

SVĚTLO a OSVĚTLOVÁNÍ ve fotografii

Kvalita světla
Množství světla
Měření světla
Osvětlování ve fotografii

Mgr. Roman Sejkot



Světlo ve fotografii

I. Kvalita světla

Regulace kvality-složení světla

Světlo je člověkem "viditelná" složka elektromagnetického záření

Teplota chromatičnosti/Teplota barvy světla

Proměny spektrálních křivek denního světla

Fotografické zdroje světla

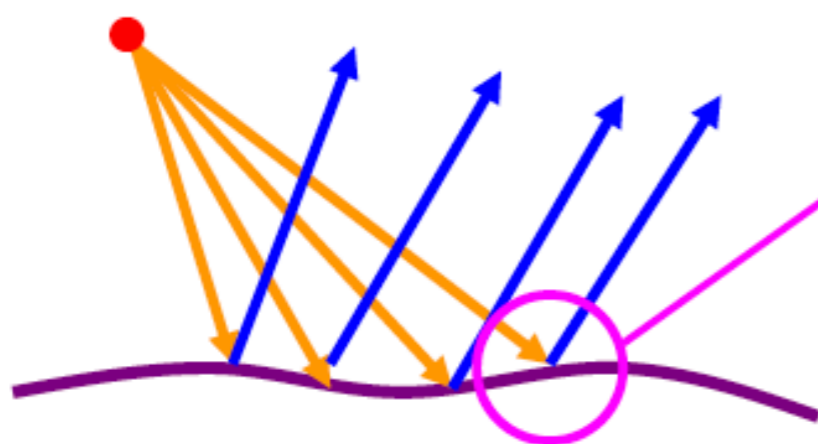
Sluneční, oblohové, denní světlo

Zdroje umělého světla

Fotografické filtry

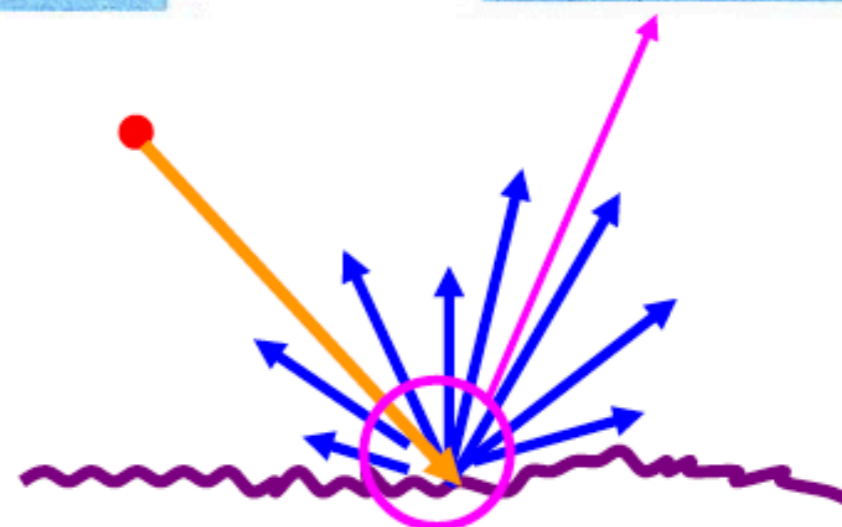
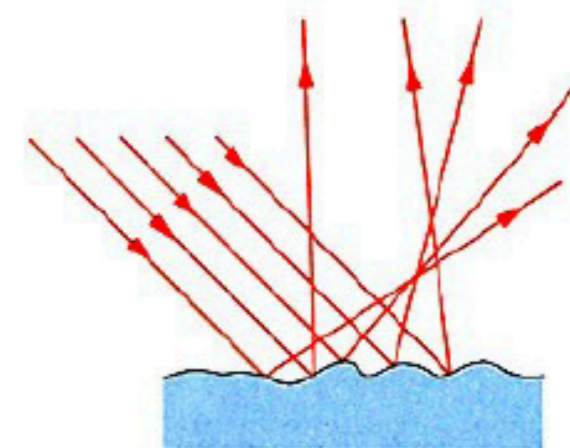
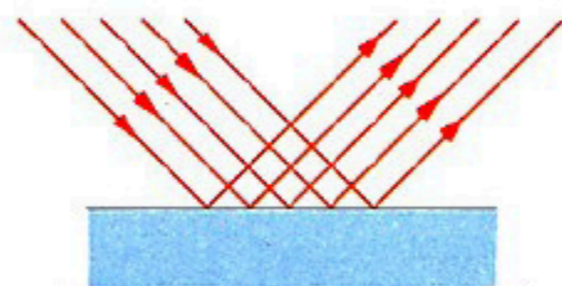
Geometrická (paprsková) optika

Odraz světla na povrchu



zrcadlový odraz

- ⊕ pro hladké (leštěné) povrchy s drsností menší nežli vlnová délka světla
- ⊕ dopadající svazek paprsků je odražen podle zákona odrazu



difúzní odraz

- ⊕ pro drsné (neleštěné) povrchy s drsností větší nežli vlnová délka světla
- ⊕ dopadající paprsky jsou odraženy do všech směrů s různou intenzitou

Vlnová (kvantová) optika

Světlo – Wikipedie, otevřená encyklopedie

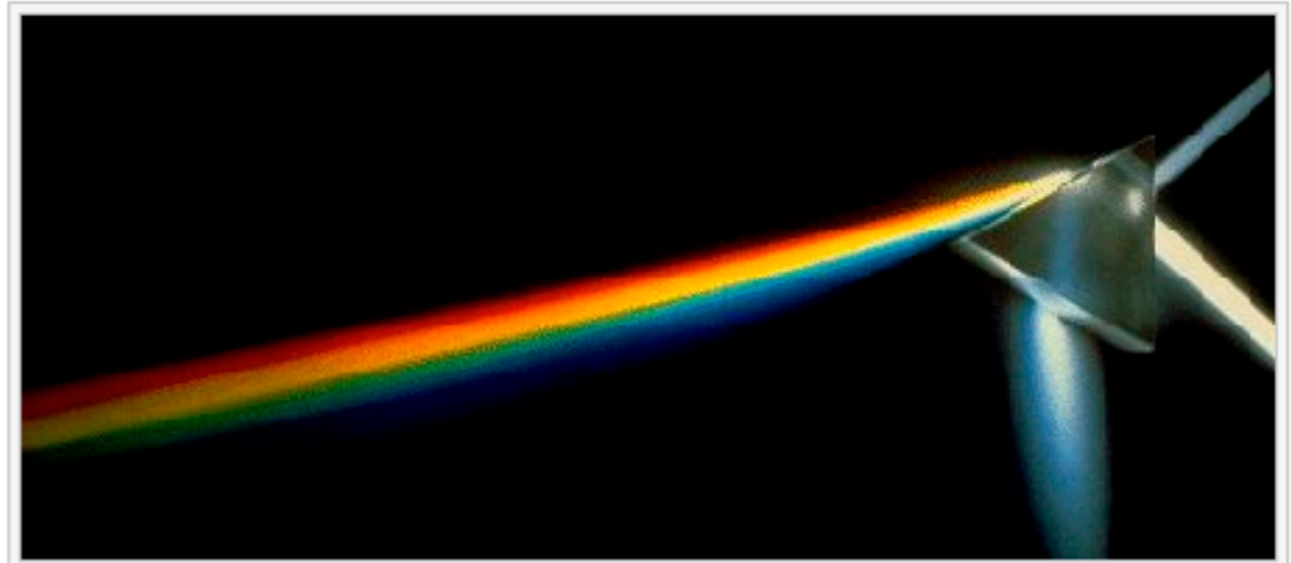
cs.wikipedia.org/wiki/Světlo

Q Světlo je viditelná část elektromagnetického záření

Viditelné světlo je

elektromagnetické záření o vlnové délce 400–750 nm. Vlnové délky světla leží mezi vlnovými délkami ultrafialového záření a infračerveného záření. V některých oblastech vědy a techniky může být světlem chápáno i elektromagnetické záření libovolné

vlnové délky. Tři základní vlastnosti světla (a elektromagnetického vlnění vůbec) jsou **svítivost** (amplituda), **barva** (frekvence) a **polarizace** (úhel vlnění). Kvůli **dualitě částice a vlnění** má světlo vlastnosti jak **vlnění**, tak **částice**. Studium světla a jeho interakcemi s hmotou se zabývá **optika**.

