

## OLIMPIADA PACEÑA DE FÍSICA CONCURSO II

Bustos R., Velarde A., Palenque E.  
Sociedad Boliviana de Física (SOBOFI)  
Academia Nacional de Ciencias de Bolivia (ANCB)  
Carrera de Física-Universidad Mayor de San Andrés (UMSA)

*La Paz-Bolivia*

### RESUMEN

Se presentan los exámenes del Concurso II de la Olimpiada Paceña de Física. Estos corresponden al nivel de Secundaria y fueron tomados en fecha 2 de Junio de 2002 en la Carrera de Física de la Universidad Mayor de San Andrés.



**OLIMPIADAS DE FÍSICA**

## 1. PRIMERO DE SECUNDARIA

Notas: Lee todo el examen y consulta si tienes alguna duda.  
 NO coloques tus datos personales ni en la hoja del examen ni en las hojas de tus soluciones!, te daremos un formulario para eso.  
 La parte conceptual vale 40% y la parte practica 60%.  
 Tienes un tiempo de 2 horas.

## PARTE CONCEPTUAL

- 1) Sugiere una manera de medir:
  - a. el espesor de una hoja de papel
  - b. el espesor de la película de una pompa de jabón
  - c. el diámetro de un átomo
- 2) Sugiere una manera de medir:
  - a. el radio de la Tierra
  - b. la distancia entre el Sol y la Tierra
  - c. el radio del Sol
- 3) Puede medirse la longitud a lo largo de una línea curva? Si fuese posible ¿cómo se haría?
- 4) Cuales son los prefijos que conoces y que simboliza cada uno?

## PARTE PRACTICA

- 1) Las distancias astronómicas son tan grandes, comparadas con las terrestres, que hay que usar unidades de longitud mucho mayores para poder entender más fácilmente las distancias relativas entre los objetos astronómicos. Una *unidad astronómica (UA)* es igual a la distancia media de la Tierra al Sol, es decir, alrededor de  $92.9 \times 10^6$  millas ( $1 \text{ milla} = 1.609 \text{ Km}$ ). Un *Pársec*, es la distancia a la cual una *unidad astronómica* subtende un ángulo de  $1''$  (un *segundo*). Un *año luz* es la distancia que recorrería la luz en un año, viajando con una rapidez, en el vacío, de  $186000 \text{ millas} / \text{s}$ 
  - a. Expresar la distancia de la Tierra al Sol en *parsecs* y en *años luz*
  - b. Expresar un *año luz* y un *pársec* en millas.
- 2)
  - a. Una unidad de tiempo que a veces se utiliza en la física microscópica es el *tremolo*. Un *tremolo* es igual a  $10^{-8} \text{ s}$  ¿Hay más tremolos en un segundo que segundos en un año?
  - b. La humanidad ha existido desde hace unos  $10^6$  años, mientras que el universo tiene alrededor de  $10^{10}$  años de edad. Si se tomase la edad del universo como equivalente a un día, ¿cuántos segundos hace que existe la humanidad?
- 3) Un nave espacial puede viajar con una velocidad de  $15 \text{ km} / \text{s}$ ,
  - a. ¿cuál es su rapidez en *años luz* por *siglo*?
  - b. La estrella más cercana a nosotros es *alfa centauro* y esta a  $4.26$  años luz de distancia, ¿cuánto tiempo en años tardaría la nave en llegar hasta *alfa centauro*? Comenta tu respuesta.

## 2. SEGUNDO DE SECUNDARIA

Notas: Lee todo el examen y consulta si tienes alguna duda.  
 NO coloques tus datos personales ni en la hoja del examen ni en las hojas de tus soluciones!, te daremos un formulario para eso.  
 La parte conceptual vale 40% y la parte practica 60%.  
 Tienes un tiempo de 2 horas.

