

ÓPTICA

1. Natureza da luz: Evolución histórica.

A natureza da luz foi un dos debates máis apaixonados da historia da ciencia. As dúas primeiras hipóteses datan do século XVII, e foron defendidas inicialmente por Isaac Newton (teoría corpuscular da luz) e por Huygens (teoría ondulatoria da luz). Ambas teorías tiñan os seus aspectos positivos e os seus aspectos negativos, pero ningunha delas conseguía explicar totalmente as experiencias que se coñecían xa por aquelas datas... aínda así, a teoría de Newton gozou de moita maior aceptación na comunidade científica debido ao seu prestixio. Xa no século XIX, Fresnel e Foucault tiraron pola borda a teoría de Newton debido ao descubrimento dunha serie de comportamentos da luz que non podían ser explicados pola teoría corpuscular, como as interferencias, a difracción ou a polarización. Anos despois, Maxwell considerou que a luz era unha onda electromagnética e non mecánica (aínda non se comprobaba a existencia de ondas electromagnéticas por parte de Hertz), e foi unha teoría tan aceptada que se consideraba que sería a definitiva. Posteriormente, Planck propuxo que a luz estaba formada por un feixe de pequenos corpúsculos de luz chamados fotóns, e cada fotón transportaba unha enerxía que se calculaba como $E = hf$. Por último, non foi ate o século XX en que se considerou á luz con dobre natureza: corpuscular e ondulatoria. Propágase como onda electromagnética, pero na súa interacción con materia, compórtase como tal.

2. Aproximación xeométrica á luz.

2.1. Raio e feixe.

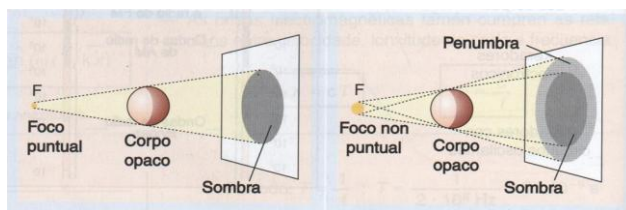
Un *raio* luminoso é unha liña perpendicular á superficie de onda e que determina a dirección de propagación desta. Un *feixe* de raios é un conxunto de raios que forman unha superficie de onda determinada (plana, esférica, etc...)

2.2. Propagación rectilínea.

A luz propágase, polo tanto, de forma rectilínea e con dirección perpendicular aos vectores campo eléctrico e campo magnético que vibran á súa vez de forma perpendicular entre si. A luz forma, polo tanto, raios de luz, como vimos definido no apartado anterior.

2.3. Sombras e penumbra.

Cando un foco puntual ilumina un corpo extenso opaco, aparece tras el unha rexión non iluminada ou *sombra*. Se un foco de luz de tamaño finito (non puntual) ilumina ao corpo opaco, aparece, ademais da sombra, unha zona chamada *penumbra* parcialmente iluminada polos raios de luz.

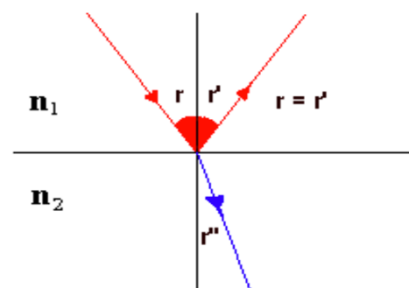


2.4. Leis da reflexión.

Existen dúas leis da reflexión:

- (1) O raio incidente, a normal á superficie no punto de incidencia e o raio reflectido están situados no mesmo plano.
- (2) O ángulo de incidencia $\hat{i}$ é igual ao ángulo de reflexión $\hat{r}$.

$$\text{Lei de Snell: } n_1 \cdot \sin \hat{i} = n_2 \cdot \sin \hat{r}$$



2.5. Leis da refracción. Índice de refracción. Ángulo límite.

Existe dúas leis da refracción:

- (1) O raio refractado, a normal e o raio incidente están no mesmo plano.
- (2) Lei de Snell: $\frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$, onde $n = \frac{c}{v}$ é o índice de refracción dun medio: cociente entre a velocidade da luz no baleiro ($c = 3 \cdot 10^8$ m/s) e a velocidade en dito medio. $\hat{i}$ e $\hat{r}$ son os ángulos incidentes e refractados, e v_1 e v_2 as velocidades nos medios.

