

# Světlo

- elektromagnetická  
vlna



# Optika v klinickém využití

- 1. Odraz a lom
- 2. Disperze
- 3. Interference světla
- 4. Difrakce světla - ohyb
- 5. Polarizace světla
- 6. Koherence vlnění
- 7. Fluorescence, fosforescence
- 8. Absorpce, emise stimulovaná emise.



# ■ Augustin Jean Fresnel

(1788 - 1827)

1820: příčné vlnění

# James Clerk Maxwell

(1831 - 1879)

# Heinrich Rudolf Hertz

(1857 - 1894)

1890: získal pomocí kmitavého  
elektromagnetické vlny o krátké  
a ukázal, že se spojují a odrážejí



ce

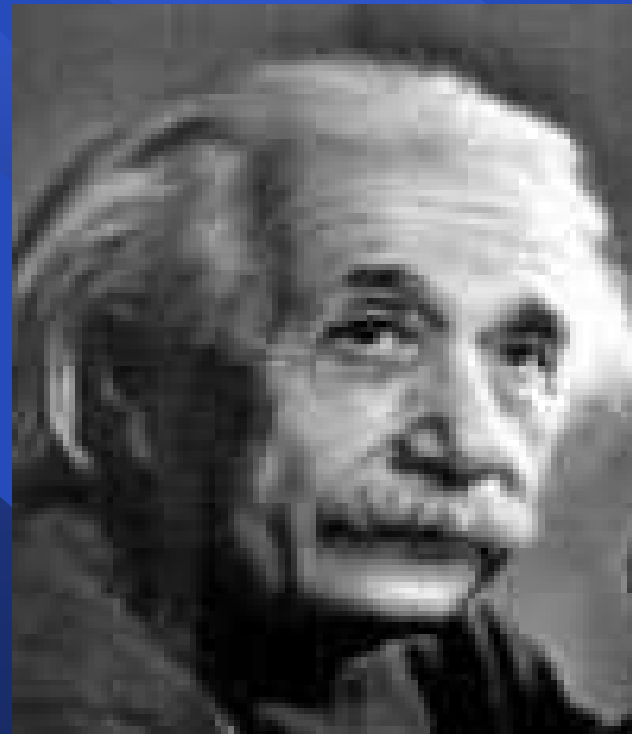


# Kvantová teorie světla

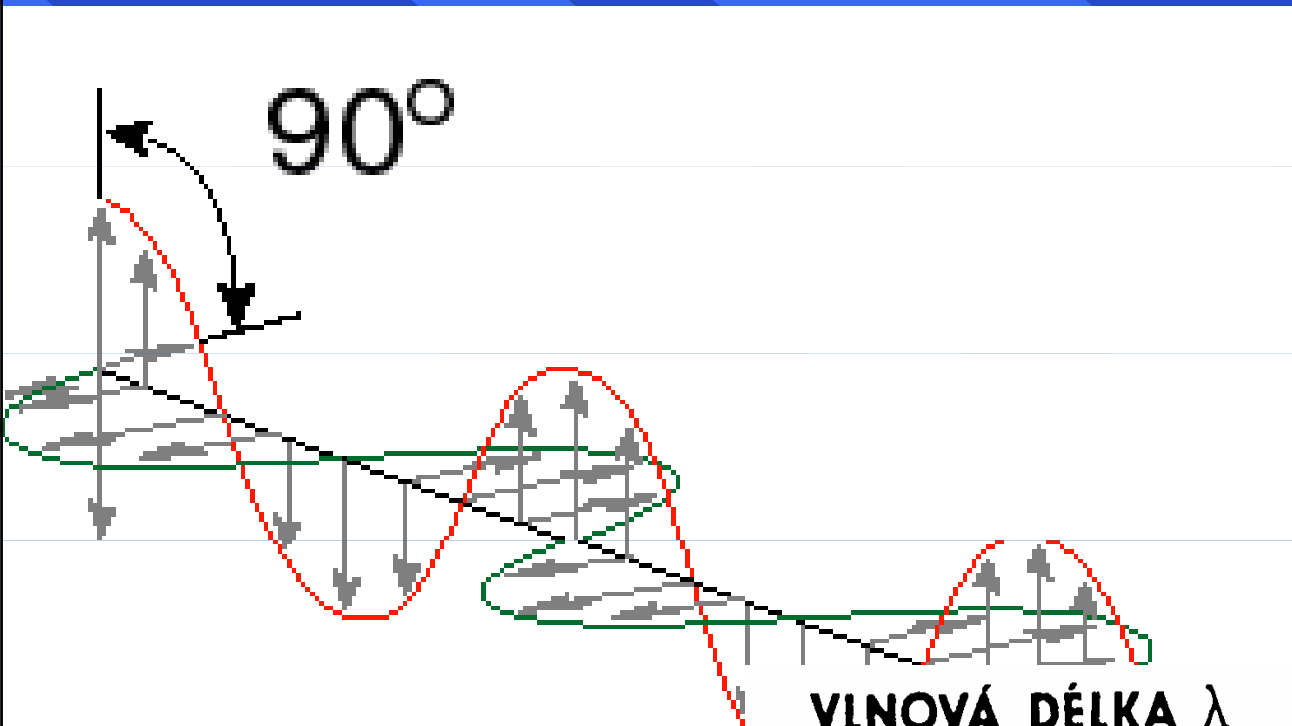
**Max Planck**  
(1858 - 1947)



**Albert Einstein**  
(1879 - 1955)

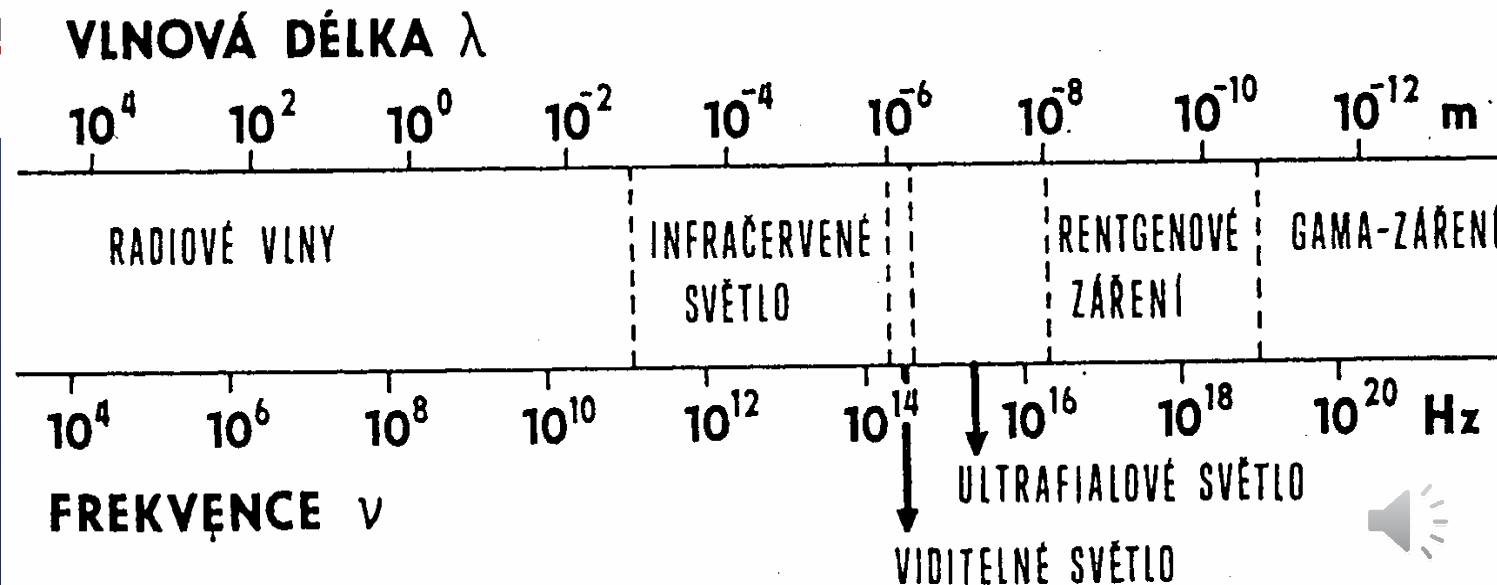


# Fotony – elektromagnetické vlny



Elektromagnetická  
vlna

Elektromagnetické  
spektrum



# Energie světla

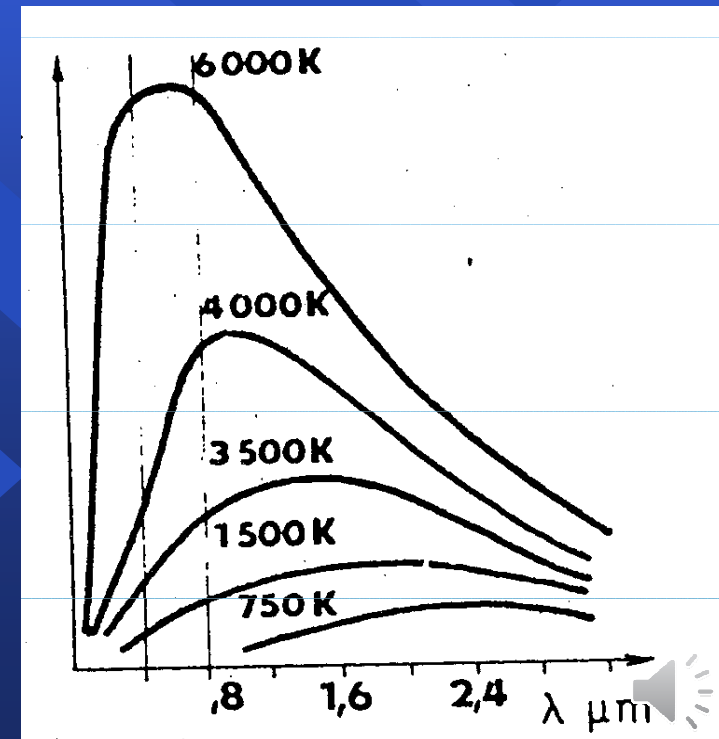
$$E = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

- *Stefanův – Boltzmannův zákon*
- *Wienův zákon*

$$H = \sigma T^4$$

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T}$$

Energie fotonu viditelného světla zelené barvy o vlnové délce 555 nm a frekvenci  $f = 5,4 \cdot 10^{14}$  Hz je velmi malá a podle rovnice činí  $3,6 \cdot 10^{-19}$  J = 2,25 eV.



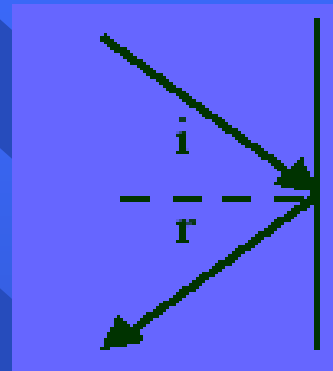
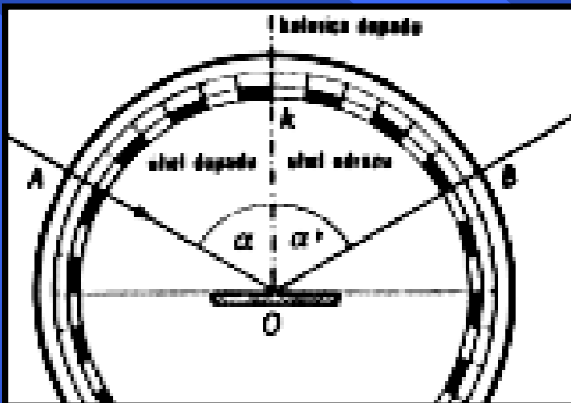
# Optika v klinickém využití

teď už jdeme na věc

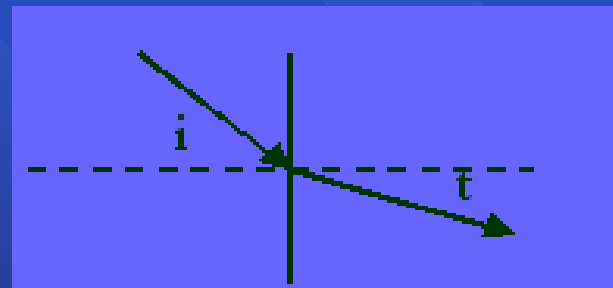
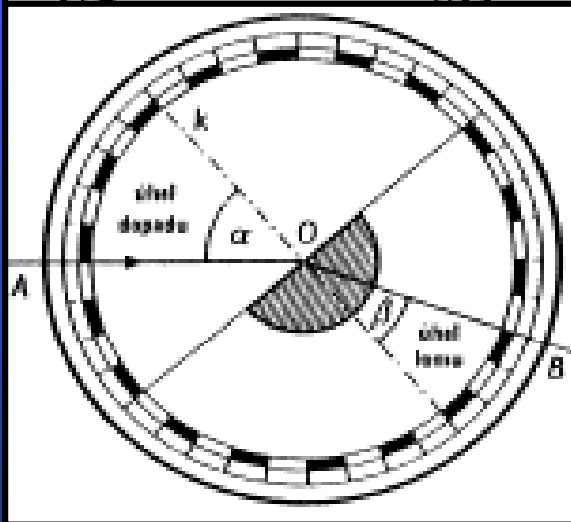
- 1. Odraz a lom
- 2. Disperze
- 3. Interference světla
- 4. Difrakce světla - ohyb
- 5. Polarizace světla
- 6. Koherence vlnění
- 7. Fluorescence, fosforescence
- 8. Absorpce, emise stimulovaná emise.



