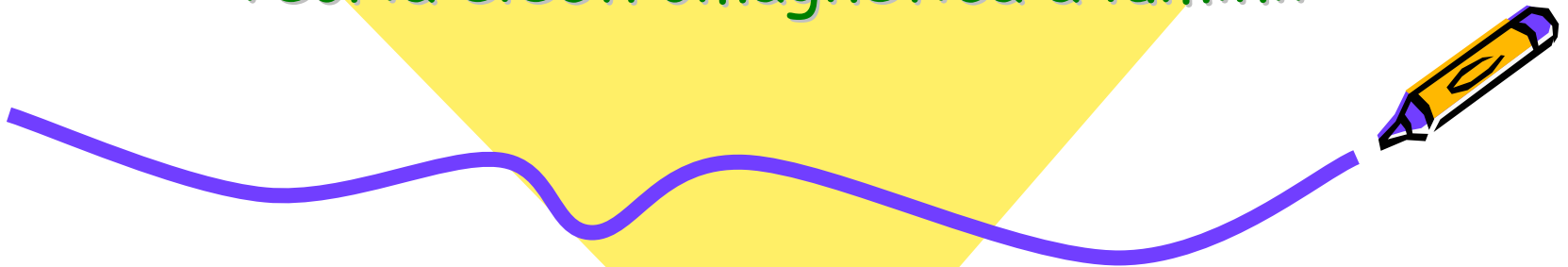


FIZICĂ

Unde electromagnetice
Teoria electromagnetica a luminii



ș.l. dr. Marius COSTACHE

UNDE ELECTROMAGNETICE

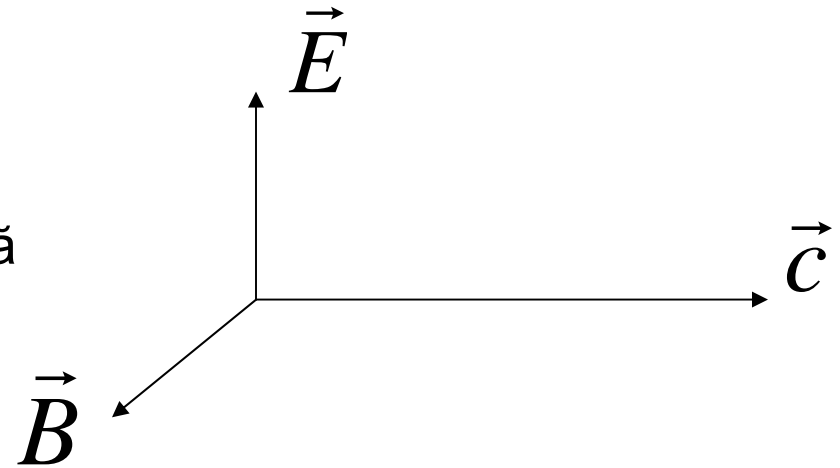
Def Câmpul electromagnetic = ansamblu de câmpuri electrice și magnetice variabile în timp, care se generează reciproc.

Def Unda electromagnetică = ansamblu de variații ale câmpurilor electric și magnetic care se propagă în spațiu.

Unda electromagnetică:

- undă transversală
- transportă energie electromagnetică
- se propagă în vid cu viteza:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

