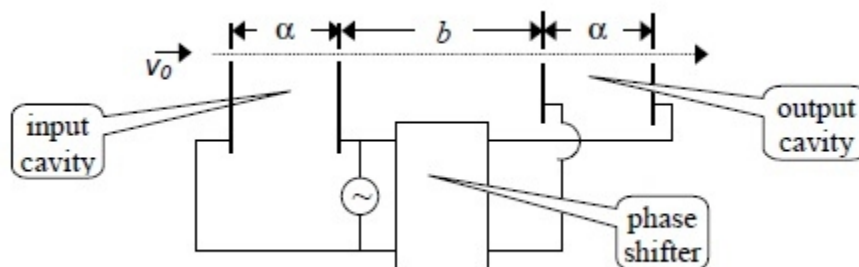


**32 OLIMPIADA INTERNACIONAL DE FÍSICA**  
**ANTALYA, TURKEY, 2001**

**Problema 1. 1A) KLYSTRON**

Klystrons son dispositivos utilizados para amplificar señales de alta frecuencia. Un klystron básicamente consiste de dos pares idénticas de placas paralelas (cavidades) separados por una distancia  $b$ , como se muestra en la figura.



Un rayo de electrones con una velocidad inicial  $v_0$  atraviesa todo el sistema, que pasa a través de pequeños orificios en las placas. El voltaje de alta frecuencia para ser amplificada se aplica a ambos pares de placas con una diferencia de fase determinado (donde periodo  $T$  corresponde a la fase  $2\pi$ ) entre ellas, produciendo horizontal, los campos eléctricos alternos en las cavidades. Los electrones que entran en la cavidad de entrada cuando el campo eléctrico está a la derecha son retardados y viceversa, de modo que los electrones emergentes forman racimos a una cierta distancia. Si la cavidad de salida se coloca en el punto de agrupamiento, el campo eléctrico en esta cavidad va a absorber energía del rayo, siempre que su fase es apropiadamente elegido. Deje la señal de voltaje ser una onda cuadrada con periodo  $T = 1.0 \times 10^{-9}$  s, cambiando entre  $V = \pm 0.5$  voltios. La velocidad inicial de los electrones es  $v_0 = 2.0 \times 10^6$  m/s, y la carga para la razón de masa es  $e/m = 1.76 \times 10^{11}$  C/kg. La distancia  $\alpha$  es tan pequeño que el tiempo de tránsito en las cavidades se pueden despreciar. Mantener 4 cifras significativas, calcular;

- La distancia  $b$ , donde los electrones se agrupan. **[1.5 puntos]**
- La diferencia de fase necesaria para ser proporcionada por el desplazador de fase. **[1.0 puntos]**

**1B) DISTANCIA INTERMOLECULAR**

$d_L$  y  $d_V$  representan las distancias promedio entre las moléculas de agua en la fase líquida y en la fase de vapor, respectivamente. Supongamos que ambas fases son a  $100^\circ\text{C}$  y presión atmosférica, y el vapor se comporta como un gas ideal. Utilizando los datos siguientes, calcular la razón  $d_V/d_L$ . **[2.5 puntos]**

- Densidad del agua en la fase líquida:  $\rho_L = 1.0 \times 10^3$  kg/m<sup>3</sup>,
- Masa molar del agua:  $M = 1.8 \times 10^{-2}$  kg/mol
- Presión atmosférica:  $P_a = 1.0 \times 10^5$  N/m<sup>2</sup>
- Constante del gas:  $R = 8.3$  J/mol K
- Número de avagadro:  $N_A = 6.0 \times 10^{23}$ /mol