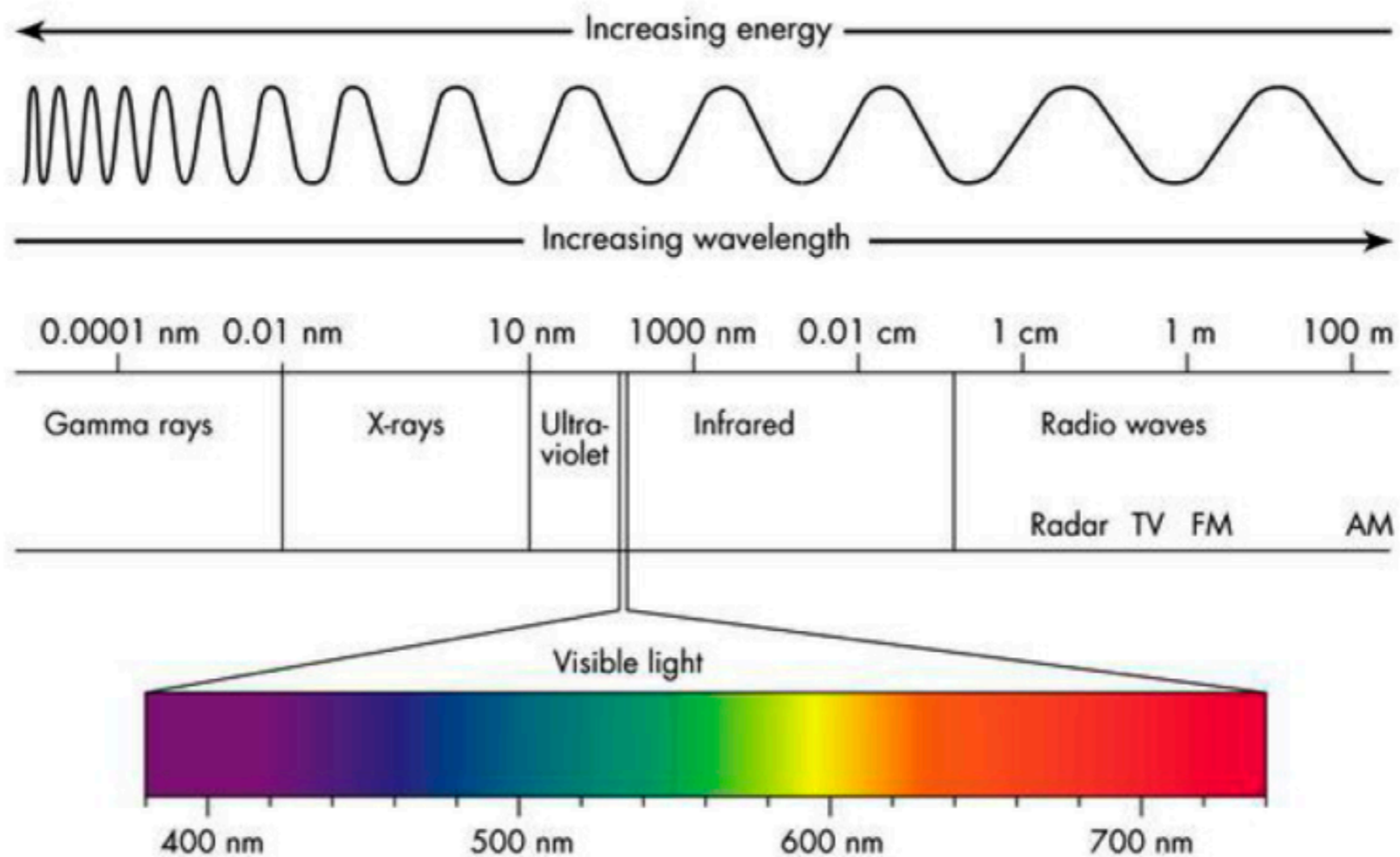


rozklad světla pomocí hranolu

Geometrická optika

Spektrum elektromagnetického záření

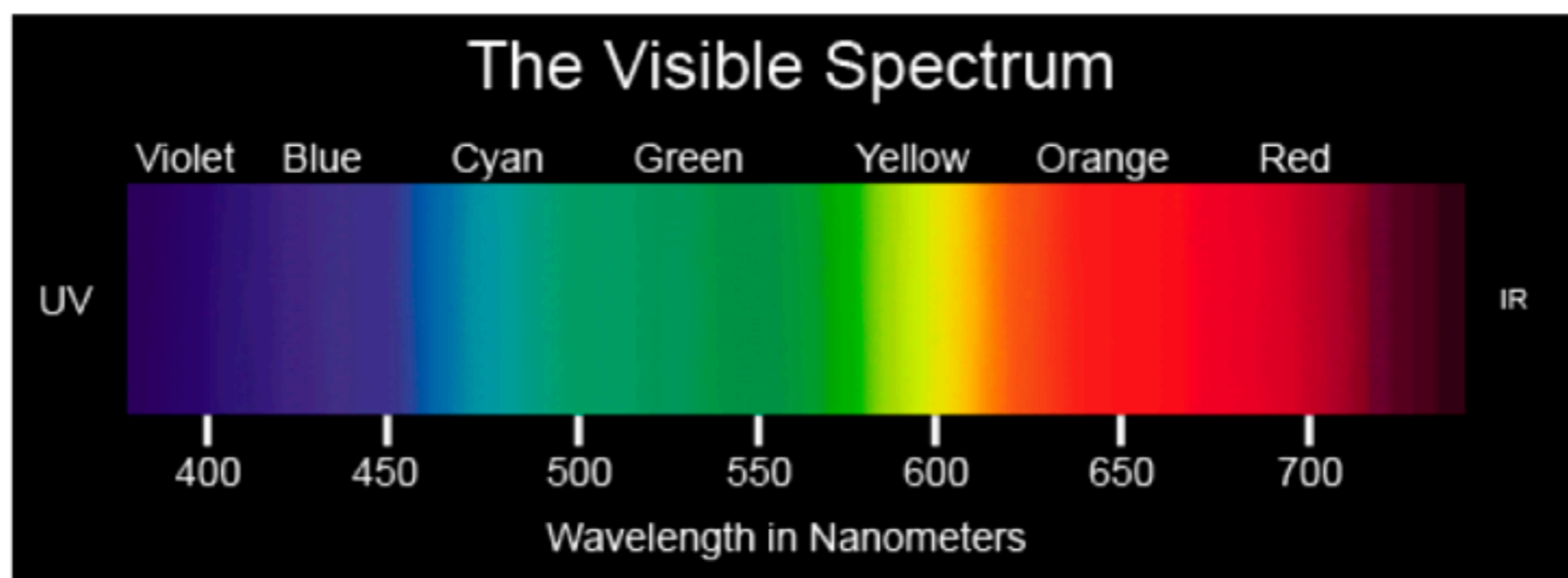
- optické záření je pouze velmi malá část spektra elektromagnetických vln s relativně krátkou vlnovou délkou



Geometrická optika

Světlo (viditelné záření)

- ⊕ světlo je elektromagnetické záření v rozmezí vlnových délek 360 nm až 780 nm



Rychlost světla ve vakuu

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 2,99792456 \cdot 10^8 \text{ m/s} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Rychlost světla v prostředí

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r \epsilon_0 \mu_r \mu_0}} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}} \leq c$$

Elektromagnetické spektrum

Další významy jsou uvedeny na [Spektrum \(rozcestník\)](#).

Elektromagnetické spektrum (někdy zvané Maxwellova duha) zahrnuje **elektromagnetické záření** všech možných vlnových délek. Elektromagnetické záření o **vlnové délce** λ (ve vakuu) má **frekvenci** f a jemu připisovaný **foton** má energii E . Vztah mezi nimi vyjadřují následující rovnice:

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

a

$$E = hf,$$

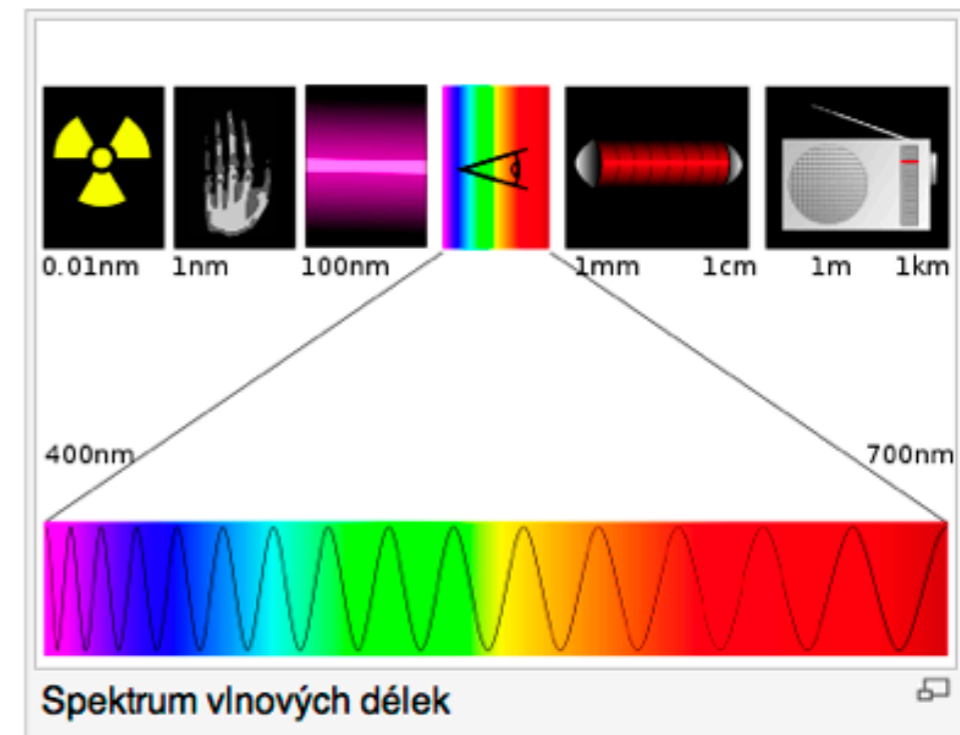
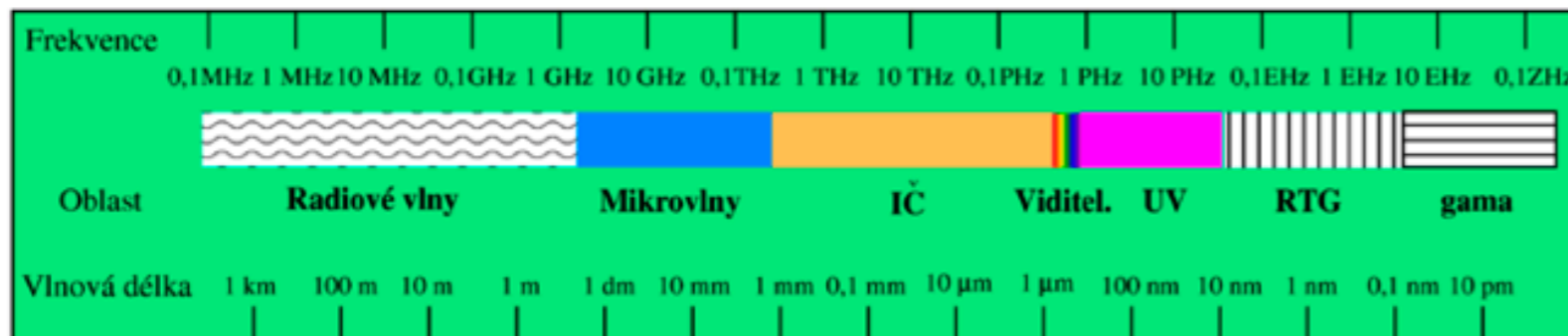
kde c je **rychlost světla** (3×10^8 m/s) a $h = 6.6252 \times 10^{-34}$ J·s = 4.1 μ eV/GHz je **Planckova konstanta**.

