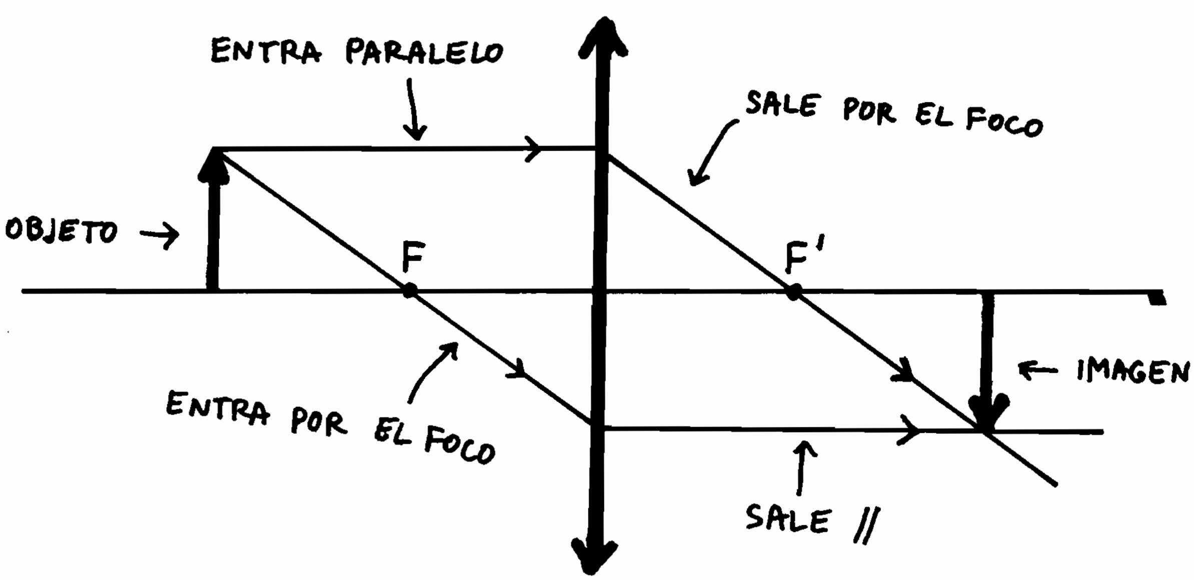
ASIMOV

ÓPTICA

PROBLEMAS RESUELTOS

- ESPEJOS PLANOS_ESPEJOS ESFÉRICOS
- REFRACCIÓN_ PRISMAS.
- DIÓPTRAS
- LENTES



ASIMOV

① ÓPTICA

TEORÍA Y PROBLEMAS.

ESPEJOS_REFRACCIÓN_PRISMAS.

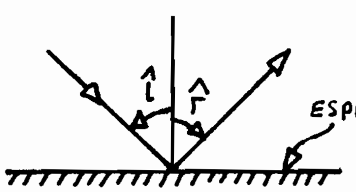
POR ANÍBAL

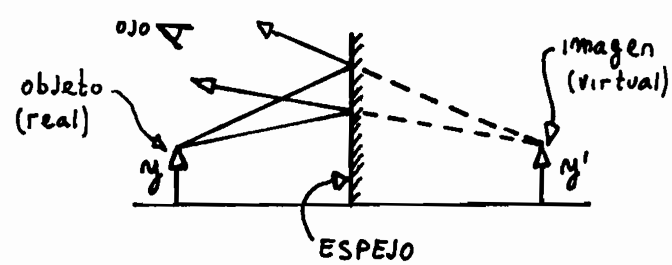
RESUMEN DE LA TEORÍA DE ESTE APUNTE

ESPEJOS PLANOS

Para los espejos planos se cumple la ley de la reflexión que dice que el ángulo de incidencia es igual al de reflexión. Las imagenes dadas por los espejos planos son simétricas y virtuales. (Virtual significa: "atrás del espejo"). Pueden dar una imagen real si el objeto es virtual.

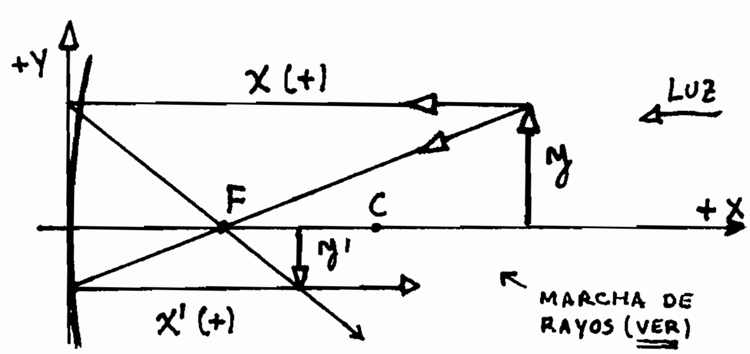
$\hat{i} = \hat{r}$





ESPEJOS ESFÉRICOS

y' ES LA IMAGEN DE y DADA POR EL ESPEJO CONCAVO →



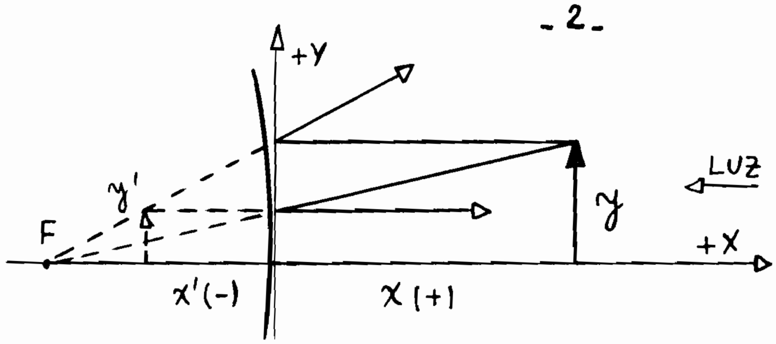


IMAGEN DADA POR UN ESPEJO CONVEXO ($f = \ominus$).

Para el trazado de rayos considero que:

- Un rayo que entra paralelo sale pasando por el foco.
- Un rayo que pasa por el foco sale paralelo
- Un rayo que pasa por el c. de curvatura rebota sobre sí mismo.

Para los espejos esféricos (sean cóncavos o convexos) se cumple la ley de Descartes. (Vale sólo para rayos centrales y espejos de poca abertura)

$$\boxed{\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{x'}}$$ ← DESCARTES

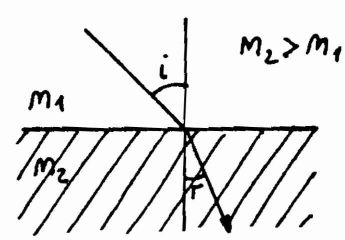
A la relación que hay entre el tamaño de la imagen y el tamaño del objeto se la llama aumento lateral.

$$\boxed{A = \frac{y'}{y} \quad \left(\text{con } \frac{y'}{y} = -\frac{x'}{x}\right)}$$ ← AUMENTO LATERAL

Convención de signos: Sentido $\oplus$ del eje x contrario a la luz incidente contado a partir del vertice. Eje +Y hacia arriba.

REFRACCIÓN:

se cumple ley de Snell: $m_1 \operatorname{sen} i = m_2 \operatorname{sen} r$



m es el índice de refracción absoluto (respecto al vacio). Si $m_2 > m_1$ el rayo se acerca a la normal. m_2 es siempre el medio al cual llega el rayo y m_1 el medio del cual partió.

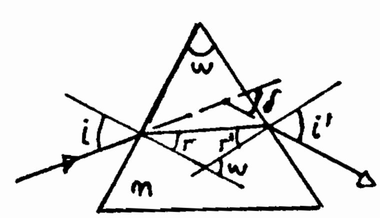
PRISMA – Leyes

$w = r + r'$

$\delta = i + i' - w$

si $\delta = \delta_{min}$: ↗

$$m = \frac{\operatorname{sen} \frac{\delta_{min} + w}{2}}{\operatorname{sen} w/2}$$



ÓPTICA - Algo de teoría

LEYES DE LA ÓPTICA GEOMÉTRICA.

1 - La luz se propaga en línea recta.

2 - Cuando la luz se refleja, el ángulo de incidencia es igual al de reflexión.

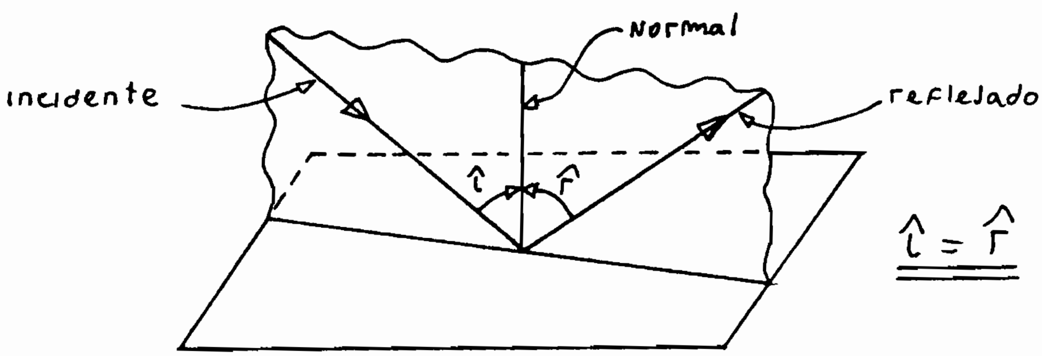
3 - Cuando la luz se refracta al pasar de un medio n_1 a un medio n_2 se cumple la ley de SNELL:

$$\boxed{n_1 \operatorname{sen} \hat{i} = n_2 \operatorname{sen} \hat{r}} \longleftarrow \text{LEY DE SNELL}$$

En realidad la luz se propaga en línea recta si el medio es homogéneo, no atraviesa agujeritos y no pasa cerca de grandes masas. (Estrellas, agujeros negros, etc).

REFLEXIÓN

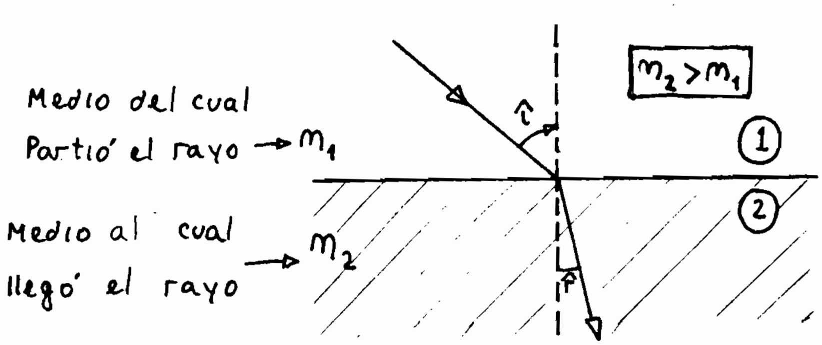
En la ley de reflexión el rayo incidente, la normal y el rayo reflejado están en el mismo plano. Se cumple que $\hat{i} = \hat{r}$.



$$\hat{i} = \hat{r}$$

REFRACCIÓN

En la refracción el rayo incidente, la normal y el rayo refractado también están en el mismo plano.



$$\frac{\operatorname{sen} \hat{i}}{\operatorname{sen} \hat{r}} = n_{2-1}$$

↑

LEY DE SNELL

El rayo se acerca a la normal al pasar de n_1 a n_2.

Lo que dice la ley de snell es que el seno del angulo de incidencia y el seno del ángulo de refracción están siempre en una relación constante.

Esta relación se llama índice de refracción relativo del 2$^{\underline{do}}$ medio con respecto al 1$^{\underline{ro}}$, donde:

Medio 1: medio del cual <u>partió</u> el rayo
Medio 2: medio al cual <u>llegó</u> el rayo
} IMPORTANTE

Si el 2$^{\underline{do}}$ medio tiene índice de refracción <u>mayor</u> que el 1$^{\underline{ro}}$, el rayo refractado se va a acercar a la normal. (Esto sale de la ley de snell).

Cuando el 1$^{\underline{er}}$ medio es el vacío ellos hablan de índice de refracción <u>ABSOLUTO</u> y lo llaman n_2. (En vez de llamarlo n_{2-1}). Considerando este último asunto se cumple que:

$$n_{2-1} = \frac{n_2}{n_1}$$

índice del medio 2 con respecto al vacio (Absoluto)

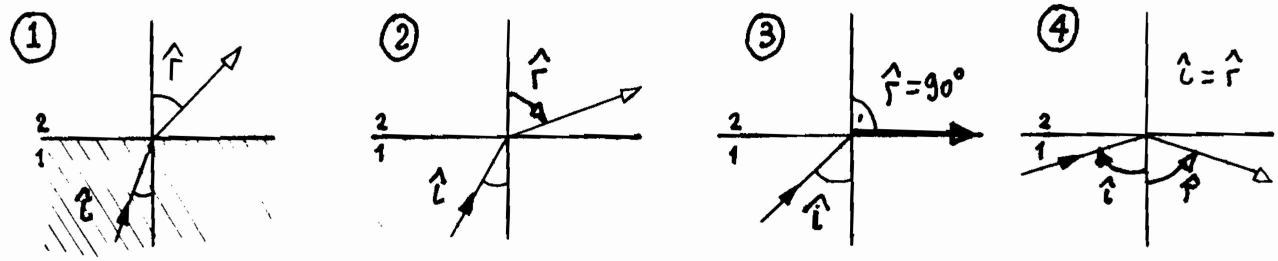
Idem

<u>ÁNGULO LÍMITE - REFLEXIÓN TOTAL</u>

Un rayo se va a alejar de la normal si pasa de un medio a otro que tiene índice menor. (Ej: un rayo que sale del agua y entra en el aire). Si empiezo a aumentar el ángulo de incidencia, el ángulo de refracción también va a aumentar. El valor máximo que puede tomar $\hat{r}$ es 90°. En ese caso límite, el rayo refractado saldría rasante a la superficie. El ángulo de incidencia para el cual pasa esto se llama <u>ANGULO LÍMITE</u>. Si aumento todavía más el ángulo de incidencia, el rayo no se refracta sinó que <u>se refleja</u>. A este fenómeno ellos lo llaman <u>REFLEXIÓN TOTAL</u>.

Este asunto lo podés ver si te parás en el fondo de una pileta y mirás para arriba.

En estos 4 dibujitos está explicado un poco mejor:



1: EL RAYO REFRACTADO SE ALEJA DE LA NORMAL.

2: AL AUMENTAR $\hat{i}$ SE ALEJA MAS TODAVÍA.

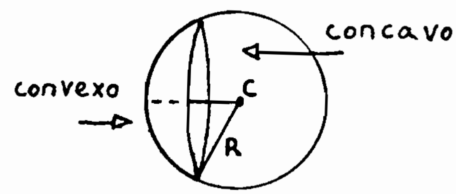
3: CASO LÍMITE. EL RAYO SALE RASANTE.

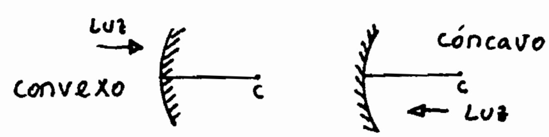
4: EL RAYO SE REFLEJA COMPLETAMENTE.

ESPEJOS ESFÉRICOS

Imaginate una esfera hueca espejada por adentro y por afuera. Cortá ahora la esfera con un plano cualquiera. Te quedan 2 casquetes. Quedate ahora con el más chico.

Bueno. Este pedazo de casquete que pertenece a la parte de adentro de la esfera se llama espejo cóncavo. La parte de afuera del casquete se llama espejo convexo. Se simbolizan así:





FOCO DE UN ESPEJO

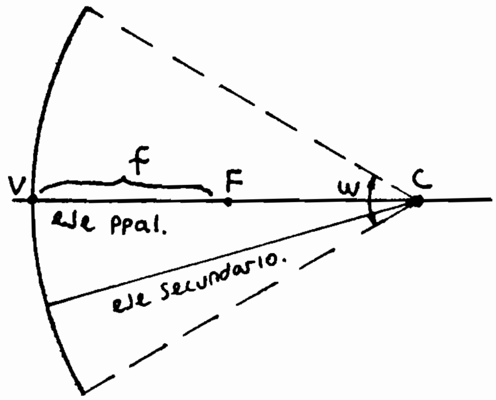
Foco principal Imagen: Es un punto del eje ppal. que es la imagen de un objeto colocado en el ∞. (SIGNIFICA: si pongo un objeto en el ∞ la imagen dará en el foco imagen).

Foco principal objeto: Es un punto del eje ppal. cuya imagen esta en el ∞. (SIGNIFICA: si meto un objeto en el foco objeto la imagen dá en el ∞).

Estas 2 definiciones valen también para dioptras y para lentes.

En un espejo esférico el foco imagen coincide con el foco objeto. (Pero en dioptras y lentes no). Por eso digo diréctamente foco del espejo.

ELEMENTOS DE UN ESPEJO



V: vértice

C: centro de curvatura

$\overline{VC}$: Radio de curvatura (R)

F: Foco

$\overline{VF}$: Distancia focal (se designa con f). f es siempre la mitad del radio de curvatura. $\overline{VF} = \frac{\overline{VC}}{2}$

w es la abertura del espejo. Todas las distancias se miden a partir de V.