**PARTE CONCEPTUAL**

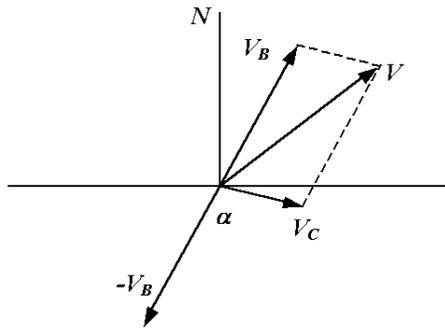
- 1) Podemos ordenar los sucesos en el tiempo. Por ejemplo, el suceso  $b$  puede preceder al suceso  $c$  y seguir al suceso  $a$ , lo que establece un ordenamiento temporal de los sucesos  $a$ ,  $b$ , y  $c$ . De aquí que haya un sentido en el tiempo que distingue el pasado del presente y del futuro. Entonces, ¿es el tiempo un vector? Justifica tu respuesta.
- 2)
  - a. ¿Pueden combinarse dos vectores de magnitud diferente para dar una resultante cero?, ¿pueden hacerlo tres vectores?
  - b. Se estudia generalmente la suma, resta y multiplicación de vectores. ¿Por qué piensas que no se considera la división de vectores?, ¿es posible definir tal operación?
- 3) El movimiento ondulatorio aparece casi en todas las ramas de la física. Todos nosotros estamos familiarizados con las ondas en el agua. Hay también ondas de sonido, lo mismo que ondas de luz, ondas de radio y otras ondas electromagnéticas. Y por si fuera poco la mecánica de los átomos y partículas subatómicas recibe el nombre de mecánica ondulatoria. Cuantos tipos de ondas conoces? Cuales son? Da algunos ejemplos.
- 4) El tratamiento geométrico es adecuado en tanto las superficies y otras discontinuidades que encuentre la onda en su propagación sean muy grandes respecto a la longitud de onda. ¿Que ondas utiliza la óptica geométrica?, se puede hacer un estudio geométrico usando por ejemplo ondas acústicas u ondas sísmicas?

**PARTE PRACTICA**

- 1) Un bote a motor se dirige en la dirección  $N30^\circ E$  a 25 Kilómetros por hora en un lugar donde la corriente es tal que el movimiento resultante es de 30 Kilómetros por hora en la dirección  $N50^\circ E$ . Encuentra la velocidad de la corriente (magnitud y dirección)
- 2)
  - a. Un diapasón oscila con una frecuencia de 440 Hz. La velocidad del sonido en el aire es 350 m/s, hallar la longitud de onda del sonido producido.
  - b. La luz se propaga en el vacío con la velocidad de  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ . Hallar la longitud de onda correspondiente a la frecuencia de  $5 \times 10^{14} \text{ Hz}$ , que es la frecuencia de la luz roja del espectro visible.
  - c. Dibujar ambas ondas especificando su longitud de onda y amplitud.
  - d. Obtener la longitud de onda relativa.
- 3) Supón que cierto espejo esférico cóncavo tiene una longitud focal de 10 cm. Encuentra la ubicación de la imagen para distancias al objeto de
  - a. 25 cm
  - b. 10 cm
  - c. 5 cm
 Describe la imagen en cada caso.

**2do de Secundaria**  
**SOLUCIONES PARTE PRACTICA**

- 1) Designando la velocidad del bote por  $V_B$ , la velocidad de la corriente por  $V_C$ , y la velocidad resultante por  $V$ , tenemos que  $V = V_B + V_C$ , de modo que  $V_C = V - V_B$



Para calcular  $V_C$  notemos que el ángulo entre  $V$  y  $V_C$  es de  $160^\circ$ , Así:

$$V_C = \sqrt{30^2 + 25^2 + 2(30)(25)\cos 160^\circ} = 10.8 \text{ Km/h}$$

de la ley de los senos se halla que el ángulo  $\alpha = 72^\circ$ .  
Por consiguiente la dirección de  $V_C$  es  $S 42^\circ E$