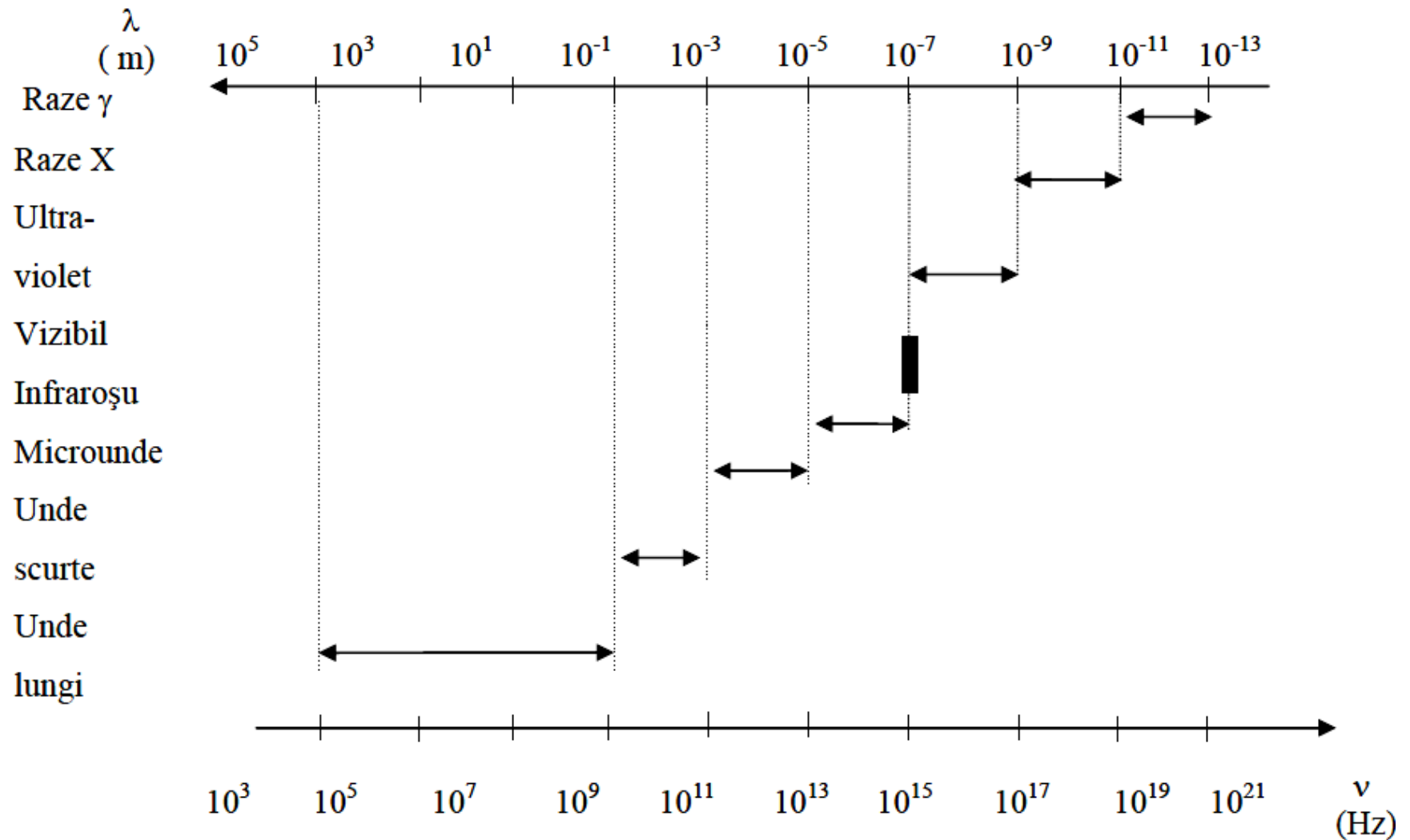


Obs: Viteza undelor em. într-un mediu oarecare:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon \mu}} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \epsilon_r \mu_0 \mu_r}} = \frac{c}{n}$$

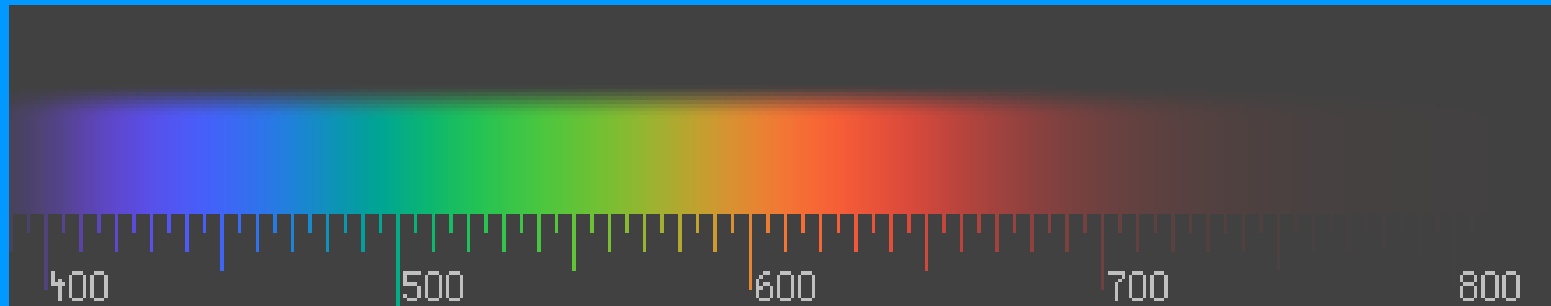
n = indicele de refracție al mediului

Spectrul Undelor electromagnetice



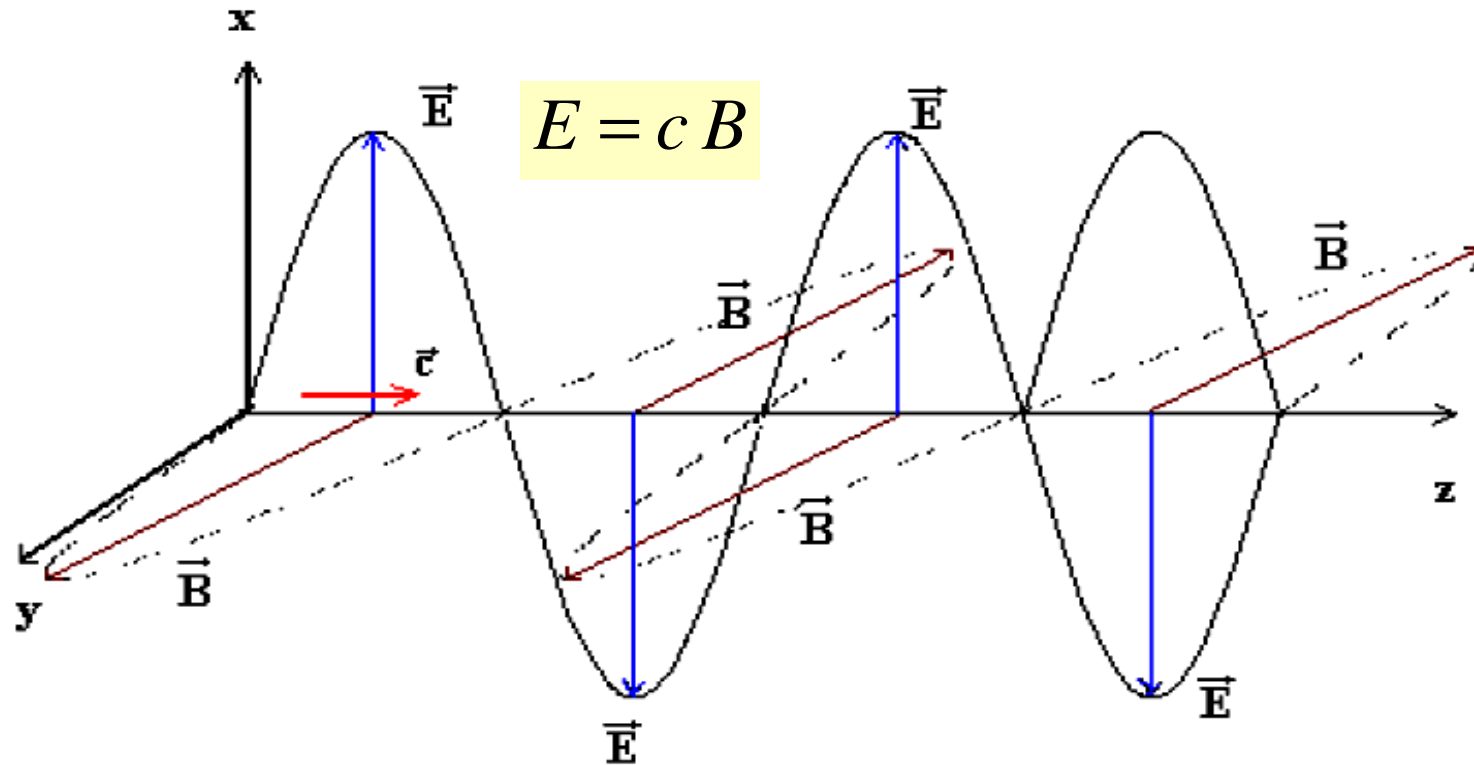
Spectrul vizibil

Spectrul continuu al luminii naturale



Culoare	Lungimea de undă
<i>violet</i>	<i>380–450 nm</i>
<i>albastru</i>	<i>450–495 nm</i>
<i>verde</i>	<i>495–570 nm</i>
<i>galben</i>	<i>570–590 nm</i>
<i>orange</i>	<i>590–620 nm</i>
<i>roșu</i>	<i>620–750 nm</i>

