

真空的基本觀念

真空的發現

義大利人托里切利(Torriceli)利用玻璃試管盛滿水銀倒置於水銀槽中，管中水銀自然下降至76cm高度，而在頂端留下一空間。此空間被他認為係空無一物。

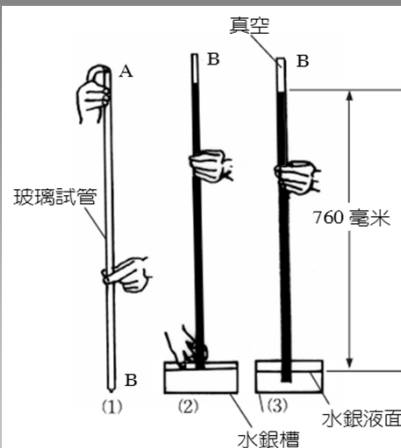


圖 1.1 真空的發現

馬德堡半球實驗

德國馬德堡市長證明：將兩個半球密合，其中抽真空，兩邊各用四匹馬並未能將半球分開。顯示大氣壓力所產生的巨大影響。

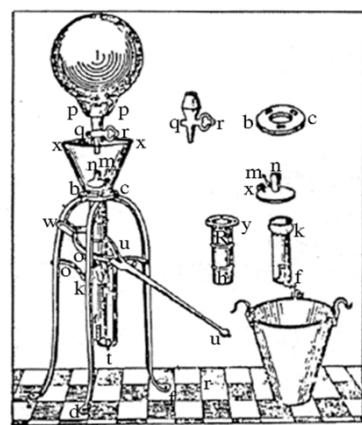


圖 1.2 早年人力抽真空的裝置

真空技術里程碑(~1953)

1643 托里切利由水銀柱實驗發現真空

1654 甘利克（Guerick）發明活塞幫浦（piston pump），及馬德堡半球實驗證明真空的力量

1879 愛迪生（Edison）發明白熾燈（incandescent lamp），以及克魯克司（Crookes）發現陰極射線（cathode ray），後來證明即為電子

1893 杜華（Dewar）發明真空絕熱瓶

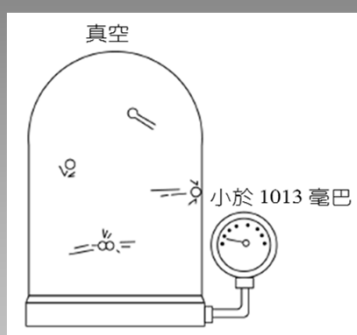
1895 倫琴（Roentgen）發現 X 光

- 1902 佛來明 (Fleming) 發明真空二極管 (vacuum diode)
- 1905 蓋得 (Gaede) 發明迴轉真空幫浦 (rotary vacuum pump)
- 1909 柯里基 (Coolidge) 發明鎢絲燈 (tungsten filament lamp)
- 1913 蓋得 (Gaede) 發明分子真空幫浦 (molecular vacuum pump)
- 1915 柯里基 (Coolidge) 發明 X 光管 (X-ray tube) , 及擴散幫浦 (diffusion pump)
- 1916 巴克萊 (Buckley) 發明熱陰極離子真空計 (hot cathode ionization gauge)
- 1935 蓋得 (Gaede) 發明氣體混抽真空幫浦 (gas-ballast pump)

- 1936 希克曼 (Hickman) 發明油擴散幫浦 (oil diffusion pump)
- 1937 彭甯 (Penning) 發明冷陰極離子真空計 (cold cathode ionization gauge)
- 1950 拜亞爾得 (Bayard) 與奧勃爾特 (Alpert) 發明超高真空計 (ultra-high vacuum gauge)
- 1953 西瓦茲 (Schwartz) 與赫爾布 (Herb) 發明離子幫浦 (ion pump) '

真空 Vacuum

- Absolute vacuum(絕對真空)：不存在任何物質的空間，包含氣體亦不存在。此時氣體壓力= 0。目前人類無法達到。
- Empty space(空間)：沒有可看見的物質存在，但具有不可見的氣態物質。因此此處所為真空係討論空間內的氣體壓力。
- 真空的定義：
 - (a)一個空間，其中的氣體壓力小於一大氣壓者為真空。
 - (b)真空容器內氣體分子密度小於一大氣壓的分子密度 (2.5×10^{19} 分子/cm³)



真空壓力

- 真空壓力：氣體對真空系統的內壁每單位面積上所施的力
單位：力/單位面積
- 國際壓力單位：1 pascal(Pa)= 1 Nt/m²
- 舊真空壓力單位：1 Torr= 1/760 大氣壓力= 1 mm-Hg
- 實用真空壓力單位：millibar (mbar)