COMO OBTENER IMÁGENES EN UN ESPEJO ESFÉRICO

Gráficamente: se hace el dibujito en escala y a partir del objeto se trazan 2 de los siguientes 3 rayos:

1) RAYO QUE ENTRA PARALELO: Sale pasando por el Foco.

2) RAYO QUE PASA POR EL FOCO: sale paralelo

3) RAYO QUE PASA POR EL C. DE CURVATURA: se refleja sobre sí mismo.

La imagen estará donde se crucen los rayos reflejados o donde se crucen las prolongaciones de los rayos reflejados.

Analíticamente:

Se usa la fórmula de Descartes. Esta fórmula no es exacta, es sólo válida para espejos esféricos de pequeña abertura y para rayos cercanos al eje ppal. (centrales).

X es la posición del objeto, X' es la posición de la imagen y f es la distancia focal. Tanto en espejos cóncavos como en espejos convexos X, X' y f se miden a partir del vértice.

$$\boxed{\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{x'}}$$

← fórmula de Descartes. Para espejos concavos o convexos.

Convención de signos (Esto hay que saberlo)

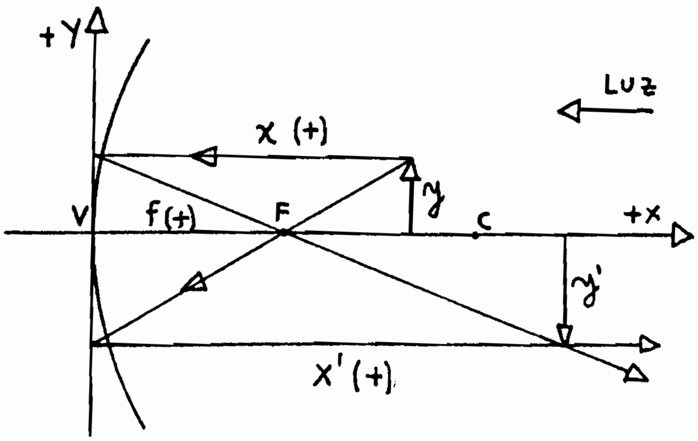
Hay varias convenciones, en Física I ellos adoptan esta:

Las distancias x, x' ó f serán positivas si van en sentido contrario a la luz incidente.

El eje y positivo se coloca en el vértice y hacia arriba.

Con esta convención los espejos cóncavos tienen siempre distancia focal ⊕ y los convexos ⊖.

EJEMPLO



y es el objeto, y' es su imagen (da invertida)

← MARCHA DE RAYOS Y CONVENCIÓN DE SIGNOS PARA UN ESPEJO CÓNCAVO

AUMENTO LATERAL:

La imagen que el espejo dá de un objeto puede ser más grande, más chica ó igual que el objeto. Ellos llaman aumento lateral al Nº de veces que entra el objeto en la imagen.

$$A = \frac{y'}{y}$$ ← Aumento lateral

A su vez, por una cuestión geométrica este cociente y'/y se puede expresar como: $\frac{y'}{y} = \frac{-x'}{x}$

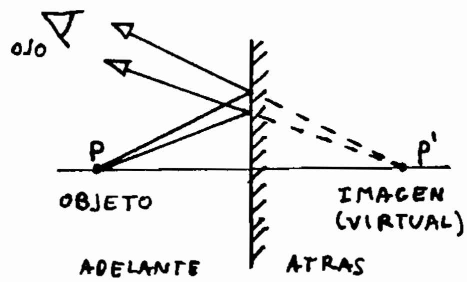
Entonces, si quiero saber el tamaño de la imagen conociendo x, x' e y hago: $y' = -y \cdot \frac{x'}{x}$. Si y' da ⊖ significa que la imagen está invertida.

Entonces la expresión que uso para el aumento lateral es:

$$\boxed{A = \frac{y'}{y} = \ominus \frac{x'}{x}} \longleftarrow \text{AUMENTO LATERAL}$$

¿QUÉ ES UNA IMAGEN VIRTUAL?

Bueno, la cosa es así: Las imágenes reales se forman donde se cortan los rayos reflejados. Las imágenes VIRTUALES se forman donde se corta LA PROLONGACIÓN de los rayos reflejados.



FORMACIÓN DE UNA IMAGEN VIRTUAL

Ahora ¿qué pasa?. Pasa que la prolongación de los rayos reflejados se corta ATRÁS del vidrio. Eso hace que cuando uno se mire al espejo, la imagen parezca estar del otro lado.

Muy interesante, pero cuando uno ve una imagen... ¿Puede darse cuenta si es real o virtual?.

RTA: Bueno, a simple vista, NO. El ojo no puede distinguir entre imágenes reales e imágenes virtuales. El ve una imagen. Nada más.

La única diferencia entre los 2 tipos de imágenes es que las reales se pueden proyectar en una pantalla y las virtuales NO.

Esto pasa porque justamente las imágenes reales se forman DELANTE del espejo.

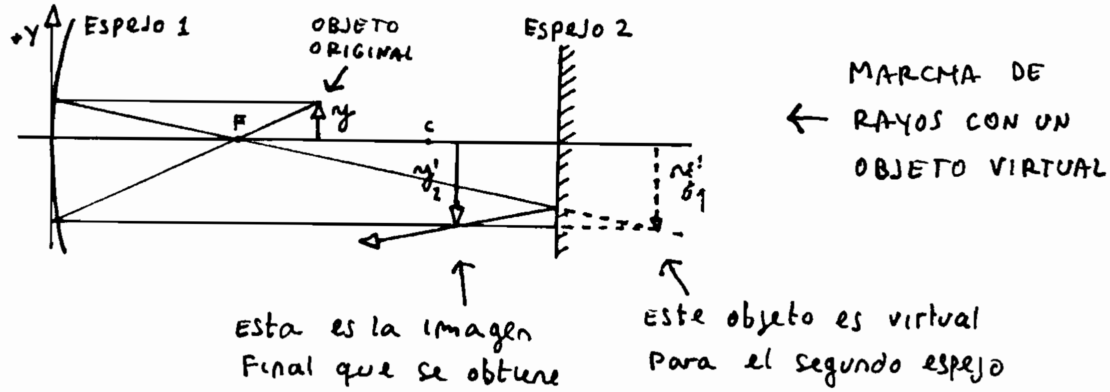
Desde el punto de vista de los problemas tenés que saber que las imágenes virtuales tienen x' negativa y las reales positiva.

Con ese signo hay que ponerla en las fórmulas.

(Después vas a entender esto mejor cuando veas los problemas).

Vamos ahora a esta otra cuestión. Hay imágenes virtuales. ¿Puede haber también objetos virtuales?

RTA: SÍ, puede. Es este caso: (VER).



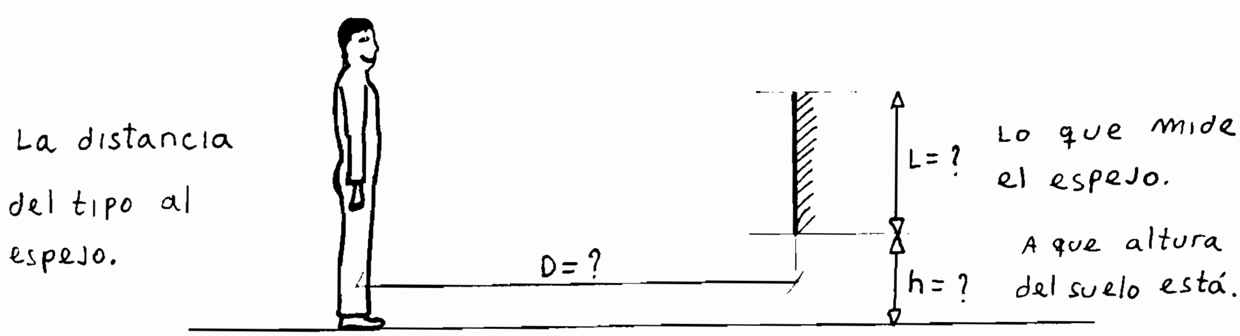
¿Por qué se le dá el nombre de objeto virtual?
- Bueno, porque el tipo está "virtualmente" atrás del espejo.
Una última cosa que tenés que saber es que para los objetos virtuales x es POSITIVA.

Hay una manera divertida de aprender este tema: conseguite un espejo cóncavo y una vela y ponete a jugar.

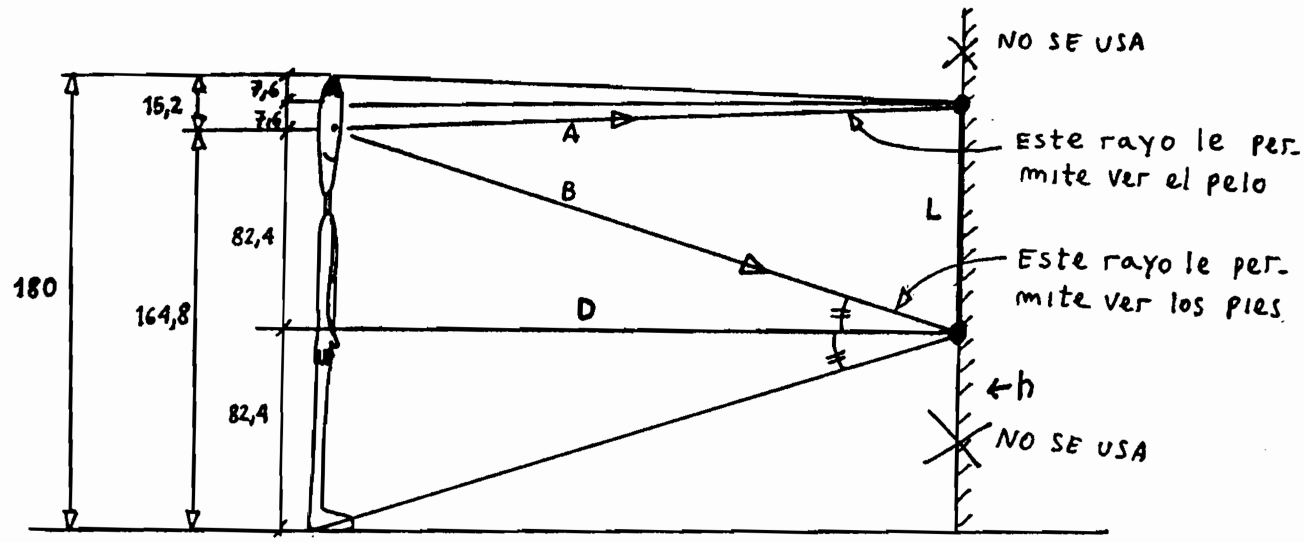
PROBLEMAS

1 - ¿Qué altura mínima debe tener un espejo de pared y- cómo deberá colocarse en una pared vertical para que una persona de 1,80 m. de altura, cuyos ojos es - tán a 15,2 cm. por debajo de la parte superior de la cabeza, pueda ver su imá gen, de cuerpo entero?

Para resolver este problema no hace falta saber óptica. Hay que aplicar sólo geometría.
Hago un dibujo para ver si entiendo lo que dice el enunciado.
El problema es que no sé:



Vayamos por partes. Lo que SI sé, es que esté puesto el espejo donde esté puesto, el tipo tiene que poder ver desde su ojo la punta de su pelo y la punta de su zapato. Voy a suponer un espejo muy grande a una distancia cualquiera del tipo y trazo rayos tales que pueda ver sus pies y su pelo. Veamos:



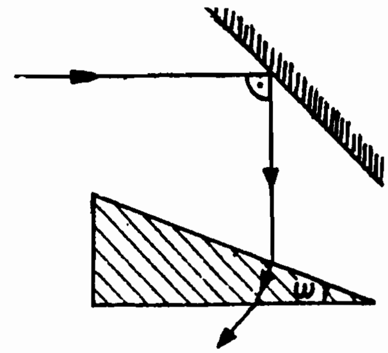
Trazo los rayos A y B que son los rayos extremos. Sabiendo que el hombre mide 1,80 y que los ojos están a 15,2 cm por debajo de la parte superior de la cabeza voy determinando todas las distancias dividiendo por 2 (mirá el dibujito).
Fijate que hay una parte del espejo que no se usa (yo supuse un espejo indefinidamente largo).
Si pongo el espejo más lejos los valores no se modifican.
Quiere decir que NO importa a que distancia esté el espejo.
Hay una única altura del suelo a la que puede estar el coso.
A cualquier otra distancia el tipo no podría verse entero y el espejo debería ser mas largo.
Mirando el dibujito saco los valores.

$h = 82{,}4$ cm ← ALTURA DESDE EL SUELO

$L = 90$ cm $(= 82{,}4 + 7{,}6)$ ← LONGITUD DEL ESPEJO

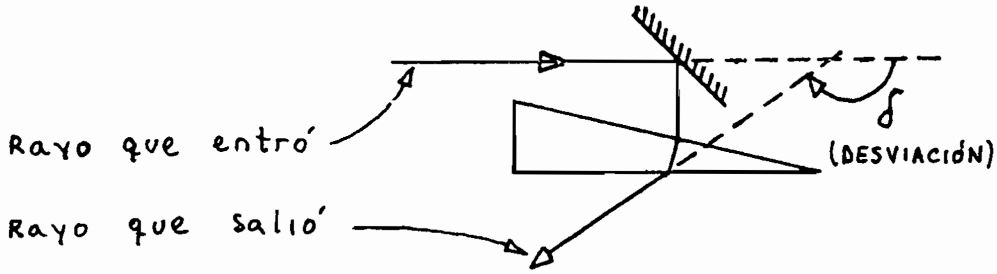
D = cualquiera ← DISTANCIA DEL TIPO AL ESPEJO

2 - Un rayo luminoso incide en un espejo plano bajo un ángulo de incidencia de 45°. Después de la reflexión el rayo atraviesa un prisma de índice $n = 1{,}50$, cuyo ángulo es $\omega = 4°$. ¿Qué ángulo debe girarse el espejo para que la desviación total del rayo sea de 90°?



En este problema 1ero tengo que saber que quiere decir desviación total del rayo. Para ellos, desviación total es el ángulo que forma el rayo que salió con el rayo que entró.

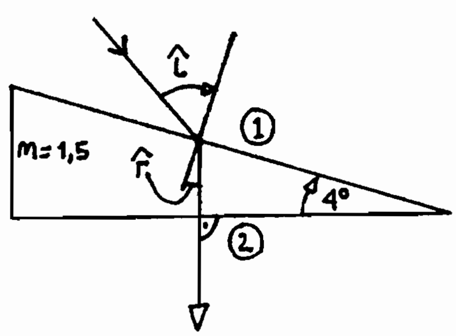
Es decir, en el dibujo la desviación sería el ángulo marcado con δ.



Si ellos dicen que la desviación tiene que ser 90°, quiere decir que lo que estan pidiendo es que el rayo que sale del prisma salga ⊥ a la cara de abajo.

Entonces busco con qué ángulo debe entrar el rayo por la cara de arriba para que salga ⊥ a la cara de abajo.

En ① planteo ley de Snell.



$$\frac{\operatorname{sen}\hat{i}}{\operatorname{sen}\hat{r}} = 1{,}5$$

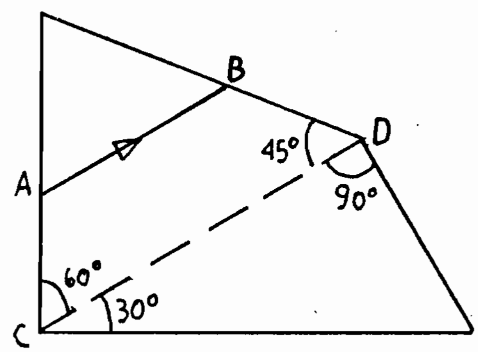
En este caso $\hat{r} = 4°$, $\therefore$ $\hat{i} = 6°$

En ② No se produce refracción por que el rayo sale ⊥.

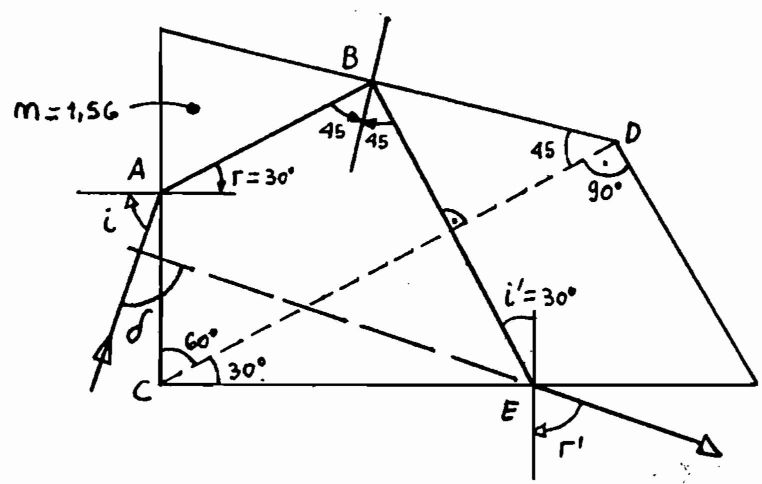
La tanga es la siguiente. Si te fijás en el dibujo original vas a ver que inicialmente el ángulo $\hat{i}$ era de 4°.

