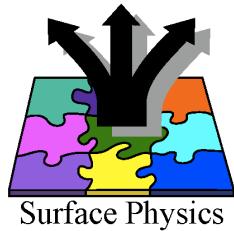




ERIC

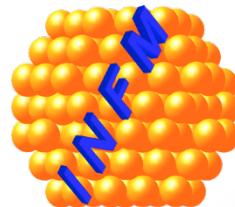
Central European
Research Infrastructure
Consortium



Elettra Sincrotrone Trieste



SOLARIS
NATIONAL SYNCHROTRON
RADIATION CENTRE



(Ultra Alto) Vuoto

Fabio Mazzolini

Vuoto ---> il Nulla

Vuoto ---> assenza di materia (?) in un volume di spazio

Vuoto ---> pressione inferiore alla pressione atmosferica (in un volume di spazio)

L'unità di misura SI della pressione è il **pascal** $[Pa] = [N] / [m^2]$

Pressione atmosferica: $1 \text{ atm} = 1013 \text{ mbar} = 760 \text{ torr} = 1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$

Livelli di vuoto

| | |
|--|--|
| Standard Atmospheric Pressure | 1×10^3 mbar |
| Rough Vacuum, RV (<i>Basso Vuoto</i>) | 1×10^3 mbar – 1×10^1 mbar |
| Medium Vacuum, MV (<i>Medio Vuoto</i>) | 1×10^1 mbar – 1×10^{-3} mbar |
| High Vacuum, HV (<i>Alto Vuoto</i>) | 1×10^{-3} mbar – 1×10^{-7} mbar |
| Ultra High Vacuum, UHV (<i>Ultra Alto Vuoto</i>) | 1×10^{-7} mbar – 1×10^{-11} mbar |
| eXtreme High Vacuum, XHV | $< 1 \times 10^{-11}$ mbar |
| Perfect Vacuum (<i>Vuoto assoluto</i>) | 0 mbar |

Esempi di livelli di vuoto

| | Pressure [Pa] | Pressure [mbar] | Mean Free Path | Molecules per cm ³ |
|-------------------------|---------------------|----------------------|----------------|-------------------------------|
| Standard atmosphere | 101325 | 1013 | 66 nm | 2.5×10^{19} |
| Vacuum cleaner | 80000 | 800 | 70 nm | 10^{19} |
| Mars atmosphere | 1155 – 30 | 11.6 - 0.3 | | |
| Incandescent light bulb | 10 - 1 | 0.1 - 0.01 | 1 cm - 1 mm | $10^{15} - 10^{14}$ |
| Earth thermosphere | $1 - 10^{-7}$ | $10^{-2} - 10^{-9}$ | 100 km - 1 cm | $10^{14} - 10^7$ |
| UHV chamber | $10^{-7} - 10^{-9}$ | $10^{-9} - 10^{-11}$ | 10000 - 100 km | $10^7 - 10^5$ |
| Pressure on the Moon | 10^{-9} | 10^{-11} | 10000 km | 10^5 |
| Interplanetary space | | | | 10 |
| Interstellar space | | | | 1 |
| Intergalactic space | | | | 10^{-6} |

Mean Free Path = average distance traveled by a moving particle between successive impacts (collisions), which modify its direction, energy, ...

Leggi dei gas

Boyle (1662), Mariotte (1676)

$$\text{se } T = \text{cost} \text{ e } \text{massa} = \text{cost} \quad \rightarrow \quad p V = \text{cost}$$

Charles (1790), Volta (1791), Gay-Lussac (1802)

$$\text{se } p = \text{cost} \text{ e } \text{massa} = \text{cost} \quad \rightarrow \quad V/T = \text{cost}$$

Volta (1791), Gay-Lussac (1802)

$$\text{se } V = \text{cost} \text{ e } \text{massa cost} \quad \rightarrow \quad p/T = \text{cost}$$

Avogadro (1811)

