Curs Fizică II

11.12.19

Cap V Elemente de optică geometrică

- lumina este o undă electromagnetică cu lungimea de undă cuprinsă între 400 și 800 nm ($400 \le \lambda \le 800\,nm$)
  - corespunde luminii roșii
  - corespunde luminii violet

$1\,nm = 10^{-9}\,m$

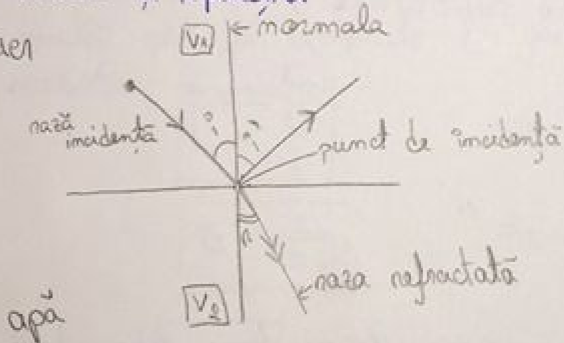
$1\,\mu m = 10^{-6}\,m$

550 nm

R O G V A I V

800 nm — 400 nm

- datorită lungimii de undă mici, lumina se va reflecta pe majoritatea obiectelor deoarece λ (lamda) $\ll d$ (dimensiunea acestora)
- pe mediile optice transparente (apă, sticlă, aer) lumina va fi parțial reflectată și parțial transmisă/refractată
- la incidența pe un anumit mediu raza de lumină satisface legile reflexiei și refracției



i – unghi de incidență

i' – unghi de reflexie

r – unghi de refracție

- raza incidentă și raza reflectată satisfac legile reflexiei
- raza incidentă și raza refractată satisfac legile refracției

LEGILE REFLEXIEI

L.I Raza incidentă, normala în punctul de incidență și raza reflectată se află în același plan

L.II Unghiul de incidență este = cu unghiul de reflexie

LEGILE REFRACȚIEI

L.I Raza incidentă, raza refractată și normala în punctul de incidență se află în același plan.

L.II Sinusul unghiului de incidență și sinusul unghiului de refracție satisfac relația: $\boxed{\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2}}$

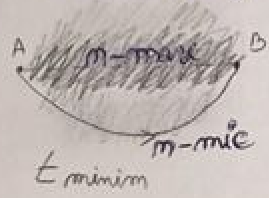
v_1 = viteza în med. 1
v_2 = viteza în med 2

- aceste legi se aplică oricărui tip de unde, nu doar undelor de lumină

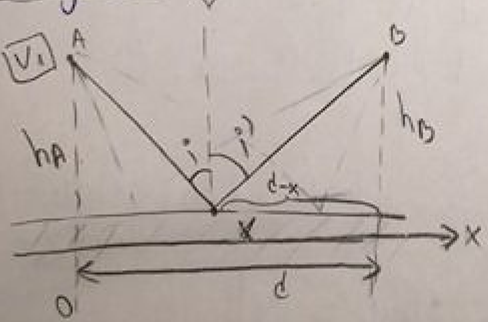
Demonstrația

Legile reflexiei și refracției pot fi demonstrate pornind de la principiul lui Fermat (1692)

↳ spune că: o undă parcurge distanța dintre 2 puncte A și B pe acel drum pentru a cărui parcurs îi este necesar un timp minim (alege să meargă pe autostradă)



- deoarece legea I este evidentă, o să demonstrăm doar legea a 2-a a reflexiei: ⇩



$$t = t_A + t_B$$

$$t_A = \frac{\sqrt{h_A^2 + x^2}}{v_1}$$

$$t_B = \frac{\sqrt{h_B^2 + (d-x)^2}}{v_1}$$

$$t = \frac{1}{v_1}\left(\sqrt{h_A^2 + x^2} + \sqrt{h_B^2 + (d-x)^2}\right)$$

$$\Rightarrow \boxed{t = \text{minim}} \Leftrightarrow \boxed{\frac{dt}{dx} = 0}$$

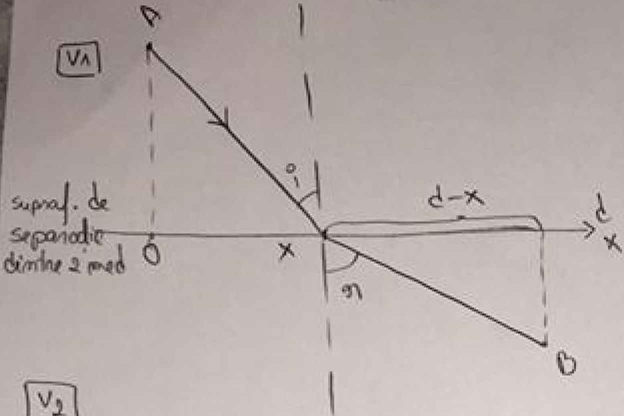
↑ Fermat

$$\frac{1}{v_1} \cdot \left[\underbrace{\frac{x}{\sqrt{h_A^2 + x^2}}}_{\sin i} - \underbrace{\frac{(d-x)}{\sqrt{h_B^2 + (d-x)^2}}}_{\sin i'} \right] = 0 \Leftrightarrow \sin i - \sin i' = 0$$

