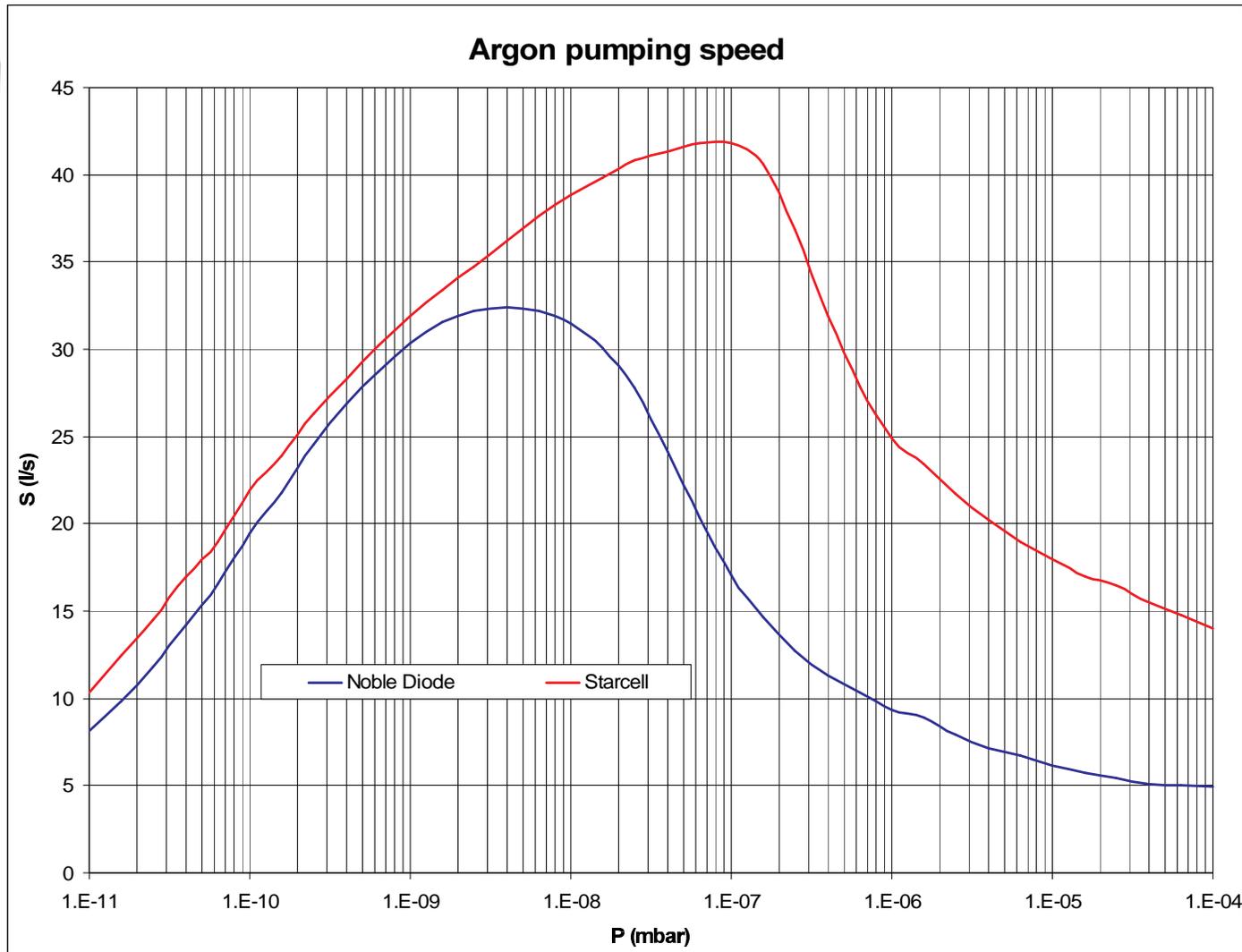


Velocità di pompaggio per azoto





Velocità di pompaggio per azoto





VARIAN

La pompa ionica come gauge

- La corrente in una pompa ionica è lineare con la pressione
- Quindi la pompa ionica è un buon misuratore di pressione
- Vi sono dei limiti legati alla corrente di dispersione



