## Prueba Teórica - Nivel 1

**Problema 1**
**Calor Humano**

De acuerdo a la *Guía Alimentaria 2017* de la Organización Mundial de la Salud, un ser humano adulto debería consumir 2000 Kcal al día. De una forma u otra, toda esa energía termina convertida en calor y transmitida al medio circundante.

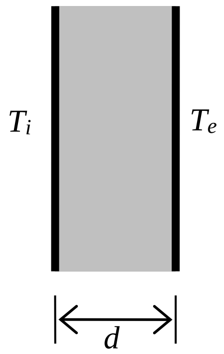
Suponiendo que un ser humano adulto consume esa cantidad de calorías por día,

a) calcule la potencia térmica (en W) entregada, al medio circundante, por ese ser humano adulto.

Según los manuales de la construcción, el flujo de calor $q$ por unidad de área (en W/m$^2$), a través de un muro de espesor $d$, se expresa como

$$q = (T_i - T_e)\ \lambda / d,$$

donde $T_i$ es la temperatura interior, $T_e$ es la temperatura exterior y $\lambda$ es el coeficiente de conductividad térmica del material.
Un flujo positivo se interpreta como calor que sale a través del muro, y uno negativo como calor que entra.




Suponga que el aula de una escuela rural es un paralelepípedo de 3 m de altura, 5 m de ancho y 8 m de largo, que los muros son de ladrillo ($\lambda$ = 0,56 W m$^{-1}$ ºC$^{-1}$) de 30 cm de espesor, que el flujo de calor a través del piso y el techo puede despreciarse, y que el flujo de calor a través de puertas y ventanas es el mismo que si fueran parte de los muros. Suponga también que en el aula hay 20 alumnos (equivalentes cada uno a un adulto) y una maestra, y que cada uno consume la cantidad de calorías recomendada por la *Guía Alimentaria*. Si la temperatura exterior es constante, después de un tiempo relativamente breve, la temperatura en el interior del aula alcanzará un *estado estacionario*, es decir que ya no cambiará con el tiempo.

b) Calcule la temperatura dentro del aula una vez alcanzado el *estado estacionario*, considerando los casos en que la temperatura exterior es de 0 ºC, 10 ºC, 20 ºC, 30 ºC y 40 ºC.

En un día con temperatura exterior de 0 ºC, y bajo las mismas condiciones del punto (b), se desea mantener el interior del aula a una temperatura de 20 ºC.

c) Calcule la potencia térmica (en W) que debe entregar un calefactor para mantener dicha temperatura interior.

En un día con temperatura exterior de 40 ºC, y bajo las mismas condiciones del punto (b), se desea mantener el interior del aula a una temperatura de 20 ºC.

d) Calcule la potencia térmica (en W) que debe entregar un acondicionador de aire para mantener dicha temperatura interior.

Ahora suponga que la energía obtenida del metabolismo de los alimentos procede de la reacción

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + E \qquad (1)$$

Esta reacción indica que por cada mol de glucosa ($C_6H_{12}O_6$) se necesitan 6 moles de Oxígeno molecular ($O_2$), que se toman del aire, y que durante esta reacción se liberan 263Kcal de energía (*E*).

e) Calcule cuántos moles de oxígeno del aire consume un ser humano cada día.

Sabiendo que un mol de aire está compuesto por 0,78 moles de Nitrógeno molecular, 0,21 moles de $O_2$ y 0,01 moles de Argón y suponiendo al aire como un gas ideal diatómico,

f) calcule el caudal de aire en l/h (a presión de 1 atm) que debe ingresar al aula del punto (b) para satisfacer esta demanda de $O_2$.

g) Si el aire del punto (f) ingresa por un conducto cilíndrico de 100 mm de diámetro, calcule la velocidad (en cm/s) del flujo de aire en el conducto.

## Problema 2

**Nota: Tomar a la aceleración de la gravedad como g = 9,8 m s$^{-2}$.**

### 1ra. Parte

Robert Millikan y Hervey Fletcher realizaron, en 1909, uno de los experimentos más relevantes de la física del siglo XX. Estos investigadores lograron, con sus mediciones, determinar la carga eléctrica de un electrón; para ello, midieron la velocidad de gotas de aceite, cargadas eléctricamente, en presencia y ausencia de un campo eléctrico uniforme.
En sus experimentos, colocaban gotas de aceite dentro de una cámara formada por dos placas metálicas paralelas y horizontales, separadas una distancia *d=10 mm*. Esas placas, estaban conectadas a una fuente de voltaje como se esquematiza en la figura 1. Para generar las gotas de aceite cargadas eléctricamente, los investigadores utilizaban un rociador.

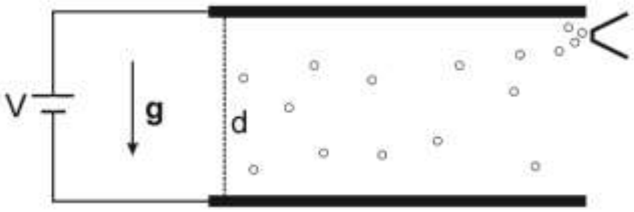



Figura 1. Esquema del dispositivo de Millikan y Fletcher.

Si suponemos a las gotas como esferas que están cargadas negativamente, es posible determinar la carga de un electrón midiendo la carga eléctrica de dichas gotas.

Dado que las gotas son muy pequeñas, es necesario tener en cuenta el efecto del aire sobre las mismas. Es decir, las gotas se mueven en un fluido (aire) que ejerce, además del empuje, una fuerza de fricción debido a la viscosidad del aire, esta fuerza tiene un sentido opuesto al movimiento de la gota y su módulo es proporcional a su velocidad.

Para un cuerpo esférico, la fuerza de fricción está dada por,

$$\boldsymbol{F_D} = -6\,\pi\, r\, \eta\, \boldsymbol{v}$$

donde $\eta$ es la viscosidad del fluido y *r* es el radio de la gota.
Para el aire, $\eta = 1{,}8\times10^{-5}\ Pa\ s^{-1}$.

Como la fuerza de fricción se opone al movimiento, se llega a una situación donde la aceleración de la gota es cero y alcanza (la gota) una velocidad constante llamada *velocidad terminal*.
En la situación que estamos planteando, se asume que los movimientos horizontales son despreciables, es decir: la gota realiza solo un movimiento vertical.

Para el caso en que el voltaje aplicado a las placas es cero, se observa que una gota cae con velocidad terminal $v_1=0{,}095\ cm\ s^{-1}$.

a) Realice un diagrama de cuerpo aislado de la gota de aceite.

b) Sabiendo que el aceite tiene una densidad $\rho=0{,}92\ g\ cm^{-3}$ y que la densidad del aire es $\rho_a=0{,}0013\ g\ cm^{-3}$, determine el radio *r* de la gota de aceite.

Si se aplica un voltaje de 5000 V a las placas, y se observa que, la misma gota del punto anterior, se mueve hacia arriba con una velocidad terminal $v_2=0{,}010\ cm\ s^{-1}$.

c) Determine el campo eléctrico generado entre las placas.

d) Realice un diagrama de cuerpo aislado de la gota de aceite para este caso.

e) Determine la carga *q* de la gota de aceite.

**2da Parte**
Anteriormente a las investigaciones de Millikan y Fletcher, Thompson realizó, en 1897, un experimento donde pudo determinar la relación entre la carga (*e*) y la masa del electrón ($m_e$), denominada carga específica ($\varepsilon$). Para ello, midió la desviación que sufren los electrones mientras se mueven en un campo magnético.

En la actualidad, para determinar la carga específica del electrón, se utiliza el *Tubo de Rayo Electrónico Filiforme*. En este dispositivo, los electrones son generados por emisión termoiónica y acelerados por un potencial eléctrico U, ingresando, luego, a una región donde existe un campo magnético uniforme generado mediante un sistema de bobinas de Helmholtz. Un esquema del dispositivo puede observarse en la figura 2.

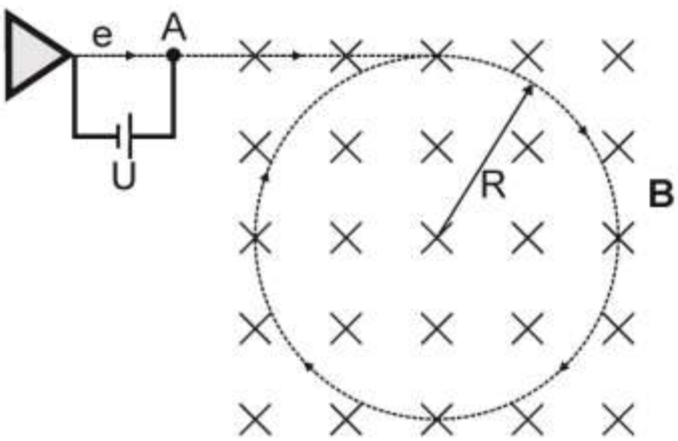



Figura 2. Esquema del *Tubo de Rayo Electrónico Filiforme*.

f) Escriba una expresión para la velocidad de los electrones en el punto A, de la figura 2, en términos de la carga específica del electrón $\varepsilon$ y del potencial U.

El campo magnético *B* generado por un par de bobinas de Helmholtz es proporcional a la corriente *I* que circula por la mismas, es decir $B = k\ I$. Utilizando mediciones de la magnitud del campo magnético, generado por las bobinas de Helmholtz, y de la corriente que circula por ellas, se realizó el gráfico de la figura 3.