Sempre que un raio chega a un cambio de medio, refráctase e refléxase. Pois hai un ángulo chamado **ángulo límite** ($\hat{L}$), para o cal a refracción é máxima, é dicir, $\hat{r} = 90^\circ$ e a partir do cal, non se percibe refracción senón somentes reflexión. Este ángulo límite cumpre: $\text{sen } \hat{L} = \frac{n_2}{n_1}$

2.6. Dioptrios.

Un **dioptrio** é un sistema óptico formado por unha soa superficie que separa dous medios de distinto índice de refracción. Pode ser *plano* ou *esférico* segundo esa superficie teña forma esférica ou sexa plana. A nomenclatura que usaremos nos debuxos será: s_1 é a distancia obxecto; s_2 é a distancia imaxe; n_1 é o índice de refracción do medio do obxecto; n_2 é o índice de refracción do medio da imaxe; f_1 é a distancia focal obxecto; f_2 é a distancia focal imaxe; r é o radio de curvatura do dioptrio.

* **Criterios signos** (convenios): a) Nas figuras, a luz incide sempre de esquerda a dereita; b) as distancias na horizontal son positivas á dereita de O e negativas á esquerda; c) as distancias na vertical son positivas por enriba de O e negativas por abaixo.

- **Dioptrio esférico:** $\frac{n_2}{s_2} - \frac{n_1}{s_1} = \frac{n_2 - n_1}{r}$ Ecuación fundamental del dioptrio
 $A_L = \frac{y_2}{y_1} = \frac{s_2 \cdot n_1}{s_1 \cdot n_2}$ Aumento lateral

Chámaselle potencia á inversa da distancia focal $P = \frac{1}{f}$, dada en dioptrías sempre e cando a distancia focal veña dada en metros. A distancia focal é a metade do radio de curvatura $f = \frac{r}{2}$

- **Dioptrio plano:** o radio de curvatura é infinito $r = \infty$, polo tanto $f_2 = f_1 = \infty$, e $\frac{n_2}{s_2} - \frac{n_1}{s_1} = 0$

2.7. Espellos. Formación de imaxes en espellos cóncavos e convexos.

Un **espello** é unha superficie pulida que pode reflectir os raios luminosos. Segundo a súa forma xeométrica desta superficie poden ser *cóncavos* (se a reflexión ten lugar na cara interior do espello, $r > 0$) ou *convexos* (se a reflexión ten lugar na cara externa do espello, $r < 0$).

- **Espello esférico:** como $n_1 = -n_2$ (xa que o raio reflectido viaxa en sentido contrario ao criterio de signos), sexa entón teríamos que $\frac{1}{s_2} + \frac{1}{s_1} = \frac{2}{r} = \frac{1}{f}$. O aumento lateral será $A_L = \frac{y_2}{y_1} = \frac{-s_2}{s_1}$
- **Espello plano:** o radio é infinito $r = \infty$, e $n_1 = -n_2$, polo tanto só queda que $s_1 = -s_2$ e $y_1 = y_2$

Formación de imaxes en espellos esféricos: seguiremos o seguinte esquema de raios:

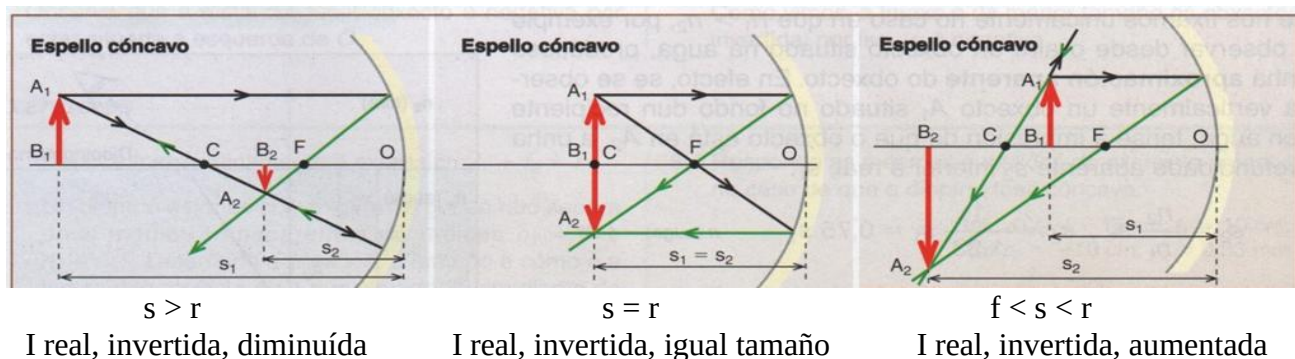
Raio 1: incide paralelo ao eixe e se reflecte (el ou a súa prolongación) pasando polo foco F.

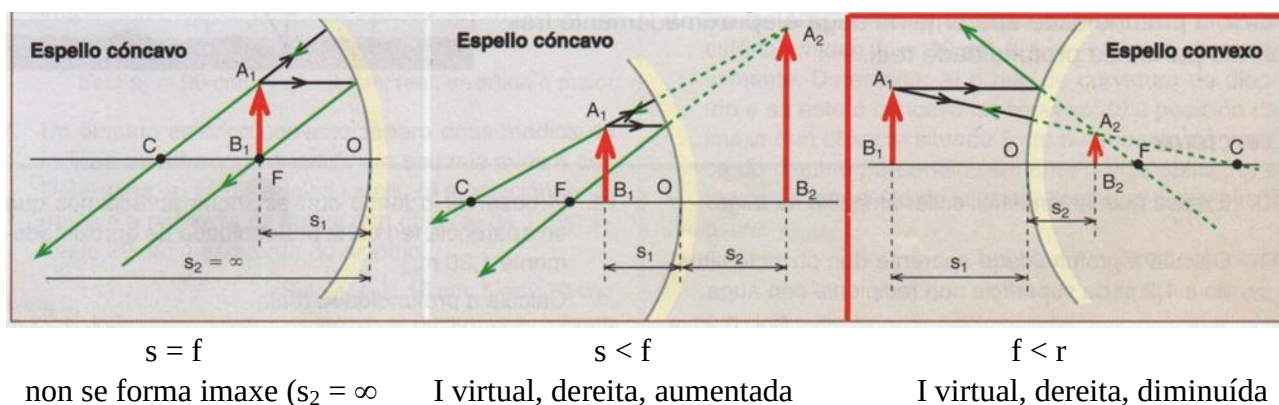
Raio 2: incide (el ou a súa prolongación) pasando polo foco F e se reflecte paralelamente ao eixe.

Raio 3: incide (el ou a súa prolongación) pasando polo centro de curvatura C e se reflecte volvendo sobre a súa traxectoria sen desviarse.

No punto onde se cortan os raios reflecticos é donde se forma a imaxe. Esta pode ser:

- **Real** (cando se cortan os raios reflectidos) ou **virtual** (cando se cortan as súas prolongacións). A primeira pode recollerse nunha pantalla colocada no plano da imaxe e a segunda non.
- **Dereita** (a oriencción da imaxe coincide coa do obxecto) ou **invertida** (imaxe orientada en sentido contrario á do obxecto).
- **Aumentada** (tamaño da imaxe maior co obxecto), **diminuída** (tamaño da imaxe menor co obxecto) ou **igual** tamaño.





2.8. Lentes. Formación de imaxes en lentes converxentes e diverxentes.

A **lente** é un sistema óptico centrado formado por dous dioptrios, un dos cales, alomenos, é esférico, e no que os dous medios refrinxentes extremos posúen o mesmo índice de refracción. Considérase unha **lente delgada** cando o seu grosor é depreciabile fronte aos radios de curvatura dos dioptrios que a forman. Segundo sexa a superficie dos dioptrios, as lentes poden ser *converxentes* (fan converxer os raios incidentes paralelos ao eixe nun punto, chamado foco imaxe F_2) ou *diverxentes* (fan diverxer os raios incidentes, sendo as súas prolongacións as que conflúen en F_2).

