

**PROBLEMAS DE**

**LAS OLIMPIADAS**

**INTERNACIONALES**

**DE FÍSICA**

**José Luis Hernández Pérez**

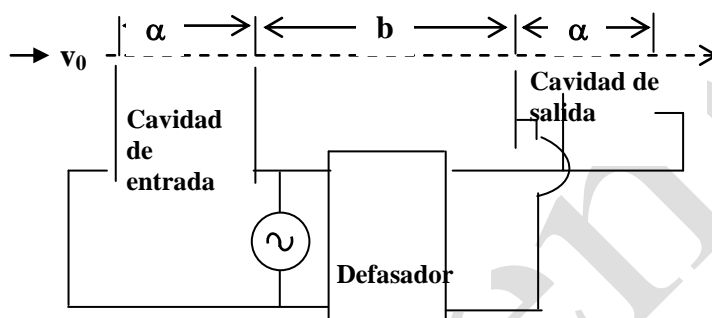
**Agustín Lozano Pradillo**

Madrid 2008

## XXXII OLIMPIADA INTERNACIONAL DE FÍSICA. TURQUÍA. 2001

## 1a) Klystron

Los klystrons son dispositivos para amplificar señales de muy altas frecuencias. Un klystron básicamente consiste en dos pares idénticos de platos paralelos (cavidades) separados entre sí por una distancia  $b$ , tal como se indica en la figura inferior



Un haz de electrones con una velocidad  $v_0$  atraviesa todo el sistema pasando a través de agujeros practicados en los platos. El voltaje de alta frecuencia que se quiere amplificar se aplica en ambos pares de platos con una cierta diferencia de fase (donde el periodo  $T$  corresponde a una diferencia de fase  $2\pi$ ) entre ellos, produciendo campos eléctricos horizontales alternos en las cavidades. Los electrones que penetran en la cavidad de entrada, cuando el campo está dirigido hacia la derecha sufren un retardo en su velocidad y un aumento de velocidad si el campo está dirigido hacia la izquierda, de esta manera los electrones forman agrupaciones a una cierta distancia. Si la cavidad de salida está colocada en el punto de agrupamiento, el campo eléctrico de dicha cavidad absorbe potencia del haz manteniendo la fase correctamente elegida.

$V_0 = 2,0 \cdot 10^6$  m/s,  $T = 1,0 \cdot 10^{-9}$  s, cambio del voltaje  $V = \pm 0,5$  V y la relación carga masa del electrón  $e/m = 1,76 \cdot 10^{11}$  C/kg.

La distancia  $\alpha$  es tan pequeña que el tiempo de transito de los electrones se considera despreciable. Calcular

a) La distancia  $b$  donde los electrones se agrupan b) La diferencia de fase necesaria proporcionada por el defasador

### 1b) Distancia intermolecular

Se designa con  $d_L$  y  $d_V$  las distancias promedios entre las moléculas de agua en la fase líquida y vapor respectivamente. Se supone que ambas fases están a  $100^\circ\text{C}$  y a una presión de una atmósfera y que el vapor se comporta como un gas ideal. Utilizando los datos que se dan a continuación calcular la relación  $d_V/d_L$

Densidad del agua en la fase líquida  $\rho = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$

Masa molar del agua  $M = 1,8 \cdot 10^{-2} \text{ kg/mol}$

Presión atmosférica  $p = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

Constante de los gases  $R = 8,3 \text{ J/(mol K)}$

Número de Avogadro  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ moléculas / mol}$

### 1c) Generador simple de una onda en forma de diente de sierra

Un voltaje  $V_0$  en forma de diente de sierra se puede obtener mediante el condensador  $C$  de la figura 1.