- 2) Una relación importante entre la longitud de onda ( $\lambda$ ), la frecuencia ( $\nu$ ) y la velocidad de propagación ( $v$ ) es

$$\lambda \nu = v$$

tenemos entonces

$$\lambda_{\text{Sonido}} = \frac{v}{\nu} = \frac{340 \text{ m/s}}{440 \text{ Hz}} = 0,772 \text{ m}$$

Aplicando nuevamente la relación entre la longitud de onda ( $\lambda$ ), la frecuencia ( $\nu$ ) y la velocidad de propagación ( $v$ ) tenemos que

$$\lambda_{\text{Luz}} = \frac{v}{\nu} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{5 \times 10^{14} \text{ Hz}} = 6 \times 10^{-7} \text{ m}$$

Al comparar los resultados de estos últimos dos ejemplos, notemos la gran diferencia en los ordenes de magnitud cuando se trata de ondas sonoras y ondas luminosas. La longitud de onda relativa será  $\lambda_S / \lambda_L = 1.29 \times 10^6$ .

- 3)
- La ecuación del espejo es:  $\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$ , de donde  $q = 16.7 \text{ cm}$ . El signo positivo indica que la imagen es real. El aumento es:  $M = -\frac{q}{p}$ , de donde  $M = -0.668$ , por tanto la imagen ha reducido su tamaño y esta invertida. Como  $q$  es positiva entonces la imagen se localiza en el lado frontal del espejo y es real.
  - El objeto se localiza en el punto focal.  $q = \infty$ , los rayos de luz que se originan en un objeto localizado en el punto focal de un espejo se reflejan de manera tal que la imagen se forma a una distancia infinita del espejo; es decir, los rayos viajan paralelos entre sí después de la reflexión.
  - $q = -10 \text{ cm}$ , la imagen es virtual, es decir esta ubicada detrás del espejo. Su aumento es  $M = 2$ , es decir la imagen es dos veces más grande que el objeto y está de pie. El valor negativo de  $q$  significa que la imagen está detrás del espejo y es virtual.

## 3. TERCERO DE SECUNDARIA

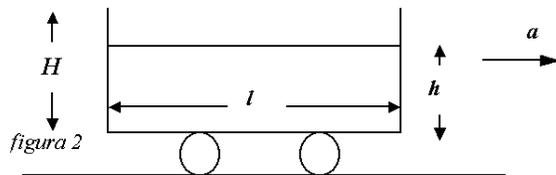
Notas: Lee todo el examen y consulta si tienes alguna duda.  
 NO coloques tus datos personales ni en la hoja del examen ni en las hojas de tus soluciones!, te daremos un formulario para eso.  
 La parte conceptual vale 40% y la parte practica 60%.  
 Tienes un tiempo de 2 horas.

## PARTE CONCEPTUAL

- 1) Se nos dice que la aceleración de un objeto en caída libre debido a la gravedad es la misma para todos los cuerpos. Sin embargo, eso es algo que no se cumple en la observación directa. En la vida cotidiana los objetos no caen en el aire a la misma velocidad: por ejemplo una moneda y un pedazo de papel no llegarán al suelo al mismo tiempo. Se supone que la causa es la resistencia del aire, pero ¿estamos seguros?. Fuera de intentar la prueba en el vacío, algo de lo que no disponemos fácilmente, ¿se te ocurre algún experimento simple que dé pruebas de que la aceleración es igual para todos los cuerpos?
- 2) Explique, mediante la ecuación de Bernoulli, la acción de un paracaídas para retardar la caída libre.
- 3) Según una famosa leyenda, cuando los barcos romanos atacaron Siracusa en el año 214 a.c. Arquímedes salvo a la ciudad. Situó soldados en la costa, cada uno de ellos con un gran espejo. A una señal, los soldados incendiaron la flota romana, reflejando los rayos del Sol sobre los barcos. Tiene este relato alguna validez práctica? Es decir la treta de Arquímedes podría haber funcionado?

