

9. Fyzika mikrosvětla

Elektromagnetické spektrum

9.1.1 Druhy elektromagnetického záření

Přehled elektromagnetického spektra

$f(\text{Hz})$	$\lambda(\text{m})$	$f(\text{Hz})$	$\lambda(\text{m})$
10^5	10^4 dlouhé	10^{12}	10^{-3}
10^6	10^3 střední rozhlasové vlny	10^{13}	10^{-4} infračervené
10^7	10^2 krátké rozhlasové vlny	10^{14}	10^{-5} záření
10^8	10 VKV	10^{15}	10^{-6}
10^9	1 radiolokační vlny	10^{16}	10^{-7} ultrafialové
10^{10}	10^{-1} decimetrové	10^{17}	10^{-8} záření
10^{11}	10^{-2} centimetrové	10^{18}	10^{-9} rentgenové
	10^{-3} milimetrové vlny	10^{19}	10^{-10} záření
		10^{20}	10^{-11}
		10^{21}	10^{-12} záření γ
			10^{-13}

Vlnění různých vlnových délek mají velmi odlišné fyzikální vlastnosti. Různé druhy elektromagnetického záření se liší zejména svou schopností procházet různými látkami.

Každé elektromagnetické vlnění přenáší energii (např.: žárovka, anténa, rentgenka).

9.1.2 Vlastnosti infračerveného a ultrafialového záření

Světelné záření zabírá jen velmi malou část spektra elektromagnetického záření v rozsahu: 400 nm – 760 nm.

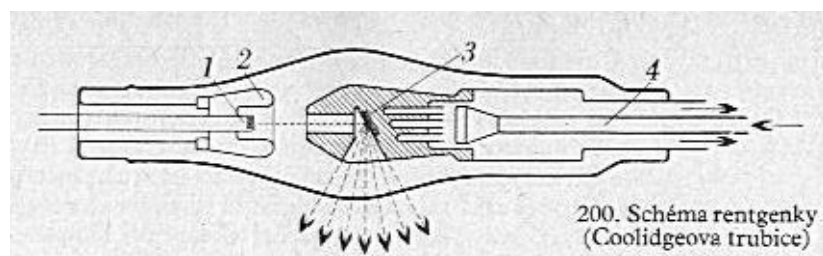
Infračervené záření má vlnovou délku 0,4 mm – 760 nm. Infračervené záření nevnímáme zrakem, při dopadu na kůži nás hřeje (pocit tepla). Má velkou vlnovou délku a fotony mají malou energii. Příklad: termovize

Ultrafialové záření má vlnovou délku 400 nm – 4 nm. Fotony mají velkou energii, a proto vyvolává luminiscenci, ničí mikroorganismy, působí na zhnědnutí kůže, může vyvolat rakovinu kůže. Pohlcuje se ve skle či ve vzduchu. Nebezpečí ultrafialového záření roste s nadmořskou výškou.

9.1.3 Rentgenové, gama, kosmické záření

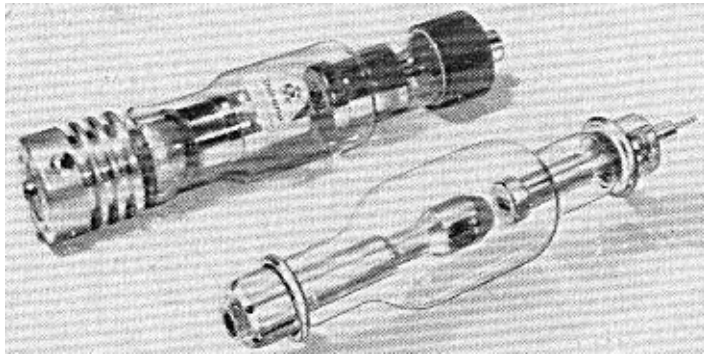
Rentgenové záření má vlnovou délku 10 nm – 0,01 nm a objevil jej Wilhelm Conrad Röntgen. Rentgenové záření vzniká při zabrzdění letících elektronů (využití u rentgenky).