# 1. Odraz, lom a index lomu



$$n = c/v$$



$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$$

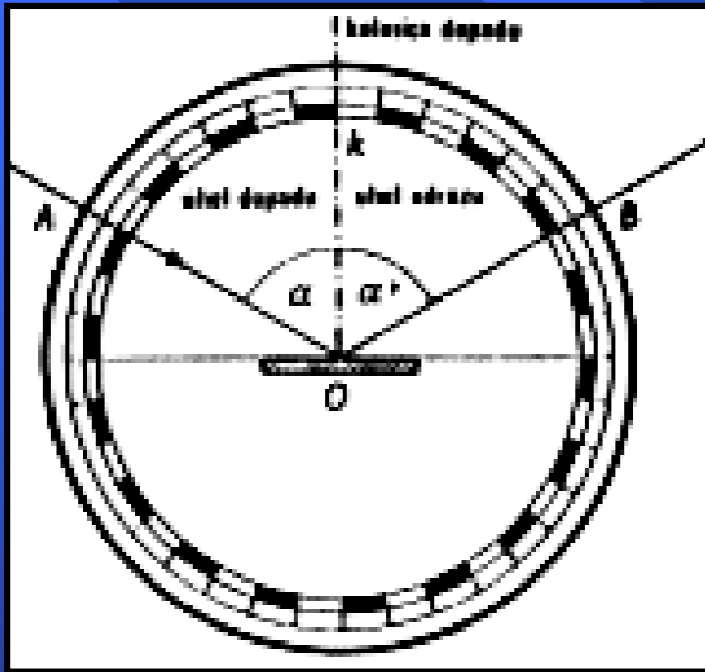
$$\frac{\sin \alpha_m}{\sin 90^\circ} = \frac{\sin \alpha_m}{1} = \sin \alpha_m = \frac{n_2}{n_1}$$

**Mezní úhel, totální odraz, jde o 100%**



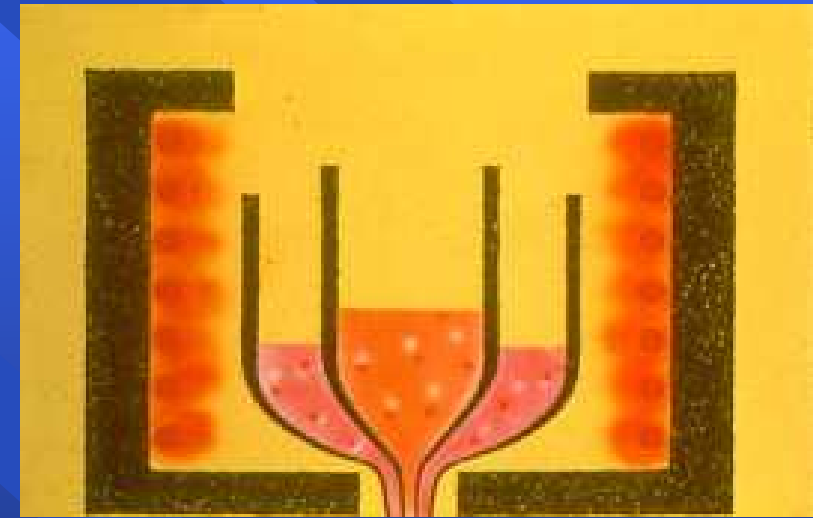


# Dvě skla s jiným indexem lomu



$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$n = c/v$$

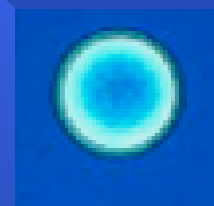
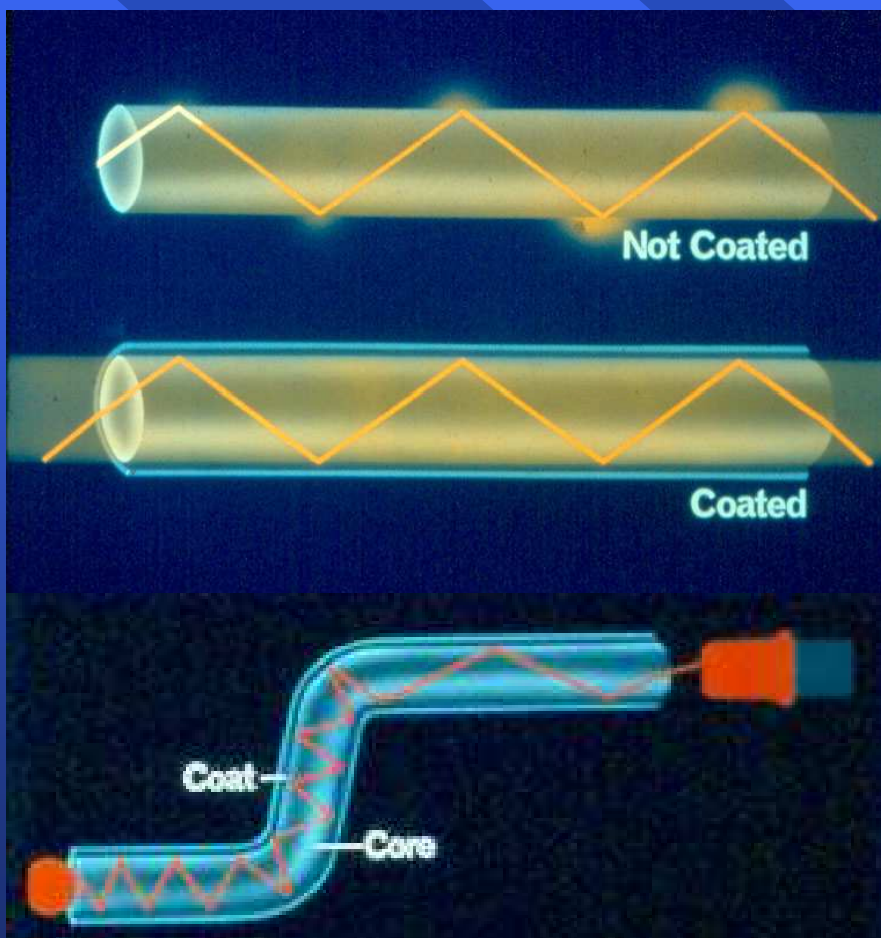
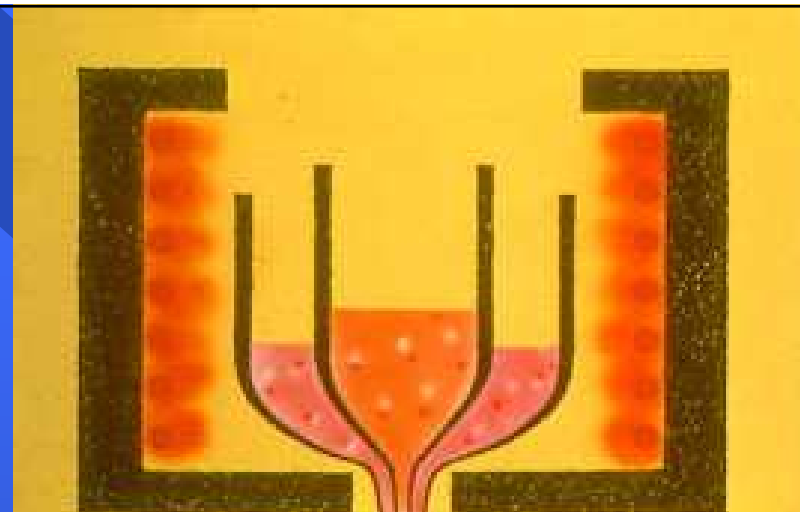


$$\frac{\sin \alpha_m}{\sin 90^\circ} = \frac{\sin \alpha_m}{1} = \sin \alpha_m = \frac{n_2}{n_1}$$

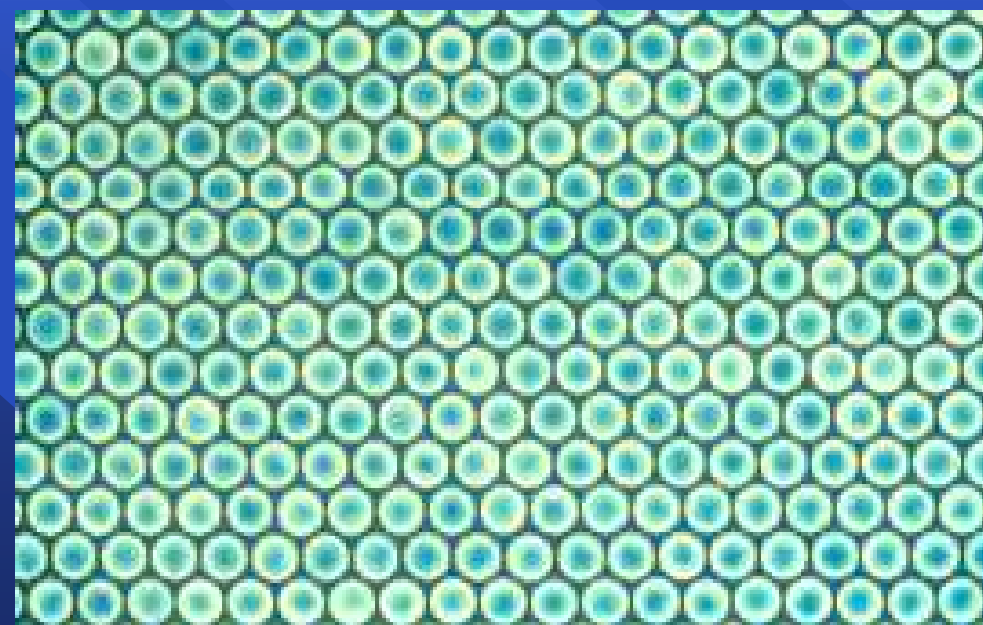
**Mezní úhel, totální odraz, jde o 100%**



# Totální odraz, jedno vlákno



Mikroskopický detail zorného pole

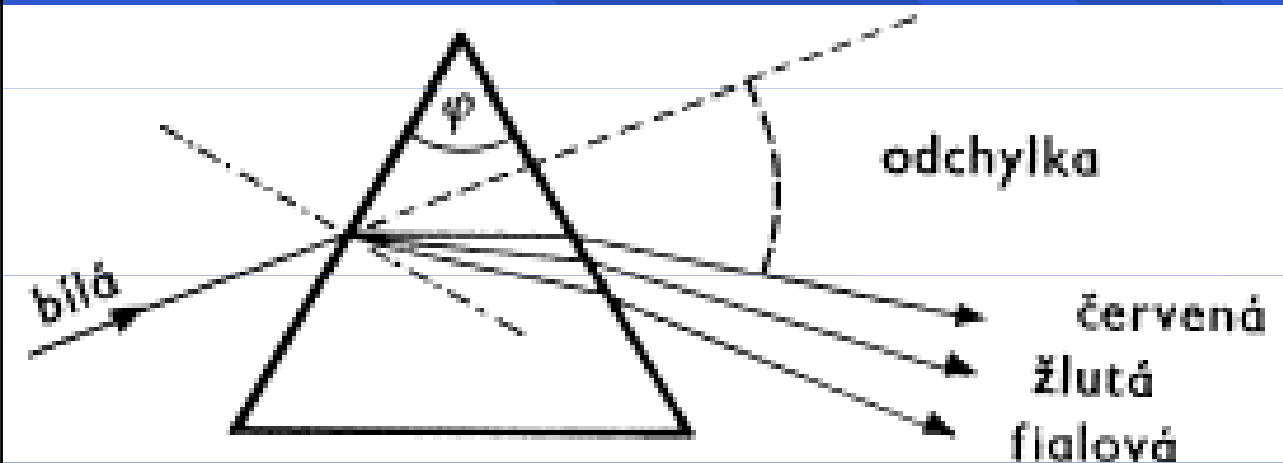




## 2. Disperze světla

Při lomu světla se rozkládá na jednotlivé vlnové délky.

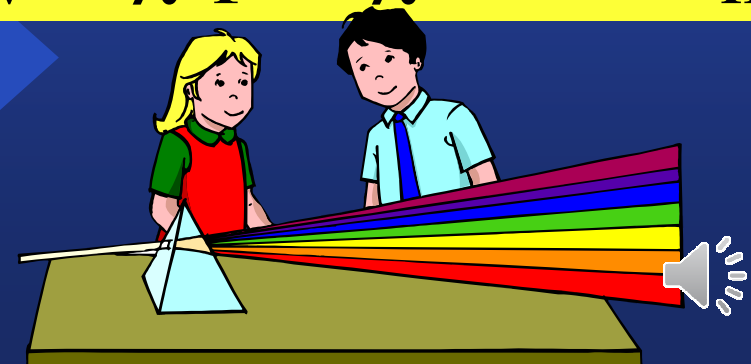
Příčinou je závislost rychlosti světla v látkách na frekvenci – disperze světla. Při normální disperzi se rychlost světla zmenšuje s frekvencí. Ve vakuu k disperzi nedochází.



$$f = \frac{c}{\lambda_0} = \frac{v}{\lambda}$$

$$n = \frac{c}{v} = \frac{\lambda_0 \cdot f}{\lambda \cdot f} = \frac{\lambda_0}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{\lambda_0}{n}$$

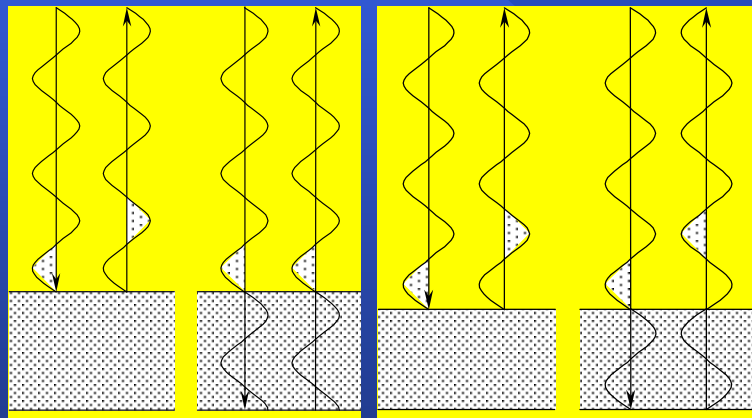
Vlnová délka světla závisí na indexu lomu prostředí



### 3. Interference skládání světla.

#### PODMÍNKA KOHERENCE:

- paprsky musí mít stejnou frekvenci
- paprsky musí být navzájem rovnoběžné
- paprsky musí mít na sobě nezávislý dráhový rozdíl.