**1C) GENERADOR DE SEÑAL SIMPLE DIENTE DE SIERRA**

- Dibujar el voltaje forma de onda  $V_0$  vs el tiempo  $t$ , después de que el circuito esté cerrado. **[0.5 puntos]**
- ¿Qué condición debe cumplirse con el fin de tener una forma casi lineal variando el voltaje en la forma de onda diente de sierra  $V_0$ ? **[0.2 puntos]**
- Siempre que se cumple esta condición, calcular una expresión simplificada para el período  $T$  de la forma de onda. **[0.4 puntos]**

Un voltaje de forma de onda en diente de sierra  $V_0$  puede obtenerse a través del condensador  $C$  en la figura 1.  $R$  es una resistencia variable,  $V_i$  es una batería ideal, y  $SG$  es una brecha que consta de dos electrodos con una distancia ajustable entre ellos. Cuando el voltaje a través de los electrodos supera el voltaje de disparo  $V_f$ , el aire entre los electrodos se rompe, por lo tanto, la brecha se convierte en un cortocircuito y permanece así hasta que el voltaje a través de la brecha se hace muy pequeña.

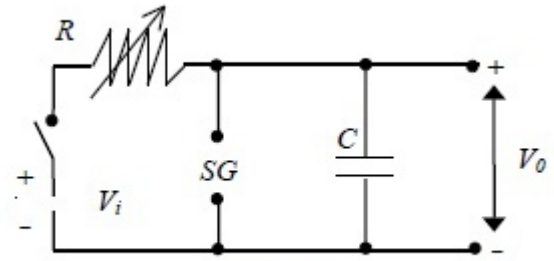


Figure 1

- d) ¿Qué debe variar( $R$  y/o  $SG$ ) para cambiar el único período? [0.2 puntos]  
 e) ¿Qué debe variar( $R$  y/o  $SG$ ) para cambiar la única amplitud? [0.2 puntos]

- f) Se le da un voltaje continuo adicional, y ajustable DC. Diseñar y elaborar un nuevo circuito que indica los terminales en la que obtendría el voltaje de forma de onda  $V'_0$  descrito en la figura 2. [1.0 puntos]

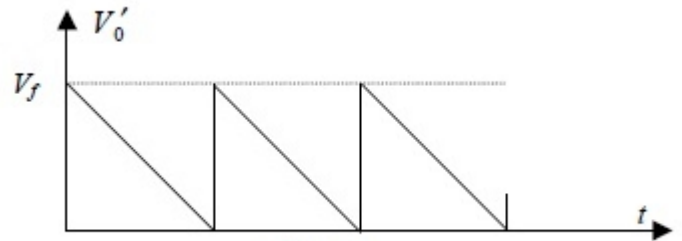
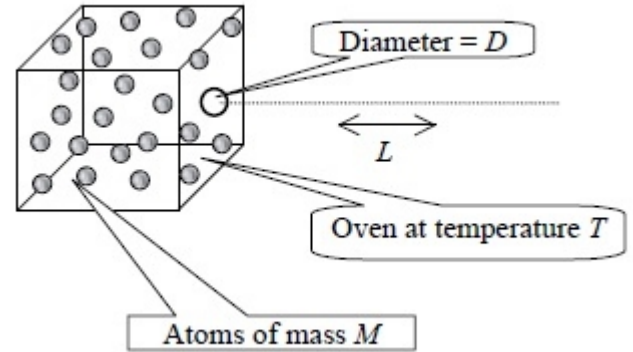


Figure 2

## 1D) RAYO ATÓMICO

Un rayo atómico se prepara calentando una colección de átomos a una temperatura  $T$  y permitiéndose emerger horizontalmente a través un pequeño agujero (de dimensiones atómicas) de diámetro  $D$  en un lado del horno. Estimar el diámetro del rayo después de que ha viajado una longitud horizontal  $L$  a lo largo de su trayectoria. La masa de un átomo es  $M$ . [2.5 puntos]