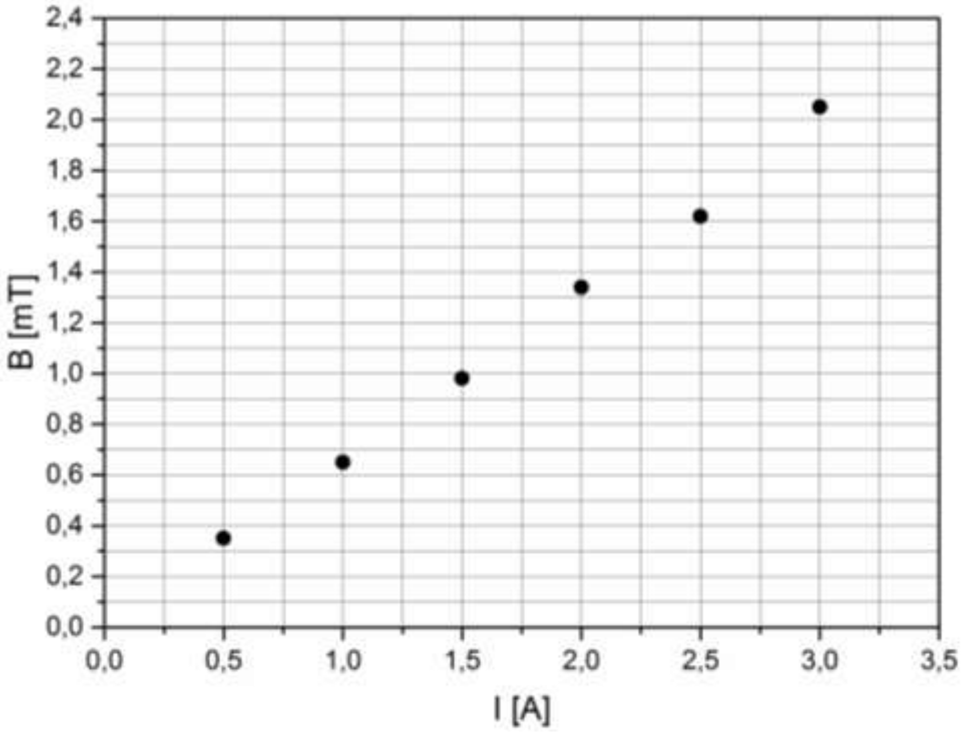



Figura 3. Magnitud del campo magnético en función de la corriente que circula por las bobinas de Helmholtz.

g) A partir del gráfico de la figura 3, determine la constante de proporcionalidad *k*.

**Problema 3**
**<u>Oposición Planetaria</u>**

**El 21 de agosto pasad**o ocurrió un fenómeno astronómico que se dió a conocer en la prensa como el “Eclipse del Siglo”. Algunos periódicos hasta informaron que el peso de las personas sobre la Tierra iba a ser afectado. Esta noticia nos hizo pensar… ¿y si hacemos un problema de Astronomía e interacción gravitatoria?

En Astronomía, se denomina **Oposición** al fenómeno en el cual dos astros se encuentran, en relación a la Tierra, en dos puntos del cielo diametralmente opuestos. La figura 1 muestra a Marte en **Oposición** al Sol.

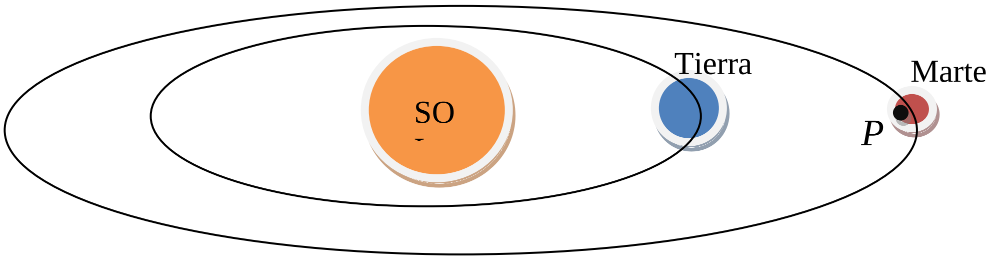



Figura 1: Marte en **Oposición** al Sol

A lo largo de este problema, haremos uso de las leyes de Kepler y de la ley de interacción gravitatoria de Newton. Las *Leyes de Kepler* son

***Primera ley***
*Todos los planetas se desplazan alrededor del Sol describiendo órbitas* elípticas*.* *El Sol se encuentra en uno de los focos de la elipse.*

***Segunda ley***
*El* radio vector *que une un planeta y el Sol barre áreas iguales en tiempos iguales.*

***Tercera Ley***
*Se cumple que para todos los planetas, la razón entre el periodo de revolución al cuadrado y el semieje mayor de la elipse al cubo se mantiene constante. Esto es:*

$$\frac{T^2}{a^3} = C$$

*Donde T es el* periodo orbital *(tiempo que tarda en dar una vuelta alrededor del Sol),* $a$ *es la distancia media del* planeta *con el* Sol *y* $C$ *la constante de proporcionalidad.*

**Nota:** en nuestro problema, consideraremos que las órbitas son circulares y los focos de la elipse coninciden en el centro del circulo. Ademas las orbitas de los panetas considerados están ubicadas en un mismo plano.

**Resuelva los siguientes puntos**:

a) Si la última vez que Marte estuvo en Oposicion al sol, ocurrió el 22 de mayo de 2016, ¿Cuándo ocurrirá la próxima Oposicion al sol?

b) ¿Cuál es el radio de la órbita del planeta Marte?

c) ¿Cuál es su peso en la superficie de Marte de un astronauta que en la Tierra pesa 700 N?
(no tenga en cuenta efectos debidos a la rotación del los planetas sobre sus propios ejes).

Suponga que, estando Marte en Oposición al sol, el astronauta se encuentra en el punto *P* de la Figura 1.

d) ¿Cuál es el cambio que experimenta en su peso debido a la máxima proximidad de la Tierra respecto de Marte?

**Datos útiles para el problema**

Masa de Marte: $6{,}39 \times 10^{23}$ kg
Periodo orbital de Marte: 687 días
Periodo orbital de la Tierra: 365 días
Masa de la Tierra: $5{,}972 \times 10^{24}$ kg
Masa del Sol: $1{,}989 \times 10^{30}$ kg
Radio de la Tierra: 6371 km
Radio de Marte: 3390 km
Velocidad de la luz: 300000 km $s^{-1}$
Constante universal de la gravitación: $G = 6{,}674\ x\ 10^{-11}\ \frac{Nm^2}{kg^2}$

## Prueba Experimental - Nivel 1

### <u>Interferencia por una Doble Rendija</u>

**Objetivo General**
Verificar experimentalmente la naturaleza ondulatoria de la luz mediante la observación del *patrón de interferencia* generado por una doble rendija.

**Introducción**
En 1801 Thomas Young realizó un experimento de óptica, cuyo resultado sólo puede explicarse considerando que la luz se comporta como una onda, en contraposición de la teoría tradicional que sostenía que la luz estaba formada por una corriente de finas partículas.
Para realizar el experimento, Young utilizó una fuente de luz monocromática, esto es de un sólo y determinado color. A la luz proveniente de esta fuente la hizo incidir sobre una lámina no transparente que tenía una rendija delgada, único lugar por el que podía pasar la luz. Luego de pasar por esta rendija, la luz incidió sobre otra lámina no transparente que tenía dos rendijas delgadas y muy próximas entre sí, como se muestra en la Figura 1. Grande fue la sorpresa de Young cuando observó que la luz captada sobre una pantalla, esto es la luz que "emanaba" de las dos rendijas, producía un patrón de franjas brillantes y oscuras.

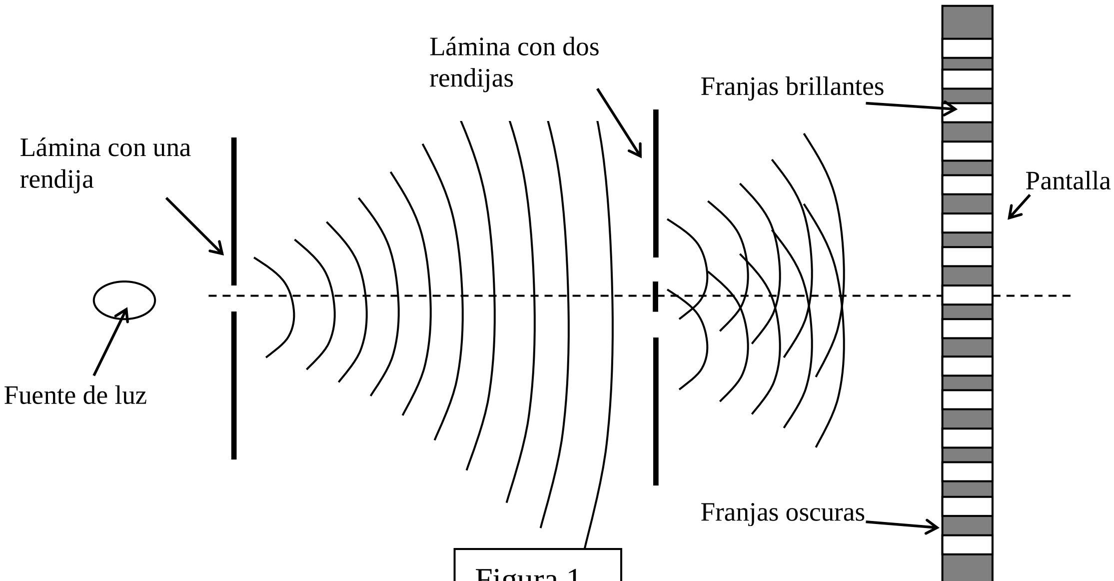


Figura 1

**Interpretación**
Para poder interpretar estos resultados, Young tuvo que suponer un comportamiento ondulatorio de la luz:

- La luz se comporta como una onda, cuya *longitud de onda* asociada está relacionada con el color de la luz que se observa. Esto es, el color rojo tiene una *longitud de onda* diferente a la del amarillo o a la del verde.
- La luz emerge de las rendijas como *ondas cilíndricas*, esto es que tiene frentes de onda cilíndricos (Figura 1).
- Los frentes de onda que inciden sobre la lámina con la *doble rendija* emergen con la misma *fase*, es decir: las ondas son *coherentes*.
- Las diferencias de *fase* entre dos ondas está relacionada con la diferencia entre las distancias que han recorrido.
- Las ondas que "parten" de cada rendija de la segunda lámina (*doble rendija*) recorren diferentes distancias hasta alcanzar los puntos sobre la pantalla, por lo que arriban a cada punto con diferentes *fases*.

- Al superponerse, es decir: al sumarse ondas con diferentes *fases* se produce un *patrón de interferencia* (patrón de franjas brillantes y oscuras).

**Análisis**

En la Figura 2 se muestra esquemáticamente la disposición geométrica del experimento y la diferencia $\Delta$ entre las distancias que recorren los frentes de onda hasta alcanzar un punto de una pantalla muy lejana.