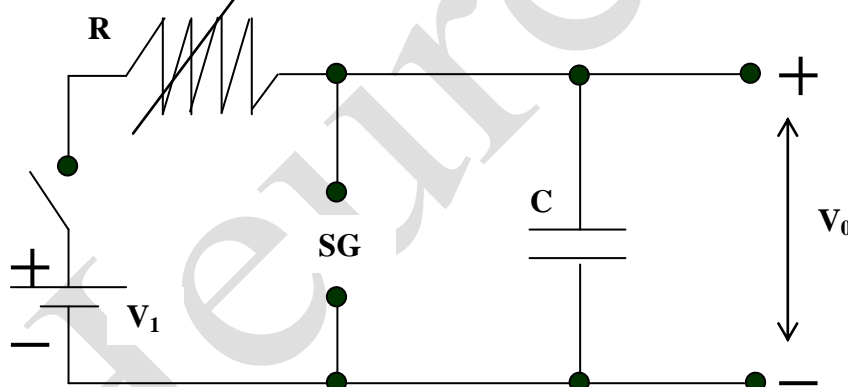


Fig. 1

$R$  es una resistencia variable,  $V_1$  es una batería ideal, y  $SG$  son dos electrodos cuya distancia se puede variar, de modo que cuando el voltaje a través de ellos alcance un cierto valor  $V_f$  se produce una chispa entre ellos y como consecuencia el voltaje a través de ellos llega a ser prácticamente nulo.

- Dibuje la forma del voltaje  $V_0$  frente al tiempo después que se cierra el interruptor
- ¿Cuál es la condición para que el voltaje de diente de sierra sea prácticamente lineal?
- Si la condición anterior se produce, derive una expresión simple para el periodo  $T$  de la onda
- ¿Qué debe variar  $R$ ,  $SG$  o ambos para cambiar solamente el periodo  $T$ ?

e) ¿Qué debe variar  $R$ ,  $SG$  o ambos para cambiar solamente la amplitud?

f) Si usted recibe una fuente de corriente continua adicional de voltaje ajustable, dibuje el circuito indicando los terminales entre los cuales se obtenga un voltaje  $V'_0$  de la forma que indica la figura 2

g)

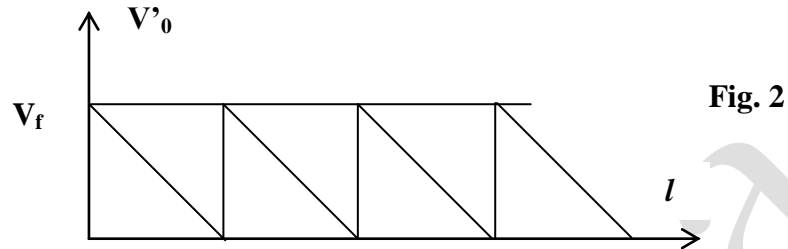


Fig. 2

f).- Si usted recibe una fuente de corriente continua adicional de voltaje ajustable, dibuje el circuito indicando los terminales entre los cuales se obtenga un voltaje  $V'_0$  de la forma que indica la figura 2

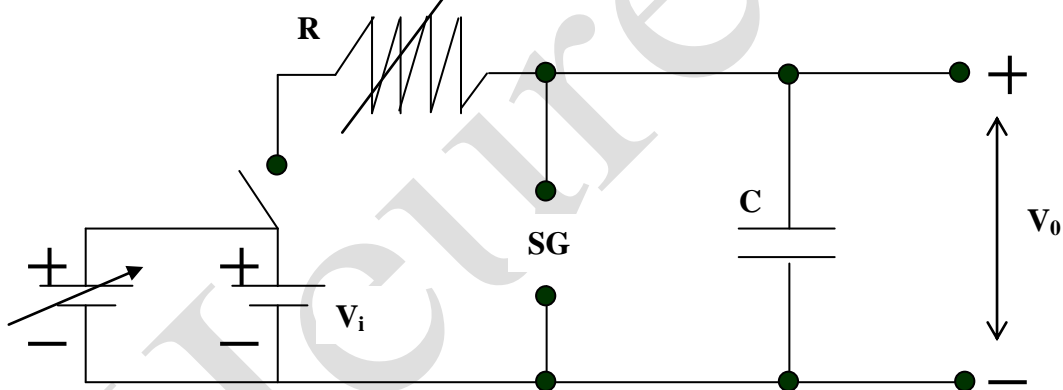


Fig. 1'