Esto pasa xq' el rayo reflejado en el espejo es ⊥ a la cara de abajo del prisma. La condición nueva me dice que ahora ese ángulo $\hat{i}$ debe valer 6°, es decir debe estar <u>2°</u> desviado hacia la derecha de la posición original.
Pero hay un teoremoso por ahí que dice que si un espejo gira un ángulo α, el rayo reflejado gira 2α. (Podés comprobarlo gráficamente).
<u>Conclusión</u>: Para que el rayo se desvíe 2 grados hacia la derecha tengo que rotar el espejo 1 grado en sentido contrario al de las agujas del reloj.

3- El índice de refracción del prisma de la figura es n= 1,56. Un rayo luminoso penetra en el prisma por el punto A ,y- sigue en el mismo la trayectoria AB que es paralela a la línea CD .a) Dibujar la trayectoria del rayo en el interior del prisma; b) determinar el ángulo formado por las direcciones de los rayos incidente y emergente.



Voy a hacer el dibujito de la trayectoria del rayo poniendo todos los ángulos sin decirte como hice para darme cuenta cuanto valía cada ángulo por que es muy pesado para explicar, así que vas a tener que darte cuenta solo.



Calculo el ángulo de incidencia en el prisma sabiendo que el ángulo $\hat{r}$ es de 30°
Planteo Snell en A:

$$\frac{\operatorname{sen} i}{\operatorname{sen} 30} = 1{,}56$$

Despejando $\hat{i}$: $\underline{\hat{i} = 51{,}26°}$ ← ANGULO DE INCIDENCIA

En el punto B no se si el rayo se refracta o se refleja. Calculo el valor del ángulo límite y lo averiguo.

veamos:

$$\frac{\text{sen } \alpha_\ell}{\text{sen } 90} = \frac{1}{1{,}56} \qquad \alpha_\ell = 39{,}9^\circ$$ (consideré medio exterior aire)

Como 45° es mayor que el ángulo límite el rayo se refleja nomás.

Ahora averiguo con que ángulo sale el rayo del prisma. En el punto E i' es 30° así que:

$$\frac{\text{sen } 30^\circ}{\text{sen } r'} = \frac{1}{1{,}56} \quad \therefore \quad \underline{\underline{r' = 51{,}26^\circ}}$$

El punto b) del problema pide calcular el angulo que forma el rayo que entró con el rayo que salió. Esta es justamente la definición de ángulo de desviación (δ).

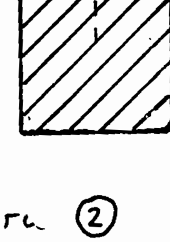
como en el punto C las caras del prisma son ⊥ (ver dibujo) y como el ángulo de incidencia i es = al ángulo de emergencia r' (ver dibujo), prolongando el rayo emergente hasta que corte al incidente (ver dibujo) veo que el ángulo de desviación δ es de 90° (ver dibujo)

Por lo tanto:

$\underline{\delta = 90^\circ}$ ← DESVIACIÓN TOTAL QUE SUFRE EL RAYO

---

4. Un rayo luminoso incide en una placa cuadrada de cristal como se ve en la figura. Determinar el índice de refracción del cristal para que se produzca reflexión total interna en la cara vertical.



Como el problema me pide que en la cara ② haya reflexión total, el ángulo de incidencia sobre la cara ② debe ser el ángulo límite. (Pasando un cachito el ángulo límite ya va a haber reflexión total).

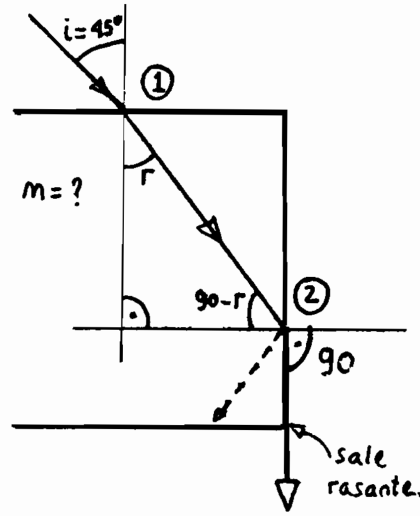
En el punto ① planteo:

$$\frac{\operatorname{sen}\hat{i}}{\operatorname{sen}\hat{r}} = m$$

$$\Rightarrow \frac{\operatorname{sen} 45^\circ}{\operatorname{sen} r} = m$$

o sea:

$$\operatorname{sen} r = \frac{\operatorname{sen} 45^\circ}{m} \quad (1)$$



En la cara ② el ángulo 90-r debe ser el ángulo límite para que se produzca reflexión total, entonces:

$$\frac{\operatorname{sen}(90-r)}{\operatorname{sen} 90^\circ} = \frac{1}{m}$$

$$\Rightarrow \frac{\cos r}{1} = \frac{1}{m}$$

$$\Rightarrow \cos r = \frac{1}{m} \quad (2)$$

En definitiva lo que pasa en cada cara impone una condición al problema.
Aclaro que consideré directamente el índice de refracción absoluto del prisma porque supuse que el medio exterior era aire.

Dividiendo ① y ②: $\frac{\operatorname{sen} r}{\cos r} = \frac{\operatorname{sen} 45^\circ \cancel{m}}{\cancel{m}}$

$$\Rightarrow \operatorname{tg} r = 0{,}707$$

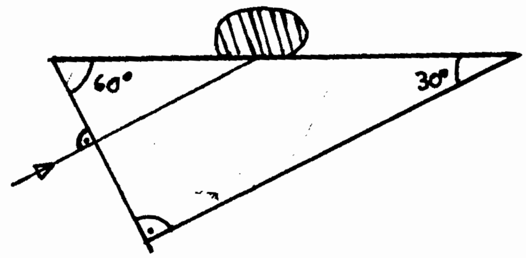
$$\Rightarrow r = 35{,}264^\circ$$

Poniedo este valor de r en la relación ②:

$$\cos r = \frac{1}{m} \Rightarrow m = \frac{1}{\cos 35{,}264^\circ}$$

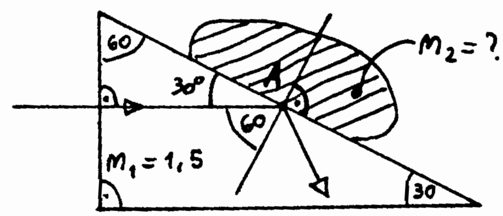
$$\Rightarrow \underline{m = 1{,}22}$$ ← INDICE DE REFRACCIÓN DEL VIDRIO

5- La luz incide normalmente sobre la cara menor de un prisma cuyos ángulos son 30°, 60° y 90°. Sobre la hipotenusa del prisma se coloca una gota de líquido. El índice de refracción del prisma es 1,5. Determinar el índice máximo que puede tener el líquido para que el rayo luminoso se refleje totalmente.



Primero: Fijate que el indice de la gota tiene que ser menor que el del prisma por que sólo se produce reflexión total cuando la luz pasa de un medio de mayor indice a uno de menor indice. (ej: del agua al aire).

segundo: Voy a poner al prisma en una posición mas linda.



considerando los índices absolutos m_1 y m_2 para que haya reflexión total en el punto A el ángulo de 60° debe ser el angulo límite.

Entonces:

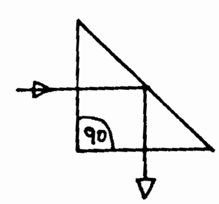
$$\frac{\text{sen } 60°}{\text{sen } 90°} = \frac{m_2}{1,5} \quad \therefore \quad \boxed{m_2 = 1,3}$$

Con cualquier valor menor de índice que 1,3 habrá reflexión total en A, es decir, 1,3 es el índice máximo que puede tener la gota. (Índice absoluto).

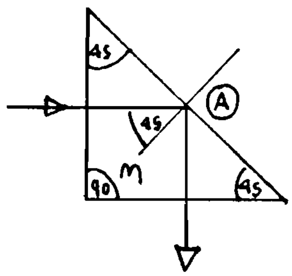
6- ¿Cuál es el valor mínimo del índice de refracción que ha de tener un material transparente para que con él se pueda hacer un prisma de reflexión total de $\omega = 90°$?

Un prisma de reflexión total es un prisma así:

(Este tipo de prisma se usa en los prismáticos).



El valor del índice que voy a hallar es el mínimo para que se cumpla la condición pedida.



con cualquier índice mayor se cumplirá también.

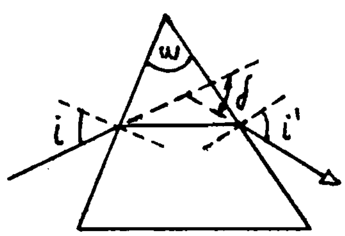
Para que ocurra reflexión total en la cara Ⓐ el angulo de 45° deberá ser el ángulo límite. En las otras caras no hay refracción porque el rayo es perpendicular.

Asi que planteo la condición de ángulo límite en Ⓐ:

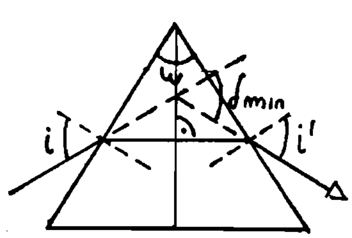
$$\frac{\operatorname{sen} i}{\operatorname{sen} 90^\circ} = \frac{1}{n} \Rightarrow \operatorname{sen} 45^\circ = \frac{1}{n}$$

$$\Rightarrow \underline{n = 1{,}41} \longleftarrow \text{MÍNIMO VALOR DEL INDICE}$$

7_ Un rayo luminoso incide normalmente sobre una de las caras de un prisma y emerge por la cara opuesta. El ángulo refringente del prisma es $\omega = 10°$ y su índice de refracción es $n = 1{,}30$. Determinar el valor del ángulo de desviación mínima.



Cuando un rayo entra en un prisma con un ángulo de incidencia i se desvía y sale con un ángulo i'.
El ángulo que forma el rayo que entró y el rayo que salió se llama desviación (δ). Variando el angulo incidente i, variará la desviación δ. Se puede demostrar _no me acuerdo como_ que para que la desviación δ sea mínima, el ángulo incidente i debe ser igual al ángulo emergente i'. $(i = i' \Rightarrow \delta = \delta_{min.})$.



Pedir que $i = i'$ es lo mismo que pedir que la marcha del rayo adentro del prisma sea ⊥ a la bisectriz del ángulo ω. (Cuando pasa ésto, digo que el rayo pasa simétricamente a través del prisma). Solo cuando cuando la desviación del rayo es mínima vale la fórmula para la desviación mínima.

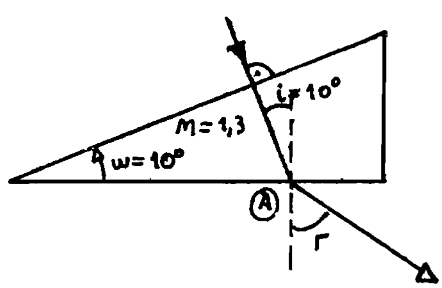
La expresión para la desviación mínima es:

$$m = \frac{\operatorname{sen} \frac{\delta_{min} + w}{2}}{\operatorname{sen} w/2} \qquad \text{(vaya fórmula!)}$$

Todo esto es muy interesante pero en el problema me dicen que el rayo entra normalmente ($\Rightarrow i = 0$) y me piden calcular δ_{min}. Esto esta mal, con $i=0$ δ nunca va a ser mínima.

Por este asunto voy a cambiar la frase: DETERMINAR EL VALOR DEL ÁNGULO DE DESVIACIÓN MINIMA por: <u>DETERMINAR EL VALOR DEL ÁNGULO DE DESVIACIÓN PARA ESE CASO Y EL ÁNGULO DE DESVIACIÓN MÍNIMA DEL PRISMA.</u>

Entonces, si el rayo incide ⊥ a la cara de arriba, planteo:



En Ⓐ: $\frac{\operatorname{sen} i}{\operatorname{sen} r} = \frac{1}{m} \Longrightarrow$

$\operatorname{Sen} r = m . \operatorname{sen} i \qquad r = 13° \; 2' \; 48''$

Si el rayo entró al prisma formando un ángulo de 10° con la cara de abajo y al salir por esta cara forma un ángulo de 13° 2' 48' la desviación del rayo será la resta de estos valores.

$$\delta = 13° \; 2' \; 48'' - 10° \Longrightarrow \underline{\underline{\delta = 3° \; 2' \; 48''}}$$ DESVIACIÓN DEL RAYO.

Para calcular la desviación mínima uso la fórmula choclaza:

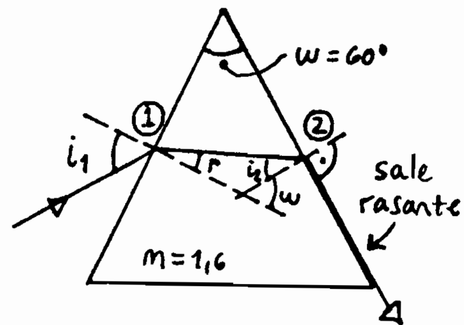
$$m = \frac{\operatorname{sen} \frac{\delta_{min}+w}{2}}{\operatorname{sen} w/2} \Longrightarrow \operatorname{sen} \frac{\delta_{min}+w}{2} = m . \operatorname{sen} \frac{w}{2}$$

$$\Longrightarrow \operatorname{Sen} \frac{\delta_{min}+w}{2} = 1,3 . \operatorname{Sen} \frac{10°}{2} \Longrightarrow \operatorname{Sen} \frac{\delta_{min}+w}{2} = 0,113$$

$$\Longrightarrow \underline{\underline{\delta_{min} = 3° \; 0' \; 41''}}$$ DESVIACIÓN MÍNIMA.

8 -Un prisma tiene un ángulo refringente **ω = 60°** y un índice de refracción n=1,6. a)Cuál es el menor ángulo de incidencia con que un rayo puede penetrar en una cara del prisma y emerger en la otra?.Qué ángulo de incidencia se necesitaría para que el rayo pase simetricamente a través del prisma?.(simetrico respecto a la bisectriz del ángulo **ω**).¿En tal caso,como es la desviación?

Lo que pide la pregunta a) es el ángulo de incidencia i_1 para que el ángulo de incidencia i_2 sea el ángulo límite. Planteo Snell en ②:



$$\frac{\text{sen } i_2}{\text{sen } 90°} = \frac{1}{m} \Rightarrow \text{sen } i_2 = \frac{1}{1{,}6}$$

$$\Rightarrow i_2 = 38° \; 41'$$

otra de las fórmulas del prisma dice que para los ángulos que yo llamé $\underline{r}$ e $\underline{i_2}$ se cumple que:

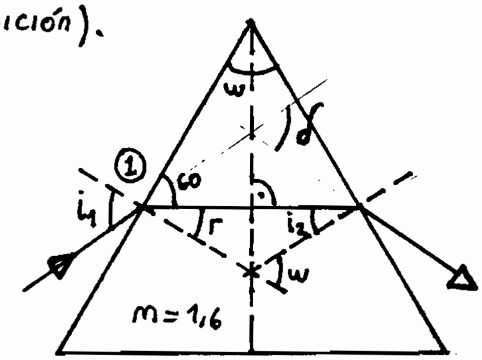
$$r + i_2 = \omega \Rightarrow r = 60° - 38° \, 41'$$

$$\Rightarrow r = 21° \; 19'$$

conociendo $\underline{r}$ calculo i_1 planteando la ley de snell en el punto ①:

$$\text{en ①: } \frac{\text{sen } i_1}{\text{sen } r} = m \Rightarrow \text{sen } i_1 = m \cdot \text{sen } r \Rightarrow \underline{\underline{i_1 = 35° \; 34'}}$$

b) si el rayo pasa simétricamente a través del prisma estoy en el caso de desviación mínima (por definición).



En el punto ① se cumple: $60 + r = 90$

$$\Rightarrow r = 30°$$

Planteo ley de snell en ①

$$\frac{\text{sen } i_1}{\text{sen } r} = 1{,}6 \Rightarrow \underline{\underline{i_1 = 53° \; 8'}}$$

c) usando la fórmula de desviación mínima:

$$\text{sen } \frac{\delta m + \omega}{2} = m \cdot \text{sen } \frac{\omega}{2} \quad , \quad \text{sen } \frac{\delta m + \omega}{2} = 1{,}6 \text{ sen } \frac{60}{2}$$

Despejo δ_{min}: $\underline{\underline{\delta_{min} = 46° \; 15{,}5'}}$

ASIMOV

2 ÓPTICA

TEORÍA Y PROBLEMAS

ESPEJOS ESFERICOS _ DIOPTRAS

POR ANÍBAL

RESUMEN DE LA TEORÍA DE ESTE APUNTE

DIOPTRAS

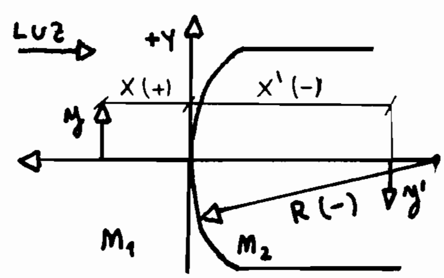
$$\boxed{\frac{n_2 - n_1}{R} = \frac{n_2}{x'} - \frac{n_1}{x}}$$

FÓRMULA GENERAL DE LAS DIOPTRAS ESFÉRICAS.

$$\boxed{A = \frac{y'}{y} = \frac{x' \, n_1}{x \, n_2}}$$

AGRANDAMIENTO LATERAL EN LAS DIOPTRAS ESFÉRICAS.

sentido positivo contrario a la luz incidente. n_1 es el medio del cual partió el rayo. n_2 es el medio al cual llegó. Si la dioptra es plana $R = \infty$ y $A = +1$.



