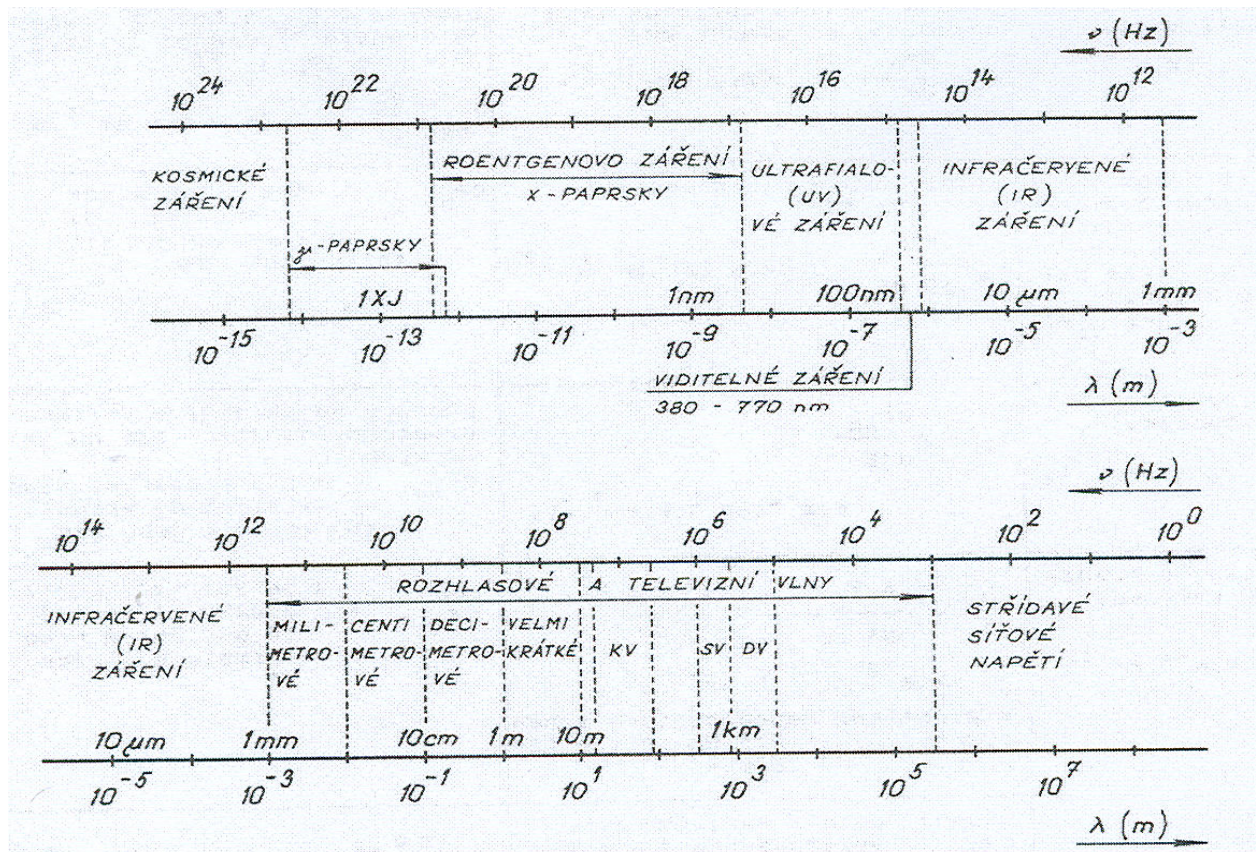


1. ELEKTROMAGNETICKÉ ZÁŘENÍ

Záření je vysílání či přenos energie ve formě elektromagnetických vln nebo hmotných částic. Libovolné záření lze rozložit na složky se sinusovým průběhem. Každá složka je charakterizována jediným kmitočtem ν (Hz), popřípadě vlnovou délkou λ . Záření jediného kmitočtu se označuje názvem monofrekvenční. Seřadí-li se složky záření podle jejich kmitočtů či vlnových délek, získá se spektrum záření. Přehled různých druhů elektromagnetických záření sestavený podle kmitočtů a vlnových délek je na obr.1-1.