$$c = v \cdot n \Rightarrow l = n \cdot s$$

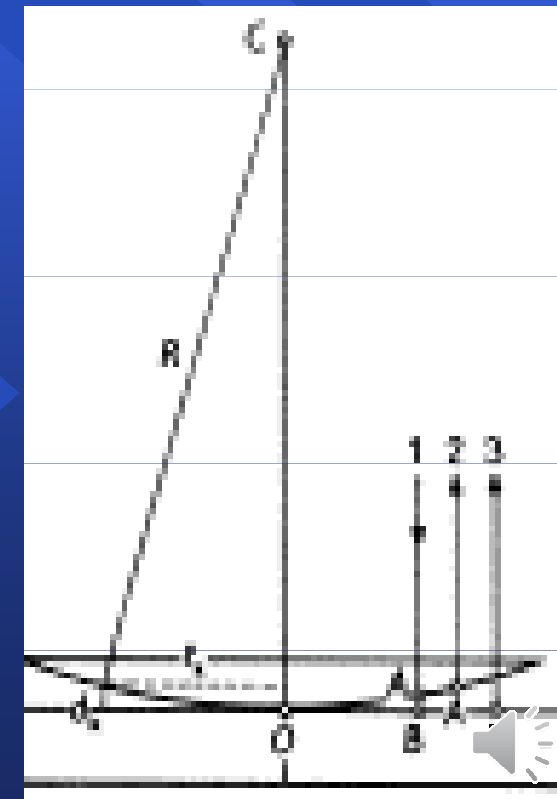
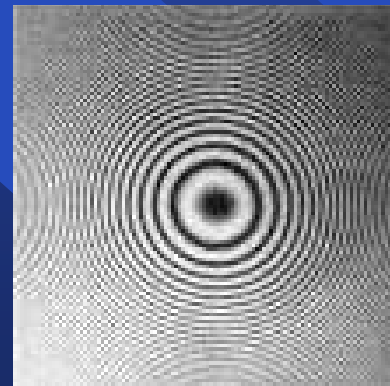
$$s = 2 \cdot d$$

$$\Delta l = 2 \cdot n \cdot d$$

dráhový rozdíl

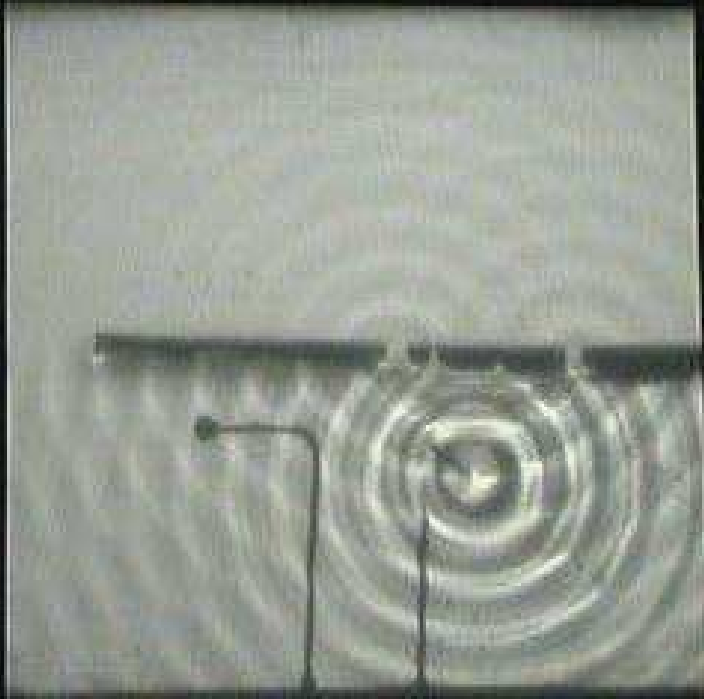
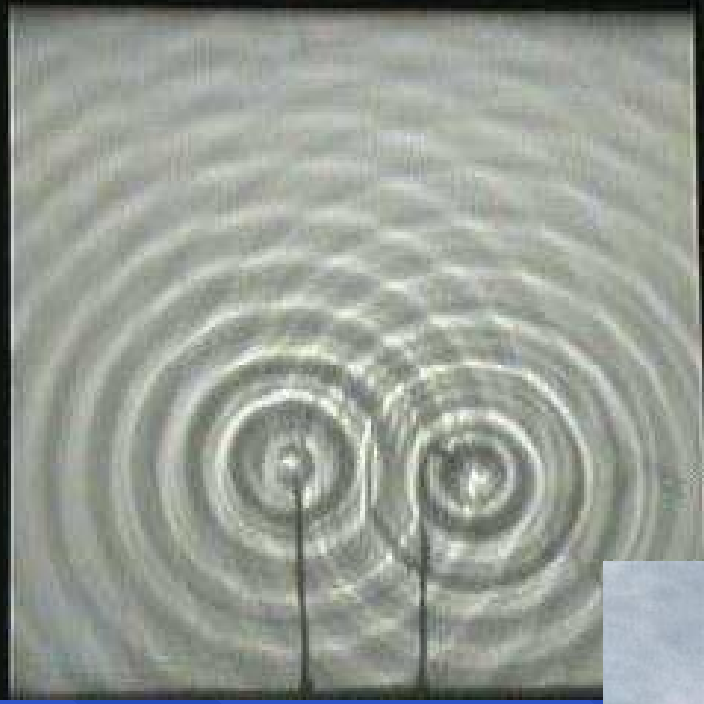
$$2 \cdot n \cdot d = k \cdot \lambda$$

Newtonových kroužků lze měřit vlnová délka světla,  
nebo kontrolovat opracování.



# Skládání a ohyb světla





dopadající  
vlna



$S_0$

$S_2$

$S_1$

max

max

max

max

max

max

max

max

max

max

max

max

max

max

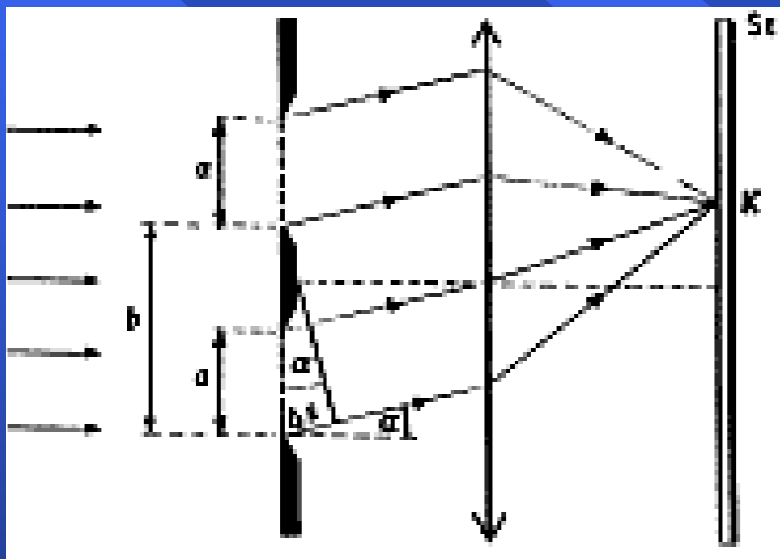


max



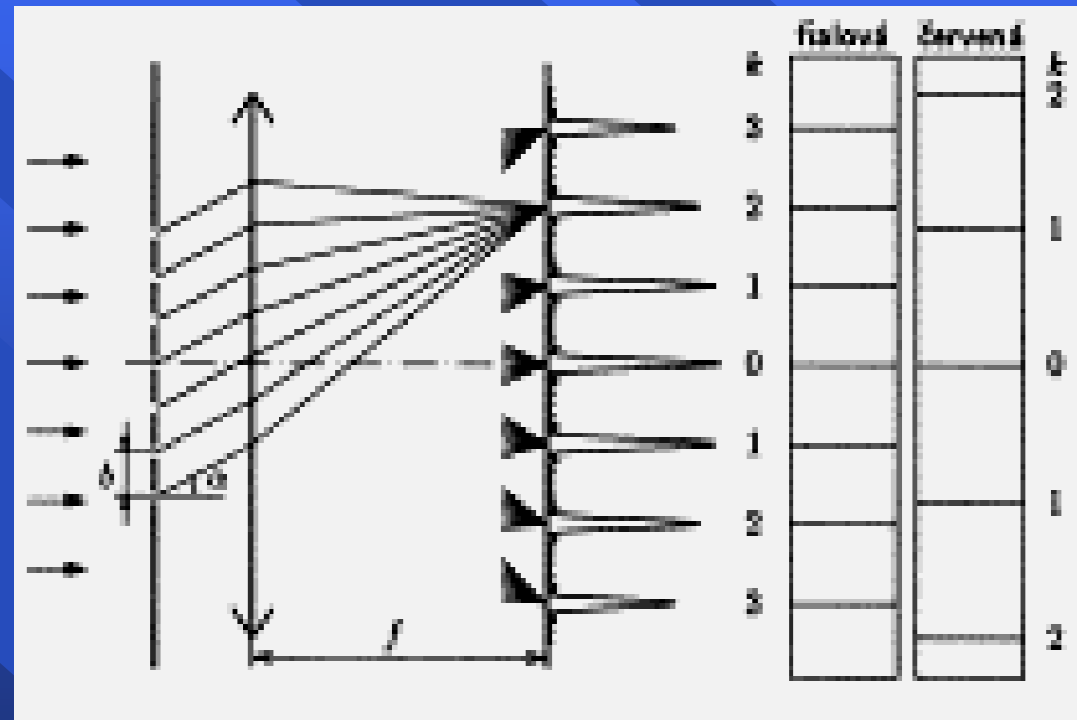
# 4. Ohyb světla - difrakce

Při ohybu světla dojde k změně směru šíření světla, aniž by se změnilo prostředí → rozdíl od lomu.



$$b \cdot \sin \alpha = k \cdot \lambda$$

**interferenční spektrum.**



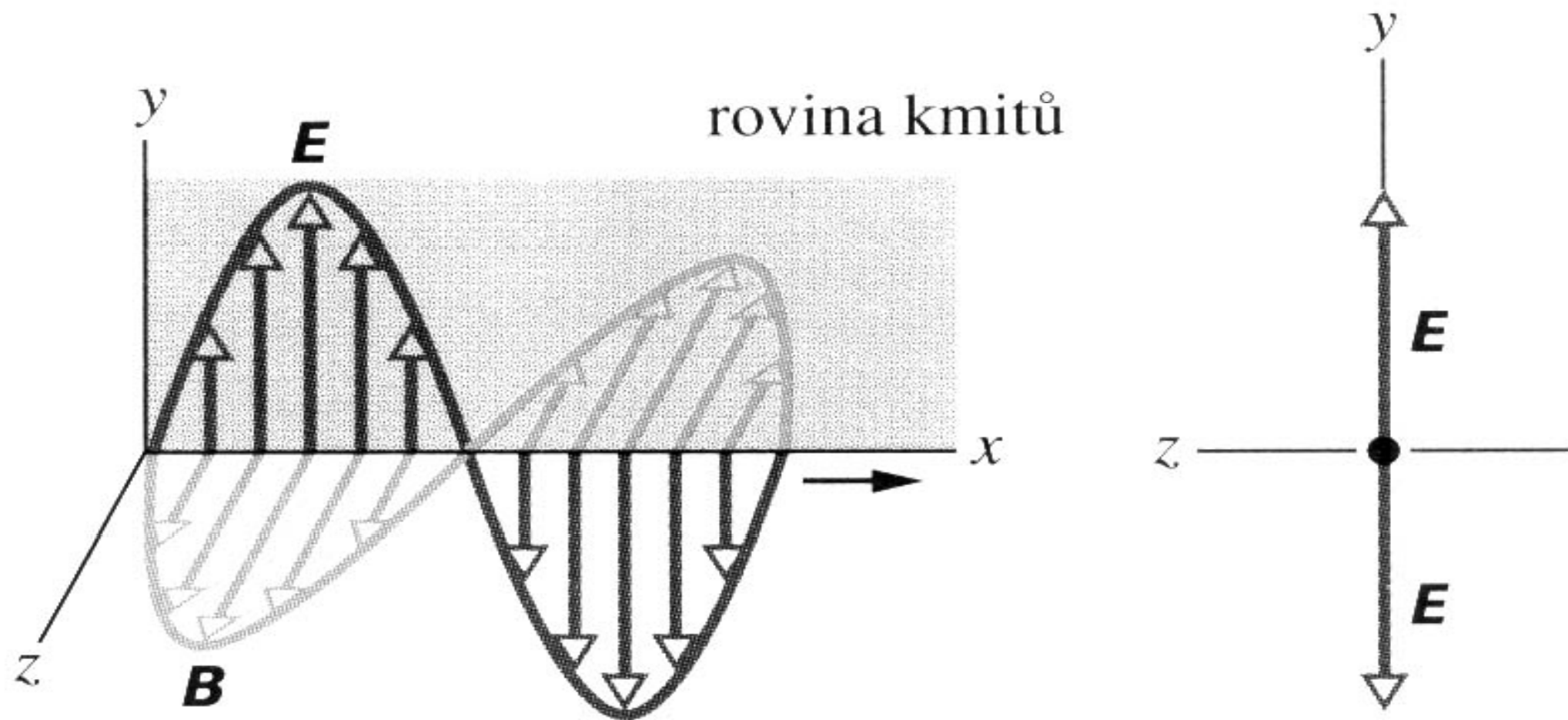
$\alpha$  určuje směr, ve kterém je vzniká maximum a  $k = 0, 1, 2, \dots$  je řád maxima