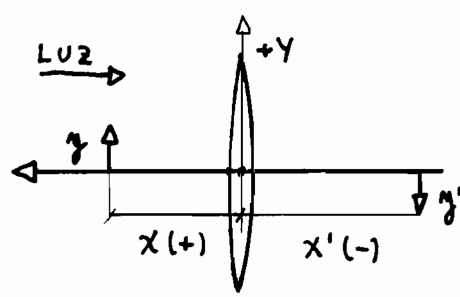
LENTES

$$\boxed{\frac{1}{f} = \frac{1}{x} - \frac{1}{x'}}$$

FÓRMULA DE DESCARTES.

$$\boxed{A = \frac{y'}{y} = \frac{x'}{x}}$$

AUMENTO LATERAL



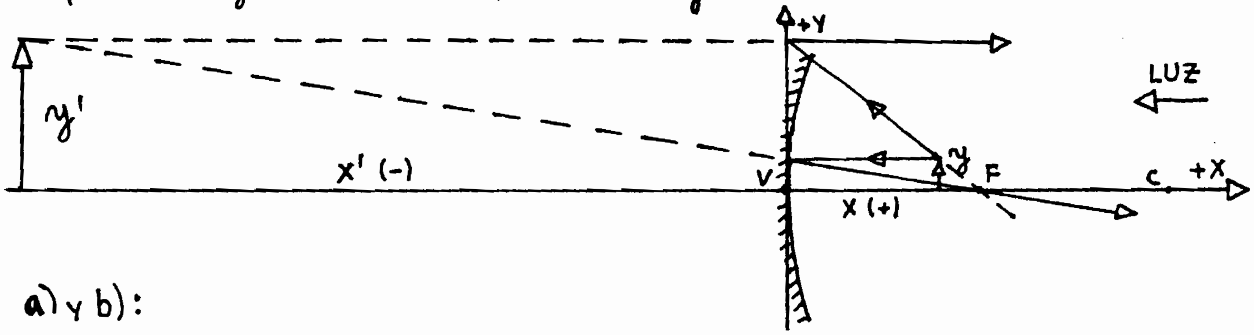
$$\boxed{\frac{1}{f} = \frac{n - n_0}{n_0} \left[\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}\right]}$$

FORMULA GENERAL DE LAS LENTES DELGADAS.

PROBLEMAS DE ESPEJOS ESFÉRICOS:

9. Un objeto de 4 cm. de altura está situado a 20 cm. de un espejo esférico cóncavo de radio de curvatura R = 50cm. sobre su eje principal y normal a éste. Determinar: a) la ubicación de la imágen; b) ¿es real o virtual? c) el tamaño de la imagen.

En todos los problemas de óptica es fundamental hacer el esquema y resolver el problema gráficamente.



a) y b):

Para resolverlo analíticamente aplico Descartes:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{x'} \qquad f = +25\text{ cm} ,\quad x = +20\text{ cm} ,\quad y = +4\text{ cm}$$

$$\frac{1}{25} = \frac{1}{20} + \frac{1}{x'} \implies \boxed{x' = -100\text{ cm}}$$ signo ⊖ indica im. virtual

c) TAmaño de la imagen:

$$\frac{y'}{y} = -\frac{x'}{x} \implies \frac{y'}{4} = -\frac{-100}{20} \implies \boxed{y' = 20\text{ cm}}$$ Derecha.

---

10. Determinar el radio de curvatura de un espejo esférico que produce una imagen de tamaño doble que el del objeto cuando éste se coloca a 60 cm. del mismo.

Hay varias cosas que el problema no aclara: ¿el espejo es cóncavo o convexo? La imagen tiene el doble del tamaño pero... ¿es derecha o invertida?

Trabajo por tanteo suponiendo siempre un objeto real.

Caso 1

Supongo imagen derecha de tamaño doble. Eso quiere decir:

$$Y' = 2Y \quad y \quad X' = +60\text{ cm}$$

Me dicen que el tamaño de la imagen es el doble del objeto.

Planteo entonces la expresión del aumento con $y' = 2y$:

$$\frac{y'}{y} = -\frac{x'}{x} \;\underset{(y'=2y)}{=\!=} \; \frac{2y}{y} = -\frac{x'}{x}$$

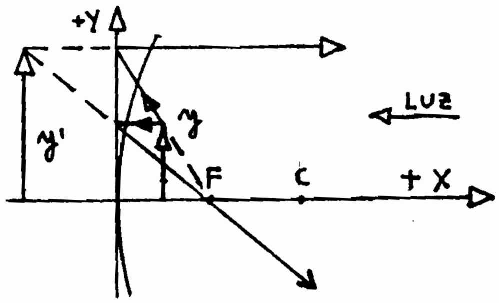
$$\Rightarrow 2x = -x'$$

$$\Rightarrow x' = -120 \text{ cm}$$

conociendo ahora $x = 60$ cm y $x' = -120$ cm calculo el foco del espejo.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{x'} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{60} + \frac{1}{-120} \Rightarrow f = +120 \text{ cm}$$

como el foco dió positivo significa que el espejo es cóncavo. El radio será 2 veces la distancia focal ∴



$\boxed{R = 240 \text{ cm}}$ (Espejo cóncavo)

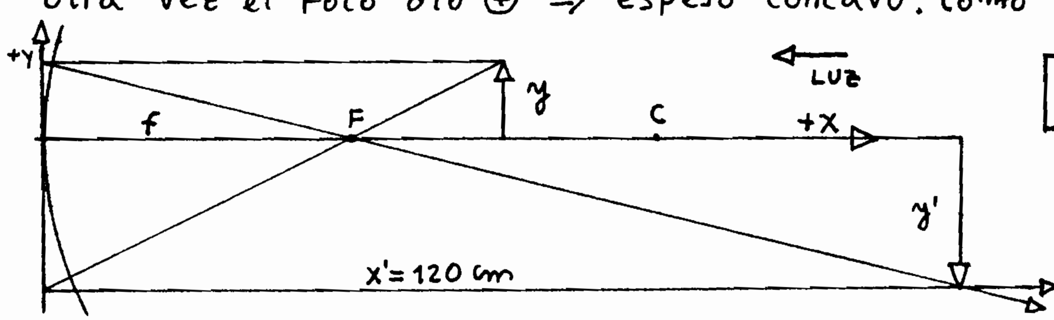
<u>CASO 2</u>: supongo imagen invertida de tamaño doble.

$x = +60$ cm , $y' = -2y$

$$\frac{y'}{y} = -\frac{x'}{x} \Rightarrow \frac{-2\cancel{y}}{\cancel{y}} = -\frac{x'}{x} \qquad x' = 2x \qquad x' = +120 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{x'} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{60} + \frac{1}{120} \Rightarrow f = +40 \text{ cm.}$$

otra vez el foco dio ⊕ ⇒ espejo cóncavo. como $R = 2f$:



$\boxed{R = 80 \text{ cm}}$

Espejo concavo

11- Un espejo esférico tiene 0,80m. de distancia focal. a) ¿A qué distancia del mismo debe colocarse un objeto para obtener una imágen real aumentada 3 veces? b) ¿y para que la imagen sea 3 veces menor? ojo

Como la distancia focal es ⊕ el espejo es cóncavo.
me dicen que la imagen es 3 veces más grande pero no me dicen si es derecha o invertida!
para solucionar el asunto voy a considerar las 2 posibilidades:
caso 1 supongo imagen derecha:

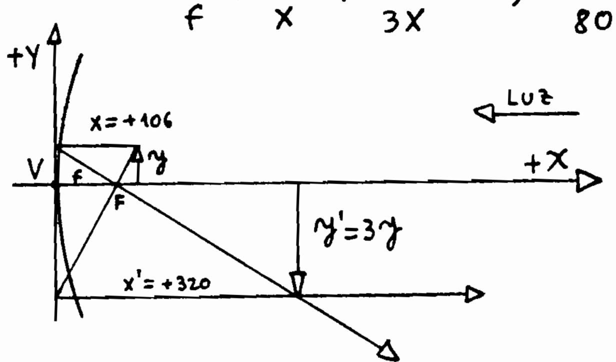
$$\frac{y'}{y} = 3 \Rightarrow 3 = \frac{-x'}{x} \Rightarrow 3X = -x'$$ ah no! ya la pifié!

si el objeto es real va a tener que estar colocado delante del espejo, es decir x va a tener que ser positiva.
Ahora si la imagen también tiene que ser real (lo pide el problema) ⇒ x' deberá ser tambien positiva.
La relación $3x = -x'$ me dice que una de las 2 (o x o x') deberá ser negativa, así que esta relación es incompatible con lo que pide el problema. ⇒ chau, la descarto.

caso 2 supongo imagen invertida.

$$\frac{y'}{y} = -3 \Rightarrow -3 = -\frac{x'}{x} \Rightarrow 3X = x'$$ (ahora sí)

Descartes: $\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{3x}$, $\frac{1}{80} = \frac{4}{3x}$ ⇒ $\boxed{x = 106{,}66\ cm}$

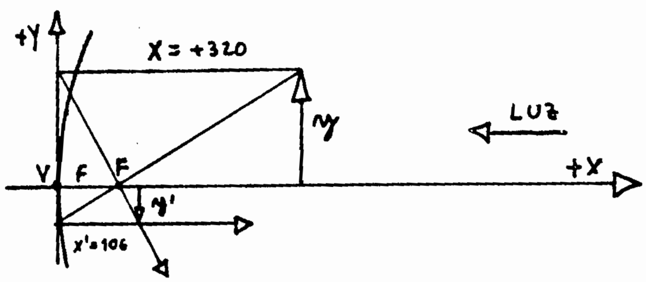


← MARCHA DE RAYOS

b)_ Imagen 3 veces menor. supongo que la imagen da invertida por que sé que el otro caso es imposible.

$$\frac{y'}{y} = -\frac{1}{3} \Rightarrow -\frac{1}{3} = -\frac{x'}{x} \Rightarrow x = 3x'$$

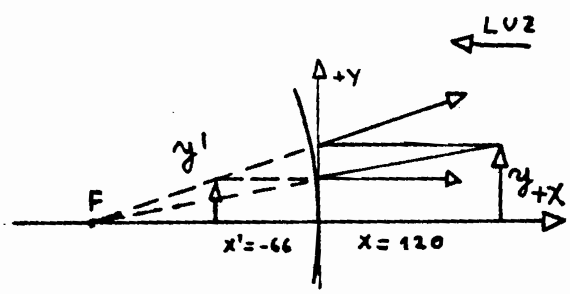
$$\frac{1}{80} = \frac{1}{x} + \frac{1}{x/3} \Rightarrow \frac{1}{80} = \frac{4}{x} \Rightarrow \boxed{x = 320 \text{ cm}}$$



12_ **Un espejo esférico convexo tiene una distancia focal f = 1,48m. se coloca un objeto de 50 cm. de altura a 1,20m. del espejo. Determinar la posición y el tamaño de la imágen. Construir el gráfico en escala y hacer la marcha de los rayos.**

como me dicen que el espejo es convexo la distancia focal será en realidad $f = -1,48$ m. Aplico Descartes:

$$\frac{1}{-148} = \frac{1}{120} + \frac{1}{x'} \Rightarrow \underline{\underline{x' = -66,27 \text{ cm}}}$$



$$\frac{y'}{y} = \frac{-x'}{x} \Rightarrow y' = y \cdot \frac{(-x')}{x}$$

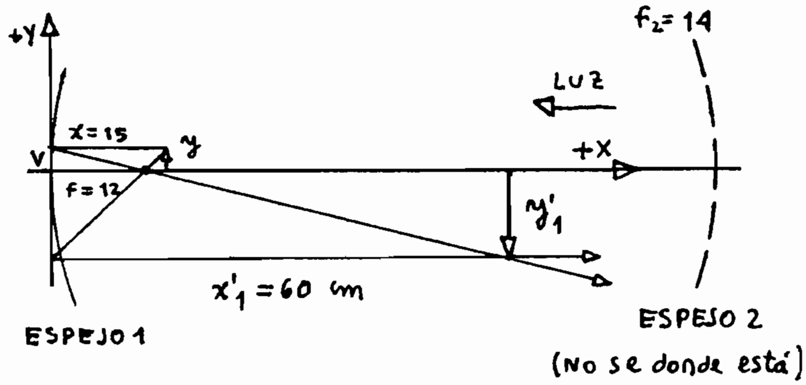
$$y' = 50 \cdot \frac{66,27}{120} \Rightarrow \underline{\underline{y' = 27,6 \text{ cm}}}$$

1 cm del gráfico = 0,5 m

* NOTA: si querés hacer los gráficos con exactitud los rayos que salen del objeto deben pegar en el eje +Y y NO en la sup. del espejo. Esto es equivalente a trabajar con un espejo de pequeña abertura.

13- **Dos espejos cóncavos de distancias focales $f_1 = 12$ cm. y $f_2 = 14$ cm. se colocan con sus superficies reflectoras enfrentándose. Un punto luminoso se ubica a 15 cm. del primer espejo y se ajusta la posición del segundo hasta que una única imágen real se forma en coincidencia con el objeto. En ese caso ¿cuál es la distancia entre los dos espejos?**

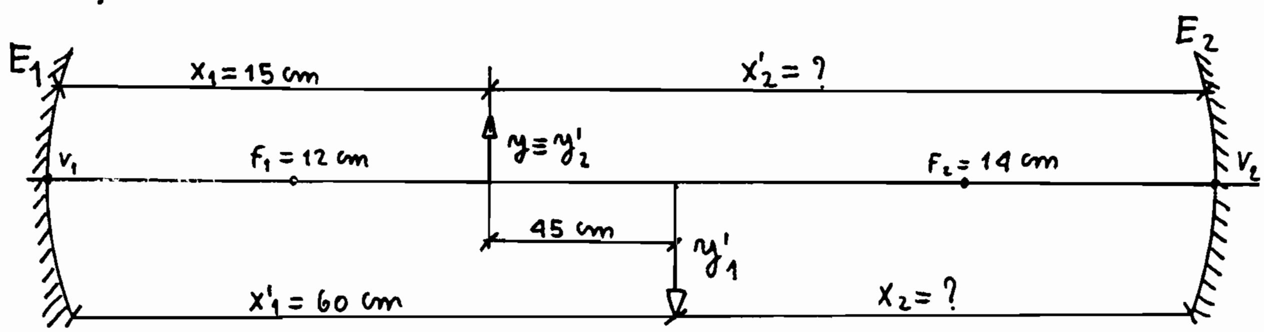
1ero me fijo donde da la imagen del objeto dada por el 1er espejo:



$$\frac{1}{12} = \frac{1}{X_1} + \frac{1}{X'_1}$$

$$X'_1 = +60 \text{ cm.}$$

Esta imagen y'_1 que hallé funciona como objeto para el 2do espejo y la imagen que el espejo 2 dé de y'_1 (y'_2) coincidirá con la posición del objeto.