1 巴 = 10⁵ 帕

1 毫巴 = 10⁻³ 巴 (bar)

1 毫巴 = 3/4 托爾 = 100 帕

1 大氣壓力 = 1013 毫巴

真空壓力的換算

	毫巴	帕	托爾	大氣壓	公斤／平方厘米
毫巴	1	100	0.75	9.87×10^{-4}	1.02×10^{-3}
帕	1×10^{-2}	1	7.5×10^{-3}	9.87×10^{-6}	1.02×10^{-5}
托爾	1.33	133	1	1.32×10^{-3}	1.35×10^{-3}
大氣壓	1013	101325	760	1	1.034

真空度的區分

	粗略真空 Coarse vacuum	中度真空 Intermediate vacuum	中度高真空 Medium-high vacuum	高真空 High vacuum	超高真空 Ultra-high vacuum
壓力範圍 (托爾)	760-100	100-1	$1-10^{-3}$	$10^{-3}-10^{-7}$	$<10^{-7}$
在 20°C 時每立方厘米 中的氣體分子數	2.5×10^{19} 到 3.3×10^{18}	3.3×10^{18} 到 3.3×10^{16}	3.3×10^{16} 到 3.3×10^{13}	3.3×10^{13} 到 3.3×10^9	$<3.3 \times 10^9$
每秒鐘在每平方厘米容 器壁上的分子撞擊數	$10^{23}-10^{22}$	$10^{22}-10^{20}$	$10^{20}-10^{17}$	$10^{17}-10^{13}$	$<10^{13}$
氣流形態 *	連續氣流	連續氣流	轉變為分子氣 流之過渡形態	分子氣流	實際無氣流僅 靠一分子運動
在 20°C 時剩餘空氣分子 之平均自由動徑 (厘米)	5×10^{-6} - 5×10^{-5}	5×10^{-5} - 5×10^{-3}	$5 \times 10^{-3}-5$	$5-5 \times 10^4$	$>5 \times 10^4$

大氣壓力

標準大氣壓力(standard atmospheric pressure): 在 20°C, 海平面高度, 乾燥空氣所施的壓力, 其值為 1013 mbar。

主要成分: N₂——792 毫巴, O₂——212 毫巴

次要成分及稀少氣體:

Ar 9.47 毫巴

CO₂ 0.31 毫巴

Ne 1.9×10^{-2} 毫巴

He 5.3×10^{-3} 毫巴

CH₄ 2×10^{-3} 毫巴

Kr 1.1×10^{-4} 毫巴

N₂O 5×10^{-4} 毫巴

H₂ 5×10^{-4} 毫巴

以上各成分的總和為 1013 毫巴, 即一標準大氣壓。

◆ 若考慮水蒸氣則加上已知相對濕度(relative humidity)的水蒸氣壓。



為何需要真空?

除電鍍膜，無電鍍膜，有機薄膜外，大部份的薄膜皆是以物理或化學的方法，將欲做成薄膜的物質，分解為原子、分子或其少數個的集合體(cluster)，使其在基板上結合或凝結而成。在此過程，若前述原子、分子或其cluster與大氣共同存在，則會發生下述情況：

- (1) 大氣中的氣體原子會阻止前述原子、分子或其cluster直進，不易形成均勻平坦的薄膜。
- (2) 空氣中的氣體原子或分子介入薄膜中，破壞薄膜的純度。
- (3) 空氣中的活性原子或分子與薄膜物質形成化合物。
- (4) 使欲做成薄膜的物質，分解為原子、分子或cluster之裝置，與空氣中的原子或分子反應，形成化合物，無法發揮其正常功能。

將製備薄膜之裝置放在一容器內(真空腔 vacuum chamber)，而於製備薄膜前，將容器中的空氣分子排除(排氣)，排除氣體之裝置稱真空泵浦(vacuum pump)。若容器內之氣壓低於一大氣壓，則稱容器內之狀態為真空。量度容器內壓力值之工具稱真空計(vacuum gauge)。若欲使真空腔內之壓力達到某一特定值，則需對氣體特性，導管內氣體流動之行為，真空計及真空泵浦之種類及功能有一概略了解，才能選擇適當之真空系統組合，以得到所要之特定壓力值。

除此之外，真空腔內之各種表面吸附之氣體將持續釋出，使得真空腔內之壓力不易下降，此釋氣為影響抽氣時間及真空腔內最終壓力的主要原因，因此原子及分子於表面的吸附及退附行為是另一需進一步了解的主題。

真空系統的構成

- (1) 氣體動力論
- (2) 壓力量測
- (3) 真空泵浦
- (4) 真空腔
- (5) 釋氣