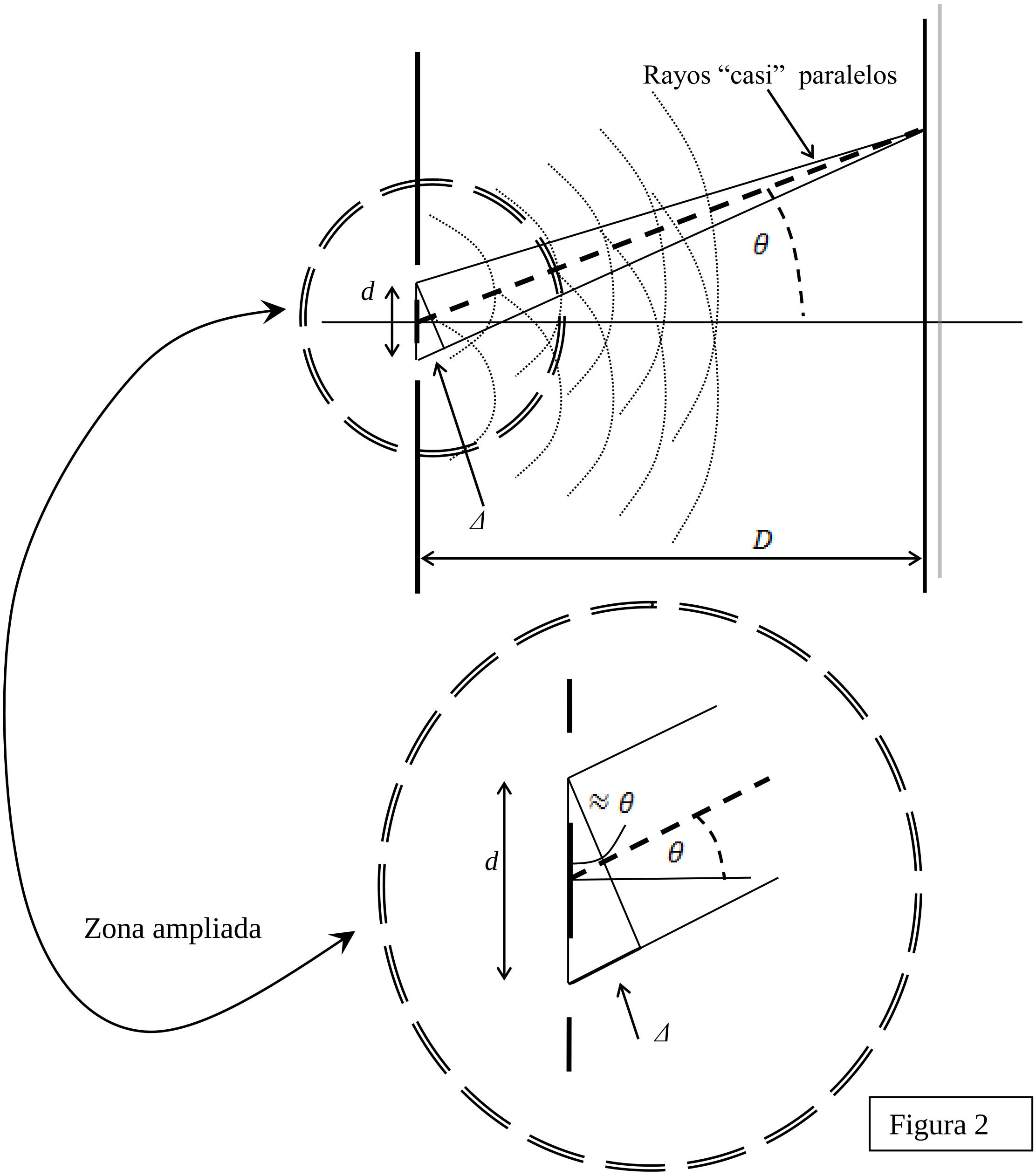



Figura 2

La condición de muy lejana es necesaria para tratar los rayos que alcanzan la pantalla como *rayos casi paralelos* y facilitar los cálculos matemáticos. Así, se puede considerar que la diferencia de "camino recorrido" $\Delta$ entre los rayos que emergen de una rendija y los que emergen de la otra rendija es:

$$\Delta = d \sin \theta$$

Donde $d$ es la distancia de separación entre las rendijas y θ es el ángulo que posiciona al punto considerado sobre la pantalla.

Para no tener que poner una pantalla lejana, se suele usar una lente "delgada", mediante la cual se consigue que los rayos paralelos converjan en el foco de la misma, en donde se ubica la pantalla. O realizar este experimento usando nuestro ojo, sistema “cornea-cristalino”, como lente y nuestra retina como pantalla. Si ponemos la doble rendija muy próxima a nuestro ojo, podemos esquematizar la situación como se muestra en la Figura 3.

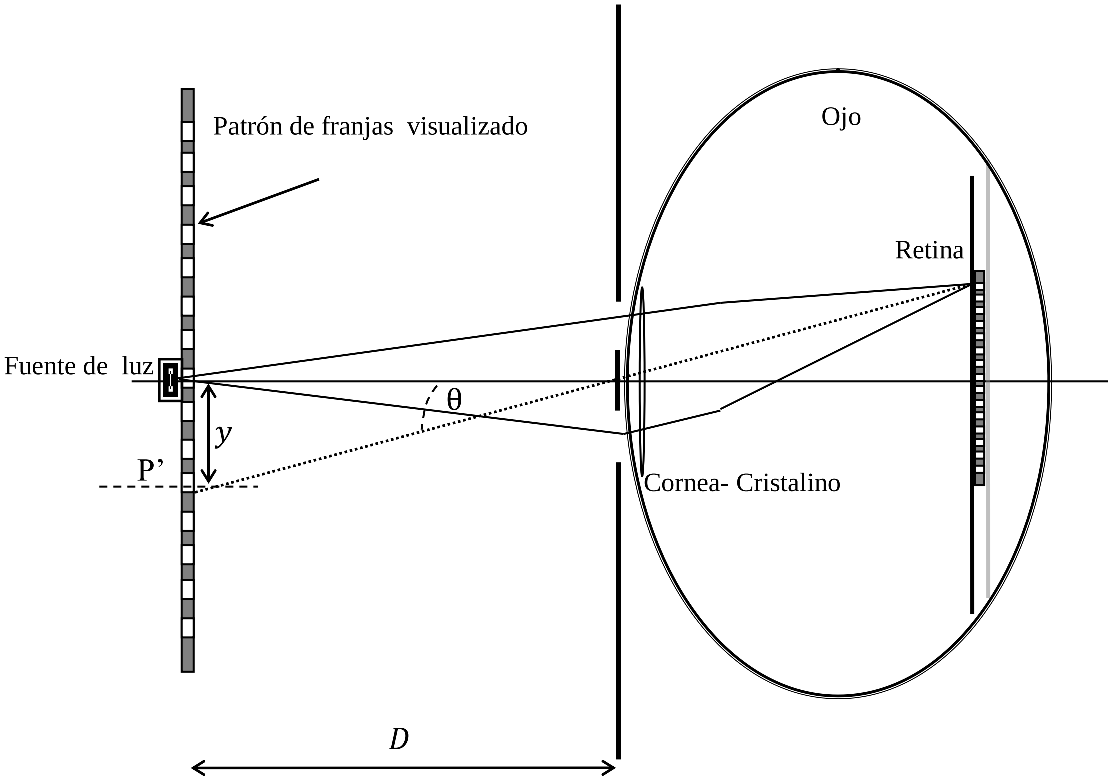



Figura 3

Como se indica en la figura 3 se percibirá a los rayos que alcanzan nuestra retina, como provenientes de franjas brillantes ubicadas en el mismo plano en donde se encuentra la fuente de luz. Por ejemplo, parecerán “provenir” del punto *P’* ubicado a una distancia y del eje horizontal y sobre el plano en donde se ubica la fuente de luz y con una inclinación θ.

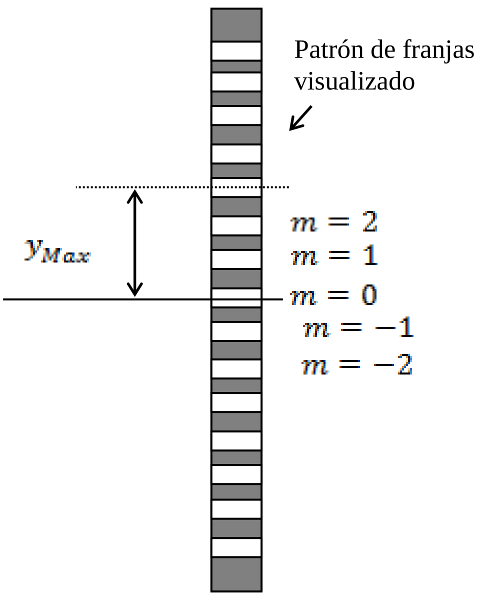
Si el ángulo θ es pequeño (menor a 15º) se puede considerar:

$$\Delta \cong d\, tg\,\theta \cong d\,\frac{y}{D}$$

En este caso, considerando la diferencia de camino “recorrido” por los rayos originados en cada rendija y considerando θ pequeños, la posición de las regiones brillantes (*máximos de interferencia*) estará dada por:

$$y_m = m\,\lambda\,\frac{D}{d}$$

donde $\lambda$ es la longitud de onda de la luz que incide sobre la doble rendija y $m$ es el número de orden de máximo considerado. **Esto es: $m = 0$ (central y coincidente con la fuente de luz), $m = \pm 1$ (primeras franjas: a derecha y a izquierda de la central), $m = \pm 2$ (segundas franjas) y así sucesivamente.**



***Nota:*** En el análisis realizado no se ha considerado el fenómeno de difracción, el cual hace que la intensidad de las regiones brillantes no sean las mismas y que se desvanezcan a medida que se incrementa el orden del máximo considerado.

## Propuesta Experimental

### Elementos disponibles

- ✓ Diapositivas con *dobles rendijas*. Se ha escrito la separación entre las primeras *doble rendijas* $d_1$ y el ancho de las rendijas $a_1$ y, también la separación entre las segundas *doble rendijas* $d_2$ y el ancho de las rendijas $a_2$. En la diapositiva INCOGNITA no se consignan datos.