$$\Leftrightarrow \boxed{i = i'}$$

C. F. 11.

Dem. legea a 2-a a refracției



$$t = t_A + t_B \qquad (d = v \cdot t)$$

$$= \frac{\sqrt{h_A^2 + x^2}}{v_1} + \frac{\sqrt{h_B^2 + (d-x)^2}}{v_2} \Rightarrow$$

$$\boxed{t = \text{minim}} \Leftrightarrow \boxed{\frac{dt}{dx} = 0}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{v_1} \underbrace{\frac{x}{\sqrt{h_A^2 + x^2}}}_{\sin i} - \frac{1}{v_2} \underbrace{\frac{d-x}{\sqrt{h_B^2 + (d-x)^2}}}_{\sin r} = 0$$

$$\frac{1}{v_1} \sin i = \frac{1}{v_2} \sin r \Leftrightarrow \boxed{\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2}}$$

- în cazul luminii vitezele de deplasare ale undelor în cele 2 medii pot fi exprimate în funcție de indicii de refracție ale mediilor respective.

$\boxed{v_1 = \frac{c}{n_1}}$ n_1 - indice de refracție, mediul (1)

$\boxed{v_2 = \frac{c}{n_2}}$ n_2 - indice de refracție, mediul (2)

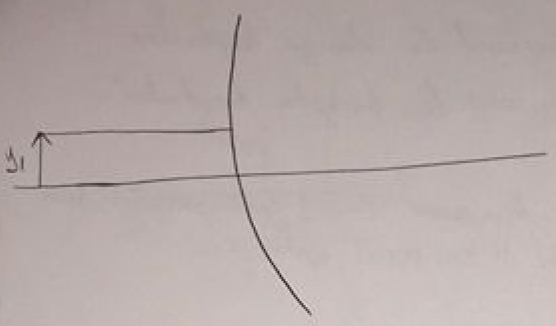
Def: $\boxed{n = \frac{c}{v}}$

- legea a 2-a a refracției devine $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\frac{c}{n_1}}{\frac{c}{n_2}} = \frac{n_2}{n_1}$

$c = 3 \cdot 10^8 \, m/s$

$= 300000 \, km/s$

$\Leftrightarrow \boxed{n_1 \sin i = n_2 \sin r}$ ← legea a 2-a a refracției pt. lumină



c) Dioptrul plan

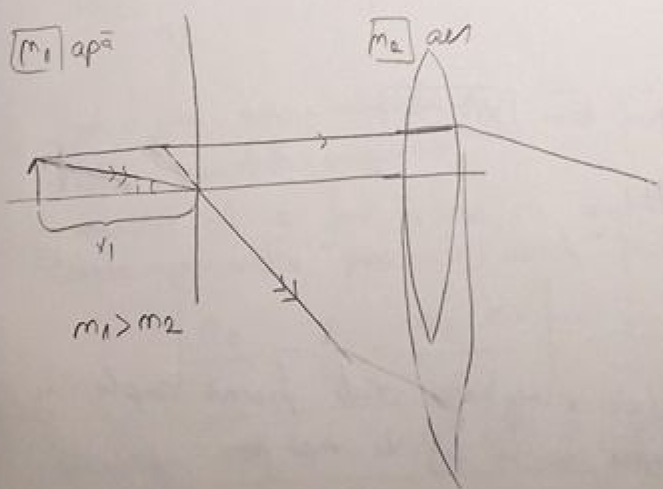
- un caz particular de dioptru sferic obținut din acesta în limita $R \to \infty$

...

poate fi obținută din relația punctelor conjugate a dioptrului sferic în limita $R \to \infty$

$$\left.\begin{array}{l} \dfrac{n_2}{x_1} - \dfrac{n_1}{x_1} = \dfrac{n_2 - n_1}{R} \\ R \to \infty \end{array}\right\} \Rightarrow \boxed{\dfrac{n_2}{x_1} = \dfrac{n_1}{x_1}} \Rightarrow \boxed{x_2 = x_1 \dfrac{n_2}{n_1}}$$

$$\Rightarrow \beta = \frac{y_2}{y_1} = \frac{x_2}{x_1} \cdot \frac{n_1}{n_2} = \frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{n_1}{n_2} = 1$$



d) Oglinda sferică

- poate fi considerată ca un dioptru sferic pt care $\boxed{n_2=-n_1}$ deoarece lumina se întoarce în med. din care a venit și deci în mod formal $n_2=-n_1$