A ecuación fundamental para lentes é $\frac{1}{s_2} - \frac{1}{s_1} = (n - 1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$, o aumento lateral é $A_L = \frac{y_2}{y_1} = \frac{s_2}{s_1}$ e as distancias focais son iguais pero cambiadas de signo: $f_1 = -f_2$.

Formación de imaxes en lentes: seguiremos o seguinte esquema de raios:

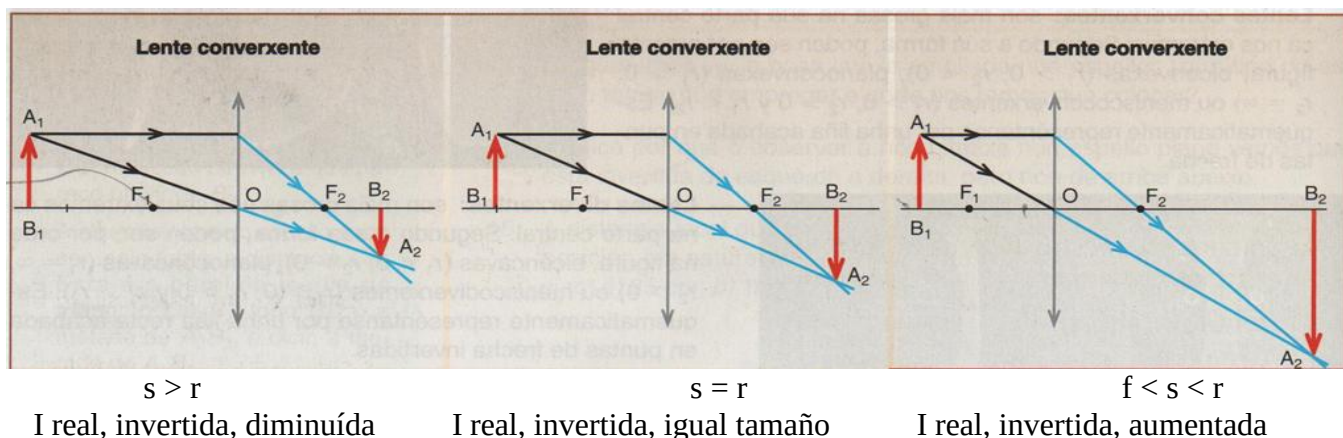
Raio 1: incide paralelo ao eixe e se refracta (el ou a súa prolongación) pasando polo foco imaxe F_2 .

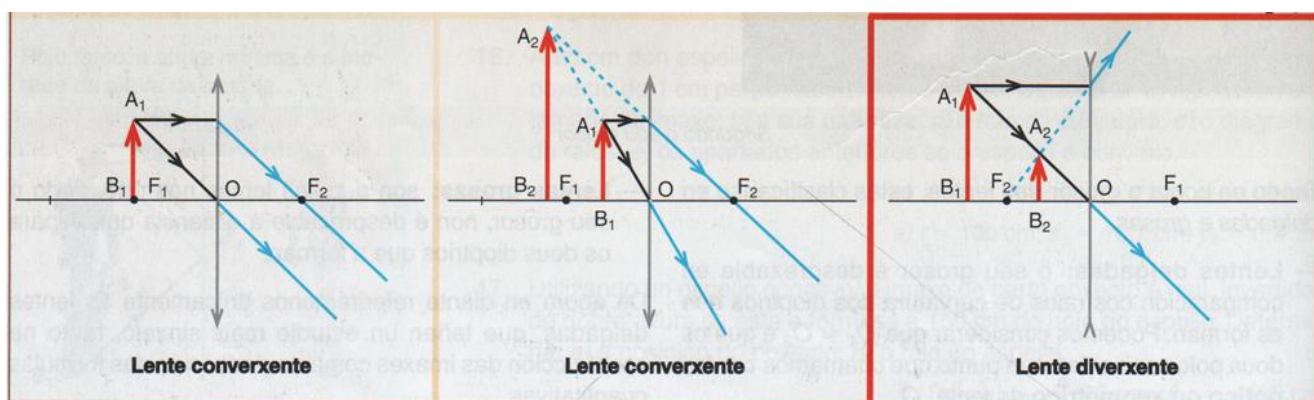
Raio 2: incide (el ou a súa prolongación) pasando polo foco obxecto F_1 e se refracta paralelamente ao eixe.