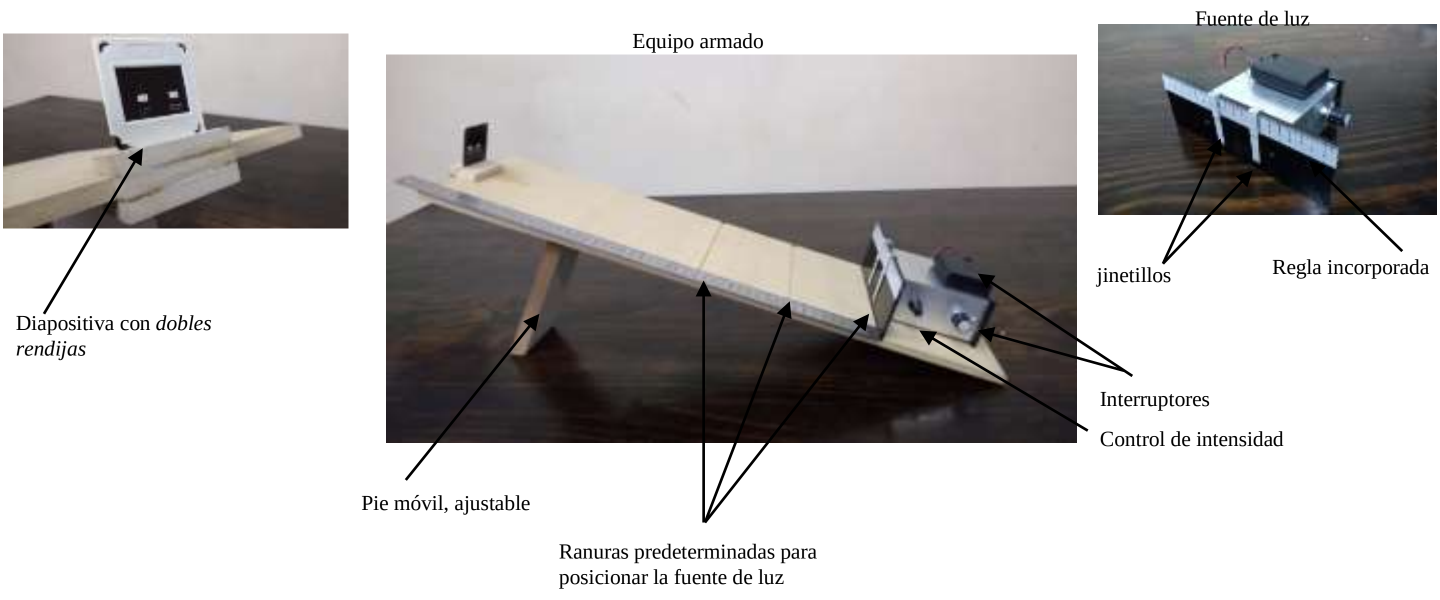
- ✓ Dispositivo a pilas, con tres fuentes de luz (roja, verde y azul) con sistema para controlar la intensidad de luz, encendido y apagado. Con regla incorporada. **Notas:** la luz de color verde NO será utilizada en esta práctica; si tenés problemas para reconocer los colores: llamá al bedel.

- ✓ Dos “jinetillos” para ser ubicados sobre la regla incorporada en la fuente de luz.

- ✓ Tabla con pie y ranuras para ubicar el dispositivo de luz.

- ✓ Porta diapositivas adaptado a la Tabla provista.

***Nota:* cuando no esté realizando mediciones apague la fuente de luz (ponga el interruptor en “off”).**




### Objetivo experimental:

Realizar las mediciones necesarias para determinar la longitud de onda de una fuente de luz a partir del fenómeno de interferencia, utilizando el dispositivo provisto y teniendo en cuenta la configuración descripta en la Figura 3.

### Desarrollo de las mediciones:

1) Arme el dispositivo en la mesa de trabajo.

2) Mida las distancias ($D_i$), previstas en el equipo, entre la diapositiva (*doble rendija*) y la fuente de luz (*una rendija*).

Encienda la luz **ROJA** y observe el *patrón de interferencia* producido por la *doble rendija*. Debido al fenómeno de difracción, la intensidad de las franjas de luz decrece a partir del máximo central ($m = 0$) a medida que el orden ($m$) crece, alcanzando un valor próximo a cero en $m_{\max}$.

Utilizando la *doble rendija* 1 ($d_1 = 0{,}13$ mm) y la *doble rendija* 2 ( $d_2 = 0{,}065$ mm)

3) Identifique el valor de $m$ máximo ($m_{\max}$) y mida la distancia entre las franjas correspondientes a $-m_{\max}$ y $m_{\max}$ ($\Delta y_{\max}$).

4) Determine la distancia que separa los máximos $-m$ y $m$ ( $\Delta y_m = y_m - y_{-m}$) al menos para 3 valores de $m$ (incluida la distancia correspondiente a $m_{\max}$) para cada una de las posiciones $D_i$ la fuente de luz.

Presente los resultados en una tabla (TABLA 1) y agregue el valor de $x$ definido por:

$$x = m \frac{D_i}{d_i}$$

Modelo de TABLA sugerido.

| $d_i$ | $D_i$ | $m$ | $\Delta y_m$ | $x$ |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

***Nota:*** confeccione la TABLA con las filas que considere necesarias. Recuerde consignar las *incertezas* correspondientes.

5) A partir de los datos recopilados en la TABLA 1, confeccione un gráfico (GRAFICO 1) $\Delta y_m$ en función de $x$.

6) Ajuste los puntos del GRAFICO 1 mediante una recta y determine la pendiente de la misma.

7) A partir del valor de la pendiente, determine la longitud de onda $\lambda$ correspondiente al color ROJO ( $\lambda_R$).

Determine la separación entre las rendijas de la diapositiva denominada INCÓGNITA ($d_{IR}$)

## Prueba Teórica - Nivel 2

### Problema 1
### <u>Calor Humano</u>

De acuerdo a la *Guía Alimentaria 2017* de la Organización Mundial de la Salud, un ser humano adulto debería consumir 2000 Kcal al día. De una forma u otra, toda esa energía termina convertida en calor y transmitida al medio circundante.

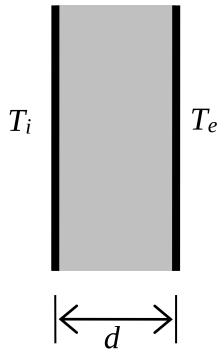
Suponiendo que un ser humano adulto consume esa cantidad de calorías por día,

a) calcule la potencia térmica (en W) entregada, al medio circundante, por ese ser humano adulto.

Según los manuales de la construcción, el flujo de calor $q$ por unidad de área (en $W/m^2$), a través de un muro de espesor $d$, se expresa como

$$q = (T_i - T_e)\ \lambda/d,$$

donde $T_i$ es la temperatura interior, $T_e$ es la temperatura exterior y $\lambda$ es el coeficiente de conductividad térmica del material.
Un flujo positivo se interpreta como calor que sale a través del muro, y uno negativo como calor que entra.




Suponga que el aula de una escuela rural es un paralelepípedo de 3 m de altura, 5 m de ancho y 8 m de largo, que los muros son de ladrillo ($\lambda$ = 0,56 W $m^{-1}$ $ºC^{-1}$) de 30 cm de espesor, que el flujo de calor a través del piso y el techo puede despreciarse, y que el flujo de calor a través de puertas y ventanas es el mismo que si fueran parte de los muros. Suponga también que en el aula hay 20 alumnos (equivalentes cada uno a un adulto) y una maestra, y que cada uno consume la cantidad de calorías recomendada por la *Guía Alimentaria*. Si la temperatura exterior es constante, después de un tiempo relativamente breve, la temperatura en el interior del aula alcanzará un *estado estacionario*, es decir que ya no cambiará con el tiempo.

b) Calcule la temperatura dentro del aula una vez alcanzado el *estado estacionario*, considerando los casos en que la temperatura exterior es de 0 ºC, 10 ºC, 20 ºC, 30 ºC y 40 ºC.

En un día con temperatura exterior de 0 ºC, y bajo las mismas condiciones del punto (b), se desea mantener el interior del aula a una temperatura de 20 ºC.

c) Calcule la potencia térmica (en W) que debe entregar un calefactor para mantener dicha temperatura interior.

En un día con temperatura exterior de 40 ºC, y bajo las mismas condiciones del punto (b), se desea mantener el interior del aula a una temperatura de 20 ºC.

d) Calcule la potencia térmica (en W) que debe entregar un acondicionador de aire para mantener dicha temperatura interior.

Ahora suponga que la energía obtenida del metabolismo de los alimentos procede de la reacción

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + E \qquad (1)$$

Esta reacción indica que por cada mol de glucosa ($C_6H_{12}O_6$) se necesitan 6 moles de Oxígeno molecular ($O_2$), que se toman del aire, y que durante esta reacción se liberan 263Kcal de energía ($E$).

e) Calcule cuántos moles de oxígeno del aire consume un ser humano cada día.

Sabiendo que un mol de aire está compuesto por 0,78 moles de Nitrógeno molecular, 0,21 moles de $O_2$ y 0,01 moles de Argón y suponiendo al aire como un gas ideal diatómico,

f) calcule el caudal de aire en l/h (a presión de 1 atm) que debe ingresar al aula del punto (b) para satisfacer esta demanda de $O_2$.

g) Si el aire del punto (f) ingresa por un conducto cilíndrico de 100 mm de diámetro, calcule la velocidad (en cm/s) del flujo de aire en el conducto.

h) Si el aire del punto (f) ingresa a la temperatura del exterior, calcule cuánto debe incrementarse la potencia térmica del calefactor del punto (c), y cuánto debe incrementarse la del acondicionador de aire del punto (d), para mantener la temperatura deseada.

Suponga que el calefactor del punto (c) es de tiro balanceado, y quema gas natural (metano) con oxígeno del aire exterior en la reacción

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O + E \qquad (2)$$

Esta reacción indica que por cada mol de metano ($CH_4$) se necesitan dos moles de Oxígeno molecular ($O_2$) y se liberan 210 Kcal de energía (*E*).
Suponga que el gas natural es un gas ideal y es suministrado a una presión de 1,02 atm a la temperatura del exterior.

i) Calcule cuántos metros cúbicos de gas natural por hora consume este calefactor para satisfacer los requerimientos del punto (h).