Unde electromagnetice armonice progresive



Sursa:

$$\begin{cases} \vec{E} = \vec{E}_0 \sin \omega t \\ \vec{B} = \vec{B}_0 \sin \omega t \end{cases}$$

La distanța z de sursă:

$$\begin{cases} \vec{E} = \vec{E}_0 \sin \left[\omega \left(t - \frac{z}{c} \right) \right] = \vec{E}_0 \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{z}{\lambda} \right) \\ \vec{B} = \vec{B}_0 \sin \left[\omega \left(t - \frac{z}{c} \right) \right] = \vec{B}_0 \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{z}{\lambda} \right) \end{cases}$$

Unde electromagnetice armonice progresive

În orice punct din mediul de propagare: $E = c B$

Def: Lungimea de undă:

$$\lambda = c T = \frac{c}{\nu}$$

Def: Numărul de undă:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

Obs: a) c = viteza undelor em. în vid

b) în orice alt mediu, viteza undelor em. este $v < c$

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0\epsilon_r\mu_0\mu_r}} = \frac{c}{n}$$

Energia Undelor electromagnetice

Energia undelor em. este egală cu suma dintre energia câmpului electric și energia câmpului magnetic.

Densitatea de energie
electromagnetică:

$$w = \frac{1}{2} (\epsilon E^2 + \mu H^2)$$

Def. **Vectorul Poynting** : $\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$

- are modulul egal cu *fluxul de energie* em. transportată de undă: $S = w c$
- este perpendicular pe vectorii \mathbf{E} și \mathbf{B}
- are aceeași direcție cu direcția de propagare a undei

Obs **Fluxul de energie** = energia transportată / unitatea de suprafață normală și unitatea de timp

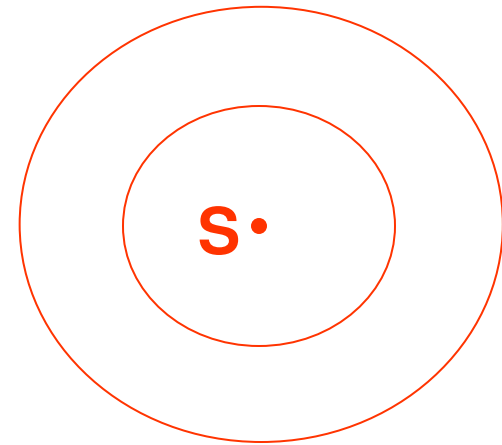
Unde sferice

Sursele punctiforme emit unde care se propagă în toate direcțiile. Frontul de undă este de formă sferică.

Amplitudinea unei unde sferice scade cu distanța r față de sursa S

$$E = \frac{E_0}{r} \sin(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r})$$

$$B = \frac{B_0}{r} \sin(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r})$$