VARIAN

La corrente di dispersione

- La corrente letta da un'unità di controllo è la somma della corrente operativa della ionica più la corrente di dispersione
- La corrente di dispersione è data dalla somma di quella dell'unità di controllo, del cavo, degli isolatori, delle punte all'interno della pompa
- Quindi a bassa pressione (cioè bassa corrente) la lettura non è affidabile



VARIAN

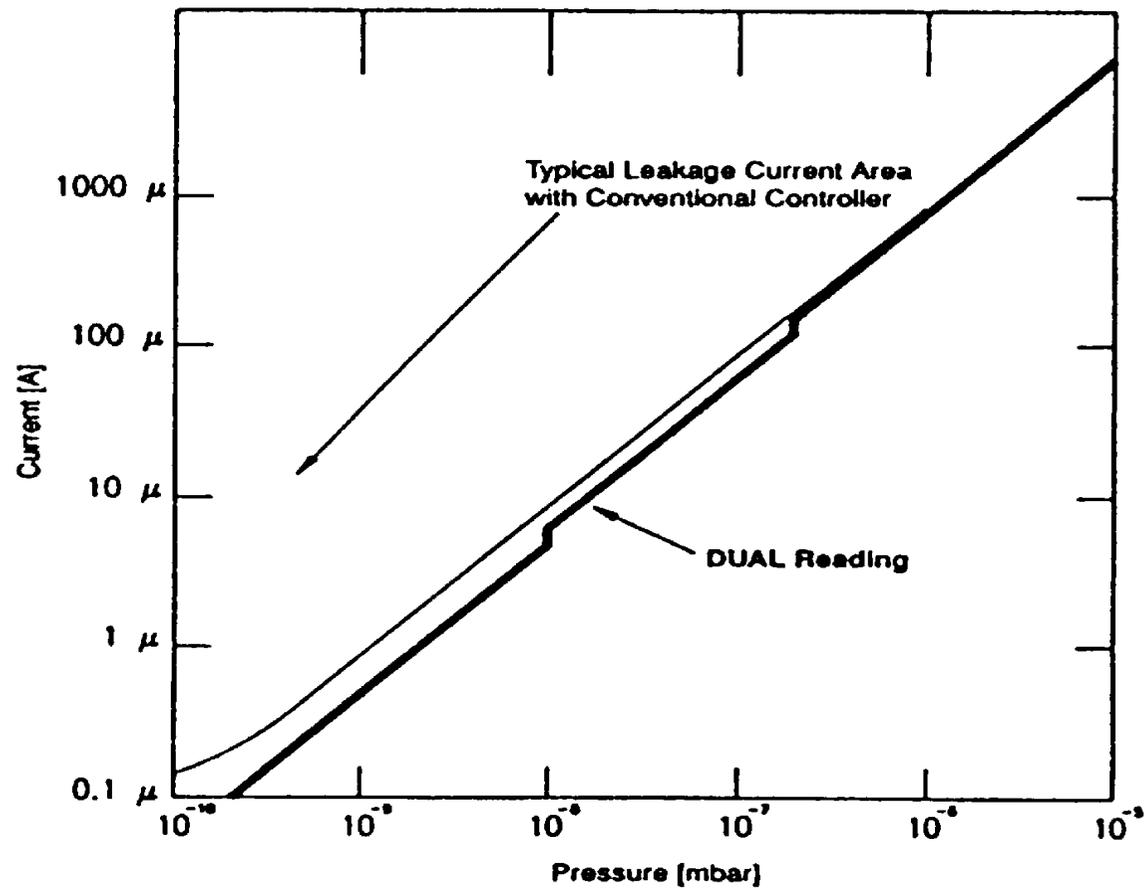
La corrente di dispersione

- La corrente di dispersione di unità di controllo e cavi è di solito trascurabile
- La corrente di dispersione di isolatori e punte è dovuta all'effetto campo
- Per la legge di Fowler-Nordheim l'effetto campo dipende esponenzialmente dal voltaggio
- A basso voltaggio la pompa ionica è un miglior misuratore di pressione