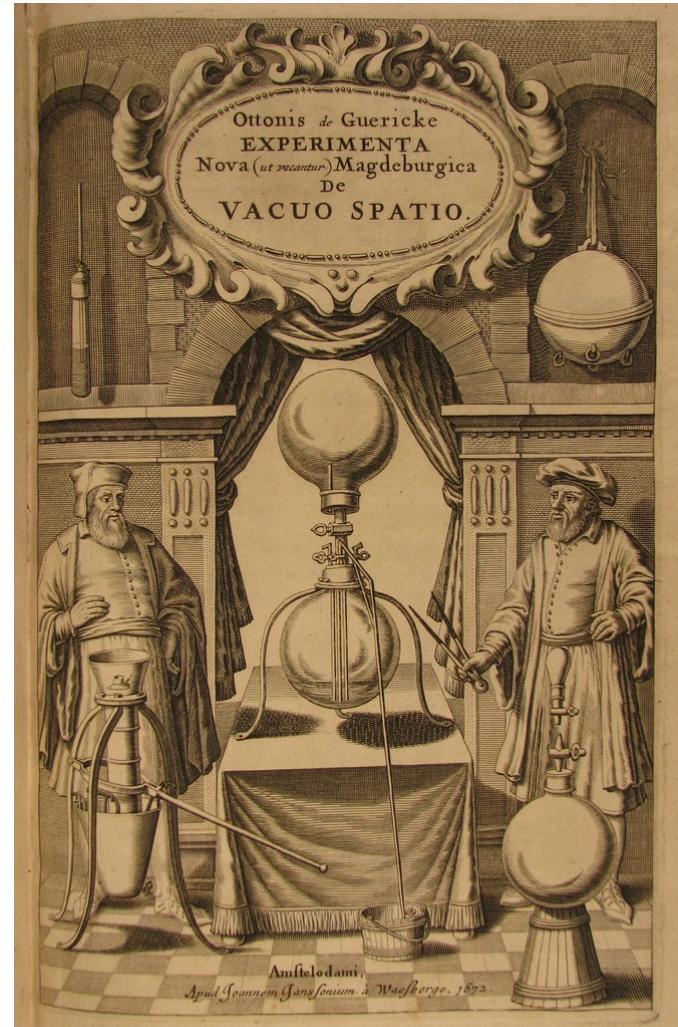
$$\begin{aligned} \text{se } T = \text{cost} \text{ e } p = \text{cost} \quad \rightarrow \quad V/n = \text{cost} \\ (\text{n} = \text{"quantità di gas"}) \end{aligned}$$

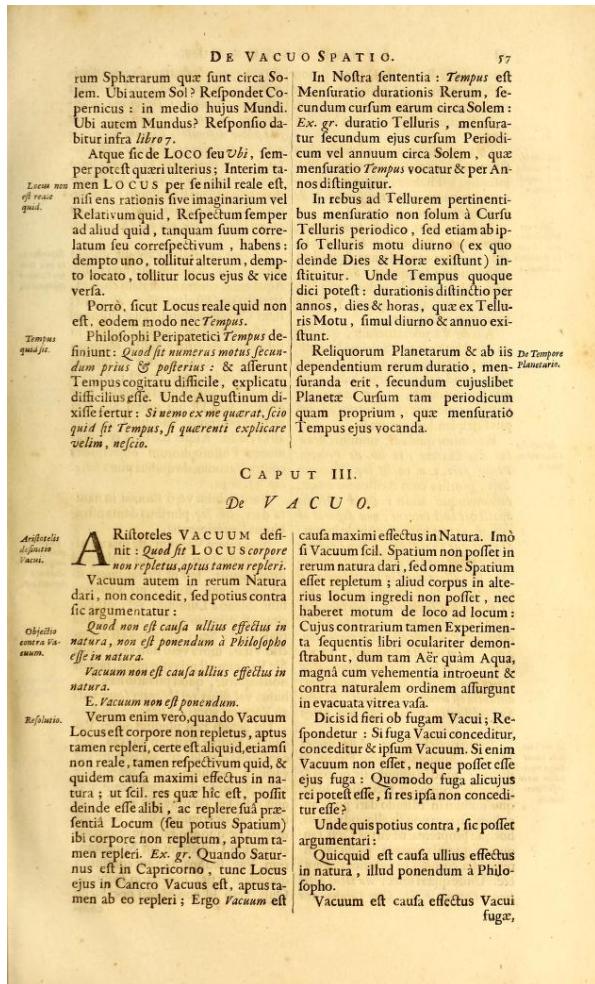
Otto von Guericke (1606-1686)

Ottonis de Guericke

**EXPERIMENTA
Nova (ut vocantur) Magdeburgica
De
VACUO SPATIO**

Amstelodami, 1672





Aristoteles VACUUM definit:
Quod sit LOCUS corpore non repletus,
aptus tamen repleri.