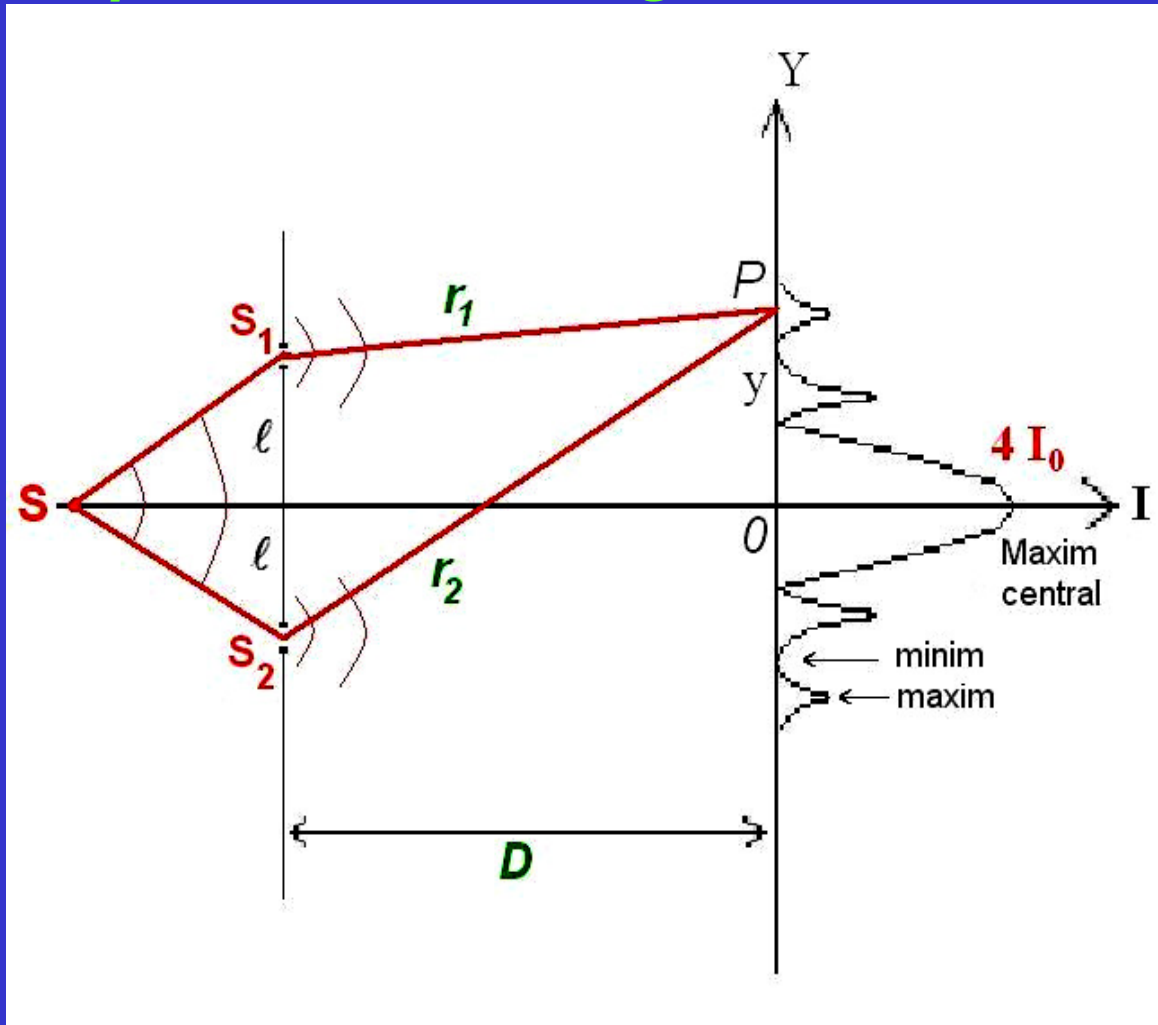


Obs Undele sferice se amortizează cu distanța, datorită scăderii în amplitudine !

Teoria electromagnetice macroscopice a luminii

I. Interferența luminii

Dispozitivul lui Young



În punctul P funcțiile de undă ale celor două unde sunt:

$$E_1(r_1, t) = E_0 \sin(\omega t - kr_1)$$

$$E_2(r_2, t) = E_0 \sin(\omega t - kr_2)$$

iar defazajul:

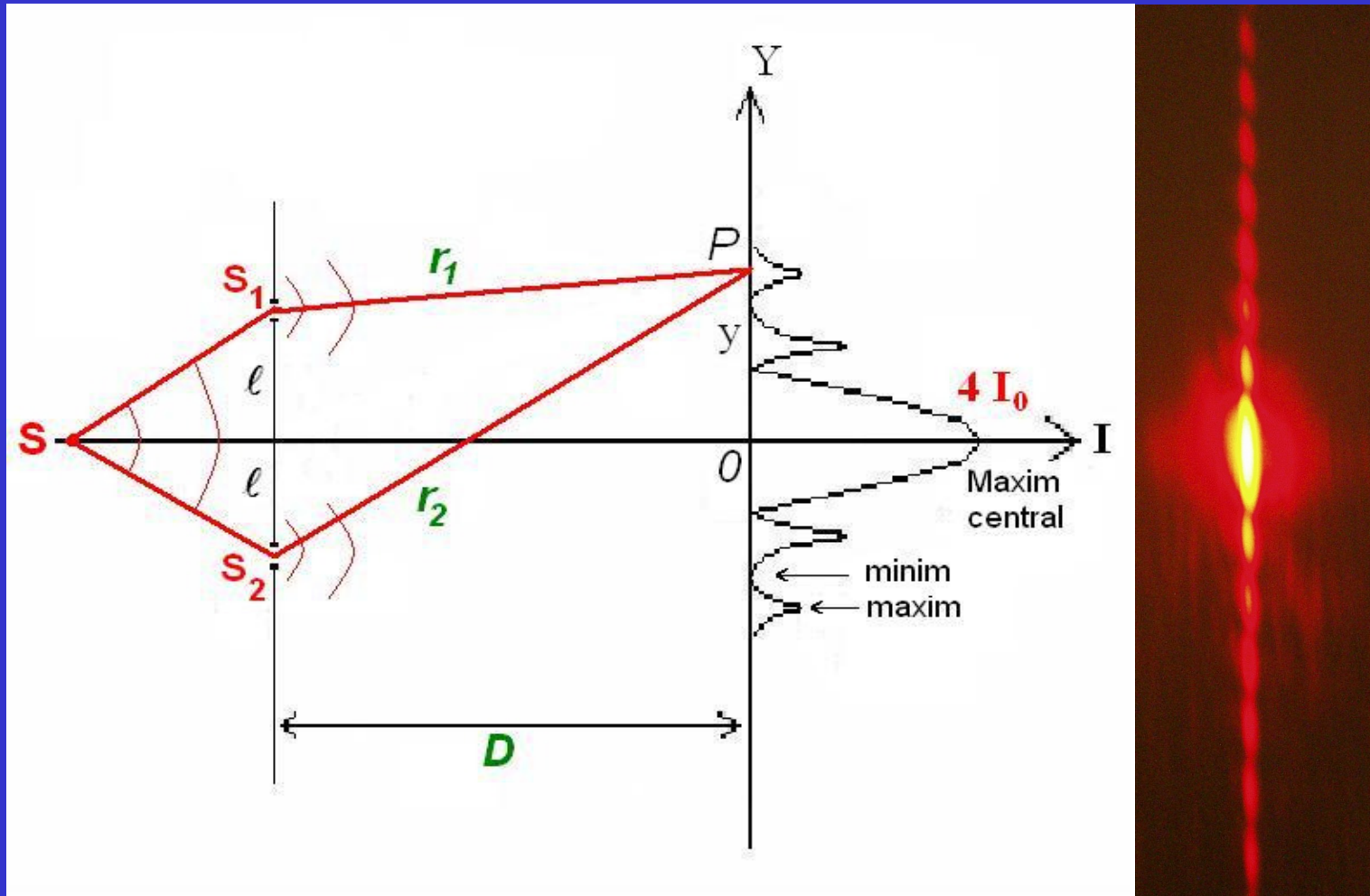
$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} (r_2 - r_1)$$