Suponga ahora que el calefactor del punto (c) es eléctrico y está alimentado por una central termoeléctrica, que quema metano como se describe en la reacción (2). En este caso, el 35% del calor liberado en la reacción se convierte en energía eléctrica que es transmitida sin pérdidas al calefactor; el cual la convierte en calor por efecto Joule. Suponga que este calefactor eléctrico no pierde calor al exterior.

j) Calcule cuántos metros cúbicos de gas natural por hora consume la central para que el calefactor eléctrico pueda satisfacer los requerimientos del punto (h).

k) Calcule la intensidad (en A) de la corriente eléctrica suministrada al calefactor eléctrico, a una tensión (r.m.s.) de 220 V.

**Problema 2**

**Nota: Tomar a la aceleración de la gravedad como g = 9,8 m s$^{-2}$.**

**1ra. Parte**
Robert Millikan y Hervey Fletcher realizaron, en 1909, uno de los experimentos más relevantes de la física del siglo XX. Estos investigadores lograron, con sus mediciones, determinar la carga eléctrica de un electrón; para ello, midieron la velocidad de gotas de aceite, cargadas eléctricamente, en presencia y ausencia de un campo eléctrico uniforme.
En sus experimentos, colocaban gotas de aceite dentro de una cámara formada por dos placas metálicas paralelas y horizontales, separadas una distancia *d=10 mm*. Esas placas, estaban conectadas a una fuente de voltaje como se esquematiza en la figura 1. Para generar las gotas de aceite cargadas eléctricamente, los investigadores utilizaban un rociador.

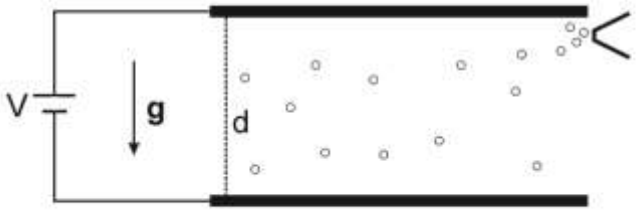



Figura 1. Esquema del dispositivo de Millikan y Fletcher.

Si suponemos a las gotas como esferas que están cargadas negativamente, es posible determinar la carga de un electrón midiendo la carga eléctrica de dichas gotas.

Dado que las gotas son muy pequeñas, es necesario tener en cuenta el efecto del aire sobre las mismas. Es decir, las gotas se mueven en un fluido (aire) que ejerce, además del empuje, una fuerza de fricción debido a la viscosidad del aire, esta fuerza tiene un sentido opuesto al movimiento de la gota y su módulo es proporcional a su velocidad.

Para un cuerpo esférico, la fuerza de fricción está dada por,

$$\boldsymbol{F_D} = -6\,\pi\, r\, \eta\, \boldsymbol{v}$$

donde $\eta$ es la viscosidad del fluido y $r$ es el radio de la gota.
Para el aire, $\eta = 1{,}8\times10^{-5}\ Pa\ s^{-1}$.

Como la fuerza de fricción se opone al movimiento, se llega a una situación donde la aceleración de la gota es cero y alcanza (la gota) una velocidad constante llamada *velocidad terminal*.
En la situación que estamos planteando, se asume que los movimientos horizontales son despreciables, es decir: la gota realiza solo un movimiento vertical.

Para el caso en que el voltaje aplicado a las placas es cero, se observa que una gota cae con velocidad terminal $v_1=0{,}095\ cm\ s^{-1}$.

a) Realice un diagrama de cuerpo aislado de la gota de aceite.

b) Sabiendo que el aceite tiene una densidad $\rho=0{,}92\ g\ cm^{-3}$ y que la densidad del aire es $\rho_a=0{,}0013\ g\ cm^{-3}$, determine el radio $r$ de la gota de aceite.

Si se aplica un voltaje de 5000 V a las placas, y se observa que, la misma gota del punto anterior, se mueve hacia arriba con una velocidad terminal $v_2=0{,}010\ cm\ s^{-1}$.

c) Determine el campo eléctrico generado entre las placas.

d) Realice un diagrama de cuerpo aislado de la gota de aceite para este caso.

e) Determine la carga $q$ de la gota de aceite.

**2da Parte**

Anteriormente a las investigaciones de Millikan y Fletcher, Thompson realizó, en 1897, un experimento donde pudo determinar la relación entre la carga ($e$) y la masa del electrón ($m_e$), denominada carga específica ($\varepsilon$). Para ello, midió la desviación que sufren los electrones mientras se mueven en un campo magnético.

En la actualidad, para determinar la carga específica del electrón, se utiliza el *Tubo de Rayo Electrónico Filiforme*. En este dispositivo, los electrones son generados por emisión termoiónica y acelerados por un potencial eléctrico U, ingresando, luego, a una región donde existe un campo magnético uniforme generado mediante un sistema de bobinas de Helmholtz. Un esquema del dispositivo puede observarse en la figura 2.

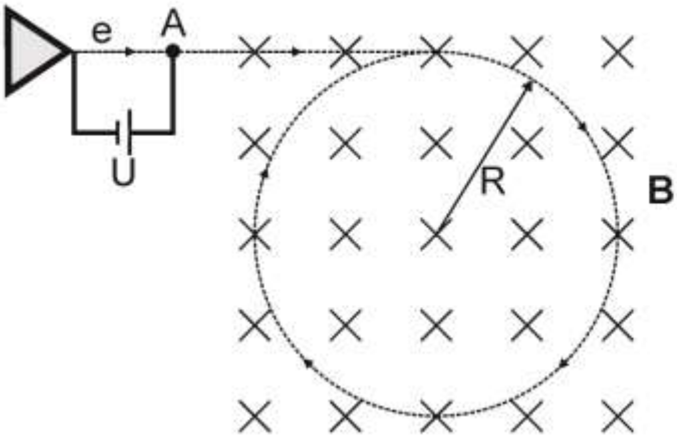



Figura 2. Esquema del *Tubo de Rayo Electrónico Filiforme*.

f) Escriba una expresión para la velocidad de los electrones en el punto A, de la figura 2, en términos de la carga específica del electrón $\varepsilon$ y del potencial U.

El campo magnético *B* generado por un par de bobinas de Helmholtz es proporcional a la corriente *I* que circula por la mismas, es decir $B = k\ I$. Utilizando mediciones de la magnitud del campo magnético, generado por las bobinas de Helmholtz, y de la corriente que circula por ellas, se realizó el gráfico de la figura 3.

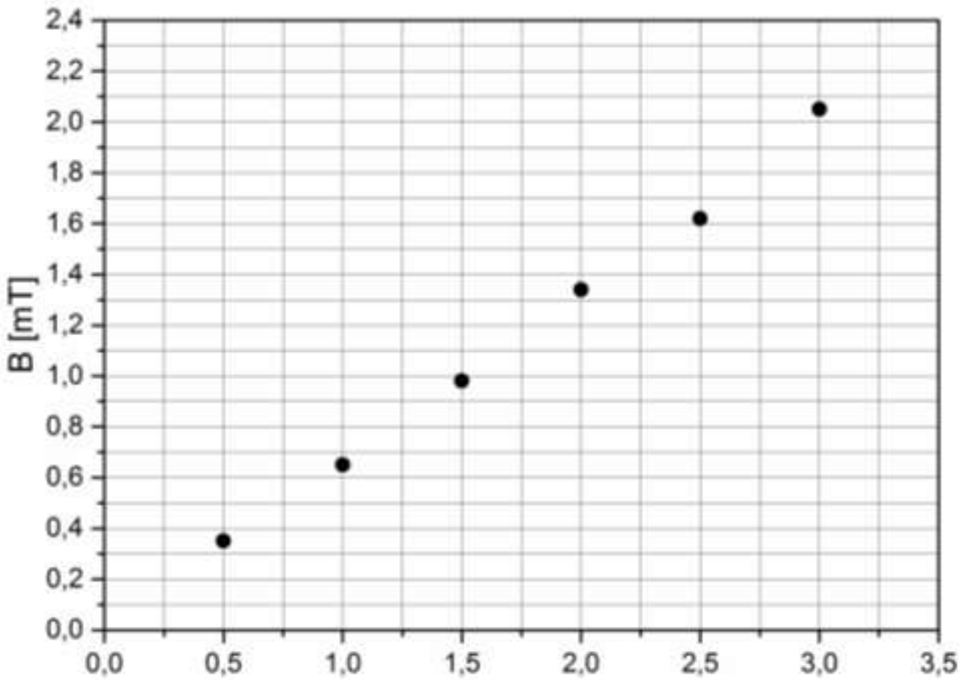



Figura 3. Magnitud del campo magnético en función de la corriente que circula por las bobinas de Helmholtz.

g) A partir del gráfico de la figura 3, determine la constante de proporcionalidad *k*.

En el campo magnético, se observa que los electrones realizan un movimiento circular uniforme de radio $R = 4\ cm$, como se esquematiza en la figura 2, cuando el potencial de aceleración es $U = 300\ V$ y la corriente que circula por las bobinas de Helmholtz es $I = 2{,}15\ A$.

h) Determine la carga específica de los electrones.

Replicando el experimento de Millikan y Fletcher (1ra. Parte) se obtuvieron los siguientes valores para la carga de tres gotas distintas,

| | | |
|---|---|---|
| $q_1 = -9{,}63 \times 10^{-19}$ C | $q_2 = -4{,}78 \times 10^{-19}$ C | $q_3 = -1{,}28 \times 10^{-18}$ C |

i) Sabiendo que las cargas medidas son múltiplos enteros de la carga del electrón, es decir que $q = n\,e$ donde $n$ es un número entero mayor que cero, determine el valor de la carga del electrón a partir de estos valores medidos.

j) Determine el valor de la masa de un electrón $m_e$.