## PARTE PRACTICA

- 1) El ángulo bajo el cual se observa el Sol desde la Tierra (diámetro angular) es igual aproximadamente a  $\alpha = 10^{-2} \text{ rad}$ . El radio de la Tierra es  $R_T = 6400 \text{ Km}$ . Determinar la relación de las densidades medias de la Tierra y del Sol. (  $1 \text{ año} \approx 10^7 \text{ s}$ ,  $V = \frac{4}{3} \pi R^3$ ,  $V$  es el volumen de un globo y  $R$  es su radio).
- 2) Un depósito rectangular sin tapa (*figura 2*) se mueve con aceleración  $a$ .



El tanque está lleno de agua hasta una altura  $h$ . ¿Cuál debe ser la aceleración  $a$  para que el agua comience a desbordarse?

- 3) Una lente esférica tiene dos superficies convexas de radios 0.80 m y 1.20 m. Su índice de refracción es  $n = 1.50$ . Calcular su distancia focal y la posición de la imagen de un punto situado a 2.00 m de la lente.
- 4) En el último segundo de caída libre, un objeto, recorre las tres cuartas partes de su camino total. ¿En cuánto tiempo cae y desde qué altura?

### 3ro de Secundaria SOLUCIONES PARTE CONCEPTUAL

- 1) El experimento que demuestra la doctrina es de una simpleza sorprendente. Toma una moneda o un medallón, sobre el cual deberás colocar un pedazo de papel, asegurándote de que no sobresalga del borde. Levanta y deja caer el objeto de metal horizontalmente, con el papel encima. Observaras que los dos, papel y metal, llegan juntos al suelo. Si la aceleración de los dos materiales fuera diferente, el papel quedaría atrás. Si por casualidad piensas que tal vez no sea la igual aceleración la que mantiene el pedazo de papel sobre la moneda, si no la presión del aire, vuelve a probar con el papel ligeramente plegado. El resultado será el mismo!
- 2) La proeza de Arquímedes es totalmente practicable. Fue reconstruida en 1973 por un Ingeniero griego que dispuso 70 espejos (cada uno de ellos de alrededor de 1.5 por 1.2 metros) sostenidos por soldados. Que concentraban los rayos solares sobre un barco anclado a unos 50 metros de la costa. Pocos segundos después de que los espejos fueron adecuadamente enfocados, el barco empezó a arder y finalmente fue engullido por las llamas. Para funcionar los espejos tiene que haber sido ligeramente cóncavos, con el foco situado sobre el barco.

### SOLUCIONES PARTE PRACTICA

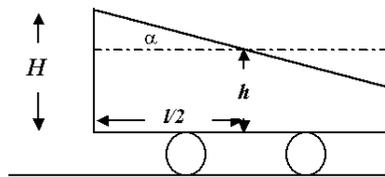
- 1) Durante el movimiento de la Tierra en torno del Sol sobre la Tierra actúa la fuerza gravitacional  $F = GM_T M_S / L^2$ , en donde  $M_T$  es la masa de la Tierra,  $M_S$ , es la masa del Sol,  $L$ , el radio de la órbita y  $G$  la constante de gravitación universal. Esta fuerza comunica a la Tierra la aceleración centrípeta  $a = \omega^2 L = (2\pi/T)^2 L$ , donde  $T$  es el periodo de rotación de la Tierra alrededor del Sol. Con arreglo a la segunda ley de Newton tenemos:  $G \frac{M_T M_S}{L^2} = M_T \frac{4\pi^2}{T^2} L$ , pero  $G \frac{M_T}{R_T^2} = g$ , por lo tanto

$$M_S g \frac{R_T^2}{L^2} = M_T \frac{4\pi^2}{T^2} L, \text{ o } \frac{M_T}{M_S} = \frac{g R_T^2 T^2}{4\pi^2 L^3}, \text{ pero por otro lado tenemos que } M_T = \frac{4}{3} \pi R_T^3 \rho_T \text{ y}$$

$$M_S = \frac{4}{3} \pi R_S^3 \rho_S. \text{ Combinando estas dos ecuaciones con la última obtenemos finalmente que}$$

$$\frac{\rho_T}{\rho_S} = \frac{g T^2 R_S^3}{4\pi^2 L^3 R_T}. \text{ Ahora utilizando la relación } 2R_S = \alpha L, \text{ obtenemos finalmente que } \frac{\rho_T}{\rho_S} \cong 4,4.$$