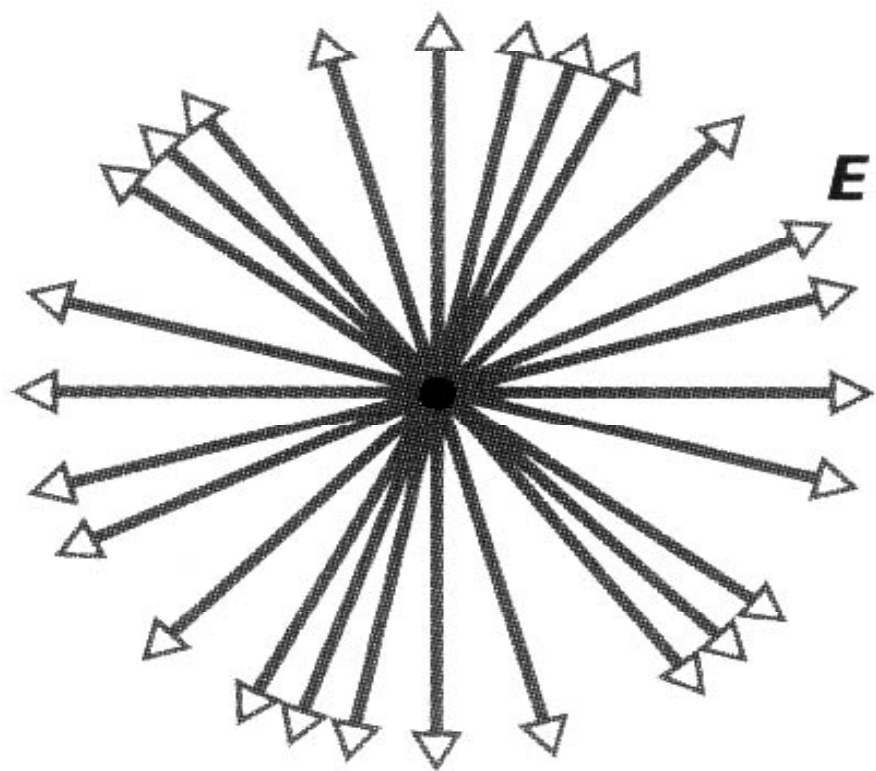


# Polarizační jevy

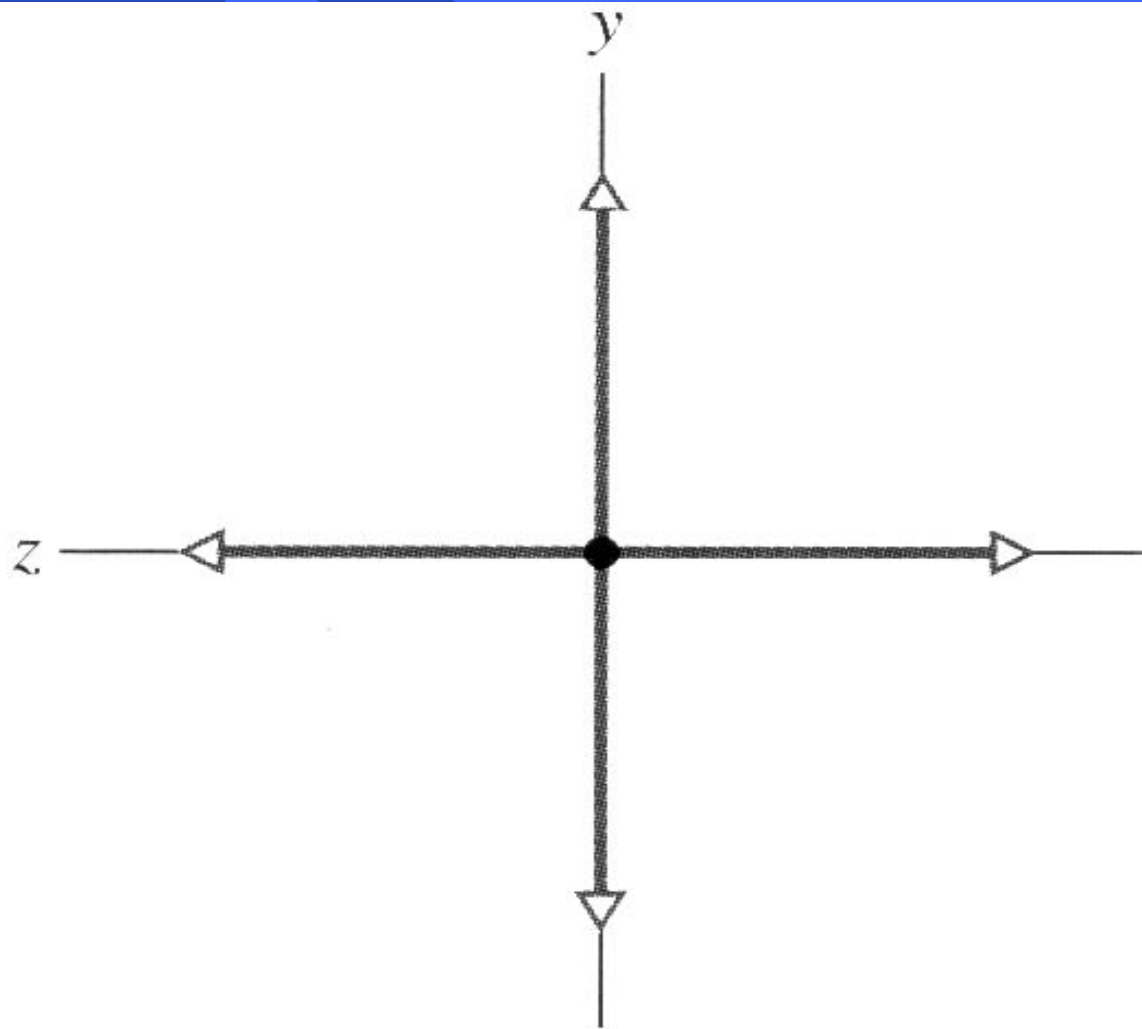


# Postupná elektromagnetická vlna:





(a)

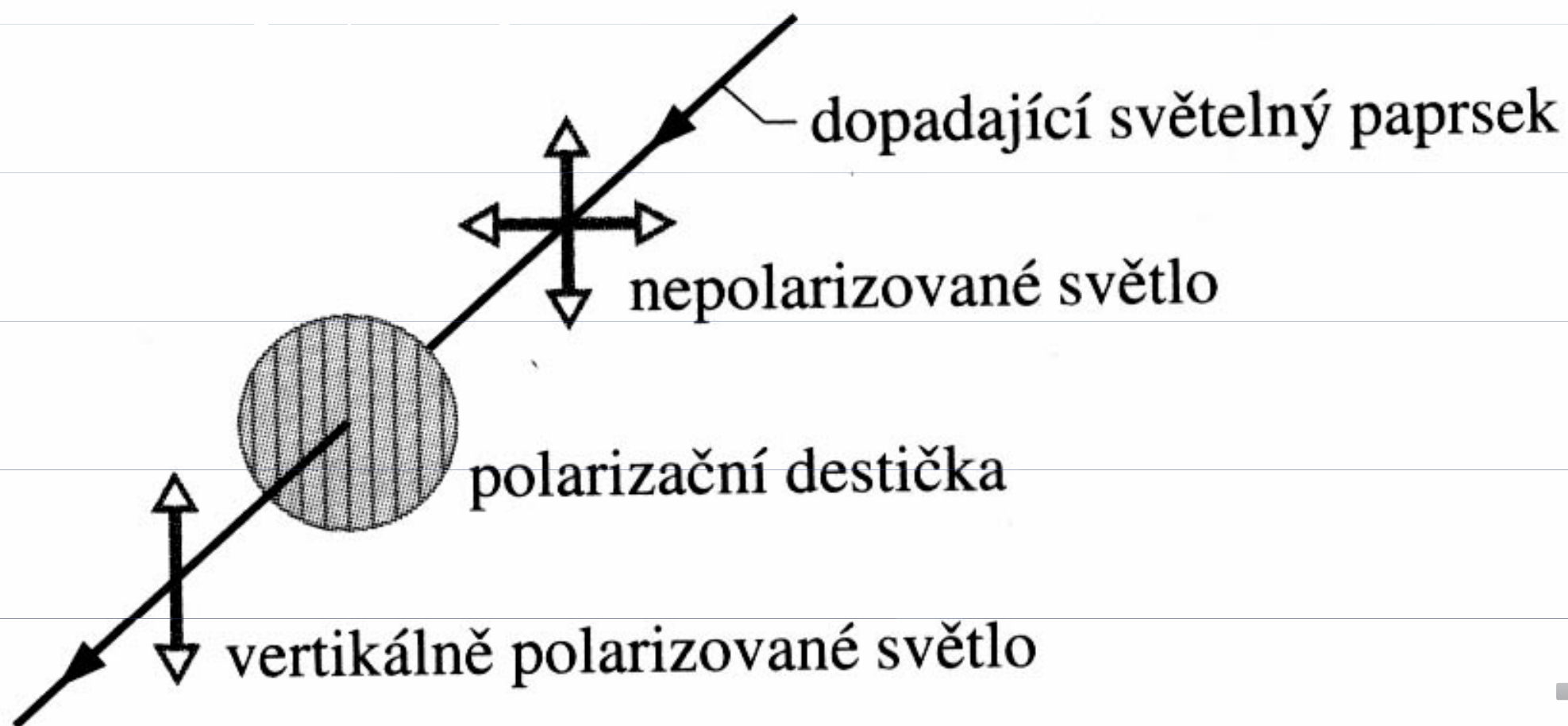


(b)

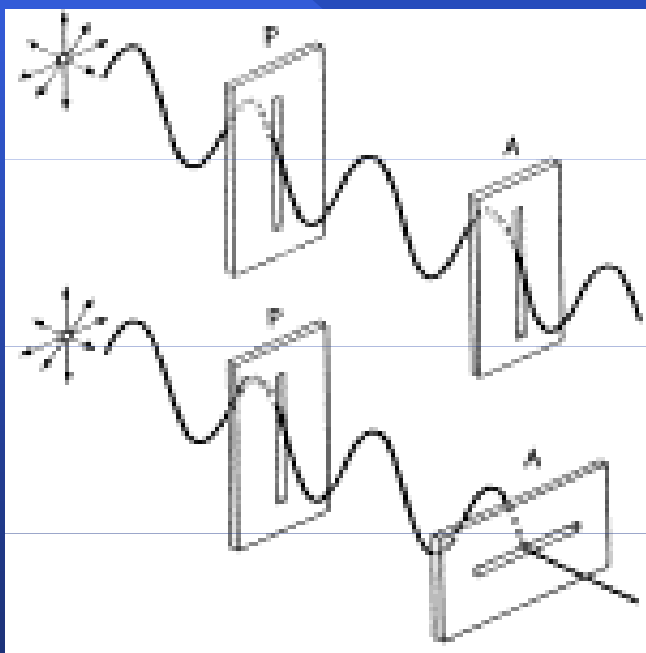
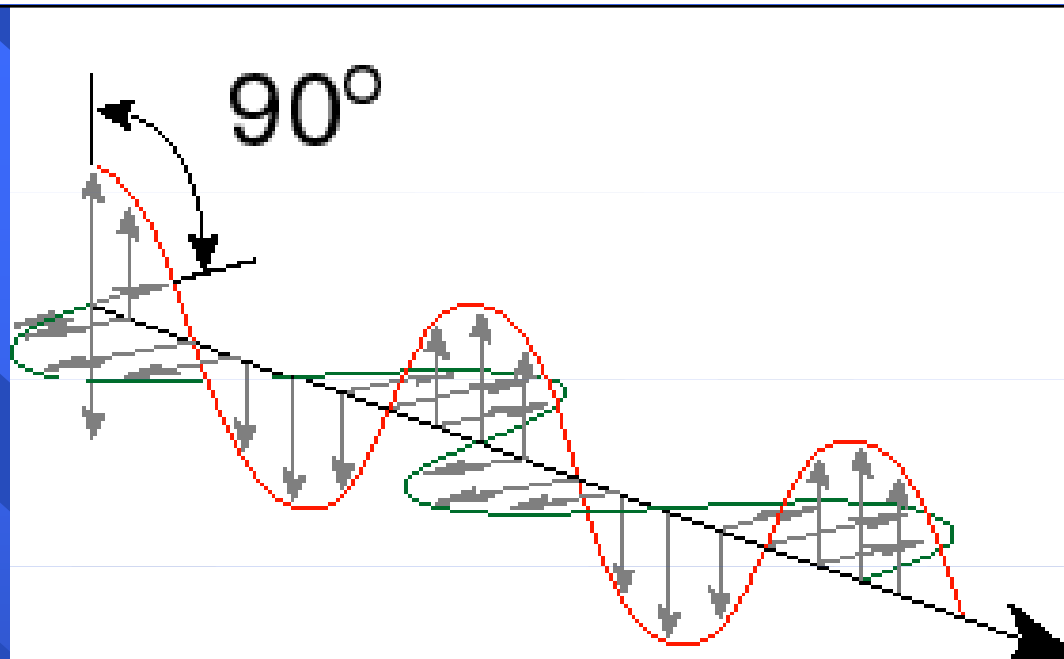