[Obsah \[zobrazit\]](#)

Dělení

[\[editovat\]](#)

Přestože je dělení celkově přesné, může občas dojít k překryvům sousedních typů. Například některé záření gama může mít delší vlnovou délku než některé rentgenové záření. To je možné proto, že záření gama je jméno pro fotony vzniklé při **jaderném štěpení** a jiných jaderných a procesech, zatímco rentgenové záření vzniká jako **brzdné záření** či **charakteristické záření elektronu**. Překryv tu tedy nastává proto, že paprsky určujeme dle původu a nikoli dle frekvence.

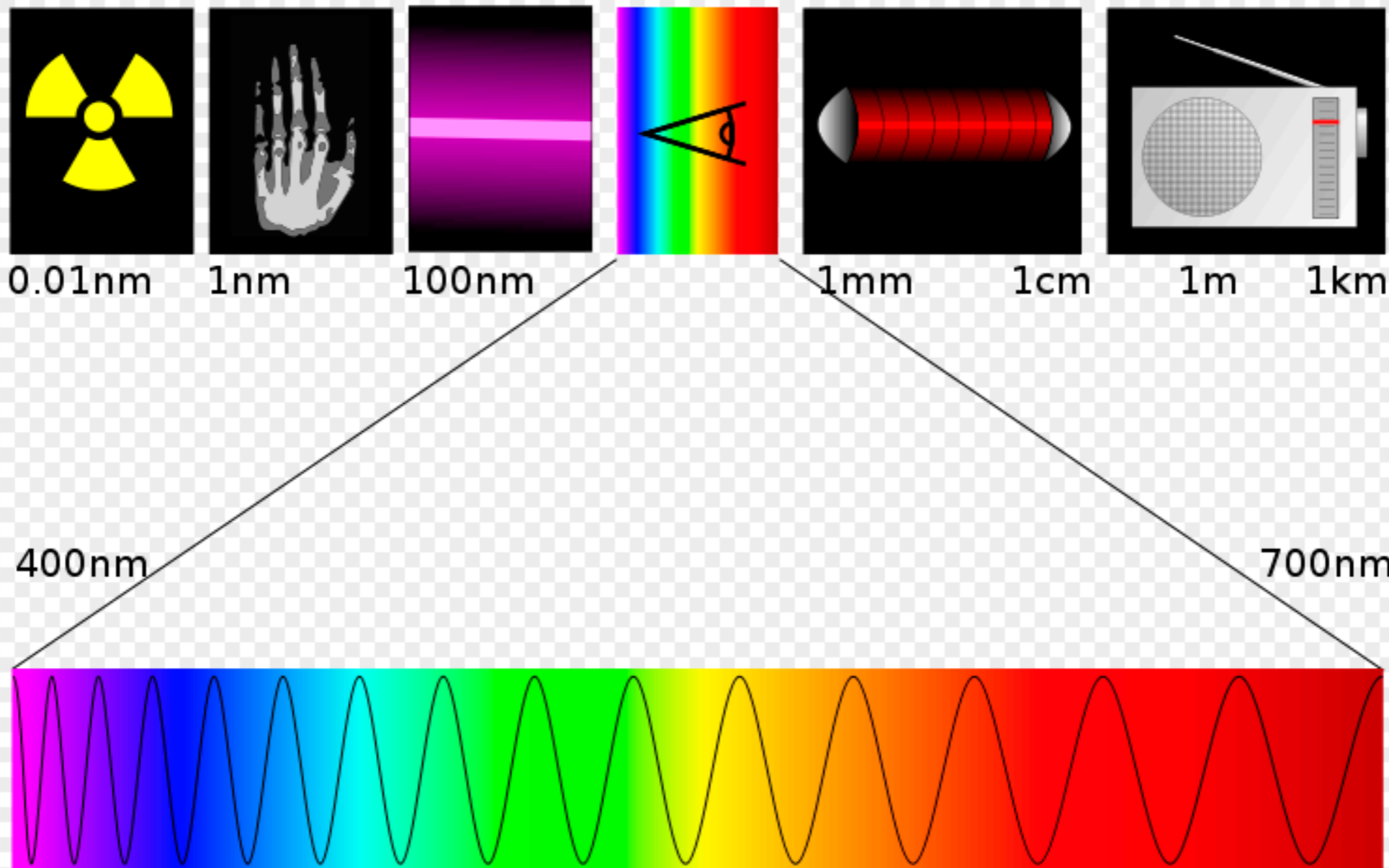


Soubor:Spectre.svg

[Soubor](#)

[Historie souboru](#)

[Odkazy na soubor](#)



Spectre.svg (soubor SVG, nominální rozměr: 744 × 524 pixelů, velikost souboru: 110 kB)



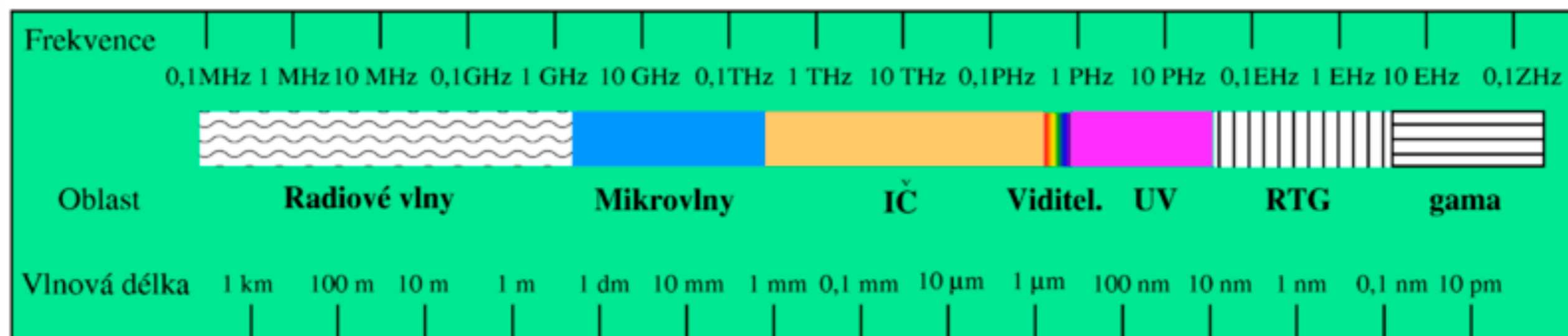
Tento soubor pochází z [Wikimedia Commons](#). Můžete se podívat na jeho

Soubor:ElmgSpektrum.png

[Soubor](#)

[Historie souboru](#)

[Odkazy na soubor](#)



Velikost tohoto náhledu je: 800 × 178 pixelů

[Obrázek ve vyšším rozlišení](#) (rozměr: 3 192 × 712 pixelů • velikost souboru: 37 kB • MIME typ: image/pr



Tento soubor pochází z [Wikimedia Commons](#). Můžete se podívat na jeho tamější

Infračervené záření

[editovat]

Infračervené záření pokrývá frekvence 300 GHz až 400 THz. Dále se dělí na blízkou IČ (near-IR), střední IČ (mid-IR), dalekou IČ (far-IR).

Viditelné světlo

[editovat]

Viditelné světlo o vlnových délkách 400 - 800 nm je světlo, na které je citlivé lidské oko.

Viditelné světlo a blízké infračervené záření je absorbováno a emitováno elektrony v atomech a molekulách, když přecházejí mezi energetickými hladinami.

Tato část elektromagnetického spektra se také označuje jako **světelné spektrum**. Jednotlivé barvy, vyskytující se ve světelném spektru se nazývají **spektrálními barvami** a odpovídají jim určité intervaly **vlnových délek** elektromagnetického záření.

Barva	Vlnová délka	Frekvence
červená	~ 625 až 740 nm	~ 480 až 405 THz
oranžová	~ 590 až 625 nm	~ 510 až 480 THz
žlutá	~ 565 až 590 nm	~ 530 až 510 THz
zelená	~ 520 až 565 nm	~ 580 až 530 THz
azurová	~ 500 až 520 nm	~ 600 až 580 THz
modrá	~ 430 až 500 nm	~ 700 až 600 THz
fialová	~ 380 až 430 nm	~ 790 až 700 THz

Ultrafialové záření

[editovat]

Dále následuje **ultrafialové záření** (UV) o vlnových délkách 400 – 10 nm a frekvenci 10^{15} - 10^{17} Hz. Fotony tohoto záření mají vysokou energii a mohou proto ničit chemické vazby.