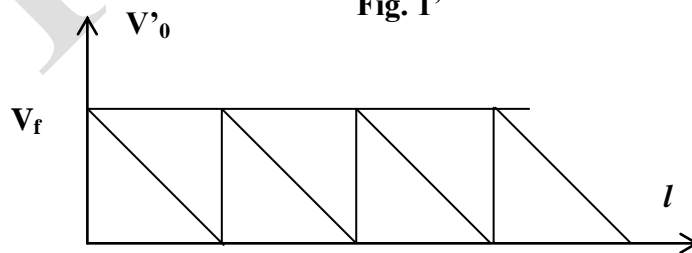
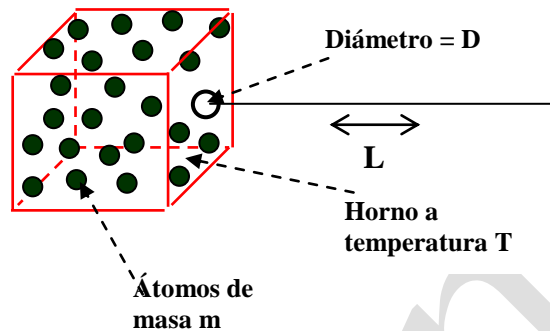


Fig. 2'

**1d) Haz atómico**

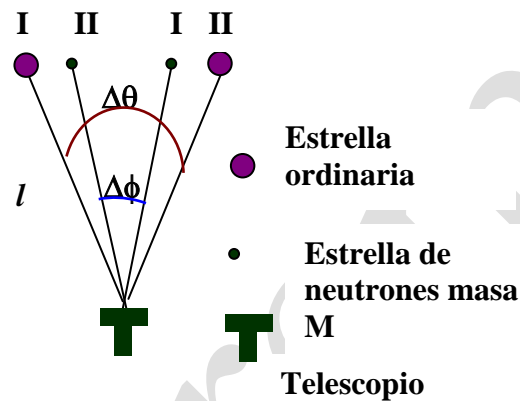
*Un haz atómico se obtiene calentando un grupo de átomos a una temperatura  $T$  y permitiéndoles luego emerger horizontalmente por un agujero de dimensiones atómicas  $D$  practicado en una pared lateral del horno. Estimar el diámetro del haz después que haya viajado una longitud horizontal  $L$ . La masa de cada átomo es  $M$ .*



## 2.- SISTEMA BINARIO DE ESTRELLAS

a) Es bien conocido que la mayoría de las estrellas forman sistemas binarios. Uno de los tipos de sistemas binarios consiste en una estrella

ordinaria cuya masa es  $m_o$  y radio  $R$  y una estrella de neutrones de mayor masa  $M$ , ambas estrellas rotan alrededor una de otra. En el problema se desprecia el movimiento de rotación terrestre. A partir de la observación de dichas estrellas se obtiene la siguiente información:



El máximo desplazamiento angular de la estrella ordinaria es  $\Delta\theta$  y la de la estrella de neutrones  $\Delta\phi$

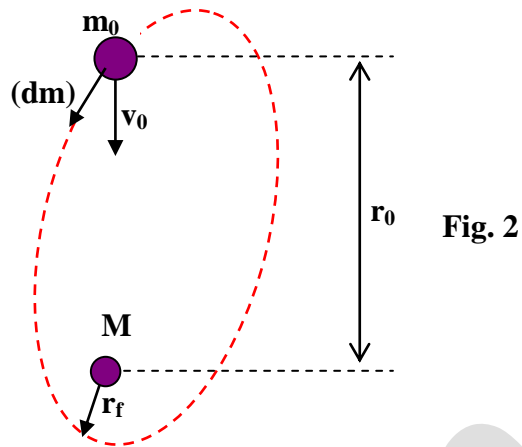
El tiempo correspondiente a estos máximos desplazamientos es  $\tau$ .

La radiación característica de la estrella ordinaria nos indica que la temperatura de su superficie es  $T$  y la energía radiada incidente sobre la unidad de superficie terrestre en la unidad de tiempo es  $P$ .

La línea del calcio de esta radiación difiere respecto de la longitud de onda normal  $\lambda_o$  en una cantidad  $\Delta\lambda$ , debido solamente al campo gravitacional de la estrella ordinaria. Para el cálculo puede considerarse al fotón con una masa efectiva  $hc/\lambda$

Encontrar una expresión para la distancia  $l$  desde la tierra al sistema binario en términos de las cantidades observadas y de constantes universales.