## ■ přirozené světlo

(přímé sluneční světlo, žárovka, plamen



## 5. Polarizace



Přirozené světlo lze polarizovat odrazem a lomem, dvojlomem a absorpcí (polaroidy). Odražené světlo je zcela polarizováno pouze při určitém úhlu dopadu ( $\alpha_B$  - Brewsterův neboli polarizační úhel, který závisí na indexu lomu

$$n = \operatorname{tg} \alpha_B$$



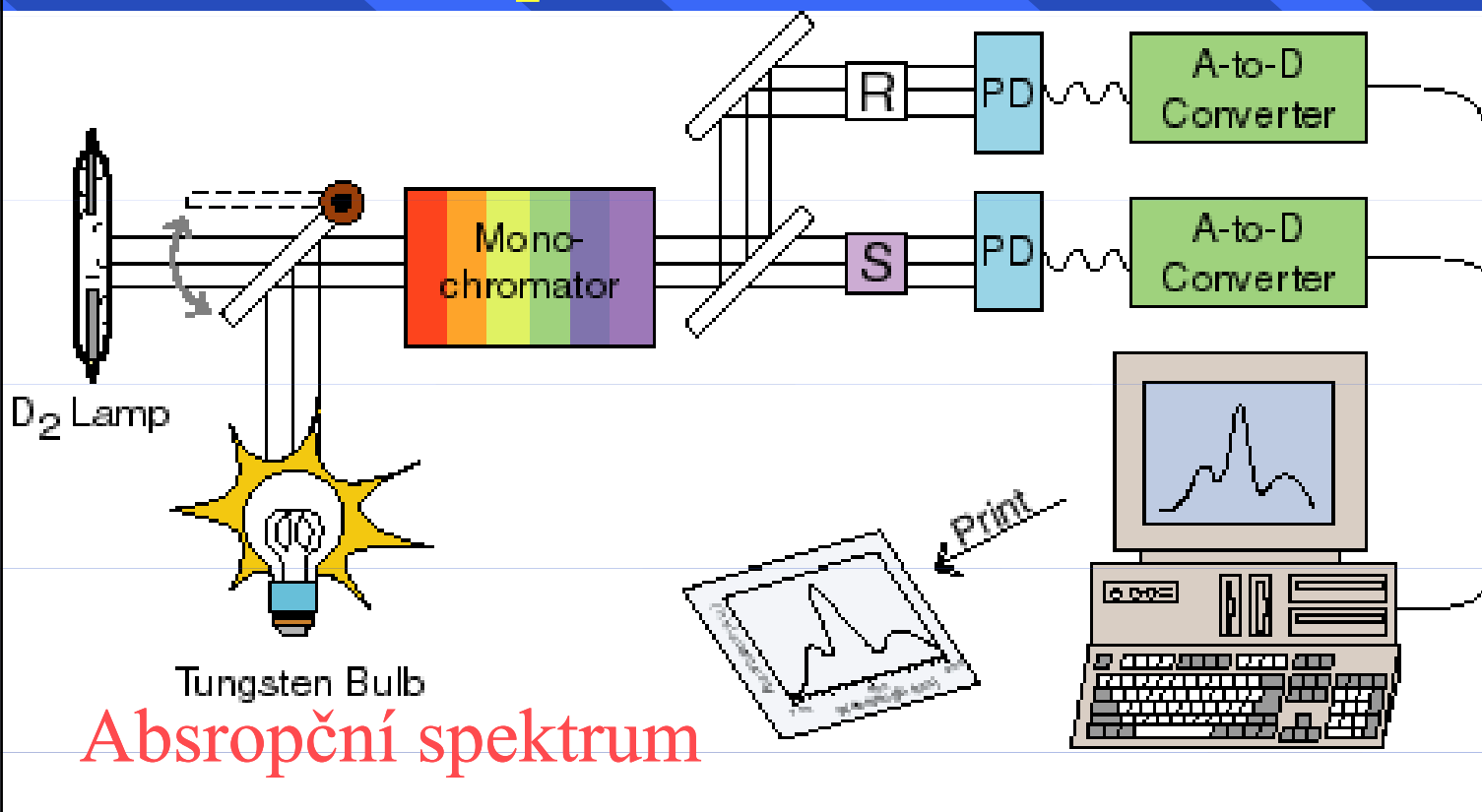
# Optika v klinickém využití

- 1. Odraz
- 2. Lom
- 3. Interference světla
- 4. Difrakce světla
- 5. Polarizace světla
- **6. Koherence vlnění**
- **7. Fluorescence, fosforescence**
- **8. Absorpce, emise stimulovaná emise.**

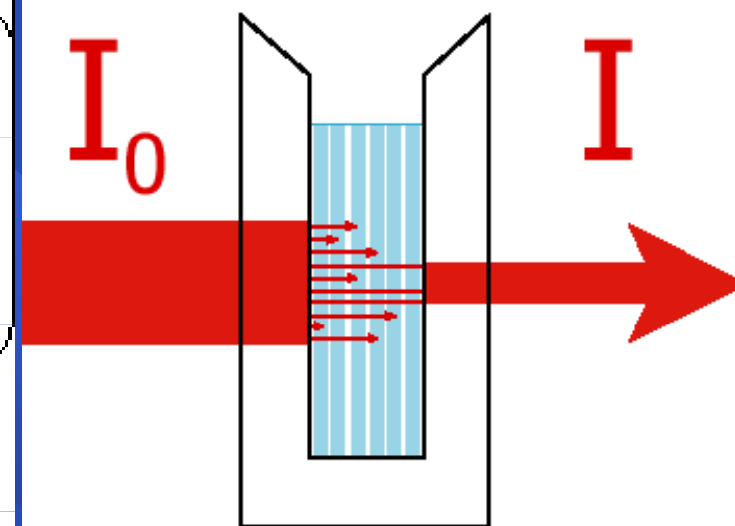


# Lambert - Beerův zákon.

## Absorpce



Elektro-  
magnetická vlna



$$E = \epsilon c_m d$$

$$I = I_0 e^{-\epsilon c_m d}$$

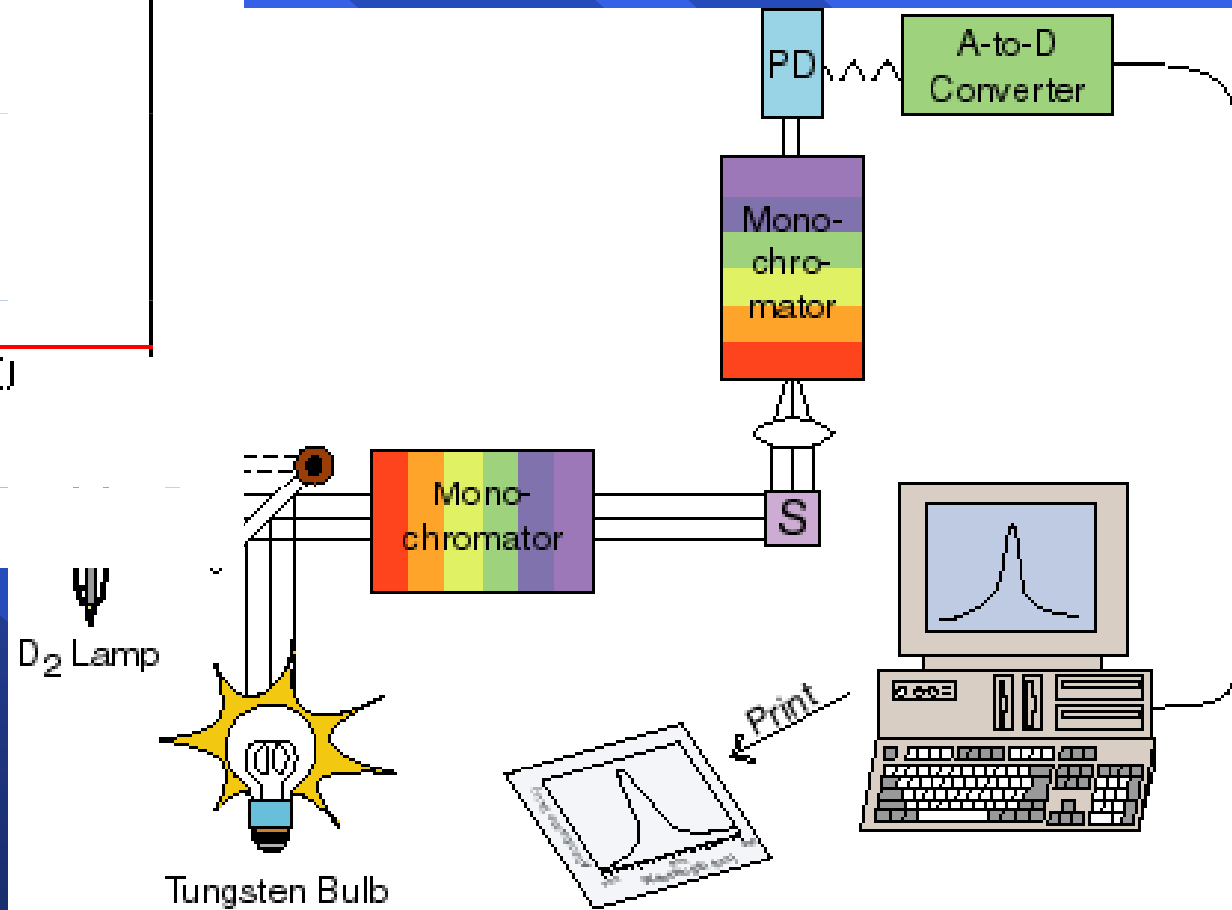
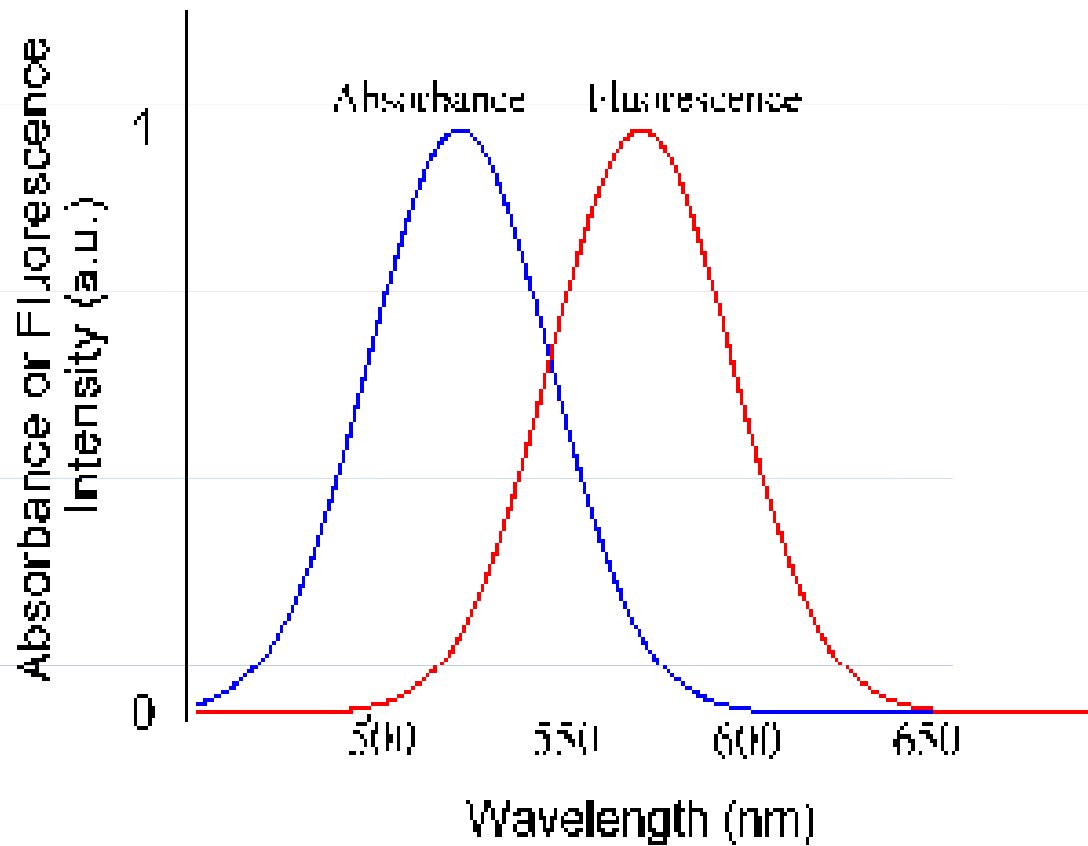
$$E = -\log T$$