## Problema 3
## Oposición Planetaria

**El 21 de agosto pasad**o ocurrió un fenómeno astronómico que se dió a conocer en la prensa como el "Eclipse del Siglo". Algunos periódicos hasta informaron que el peso de las personas sobre la Tierra iba a ser afectado. Esta noticia nos hizo pensar… ¿y si hacemos un problema de Astronomía e interacción gravitatoria?

En Astronomía, se denomina **Oposición** al fenómeno en el cual dos astros se encuentran, en relación a la Tierra, en dos puntos del cielo diametralmente opuestos. La figura 1 muestra a Marte en **Oposición** al Sol.

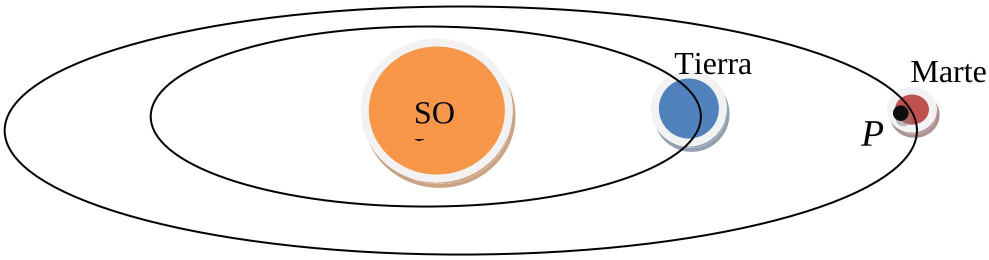



Figura 1: Marte en **Oposición** al Sol

A lo largo de este problema, haremos uso de las leyes de Kepler y de la ley de interacción gravitatoria de Newton. Las *Leyes de Kepler* son

***Primera ley***
*Todos los planetas se desplazan alrededor del Sol describiendo órbitas* elípticas. *El Sol se encuentra en uno de los focos de la elipse.*

***Segunda ley***
*El* radio vector *que une un planeta y el Sol barre áreas iguales en tiempos iguales.*

***Tercera Ley***
*Se cumple que para todos los planetas, la razón entre el periodo de revolución al cuadrado y el semieje mayor de la elipse al cubo se mantiene constante. Esto es:*

$$\frac{T^2}{a^3} = C$$

*Donde T es el* periodo orbital *(tiempo que tarda en dar una vuelta alrededor del Sol),* $a$ *es la distancia media del* planeta *con el* Sol *y* $C$ *la constante de proporcionalidad.*

**Nota:** en nuestro problema, consideraremos que las órbitas son circulares y los focos de la elipse coninciden en el centro del circulo. Ademas las orbitas de los panetas considerados están ubicadas en un mismo plano.

**Resuelva los siguientes puntos**:

a) Si la última vez que Marte estuvo en Oposicion al sol, ocurrió el 22 de mayo de 2016, ¿Cuándo ocurrirá la próxima Oposicion al sol?
b) ¿Cuál es el radio de la órbita del planeta Marte?
c) ¿Cuál es su peso en la superficie de Marte de un astronauta que en la Tierra pesa 700 N?
(no tenga en cuenta efectos debidos a la rotación del los planetas sobre sus propios ejes).

Suponga que, estando Marte en Oposición al sol, el astronauta se encuentra en el punto *P* de la Figura 1.

d) ¿Cuál es el cambio que experimenta en su peso debido a la máxima proximidad de la Tierra respecto de Marte?

Júpiter, el mayor planeta de nuestro sistema solar, es un planeta gaseoso. Su período de rotación, alrededor de su eje, es el menor entre todos los correspondientes a los planetas del sistema solar (es menor a 10 hs). Cabe aclarar que, por ser gaseoso, tiene distintas velocidades a distintas latitudes.

Por otro lado, el espectro de radiación proveniente de Jupiter, que llega a la Tierra, es prácticamente idéntico al del Sol; esto es, funciona como un "espejo rotante" para la luz solar. Cada trece meses Júpiter se encuentra en **Oposición** al Sol, lo que es una buena ocasión para realizar mediciones sobre él; en particular, para medir su velocidad de rotación.

Para realizar las mediciones de la velocidad de rotacion de Júpiter, se utiliza el *efecto Doppler*; es decir, la variación de la longitud de onda debido al movimiento de la fuente.

Si una fuente que emite en una longitud de onda $\lambda$ se desplaza a una velocidad $v$ la longitud de onda que percibirá un observador en reposo $\lambda'$ cumplirá con

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \pm\frac{v}{c} \qquad (1)$$

donde $\Delta\lambda = \lambda' - \lambda$ es el corrimiento de la longitud de onda, $c$ es la velocidad de la luz y $\lambda$ es la longitud de onda de la radiación medida en un laboratorio en reposo. El signo $(+)$ corresponde a la situacion en la que la fuente se aleja del observador y el signo $(-)$ corresponde a la situacion en la que la fuente se acerca al observador.

Suponga que desde una fuente F se emite luz de longitud de onda $\lambda$ que incide y se refleja sobre un espejo perfecto que se mueve con velocidad ***v*** (Figura 2).

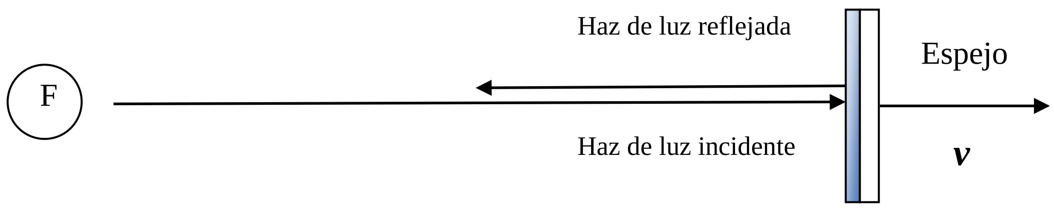



Figura 2: Radiación sobre un espejo en movimiento alejandose de la fuente.

Considerando que el movimiento del espejo es a lo largo de la dirección *x* y la incidencia del rayo es normal al mismo:

e) calcule la variación en la longitud de onda ($\Delta\lambda$) de la radiación, al reflejarse en el espejo en movimiento.

   Recuerde que, según el postulado de la relatividad, la velocidad de la luz es la misma para todo observador. Supondremos además que la velocidad del espejo es muy baja comparada con la velocidad de la luz.

En la figura 3 se muestra el espectro de radiación proveniente de Júpiter, tomado a la altura de su ecuador. Se observan dos líneas espectrales levemente inclinadas y bien marcadas, que corresponden a un doblete del Sodio (Na1 y Na2). También, se observan dos líneas perfectamente verticales, de origen terrestre, correspondientes al vapor de agua de nuestra atmósfera ($T_1$ y $T_2$).

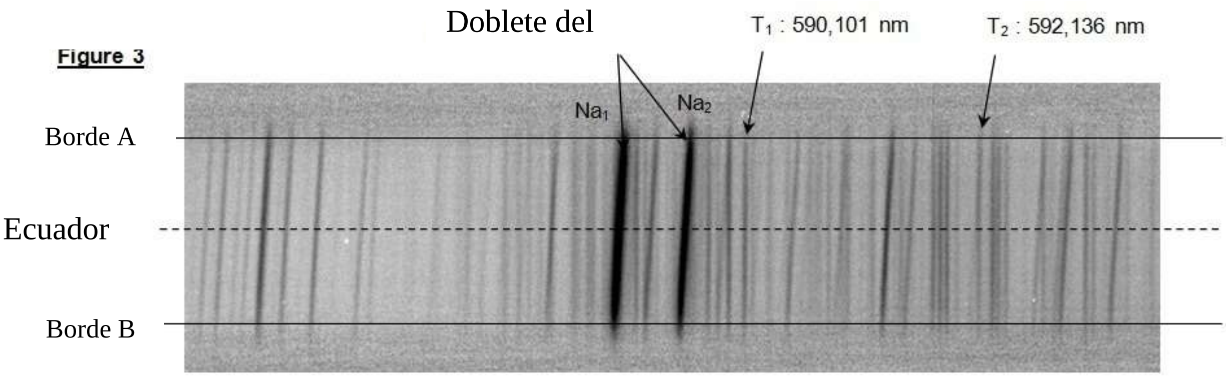



Figura 3: Espectro del planeta Júpiter tomado a la altura de su ecuador

La leve inclinación en las líneas Na1 y Na2 se debe a la rotación de Júpiter. La longitud de onda de la radiación proveniente del borde A, que se "aleja" de un observador terrestre, aumenta. Por otro lado, la radiación proveniente del borde B, que se "acerca" a un observador terrestre, disminuye. Ver figura 4.

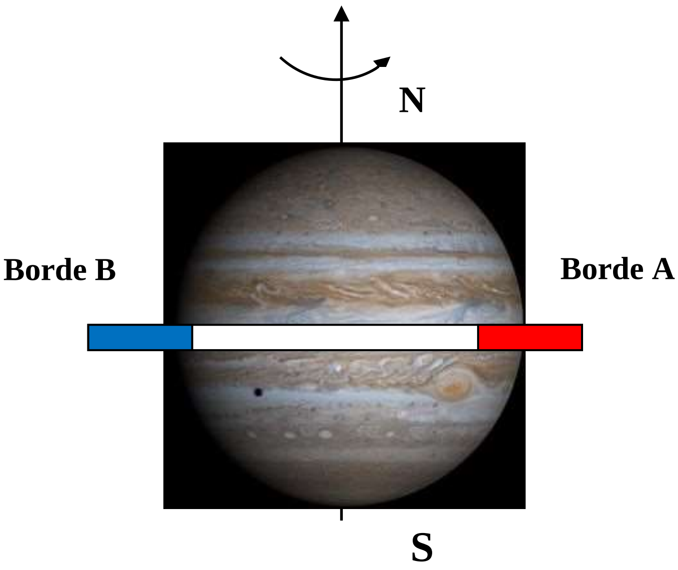



Figura 4: Representación esquemática de la rendija del espectrómetro apuntando al ecuador de Júpiter.

**Teniendo presente lo calculado en el punto anterior (e)** y que se ha determinado que las líneas del doblete de sodio tienen una longitud de onda $\lambda_{Na1}$ = 588.995 nm y $\lambda_{Na2}$ = 589.592 nm y que la diferencia de longitud de onda entre la radiación proveniente del borde A y la proveniente del borde B, para ambas líneas, es $8{,}96 \times 10^{-2}$ nm:

f) determine la velocidad de rotación de Júpiter.