Obr. 1-1 Spektrum elektromagnetických záření s orientačním členěním podle kmitočtů a vlnových délek

Vlnová délka λ je obecně závislá na rychlosti šíření záření. Ve vakuu se vlnová délka záření určuje ze vztahu $\lambda = c_0 \cdot \nu^{-1}$, kde c_0 je rychlost šíření elektromagnetických vln ve vakuu; $c_0 = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Délka vlny se udává v délkových mírách.

Obvykle se užívá: nm (nanometr), μm (mikrometr).

Přitom platí: $1 \text{ m} = 10^6 \mu\text{m} = 10^9 \text{ nm}$, resp. $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m} = 10^{-3} \mu\text{m}$.

V oblasti záření se pracuje s řadou energetických veličin a pojmů, které vycházejí z energie přenášené zářením za jednotku času, tzn. z výkonu přenášeného zářením, resp. ze zářivého toku Φ_e (W). Důležitě z těchto veličin jsou uvedeny v tab.1 - 1.

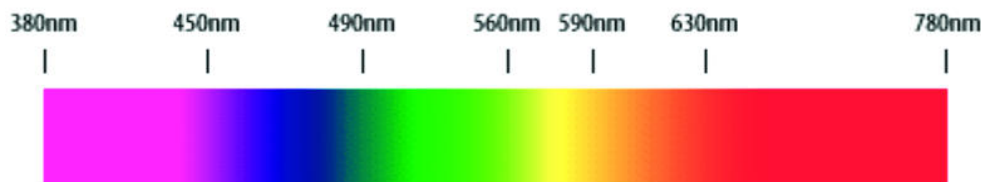
Tab. 1-1

Přehled veličin z oblasti záření

Veličina značka jednotka	Definice	Poznámka
Zářivý tok Φ_e (W)	energie přenesená zářením za jednotku času $\Phi_e = \frac{dW}{dt} = \frac{dQ_e}{dt}$	Φ_e = výkon přenášený zářením
Bodový zdroj	zdroj, jehož největší rozměr a_z je prakticky zanedbatelný ve srovnání se vzdáleností ℓ zdroje od kontrolního bodu	obvykle stačí, platí-li $\ell \geq 10 \cdot a_z$ nebo alespoň $\ell \geq 5 \cdot a_z$
Prostorový úhel Ω (sr)	velikost plochy vyřáté obecnou kuželovou plochou na povrchu jednotkové koule ($r=1$ m), jejíž střed, vrchol prostorového úhlu je totožný s vrcholem uvažované kuželové plochy	prostorový úhel $d\Omega$, pod nímž je ze vzdálenosti ℓ vidět ploška dA , jejíž normála svírá s osou $d\Omega$ úhel β je roven $d\Omega = dA \cdot \cos\beta \cdot \ell^{-2}$ (sr; m ² , -, m)
Zářivost I_e (W . sr ⁻¹)	Prostorová hustota zářivého toku vyzařovaného bodovým zdrojem	při nerovnoměrném prostorovém rozložení zářivého toku platí $I_e = d\Phi_e / d\Omega$ (W.sr ⁻¹ ; W, sr)
Intenzita ozáření (ozářenost) E_e (W . m ⁻²)	plošná hustota zářivého toku dopadlého na plochu dA $E_e = d\Phi_e / dA$ (W.m ⁻² ; W, m ²)	ozářenost E_{eN} v bodě P roviny ρ_N bodovým zdrojem Z, když $ZP = \ell$ a $\rho_N \perp \overline{ZP}$ se vypočte ze vztahu $E_e = I_e \cdot \ell^{-2}$ (W.m ⁻² ; W.sr ⁻¹ , m)
Zář (v daném směru a v daném bodě na ploše vyzařující či ozářené nebo na dráze paprsků záření) L_e (W.m ⁻² .sr ⁻¹)	prostorová a plošná hustota zářivého toku $L_e = \frac{d^2\Phi_e}{d\Omega \cdot dA_N}$ (W.m ⁻² .sr ⁻¹ ; sr, m ⁻²)	dA_N je ploška kolmá k ose prostorového úhlu $d\Omega$, v jehož mezích se šíří zářivý tok $d\Phi_e$
Zář (svazku sbíhavých paprsků) L_e (W.m ⁻² .sr ⁻¹)	$L_e = \frac{dE_{eN}}{d\Omega}$ (W.m ⁻² .sr ⁻¹ ; W.m ⁻² , sr)	paprsky se sbíhají v mezích prostorového úhlu $d\Omega$ do jeho vrcholu. dE_{eN} je ozářenost plošky umístěné do vrcholu $d\Omega$ kolmo k jeho ose
Zář (svazku rozbíhavých paprsků) L_e (W.m ⁻² .sr ⁻¹)	$L_{e\gamma} = \frac{dI_{e\gamma}}{dA \cdot \cos\gamma}$ (W.m ⁻² .sr ⁻¹ ; W. sr ⁻¹ , m ⁻² , -) v prostředí nepohlcujícím a nerozptylujícím lze hovořit o záři plošky dA zdroje	$L_{e\gamma}$ ($I_{e\gamma}$) je zá (zářivost) plošky dA ve směru pod úhlem γ od normály k plošce dA .
Vyzařování, intenzita vyzařování M_e (W. m ⁻²)	plošná hustota zářivého toku $d\Phi_{ev}$ vyzařovaného z plošky dA	$M_e = \frac{d\Phi_{ev}}{dA}$ (W.m ⁻² ; W, m ²)
Dávka ozáření H_e (J . m ⁻²)	plošná hustota zářivé energie (či množství záření) Q_e $H_e = dQ_e / dA$ (J.m ⁻² ; J, m ²)	protože $dH_e / dt = E_e$ platí $H_e = \int_0^t E_e \cdot dt$ (J.m ⁻² ; W.m ⁻² , s)