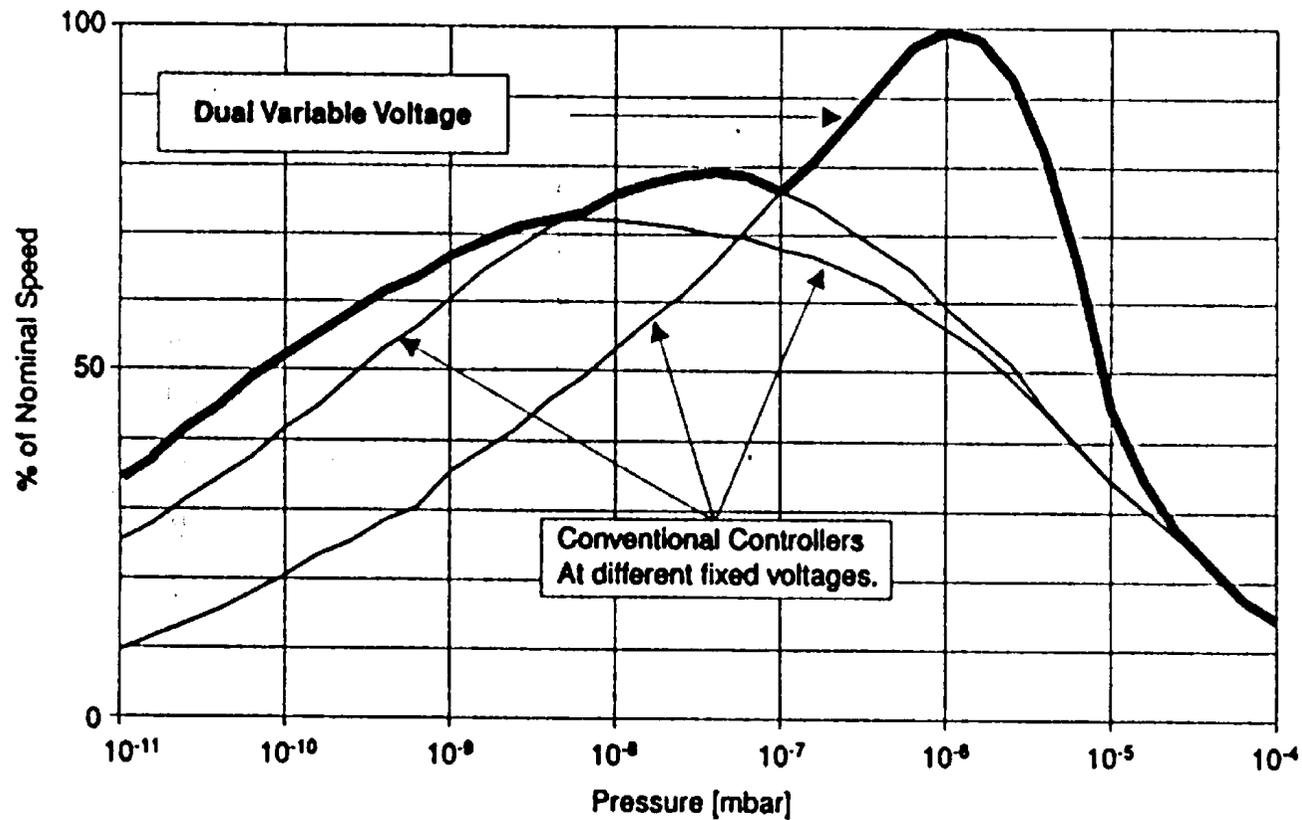


VARIAN

La corrente di dispersione



La corrente di dispersione





VARIAN

Vantaggi di una pompa ionica

- Non ha parti in movimento e quindi non causa vibrazioni nel sistema
- E' una pompa pulita
- Non ha manutenzione
- Consuma poca potenza



VARIAN

Svantaggi di una pompa ionica

- Ha un basso throughput
- Parte a bassa pressione ($<1\text{E-}4$ mbar)
- Non è intuitiva da usare