Para resolver este punto también puede serle útil la expresión (1).

**Datos útiles para el problema**

Masa de Marte: $6{,}39 \times 10^{23}$ kg
Periodo orbital de Marte: 687 días
Periodo orbital de la Tierra: 365 días
Masa de la Tierra: $5{,}972 \times 10^{24}$ kg
Masa del Sol: $1{,}989 \times 10^{30}$ kg
Radio de la Tierra: 6371 km
Radio de Marte: 3390 km
Velocidad de la luz: 300000 km $s^{-1}$
Constante universal de la gravitación: $G = 6{,}674\ x\ 10^{-11}\ \frac{Nm^2}{kg^2}$

## Prueba Experimental - Nivel 2

**<u>Interferencia por una Doble Rendija</u>**

**Objetivo General**

Verificar experimentalmente la naturaleza ondulatoria de la luz mediante la observación del *patrón de interferencia* generado por una doble rendija.

**Introducción**

En 1801 Thomas Young realizó un experimento de óptica, cuyo resultado sólo puede explicarse considerando que la luz se comporta como una onda, en contraposición de la teoría tradicional que sostenía que la luz estaba formada por una corriente de finas partículas.

Para realizar el experimento, Young utilizó una fuente de luz monocromática, esto es de un sólo y determinado color. A la luz proveniente de esta fuente la hizo incidir sobre una lámina no transparente que tenía una rendija delgada, único lugar por el que podía pasar la luz. Luego de pasar por esta rendija, la luz incidió sobre otra lámina no transparente que tenía dos rendijas delgadas y muy próximas entre sí, como se muestra en la Figura 1. Grande fue la sorpresa de Young cuando observó que la luz captada sobre una pantalla, esto es la luz que "emanaba" de las dos rendijas, producía un patrón de franjas brillantes y oscuras.

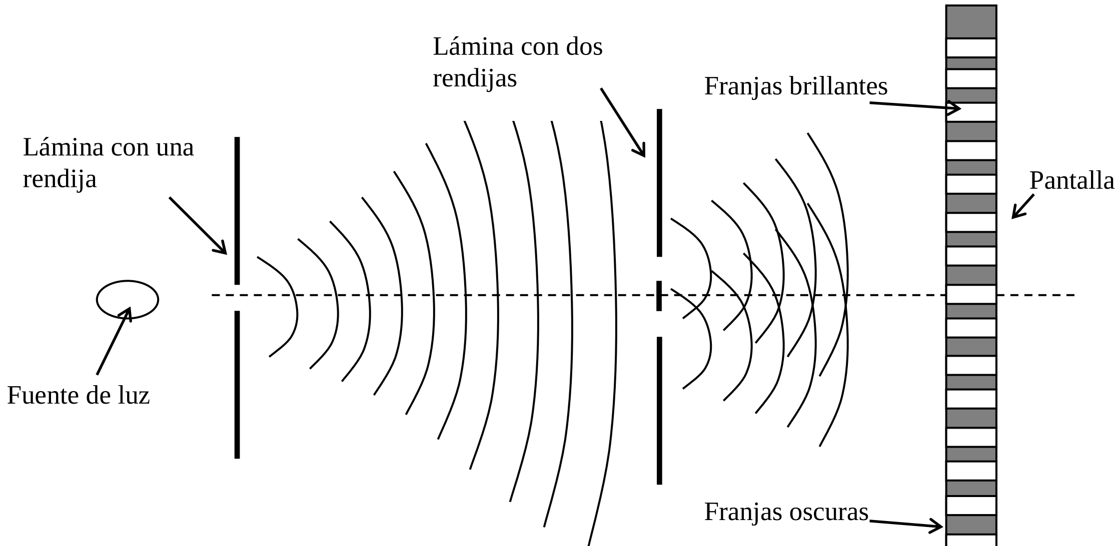



Figura 1

**Interpretación**

Para poder interpretar estos resultados, Young tuvo que suponer un comportamiento ondulatorio de la luz:

- La luz se comporta como una onda, cuya *longitud de onda* asociada está relacionada con el color de la luz que se observa. Esto es, el color rojo tiene una *longitud de onda* diferente a la del amarillo o a la del verde.
- La luz emerge de las rendijas como *ondas cilíndricas*, esto es que tiene frentes de onda cilíndricos (Figura 1).
- Los frentes de onda que inciden sobre la lámina con la *doble rendija* emergen con la misma *fase*, es decir: las ondas son *coherentes*.
- Las diferencias de *fase* entre dos ondas está relacionada con la diferencia entre las distancias que han recorrido.
- Las ondas que "parten" de cada rendija de la segunda lámina (*doble rendija*) recorren diferentes distancias hasta alcanzar los puntos sobre la pantalla, por lo que arriban a cada punto con diferentes *fases*.
- Al superponerse, es decir: al sumarse ondas con diferentes *fases* se produce un *patrón de interferencia* (patrón de franjas brillantes y oscuras).

**Análisis**

En la Figura 2 se muestra esquemáticamente la disposición geométrica del experimento y la diferencia $\Delta$ entre las distancias que recorren los frentes de onda hasta alcanzar un punto de una pantalla muy lejana.

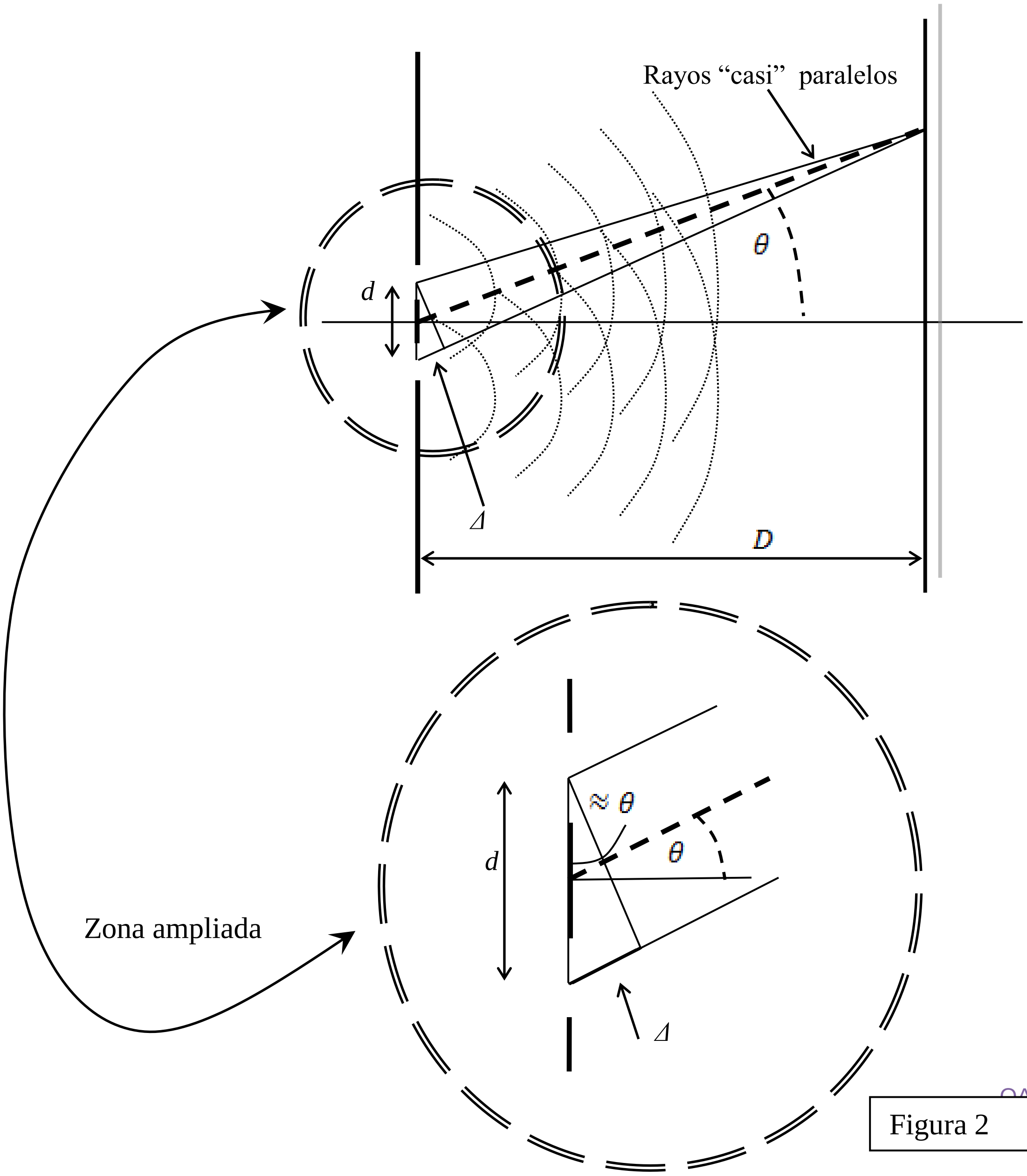



Figura 2

La condición de muy lejana es necesaria para tratar los rayos que alcanzan la pantalla como *rayos casi paralelos* y facilitar los cálculos matemáticos. Así, se puede considerar que la diferencia de "camino recorrido" $\Delta$ entre los rayos que emergen de una rendija y los que emergen de la otra rendija es:

$$\Delta = d \sin \theta$$

Donde $d$ es la distancia de separación entre las rendijas y $\theta$ es el ángulo que posiciona al punto considerado sobre la pantalla.
Para no tener que poner una pantalla lejana, se suele usar una lente "delgada", mediante la cual se consigue que los rayos paralelos converjan en el foco de la misma, en donde se ubica la pantalla. O realizar este experimento usando nuestro ojo, sistema "cornea-cristalino", como lente y nuestra retina como pantalla. Si ponemos la doble rendija muy próxima a nuestro ojo, podemos esquematizar la situación como se muestra en la Figura 3.