1.1 Viditelné záření a světlo

Záření v rozmezí vlnových délek asi od 380 nm do 770 nm je schopno vyvolat zrakový vjem a nazývá se proto **viditelným** zářením. Ve viditelné oblasti spektra budí každé monofrekvenční záření zcela určitý barevný počitek a proto se toto záření nazývá **monochromatické** (viz obr.1-2).



Obr. 1-2 Rozložení barevných tónů ve spektrální oblasti viditelného záření

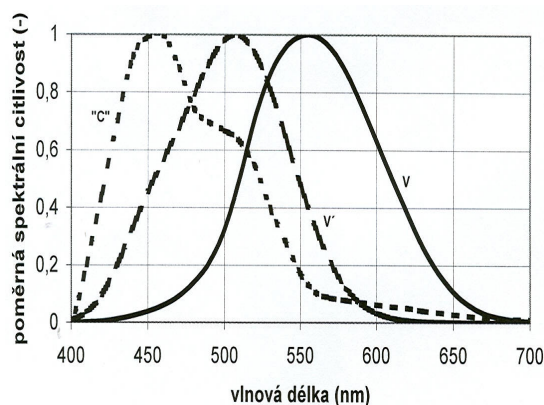
Ve spektru slunečního záření může oko člověka rozeznat asi 128 barevných tónů. Záření ve viditelné oblasti spektra jsou většinou důležitá pro život organismů, u rostlin zajišťují tvorbu chlorofylu a mají praktický význam nejen pro světelnou techniku, ale i v dalších oblastech, např. v optice, ve fotografii, v elektrotechnice, v chemii atd.

Pod pojmem **světelné** záření (světlo) se rozumí viditelné záření, které je zhodnoceno zrakovým orgánem pozorovatele podle citlivosti oka k záření různých vlnových délek.

Světlo je pro člověka důležité nejen jako prostředek pro přenos informací o obklopujícím prostředí, ale podstatné jsou i další vlivy světla na lidský organismus. Většina biologických pochodů v těle člověka pravidelně kolísá přibližně ve dvacetičtyřhodinovém (tzv. cirkadiánním) cyklu, který se vyznačuje aktivní fází ve dne a klidovou fází v noci a vyvinul se na základě pravidelného střídání světla a tmy v závislosti na otáčení Země kolem Slunce. Řídí se jím např. tělesná teplota, krevní tlak, tepová frekvence, látkový metabolismus, ladění organismu k práci nebo k odpočinku, produkce a uvolňování hormonů řídicích funkce organismu a ovlivněny jsou také imunitní a sexuální funkce.