$$\log \frac{I_0}{I} = \epsilon c_m d = \log T$$

Poměr  $I/I_0$  je transmittance  $T$  



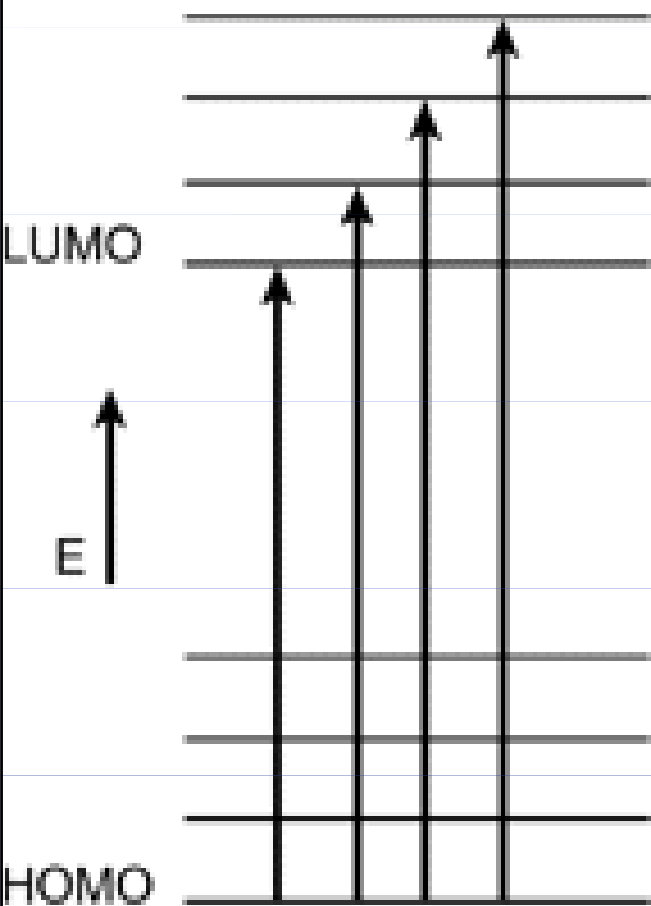
# Luminiscence 3



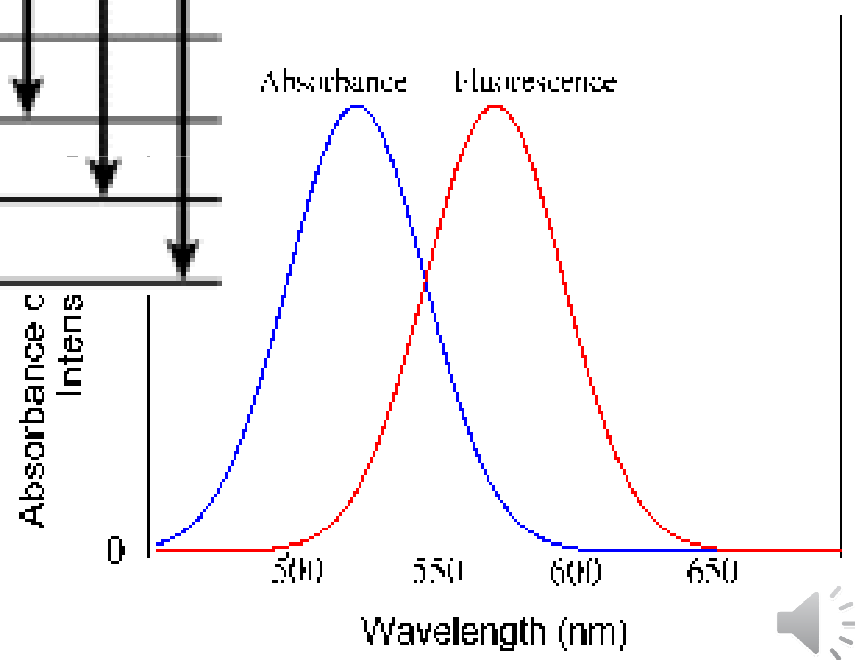
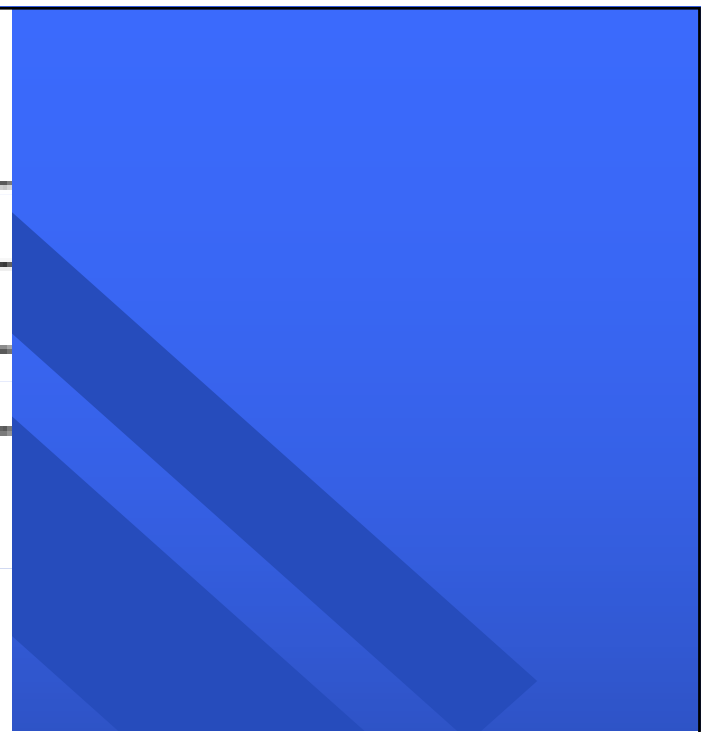
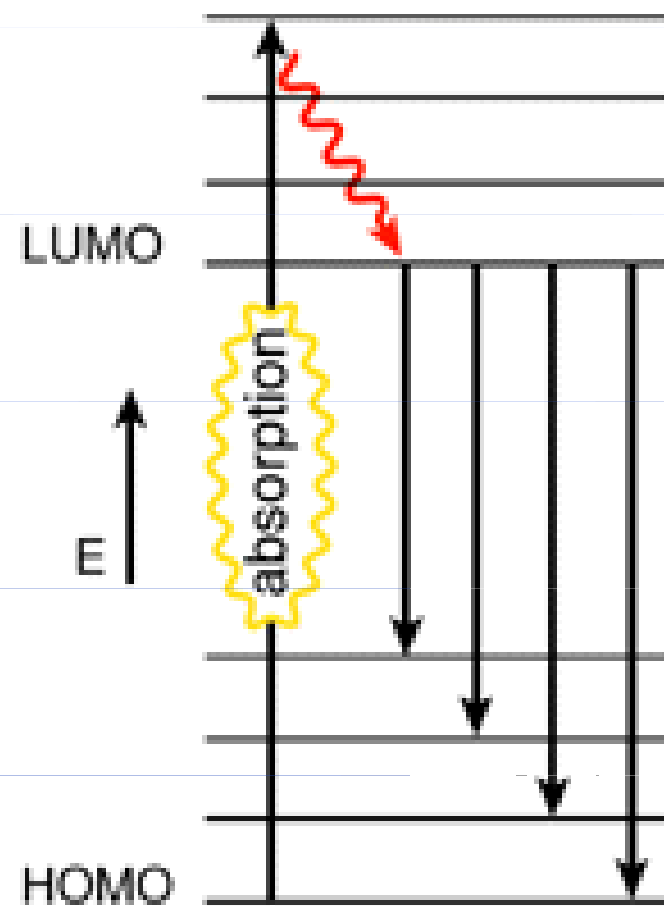
Fluorescence Spectrophotometer



# Absorption



# Fluorescence





# Geometrická optika

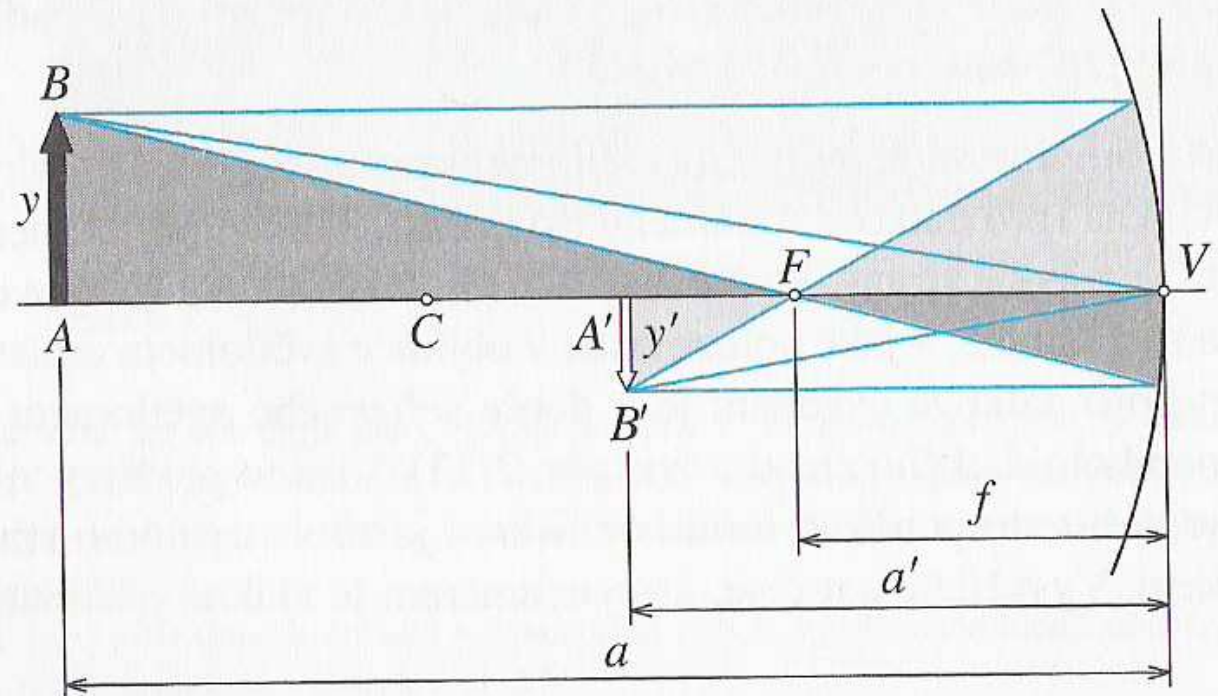
$$\frac{1}{a'} + \frac{1}{a} = \frac{1}{f'}$$

■ Dioptrie

■  $D=1/f$

■ *Spojka 1 D má poloměr 2 metry*

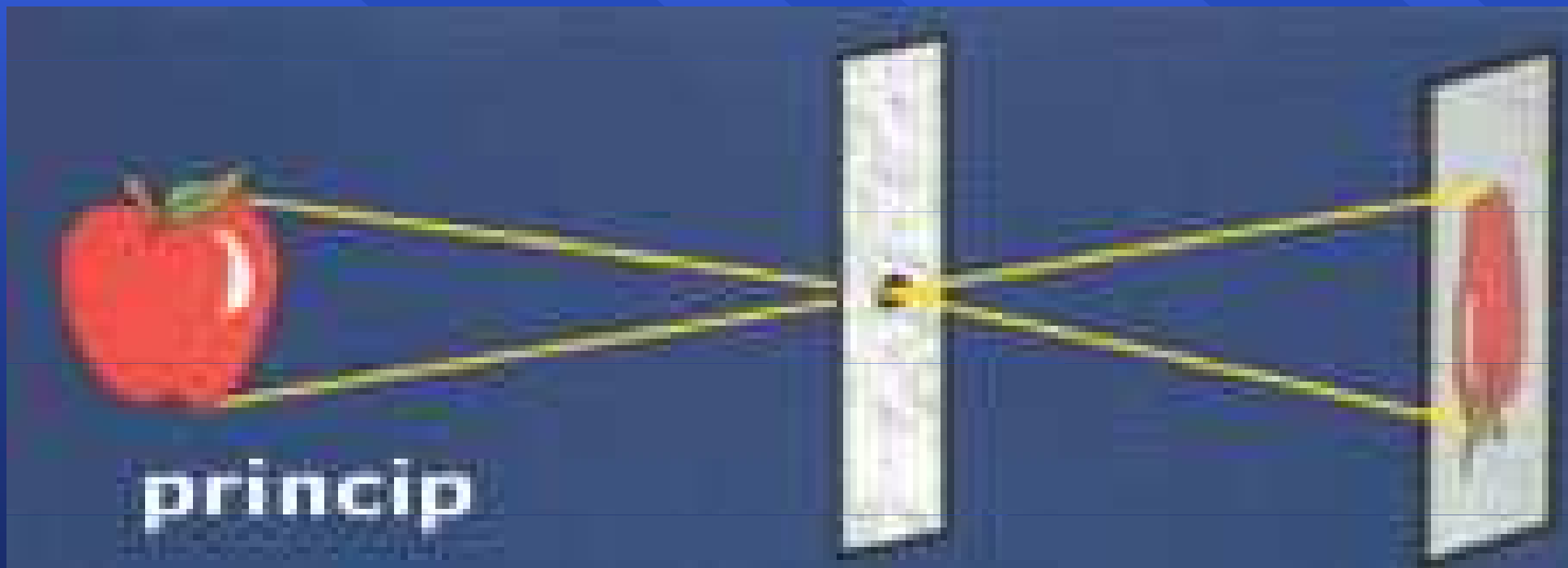
$$Z = \frac{y'}{y} = -\frac{a'}{a} = -\frac{a'-f}{f} = -\frac{f}{a-f}$$

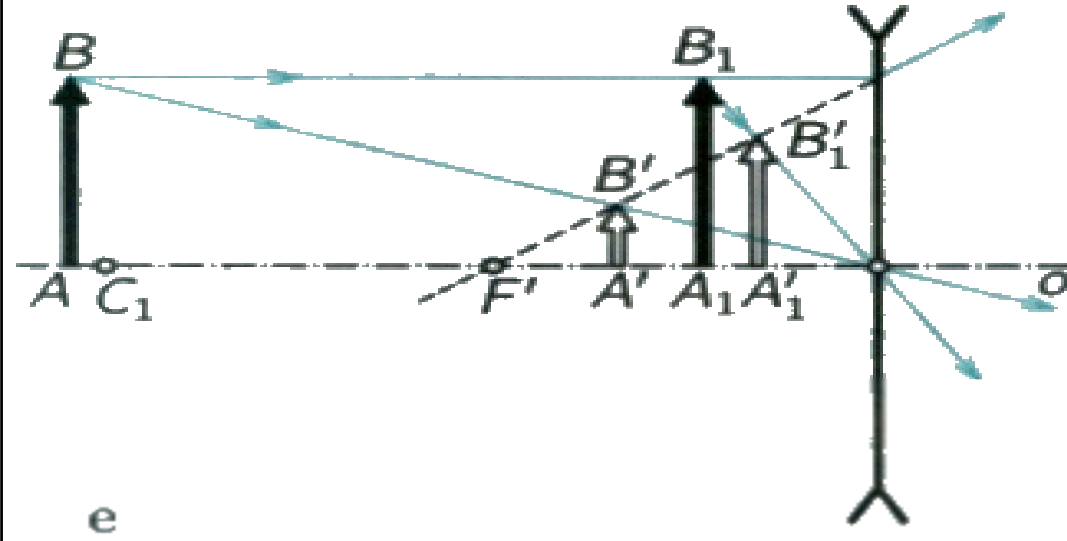
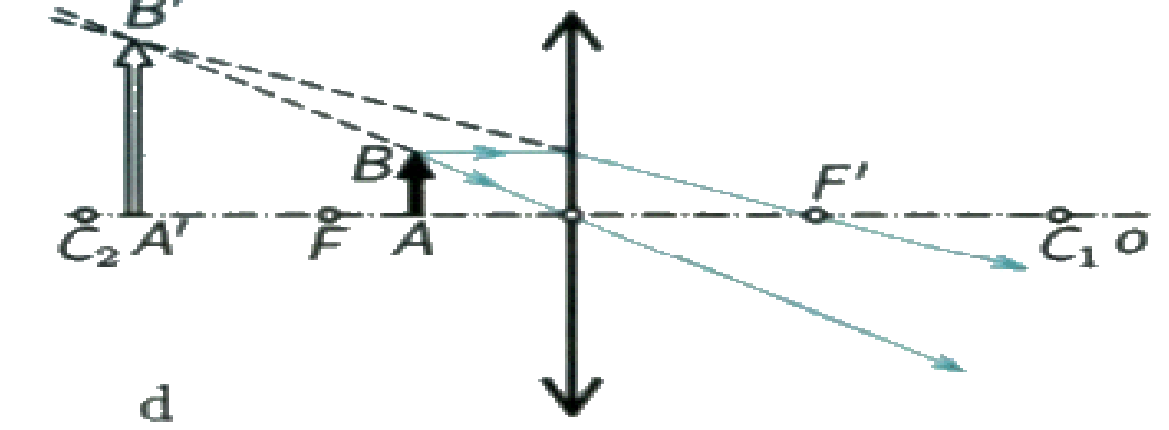
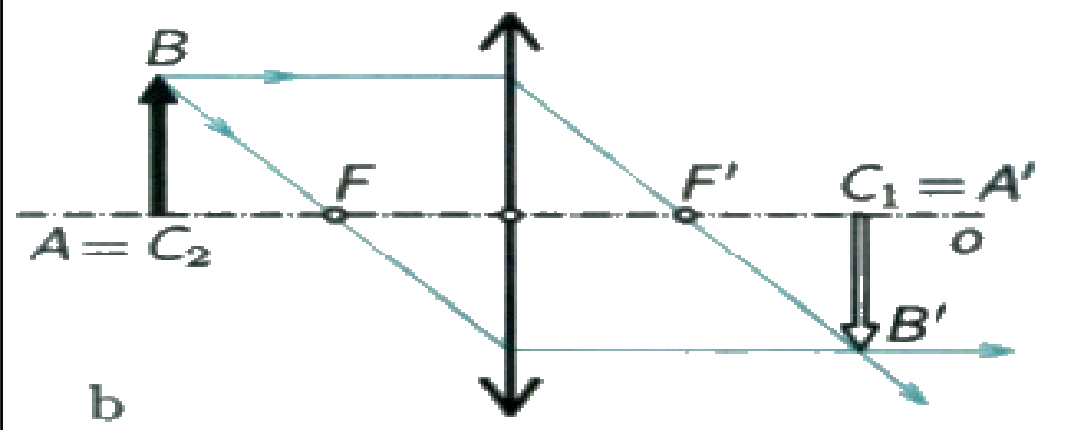
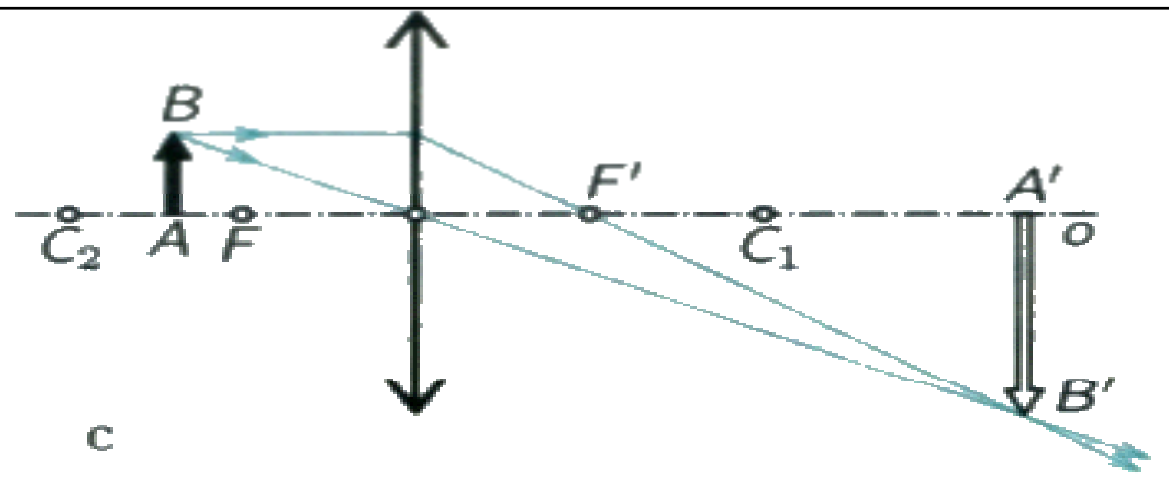
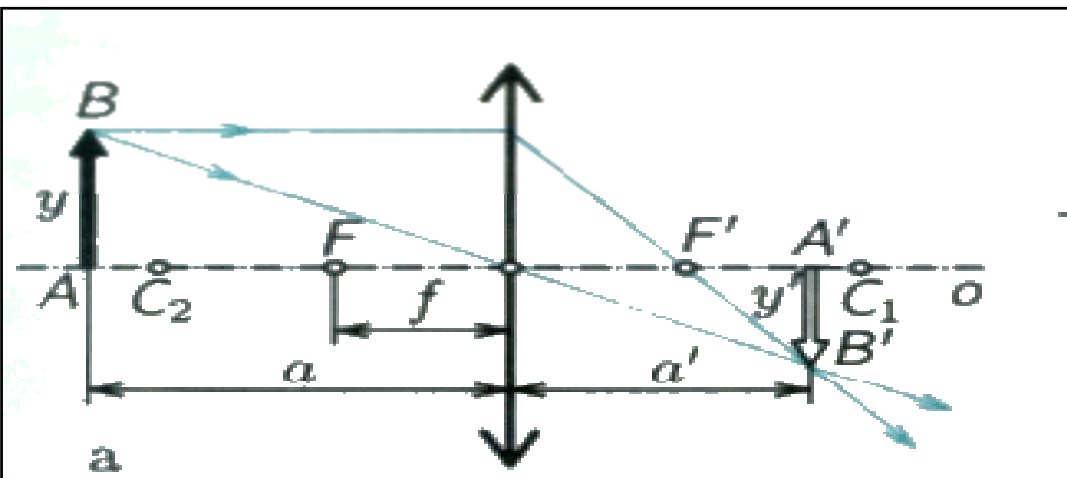