**Problema 2** (Sistema Binario de Estrellas). a) Es bien sabido que la mayoría de las estrellas forman sistemas binarios. Un tipo de sistema binario consiste en una estrella ordinaria con masa  $m_0$  y radio  $R$ , y una más grande, estrella de neutrones compacta con masa  $M$ , girando alrededor de la otra. En todo lo siguiente ignorar el movimiento de la tierra. Observaciones de tal sistema binario revela la siguiente información:

1. El desplazamiento angular máximo de la estrella ordinaria es  $\Delta\theta$ , mientras que el de la estrella de neutron es  $\Delta\phi$  (ver Fig. 1).
2. El tiempo que toma para ese desplazamiento máximo es  $\tau$ .
3. Las características de radiación de la estrella ordinaria indican que su temperatura superficial es  $T$  y la energía radiactiva incidente en una unidad de área en la superficie de la tierra por unidad de tiempo es  $P$ .
4. La línea de calcio en esta radiación se diferencia de su longitud de onda normal  $\lambda_0$ , por una cantidad  $\Delta\lambda$ , debido sólo a el campo gravitacional de la estrella ordinaria. (Para este cálculo, el fotón puede ser considerado que tiene una masa efectiva de  $h/c\lambda$ .)

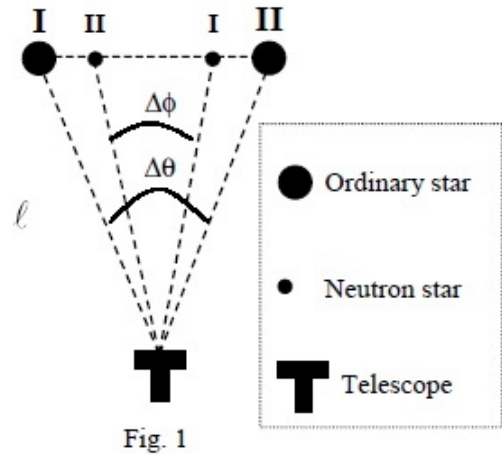


Fig. 1

Encontrar una expresión para la distancia  $\ell$  de la tierra al este sistema, sólo en términos de las cantidades observadas y las constantes universales. [7 puntos]

**Problema 3** (Generador Magnetohidrodinámico(MHD)). Un tubo horizontal de plástico rectangular de anchura  $w$  y altura  $h$ , que se cierra sobre sí mismo, se llena con mercurio de resistividad  $\rho$ . Una sobrepresión  $P$  es producida por una turbina que acciona este fluido con una velocidad constante  $v_0$ . Las dos paredes verticales opuestas de una sección del tubo con longitud  $L$  están hechos de cobre.

- b) Asumir que  $M \gg m_0$ , por lo que la estrella ordinaria está básicamente girando alrededor de la estrella de neutrones en un órbita circular de radio  $r_0$ . Supongamos que la estrella ordinaria comienza a emitir gas hacia la estrella de neutrones con una velocidad  $v_0$ , relativa a la estrella ordinaria (ver Fig. 2). Suponiendo que la estrella de neutrones es el fuerza gravitacional dominante en este problema y omitir los cambios en la órbita de la estrella ordinaria, encontrar la distancia de máxima aproximación  $r_f$  como se muestra en la Fig. 2. **[3 puntos]**