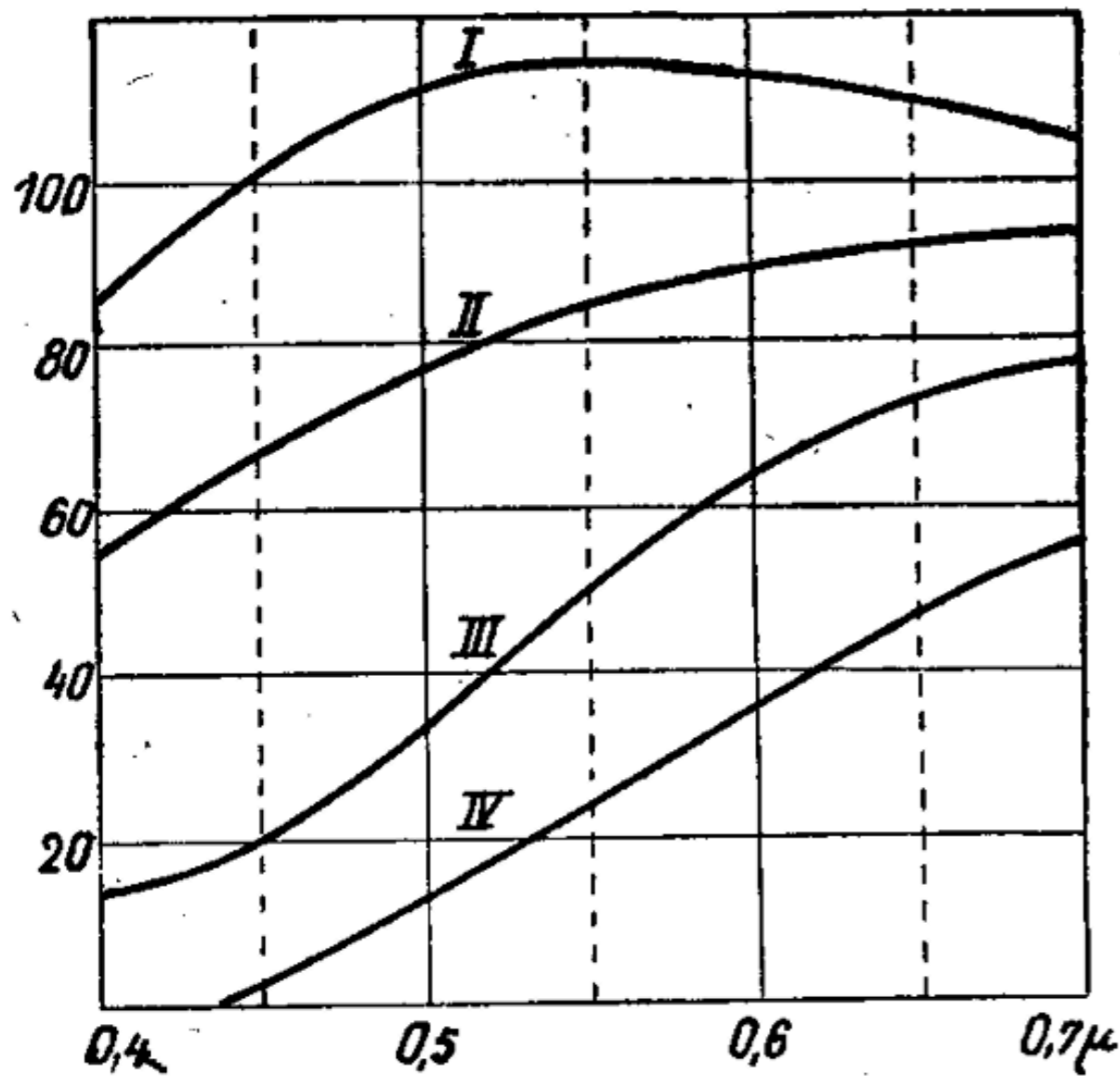
Například **chlor** za běžných podmínek nereaguje s **alkany**. Po osvětlení UV začne rychle reagovat, protože UV záření zničí vazbu a Cl_2 se rozpadne na extrémně reaktivní samostatné atomy. Ty pak reagují i s jinak víceméně inertními alkany. Fotony UV záření mohou také poškodit **DNA**, což může způsobit jak odumření buňky, tak i její nekontrolovanou reprodukci -**rakovinu**.

Geometrická optika

Optické záření

- ☉ část spektra elektromagnetických vln s vlnovou délkou 100 nm - 1 μm (blízké UV záření + viditelné záření (světlo) + blízké IR záření)

Typ elmag.vlnění	frekvence	vlnová délka	anglické označení
extrémně dlouhé vlny	0,3 - 3 kHz	$10^3 - 10^2$ km	Extremely Low Frequency (ELF)
velmi dlouhé vlny	3 - 30 kHz	$10^2 - 10$ km	Very Low Frequency (VLF)
dlouhé vlny (DV)	30 - 300 kHz	10 - 1 km	Low Frequency (LF)
střední vlny (SV)	0,3 - 3 MHz	1 - 0,1 km	Medium Frequency (MF)
krátké vlny (KV)	3 - 30 MHz	100 - 10 m	High Frequency (HF)
velmi krátké vlny (VKV)	30 - 300 MHz	10 - 1 m	Very High Frequency (VHF)
ultra krátké vlny (UKV)	0,3 - 3 GHz	1 - 0,1 m	Ultra High Frequency (UHF)
mikrovlny	3 - 30 GHz	100 - 10 mm	Super High Frequency (SHF)
mikrovlny	30 - 300 GHz	10 - 1 mm	Extremely High Frequency (EHF)
vzdálená oblast infračerveného záření	$10^{10} - 10^{14}$ Hz	1 mm - 1 μm	Far Infra Red (IR)
blízká oblast infračerveného záření	10^{14} Hz	1 μm - 780 nm	Near Infra Red (IR)
viditelné záření	$5 \cdot 10^{14}$ Hz	360 - 780 nm	Visible (VIS)
blízká oblast ultrafialového záření	$10^{15} - 5 \cdot 10^{14}$ Hz	100 - 360 nm	Near Ultra Violet (UV)
vzdálená oblast ultrafialového záření	$10^{15} - 10^{16}$ Hz	10 - 100 nm	Far Ultra Violet (UV)
rentgenovo záření	$10^{16} - 10^{19}$ Hz	10 - 0,1 nm	X-Rays
gama záření	$10^{19} - 10^{24}$ Hz	$10^{-10} - 10^{-14}$ m	Gamma Rays

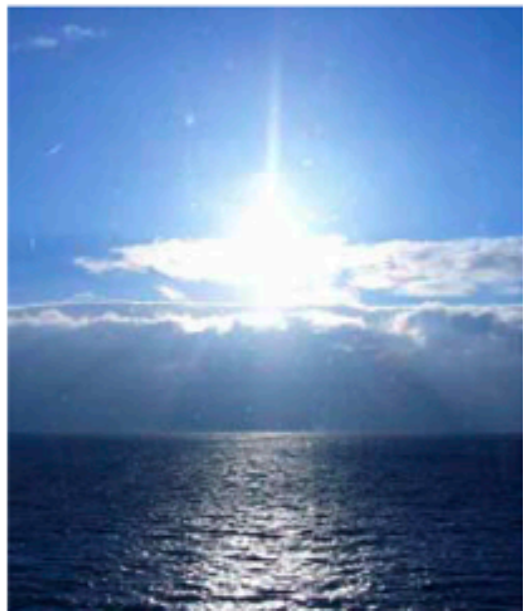


Obr. 20. Spektrální složení slunečního světla: I v poledne, II odpoledne, III podvečer, IV při západu.

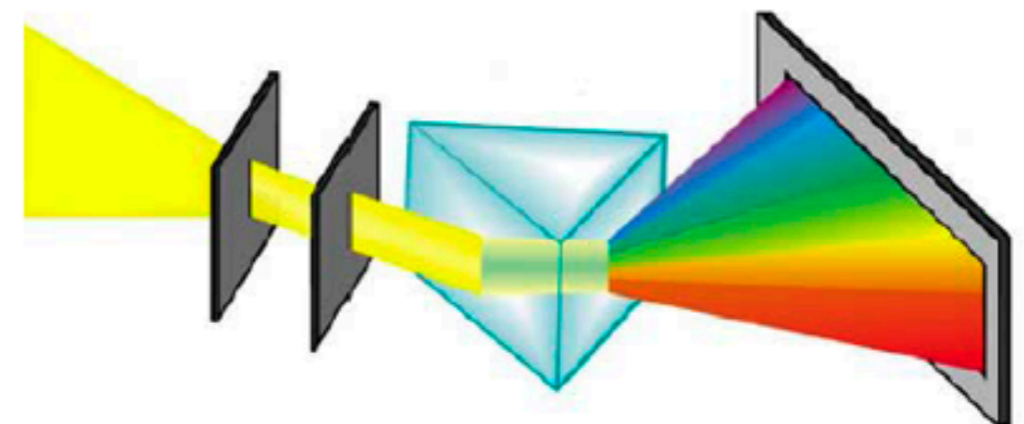
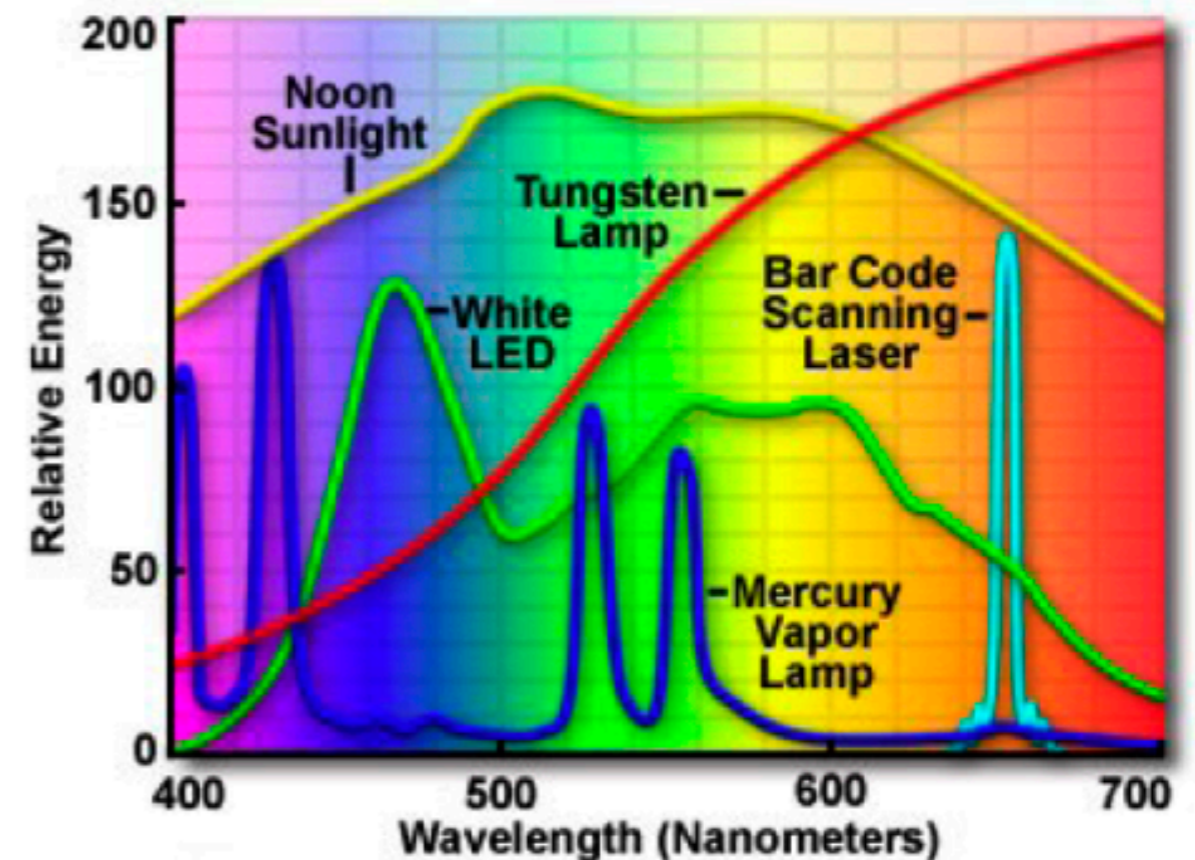
Na tomto obrázku vidíme spektrální křivku slunečního světla. V poledne, kdy je slunce nejvýše nad naší hlavou (a tedy sluneční paprsky k nám musí urazit nejkratší dráhu, obsahuje sluneční světlo jen o málo méně paprsků modrých, než červených. Naproti tomu při východu či západu slunce (kdy paprsky musí urazit nejdelší cestu atmosférou) atmosféra pohltí značnou část krátkovlnné složky a sluneční světlo je svým charakterem blízké spektru běžné žárovky (křivka III).

