



Sistemas de Vacío para Aceleradores

Reunión Anual Red-FAE

Anahí Segovia Miranda

1 Definiciones

- ¿Qué es vacío?
- Escalas para medir Vacío
- Flujo de Gas
- Régimen de Vacío

2 Propósitos

- ¿Por qué necesitamos vacío?

3 Cámaras de Vacío

- Descripción General

4 Sistemas de Vacío

5 Caracterización del Vacío

- Medidores

6 Ultra Alto Vacío

- Requerimientos

7 Diseño de Sistema de Vacío

¿Qué es vacío?

- El término vacío se utiliza generalmente para designar un espacio lleno con un gas a una presión menor que la atmosférica.
- Hay $2,5 \times 10^{19}$ moléculas de aire en 1 cm^3 .

Gas Ideal

$$PV = nRT = NKT$$

donde:

$$K = \frac{R}{N_A}$$

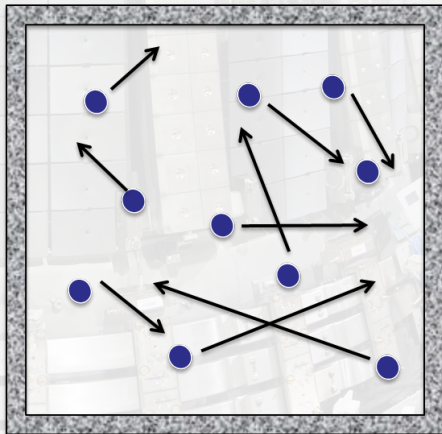
$$R = 8,3145 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$$

Presión atmosférica (Atm) a nivel del mar y 0° Celsius

- 760 Torr (Estados Unidos)
- 1013 mBar (Mili-Bar, Europa)
- 101.330 Pa (Pascal, Asia)
- 29,92 (Pulgadas de mercurio, Estados Unidos)

Conversiones:

- 1 Atm=760 Torr
- 1 Pascal= $7,5 \times 10^{-3}$ Torr
- 1 mBar=0.750 Torr
- 1 PSI=51.7 Torr



$$\bar{V} = 1,455 \times 10^4 \sqrt{\frac{T}{M}} \quad (1)$$

$$\lambda_i = \frac{kT}{\sqrt{2\pi} P d_i^2} \quad (2)$$

$$K_n = \frac{\lambda_a}{a}$$

- Flujo viscoso

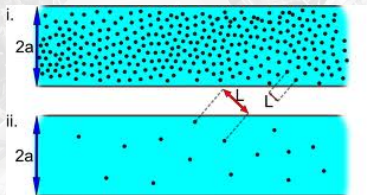
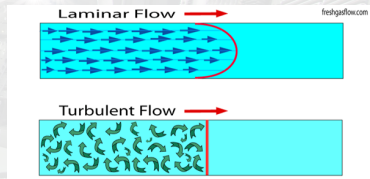
$$K_n < 0,01$$

- Flujo de transición

$$0,01 < K_n < 1,0$$

- Flujo molecular

$$K_n > 1,0$$



Vacío Bajo, Medio ($> 10^{-3}$ Torr)

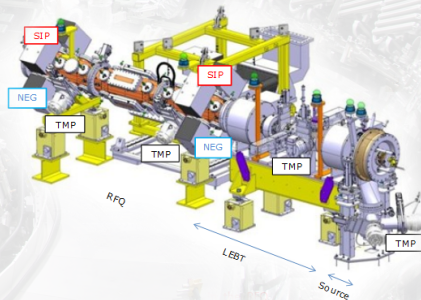
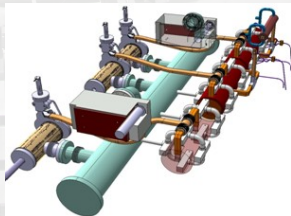
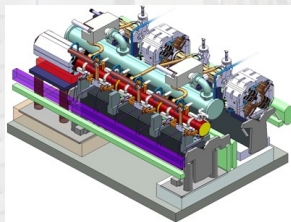
- Flujo viscoso
- Interacciones entre partículas son significativas
- Trayectoria libre media (λ):
 - Bajo: $6,7 \times 10^{-6} - 5,1 \times 10^{-1}$
 - Medio: $5,1 \times 10^{-1} - 5,1$
- Densidad molecular:
 - Bajo: $2,46 \times 10^{19} - 3,25 \times 10^{14}$
 - Medio: $3,25 \times 10^{14} - 3,25 \times 10^{13}$
- Tiempo de formación de monocapa (τ):
 - Bajo: $2,9 \times 10^{-9} - 2,2 \times 10^{-4}$
 - Medio: $2,2 \times 10^{-4} - 2,2 \times 10^{-3}$
- El numero de moléculas en el gas es mucho mayor comparado con el que cubre la superficie. La composición del gas se asemeja a la atmosférica.

Alto, Muy Alto ($10^{-3} - 10^{-6}$ Torr)

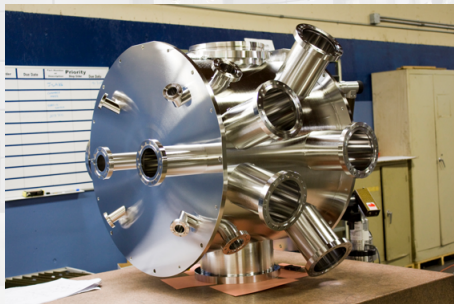
- Región de Transición.
- Trayectoria libre media (λ):
 - $5,1 - 5,1 \times 10^4$
- Densidad molecular:
 - $3,25 \times 10^{13} - 3,25 \times 10^9$
- Tiempo de formación de monocapa (τ):
 - $2,2 \times 10^{-3} - 2,2 \times 10^1$

Las moléculas del gas en el sistema están localizadas principalmente en la superficie, el recorrido libre medio es igual o mas grande que las dimensiones de la cámara. La composición del gas varia continuamente, hacia uno que tenga 70-90% de agua en forma de vapor.