2) La solución se obtiene de la siguiente figura:



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{\sqrt{a^2 + g^2}}$$

$$\frac{H-h}{l/2} < \frac{a}{\sqrt{a^2 + g^2}}$$

3) La siguiente tabla refleja las convecciones de signo en espejos esféricos

	+	-
Radio r	Cóncava	Convexa
Foco f	Convergente	Divergente
Objeto p	Real	Virtual
Imagen q	Real	Virtual

De acuerdo con estas convecciones de signos, debemos escribir  $r_1 = O_1C_1 = 0.80\text{m}$  y  $r_2 = 1.20\text{m}$

Ya que la primera superficie aparece convexa y la segunda cóncava vistas desde el lado del objeto que se

encuentra a la derecha. Por lo tanto  $\frac{1}{f} = (1.50 - 1) \left( \frac{1}{1.20} - \frac{1}{-0.80} \right)$  o  $f = +0.96\text{m}$

El hecho de que  $f$  sea positiva indica que se trata de una lente convergente. Para obtener la posición de la imagen empleamos la *ecuación del constructor de lentes*:  $\frac{1}{p} - \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$ , con  $p = 2.00\text{m}$  y el valor de  $f$

obtenido, lo cual da  $\frac{1}{2.00} - \frac{1}{q} = \frac{1}{0.96}$  ó  $q = -1.81\text{m}$ . El signo negativo de  $q$  indica que la imagen

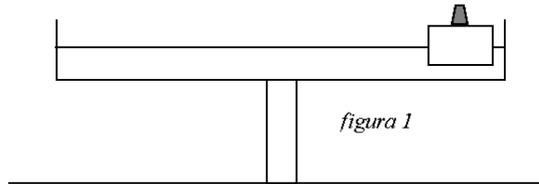
es real y está por lo tanto a la izquierda de la lente. Finalmente, el aumento es  $M = \frac{q}{p} = -0.905$

## 4. CUARTO DE SECUNDARIA

Notas: Lee todo el examen y consulta si tienes alguna duda.  
 NO coloques tus datos personales ni en la hoja del examen ni en las hojas de tus soluciones!, te daremos un formulario para eso.  
 La parte conceptual vale 40% y la parte practica 60%.  
 Tienes un tiempo de 2 horas.

## PARTE CONCEPTUAL

- 1) Un recipiente con agua fue colocado en el extremo de una tabla como se ve en la *figura 1*

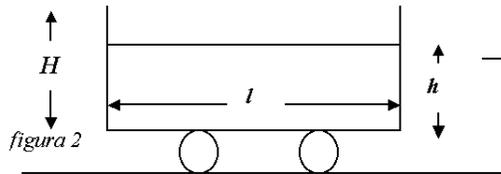


¿Perderá el equilibrio la tabla si sobre la superficie del agua se coloca un trozo de madera y sobre este último, un peso de modo que ambos floten en la superficie del agua?

- 2) Disminuiría la Temperatura del cuarto si abriésemos la puerta del refrigerador en pleno funcionamiento? Explica.  
 3) Explica en que consisten los procesos isotérmicos y adiabáticos.  
 4) Demuestra el teorema de los ejes paralelos:  $I = I_{cm} + Mh^2$ , donde  $I$  es la inercia de rotación alrededor del eje arbitrario,  $I_{cm}$  es la inercia de rotación del eje paralelo que pasa por el centro de masa,  $M$  es la masa total del objeto y  $h$  es la distancia perpendicular entre los ejes. Los dos ejes son paralelos.

