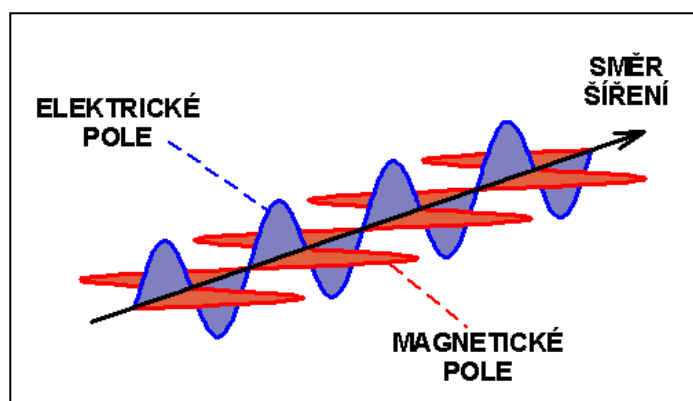


## Charakteristiky optického záření

### 1. Spektrální charakteristika

vychází se z rovinné harmonické vlny jako elementu elektromagnetického pole :



- primární charakteristikou je **frekvence**  $\nu$ , udávající počet kmitů elmag pole v daném místě za jednotku času, jednotka: Hz

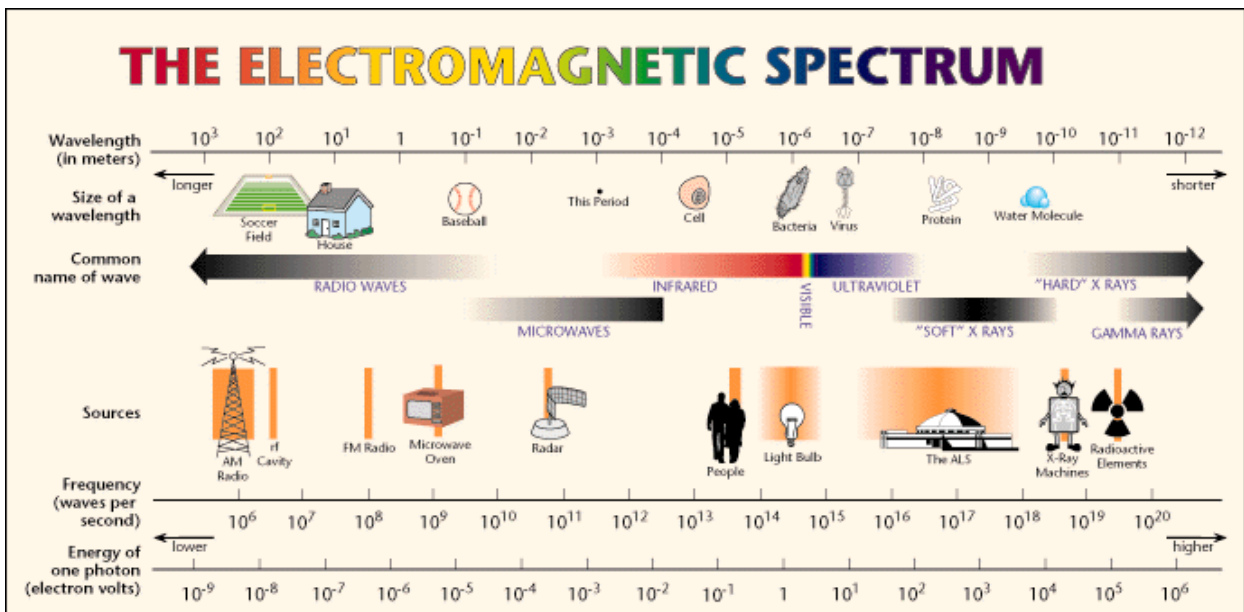
- v optice historicky první **vlnová délka**  $\lambda$ , udávající nejbližší vzdálenost míst ve směru šíření vlnění, ve kterých probíhají změny elmag pole synchronně. S velikostí vlnového vektoru souvisí vztahem  $|\vec{k}| = \frac{2\pi}{\lambda}$ . Frekvenci a vlnovou délku spojuje fázová rychlost vlny  $v$ :  $\lambda = \frac{v}{\nu}$ . V optice se

fázová rychlost charakterizuje indexem lomu  $n$ :  $v = \frac{c}{n}$ , kde  $c$  je rychlost světla ve vakuu.