- rel. punctelor conjugate în cazul oglinzilor sferice poate fi obt. din cea coresp. dioptrului sferic punând $n_2=-n_1$

$$\left.\begin{array}{l}\dfrac{n_2}{x_2}-\dfrac{n_1}{x_1}=\dfrac{n_2-n_1}{R}\\ n_2=-n_1\end{array}\right\}\Rightarrow -\frac{n_1}{x_2}-\frac{n_1}{x_1}=\frac{-n_1-n_1}{R}$$

$$\boxed{\frac{1}{x_2}+\frac{1}{x_1}=\frac{2}{R}}$$

Dist. focală obiect

$\boxed{x_2\to\infty}$

$\boxed{f_{ob}=\frac{R}{2}}$

Dist. focală imagine

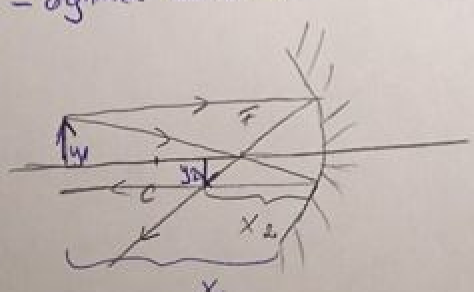
$\boxed{x_1=-\infty}$

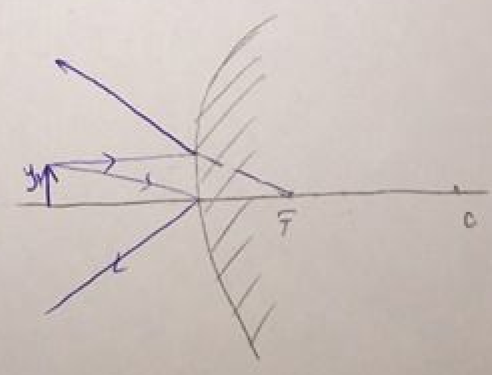
$\boxed{f_{im}=\frac{R}{2}}$

$$\boxed{f=f_{im}=f_{ob}=\frac{R}{2}}$$

$$\boxed{\frac{1}{x_2}+\frac{1}{x_1}=\frac{1}{f}}$$

- oglinda concavă



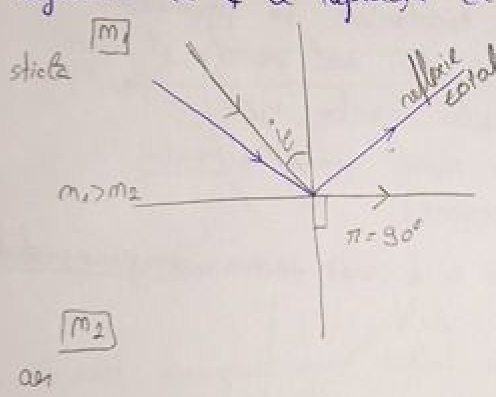


Curs 12 Fizică 18.12.19

2. Aplicații ale legilor reflexiei și refracției în optică

a) Fibra optică

- fibra optică folosește faptul că o rază de lumină nu va mai pătrunde în mediul 2 dacă este incidentă sub un anumit unghi $i >$ decât i_l - numit unghi limită
- ∢ limită - ∢ sub care o rază de lumină incidentă la ∢ limită se refractă la ∢ de refracție la 90°

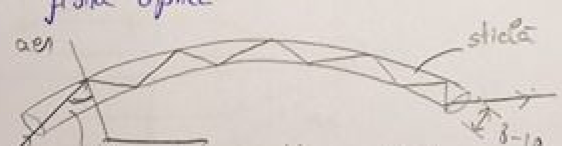


pt. ∢ de incidență $\boxed{i = i_l} \Rightarrow$ unghi de refracție $\boxed{r = 90°}$