Planteo Descartes para el 2do espejo:

$$\frac{1}{14} = \frac{1}{X_2} + \frac{1}{X'_2}$$ No conozco ni X_2 ni X'_2 pero mirando

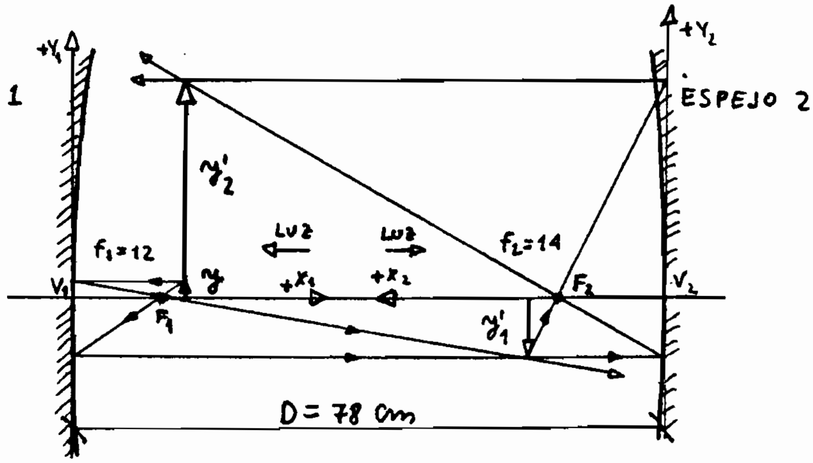
el dibujito veo que $X'_2 = X_2 + 45$ cm, entonces

$$\frac{1}{14} = \frac{1}{X_2} + \frac{1}{X_2+45} \implies \frac{1}{14} = \frac{X_2+45+X_2}{X_2(X_2+45)}$$

$$X_2^2 + 45X_2 = 14X_2 + 45.14 + 14X_2$$

$$X_2^2 + 17X_2 - 630 = 0 \longrightarrow X_{2_1} = 18 \text{ cm} \ ; \ X_{2_2} = \ominus 35 \text{ cm}$$

como la separación entre los espejos es $60\ cm + X_2$ será:
$D_1 = 78\ cm$, $D_2 = 25\ cm$. Ahora voy a ver si las 2 respuestas son soluciones físicas:

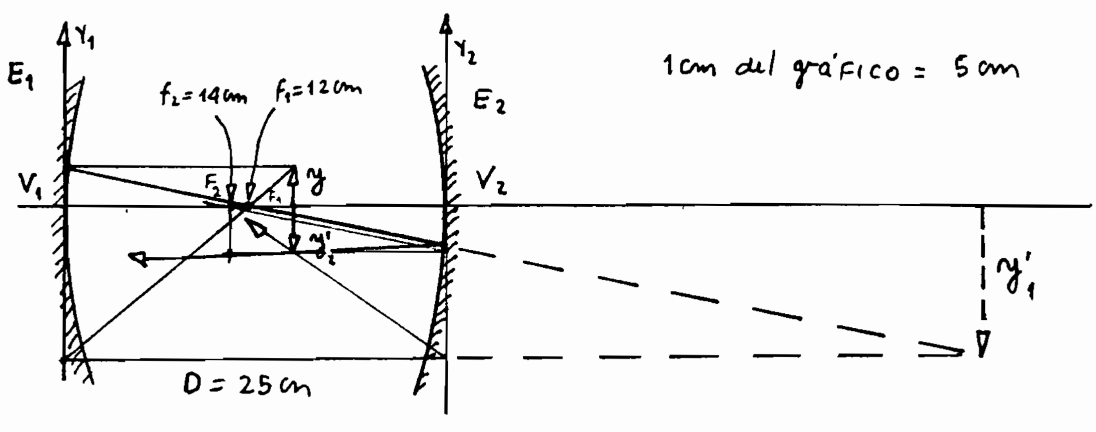


CON D=78 cm

1 cm del gráfico son 10 cm.

veo con el dibujito que D=78 cm es solución física, lo que pasa es que se forman 2 imágenes reales (y'_1 e y'_2) entre los 2 espejos en vez de 1 sola imagen real como pedía el problema, luego NO es solución.

Voy a ver que pasa con D = 25 cm:



1 cm del gráfico = 5 cm

D = 25 cm es solución física y cumple la condición de que haya una única imagen real coincidiendo con el objeto, ∴ D = 25 cm es solución.

ENTONCES:

D = 25 cm ⟵ DISTANCIA ENTRE LOS ESPEJOS

DIOPTRAS (Mucho cuidado)

Mirá, el tema este de dioptras es bastante complicadito. Los problemas de la guía no son en sí muy muy difíciles pero en el parcial tranquilamente te pueden tomar un problema medio rebuscado y te puedo asegurar que no lo sacás.

Por lo tanto aceptá mi sugerencia:

1ero - Dale una buena leida a la teoría.

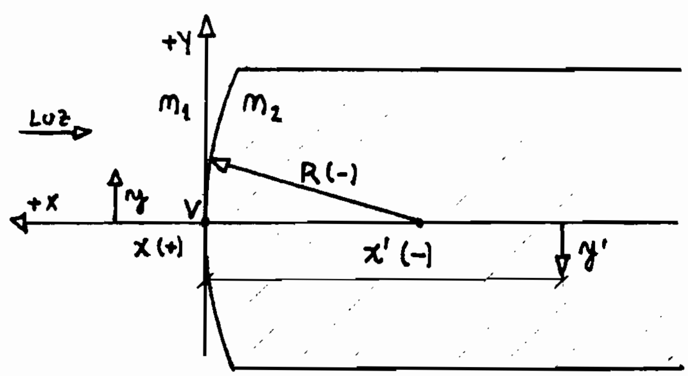
2do - En lo posible hacé todos los problemas de la guía.

3ero - Hacé los problemas pensando y con el dibujito de la marcha de rayos. Ningún problema es solo cuestión de aplicar la fórmula. 4ato - Toda la tanga de dioptras está en saber aplicar la convención de signos. Leela y releela hasta que la sepas perfectamente.

Acá va algo de teoría.

Una dioptra es la superficie que separa 2 medios que tienen ≠ indice. (Por ejemplo la superficie de una burbuja de aire que esta abajo del agua).

Si pongo un objeto luminoso o iluminado delante de una dioptra y quiero saber donde dá la imagen uso la fórmula general de las dioptras.



convenciones

sentido positivo contrario a la luz incidente contado a partir del vértice. Eje +Y hacia arriba. n_1 es siempre el medio del cual partió el rayo y n_2 es el medio al cual llegó. (ojo con esto).

$$\boxed{\frac{n_2 - n_1}{R} = \frac{n_2}{x'} - \frac{n_1}{x}}$$

FÓRMULA GENERAL DE LAS DIOPTRAS ESFERICAS.

En las dioptras también hay aumento lateral. Se calcula con la siguiente fórmula:

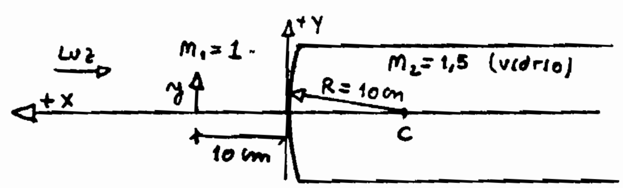
$$\boxed{A = \frac{y'}{y} = \frac{x' n_1}{x\, n_2}}$$ ← AGRANDAMIENTO LATERAL EN LAS DIOPTRAS ESFÉRICAS

OTRAS TANGAS:

Cuando una dioptra hace que los rayos se acerquen al eje ppal. digo que es convergente. Una dioptra es convergente cuando el centro de curvatura esta en el medio de mayor indice. (ej. una pelota de vidrio sumergida en aire) Una dioptra divergente sería por ejemplo una burbuja de aire sumergida en agua. El hecho de que la dioptra sea convergente o divergente es independiente del sentido de incidencia de la luz. Los problemas de dioptras no se resuelven nunca geométricamente (es decir trazando rayos que entran paralelos y rayos que pasan por el foco). Sin embargo lo podés hacer perfectamente si determinás los focos de la dioptra (tenés que hacer en la fórmula $x = \infty$ o $x' = \infty$). Los focos equidistan del punto medio del radio de curvatura.

un ejemplito

Hallar la posición de la imagen del objeto y.



Como $n_2 > n_1$ y como C se encuentra en n_2, la dioptra es convergente. Aplico la fórmula de las dioptras:

$$\frac{n_2 - n_1}{R} = \frac{n_2}{x'} - \frac{n_1}{x} \qquad \text{siendo:} \begin{cases} x = +10 \text{ cm} \\ R = -10 \text{ cm (ojo!)} \end{cases}$$

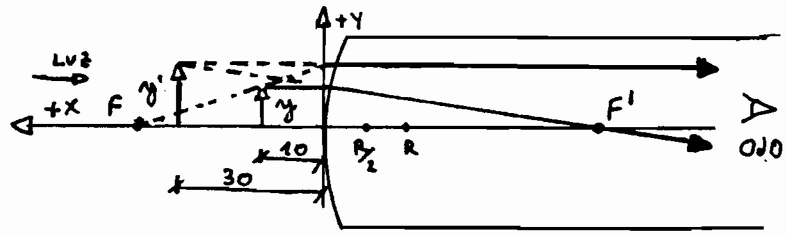
$$\frac{1,5 - 1}{-10} = \frac{1,5}{x'} - \frac{1}{10}$$

Despejando x':

$$\underline{x' = +30 \text{ cm}}$$

Hago un esquema de lo que hallé sin calcular la posición de los Focos pero sabiendo que equidistan de $\frac{R}{2}$:

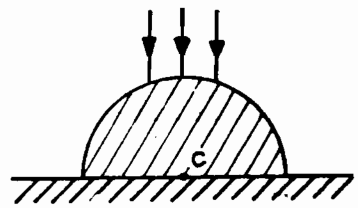
Fijate que dado el sentido de incidencia de la luz, para poder ver la imagen yo debería estar metido adentro de la dioptra. (Atencion).



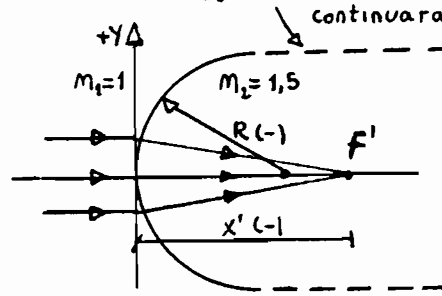
y' es virtual.

PROBLEMAS DE DIOPTRAS

1) - Una semiesfera de vidrio de 10 cm. de radio e índice de refracción $n = 1,5$ se coloca con su cara plana sobre una mesa. Un haz luminoso de rayos paralelos, de 0,785 cm^2 de sección transversal, incide verticalmente y penetra en la semiesfera, según su diámetro. Determinar el diámetro del círculo luminoso formado en la mesa.



La semiesfera es una dioptra convergente. Como los rayos son //, el objeto debe estar en el ∞. Me fijo donde daría la imagen aplicando la formula de dioptras:



$$\frac{n_2-n_1}{R}=\frac{n_2}{x'}-\frac{n_1}{x}$$

como $x=\infty$ y $R=-10$ cm (ojo!)

$$\frac{1,5-1}{-10}=\frac{1,5}{x'}-\cancel{\frac{1}{\infty}} \implies x'=-30 \text{ cm}$$

Este resultado significa: si el vidrio continuara, la imagen se formaría a -30 cm. (Entre paréntesis el punto hallado es el Foco imagen de la dioptra por que $x=\infty$).

El asunto es que el vidrio no continua y la imagen se forma sobre la mesa.

Como la sección del haz es 0,785 cm^2, su radio va a ser:

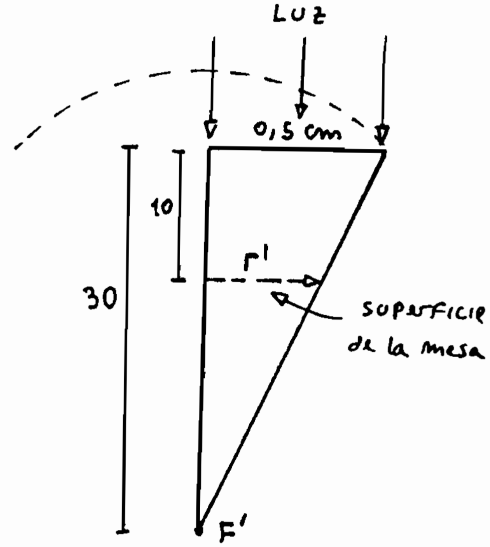
$\pi . r^2 = 0,785 \text{ cm}^2 \quad \Rightarrow \quad r = 0,5 \text{ cm}$

Trabajo ahora por semejanza de Δ.

hago:

$$\frac{0,5 \text{ cm}}{30 \text{ cm}} = \frac{r'}{20 \text{ cm}}$$

$\therefore \quad r' = 0,\hat{3} \text{ cm}$



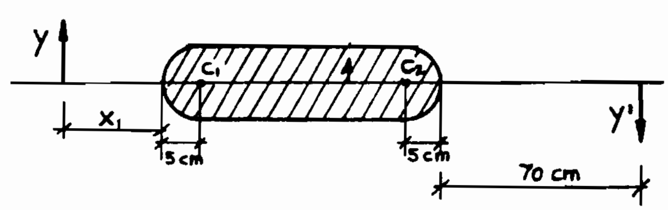
El diámetro del haz será el doble.

Implica x 2 multiplico:

$\underline{\underline{D = 0,\hat{6} \text{ cm}}}$ ← DIÁMETRO DEL CÍRCULO.

---

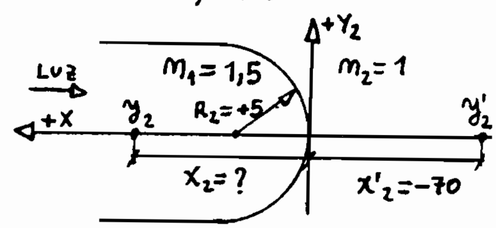
2) - **Una barra de vidrio de longitud L = 40 cm. e índice n = 1,5, se redondea en ambos extremos hasta formar superficies semiesféricas de 5 cm. de radio.**
¿A qué distancia de un extremo debe colocarse un objeto para que su imagen se forme a 70 cm. del otro extremo?



Este problema hay que hacerlo con cuidado. Primero voy a calcular donde debería estar colocado un objeto adentro del vidrio para que su imagen dé a 70 cm afuera. (Ojo con esto).
Después voy a considerar que este objeto es la imagen que la primera dioptra da del objeto original. (ojo con esto). Planteo:

$$\frac{m_2 - m_1}{R_2} = \frac{m_2}{x_2'} - \frac{m_1}{x_2}$$

$$\frac{1 - 1,5}{+5} = \frac{1}{-70} - \frac{1,5}{x_2} \Rightarrow \boxed{X_2 = 17,5 \text{ cm}}$$



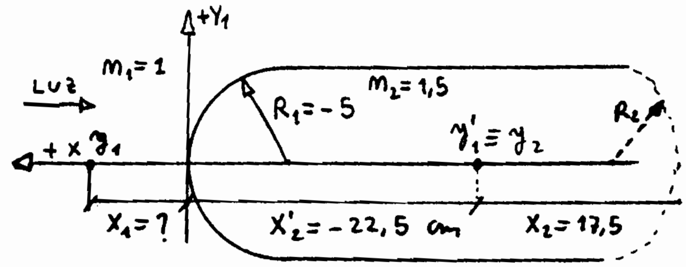
Este objeto y_2 es entonces LA IMAGEN de un objeto y_1 que esta afuera del vidrio. Antes de volver a aplicar dioptras tengo que referir todas las distancias a la 1era cara:

Como la barra mide 40 cm la distancia X'_1 sera: $X'_1 = 40-17,5$

$\Rightarrow X'_1 = 22,5$ cm atrás del eje $+Y_1$ o sea : $\boxed{X'_1 = -22,5 \text{ cm}}$

otra vez planteo dioptras

Pero refiriendo todo al eje Y_1:



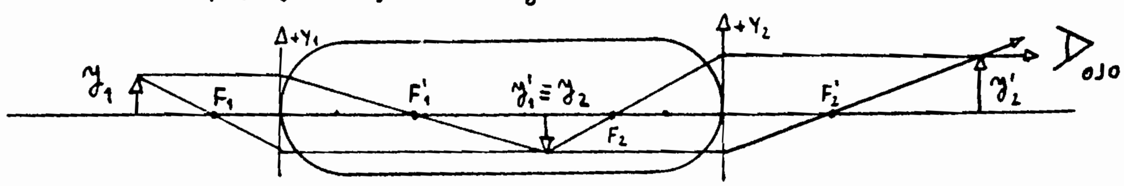
$$\frac{m_2 - m_1}{R} = \frac{m_2}{x'} - \frac{m_1}{x}$$

En este caso:

$$X_1 = ? \quad , \quad R = -5 \text{ cm} \quad y \quad X'_2 = -22,5 \text{ cm}$$

$$\therefore \quad \frac{1,5 - 1}{-5} = \frac{1,5}{-22,5} - \frac{1}{x_1} \quad \Rightarrow \quad \boxed{X_1 = +30 \text{ cm}}$$

La marcha de rayos (a ojo) será algo asi:



---

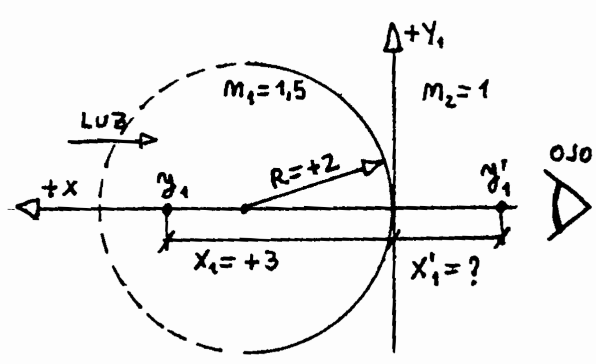
3) - En el interior de una esfera transparente de vidrio, de 4 cm. de diámetro e índice $n = 1,5$ se encuentra incrustada una partícula a 1 cm de la superficie. Determinar la posición y aumento lateral de la imagen de la misma producida por los rayos paraxiales que parten de ella,

a) hacia el centro.

b) alejándose del centro, radialmente.

Este problema es papõnio, así que no perdamos tiempo. Dibujito, fórmula y chau.

caso a) - Hacia el centro



$$\frac{1 - 1,5}{+2} \quad \frac{1}{x'_1} - \frac{1,5}{+3}$$

$\boxed{X'_1 = 4 \text{ cm}}$

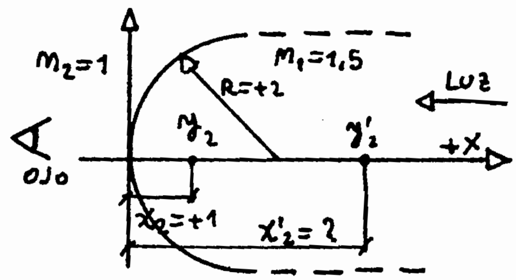
Yo creía que y'_1 iba a dar a la derecha del eje $+Y_1$ pero me equivoqué. Al dar X'_1 positiva significa que está 4 cm a la izquierda. (ya te dije que dioptras era un tema difícil). El resultado me dice que el tipo que mira de afuera ve la partícula mas alejada de la sup. del vidrio de lo que en realidad está.