Vuoto: esiste?

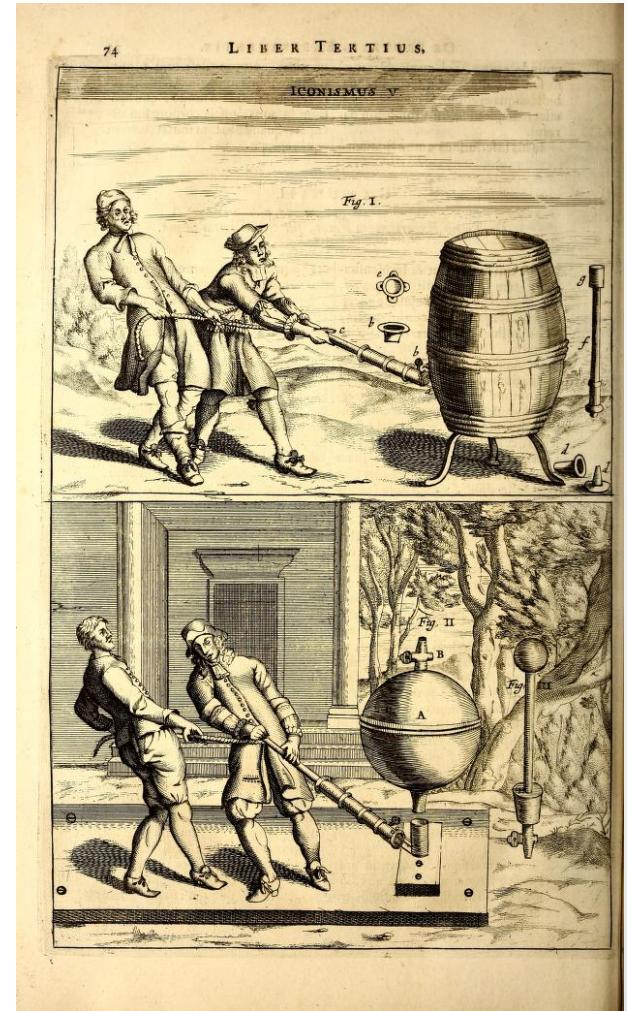
*De Primo Experimento Vacui,
per extractionem Acqua.*



Vuoto: esperimenti e tecnologia

*De Secundo Experimento
per Aeris extractionem,
comparandi Vacuum.*

“Sed quando vasa sunt rotunda tunc non franguntur....”



Vuoto: tecnologia

*De Costructione singularis
alicujus Machinae, pro
effiendo Vacuo.*

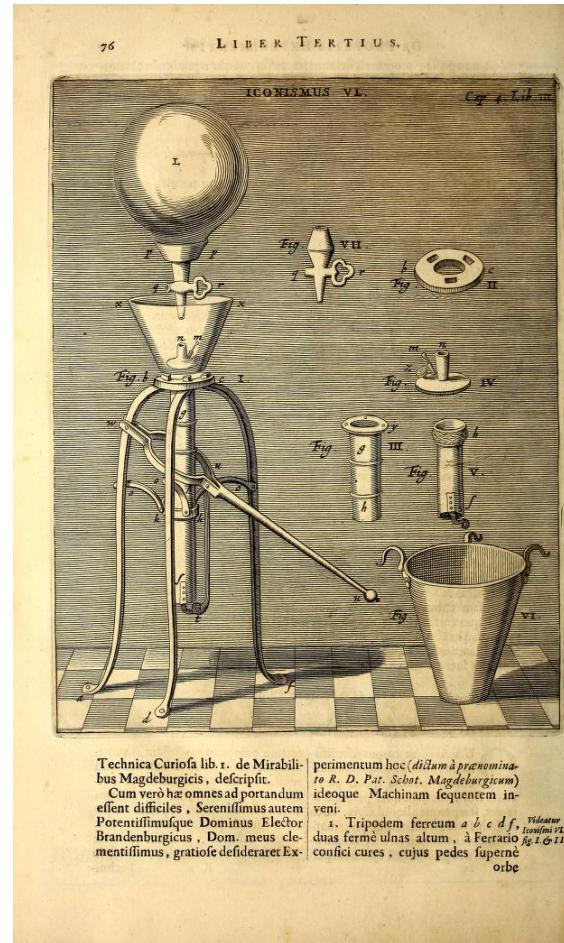
1663...