Na tvorbě biorytmů se podílí epifýza (šišinka), což je část mezimozku zprostředkávající některé vlivy světla na organismus člověka. V epifýze se tvoří hormon melatonin, jehož produkce je ovlivňována světlem, při čemž nejvíce je tento hormon vylučován za tmy. Melatonin působí ospalost a má další účinky na činnost mozku, např. při nedostatku světla ovlivňuje zhoršení nálady, popříp. u některých jedinců až vznik deprese.

Z uvedeného je zřejmé, že vnitřní hodiny člověka řídí světlo. Paprsky světla dopadající do očí člověka jsou indikovány fotoreceptory a po komplikovaném zpracování, třídění a výběru transformovány a ve formě elektrických impulzů nervovými vlákny vedeny do mozku centra. Tam se podle druhu a barvy světla rozliší, který účinek na člověka má být v danou dobu aktivován, tzn. např. zda má dojít k uvolnění (povolení napětí) nebo k oživení (zvýšení napětí).



Obr.1-3

Poměrná spektrální citlivost cirkadiánního čidla (křivka „C“) zraku v porovnání s poměrnou spektrální citlivostí očí průměrného člověka při denním (křivka V) a nočním (křivka V') vidění

Výsledky řady výzkumů potvrzují, že kromě známých fotoreceptorů, tj. čípků (reagujících převážně při denním či fotopickém vidění; obr.1-3 křivka V) a tyčinek (reagujících převážně při tzv. nočním či skotopickém vidění; obr.1-3 křivka V') je v sítnici ještě třetí druh fotoreceptorů (obr.1-3 křivka „C“), které jsou **čidly cirkadiálního systému**. Z obr.1-3 je patrné, že spektrální citlivost třetího druhu fotoreceptorů je soustředěna do modré oblasti viditelného spektra a její maximum se nachází v oblasti vlnových délek 460 – 465 nm.

Úroveň odezvy třetího typu receptorů na světlo dopadající do oka člověka byla proto přijata za míru cirkadiálního vlivu a nazvána **činitel cirkadiálního účinku**.

Narušení biorytmů přináší člověku různé obtíže, od mírných pocitů deprese a nepohody, poruch spánku až k závažným zdravotním potížím a onemocněním. S uvedenými obtížemi se běžně setkávají lidé i při relativně rychlých leteckých cestách spojených s velkým posunem časového pásma, ale též při práci ve střídavých či nočních směnách; citlivější jedinci i při změnách letního a zimního času.

Dlouhodobý nedostatek světla negativně ovlivňuje zvláště vyvíjející se organismy, potlačuje dokonce normální vývoj některých orgánů a ovlivňuje chování jedinců ve skupinách.

K závažným příčinám narušení cirkadiálních rytmů a vzniku depresivních stavů provázených zmíněnými obtížemi patří dlouhodobý pobyt v prostředí s velmi nízkými hladinami osvětlenosti. Takové stavy se mohou vyskytovat např. v zimním období i u obyvatelů velkých měst, kteří pracují v krytých prostorech a dopravují se veřejnou, zejména podpovrchovou, dopravou. Odborníci odhadují, že v zimě syndromem sezónní deprese, spojeným se snižováním pracovní, společenské i sexuální aktivity, pocity ospalosti v průběhu dne, zvyšováním tělesné hmotnosti a dalšími jevy, trpí např. v New Yorku až asi 10% obyvatel. Jsou-li postižení opakovaně vystaveni vysokým hladinám osvětlenosti (např. 2 h denně hladině 2.500 lx, popříp. pouze půl hodiny denně, ale hladině 10.000 lx), dochází u většiny z nich k výraznému zlepšení jejich stavu.

Světelného záření se využívá i k léčení některých dalších onemocnění, např. těžkých forem alergie. Známá je též léčba novorozenecké žloutenky ozařováním světlem halogenidových výbojek.