¿La imagen es + grande o mas chica que el objeto? Veamos:

$$A = \frac{y'}{y} = \frac{n_1\, x'}{n_2\, x} = \frac{1{,}5 \cdot 4}{1 \cdot 3} = +2 \quad \Rightarrow \quad \boxed{A = +2}$$ (El doble de grande)

caso b)

$$\frac{1 - 1{,}5}{2} = \frac{1}{x'_2} - \frac{1{,}5}{+1} \quad \Rightarrow \quad \boxed{x'_2 = +0{,}8 \text{ cm}}$$



⇒ otra vez me equivoqué. Pensé que la imagen iba a dar + alejada (como en el caso a) y dio + cerca. (UFA!)

Que se le va a hacer, ERRAR HUMANUM EST!

Veamos si la imagen es + grande que el objeto o que. Como en este problema todo va al revés del pepino, si en el caso a) la imagen dió + grande ahora seguro va a dar + chica.

$$A_2 = \frac{y'}{y} = \frac{n_1\, x'}{n_2\, x} = \frac{1{,}5 \cdot 0{,}8}{1 \cdot 1} = +1{,}2 \qquad \boxed{A_2 = +1{,}2}$$

MALDITO SEA, DIÓ MAS GRANDE!

---

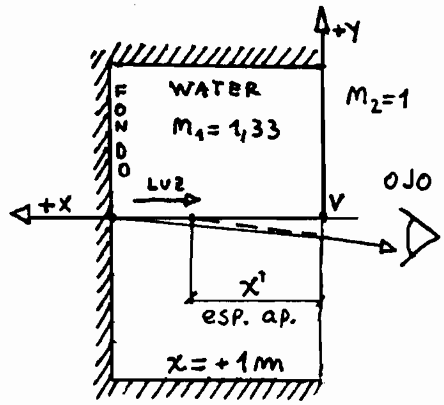
4) - **Una capa de eter (n_e = 1,36) de 2 cm. de espesor flota sobre una capa de agua (n_a = 1,33) de 4 cm. de espesor. ¿Cuál es la distancia aparente desde la superficie del éter al fondo de la capa de agua para un observador que mira desde arriba, con incidencia normal?**

Suponete que hay una pileta llena de agua de un metro de profundidad. Si a vos se te ocurre mirar el fondo de manera ⊥ a la superficie en vez de verlo a 1 m lo vas a ver a 0,75 m. (más cerca).

Este asunto tan extraño ellos lo explican así:

Ellos dicen:

La superficie del agua es plana, pero yo puedo considerar un plano como una superficie esférica de radio infinito, así que reemplazando en la fórmula:



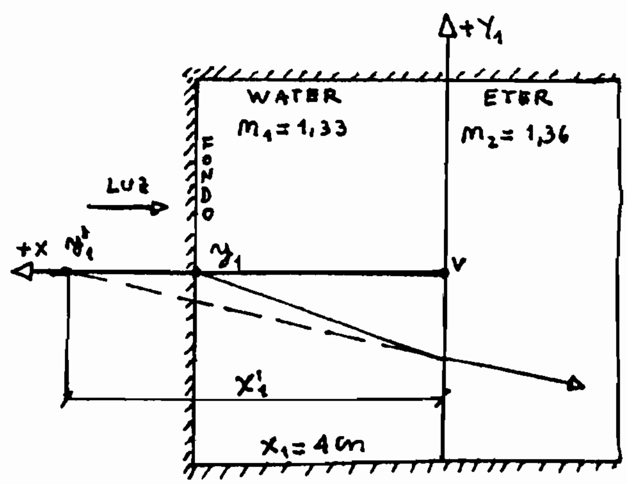
$$\frac{n_2}{x'} - \frac{n_1}{x} = \frac{n_2 - n_1}{\cancel{R}}_{\,0} \qquad (R = \infty)$$

Es decir: $\frac{n_2}{x'} = \frac{n_1}{x} \implies x' = x \cdot \frac{n_2}{n_1}$, $\boxed{x' = 0,75\ x}$

¿ Esta imagen será + chica o + grande que el objeto ?

veamos: $A = \frac{y'}{y} = \frac{n_1\, x'}{n_2\, x} = \frac{1,33 \cdot 0,75\ x}{1 \cdot x} = +1$ implica: la imagen es de igual tamaño que el objeto. (sin embargo cuando yo mire la voy a ver "mas grande" por que va a estar + cerca de mi ojo).

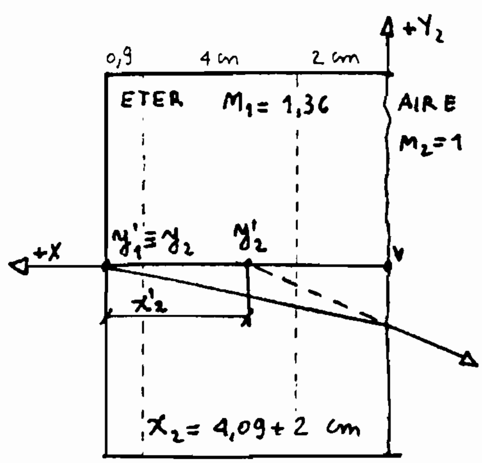
Aplico todo este asunto al problema:
Me fijo donde da la imagen la 1era dioptra que es la superficie de separación agua-eter:



$$\frac{n_2}{x'_1} - \frac{n_1}{x_1} = \underbrace{\frac{n_2 - n_1}{\cancel{R}}}_{0} \quad (R = \infty)$$

$\therefore \quad x'_1 = x_1 \cdot \frac{n_2}{n_1} \qquad \boxed{x'_1 = 4,09\ cm}$

La 1ra dioptra hace que el fondo parezca más profundo. Resultado raro pero lógico. Fijate que al salir del agua el rayo se acerca a la normal (Esto pasa porque $n_2 > n_1$).



Para la 2da dioptra:

$$x'_2 = x_2 \frac{m_2}{m_1} \Rightarrow x'_2 = 6{,}09 \text{ cm } \frac{1}{1{,}36}$$

$$\Rightarrow x'_2 = 4{,}478 \text{ cm}$$

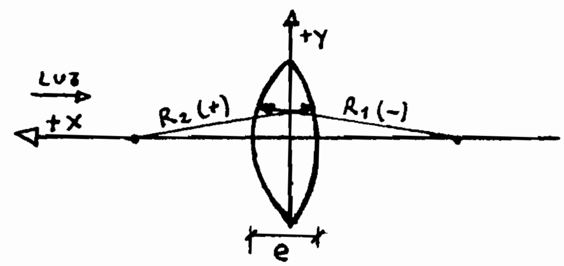
Por lo tanto:

$$\underline{e = x'_2 = 4{,}478 \text{ cm}} \leftarrow \text{ESPESOR APARENTE}$$

---

5)-Hallar el espesor aparente de una lente biconvexa de radios 40 cm y 60 cm, espesor 1 cm, índice de refracción 1,5, vista desde la cara de mayor curvatura y desde la cara de menor curvatura.

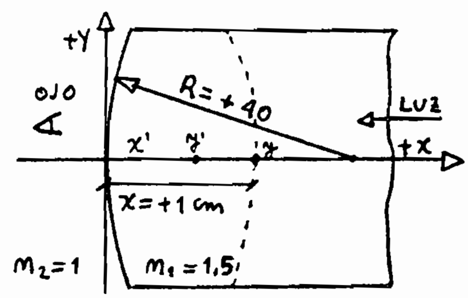
En este problema interviene una lente pero es de dioptras. Una lente está formada por 2 dioptras puestas juntas así. →



La cara de mayor curvatura (la que esta más curvada) es la que tiene menor radio de curvatura.

Dioptras planteo:

$$\frac{m_2 - m_1}{R} = \frac{m_2}{x'} - \frac{m_1}{x}$$



$$\frac{1 - 1{,}5}{40} = \frac{1}{x'} - \frac{1{,}5}{1}$$

$$\Rightarrow \underline{x' = 0{,}6723 \text{ cm}}$$

Esta distancia x' a la cual yo veo la imagen de un objeto colocado a 1 cm es el espesor aparente.

Mirando desde la otra cara tendría que hacer el mismo dibujito anterior solo que el radio sería de +60 cm.

Entonces:

$$\frac{1 - 1{,}5}{60} = \frac{1}{x'} - \frac{1{,}5}{1}$$

$$\Rightarrow \underline{x' = 0{,}6704 \text{ cm}} \leftarrow$$

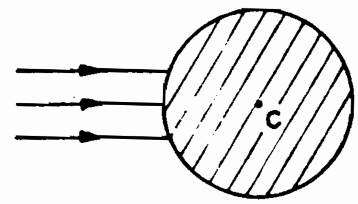
ESPESOR DE LA LENTE VISTA DESDE LA CARA DE R = 60 cm

---

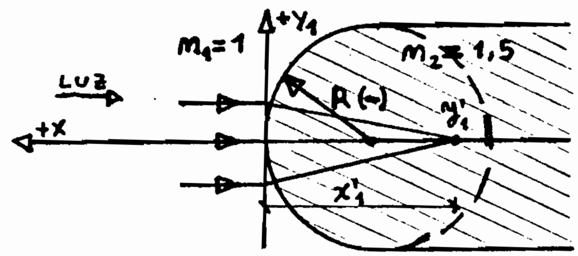
6)- Un haz de rayos paralelos incide sobre una esfera de vidrio maciza, en dirección radial. El índice de refracción de la esfera es $n = 1,5$. Los rayos, después de atravesar la esfera, convergen en un punto situado a 2 cm. fuera de ésta.

a) ¿Cuál es el radio de la esfera?

b) ¿Cuál debería ser su índice de refracción para que los rayos convergieran en el vértice de la superficie opuesta a la de incidencia?



1ero veo a donde va a parar la luz que llega a la 1era dioptra:

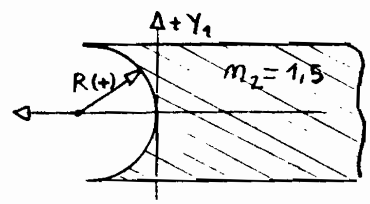


$$\frac{m_2 - m_1}{R} = \frac{m_2}{x'_1} - \frac{m_1}{x_1}$$

1era trampa:

x vale ∞ por que los rayos son //. x'_1 no sé, es incógnita. Pero el asunto es R. R también es incógnita pero al ponerlo en la ecuación lo tengo que poner con signo negativo. Lo que no se conoce de antemano es cuanto vale R, pero si conozco su signo. (En esta caen todos).

Si en la ecuación ponés a R con signo ⊕, ella interpreta esto

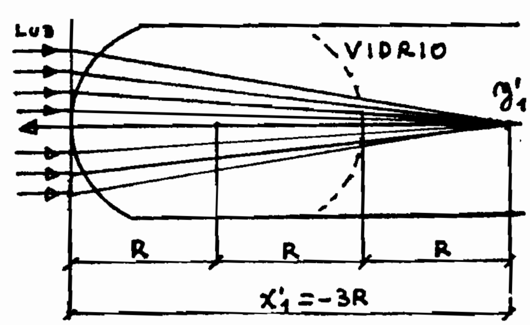


Entonces:

$$\frac{1,5-1}{-R} = \frac{1,5}{x'_1} - \cancel{\frac{1}{\infty}} \quad \therefore \quad \boxed{x'_1 = -3R}$$

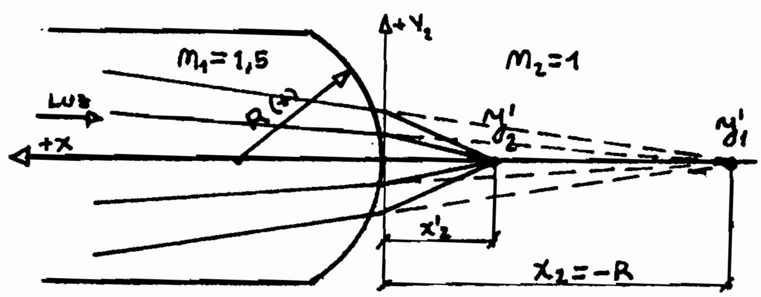
Gráficamente se entiende así:

El resultado $x'_1 = -3R$ me indica que si no estuviera la parte de atrás de la esfera la imagen se formaría a 3R atrás de la 1er superficie curva.



Hasta acá está todo bien. Pero el asunto no termina ahí.
Como existe la segunda superficie esférica, la imagen no se va a formar a $-3R$ sinó que esta imagen y'_1 dada por la 1ser dioptra funciona como OBJETO para la 2eda dioptra. Este asunto es muy importante por que este es el principio de funcionamiento de las lentes.
Vamos ahora a la 2da trampa de este problema.

Ahora tengo que medir todo a partir del eje Y_2, de manera que la distancia x_2 NO valdrá $-3R$ sinó $-R$.
Esto pasa porque a la distancia $3R$ hay que restarle $2R$ que es la separación entre los ejes Y_1 e Y_2.
Acá caes seguro si no hiciste un dibujo parecido a este:



Planteo entonces la ecuación de dioptras considerando:

$$\text{Radio} = +R$$
$$x_2 = -R$$
$$x'_2 = -2\text{ cm (Dato)}$$

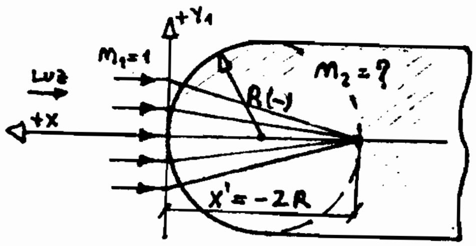
$$\frac{1-1{,}5}{R} = \frac{1}{-2} - \frac{1{,}5}{-R}$$

$\Rightarrow \underline{R = 4\text{ cm}} \leftarrow$ RADIO DE LA ESFERA

caso b)

Ahora quiero que la imagen se forme justo en la parte de atrás de la esfera. Una vez más planteo la ecuacion general para las dioptras esféricas.

El dibujo correspondiente es este:



← MARCHA DE RAYOS EN EL CASO b).

De acuerdo a esto:

$$\frac{n_2 - n_1}{R} = \frac{n_2}{x'} - \frac{n_1}{x}$$

$$\Rightarrow \frac{n_2 - 1}{-R} = \frac{n_2}{-2R} - \cancel{\frac{n_1}{\infty}} \qquad (x = \infty)$$

$$\Rightarrow 2n_2 - 2 = n_2$$

$$\Rightarrow \underline{n_2 = 2} \quad \leftarrow$$ INDICE DE REFRACCIÓN EN EL CASO b).

Lo único que vale la pena aclarar acá es que te fijes que el índice de refracción para que se cumpla lo pedido <u>NO</u> depende del radio.

FIN DIOPTRAS

ASIMOV

3 ÓPTICA

LENTES

TEORÍA Y PROBLEMAS

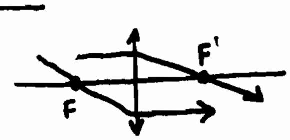
Por Aníbal

RESUMEN DE LA TEORÍA DE ESTE APUNTE.

LENTES

Una lente es un pedazo de vidrio con las caras redondeadas. De acuerdo a si estas caras son concavas o convexas, la lente será convergente o divergente. (Esta propiedad no depende del sentido de incidencia de la luz).

MARCHA DE RAYOS



RAYO QUE:

1) ENTRA PARALELO, SALE POR EL FOCO.
2) ENTRA POR EL FOCO, SALE //.
3) PASA POR EL C.O., NO SE DESVÍA.

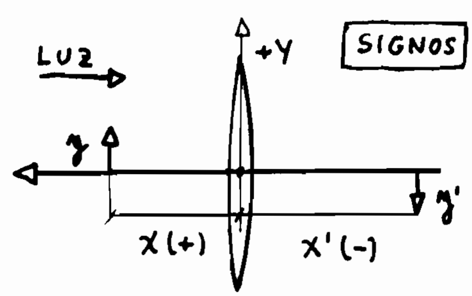
ECUACIONES

$$\boxed{\frac{1}{f} = \frac{1}{x} - \frac{1}{x'}}$$ FÓRMULA DE DESCARTES.

$$\boxed{A = \frac{y'}{y} = \frac{x'}{x}}$$ AUMENTO LATERAL

$$\boxed{\frac{1}{f} = \frac{n - n_0}{n_0}\left[\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}\right]}$$ FORMULA GENERAL DE LAS LENTES DELGADAS.

SIGNOS



Sentido positivo contrario a la luz incidente contado a partir del centro óptico. Eje + Y hacia arriba.

LENTES

Los problemas de lentes son todos fáciles. Solo tenés que saber 3 fórmulas y conocer perfectamente la convención de signos. Sin embargo, antes de empezar los problemas tenés que tener BIEN CLARO algunos conceptos:

Tenés que saber que: una lente son 2 dioptras juntas. El espesor en las lentes delgadas se desprecia para poder poner el eje +Y en el medio de las 2 dioptras y tener 1 solo eje de coordenadas en vez de 2. Si el espesor no se puede despreciar la lente se llama GRUESA. Una lente es convergente si hace que los rayos se acerquen al eje principal. (Esta propiedad no depende del sentido de incidencia de la luz).