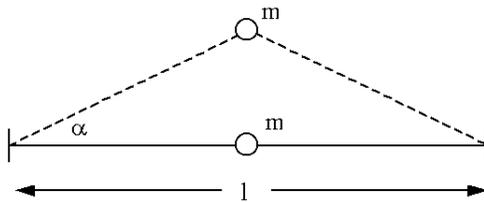
## PARTE PRACTICA

- 1) Un deposito rectangular sin tapa (*figura 2*) se mueve con aceleración  $a$ .



El tanque esta lleno de agua hasta una altura  $h$ . ¿Cuál debe ser la aceleración  $a$  para que el agua comience a desbordarse?

- 2) Una cuerda, fijada en los extremos, está extendida con la fuerza  $f$ . En el medio de la cuerda está sujeto un peso pequeño de masa  $m$ .



Determinar el período de las oscilaciones pequeñas ( $\alpha$  pequeño) del peso sujeto (Despreciar la masa de la cuerda y no tener en cuenta la fuerza de la gravedad)

- 3) Una lente delgada plano-convexa de diámetro transversal  $2r$ , radio de curvatura  $R$ , e índice de refracción  $n_0$  se coloca en posición tal que a la izquierda hay aire ( $n_1 = 1$ ), y a la derecha otro medio transparente con un índice de refracción  $n_2 \neq 1$  (la cara convexa se halla de lado del aire). En el aire a una distancia  $d$  de la lente sobre el eje óptico se coloca una fuente puntual de luz monocromática. Demuestre la relación  $\frac{F_1}{d} + \frac{F_2}{f} = 1$  entre la posición de la imagen, que se encuentra a una distancia  $f$  de la lente, y la posición de la fuente  $d$ . Considere solamente rayos paraxiales.  $F_1$  y  $F_2$  son respectivamente las distancias focales de la lente en el aire y para la situación cuando una de las caras se halla en un medio con índice de refracción  $n_2$ .

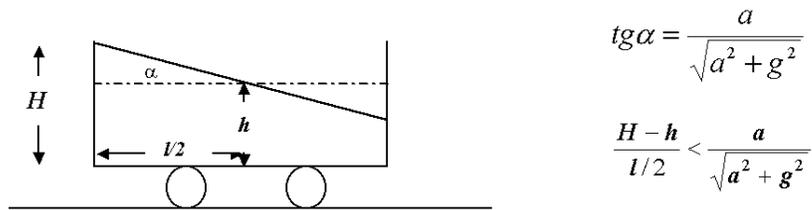
**4to de Secundaria**

**SOLUCIONES PARTE CONCEPTUAL**

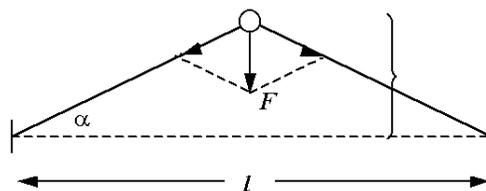
- 1) El equilibrio no se alterará, puesto que, de acuerdo con la ley de Pascal, la presión sobre el fondo del recipiente será igual en todos los lugares.  
 2) La Temperatura en el cuarto aumentará. La cantidad de calor desprendido por unidad de tiempo será igual a la potencia consumida por el refrigerador, puesto que la energía eléctrica se transforma finalmente en calor y el calor retirado del refrigerador volverá nuevamente al cuarto.

**SOLUCIONES PARTE PRACTICA**

- 1) La solución se obtiene de la siguiente figura:



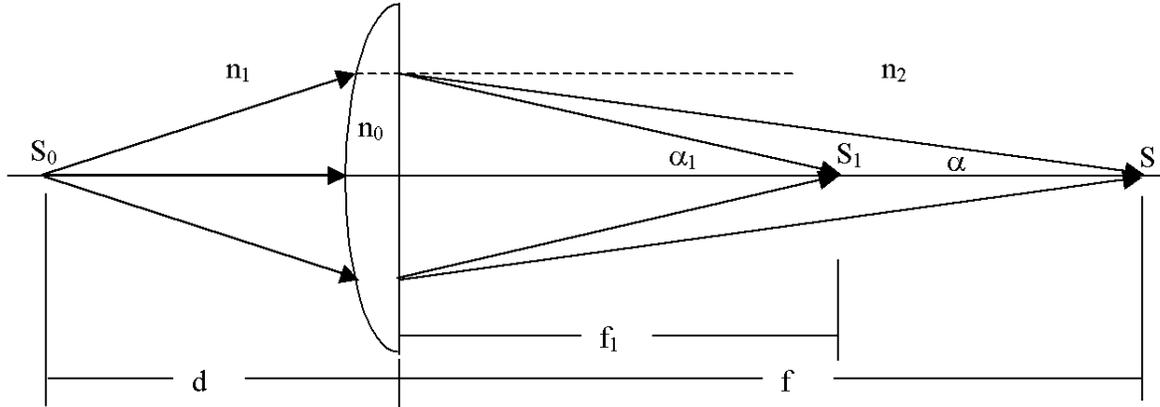
- 2) La fuerza  $F$  que actúa sobre el peso inclinado de la posición de equilibrio es  $F = 2f \operatorname{sen} \alpha$  como se puede apreciar en la figura:



Como el ángulo  $\alpha$  es pequeño, podemos considerar que  $F = 4fx/l$  y al mismo tiempo  $F = kx$ , donde  $x$  es la distancia vertical que sube la masa  $m$ . Por lo tanto  $k = 4f/l$ .

Aprovechando la relación  $T = 2\pi\sqrt{m/k}$ , obtenemos finalmente que  $T = 2\pi\sqrt{ml/4f}$

3) Si a la derecha de la lente hubiese aire entonces los rayos de luz que surgen de la fuente  $S_0$  después de refractarse en él se concentrarían en el punto  $S_1$  a la distancia  $f_1$  de la lente.



En correspondencia con la fórmula de las lentes 
$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{f}, \quad (1).$$

Tenemos entonces que 
$$\frac{F_1}{d} + \frac{F_1}{f_1} = 1.$$
 Cuando se llena el espacio a la derecha con un medio de índice de refracción  $n_2$  la imagen de la fuente luminosa  $S_0$  se desplaza al punto  $S$ , a la distancia  $f$  de la lente tal como se ve en la figura.

Para la demostración de la igualdad buscada hace falta mostrar que  $\frac{F_1}{f_1} = \frac{F_2}{f}$ . Escribamos la ley de la refracción para

ambas situaciones:  $\frac{\text{sen}(\alpha_0)}{\text{sen}(\alpha_1)} = \frac{1}{n_0}$ ;  $\frac{\text{sen}(\alpha_0)}{\text{sen}(\alpha)} = \frac{n_2}{n_0}$ , donde  $\alpha_0$  es el ángulo que forma el rayo de incidencia con el límite "lente-aire". De las expresiones obtenidas para valores pequeños  $\alpha_0, \alpha_1, \alpha$ , cuando  $\text{sen}(\alpha) \approx \alpha$  se obtiene que:

$\alpha_1 = n_0 \alpha_0$ ,  $\alpha = \frac{n_0}{n_2} \alpha_0 \Rightarrow \alpha_1 = n_2 \alpha$ . Debido a que  $\alpha_1 = x/f_1$ ,  $\alpha = x/f$ , entonces

$f = n_2 f_1$ . Analizando el curso de un haz de rayos que avanzan paralelamente al eje óptico principal se puede de la misma manera

demonstrar que  $F_2 = n_2 F_1$ , por consiguiente: 
$$\frac{F_1}{f_1} = \frac{F_2/n_2}{f/n_2} = \frac{F_2}{f}, \quad (2)$$

De las ecuaciones (1) y (2) obtenemos

$$\frac{F_1}{d} + \frac{F_2}{f} = 1$$

que era lo que se quería demostrar