Záření ve viditelné oblasti spektra je důležité nejen pro život lidí a zvířat, ale i pro rostliny. Působením viditelného záření probíhá v zelených částech rostlin za přítomnosti chlorofylu, jako katalyzátoru, fotosyntéza, tedy chemický proces, při němž vznikají z oxidu uhličitého a z vody některé organické sloučeniny. Fotosyntéza zabezpečuje základní koloběh látek na Zemi. Bez ní by na Zemi neexistoval život. Fotosyntetické aktivity viditelného záření umělých světelných zdrojů se široce využívá v zemědělství, a to nejen při výzkumu pěstování různých rostlin a při vývoji jejich nových, hospodářsky významných odrůd, ale i při produkčním pěstování plodin ve sklenících v období nedostatku denního světla.

Viditelné záření významně ovlivňuje fotoperiodicky závislý vývoj rostlin. Změnou délky světelného dne v průběhu roku je tak např. možné načasovat kvetení skleníkových rostlin v potřebném termínu.

S viditelným zářením sousedí v oblasti kratších vlnových délek paprsky ultrafialové (UV) a v oblasti delších vlnových délek záření infračervené (IR). Záření UV, viditelné a IR tvoří tzv. **optické záření**.

1.2 Ultrafialové záření

Spektrální rozsah ultrafialového (UV) záření je přibližně od 400 nm až asi do 1 nm. Podle mezinárodního doporučení CIE se ve zmíněném spektrálním rozsahu rozeznávají tři druhy UV záření: UV - A 315 až 400 nm, UV - B 280 až 315 nm, UV - C 100 až 280 nm. Zdrojem UV paprsků je jednak sluneční záření a jednak umělé zdroje, zejména rtuťové výbojky. UV paprsky procházejí dobře vodou, křemenem, křemíkem, některými skly (např. fosfátovým, draselným, uviolovým), plexisklem i vzduchem. Ovšem vysoká vrstva vzduchu v atmosféře UV záření pohlcuje tak, že sluneční paprsky UV působí jen na vysokých horách za slunného dne. Kovy i jen v tenkých vrstvách a obyčejné sklo, zvláště olovnaté, UV paprsky nepropustí. Proto vnější baňka rtuťových vysokotlakých výbojek pro osvětlování je z olovnatého skla.

UV záření v oblasti 366 nm má výrazné účinky fotochemické, čehož se využívá při chemických rozborech a k urychlení chemických reakcí v průmyslových procesech, např. k fotoanalýze, ionizaci plynů, fotooxydaci, izomerizaci, polymerizaci, v polygrafii při různých metodách kopírování.

UV záření vzbuzuje luminiscenci luminoforů. Na základě luminiscenčního účinku je založena tzv. fluorescenční analýza, umožňující vizuální rozlišení různých materiálů, které se při osvětlení zářením z viditelné oblasti spektra od sebe vzhledově neliší. Osvětlení UV zářením dovoluje rozlišit více barevných odstínů. Pro fluorescenční analýzu se užívají hlavně dvě čáry rtuťového výboje, a to 365 nm (tzv. Woodovo světlo) a 254 nm; v některých případech též celá oblast záření UV - A. Zmíněná analýza je rozšířena nejen v mnoha vědních oborech, ale i v řadě průmyslových odvětví a v zemědělství (např. k výběru obilí k setbě, při výběru vajec z líhně apod.).

UV záření zejména vlnové délky 297 nm vyvolává v pokožce fotochemické reakce a rozšíření cév, projevují se zánětlivým krátkodobým zčervenáním pokožky, tzv. erytémou, která není provázena ochranným zhnědnutím (pigmentací) pokožky. Erytemální účinky jsou zvláště nebezpečné při působení UV záření na sliznice. Optimální pigmentační účinky co do intenzity a trvanlivosti opálení má UV záření vlnové délky okolo 340 nm.

UV záření okolo 283 nm podporuje v podkožních buňkách tvorbu vitamínu D, urychlujícího ukládání vápníku v kostech, sekundárně ovlivňuje i další biologické procesy.