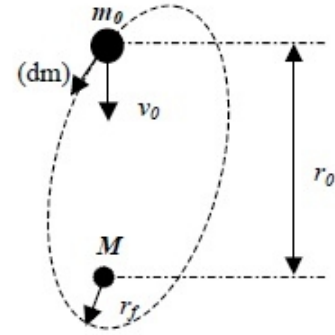
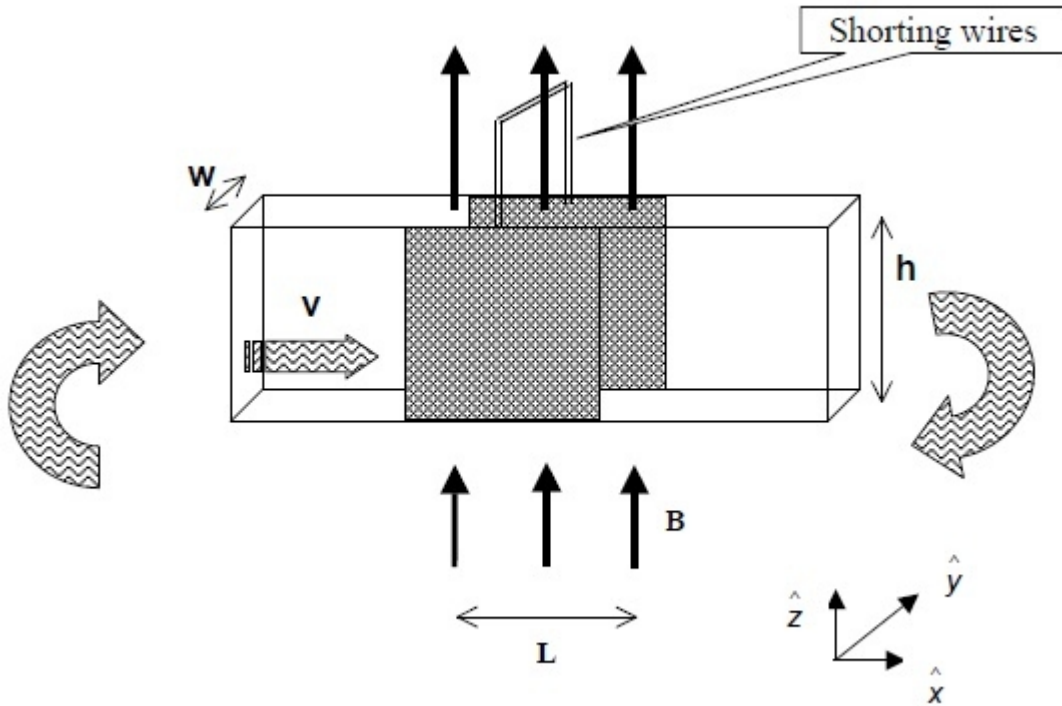


Fig. 2



El movimiento real de un fluido es muy complejo. Para simplificar la situación se supone lo siguiente:

1. Aunque el fluido es viscoso, su velocidad es uniforme sobre toda la sección transversal.
2. La velocidad del fluido es siempre proporcional a la fuerza externa neta que actúa sobre ella.
3. El fluido es incompresible.

Estas paredes son eléctricamente cortados externamente y un uniforme, campo magnético  $B$  se aplica verticalmente ascendente sólo en esta sección. La configuración se ilustra en la figura anterior, con los vectores unitarios  $\hat{x}$ ,  $\hat{y}$ ,  $\hat{z}$  serán usados en la solución.

- a) Encontrar la fuerza que actúa en el fluido debido al campo magnético(en términos de  $L$ ,  $B$ ,  $h$ ,  $w$ ,  $\rho$ , y la nueva velocidad  $v$ )[**2 puntos]**
- b) Calcular una expresión para la nueva velocidad  $v$  del fluido(en términos de  $v_0$ ,  $P$ ,  $L$ ,  $B$ , y  $\rho$ ) después de que el campo magnético es aplicado.[**3 puntos]**
- c) Calcular una expresión para la fuerza adicional que debe ser suministrada por la turbina para aumentar la velocidad a su valor original  $v_0$ . [**2 puntos]**

- d) Ahora el campo magnético se apaga y el mercurio se sustituye por el agua fluyendo a una velocidad  $v_0$ . Una onda electromagnética con una frecuencia única se envía a lo largo de la sección de longitud  $L$  en la dirección del flujo. El índice de refracción del agua es  $n$ , y  $v_0 \ll c$ . Calcular una expresión para la contribución del movimiento del fluido a la diferencia de fase entre las ondas que entran y salen de la sección  $L$ . **[3 puntos]**