Polychromatické světlo

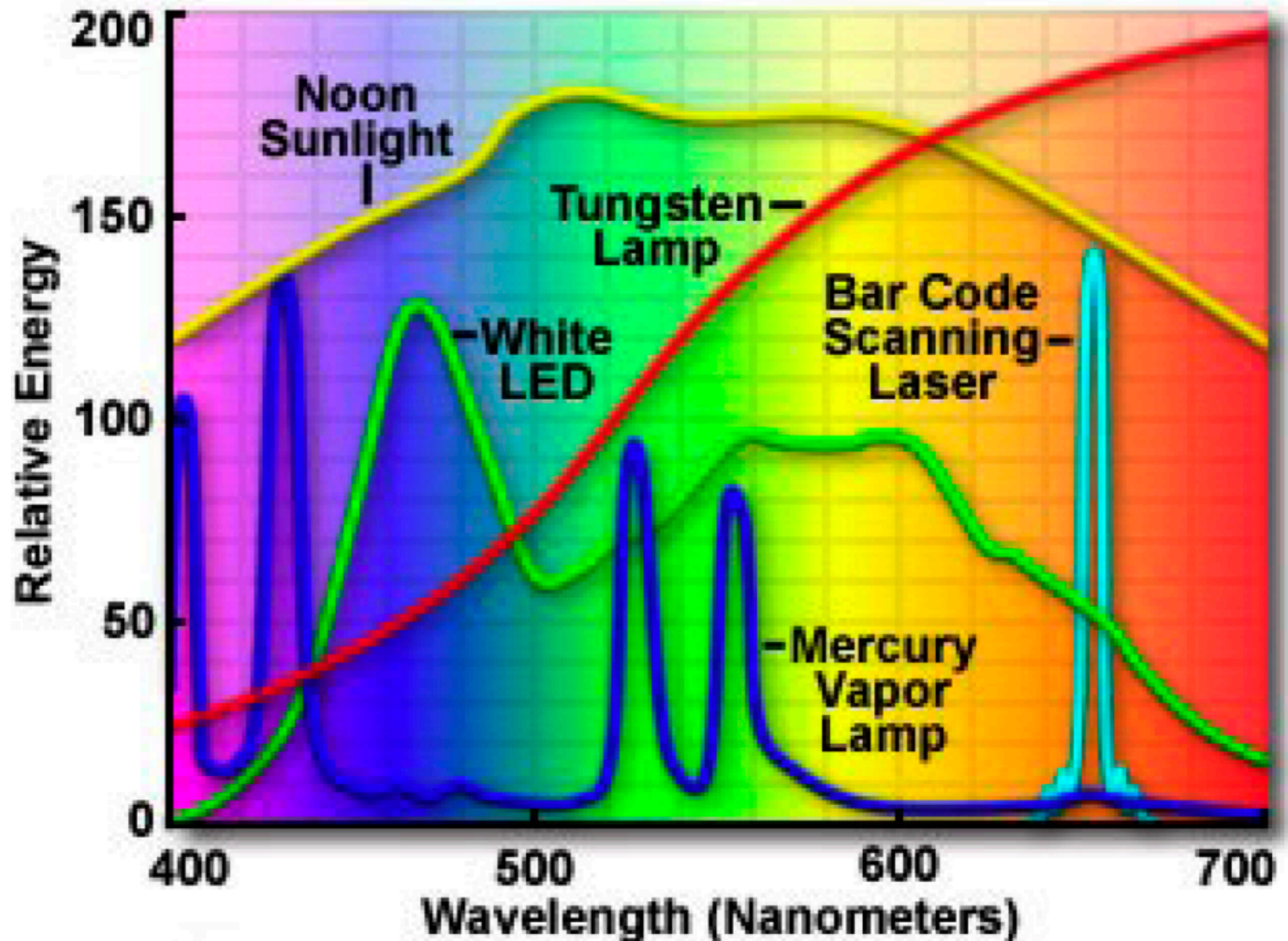
- ⊕ složené světlo, jehož spektrum zasahuje širší obor vlnových délek λ
- ⊕ v praxi je realizováno pomocí nejrůznějších typů světelných zdrojů (žárovky, zářivky, sluneční světlo, LED, ...)



Spectra From Common Sources of Visible Light



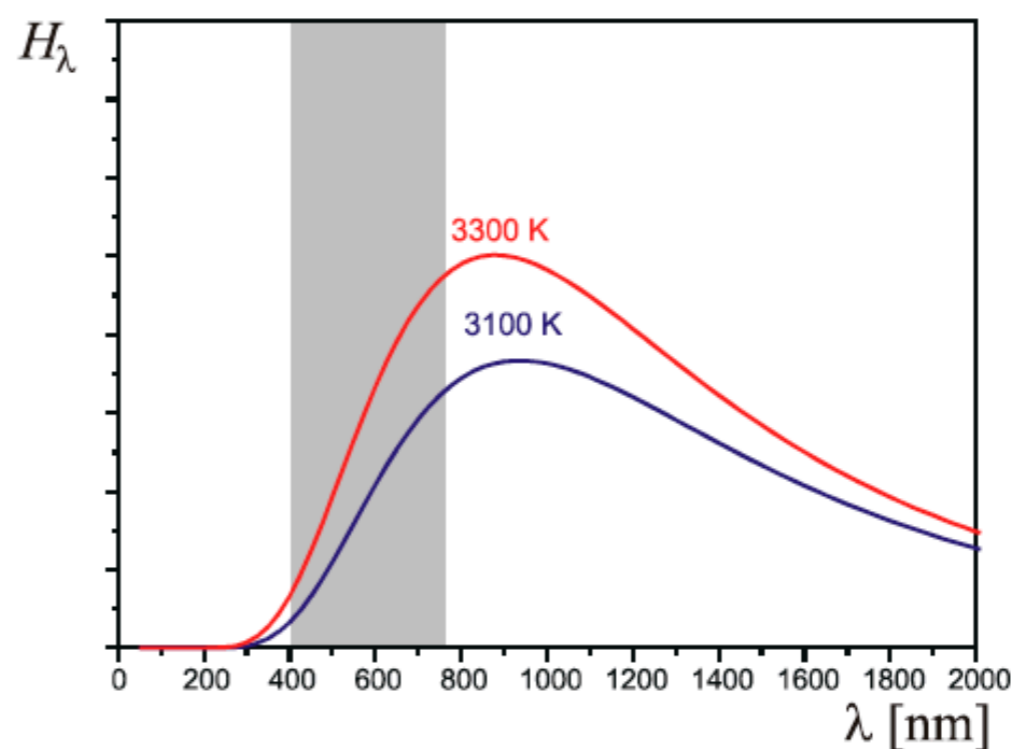
Spectra From Common Sources of Visible Light