$n_1 \sin i_l = n_2 \sin\frac{\pi}{2} \Rightarrow \sin i_l = \frac{n_2}{n_1} \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow \boxed{i_l = \arcsin\frac{n_2}{n_1}}$

fibra optică

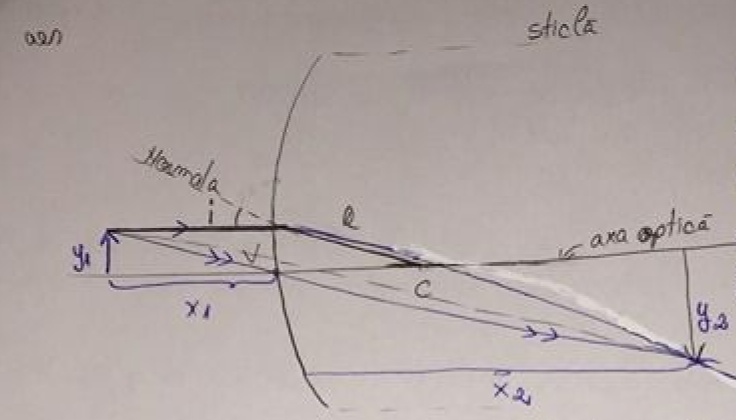


$\boxed{i_c > i_l}$ - reflexie totală

- fibra opt. se bazează pe fenomenul de reflexie totală care apare la supraf. de separare a 2 medii optice dacă lumina este incidentă sub un ∢ mai mare decât unghiul limită.

b) Formarea imaginilor prin dioptrul sferic

- supraf. de separare dintre 2 medii optice de formă sferică se numește dioptrul sferic

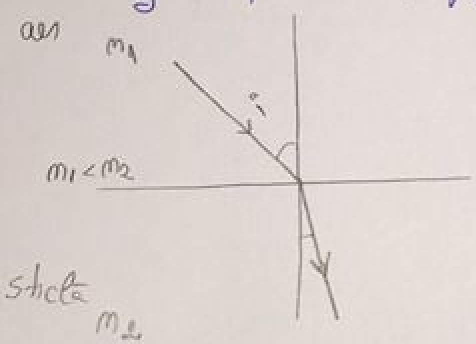


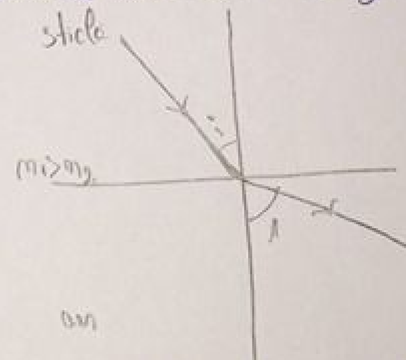
V- vârful dioptrului
C- centrul de curbură
R- raza dioptrului
x_1- distanța obiect
y_1- mărimea obiectului
x_2- distanța imaginii
y_2- mărimea img

- img. unui punct aflat în fața dioptrului se formează fie la intersecția a 2 raze ce pleacă din acel punct și trec prin dioptru fie la intersecția prelungirilor acestor raze.

Dacă img se form. la ∩ a 2 raze avem imagine <u>reală</u> (adună energie, poate fi captată de senzori)

Dacă img. se form. la ∩ prelungirilor a 2 raze avem <u>imagine virtuală</u>





- pt. a găsi poziția obiectului și a img. prin dioptrul sferic se folosește relația punctelor conjugate
- această rel. a fost dedusă cu ajutorul legii a II-a a refracției în limita aproximației paraxiale (razele formează ∡ mici cu axa optică)

$$\boxed{\frac{n_2}{x_2}-\frac{n_1}{x_1}=\frac{n_2-n_1}{R}}$$ - ec. p.-delor conjugate

- mărirea sist. optic este dată de relația

$$\boxed{\beta=\frac{y_2}{y_1}=\frac{x_2}{x_1}\cdot\frac{n_1}{n_2}}$$ în aprox. paraxială - mărirea dioptrului sferic

În ec. de mai sus se va folosi următoarea convenție a semnelor.

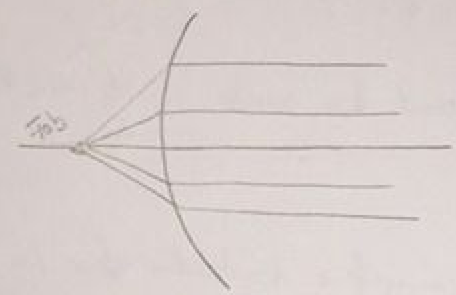
convenția semnelor

x_1, x_2, R – se consideră cu „–" dacă sunt la stânga dioptrului

„+" dacă sunt la dreapta dioptrului

Focarul obiectului

– acel punct de pe axa optică din care razele care provin din focarul obiect vor trece prin dioptrul ∥ cu axul optic.