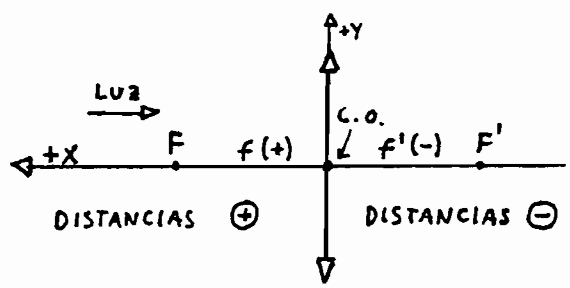
Una lente de vidrio sumergida en aire es convergente si tiene esta forma (). Una lente de aire sumergida en agua es convergente si tiene esta forma)(. (ojo!).

Una lente tiene 2 focos que equidistan del centro óptico. (un espejo curvo también tiene 2 focos pero coinciden).

Una lente conv. se simboliza así: → ↕ y una divergente así X.

Cuando uno habla del Foco de una lente siempre se está refiriendo al Foco objeto. Las lentes convergentes tienen distancia focal (f) positiva y las divergentes negativa.

Convención de signos - Fórmulas:



Sentido positivo contrario a la luz incidente contado a partir del centro óptico. Eje +Y coincidente con la lente y hacia arriba. Las ecuaciones que se usan son:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{x} - \frac{1}{x'}$$ FÓRMULA DE DESCARTES

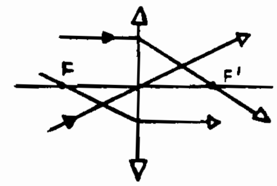
$$\frac{1}{f} = \frac{m - m_0}{m_0}\left[\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}\right]$$ FÓRMULA GENERAL DE LAS LENTES DELGADAS

Para el agrandamiento, la expresión es la siguiente:

$$A = \frac{y'}{y} = \frac{x'}{x}$$ AUMENTO LATERAL

MARCHA DE RAYOS EN LAS LENTES

- Un rayo que incide paralelo sale pasando por F'.
- Un rayo que incide pasando por F sale paralelo.
- Un rayo que pasa por el centro optico no se desviá.



No voy a hacer ejemplos de marcha de rayos ni de aplicación de las fórmulas por que directamente los 1eros problemas son muy fáciles y van a servir de ejemplo.

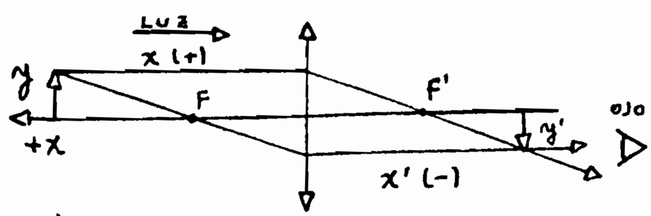
En todos los problemas es IMPORTANTISIMO hacer el dibujito de la marcha de rayos para ver si el resultado analítico coincide con el gráfico.

---

1)_ **Una lente convergente tiene 20 cm. de distancia focal. Determinar la posición y tamaño de la imágen de un objeto de 5 cm. de altura colocado delante de la lente a una distancia de: a) 100 cm; b) 40 cm. c) 10 cm. Hacer los esquemas correspondientes.**

Para los 3 casos planteo la fórmula de Descartes:

$$\boxed{\frac{1}{f} = \frac{1}{x} - \frac{1}{x'}}$$



y la fórmula del aumento lateral:

$$A = \frac{y'}{y} = \frac{x'}{x} \Rightarrow \boxed{y' = y \cdot \frac{x'}{x}}$$

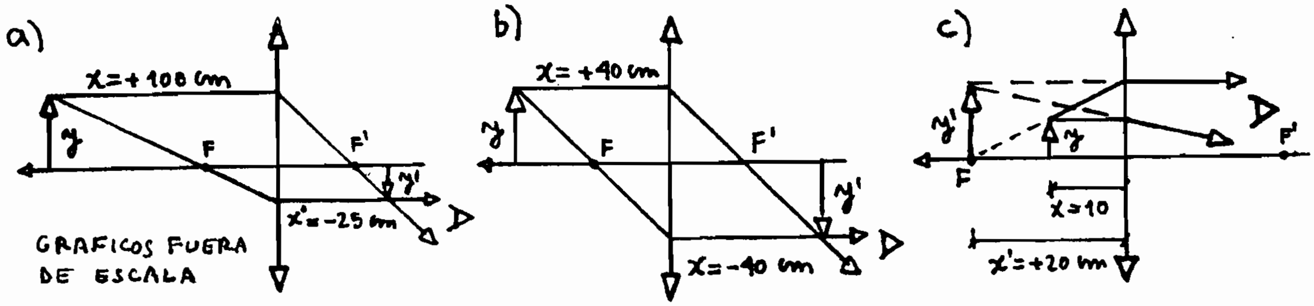
Para todos los casos $f = +20$ cm e $y = 5$ cm $\therefore$

caso a) $\frac{1}{20} = \frac{1}{100} - \frac{1}{x'} \Rightarrow x' = -25$ cm , $y' = 5 . \frac{(-25)}{100} = -1{,}25$ cm

caso b) $\frac{1}{20} = \frac{1}{40} - \frac{1}{x'} \Rightarrow x' = -40$ cm , $y' = 5 . \frac{(-40)}{40} = -5$ cm caso c) $\frac{1}{20} = \frac{1}{10} - \frac{1}{x'} \Rightarrow x' = +20\ \text{cm}$, $y' = 5 \cdot \frac{20}{10} = 10\ \text{cm}$

Para todos los casos la distancia x es ⊕ por que el objeto se coloca <u>DELANTE</u> de la lente. Cuando y' da negativa significa que esta imagen y' da <u>invertida</u>.

Los gráficos quedan así:



2)-Se tiene un objeto virtual observado por una lente divergente de distancia focal φ = -30 cm, que origina una imágen a la distancia x'= 80 cm, de tamaño y' = -10 cm. Los radios de la lente son r_1 = 50 cm y r_2 = - 30 cm.

Determinar: a) La posición y tamaño del objeto virtual

b) El índice de refracción de la lente

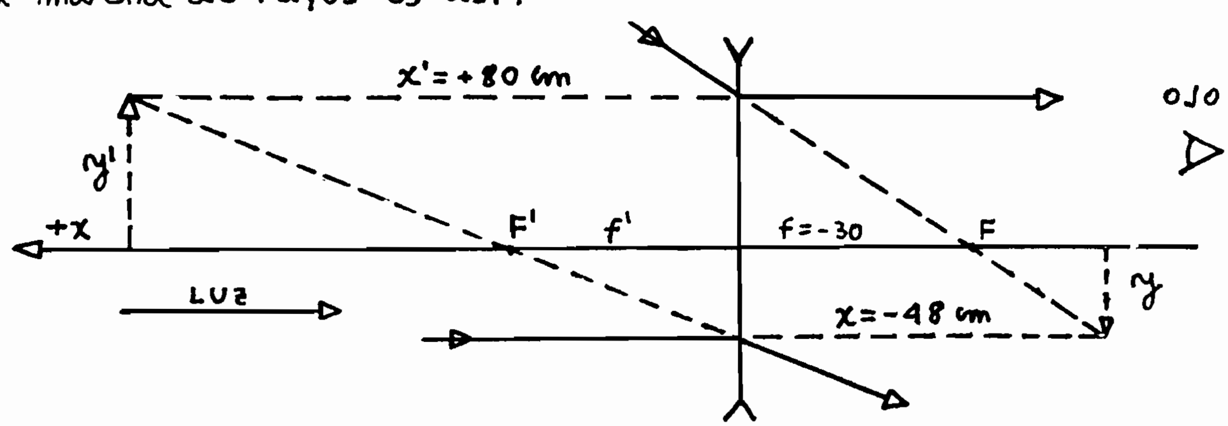
a) como $x' = +80\ \text{cm}$ y el Foco es $f = -30\ \text{cm}$ planteo Descartes:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{x} - \frac{1}{x'} \Longrightarrow \frac{1}{-30} = \frac{1}{x} - \frac{1}{80} \Longrightarrow \boxed{x = -48\ \text{cm}}$$

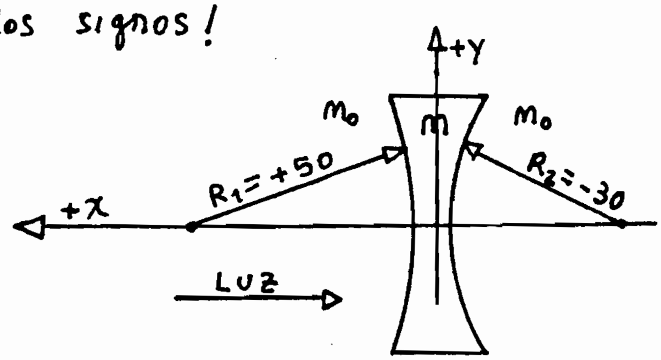
Para saber el tamaño del objeto:

$$A = \frac{y'}{y} = \frac{x'}{x} \Longrightarrow y = y'\frac{x}{x'} \Longrightarrow y = -10 \cdot \frac{(-48)}{80} \quad \boxed{y = 6\ \text{cm}}$$

La marcha de rayos es así:



b) Para calcular el índice de refracción hago otro dibujo teniendo mucho cuidado con los signos!



$$\frac{1}{f} = \frac{n - n_0}{n_0} \left[\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right]$$

supongo que el medio que rodea a la lente es aire.

por lo tanto $n_0 = 1$.

Reemplazando por los datos

$$\frac{1}{-30} = \frac{n-1}{1} \left[\frac{1}{-30} - \frac{1}{50} \right]$$

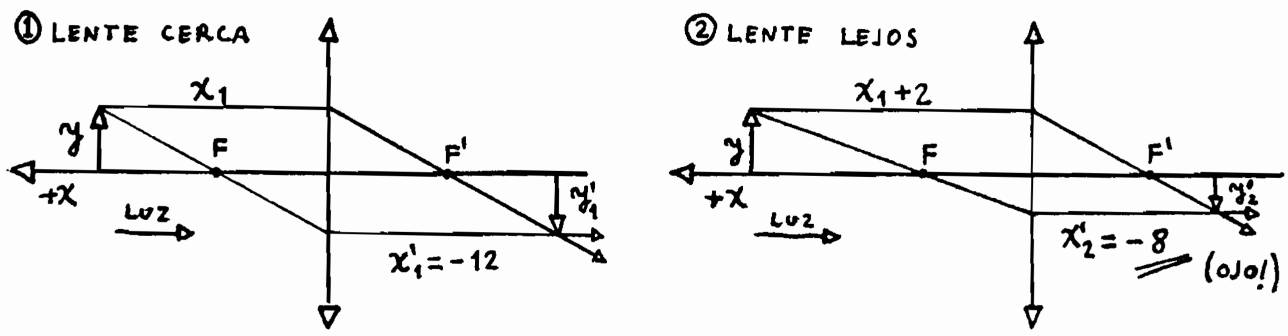
De acá despejo n:

$\boxed{n = 1{,}625}$ ← ÍNDICE DE REFRACCIÓN DE LA LENTE

---

3). Una lente produce la imagen de un objeto en una pantalla colocada a 12 cm. de la lente. Cuando la lente se aleja 2 cm. del objeto, la pantalla debe aproximarse 2 cm. al objeto para que quede enfocada. ¿Cuál es la distancia focal de la lente?

Hago un esquema de lo que pasa en los 2 casos:



Hay que tener cuidado porque como la lente se corre 2 cm hacia la derecha y la imagen 2 cm hacia la izquierda, la imagen x'_2 sera -8 cm.

supuse que la lente es convergente por que dá imagen en una pantalla de un objeto real.

Planteo Descartes para el caso ① y para el caso ②:

$$\begin{cases} \dfrac{1}{f} = \dfrac{1}{x_1} - \dfrac{1}{-12} & \text{con la lente cerca} \\[2ex] \dfrac{1}{f} = \dfrac{1}{x_1+2} - \dfrac{1}{-8} & \text{con la lente lejos} \end{cases}$$

Esto es lo que se llama planteo del problema. Ahora resuelvo el feo sistema de 2 x 2 que me quedó:

$$\begin{cases} \dfrac{1}{f} = \dfrac{-12 - x_1}{-12\,x_1} \\[2ex] \dfrac{1}{f} = \dfrac{-8 - (x_1+2)}{-(x_1+2).\,8} \end{cases} \qquad \text{Igualo:} \quad \frac{12 + x_1}{12\,x_1} = \frac{8 + x_1 + 2}{8x_1 + 16}$$

paso de miembro: $(8\,x_1 + 16)(12 + x_1) = (10 + x_1).\,12\,x_1$

Esto dá: $96\,x_1 + 8\,x_1^2 + 192 + 16\,x_1 = 120\,x_1 + 12\,x_1^2$

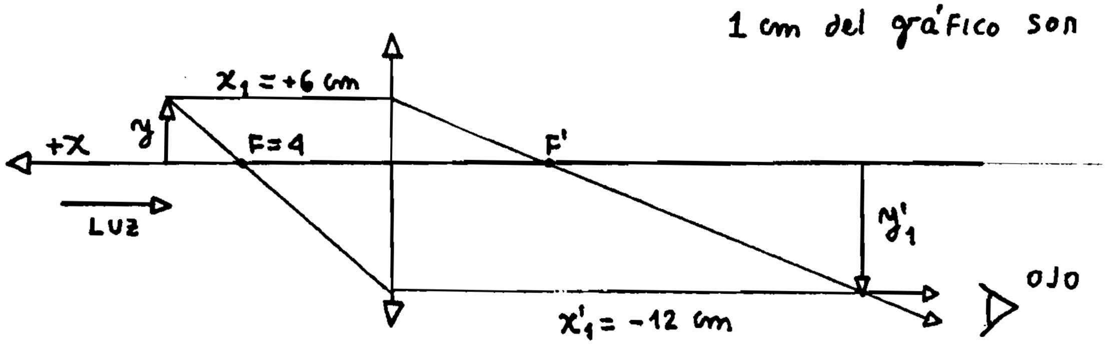
Sumando y restando: $4\,x_1^2 + 8\,x_1 - 192 = 0 \longrightarrow x_{1_1} = 6\text{ cm}\ ;\ x_{1_2} = -8\text{ cm}$

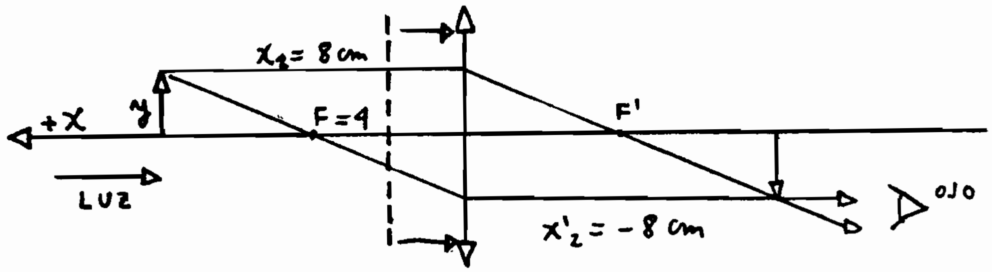
El valor x_{1_2} es negativo y eso implicaría objeto virtual así que lo descarto por que en el problema el objeto es real. reemplazando el valor de $x_{1_1} = 6$ cm en cualquiera de las 2 ecuaciones iniciales:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{6} - \frac{1}{-12} \qquad \boxed{f = 4\text{ cm}} \longleftarrow \text{DISTANCIA FOCAL DE LA LENTE}$$

Hago un dibujito de lo hallado:

1 cm del gráfico son 2 cm.



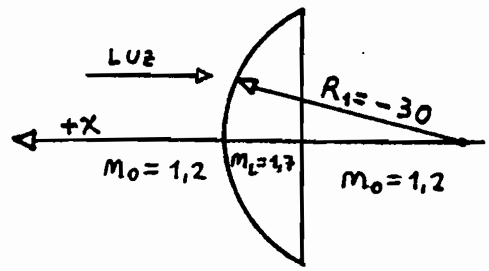


4)-Una lente plano convexa de 30 cm de radio en su cara curva, produce una imagen real, derecha y de mitad de tamaño de un cierto objeto. Si el índice de refracción de la lente es n=1,7 y esta sumergida en un medio de índice igual a 1,2 , hallar:

a)-Las abscisas del objeto y de su imagen a la lente.

b)-Características del objeto.

c)-Graficar resultados.



$R_1 = -30$ cm , $R_2 = \infty$, $n_L = 1,7$, $n_0 = 1,2$

Planteo la ec. p/ las lentes delgadas:

$$\frac{1}{f} = \frac{n_L - n_0}{n_0}\left[\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}\right]$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1,7 - 1,2}{1,2}\left[\frac{1}{\infty} - \frac{1}{-30}\right]$$

El foco de esta lente en el medio n_0 es $\boxed{f = 72 \text{ cm}}$

La lente ésta de foco 72 cm dá imagen real, derecha y de mitad de tamaño del objeto.