Vakuumluftpumpe und Halbkugeln
Otto von Guericke, Magdeburg
Originale, um 1663

Vacuum air pump and hemispheres
Otto von Guericke, Magdeburg
Originals, approx. 1663

Inv.- Nr. 08/13701 a, b, c – Inv.- Nr. 13702 a, b

$$pV = \text{cost}$$



Vuoto: misure (I)

*De Tertio Experimento
pro demonstratione
Vacui.*



1663...
Vakuumluftpumpe und Halbkugeln
Otto von Guericke, Magdeburg
Originale, um 1663

Vacuum air pump and hemispheres
Otto von Guericke, Magdeburg
Originals, approx. 1663

Inv.- Nr. 08/13701 a, b, c – Inv.- Nr. 13702 a, b

Otto von Guericke: padre della fisica sperimentale tedesca

*An VACUUM sit in Rerum Nanura vel non?
(Liber Tertius, Caput IX)*

- *Experimenta de Odore et Fermanzatione.*
- *Experimenta quo Nubes ac Ventus, Iridisque Colores in Vitris excitari possunt.*
- *De igne in vacuo.*
- *Experimentum de Consumptione Aeris per Ignem.*
- *De lumine in Vacuo.*
- *De sono in Vacuo.*
- *Experimenta de Animalibus in Vacuo.*

Otto von Guericke



Nobile
Borgomastro
Fisico
(sperimentale)
Comunicatore
Divulgatore
“Fundraiser”



1654, Ratisbona, 30 cavalli – Ferdinando III
1656, Magdeburgo
1657, Berlino – Federico Guglielmo I

Leggi dei gas (I)

Guericke (1650)

pompa a stantuffo per “creare il vuoto” ---> **($p \propto V = \text{cost}$)**

Boyle (1662), Mariotte (1676)

se $T=\text{cost}$ e $\text{massa}=\text{cost}$ ---> **$p \propto V = \text{cost}$**

Charles (1790), Volta (1791), Gay-Lussac (1802)

se $p=\text{cost}$ e $\text{massa}=\text{cost}$ ---> **$V/T = \text{cost}$**

Volta (1791), Gay-Lussac (1802)

se $V=\text{cost}$ e $\text{massa}=\text{cost}$ ---> **$p/T = \text{cost}$**

Avogadro (1811)

se $T=\text{cost}$ e $p=\text{cost}$ ---> **$V/n = \text{cost}$**
(n =quantità di materia, misurata in moli)

Clapeyron (1834)

$$pV = nRT$$

Legge dei gas perfetti

R = costante

gas ideale o perfetto:

- molecole puntiformi (=loro volume trascurabile) e uguali tra loro
- interazioni (=urti) elastiche
- no interazioni a distanza

gas rarefatti (= bassa pressione) possono essere considerati gas perfetti

“gradi” o livelli di vuoto

=

diversi modelli fisici e diverse tecnologie

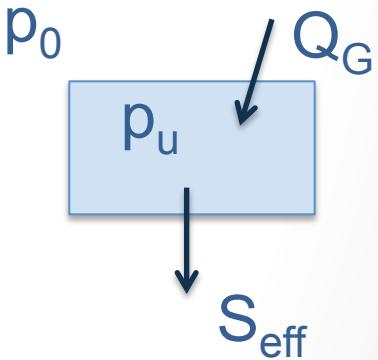
| | |
|--|--|
| Standard Atmospheric Pressure | 1×10^3 mbar |
| Rough Vacuum, RV (<i>Basso Vuoto</i>) | 1×10^3 mbar – 1×10^1 mbar |
| Medium Vacuum, MV (<i>Medio Vuoto</i>) | 1×10^1 mbar – 1×10^{-3} mbar |
| High Vacuum, HV (<i>Alto Vuoto</i>) | 1×10^{-3} mbar – 1×10^{-7} mbar |
| Ultra High Vacuum, UHV (<i>Ultra Alto Vuoto</i>) | 1×10^{-7} mbar – 1×10^{-11} mbar |
| eXtreme High Vacuum, XHV | $< 1 \times 10^{-11}$ mbar |
| Perfect Vacuum (<i>Vuoto assoluto</i>) | 0 mbar |

