

FI 45A Unidad II

Técnicas de Vacío

Las técnicas de vacío se usan en numerosos aspectos de la Física experimental, además de las aplicaciones puramente técnicas. Algunos campos de aplicación son:

1. Física nuclear
2. Física del estado sólido y superficies
3. Plasmas
4. Bajas temperaturas

En esta unidad Ud. se familiarizará con los aspectos más comunes de la tecnología de vacío. Previamente deberá familiarizarse con las normas de seguridad relativas a prevención de incendios.

SEGURIDAD

1. ¡Fuego!

Conceptos

- a. ¿Qué es el fuego? Explíquelo en términos químicos
- b. ¿Son sinónimos fuego y llama?
- c. Explique los conceptos de "triángulo del fuego" y "tetrahedro del fuego". A pesar de lo poco técnicos son muy útiles para el lego.
- d. ¿Qué son los fuegos o incendios de tipo A, B, C, y D? Note que no se trata solamente de poner rótulos, sino de observar que se trata de problemas diferentes.
- e. Distinga entre "combustible" e "inflamable".
- f. Explique qué son las temperaturas de "gasificación" y de
- g. "ignición"
- h. Explique qué es el "rango de inflamabilidad"
- i. ¿Qué es la "explosión volumétrica"? Ocurre al tratar de apagar con agua un incendio que no se debe apagar de ese modo.

Peligros

Los "factores de muerte" en caso de incendio se describen en términos simples como:

1. Oscuridad
2. Gases y humos
3. Tiempo
4. Calor

Explíquelos

Extintores

Averigüe en qué consisten (qué son, por qué apagan el fuego) los extintores en base a:

- a. Agua
- b. Dióxido de Carbono
- c. Polvo químico seco
- d. Espuma química
- e. Haga una tabla de doble entrada en que cada fila corresponda a un tipo de extintor. Las entradas de las columnas son fuegos A, B, C, y D; además de una columna F en que se indique si se puede apagar a una *antorcha humana* y otra G que indique si el extintor produce daños materiales (¡ojalá menores que el fuego mismo!). Llene la tabla con SI y NO según corresponda.
- f. ¿Cómo se apaga una persona envuelta en llamas?
- g. Asegúrese de que sabe:
 - Encontrar los extintores en los laboratorios
 - Identificarlos y saber qué puede apagar y qué no
 - Mostrar al profesor que sabe cómo operarlos.

Acciones

- a. Asegúrese de que existe una linterna a mano cerca de la salida del laboratorio, permanentemente y con las pilas cargadas. No la use para otros fines.
- b. Explique qué hacer en caso de quedarse encerrado en un incendio.
- c. Explique qué (y cómo) hacer en caso de huir en un incendio.

2 Propiedades de los gases

Conozca los siguientes conceptos (anótelos en su cuaderno):

1. Flujo turbulento.
2. Flujo viscoso.
3. Flujo molecular.
4. Vacío grueso.
5. Vacío fino.
6. Vacío alto.
7. Vacío ultraalto.
8. Composición del aire atmosférico (copie o pegue una tabla).
9. Copie o pegue una tabla con factores de conversión de presión en diferentes unidades.

Busque criterios numéricos simples para identificar los flujos y tipos de vacío (Catálogo Leybold, se encuentran varias copias en el laboratorio). Fotocopie o escanee el diagrama de la pág. 158 de O'Hanlon u otro similar y péguelo en su cuaderno. Hay además información en la WEB.

3 Aplicaciones

Indique brevemente por qué (motivos *físicos*) es necesario el vacío en las siguientes aplicaciones:

1. Física de altas energías.
2. Bajas temperaturas.
3. Evaporación de materiales (películas delgadas).
4. Física de superficies.
5. Averigüe al menos una aplicación industrial en que se necesite vacío.

4 Prevacío y bombas rotatorias

4.1 Conocimientos teóricos (Anote todo en su cuaderno).

Durante los primeros segundos de aspiración desde presión atmosférica el régimen puede ser turbulento, para pasar rápidamente a flujo laminar. La cantidad de gas aspirada por unidad de volumen es función de la capacidad de la bomba (expresada en m³/h) y la impedancia de las tuberías y conexiones.