VARIAN

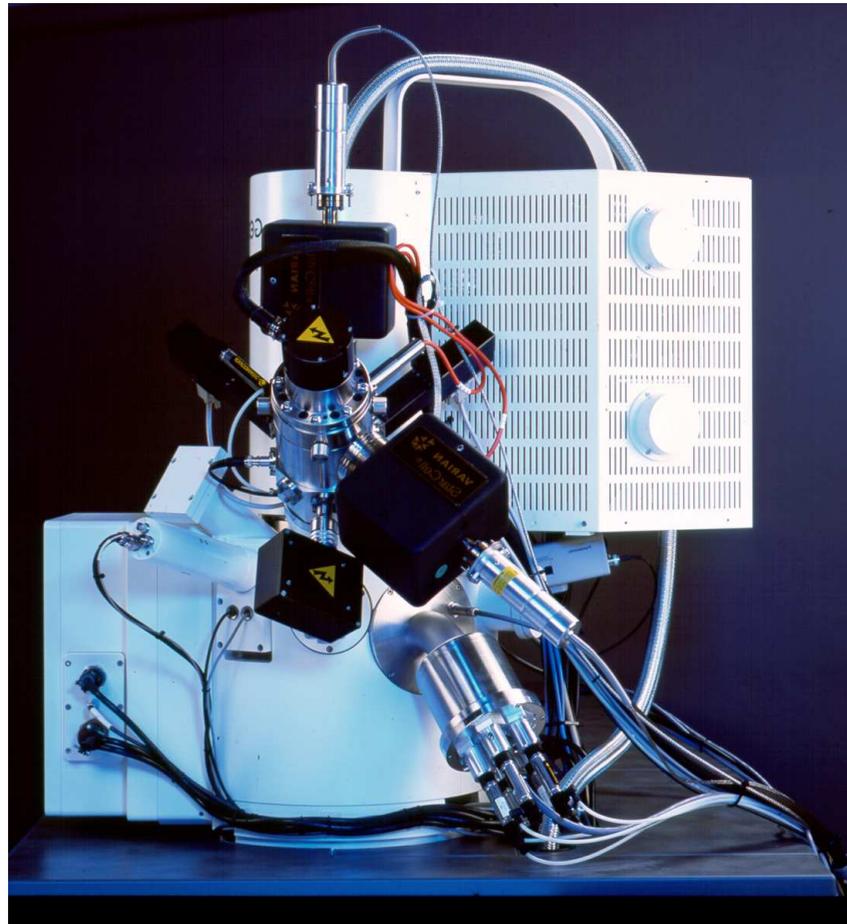
Applicazioni

- SEM, FIB, strumenti di analisi di superfici
- Acceleratori di particelle (booster, storage ring, front ends, beam line)
- tubi a micro-onde, power tubes, tubi a raggi X



VARIAN

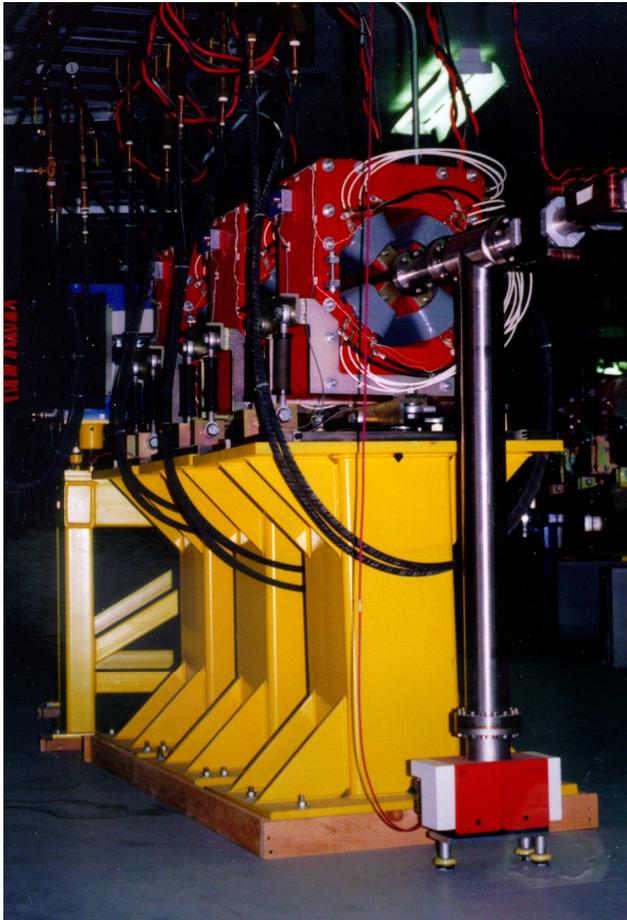
SEM





VARIAN

Acceleratori





VARIAN

Power tubes