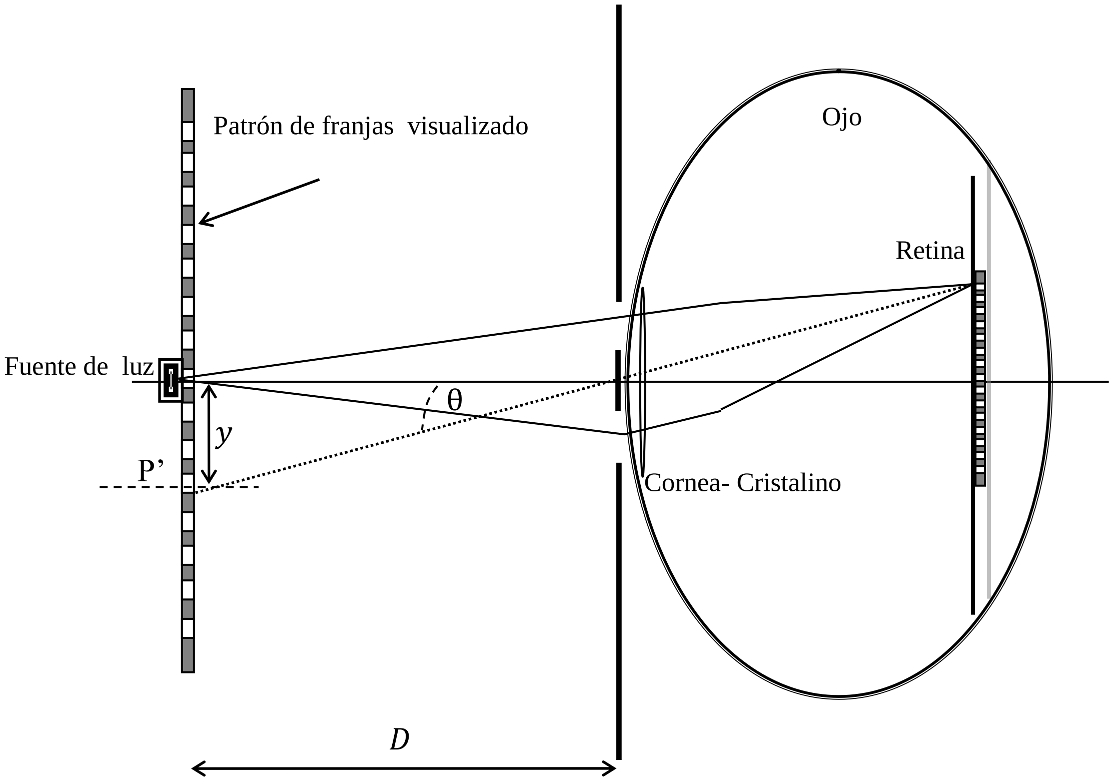
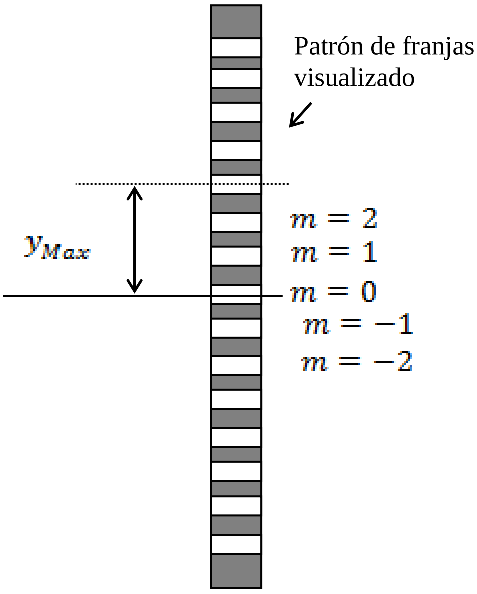


Figura 3

Como se indica en la figura 3 se percibirá a los rayos que alcanzan nuestra retina, como provenientes de franjas brillantes ubicadas en el mismo plano en donde se encuentra la fuente de luz. Por ejemplo, parecerán "provenir" del punto *P'* ubicado a una distancia $y$ del eje horizontal y sobre el plano en donde se ubica la fuente de luz y con una inclinación $\theta$.
Si el ángulo $\theta$ es pequeño (menor a 15º) se puede considerar:

$$\Delta \cong d\, tg\, \theta \cong d\, \frac{y}{D}$$

En este caso, considerando la diferencia de camino "recorrido" por los rayos originados en



cada rendija y considerando θ pequeños, la posición de las regiones brillantes (*máximos de interferencia*) estará dada por:

$$y_m = m\,\lambda\,\frac{D}{d}$$

donde $\lambda$ es la longitud de onda de la luz que incide sobre la doble rendija y $m$ es el número de orden de máximo considerado. **Esto es:** $m = 0$ **(central y coincidente con la fuente de luz),** $m = \pm 1$ **(primeras franjas: a derecha y a izquierda de la central),** $m = \pm 2$ **(segundas franjas) y así sucesivamente.**

***Nota:*** En el análisis realizado no se ha considerado el fenómeno de difracción, el cual hace que la intensidad de las regiones brillantes no sean las mismas y que se desvanezcan a medida que se incrementa el orden del máximo considerado.

## Propuesta Experimental

### Elementos disponibles

- ✓ Diapositivas con *dobles rendijas*. Se ha escrito la separación entre las primeras *doble rendijas* $d_1$ y el ancho de las rendijas $a_1$ y, también la separación entre las segundas *doble rendijas* $d_2$ y el ancho de las rendijas $a_2$. En la diapositiva INCOGNITA no se consignan datos.

- ✓ Dispositivo a pilas, con tres fuentes de luz (roja, verde y azul) con sistema para controlar la intensidad de luz, encendido y apagado. Con regla incorporada. **Notas:** la luz de color verde NO será utilizada en esta práctica; si tenés problemas para reconocer los colores: llamá al bedel.

- ✓ Dos “jinetillos” para ser ubicados sobre la regla incorporada en la fuente de luz.

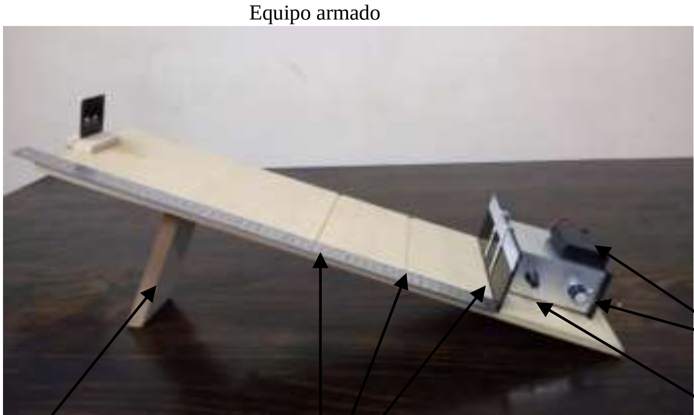
- ✓ Tabla con pie y ranuras para ubicar el dispositivo de luz.

- ✓ Porta diapositivas adaptado a la Tabla provista.

***Nota:*** **cuando no esté realizando mediciones apague la fuente de luz (ponga el interruptor en “off”).**

Diapositiva con *dobles rendijas*

Equipo armado



Pie móvil, ajustable

Ranuras predeterminadas para posicionar la fuente de luz

Interruptores

Control de intensidad

Fuente de luz

jinetillos

Regla incorporada

**Objetivo experimental:**
Realizar las mediciones necesarias para determinar la longitud de onda de una fuente de luz a partir del fenómeno de interferencia, utilizando el dispositivo provisto y teniendo en cuenta la configuración descripta en la Figura 3.

**Desarrollo de las mediciones:**

8) Arme el dispositivo en la mesa de trabajo.

9) Mida las distancias ($D_i$), previstas en el equipo, entre la diapositiva (*doble rendija*) y la fuente de luz (*una rendija*).

Encienda la luz **ROJA** y observe el *patrón de interferencia* producido por la *doble rendija*. Debido al fenómeno de difracción, la intensidad de las franjas de luz decrece a partir del máximo central ($m = 0$) a medida que el orden ($m$) crece, alcanzando un valor próximo a cero en $m_{\max}$.

Utilizando la *doble rendija* 1 ($d_1 = 0{,}13$ mm) y la *doble rendija* 2 ( $d_2 = 0{,}065$ mm)

10) Identifique el valor de $m$ máximo ($m_{\max}$) y mida la distancia entre las franjas correspondientes a $-m_{\max}$ y $m_{\max}$ ($\Delta y_{\max}$).

11) Determine la distancia que separa los máximos $-m$ y $m$ ( $\Delta y_m = y_m - y_{-m}$) al menos para 3 valores de $m$ (incluida la distancia correspondiente a $m_{\max}$) para cada una de las posiciones $D_i$ la fuente de luz.

Presente los resultados en una tabla (TABLA 1) y agregue el valor de $x$ definido por:

$$x = m \frac{D_i}{d_i}$$

Modelo de TABLA sugerido.

| $d_i$ | $D_i$ | $m$ | $\Delta y_m$ | $x$ |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

***Nota:*** confeccione la TABLA con las filas que considere necesarias. Recuerde consignar las *incertezas* correspondientes.

12) A partir de los datos recopilados en la TABLA 1, confeccione un gráfico (GRAFICO 1) $\Delta y_m$ en función de $x$.

13) Ajuste los puntos del GRAFICO 1 mediante una recta y determine la pendiente de la misma.

14) A partir del valor de la pendiente, determine la longitud de onda $\lambda$ correspondiente al color ROJO ( $\lambda_R$).

15) Determine la separación entre las rendijas de la diapositiva denominada INCOGNITA ( $d_{IR}$ ).

16) Repita los incisos 3 y 4 utilizando la luz de color AZUL.

Presente los resultados en una tabla (TABLA 2)

17) A partir de los datos recopilados en la TABLA 2, confeccione un gráfico (GRAFICO 2) $\Delta y_m$ versus $x$.

18) Ajuste los puntos del GRAFICO 2 mediante una recta y determine la pendiente de la misma.

19) A partir del valor de la pendiente, determine la longitud de onda $\lambda$ correspondiente al color AZUL ( $\lambda_A$).

20) Determine la separación entre las rendijas de la dispositiva denominada INCOGNITA ( $d_{IA}$ ).

Compare los valores obtenidos de $d_{IR}$ y de $d_{IA}$ . Diga cuál es el más preciso y si son indistinguibles.