$x_2 \to \infty$

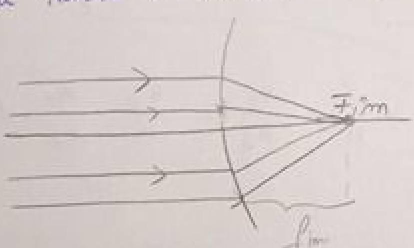
$$\frac{n_2}{\infty} - \frac{n_1}{f_{ob}} = \frac{n_2 - n_1}{R}$$

$$\Downarrow$$

$$\boxed{f_{ob} = -\frac{n_1 R}{n_2 - n_1}}$$

Fo – se calc din

Focarul imagine este definit ca punctul de pe axa optică în care se adună razele de lumină care vin ∥ cu axa.



distanța focală img se obține din $\boxed{x_1 = -\infty}$

$$\frac{n_2}{f_{im}} - \frac{n_1}{(-\infty)} = \frac{n_2 - n_1}{R}$$

$$\boxed{f_{im} \frac{-n_1 R}{n_2 - n_1}}$$

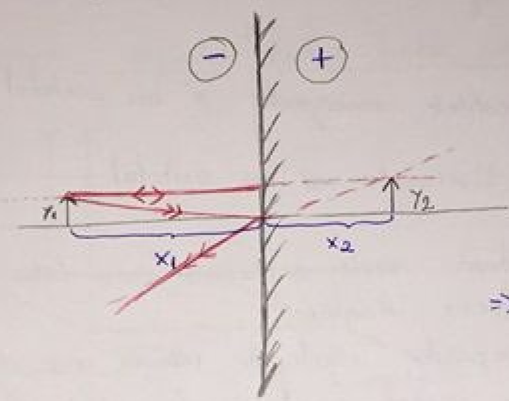
folosindu-ne de cele 2 focare (ob. și img) se poate forma simplu img unui obiect printr-un dioptru sferic ca în fig. de mai jos

Curs 13. Fizică

9.01.20

e) Oglinda plană

- caz particular de oglindă sferică care se obține în condiția $R \to \infty$



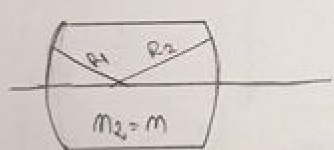
$$\boxed{y_2 = y_1}$$

$$\left.\begin{array}{l} \frac{1}{x_2} + \frac{1}{x_1} = \frac{2}{R} \\ R \to \infty \end{array}\right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1}{x_2} = -\frac{1}{x_1} \Leftrightarrow \boxed{x_2 = -x_1}$$

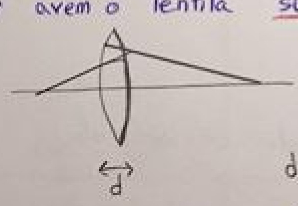
f) Lentile

Lentilele sunt sisteme optice compuse din două sau mai multe dioptruri sferice sau cilindrice.



- Lentilă groasă

- dacă grosimea lentilei este mult mai mică decât razele de curbură ale dioptrilor avem o lentilă subțire



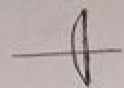
- lentilă subțire

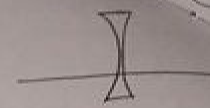
$d << R_1, R_2$

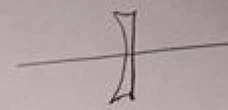
- există mai multe tipuri de lentile subțiri în funcție de curburile suprafețelor ce formează cei doi dioptrii.

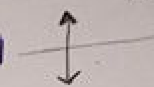
Tipuri de lentile subțiri

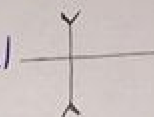
- bi-convexă 

- plan-convexă 

- biconcavă 

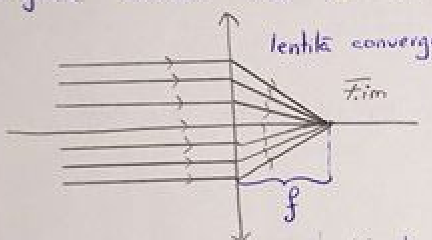
- plan-concavă 

- lentilele convexe sunt lentilele convergente și au simbolul 

- lentilele concave sunt divergente și au simbolul 

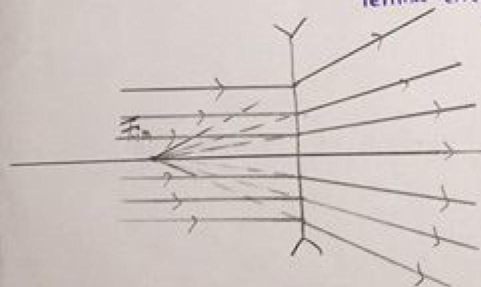
- lentilele convergente adună razele de lumină care trec ∥ cu axul optic într-un punct numit focar imagine
- lentilele divergente împrăștie razele de lumină care vin ∥ cu axul optic, prelungirea acestor raze părând a veni din focarul imaginii.