# Jednoduchý optický přístroj

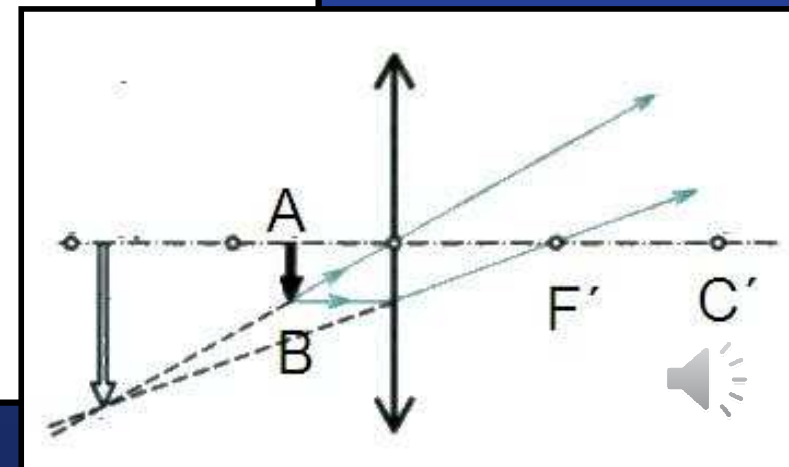
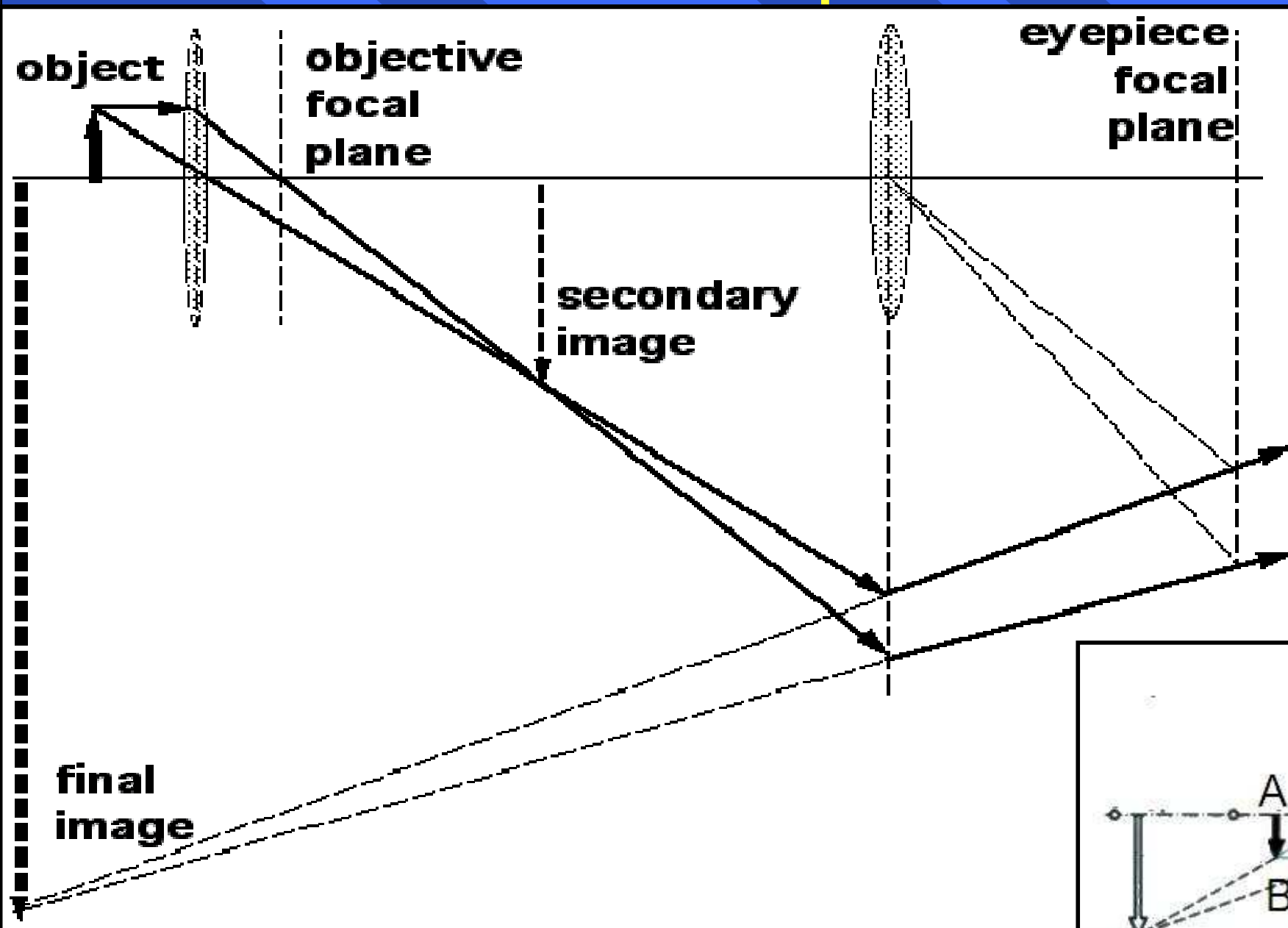
## *camera obscura*

přímocháre šíření světla  
(stínítko vzdáleno 30 cm od otvoru o průměru 0,8 mm)

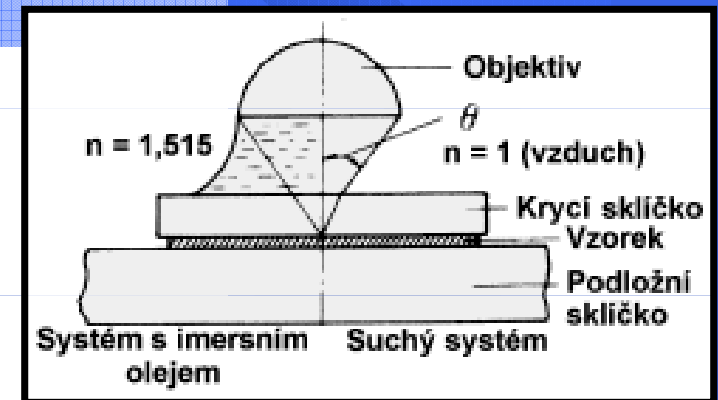
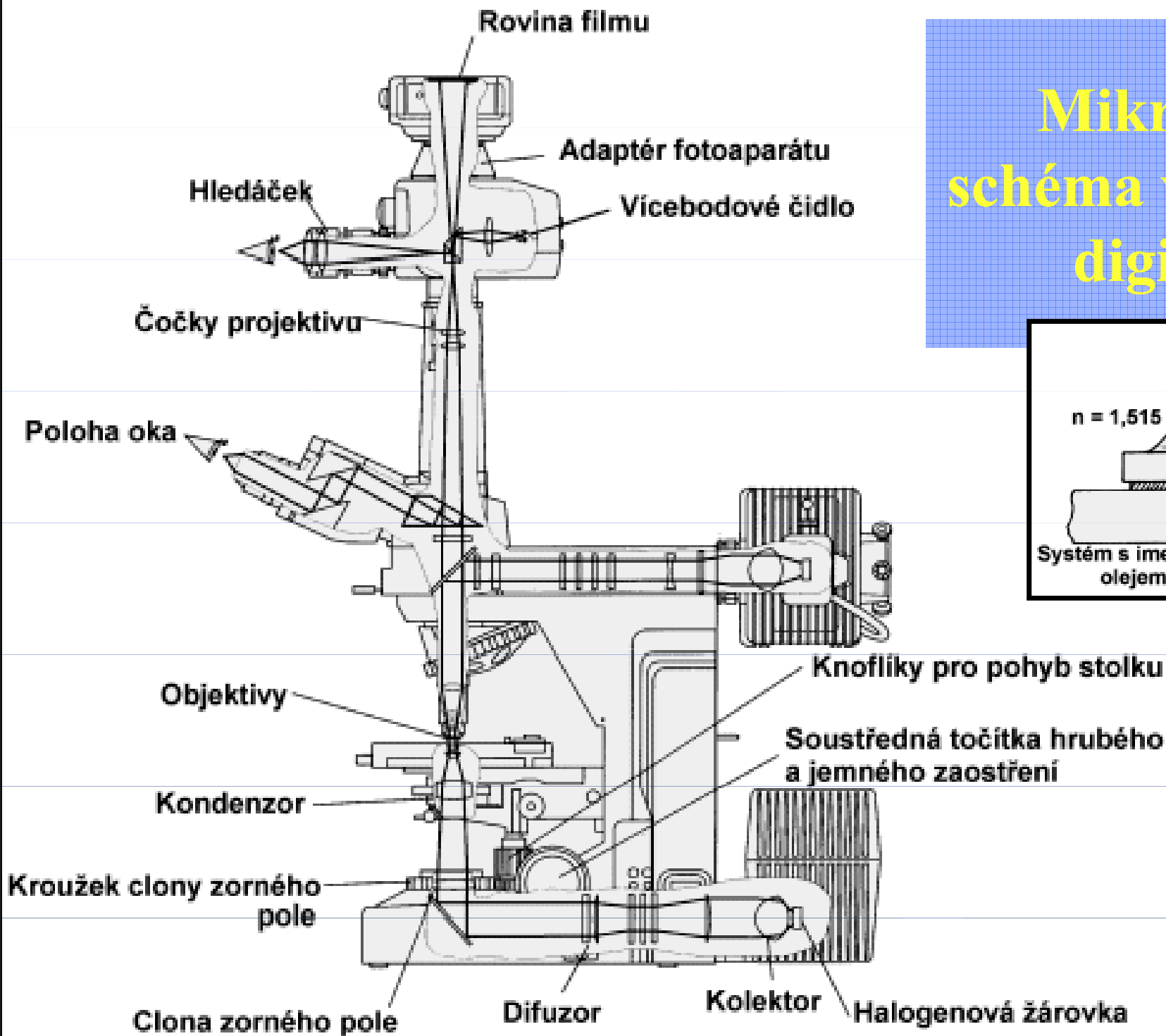




# Mikroskop



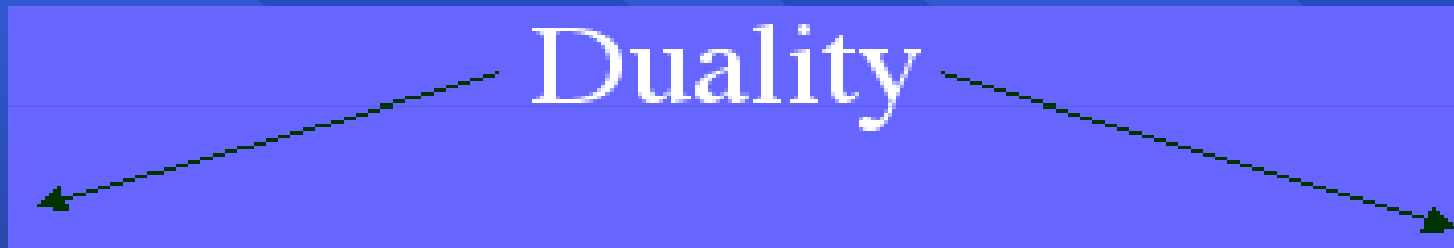
# Mikroskop schéma výrobku - digitální





Radio  $\mu$ waves fIR IR  uV x-ray gamma-ray ...