Raio 3: incide (el ou a súa prolongación) pasando polo centro de curvatura C e se refracta sen desviarse.

No punto onde se cortan os raios refractados é donde se forma a imaxe. Esta pode ser:

- *Real* (cando se cortan os raios refractados) ou *virtual* (cando se cortan as súas prolongacións). A primeira pode recollerse nunha pantalla colocada no plano da imaxe e a segunda non.
- *Dereita* (a orientación da imaxe coincide coa do obxecto) ou *invertida* (imaxe orientada en sentido contrario á do obxecto).
- *Aumentada* (tamaño da imaxe maior co obxecto), *diminuída* (tamaño da imaxe menor co obxecto) ou *igual* tamaño.





$s = f$

non se forma imaxe ($s_2 = \infty$)

$s < f$

I virtual, dereita, aumentada

$f < r$

I virtual, dereita, diminuída

2.9. Instrumentos ópticos: ollo, lupa, microscopio e telescopio.

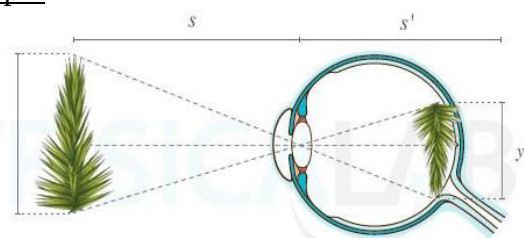
O **ollo humano** ten a finalidade de proporcionar imaxes na nosa retina. Nesta, a fórmase unha imaxe real e invertida, e é maior cando o obxecto está preto, pero menor cando está lonxe. O ollo é un sistema complexo formado por un dioptrio esférico, a *córnea*, e unha lente, o *cristalino*. A capa máis interna do ollo é a *retina* e é onde se forma a imaxe dos obxectos observados, transmitindo a información visual ao cerebro.

Chámaselle *punto próximo* do ollo á distancia máis próxima a que é capaz de formar unha imaxe no retina (a 25 cm), e o *punto remoto* ao enfoque dun obxecto enfocado nese punto (que para nós é o infinito). Entre os defectos máis comúns da visión están:

- **Miopía:** onde a imaxe dun obxecto distante fórmase diante da retina, non sendo nítida. Para que a imaxe a través do cristalino se sitúe na retina do ollo hai que usar lentes diverxentes.
- **Hipermetría:** onde a imaxe dun obxecto próximo fórmase detrás da retina, non sendo nítida. Para que a imaxe a través do cristalino se sitúe na retina do ollo hai que usar lentes converxentes.
- **Presbicia ou vista cansada:** débese á idade e consiste na perda de flexibilidade do cristalino ou fatiga dos músculos oculares. En consecuencia o punto próximo distánciase e os obxectos próximos vense mal. Para corrixilo hai que usar lentes converxentes.

A **lupa** é unha simple lente converxente que permite ver os obxectos con máis tamaño có natural. Do mesmo xeito, o **microscopio** serve para observar obxectos cun aumento considerablemente maior có proporcionado pola lupa.

Un **telescopio** é simplemente un par de lentes, unha chamada *obxectivo* e outra *ocular*, que se utiliza para ver obxectos que se atopan a moita distancia.