$$E_{rez, P} = E_1 + E_2$$

$$\sin a + \sin b = 2 \cos \frac{a-b}{2} \sin \frac{a+b}{2}$$

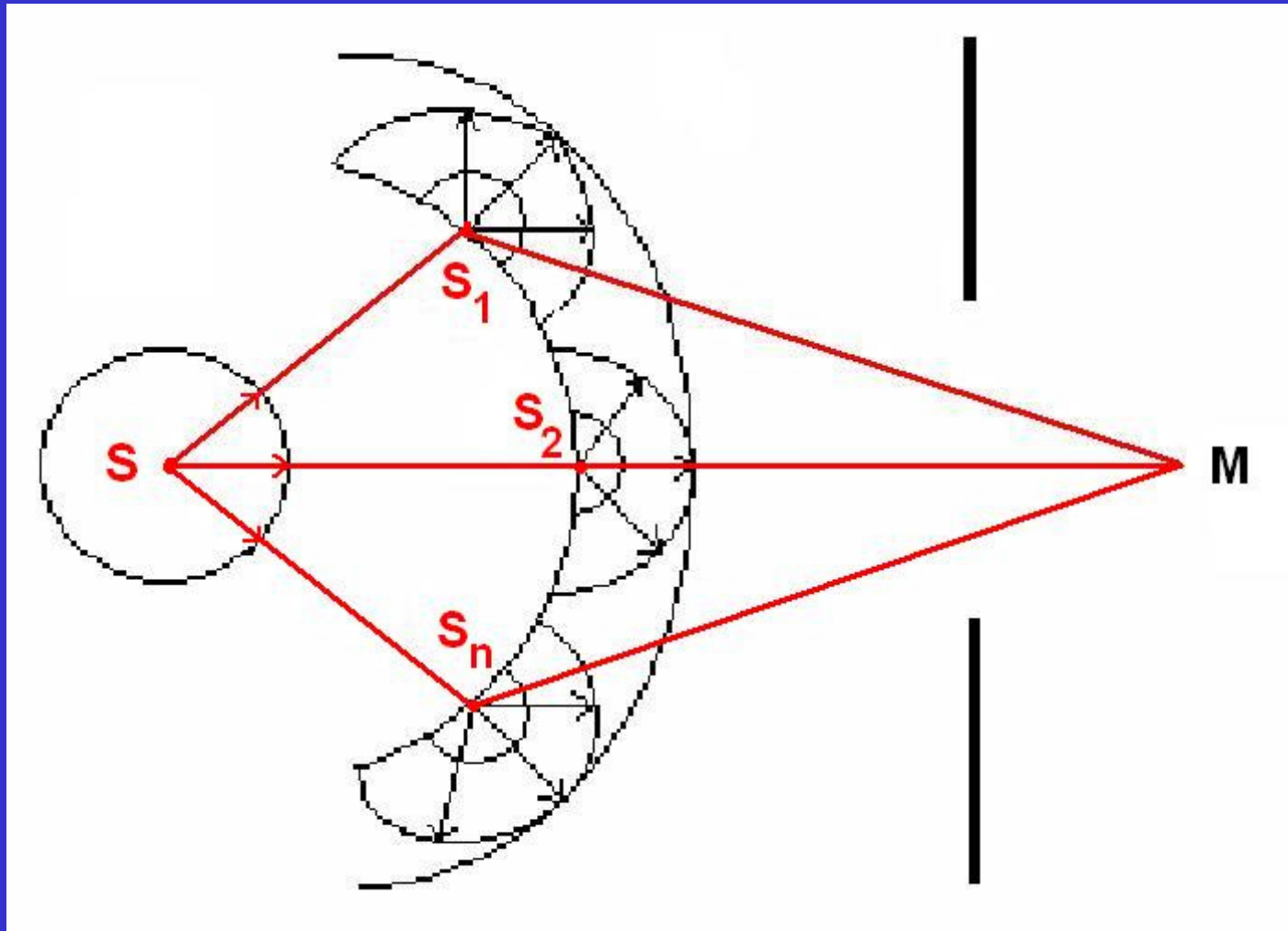
Interferența luminii

Dispozitivul lui Young