Ultra Alto Vuoto per:

- limitare l'interazione degli elettroni accelerati con i gas residui
- avere gas residui con prevalenza di idrogeno (pressione parziale)
- evitare di contaminare il campione da analizzare (o da costruire)

UHV: come ottenerlo (II)

$$p_u = Q_G / S_{\text{eff}}$$



p_u = pressione limite [mbar]

S_{eff} = velocità di pompaggio effettiva [l/s] portata !

Q_G = "gas load" [mbar l/s]

$Q_G = Q_L + Q_V + Q_D + \dots$

Q_L = perdite reali (= "buchi")

Q_V = perdite virtuali (= "sacche" di gas interne)

Q_D = degassaggio del materiale (interno o superficiale)

Q_L = perdite reali (= “buchi”)

saldature, giunzioni tra pezzi diversi (flange), ...

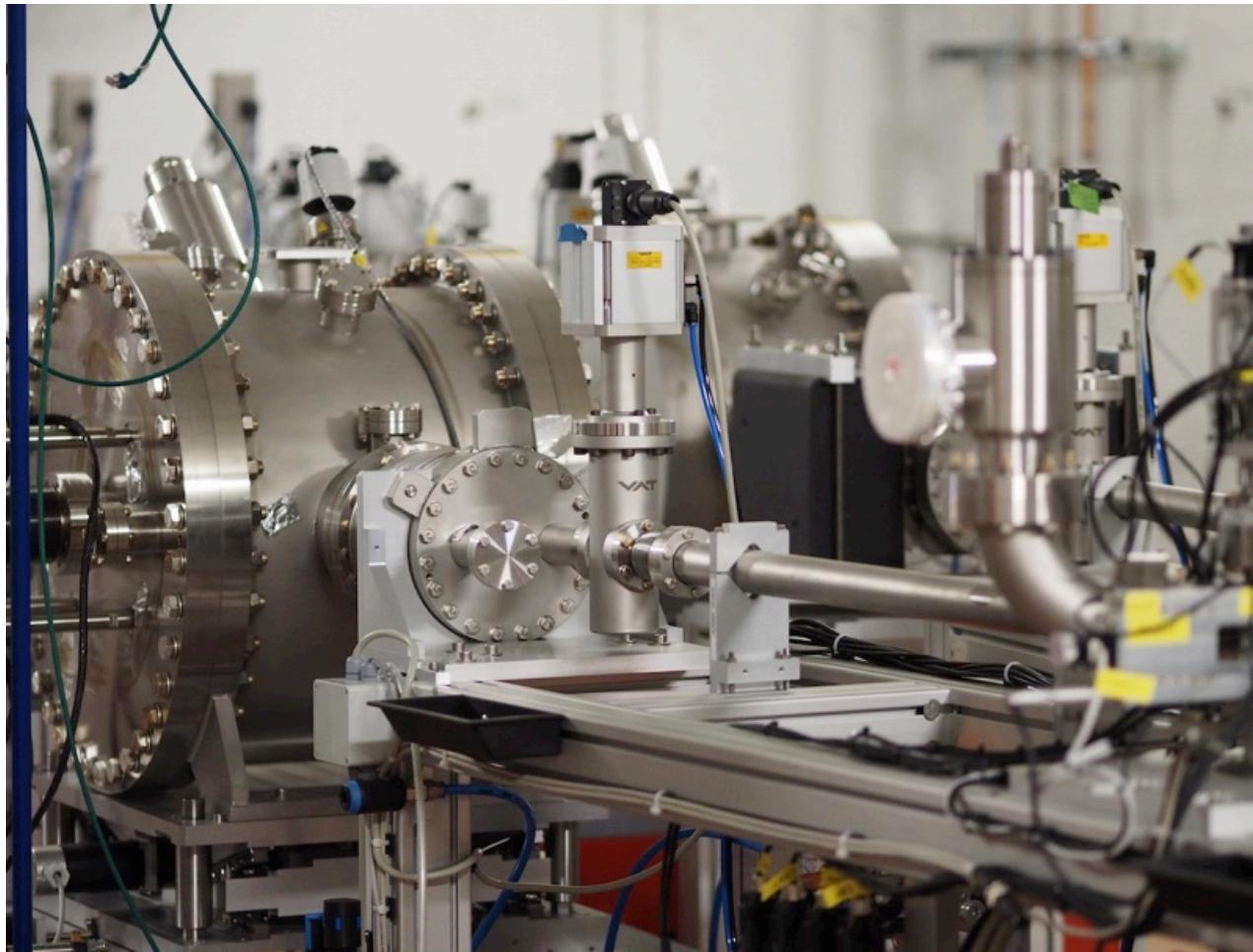
Q_V = perdite virtuali (= “sacche” di gas interne)