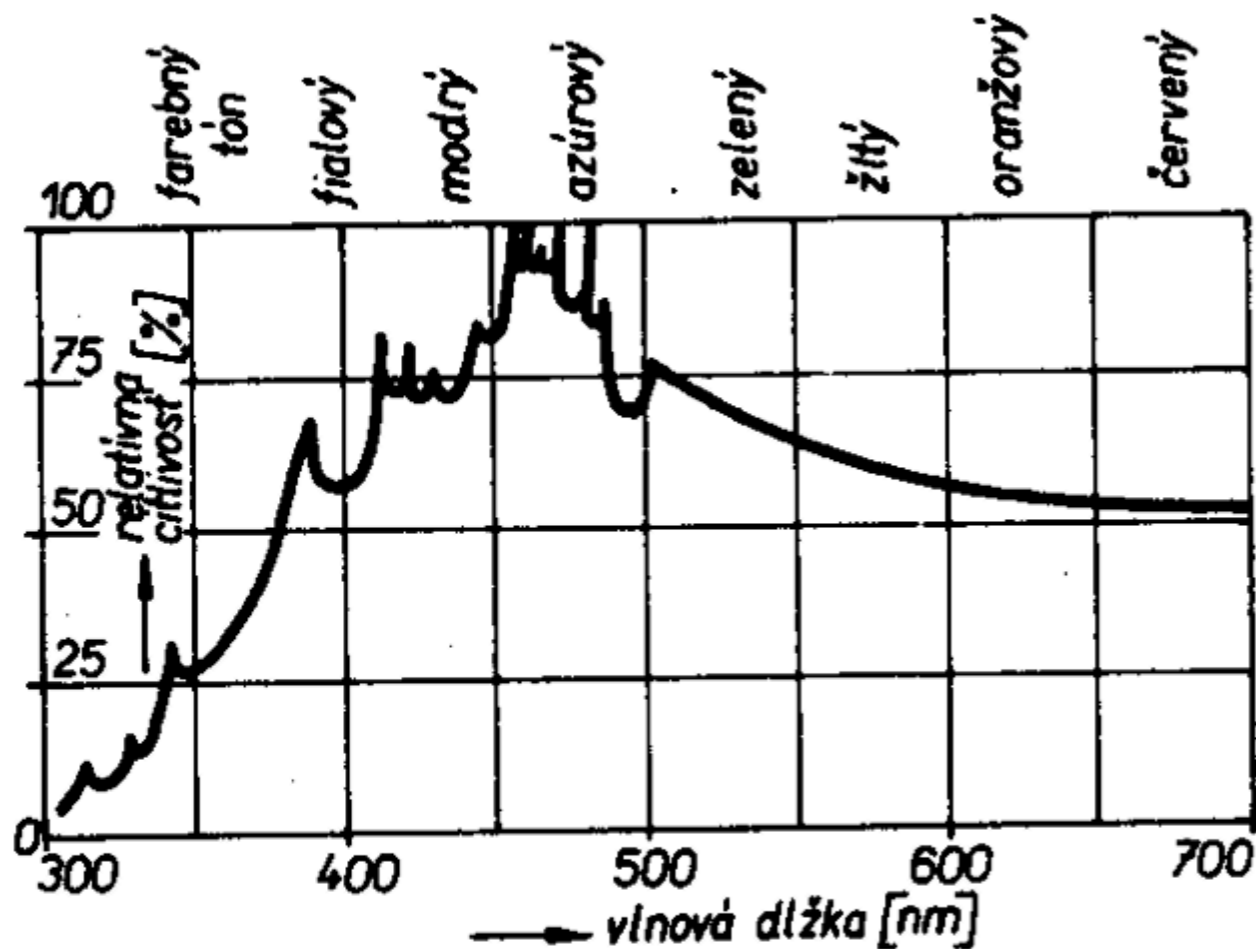


Žárovka

Světlo klasické žárovky vzniká na rozžhaveném vlákně. Aby se účinnost (množství světla na watt příkonu) žárovky co nejvíc blížila účinnosti Slunce, je třeba dosáhnout co nejvyšší teploty vlákna. První prakticky použitelnou žárovku zkonstruoval Thomas Alva Edison (1847–1931) v roce 1879, její vlákno bylo tvořeno zuhelnatělým kouskem bambusu a bylo umístěno ve skleněné baňce, ze které byl vyčerpán vzduch. Později byl uhlík nahrazen wolframem. Wolfram patří k nejhůře tavitelným kovům, jeho teplota tání je 3695 K. Teplota dvojitě vinutého vlákna žárovky je asi 3100 K a teplota vlákna halogenové žárovky může dosáhnout až 3300 K. Halogenová žárovka je totiž plněna plynem s příměsí halogenu (např. methylenbromid), který vrací odpařený wolfram zpět na vlákno. Navíc má wolfram výhodu, že nezáří jako absolutně černé těleso, ale v jeho spektru je více krátkých vlnových délek jako by teplota vlákna byla vyšší. Planckův zákon pro standardní a halogenovou žárovku je na obrázku 24.5. Je patrné, že obě žárovky září zejména v infračervené oblasti a na viditelnou oblast připadá pouze 12 % vyzářeného výkonu u standardní žárovky a 15 % u halogenové (teď neuvažujeme, že citlivost lidského oka k okrajům viditelné oblasti klesá). Účinnost halogenové žárovky je o něco vyšší. Přesto je účinnost žárovek poměrně nízká a probíhá jejich nahrazování zářivkami, které potřebují k dosažení stejného osvětlení pětinu energie. Hitem poslední doby jsou světelné diody, jejichž účinnost je až desetinásobkem účinnosti žárovky a dvojnásobkem zářivky.



Obr. 24.5: Závislost spektrální hustoty intenzity vyzařování na vlnové délce pro standardní žárovku (3100 K) a halogenovou žárovku (3300 K). Šedý pás znázorňuje viditelnou oblast.



Obr. 19. Spektrálne zloženie svetla výbojek plnených xenónom

Rovněž tak spektrální křivka výbojkového blesku je spojitá. Při výboji se však projevuje jednak vliv odpařování elektrod, jednak příměsi vzácných plynů v náplni výbojky. proto jsou některé monochromatické složky zesíleny či potlačeny. Při praktickém využití ve fotografii můžeme tuto skutečnost zanedbat.