Puesto que el gas es aproximadamente ideal y el proceso aproximadamente isotérmico, el número de moles es $n = PV/RT$ y la cantidad de gas que pasa a través de una sección por unidad de tiempo, medida en moles, es:

$$dn/dt = (1/RT)PdV/dt$$

Puesto que en general se opera a temperatura constante, en tecnología de vacío es común definir el *flujo* como

$$Q = PdV/dt$$

magnitud que también mide la cantidad de gas que atraviesa la sección por unidad de área. Por analogía con los circuitos eléctricos se relaciona el flujo a través de un sistema con la diferencia de presiones entre sus extremos definiendo la *conductancia* C por:

$$Q = C(P_2 - P_1)$$

con la salvedad que C puede depender de P.

i) Busque en un libro la expresión para la conductancia de una tubería de largo L y diámetro D en régimen viscoso. La solución es más elaborada que la que Ud. posiblemente vio en física del continuo, porque el fluido es compresible.

ii) Note que la conductancia anterior depende fuertemente del radio. Si éste se reduce a la mitad ¿cuánto debería acortarse el tubo para que tenga la misma conductancia?

iii) Si bien es posible calcular la impedancia de las tuberías, en este curso, así como en la mayoría de las aplicaciones, es suficiente observar algunas reglas de sentido común:

a) Las tuberías deben ser lo más cortas posibles.

b) Deben evitarse en lo posible los codos con ángulos cerrados: las curvas son mejores.

c) Deben evitarse las obstrucciones y reducciones.

d) Idealmente, la tubería no debe ser más angosta que la brida de aspiración de la bomba o la de salida del recipiente (sólo si es muy larga puede convenir aumentar el diámetro).

iv) Defina la "velocidad de bombeo" o "capacidad de aspiración" S y *explique qué es*.

v) Un recipiente de volumen V_0 se aspira con una bomba cuya capacidad de aspiración es S . Note que el producto $P V_0$ es una medida de la cantidad de gas contenida en el recipiente. Demuestre que, en ausencia de fugas, la presión disminuye exponencialmente con el tiempo según

$$t = [V_0/S] \ln[P_0/P(t)]$$

vi) Calcule t = tiempo para reducir la presión a un factor $1/1000$, suponiendo V_0 y S razonables

vii) Suponga ahora que el sistema tiene una *fuga*, representada por el ingreso a la cámara de un flujo constante Q_0

a) Encuentre $P=P(t)$

b) Demuestre que es sistema alcanza a lo más una presión límite P_0 y calcúlela.

c) Aplicación numérica: dados el volumen (estímelo) de la campana que evacuará y la capacidad de aspiración S nominal de la bomba rotatoria. Determine qué presiones se obtendrían después de **1h, 2h, 10h**. ¿Le parecen realistas estos valores? Explique.

Para esta sección sirve la referencia: Berman, cap 10.

4.2 Conocimientos teórico-prácticos (Anote todo en su cuaderno)

1. Conozca el funcionamiento de una bomba rotatoria a paletas
2. Distinga entre una bomba de una y dos etapas. En particular indique qué ventajas presenta una sobre otra dependiendo de la aplicación
3. Indique en qué intervalo de presiones funciona cada una de ellas
4. ¿Qué propiedades debe tener el aceite lubricante?
5. ¿Qué tipo de sello y sistema de unión debe usarse para conectar una pieza con otra en este dominio de presiones? ¿Se puede usar un corcho o un tapón de goma para tapar una apertura? ¿Por qué?

4.3 Actividad práctica: se asignará por grupos

10 Bibliografía

1. Fotocopia disponible en el laboratorio
2. O`Hanlon: A Users Guide to vacuum technology. Hay un ejemplar en la biblioteca y uno en el laboratorio
3. Manual Leybold: en el laboratorio. No se puede retirar
4. Mutual Chilena de Seguridad <http://www.mutualseg.cl/>
5. Seguridad (curso del semestre 1999`2)
<http://tamarugo.cec.uchile.cl/~mpilleux/sd20a.html>
6. Tablas de conversión de unidades (estática) <http://www.mdc-vacuum.com>
7. Símbolos usados en vacío http://www.huntvac.com/tech_libr/tech_libr.html
8. Tablas varias http://www.huntvac.com/tech_libr/tech_libr.html
9. El cuerpo de bomberos: <http://www.bomberos.cl/>

10. Referencias específicas sobre el fuego: lecciones sobre fuego disponible en el laboratorio
11. <http://www.bomberos.cl>
12. Austin Chambers, Modern Vacuum Physics, Boca Raton : Chapman & Hall/CRC, c2005, ISBN 0849324386