lentilă convergentă



$\boxed{f>0}$ - distanța focală

lentila divergentă



$\boxed{f<0}$

- o altă mărime fizică ce caracteriz. lentilele este convergența

Convergența lentilei

$$\boxed{C = \frac{1}{f}}$$

$C>0$ - lentilă convergentă

$C<0$ - lentilă divergentă

$[C]_{SI} = m^{-1}$ - dioptrie

- în cazul lentilelor subțiri formate din 2 dioptrii, convergența satisface relația

$$\boxed{C = \frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)}$$

n - indicele de refracție al lentilei

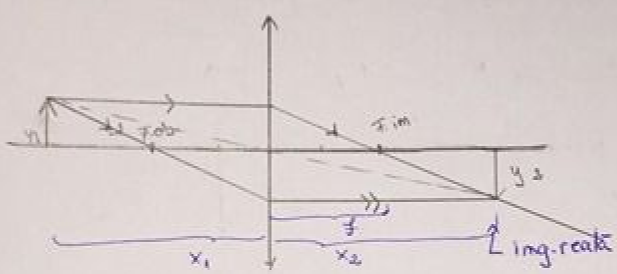
R_1, R_2 - razele de curbură ale celor 2 dioptrii

C-mare

C-mic

Formarea imaginilor printr-o lentilă convergentă

- obiectul în afara distanței focale



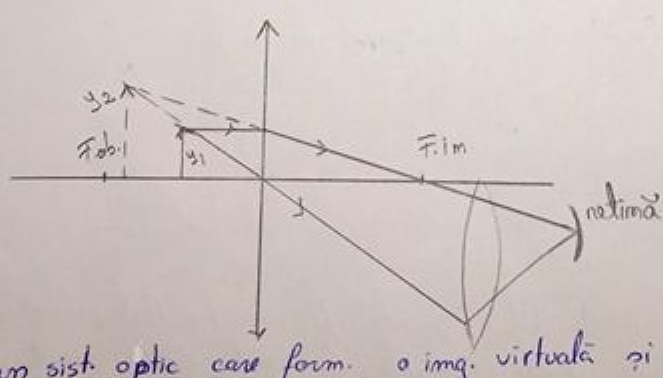
- o rază care merge ∥ cu axul optic trece mai departe prin focarul imagine
- o rază care trece prin focarul obiect trece mai departe ∥ cu axul optic
- o rază care trece prin vârful lentilei trece mai departe nedeviată

$$\boxed{\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1} = \frac{1}{f}}$$

relația punctelor conjugate pentru lentile subțiri

$$\boxed{\beta = \frac{y_2}{y_1} = \frac{x_2}{x_1}}$$

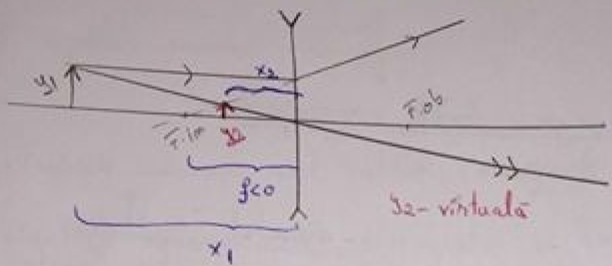
- obiectul între focar și lentilă



- un sist. optic care form. o img. virtuală și mărită este lupa
- în cazul lupei, distanța focală este mai mică

Formarea imaginilor printr-o lentilă divergentă

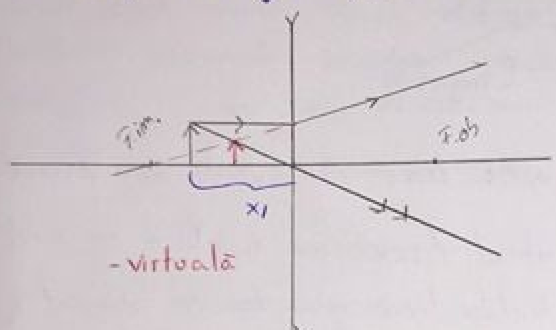
- obiectul în afara focarului



$$\boxed{\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1} = \frac{1}{f}}$$

$$\boxed{\beta = \frac{x_2}{x_1}}$$

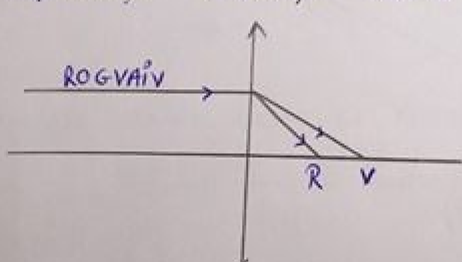
- obiectul între focar și lentilă



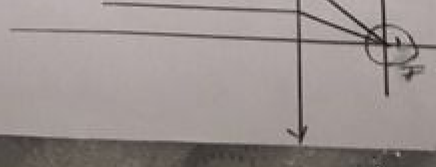
- virtuală

g) Aberații optice

- aberațiile optice apar la formarea img. din mai multe cauze:
  - o cauză este dependența indicelui de refracție a lentilei de lungimea de undă, aceste aberații se numesc cromatice și sunt cauzate de dependența distanței focale de lungime de undă



- o altă cauză a aberațiilor poate fi nesfericitatea lentilei, adică raze care vin la diferite distanțe de axul optic sunt focalizate în poziții diferite.