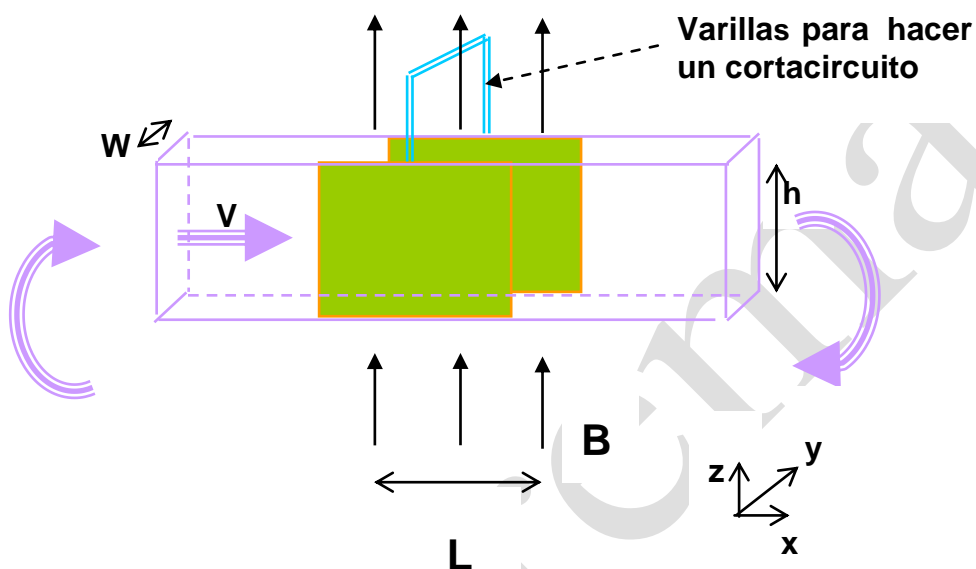
b) Suponer que  $M \gg m_0$  de modo que la estrella ordinaria básicamente rota alrededor de la estrella de neutrones en una órbita circular de radio  $r_0$



Suponer que la estrella ordinaria emite gas hacia la estrella de neutrones con una velocidad  $v_0$  relativa a la estrella ordinaria. Admitiendo que el campo gravitacional de la estrella ordinaria es dominante y despreciando el cambio orbital en la estrella ordinaria encontrar la máxima aproximación  $r_f$  del gas a la estrella de neutrones.

### 3.- GENERADOR MAGNETOHIDRODINÁMICO (MHD)

Un conducto de forma horizontal hecho de plástico tiene por dimensiones ancho  $w$  y alto  $h$ , el cual se cierra sobre si mismo, esta lleno con mercurio cuya resistividad eléctrica es. Mediante una turbina se produce un sobrepresión  $P$ , lo que determina que el fluido se desplace con una velocidad  $v_0$ .



*\*El movimiento del fluido es muy complicado y con el fin de simplificarlo se hacen las siguientes suposiciones:*

*\*Aunque el fluido es viscoso su velocidad es constante en toda la sección del conducto*

*\*La velocidad del fluido es directamente proporcional a la fuerza externa neta que actúe sobre él*

*\*El fluido es incompresible*

*Las dos paredes opuestas verticales de longitud  $L$  y altura  $h$  están hechas de cobre y cortocircuitadas externamente, existe un campo magnético uniforme  $B$  de dirección vertical hacia arriba que ocupa el espacio de estas láminas de cobre.*

- Determinar la fuerza que actúa sobre el fluido debido al campo magnético, expresada en función de  $L$ ,  $B$ ,  $h$ ,  $w$ ,  $\rho$  y la nueva velocidad  $v$*
- Deducir una expresión para la nueva velocidad  $v$  del fluido en función de  $v_0$ ,  $P$ ,  $L$ ,  $B$  y  $\rho$  después de que se aplique el campo magnético*



- c) *Calcular la potencia adicional que debe suministrar la turbina para aumentar la velocidad al valor original  $v_0$ .*
- d) *Ahora el campo magnético se desconecta y el mercurio se reemplaza por agua que fluye a la velocidad  $v_0$ . Una onda electromagnética de una única frecuencia se envía a lo largo de la sección  $L$  en la dirección del flujo. El índice de refracción del agua es  $n$  y  $v_0 \ll c$ . Encuentre una expresión para la contribución del movimiento del fluido a la diferencia de fase entre las ondas que entran y que abandonan la sección  $L$ .*

Heureka