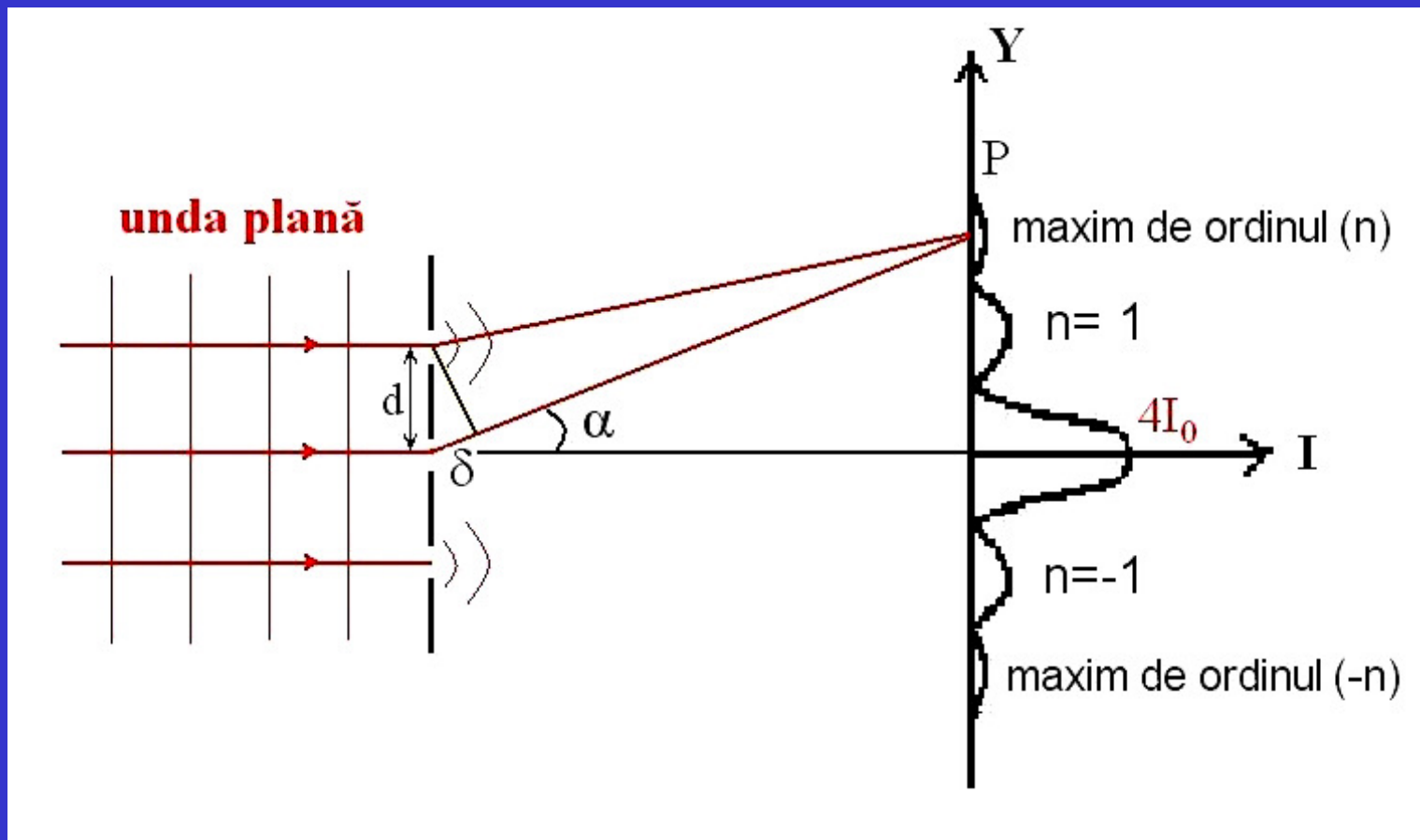
II. Difrakția luminii

Principiul lui Huygens



II. Difrakția luminii

Rețeaua de difracție

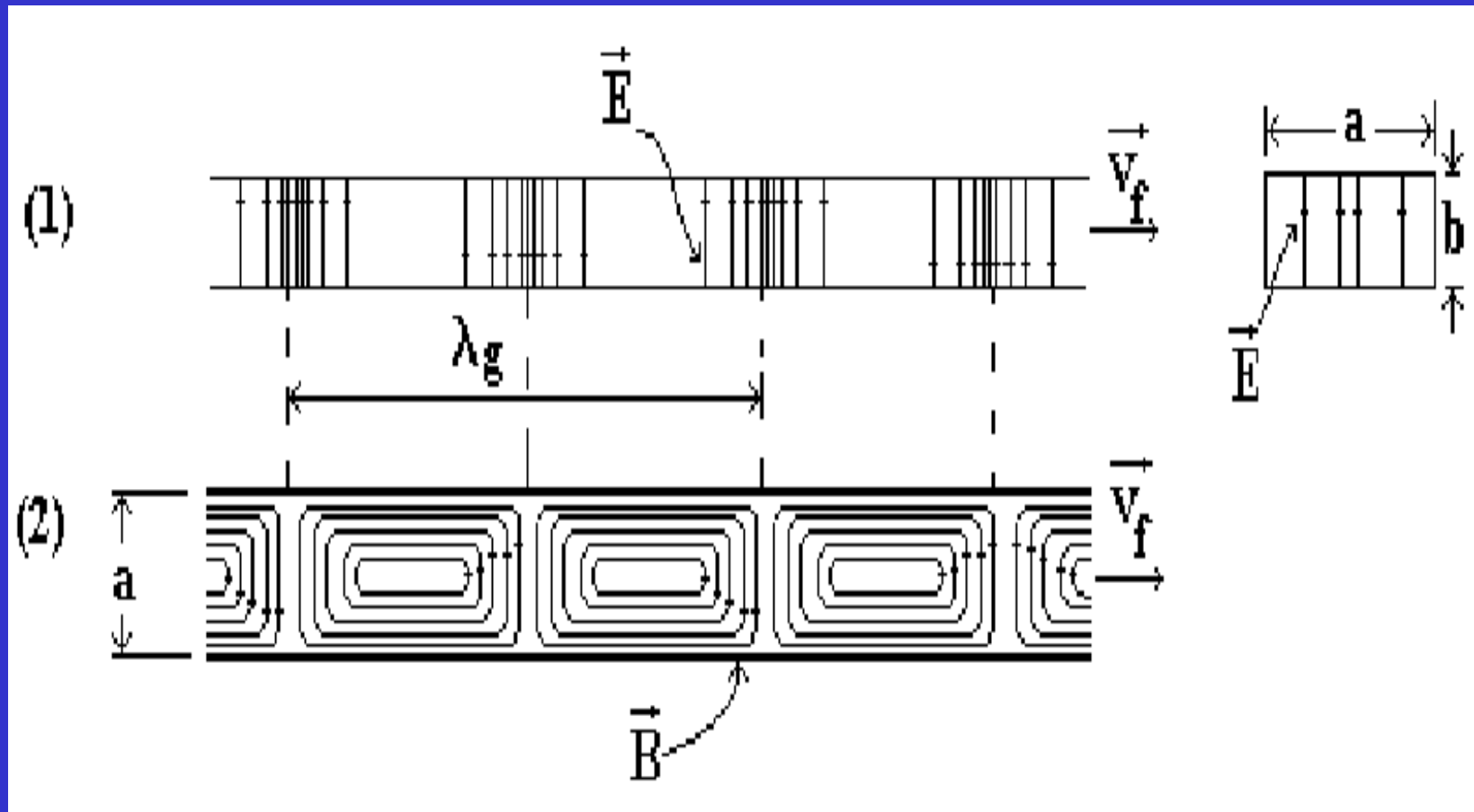


Condiția de maxim luminos în P:

$$d \sin \alpha = n \lambda$$

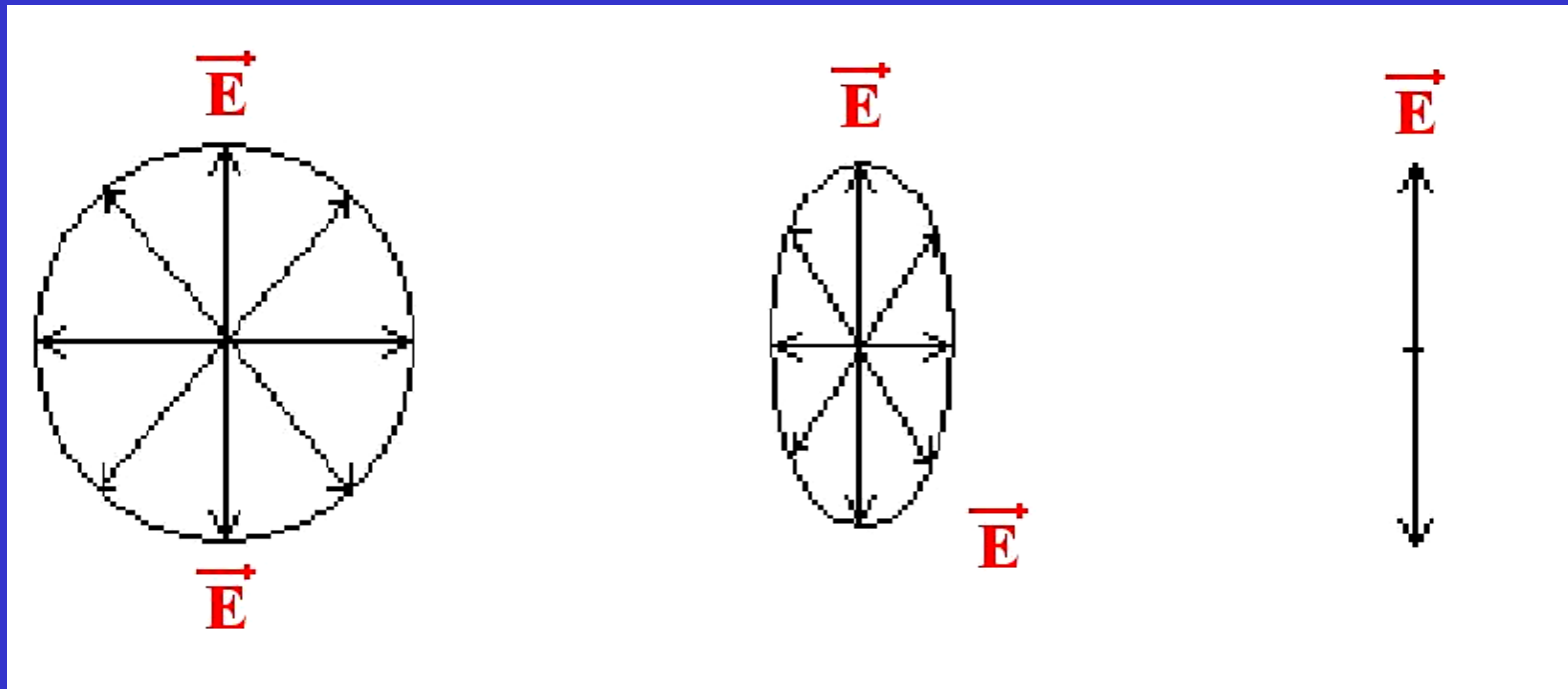
III. Ghidul de undă

Componentele undei electromagnetice la trecerea prin ghidul de undă



IV. Polarizarea luminii

*Undă electromagnetică
cu diverse grade de polarizare*



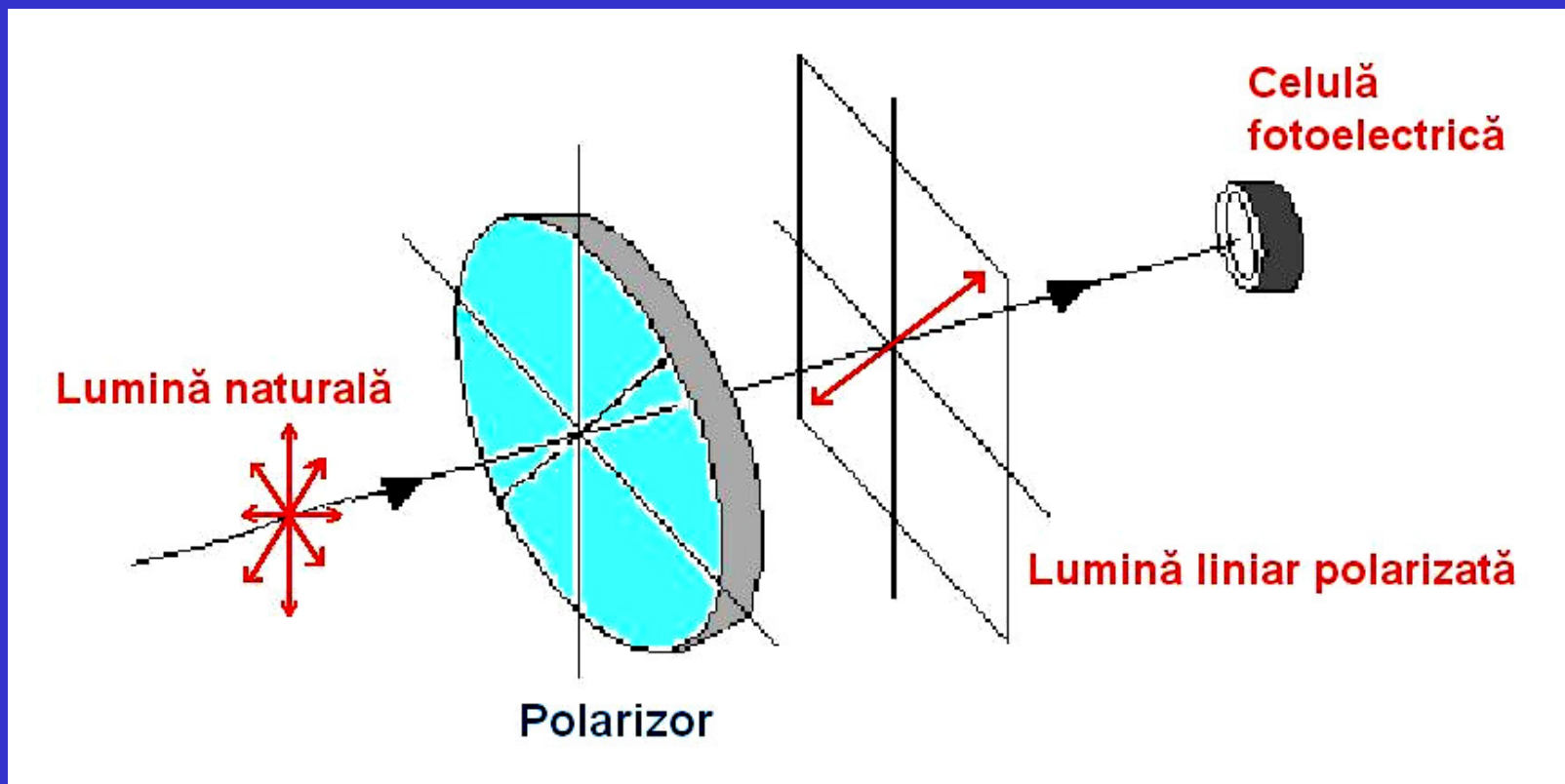
a) nepolarizată

b) parțial polarizată

c) liniar polarizată

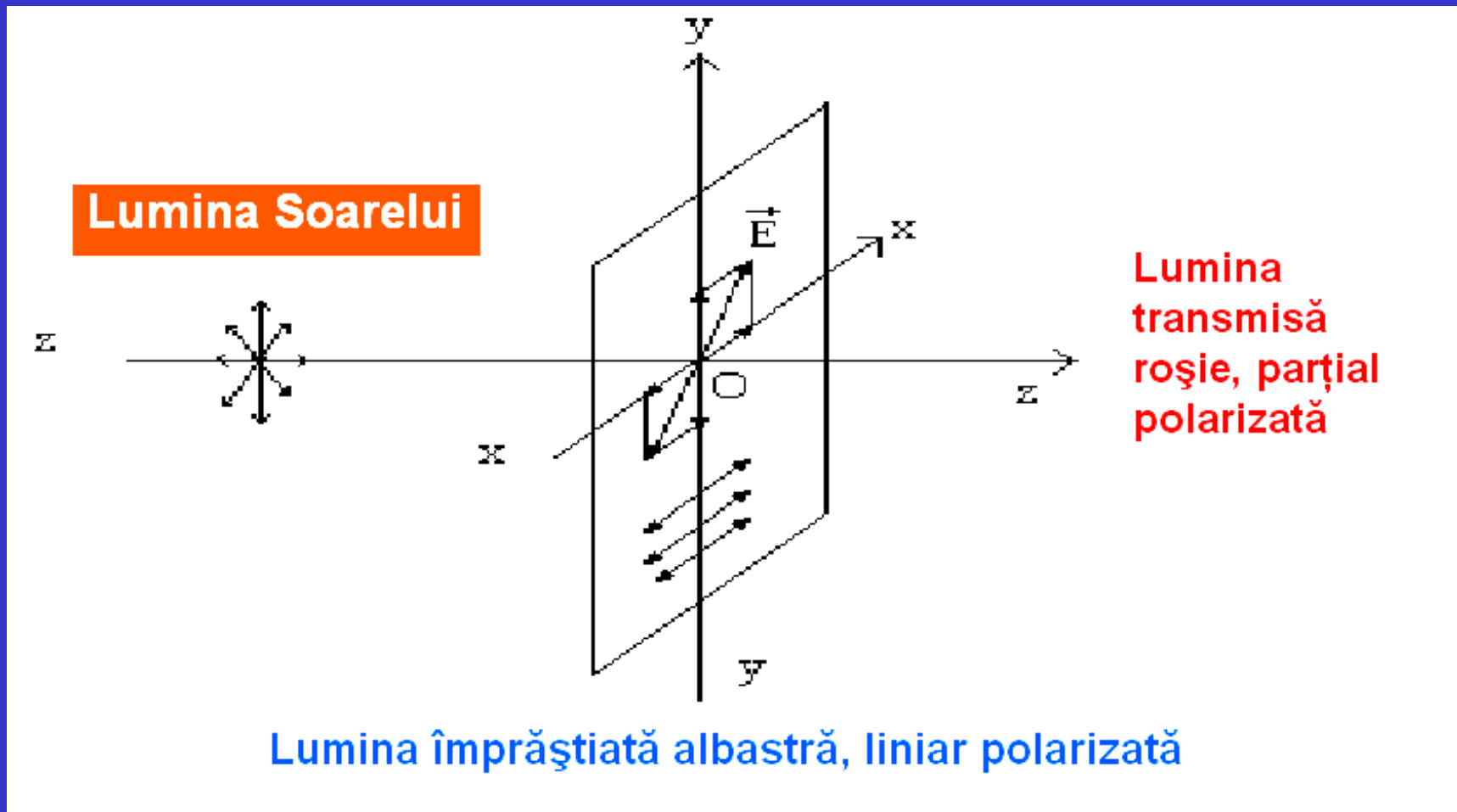
IV. Polarizarea luminii

Polarizarea luminii transmise prin polarizor



IV. Polarizarea luminii

*Polarizarea luminii soarelui prin difuzie
pe o moleculă din atmosferă*



BIBLIOGRAFIE

- ❖ F. BARVINSCHI – “*Fizică Generală*”,
Ed. Orizonturi Universitare, Timișoara, 2004

[www.et.upt.ro>CATEDRE>BFI>CadreDidactice>BarvinschiF>DownloadStudenti](http://www.et.upt.ro/CATEDRE>BFI>CadreDidactice>BarvinschiF>DownloadStudenti)

- ❖ M. CRISTEA, D. POPOV, F. BARVINSCHI, I. DAMIAN, I. LUMINOSU, I. ZAHARIE – “*Fizică. Elemente fundamentale*”,
Ed. Politehnica, Timișoara, 2006
- ❖ I. LUMINOSU – “*Fizică. Elemente fundamentale*”
Ed. Politehnica, Timișoara, 2004
- ❖ S. PRETORIAN, M. COSTACHE, V. CHIRIȚOIU – “*Fizică. Elemente fundamentale. Aplicații*”,
Ed. Politehnica, Timișoara, 2006
- ❖ *Luminosu I., Pop N., Chiritoiu V., COSTACHE Marius* – “*Fizică. Teorie, probleme și teste grilă*”, Ed. Politehnica, Timișoara, 2010