spojité spektrum



Spojité spektrum



4000

5000

6000

7000 A

Absorpční spektrum



KH

G

d

F

E

D

C

B

A

Emisní spektrum



čárové spektrum

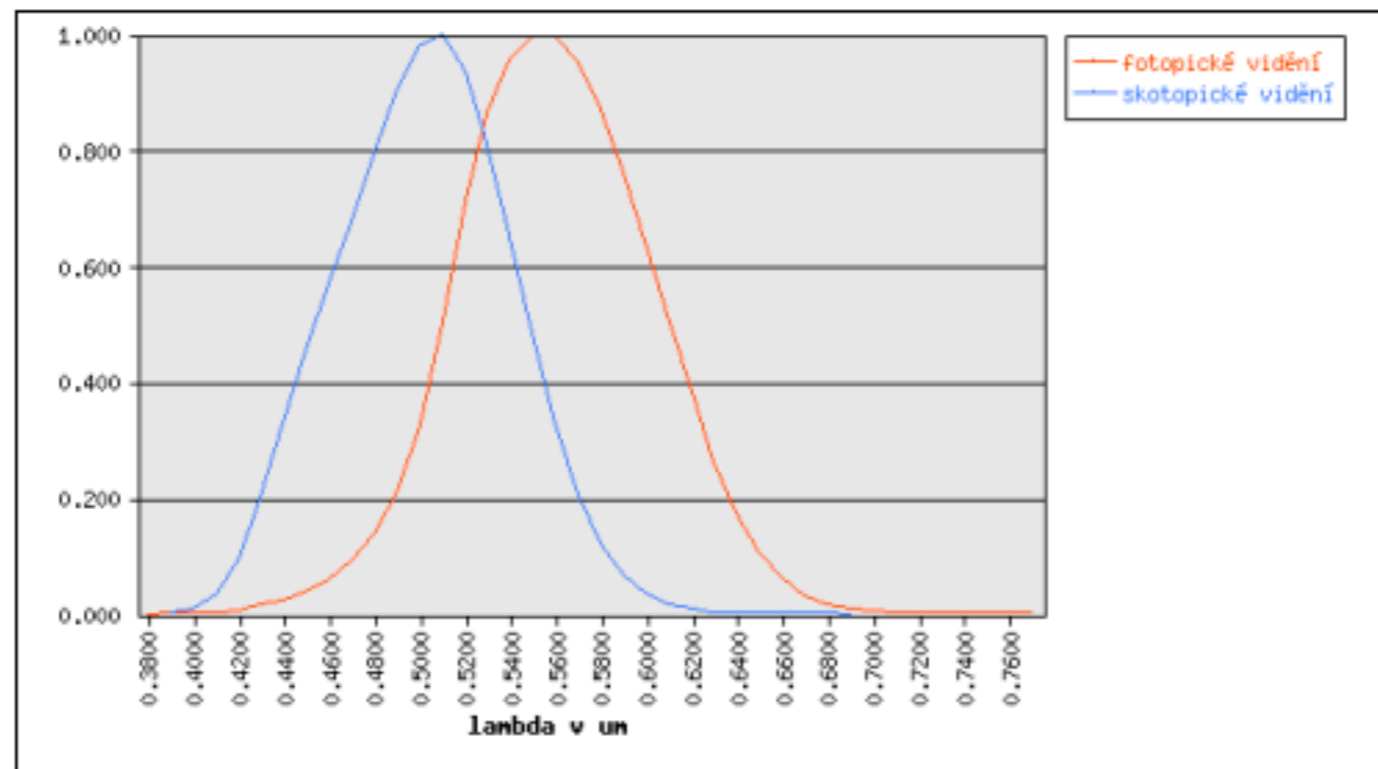


emisní spektrum helia

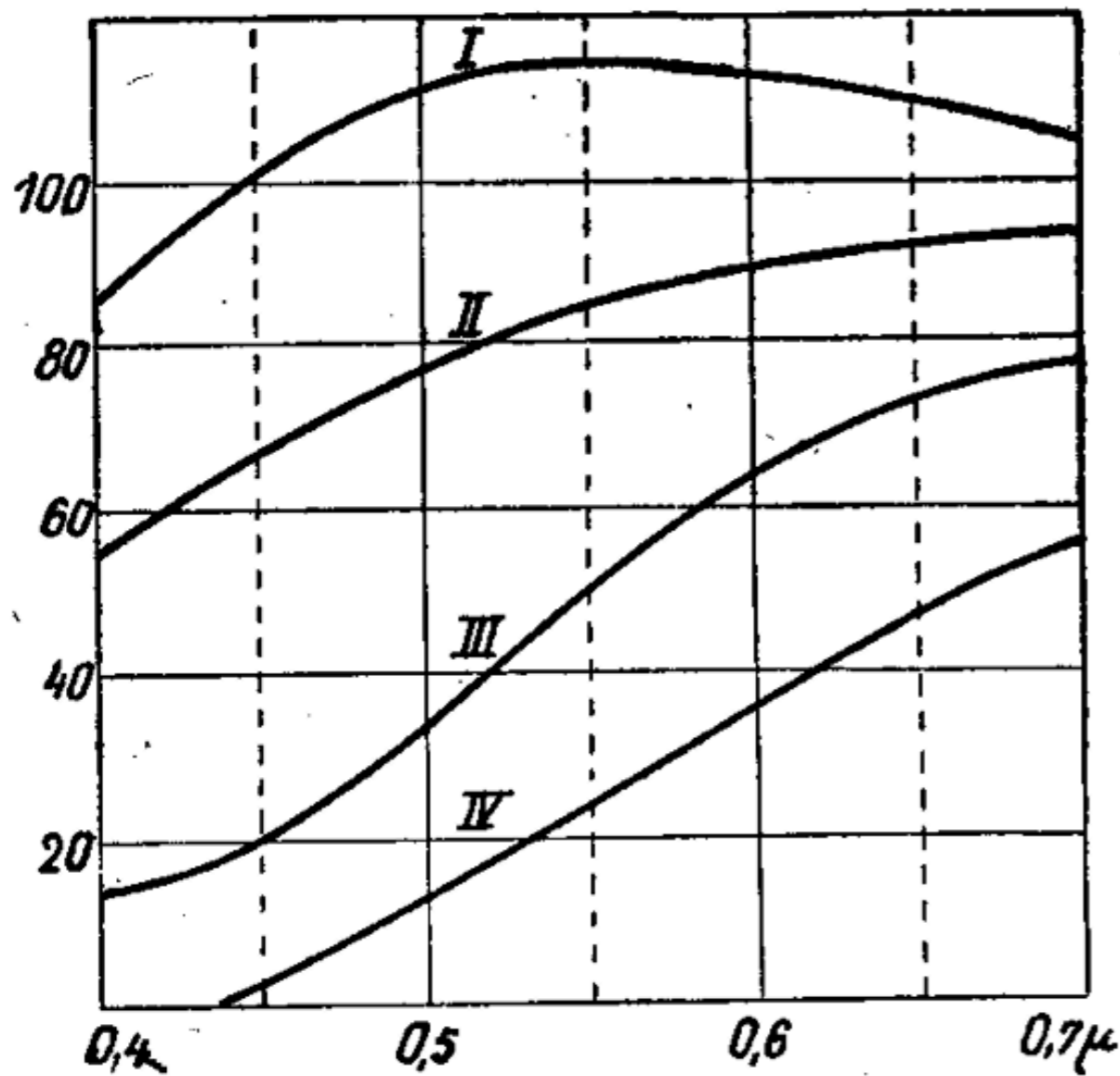


Spektrální citlivost lidského oka

Lidské oko vnímá jen nepatrnou část elektromagnetického záření. Při běžných intenzitách osvětlení je sítnice citlivá v oblasti 0.38 až 0.76 μm . Tato oblast se také kryje s jedním z pásem propustnosti zemské atmosféry.



Dalším důvodem proč je lidské oko nejvíc citlivé právě v oblasti 0.55 μm je, že tato oblast odpovídá maximu spektrálního vyzařování Slunce. Z grafu spektrální citlivosti lidského oka vidíme, že lidské oko je citlivé i na červené světlo vlnové délky např. 0.76 μm . Aby však byl dosažen zrakový vjem stejné intenzity jako pro záření světla o vlnové délce 0.55 μm , musí být světelný tok ze stejné plošky 10 000 x větší.

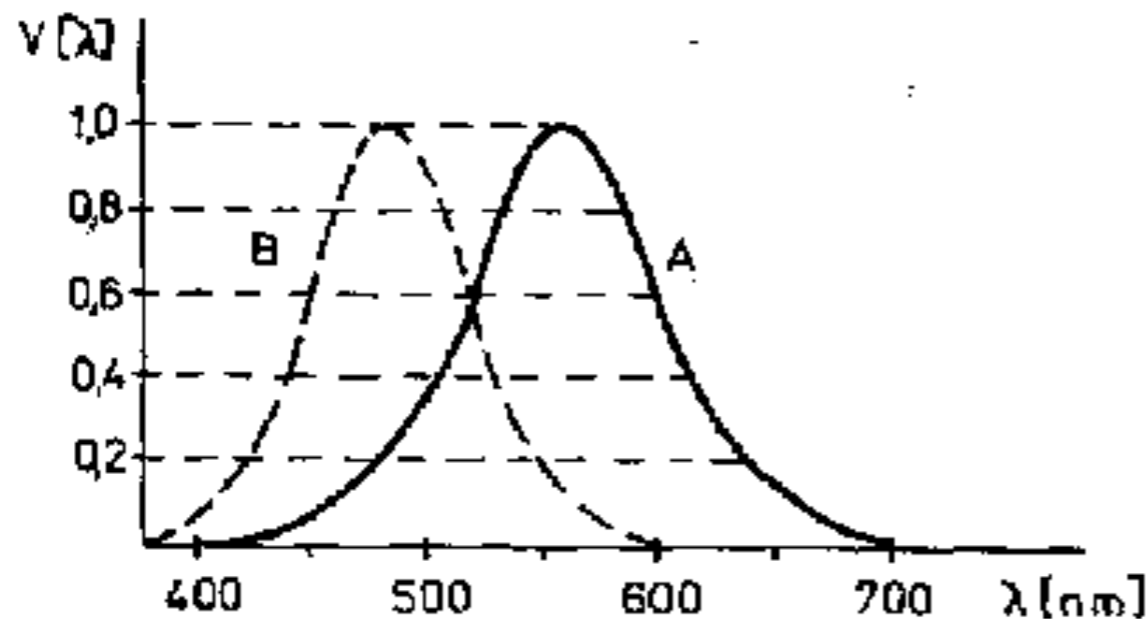


Obr. 20. Spektrální složení slunečního světla: I v poledne, II odpoledne, III podvečer, IV při západu.

Na tomto obrázku vidíme spektrální křivku slunečního světla. V poledne, kdy je slunce nejvýše nad naší hlavou (a tedy sluneční paprsky k nám musí urazit nejkratší dráhu, obsahuje sluneční světlo jen o málo méně paprsků modrých, než červených. Naproti tomu při východu či západu slunce (kdy paprsky musí urazit nejdelší cestu atmosférou) atmosféra pohltí značnou část krátkovlnné složky a sluneční světlo je svým charakterem blízké spektru běžné žárovky (křivka III).

Spektrální citlivost lidského oka

Vidíme, že při dobrém osvětlení (denní vidění-fotopické) je oko nejcitlivější v oblasti okolo 555nm (křivka A), což odpovídá žlutozelené barvě. Směrem k nižším i vyšším vlnovým délkám citlivost oka rapidně klesá, až na nulovou hodnotu okolo 400nm (fialová) a okolo 750nm (červená barva). Při nižších jasech (soumračné vidění-skotopické) se celá křivka posouvá ke kratším vlnovým délkám (křivka B). Tento jev objevil český fyziolog J. E. Purkyně. Jev ukazuje též na vyšší citlivost tyčinek a čípků. Problematika správného přizpůsobení spektrální citlivosti oka je závažná zejména pro hodnocení a projekci barevných filmů.



Spektrální rozložení citlivosti lidského oka: A-pro denní vidění, B-pro soumračné vidění

II. Množství světla

Regulace množství světla :

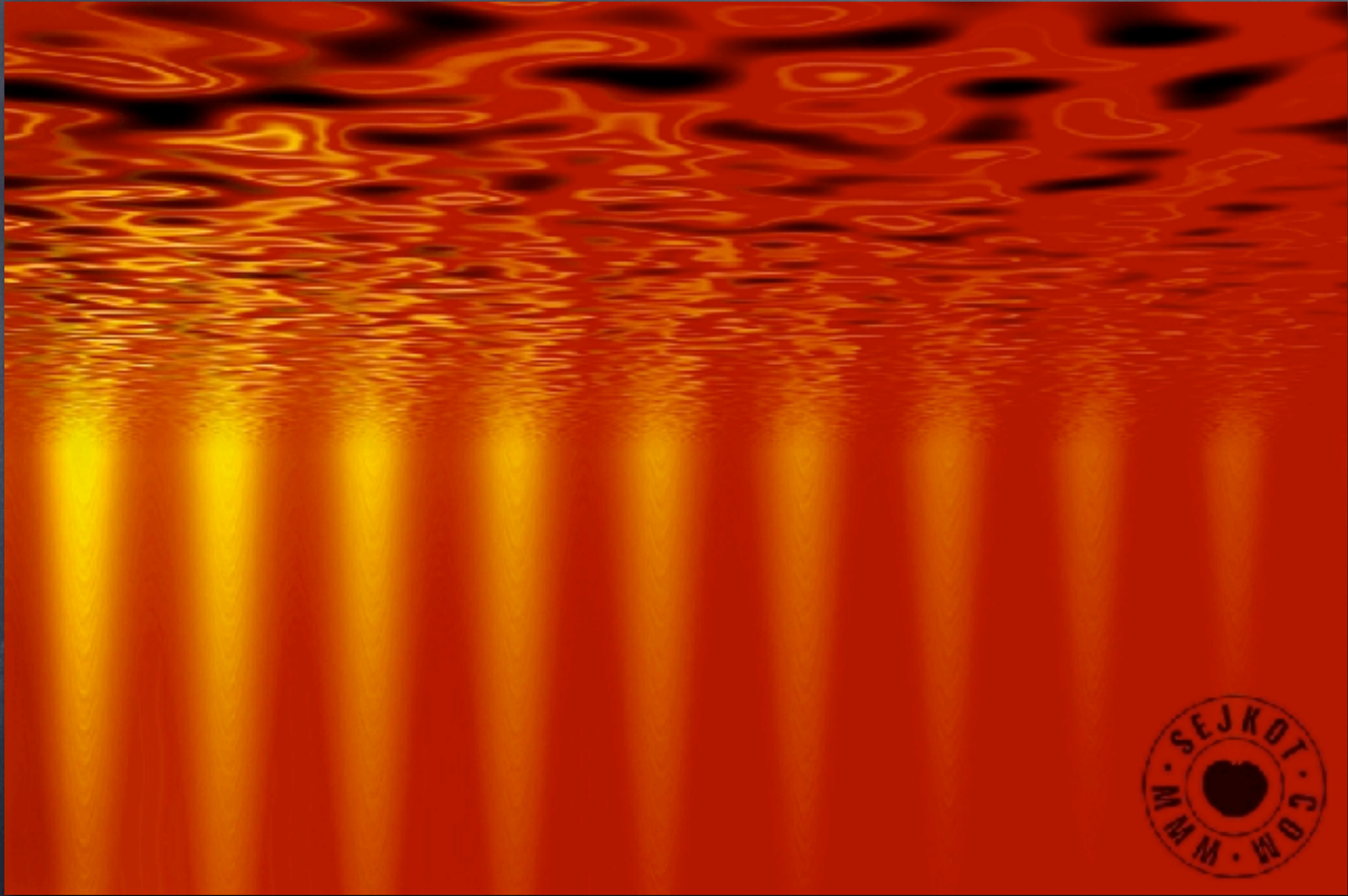
1. Zdroj světla
2. Fotopřístroj
 - 2a) Clona
 - 2b) Závěrka
 - 2c) Filtry