Curs Fizică 14

16.01.2020

FENOMENE DE TRANSPORT TERMIC

Energia termică a unui sistem - este suma energiilor cinetice de translație, rotație, vibrație ale atomilor și moleculelor ce formează sist. respectiv
- este proporțională cu temperatura sist. exprimată în grade kelvin

$T > 0$ - pt că atomii și moleculele sunt întotdeauna în mișcare

- energia termică poate fi transferată de la un sist. la altul
- energia termică transportată se numește căldură și se notează cu Q

Conform principiului II al termodinamicii căldura trece de la sine doar de la un corp cu t° mare la un corp cu t° mai mică

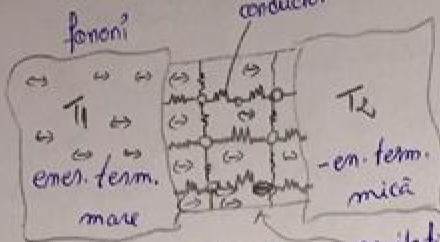
$$\boxed{T_1 > T_2}$$

Transferul de căldură de la un corp la altul se realizează prin 3 mecanisme:
- conducția termică
- convecția termică
- radiația termică

- aceste 3 mecanisme pot funcționa simultan sau independent

1. Conducția termică

- între 2 corpuri separate de un corp conductor se realizează ca urmare a transmiterii vibrațiilor termice de la corpul cu temp. mai mare la corpul cu temp. mai mică.
- aceste vibrații termice sunt transmise sub formă de oscilații ale rețelei care formează corpul conductor și al electronilor liberi în cazul metalelor. Oscilațiile rețelei atomice se numesc <u>fononi</u> prin analogie cu fotonii luminoși



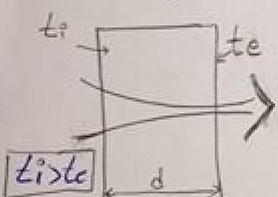
- deoarece în cazul metalelor și electronii participă la transferul de căldură, acestea sunt mai buni conductori termici decât izolatorii.

Densitate de curent termic

- definită ca energia termică (căldura) transferată prin unitate de suprafață în unitate de timp

$$j_Q = \frac{Q}{St} \qquad [j_Q]_{SI} = \frac{J}{m^2 s} = \frac{W}{m^2}$$

Legea lui Fourier pt. transportul căldurii



t_i – temperatură interior
t_e – temperatură exterior
d – grosimea peretelui

$$\boxed{T(K) = t(^\circ C) + 273{,}15}$$

$j_Q \sim \frac{1}{d}$

$j_Q \sim (t_i - t_e)$ – proporțional cu dif. de temperatură

j_Q – depinde de material

$$\boxed{j_Q = \lambda \frac{t_i - t_e}{d}}$$

– Legea lui Fourier

$t_i = T_i - 273{,}15$
$t_e = T_e - 273{,}15$

$$\Rightarrow j_Q = \lambda \frac{T_i - T_e}{d} = -\lambda \frac{T_e - T_i}{d}$$

λ (lamda) se numește conductivitate termică și depinde de natura materialului din care este confecționat peretele

$$[\lambda]_{SI} = \frac{W}{m K}$$

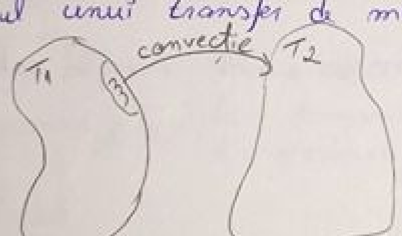
materialul	$\lambda\left(\frac{W}{m\cdot K}\right)$
Al	221
Au	314
Beton	2
BCA	0,22
Polistiren	0,17
Sticla	0,8
Molidul	0,13

Să se calc. pierderile de căldură prin unit. de suprafață a unui perete de lemn cu $\lambda = 0,2$, aflat la $t_i = 20°C$ și $t_e = -10°C$ dacă grosimea peretelui este $d = 30cm$. $j_a = ?$

$$j_a = \lambda \frac{t_i - t_e}{d} = 0,2 \frac{20-(-10)}{30\cdot 10^2} = 0,2 \cdot \frac{30}{30} \cdot 10^2 = 20 \frac{W}{m^2}$$

2. Convecția termică

- reprezintă transferul de căldură între 2 sist. care se realiz. prin intermediul unui transfer de masă.