PROBLEMAS PROPOSTOS CIUG

1. Un espello esférico ten 0,80 m de raio.

- Se o espello é cóncavo, calcula a que distancia hai que colocar un obxecto para obter unha imaxe real dúas veces maior que o obxecto. **(-0,60 m)**
- Se o espello é convexo, calcula a que distancia hai que colocar un obxecto para obter unha imaxe dúas veces menor que o obxecto. **(-0,40 m)**
- Fai os diagramas de raios dos apartados a) e b).

2. Sobre unha lámina de vidro de caras plano-paralelas, de espesor 10 cm e situada no aire, incide un raio de luz cun ángulo de incidencia de 30° . Sabendo que o índice de refracción do vidro é 1,50, e o do aire a unidade:

- Fai un esquema da marcha dos raios.
- Calcula a lonxitude percorrida polo raio no interior da lámina. **(0,11 m)**
- Calcula o ángulo que forma coa normal o raio que emerxe da lámina. **(90°)**

3. Un proxector de cine ten unha lente converxente de 20,0 dioptrías.
- A que distancia da lente debe situarse a película se queremos que a imaxe sexa 100 veces maior que o obxecto? $(-5,05 \cdot 10^{-2} \text{ m})$
 - A que distancia da lente debe situarse a pantalla? $(5,05 \text{ m})$
 - Debuxa o diagrama de raios.
4. Un raio luminoso incide na superficie dun bloque de vidro cun ángulo de incidencia de 50° . Calcula as direccións dos raios:
- Reflectido. (50°)
 - Refractado. $(30,7^\circ)$
 - Representa os raios reflectido e refractado.
- Dato: O índice de refracción do vidro é 1,50.*
5. Un espello esférico cóncavo ten un raio de curvatura de 1,5 m. Determina:
- A posición da imaxe dun obxecto situado diante do espello a unha distancia de 1 m. $(-3,0 \text{ m})$
 - A altura da imaxe dun obxecto real de 10 cm de altura. $(-0,3 \text{ m})$
 - Realiza o diagrama de raios.
6. Un obxecto de 6 cm de altura está situado a unha distancia de 30 cm dun espello esférico convexo de 40 cm de raio. Determina:
- A posición da imaxe. (12 cm)
 - O tamaño da imaxe. $(2,4 \text{ cm})$
 - Realiza o diagrama de raios.
7. Un obxecto de 4 cm de altura está situado 20 cm diante dunha lente delgada converxente de distancia focal 12 cm. Determina:
- A posición da imaxe. (30 m)
 - O tamaño da imaxe. (-6 cm)
 - Resolve o problema considerando que a lente é diverxente. $(-7,5 \text{ cm}; 1,5 \text{ cm})$
8. Determina:
- En que posicións se poderá colocar unha lente converxente de +15 cm de distancia focal imaxe, para obter a imaxe dun obxecto de 5 cm de altura sobre unha pantalla situada a 80 cm del? $(-0,6 \text{ cm}; -0,2 \text{ cm})$
 - Os aumentos laterais e os tamaños das imaxes. $(-3; -0,15 \text{ m}; -0,33; -0,017 \text{ m})$
 - Realiza o diagrama de raios considerando unha das posicións do apartado a).

CUESTIÓNS PROPOSTAS CIUG

1. Os ollos dunha persoa están a 1,70 m do chan. A que altura sobre o chan debe estar a parte inferior dun espello plano para que esta persoa vexa a imaxe dos seus pés?:
- 0,85 m.
 - 1 m.
 - 1,70 m.
2. A altura mínima dun espello plano para que unha persoa poda verse de corpo enteiro é:
- igual á altura da persoa.
 - a metade de dita altura.
 - a terceira parte de dita altura.
3. A profundidade real dunha piscina con respecto á observada é:
- menor.
 - maior.
 - igual.

Dato: os índices de refracción da auga e o aire son $4/3$ e 1, respectivamente.

4. Un ollo miope ten o punto remoto a 125 cm. Calcula a potencia e indica o tipo de lente que se debe empregar para que os raios que veñen do infinito converxan na retina do ollo:

- a) +0,8 dioptrías, lente converxente.
- b) -0,8 dioptrías, lente diverxente.**
- c) -1,25 dioptrías, lente diverxente.