- Elektromagnetické vlnění s „krátkou“ vlnovou délkou (450 až 700 nm)
- Vlny (čočky a odrazy)
- Částice (fotoelektrická absorpce)



**Vlnové vlastnosti**

**Frekvence a vlnová délka**

$$c = \lambda f$$

$$c = 2,97 \times 10^8 \text{ m/s}$$

**Částicový popis chování**

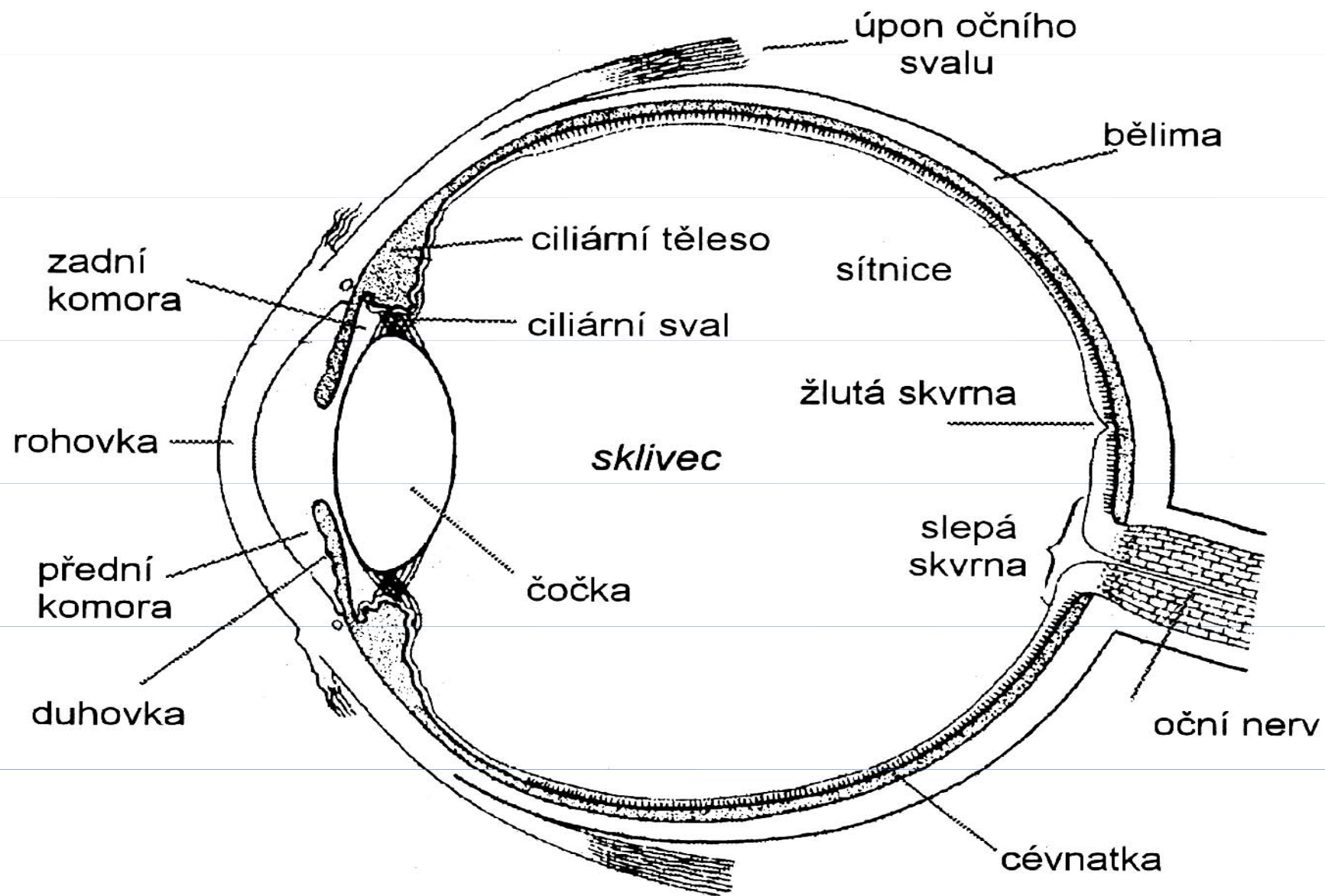
**Energie – hybnost**

$$p = h / \lambda = E / c$$

$$h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J/Hz}$$

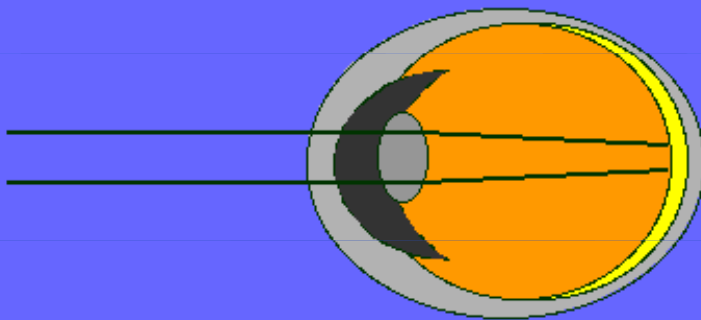
600nm asi 2eV



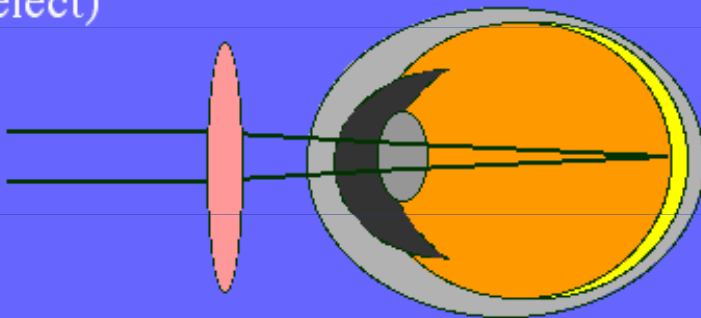


# Krátkozrakost a dalekozrakost

## Hyperopia

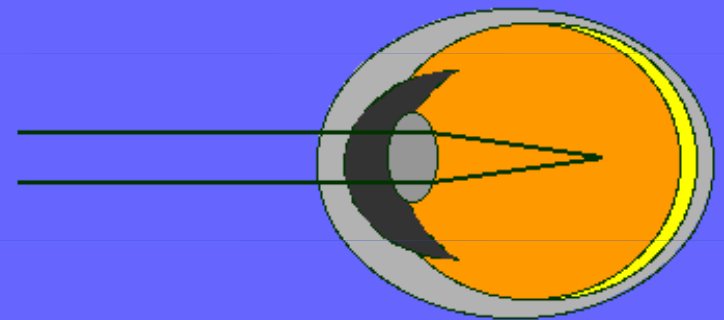


$f > 2$  cm/short eyeball  
(or corneal defect)

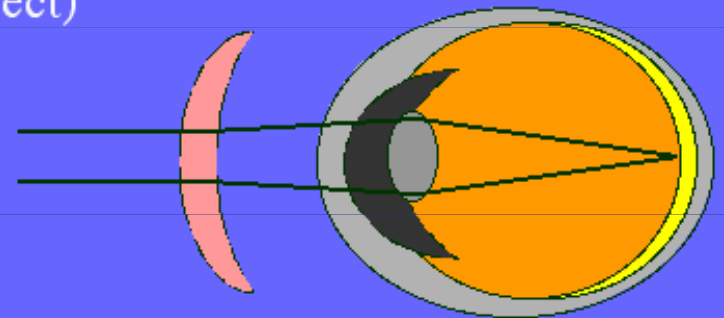


$D_{\text{corr}}$  positive (converging lens)

## Myopia



$f < 2$  cm/long eyeball  
(corneal defect)



$D_{\text{total}} = D_{\text{eye}} + D_{\text{corr}}$  ( $D_{\text{corr}}$  is negative)



# Zornice a její citlivost

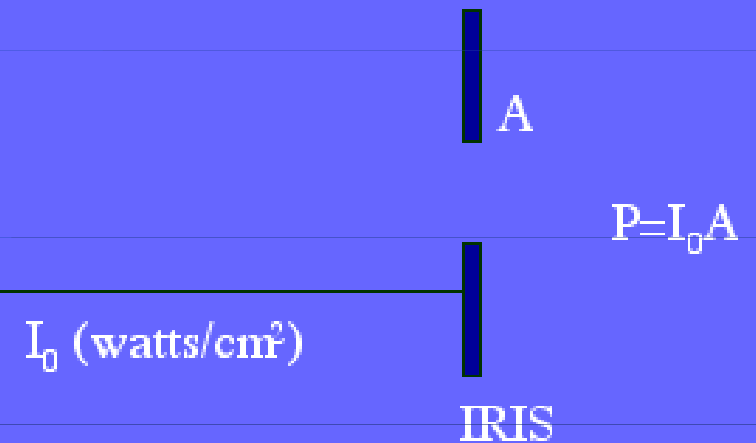
Vidění závisí na barvě a síle

Jde o poměr energie/čas

Otvor se může změnit 7x  
v šíři a tedy plocha  
50x

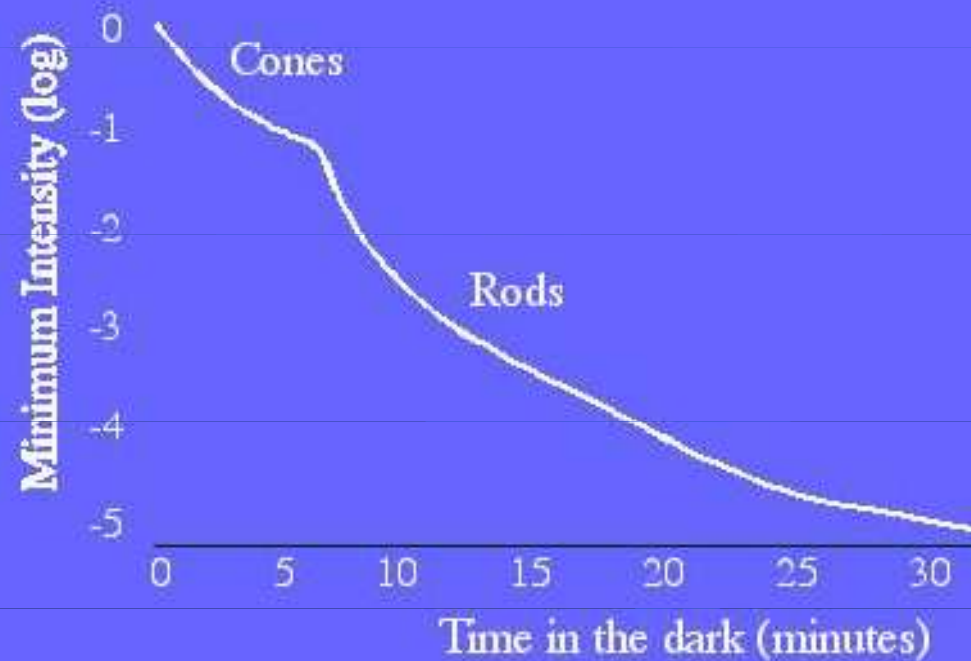
Cones provide color vision

Cone opsins:



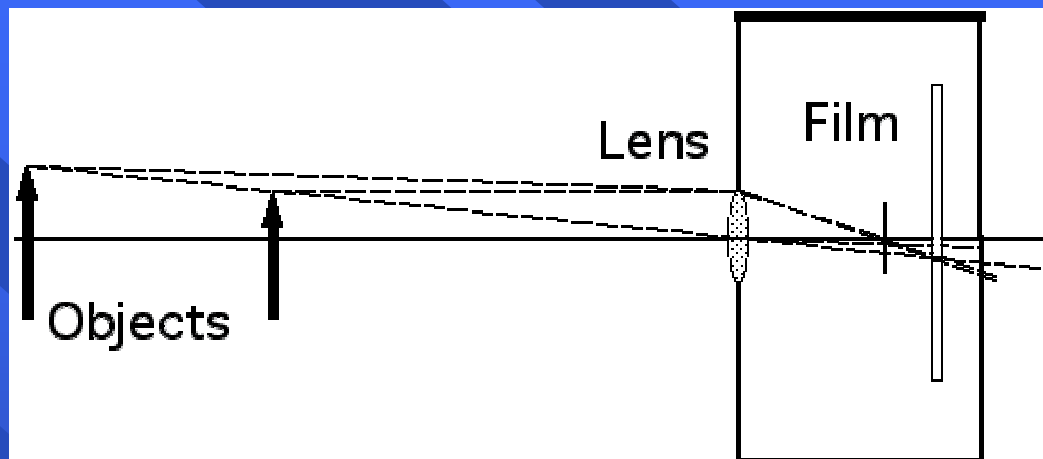
# Adaptace na snížení světelné intenzity

- Dynamic range: 50,000
- Pupil increases power only 50x
- Increased photoreceptor chemicals: 1000x



# Optické přístroje

## Kamera



## Korekce čoček