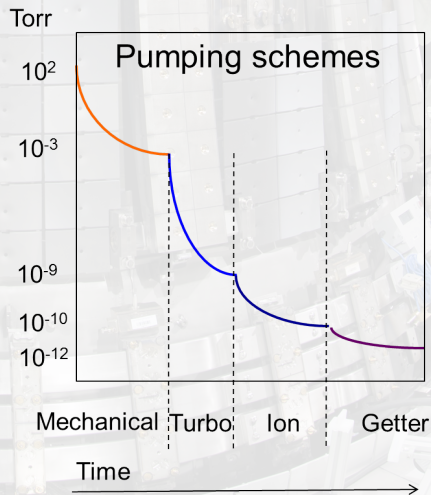
- Ultra Alto ($10^{-6} - 10^{-12}$ Torr)
 - Flujo Molecular
 - Interacciones entre partículas son despreciables.
 - Interacciones principalmente son con las paredes de la cámara.
 - Trayectoria Libre Media de 100-10,000 Km
- Extremadamente Alto ($< 10^{-12}$ Torr)
 - Flujo Molecular
 - Trayectoria Libre Media de 100,000 Km o mayor



- Mantener el helio líquido fuera de ebullición
- Evitar arcos de alta tensión dentro de cavidades SRF y en los disparadores de electrones
- Evitar la destrucción del fotocátodo por bombardeo de gases residuales ionizados
- Mantener la composición química del fotocátodo en las proporciones correctas
- Permitir que los electrones lleguen a los pasillos sin dispersarse con moléculas de aire
- Evitar efectos ópticos causados por gases residuales ionizados en la trayectoria del haz.



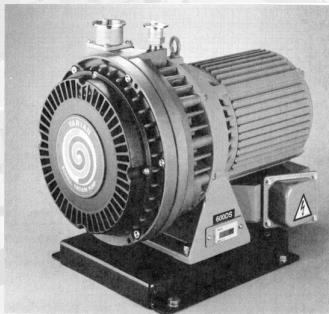
- El material de la cámara debe ser no permeable, no magnético, estar libre de grietas y volúmenes atrapados (fugas verdaderas y virtuales)
- La superficie interna debe ser suave y no porosa



- Bomba Mecánica
- Bomba Turbomolecular
- Bomba Iónica
- NEG

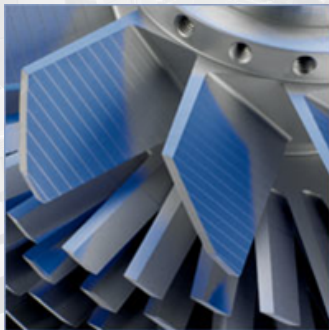
Etapa 1: bombeo de la presión atmosférica a 10^{-3} Torr.

- Mecanismo de bombeo: desplazamiento positivo y transferencia de momento
- Tipo de la bomba: Bomba mecánica seca



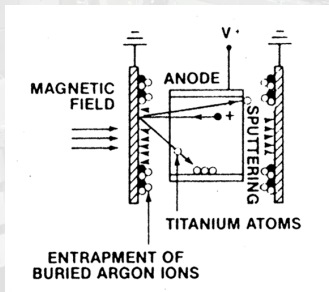
Etapa 2: Bombeo de 10^{-3} Torr a 10^{-9} Torr.

- Mecanismo de bombeo: Transferencia de momento
- Tipo de bomba: Bomba turbomolécula



Etapa 3: Bombeo de 10^{-9} Torr a 10^{-10} Torr.

- Mecanismo de bombeo: Combinación química Tipo de bomba: Bomba sputter de iones



Etapa 4: Obtención de ultra alto vacío: Bombeo de 10⁻¹⁰ a 10⁻¹¹ Torr, y el mantenimiento del nivel de vacío.

- Mecanismo de bombeo: Absorción. Los gases activos son absorbidos irreversiblemente por el material del getter.
- Tipo de bomba: Getter no evaporable (NEG)



- Vacío medio y bajo: 10^{-3} Torr a 1000 Torr
 - Medidores Directos
 - Desplazamiento de una pared sólida
 - Medidores Indirectos (Por pérdida de calor)
 - Medidor de termopar
 - Medidor Pirani
 - CONVECTRON (Convección-Pirani)
- Ultra-Alto y Alto Vacío: 10^{-11} Torr a 10^{-3} Torr
 - Medidores indirectos (Indicadores de ionización)
 - Medidor de cátodo caliente
 - Medidor de cátodo frío

- Selección adecuada de los materiales para la cámara
- Acabado superficial interno y soldadura adecuada
- Procedimientos de limpieza húmedos añadiendo un enjuague de alta presión con agua filtrada y desionizada
- Montaje del sistema de vacío en un ambiente hermético y limpio
- Bomba inicial del sistema de vacío con turbo bombas
- Activación de los extractores no evaporables (NEG)
- Hornear el sistema de vacío a 250C con bomba de iones externa.

- Geometría del Acelerador
- Tipo de partículas que se van a acelerar
- Sistema electrónico
- Imanes
- Sistemas aceleradores
- Cavidades RF

Diseño y Simulación del Sistema de Vacío.