Jednotkou vlnové délky je m ( $\mu\text{m}$ , nm).

- především v infračerveném oboru je zvykem používat **vlnočet**  $\tilde{\nu} = 1/\lambda$ . Obecně užívanou jednotkou je  $\text{cm}^{-1}$ .

- v oboru viditelného a ultrafialového záření se často používá **energie fotonu**  $E_f$ . Podle Planckova vztahu je energie fotonu úměrná frekvenci  $E_f = h\nu$ . Jako jednotka se používá elektronvolt (eV).

Spektrální obory optického záření:**2. Charakteristika mohutnosti optického záření - fotometrické veličiny:**subjektivní (= fotometrické v užším smyslu)*podle vjemu okem, vhodné jen v technických aplikacích*energetické veličiny *podle energie přenášené zářením*(zářivá) energie  $W$ , jednotky J (zlomky, násobky)(zářivý) tok, výkon  $P = \partial W / \partial t$ , jednotky Wobjemová hustota (zářivé) energie  $w = \partial W / \partial V$ plošná hustota (zářivého) toku, intenzita  $I = \partial P / \partial S$ pro postupnou optickou vlnu v izotropním prostředí platí  $w = I n / c$ .

rovinná harmonické vlna: intenzita je rovna střední velikosti Poyntingova vektoru:

$$I = \langle \vec{E} \times \vec{H} \rangle = \frac{1}{2} c n \epsilon_0 |\vec{E}_0|^2$$

kvantové veličiny *podle počtu fotonů záření*počet fotonů  $N_f$ fotonový tok  $\Phi = \partial N_f / \partial t$ , jednotky  $s^{-1}$ hustota fotonového toku  $J = \partial \Phi / \partial S$

Nejdůležitější veličiny a jednotky používané pro určování mohutnosti optického záření (fotometrie v širším smyslu).

Charakteristika	Subjektivní soustava (fotometrie v užším smyslu)		Energetická soustava (radiometrická)		Kvantová soustava	
	Veličina /obvyklé označení/	Jednotka	Veličina /obvyklé označení/	Jednotka	Veličina /obvyklé označení/	Jednotka
Množství	Světelné množství /Q <sub>s</sub> /	lm.s	Zářivá energie /Q/	J	Počet fotonů /N <sub>f</sub> /	-
Tok (množství za čas)	Světelný tok /Φ <sub>s</sub> /	lm (lumen)	Zářivý tok (výkon) /Φ/	W	Fotonový tok /Ψ/	s <sup>-1</sup>
Plošná hustota toku	Plošná hustota světelného toku	lm.m <sup>-2</sup>	Plošná hustota zářivého toku (intenzita) /I/	W.m <sup>-2</sup>	Plošná hustota fotonového toku /ψ/	s <sup>-1</sup> .m <sup>-2</sup>
Prostorová hustota množství			Prostorová hustota zářivé energie /w/	J.m <sup>-3</sup>	Prostorová hustota fotonů	m <sup>-3</sup>
Dopadající tok na jednotkovou plochu	Osvětlení /E <sub>s</sub> /	lx (lux)	Intenzita ozáření /I <sub>oz</sub> /	W.m <sup>-2</sup>		
Dopadající množství na jednotkovou plochu	Osvit /H <sub>s</sub> /	lx.s	Dávka ozáření (expozice) /H/	J.m <sup>-2</sup>		
Vysílaný tok v daném směru (na jednotkový prost. úhel)	Svítilivost /I <sub>s</sub> /	cd (kandela)	Zářivost /I <sub>z</sub> /	W.sr <sup>-1</sup>		
Vysílaný tok z jednotkové plochy (do všech směrů)	Světlení /M <sub>s</sub> /	lm.m <sup>-2</sup>	Intenzita vyzařování /M/	W.m <sup>-2</sup>		
Vysílaný tok v daném směru (na jednotkový prost. úhel) z jednotkového průmětu plochy	Jas /L <sub>s</sub> /	cd.m <sup>-2</sup>	Plošná zářivost (zář) /L/	W.m <sup>-2</sup> .sr <sup>-1</sup>		