Proto se UV záření využívá k léčení některých chorob (např. křivice, zánětu dutin, poruch výměny látkové, tuberkulózy kůže apod. Jako zdroje UV záření se v těchto případech používají vysokotlaké výbojky pro horská slunce, např. u nás vyráběného typu RVK 125 W, 250 W, 400 W, které vyzáří asi 26% přivedené energie v oblasti UV záření (a to zejména v okolí čar 365, 311 a 254 nm) a 14% v oblasti viditelného záření.

Záření v pásmu UV - C, zvláště poblíž vlnové délky $\lambda = 184,9$ nm, ionizuje vzduch. Až na výjimečné případy však ionizační účinky UV záření jsou s ohledem na toxické vlastnosti ozonu nežádoucí.

Paprsky vlnové délky okolo 265 nm mají biologicky negativní (germicidní) účinky, působí trvalé změny v mikroorganismech vedoucí k jejich zahubení či alespoň k jejich degeneraci. Germicidních účinků se využívá jak k přímému ničení virů, bakterií, plísní, kvasinek apod., tak ke sterilizaci vzduchu, kapalin i pevných látek. Vhodným zdrojem záření UV pro tyto účely jsou nízkotlaké rtuťové (germicidní) výbojky (GV) vyráběné u nás o výkonu 15 a 30 W, které vyzáří přibližně 40% přivedené energie v oblasti UV záření a z toho 90% v oblasti vlnové délky $\lambda = 253,7$ nm, tedy v blízkosti maxima germicidních účinků. Ve zdravotnictví se těchto zdrojů používá ke sterilizaci operačních sálů, pokojů, čekáren, sociálních zařízení, laboratoří, dětských a novorozeneckých oddělení, skříní pro uskladnění sterilního materiálu apod. V prostorech s větší koncentrací osob (např. v jeslích, školách, přednáškových sálech apod.) lze ozařováním UV paprsky omezit šíření kapénkových infekcí. Ve farmaceutickém průmyslu se nejen sterilizuje prostředí (např. skříně pro plnění injekčních ampulí), ale i některé kapaliny a obaly před naplněním. V potravinářském průmyslu se kromě běžné sterilizace ovzduší a kapalin využívá

UV záření k ochraně před plísní v chladírnách, mlýnech, pekárnách (i k odstranění zatuchlosti mouky), v konzervárnách při plnění obalů atd.

Rovněž v zemědělství se UV záření uplatňuje jako prostředek sterilizační, preventivní a léčebný (např. v boji proti kožním plísním) při odchovu mláďat a drůbeže hlavně v prostorech bez přímého slunečního světla. Ozařování ovlivňuje váhové přírůstky, snůšku a pevnost skořápky vajec, kvalitu srsti i celkový zdravotní stav zvířat a působí zhoubně i na drobný hmyz. V rostlinné výrobě jde pak nejen o ochranu např. obilí před plísněmi, ale ozařují se i osiva, čímž se docílí jakostnější a vyšší produkce.

1.3 Infračervené záření

Spektrální rozsah infračerveného (IR) záření je přibližně od 780 nm až asi do 1 mm. Podle mezinárodního doporučení CIE se v tomto spektrálním rozsahu rozeznávají tři druhy IR záření: IR - A 780 až 1400 nm, IR - B 1400 až 3000 nm, IR - C 3000 až 10^6 nm.

Infračervené záření se projevuje tepelnými účinky. Jejich zdrojem je nejen sluneční záření, každé teplé těleso, elektrický oblouk, ale i infražárovky. IR paprsky prostupují snadno vzduchem, mlhou, krystaly kamenné soli, křivce a tenkými vrstvami kovů, méně pak křišťálem a velmi málo sklem (zejména obsahuje-li kysličníky železa), vodou a tepelnými izolanty. IR paprsky jsou nosiči sálavého tepla a slouží k vytápění, ohřívání a sušení. V lékařství se uplatňují při diathermii, pro níž jsou vhodné paprsky z oblasti vlnových délek $\lambda = 800$ až 900 nm, které nejlépe pronikají tělem. Dále se IR paprsky používají při infrafotografii, pozorování v noci (převedením na viditelné světlo např. v infradalekohledu).