Nota: Para un ollo san, o punto próximo está a 25 cm e o punto remoto no infinito.

5. Calcula a potencia e indica o tipo de lente que necesita para ler unha persoa cuxo punto próximo se atopa a 1 m:

- a) +3 dioptrías, lente converxente.**
- b) -3 dioptrías, lente diverxente.
- c) +0,33 dioptrías, lente converxente.

Nota: Para un ollo san, o punto próximo está a 25 cm e o punto remoto, no infinito.

6. A distancia focal do sistema formado por unha lente converxente de 2 dioptrías e outra diverxente de 4,5 dioptrías é:

- a) -0,4 m.**
- b) -0,65 m.
- c) 2,5 m.

7. A teoría ondulatoria de Huygens sobre a natureza da luz vén confirmada polos fenómenos:

- a) Reflexión e formación de sombras.
- b) Refracción e interferencias.**
- c) Efecto fotoeléctrico e efecto Compton.

8. Cando un raio de luz pasa do aire a auga, non cambia a:

- a) velocidade de propagación.
- b) frecuencia.**
- c) lonxitude de onda.

9. Para afeitarse, unha persoa precisa ver a súa imaxe dereita e do maior tamaño posible. Que clase de espello debe usar?:

- a) plano.
- b) cóncavo.**
- c) convexo.

10. Cando a luz pasa dun medio a outro de distinto índice de refracción, o ángulo de refracción é:

- a) Sempre maior que o de incidencia.
- b) Sempre menor que o de incidencia.
- c) Depende dos índices de refracción.**

11. Nas lentes diverxentes a imaxe sempre é:

- a) dereita, menor e virtual.**
- b) dereita, maior e real.
- c) dereita, menor e real.

12. Nas lentes converxentes a imaxe é:

- a) dereita, menor e virtual.
- b) dereita maior e real.
- c) depende da posición do obxecto.**

13. Dispoñemos dun espello convexo de raio de curvatura 1 m. Como é a imaxe dun obxecto real?

- a) Real, invertida e de menor tamaño.
- b) Virtual, invertida e de maior tamaño.
- c) Virtual, dereita e de menor tamaño.**

14. Ó colocar un obxecto a 15 cm de distancia dunha lente converxente de 30 cm de distancia focal, a imaxe formada é:
- a) Real, invertida e aumentada.
 - b) Virtual, dereita e aumentada.**
 - c) Real, dereita e reducida.
15. Nos autobuses urbanos colócase un espello sobre a porta para que o condutor poida observar o interior do autobús na súa totalidade. Como é o espello?:
- a) cóncavo.
 - b) convexo.**
 - c) plano.
16. As gafas de corrección da miopía usan lentes que son:
- a) converxentes.
 - b) diverxentes.**
 - c) doutro tipo.
17. Queremos facer pasar un raio de luz a través dun vidro, de xeito que continúe en liña recta sen desviarse. Terá que ser:
- a) Unha lente plana paralela, en calquera posición.
 - b) Non se pode facer.
 - c) Calquera lente, atravesándoa polo eixe óptico.**
18. Unha lámpada está acendida nunha lámpada que ten unha pantalla reflectora en forma de pirámide de cono truncada. A razón é:
- a) Iluminar por igual en toda a superficie.
 - b) Concentrar a maior potencia luminosa posible sobre a superficie iluminada.**
 - c) Evitar cegamentos.
19. Dous raios de luz inicialmente paralelos, crúzanse despois de atravesar unha lente. Iso pode darse en caso de que teñamos:
- a) Unha lente de vidro bicóncava en aire.
 - b) Un oco bicóncavo cheo de aire no interior dunha masa de vidro.**
 - c) Necesariamente con outra disposición diferente das anteriores.
20. O ángulo formado polo raio incidente e o reflectido nun espello é α . Se o espello rota no sentido horario un ángulo β nun eixe perpendicular ó formado polos dous raios anteriores, o novo ángulo que formarán entre eles é:
- a) $\alpha + \beta$.
 - b) $\alpha + 2\beta$.**
 - c) $\alpha - \beta$.