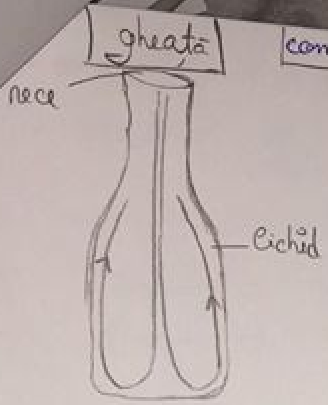


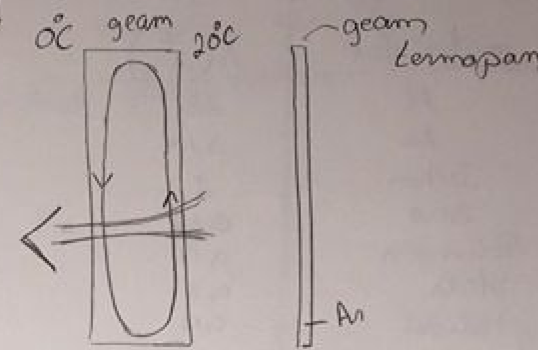
- deoarece masa participă la transferul termic, convecția este mai importantă în cazul lichidelor decât în cazul gazelor. Nu ∃ convecție în cazul solidelor.

Convecția termică → convecție liberă
→ convecție forțată

Convecția liberă are loc atunci când transportul masei se realizează ca urmare a unei diferențe de densitate fiind indus de forțele gravitaționale

Convecția forțată înseamnă că transportul masei se realizează sub acțiunea unei forțe externe convecția liberă





- <u>la geamul termopan</u>

prin reducerea distanței dintre sticle curenții de convecție sunt opriți datorită frecării dintre aer și sticlă

convecția forțată

+ caloriferul
radiatorul auto
suflatul în supă

3. Radiația termică

- orice corp aflat la o temp. $T>0K$ emite energie sub formă de radiație termică (fotoni)

- puterea emisă de ~~unitatea de~~ suprafața S a corpului respectiv este dată de relația: $\boxed{P_{emisă} = \varepsilon \sigma S T_c^4}$ (1)
- dacă corpul se află într-un mediu exterior de temperatură T_m atunci corpul absoarbe radiații de la mediu, iar puterea absorbită de suprafața S a acestuia este: $\boxed{P_{abs} = \varepsilon \sigma S T_m^4}$ (2)
- diferența celor 2 puteri reprezintă puterea pierdută de corp prin radiație termică: $\boxed{P_{pierdută} = P_{emisă} - P_{abs.}}$ (3)

Din (1) (2) și (3) $\Rightarrow$ $\boxed{P_{pierdută} = \varepsilon \sigma S (T_c^4 - T_m^4)}$

ε - emisivitate a suprafeței (depinde de natura suprafeței) - ε

σ - $5{,}67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$ (sigma) (Constanta Ștefan-Boltzman)

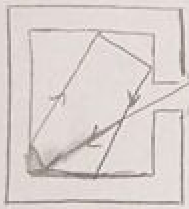
S - suprafața corpului

T_c - temperatura corpului (K)

T_m - temperatura mediului (K)

suprafața	ε
corp negru	1.
Al. strălucitor	0,04
Al. oxidat	0,25
beton	0,94
sticla	0,88
lemnul	0,90
apa	0,90

corp negru = corp care absoarbe toată radiația incidentă pe el



• Să se calculeze pierderile de energie ale unității de suprafață ale unui geam dacă temp. geamului este de 20°C și acesta se găsește într-un mediu de temp. 0°C. Se dă $\varepsilon = 0{,}88$ și $\sigma = 5{,}67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$

$S = 1 m^2$

$t_g = 20°C$

$t_m = 0°C$

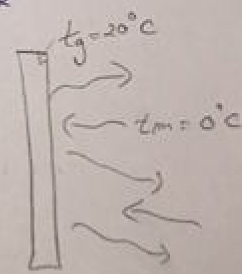
$\varepsilon = 0{,}88$

$\sigma = 5{,}67 \cdot 10^{-8}$

$P_{pierdută}$

$$\boxed{P_{pierdută} = \varepsilon \sigma S \left(T_g^4 - T_m^4\right)}$$

$$= 0{,}88 \cdot 5{,}67 \cdot 10^{-8} \cdot 1 \cdot \left(293^4 - 273^4\right) = 99{,}5 W$$



în 5 la ora 10:00

Consultații pt. exam

(Lab. de Fiz)

C.F 14.