Spektrální hustoty (energetických veličin):

jsou nutné v případě, že záření neobsahuje jen jednu frekvenci; určují spektrální složení.

Spektrální hustota intenzity: symbolicky  $I_\nu(\nu) = \partial I / \partial \nu$  ; platí  $I = \int_0^\infty I_\nu(\nu) d\nu$  .

**Pozor !** Lze zcela analogicky definovat veličinu  $I_\lambda$  , která bude mít stejný název, ale nebude předchozí veličině ani úměrná, protože bude platit  $I_\lambda = I_\nu \frac{\nu^2 n}{c}$  .

Přepočet mezi energetickými a kvantovými veličinami možný jen na úrovni spektrálních hustot (!) :

$$I_\nu = h\nu J_\nu \quad .$$

**3. Charakteristika polarizačních vlastností záření**

Udává směr kmitů elektrické složky elmag pole v daném místě v rovině kolmé na směr šíření

ideálně polarizované záření - má definovaný směr kmitů; může být

**lineární polarizace** - rovina polarizace (obsahuje směr kmitů el. intenzity a šíření)

**kruhová polarizace** - točivost (levo- nebo pravotočivé)

**eliptická polarizace** - směr hlavní poloosy, elipticita, točivost

nepolarizované záření

není stabilní směr kmitů elektrické intenzity; důsledek nekoherentního skládání elementárních emisí zdroje

částečně polarizované záření

je určitá preference jistého směru kmitů el. intenzity, lze charakterizovat poměrem složek v tomto směru ( $I_{\parallel}$ ) a ve směru kolmém ( $I_{\perp}$ ). Určuje se

**polarizační poměr**  $I_{\perp}/I_{\parallel}$

**stupeň polarizace**  $(I_{\parallel} - I_{\perp}) / (I_{\parallel} + I_{\perp})$

**4. Koherenční vlastnosti optického záření**

Udává schopnost záření udržet si pevný vztah mezi fázemi kmitání elmag pole v různých místech nebo různých časech

přibližná charakteristika při klasickém popisu

$$\vec{E}(\vec{r}, t) = \vec{E}_0 \cos(2\pi\nu t - \vec{k} \cdot \vec{r} + \varphi(t)) \quad ; \quad \frac{d\varphi}{dt} \approx 2\pi\nu$$

- **podélná koherence**

týká se udržení fázových vztahů ve směru šíření

**(podélný) koherenční čas** = doba, po které může být posun fáze až  $\pi$

**(podélná) koherenční délka** = dráha, kterou záření za koherenční čas urazí; představuje takový dráhový posun, kdy se ztrácí vzájemná koherence.

U klasických zdrojů (žárovky, výbojky, luminiscenční diody, Slunce) nepřesahuje koherenční délka 30 cm, pro interferenční experimenty je třeba omezit dráhové rozdíly na cca 10 cm.

U laserů je koherenční délka typicky jednotky až desítky metrů, u speciálních laserů ještě podstatně delší.

- **příčná koherence**

týká se udržení fázových vztahů mezi dvěma místy zdroje záření

U klasických zdrojů nejsou vzájemně koherentní záření vycházející z míst zdroje vzdálených o vlnovou délku.

U laserů je koherence v celém průřezu svazku.

Poznámka: Záření laseru se skládá z tzv. módů. Záření v rámci jednoho módu je vysoce koherentní, ale jednotlivé módy zpravidla vůči sobě pevné fázové poměry nemají.