Expozice / Osvit

Exposure Value [EV]

Clona / Základní clonové číslo/ Světelnost objektivu

Mechanická / Elektronická závěrka



EV as an indicator of camera settings

Table 1. Exposure times, in seconds,* for various exposure values and f-numbers

EV	f-number												
	1.0	1.4	2.0	2.8	4.0	5.6	8.0	11	16	22	32	45	64
-6	60	2 m	4 m	8 m	16 m	32 m	64 m	128 m	256 m	512 m	1024 m	2048 m	4096 m
-5	30	60	2 m	4 m	8 m	16 m	32 m	64 m	128 m	256 m	512 m	1024 m	2048 m
-4	15	30	60	2 m	4 m	8 m	16 m	32 m	64 m	128 m	256 m	512 m	1024 m
-3	8	15	30	60	2 m	4 m	8 m	16 m	32 m	64 m	128 m	256 m	512 m
-2	4	8	15	30	60	2 m	4 m	8 m	16 m	32 m	64 m	128 m	256 m
-1	2	4	8	15	30	60	2 m	4 m	8 m	16 m	32 m	64 m	128 m
0	1	2	4	8	15	30	60	2 m	4 m	8 m	16 m	32 m	64 m
1	1/2	1	2	4	8	15	30	60	2 m	4 m	8 m	16 m	32 m
2	1/4	1/2	1	2	4	8	15	30	60	2 m	4 m	8 m	16 m
3	1/8	1/4	1/2	1	2	4	8	15	30	60	2 m	4 m	8 m
4	1/15	1/8	1/4	1/2	1	2	4	8	15	30	60	2 m	4 m
5	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2	1	2	4	8	15	30	60	2 m
6	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2	1	2	4	8	15	30	60
7	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2	1	2	4	8	15	30
8	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2	1	2	4	8	15
9	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2	1	2	4	8
10	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2	1	2	4
11	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2	1	2
12	1/4000	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2	1
13	1/8000	1/4000	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2
14		1/8000	1/4000	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4
15			1/8000	1/4000	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8
16				1/8000	1/4000	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15

Světlo ve fotografii

III. Měření světla-Exponometrie

Osvitoměr / Expozimetr
Colormetr

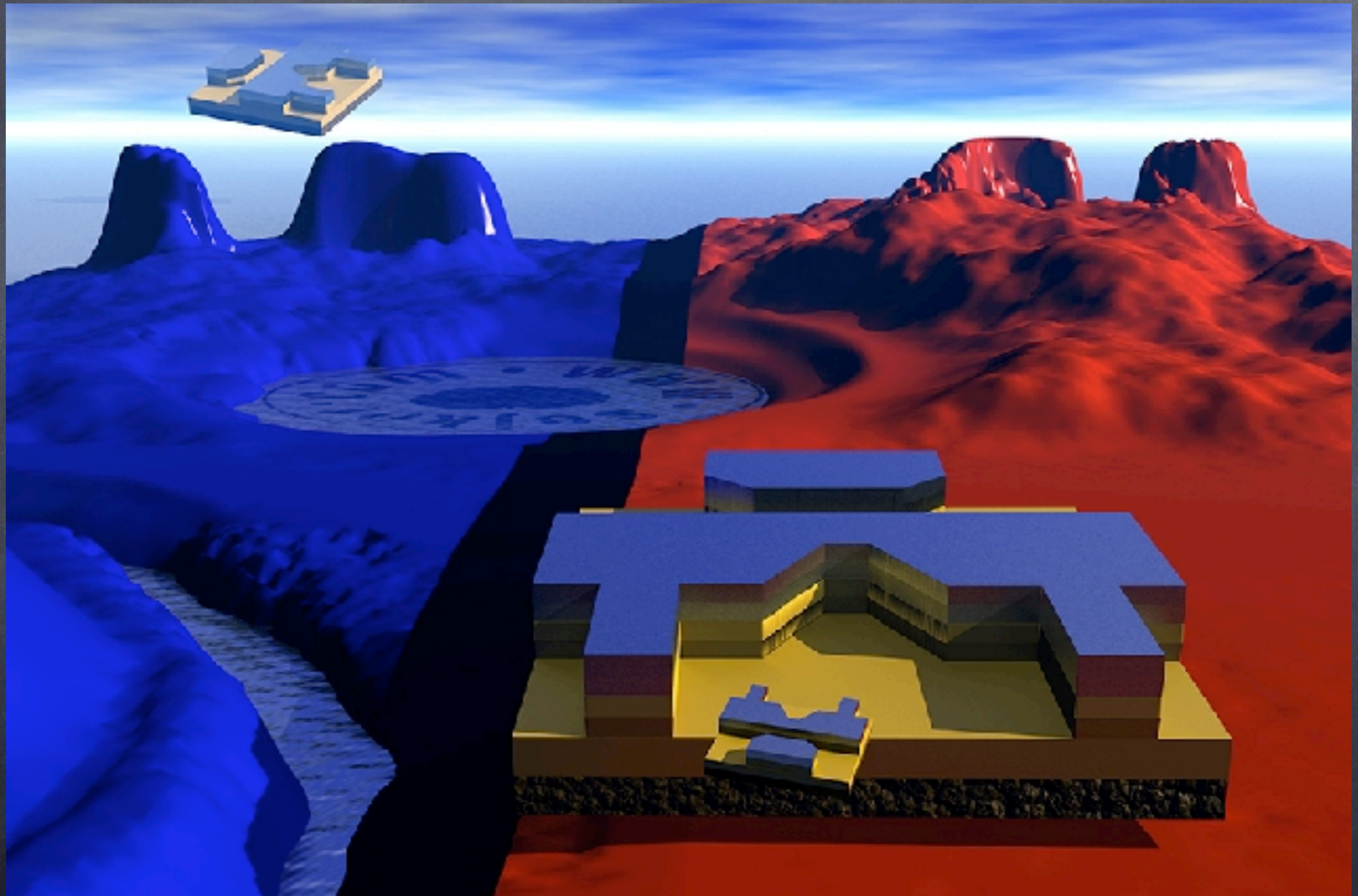
Vestavěné expozimetry ve fotoaparátech

Bodové měření
Středové měření
Zónové měření

Měření jasů scény / Odražené světlo od scény
Měření jasů rozptylné polokoule / Dopadající světlo na scénu

Střední šedá

Středně šedá je teorie ...
Svět barev je praxe ...



Vodové měření expozice.



Я к вам пишу - чего же боле?
Что я могу еще сказать?



Теперь я знаю, в вашей воле
Меня презреньем наказать.



Středové měření expozice.



Zónové měření expozice.



Měření světla odraženého od scény.



Měření světla dopadajícího na scénu.



STŘEDNÍ ŠEDÁ :
Barevně neutrální plocha
odrážející 18% dopadajícího světla.

“MOTIVOVÉ PROGRAMY”
Filosofie, požadavky, konstrukce, užití v praxi.

IV. Osvětlování ve fotografii

Osvětlení x Osvětlování

Světelná realita x Světelná konstrukce

Světelné kombinace

Přímé a nepřímé světlo

Smysl pro světlo / Talent

Schopnost vnímat a využívat světlo

Absorpce a odraz světla předměty

Stín a jeho funkce při vnímání prostoru

Funkce světla ve fotografii: technická, výtvarná

Osvětlení. Světelná realita. Přímé světlo.



Osvětlování. Světelná konstrukce. Odraz světla.



Světelná konstrukce. Světelná kombinace.



Nepřímé světlo. Smysl pro světlo. Talent.



Stín a jeho funkce při vnímání prostoru.



Funkce světla ve fotografii : Technická. Výtvarná.



V. Informační zdroje

Petr Velkoborský, Petr Vermouzek:

Exponometrie v analogové a digitální fotografii, Computer Press, 2006

Michael Freeman:

DSLR naučte se fotografovat s digitální zrcadlovkou, Zoner Press, 2007

Ján Šmok: Začněte fotografovat, str.152-4, SNTL, 1983

Zdeněk Tomášek: Fotografické filtry, Merkur, 1986

Evžen Hruška: Fotografie na malý formát, SNTL, 1983

J.Šmok, J.Pecák, P.Tausk: Barevná fotografie, SNTL, 1975

www.google.com

<http://webfyzika.fsv.cvut.cz>

<http://cs.wikipedia.org>

<http://en.wikipedia.org>

<http://fyzika.ft.utb.cz>

www.infrared.cz