assemblaggi interni, saldature difettose, ...

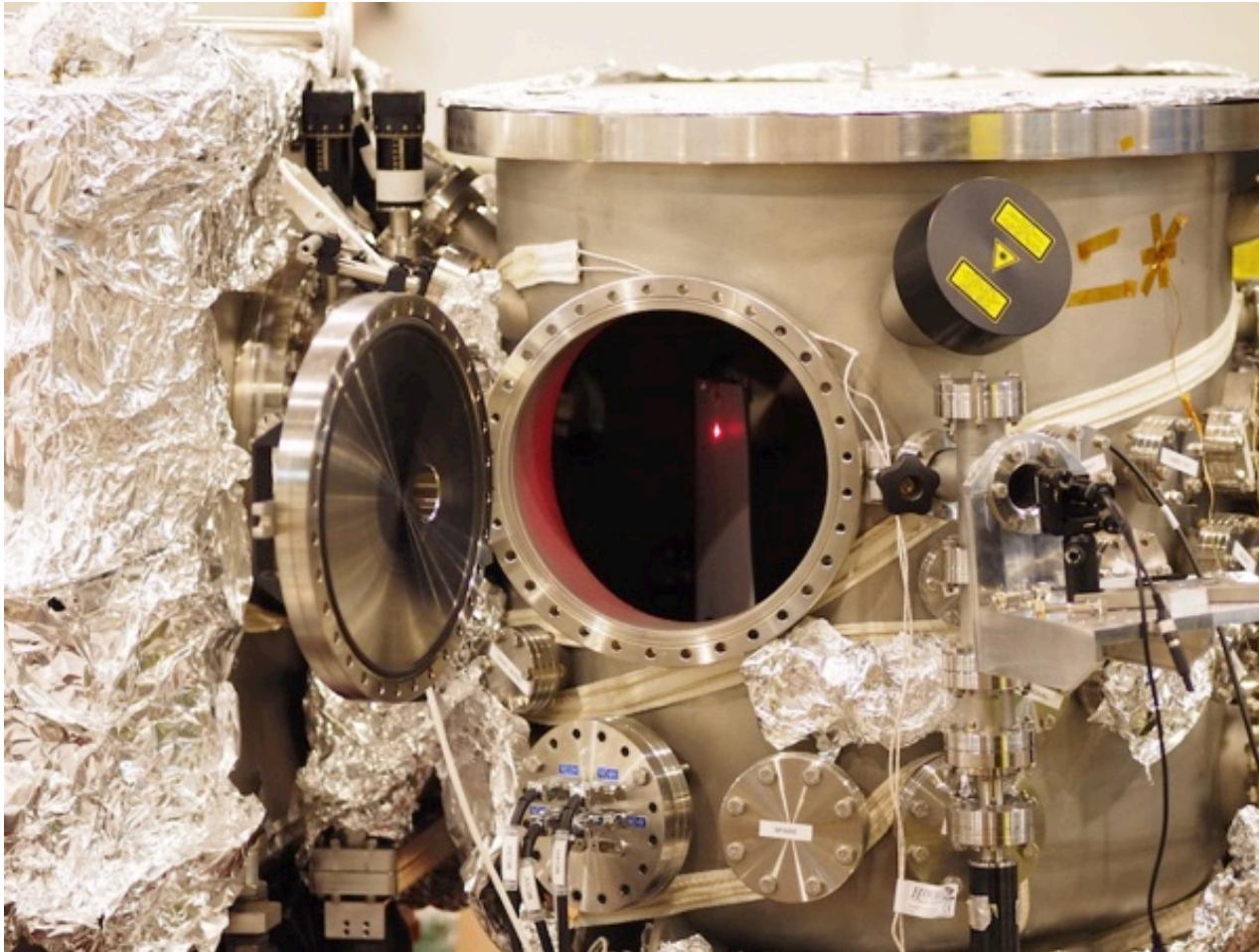
Q_D = degassaggio del materiale (interno o superficiale)

scelta materiali adatti, pulizia preliminare,
trattamenti termici, ...