Entonces:

objeto derecho: $y = \oplus$

imagen derecha: $y' = \oplus$

El objeto es el doble de la imagen : $y = 2y' \Rightarrow \frac{y'}{y} = \frac{1}{2}$

$\frac{y'}{y} = \frac{x'}{x} = \frac{1}{2} \Longrightarrow x = 2x'$ reemplazo en Descartes fórmula:

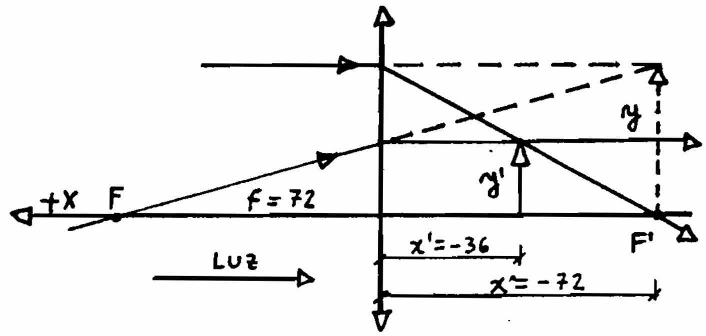
$$\frac{1}{72} = \frac{1}{2x'} - \frac{1}{x'} \Longrightarrow \frac{1}{72} = \frac{1-2}{2x'} \Longrightarrow \boxed{x' = -36 \text{ cm}}$$

como $x = 2x'$: $x = 2.(-36) \Longrightarrow \boxed{x = -72 \text{ cm}}$

Gráfico:

El objeto es virtual y la imagen es real.

1 cm del gráfico son 20 cm.



---

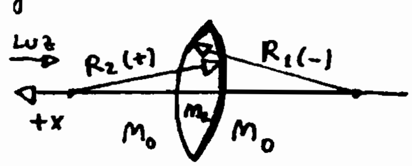
5)-Una lente delgada de vidrio tiene una distancia focal de 15 cm. en el aire y de 44,33 cm. en el agua (n_{agua} = 1,33). Determinar el índice de refracción del vidrio.

¿A quién se le ocurre que una lente pueda tener una determinada distancia focal en el aire y otra ≠ en el agua?? (Estamos todos locos!).

Bueno, lo que pasa es que una lente convergente de Radios de curvatura R_1 y R_2 "aumenta más" cuanto mayor sea la diferencia entre el valor del índice de la lente n_L y el del medio exterior. En el caso límite cuando el índice de la lente y el del medio exterior son iguales, la lente no aumenta nada ($f = \infty$). Ej, lente de agua sumergida en agua.

¿Quién me dice esto?. Me lo dice la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{f} = \frac{n_L - n_0}{n_0}\left[\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}\right]$$



La tanga está en plantear las 2 ecuaciones (una en el agua y otra en el aire) y dividirlas:

En el aire: $$\frac{1}{f_{aire}} = \frac{n_L - 1}{1}\left[\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}\right] \qquad (n_{aire} = 1)$$

En el agua: $$\frac{1}{f_{water}} = \frac{n_L - 1{,}33}{1{,}33}\left[\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}\right] \qquad (n_{water} = 1{,}33)$$

Divido m. a m.:

$$\frac{f_{water}}{f_{aire}} = \frac{n_L - 1}{n_L - 1,33} \cdot 1,33$$

$$f_w\, n_L - 1,33\ f_w = 1,33\ f_a\, n_L - 1,33\ f_a$$

$$n_L\,(f_w - 1,33\, f_a) = 1,33\, f_w - 1,33\, f_a \quad \Rightarrow \quad n_L = \frac{1,33\,(f_w - f_a)}{f_w - 1,33\, f_a}$$

Reemplazo por los valores: $\boxed{n_L = 1,6}$

---

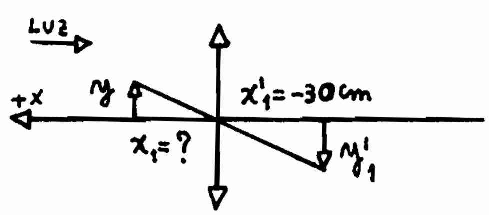
6) -La imágen de un objeto formada por una lente convergente se forma a x' = - 30 cm. de la misma. ¿A qué distancia se formará cuando se adosa a dicha lente otra, de 60 cm. de distancia focal?

A la inversa de la distancia focal de una lente se la llama potencia de la lente. $P = 1/f$. Si usás una lente convergente como lupa, la lente "aumentará más los objetos" cuanto más corta sea su distancia focal.
Si ponés 2 lupas juntas, la imagen del objeto se verá más grande todavía. Esto dicho en forma matemática se pone:

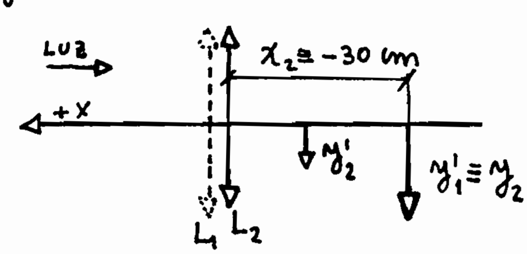
$$\boxed{\frac{1}{f_{sist}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}} \longleftarrow \text{LENTES ADOSADAS}$$

Que se lee: La potencia del sistema es igual a la suma de las potencias de las lentes.
Este asunto vale solo para lentes delgadas. (OJUS!)

Aparentemente para resolver el problema faltan datos. Sin embargo, tenés que pensarlo de la siguiente manera:
Al poner la 1era lente, la imagen del objeto da a -30 cm.



CON LA LENTE 1



CON L_1 Y L_2 ADOSADAS.

Al poner la lente 2 detrás de la 1, la imagen que daba la lente 1 (y'_1) funciona como <u>objeto virtual</u> para la lente 2. Es decir, para la lente 2, x_2 vale -30 cm. Como conozco la distancia focal de la lente 2 (+60 cm), planteo la ley de Descartes:

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{x} - \frac{1}{x'_2} \Longrightarrow \frac{1}{60} = \frac{1}{-30} - \frac{1}{x'_2}$$

Por lo tanto: $\underline{\underline{x'_2 = -20 \text{ cm}}}$

Teniendo x'_2, podría calcular f_1, x_1 y la potencia del sistema planteando la ley de Descartes y la ec. para lentes adosadas. $\left(\frac{1}{F_{sis.}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}\right)$.

---

7)-Una lupa tiene 8 cm de distancia focal. La distancia óptima del observador es δ = 25 cm. Determinar: a) la potencia dela lupa; b) el aumento eficaz y c) el intervalo de acomodación.

a) La potencia de una lente se define como $P = \frac{1}{f}$. Si la distancia focal está en metros la potencia dá en dioptrías.

$$P = \frac{1}{f} \quad , \quad P = \frac{1}{0{,}08 \text{ m}} \quad , \quad \underline{P = +12{,}5 \text{ dioptrías}}$$

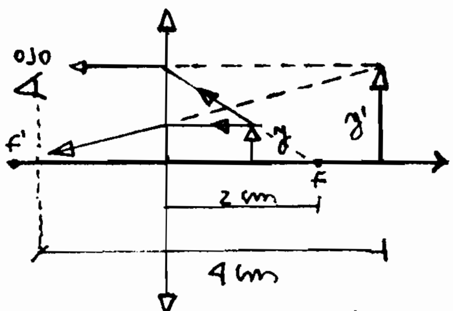
b) El aumento eficaz para una lupa es: $E = \frac{\delta}{f}$ (si el ojo está en el foco)

para este caso: $E = \frac{25 \text{ cm}}{8 \text{ cm}}$ $\quad \underline{E = 3{,}125}$

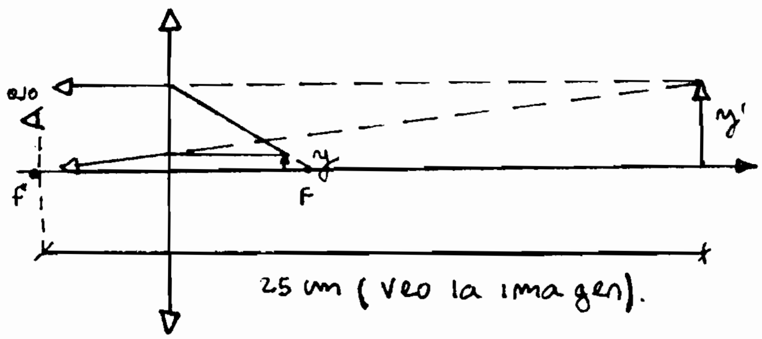
(Tomé como distancia óptima de visión distinta $\delta = 25$ cm).

c) Para que yo vea un objeto puesto delante de mis ojos, esté tendrá que estar a + de 25 cm p/ que yo lo pueda ver bien. Eso si mi ojo es normal. Si quiero ver un objeto a través de una lente, la imagen deberá estar a 25 cm de mi ojo (como mínimo) o a lo sumo en el ∞.

Para que la lente sirva como lupa, el objeto que yo quiero ver tiene que estar antes del foco de la lente, pero <u>no</u> en cualquier posición por que podría haber posiciones para las cuales la imagen daría (por ejemplo) a 5 cm de mi ojo y en ese caso lo único que yo vería sería algo borroso. (hacé la prueba). En definitiva solo habrá un intervalo dentro del cual puedo mover el objeto y ver su imagen. Este intervalo se llama <u>INTERVALO DE ACOMODACIÓN</u>.

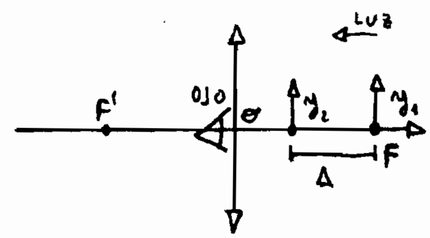


(NO VEO LA IMAGEN)



La longitud del intervalo de acomodación dependerá de la distancia de mi ojo a la lupa. En gral se suele calcular el intervalo de acomodación para el ojo colocado en el foco de la lente o pegado a la lente (por qué no sé).

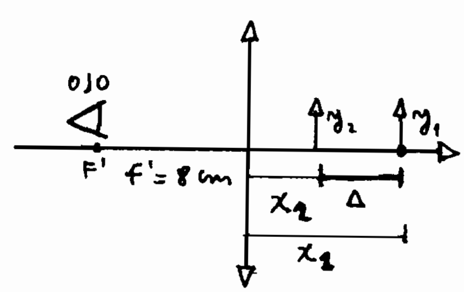
<u>para el ojo en O:</u>



Para que la imagen se vea en el ∞ debo colocar el objeto en el foco, es decir, $X_1 = 8$ cm.
Para que la imagen se vea a 25 cm del ojo deberá ser $x' = 25$ cm $\therefore$

$$\frac{1}{8} = \frac{1}{x_2} - \frac{1}{25} \qquad x_2 = +6{,}06 \text{ cm} \qquad \therefore\ \Delta = X_1 - X_2 \qquad \underline{\Delta = 1{,}94 \text{ cm}}$$

<u>para el ojo en el foco:</u>



Para que la imagen se vea en el ∞ debo poner el objeto en el foco, es decir $X_1 = 8$ cm.

Para que la imagen esté a 25 cm DEL OJO, la distancia x' deberá ser: $x' = 25 - 8 \Rightarrow x' = 17$ cm.

Planteo entonces: $\frac{1}{8} = \frac{1}{x_2} - \frac{1}{17} \Rightarrow X_2 = +5{,}44$ cm

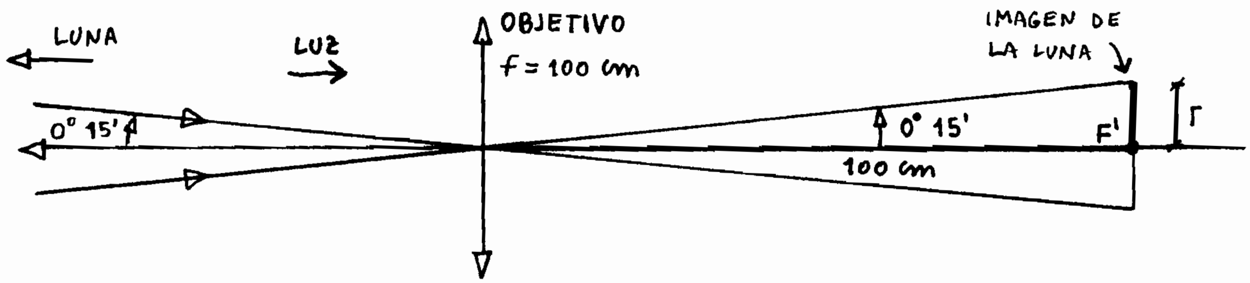
Ahora: $\Delta = X_1 - X_2 \Rightarrow$

$\underline{\Delta = 2{,}56 \text{ cm}}$ ← INTERVALO DE ACOMODACIÓN

---

8)- Un anteojo astronómico está formado por dos lentes delgadas convergentes cuyas distancias focales son 1 m. y 1 cm. respectivamente. Los focos de las dos lentes coinciden. Calcular: a) el diámetro de la imágen real de la Luna obtenida en el plano focal del objetivo, sabiendo que, a simple vista, ésta se ve bajo un ángulo de 30'. b) la distancia que hay que mover el ocular para obtener una imagen real sobre una placa fotográfica situada a 10 cm. de la posición primitiva del ocular. c) determinar el aumento eficaz del anteojo -

Hago un esquema de lo que me piden:



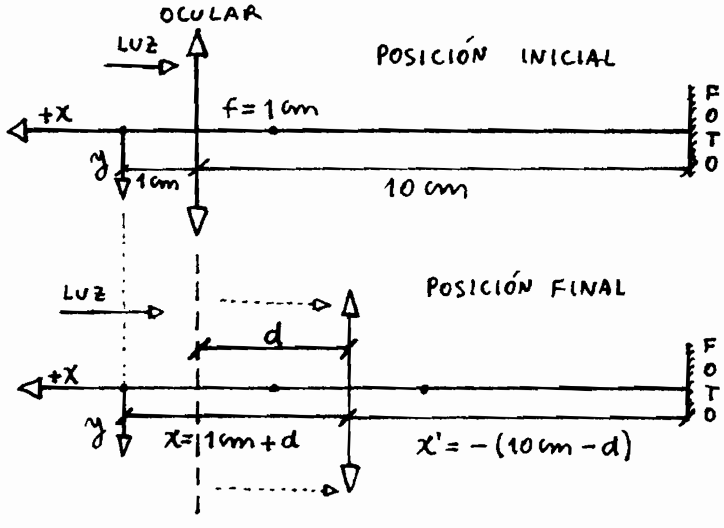
Mirando el gráfico:

$\operatorname{tg} 0° 15' = \frac{r}{100} \therefore r = 0{,}436$ cm $\therefore$ el diámetro es $\underline{\underline{D = 0{,}873 \text{ cm}}}$

b) Al mover el ocular la imagen final irá cambiando de posición. Ellos quieren que se forme a 10 cm a la derecha del ocular. Entonces:

El objeto y es la imagen de la luna dada por la 1era lente (objetivo).

Planteo un desplazamiento genérico d y aplico Descartes. La ecuación me dirá si d es hacia la izquierda o hacia la derecha.



OP3

-13-

$$\frac{1}{1\,cm} = \frac{1}{1cm + d} - \frac{1}{-(10cm - d)}$$

$$1 = \frac{1}{1+d} + \frac{1}{10-d}$$

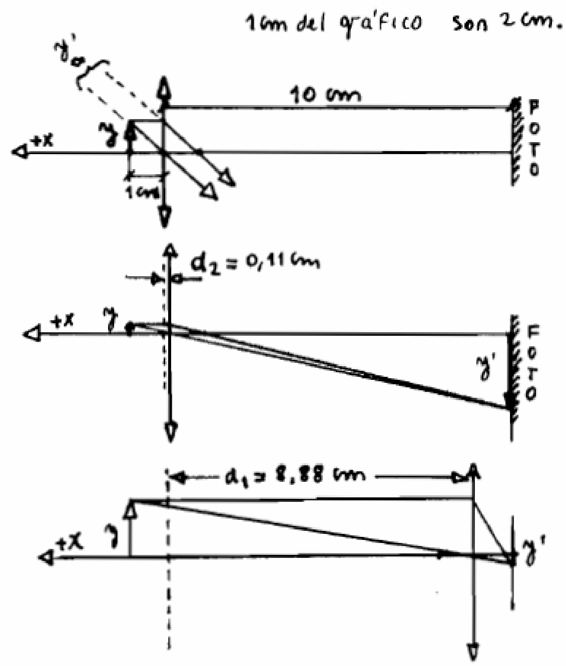
$$1 = \frac{10-d+1+d}{(1+d)(10-d)}$$

$$10 - d + 10d - d^2 = 11$$

$$d^2 - 9d + 1 = 0$$

$$\boxed{d_1 = 8{,}887\,cm}$$
$$\boxed{d_2 = 0{,}113\,cm}$$

d_1 y d_2 son ⊕ ⇒ sentidos = al supuesto. (hacia la derecha)



c)_ El aumento eficaz del anteojo cuando está enfocado al infinito es:

$$E_\infty = -\frac{f_1}{f_2} \Rightarrow E_\infty = -\frac{100\,cm}{1\,cm}$$

$$\Rightarrow \underline{E_\infty = -100} \leftarrow \text{AUMENTO EFICAZ}$$