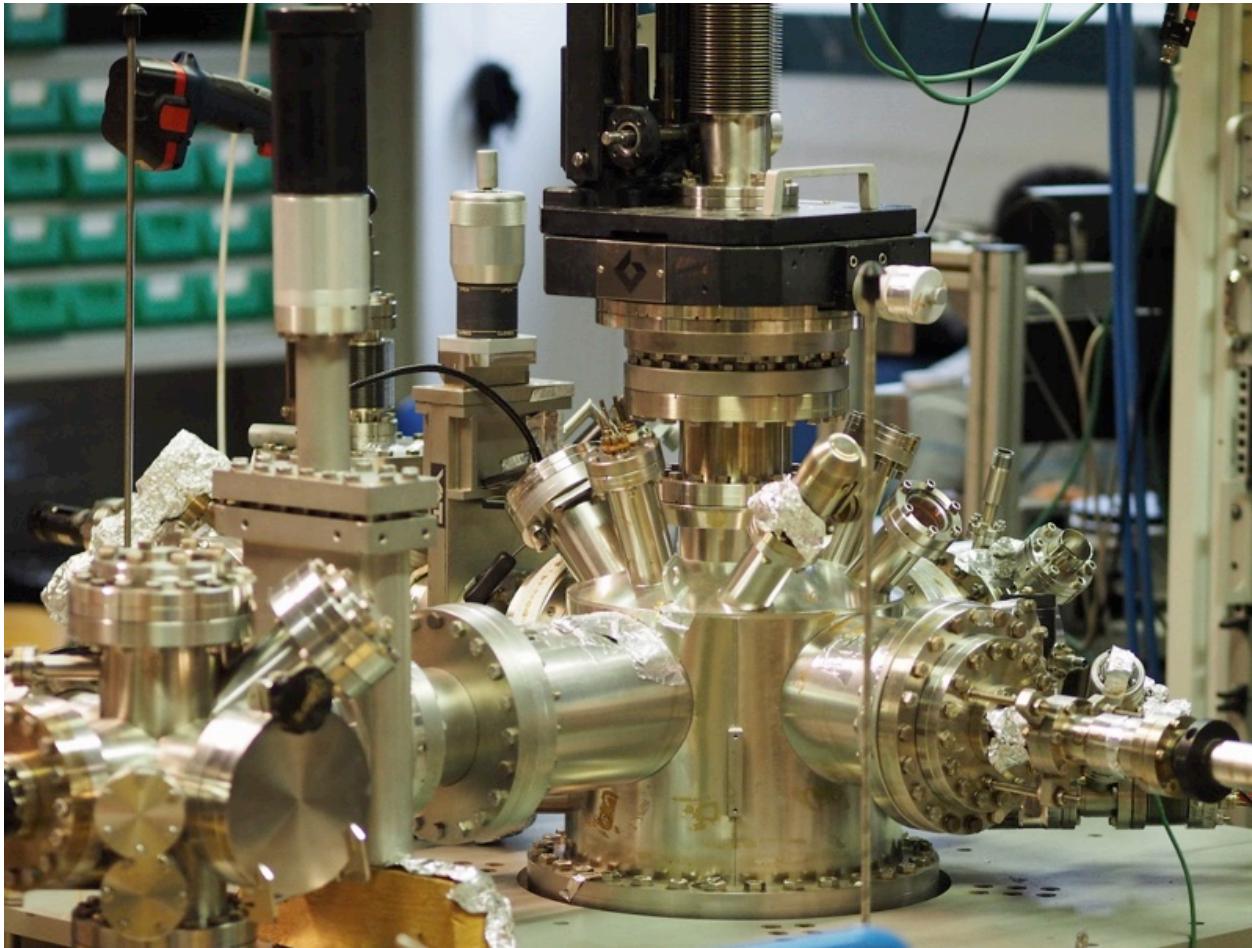
UHV: camere da vuoto



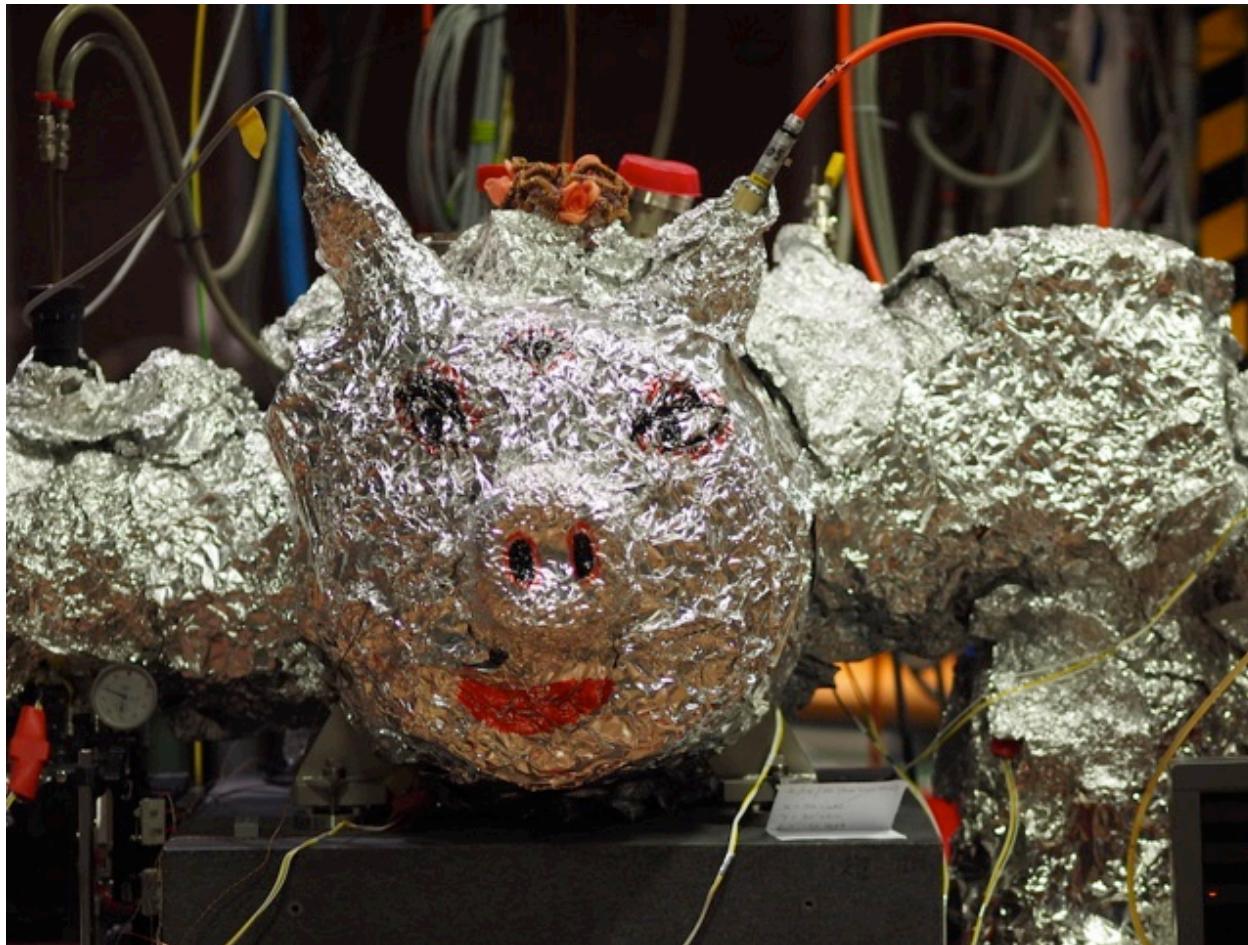
UHV: camere da vuoto



UHV: camere da vuoto



UHV: camere da vuoto





Grazie per
l'attenzione !