Rentgenka



Je to dioda s vysokým vakuem s přímožhavenou katodou (1) z wolframového drátu. Mezi katodou a anodou je napětí 10 – 400 kV a odvádí všechny elektrony k anodě, takže je proud v rentgence nasycený.

Regulace proudu se provádí změnou žhavení. Katoda je obklopena Wehneltovým válcem (2), který je s ní vodivě spojen a slouží k soustředění svazku elektronů do jednoho místa anody. Rentgenové záření vzniká na anodě (3) v místě, kde na ni dopadají elektrony. Anoda je kovový, většinou wolframový váleček se šikmou čelní plochou, aby rentgenové záření vycházelo přímo z baňky ven a nezasahovalo katodu. Rentgenovým zářením se vyzáří méně než 1% celkové energie elektronů a zbytek je teplo. Rentgenku musíme chladit (4).



Rentgenové záření ionizuje vzduch, při dopadu na vhodnou látku vyvolává fluorescenci a působí na fotografickou emulzi. Prochází všemi látkami, ale je v nich též částečně pohlcováno. Nejvíce ho pohlcuje olovo (obecně závisí na protonovém čísle). Pohlcování závisí na tloušťce látky a na vlnové délce záření.

Využití: rentgeny (lékařství),

zjišťování vad – trhlin (defektoskopie), vzduchových bublin.

Lékařský rentgen

Kosti obsahují vápník s vyšší atomovou hmotností. Svaly a vnitřnosti mají prvky s menší poměrnou atomovou hmotností. Kosti proto pohltní více záření než svaly a na fluorescenčním stínítku se objeví stínový obrázek kostí.

Máme dva druhy záření:

Tvrdé záření – má kratší vlnovou délku, prozáří tlustší předměty a lidské tělo nevystavuje velkému záření - využití při rentgenování lidského organismu

Měkké záření – má větší vlnovou délku, používá se při rentgenové terapii (ozařování). Cílem je, aby lidské tělo pohltilo co nejvíce záření.

Gama záření

Při zachycení neutronů nebo protonů jádra se přebytek energie nově vzniklého jádra vyzáří v podobě paprsků gama. Př.: jaderný reaktor

Kosmické záření

Kosmické záření je proud nabitých částic s velkou energií, které přicházejí z vesmíru. Prvotní částice jsou pohlcovány v horních vrstvách atmosféry, přitom vnikají do ní sekundární částice a ty dělíme na dvě složky: tvrdé a měkké.

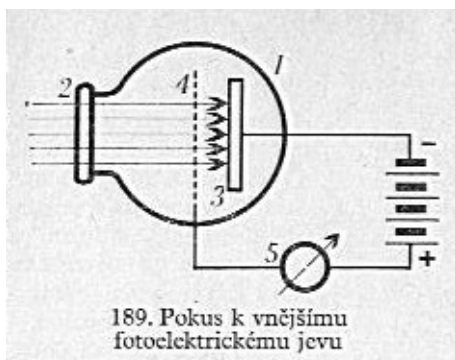
Tvrdá složka má velkou pronikavost a projde celou vrstvou a je hlavní součástí kosmických paprsků.

Kvantová optika

9.2.1 Vnější fotoelektrický jev

Spočívá v tom, že světelné záření, které dopadá na povrch kovu uvolňuje z kovu elektrony (náboj záporně nabitého tělesa se po ozáření slunečním světlem zmenšuje, u kladného ne).

Mluvíme o tzv. fotoelektrické emisi (fotoemisi)



189. Pokus k vnějšímu fotoelektrickému jevu

Vlastnosti fotoelektrického jevu se zjišťují pokusem na obrázku. Ve vyčerpané baňce (1) s okénkem pro světlo (2), kterým vniká světlo, je umístěna deska z kovu (3), jehož fotoelektrickou emisi chceme zkoumat. Deska je připojena k zápornému pólu baterie, a je tedy katodou. Proti ní je umístěna drátěná mřížka (4), připojená ke kladnému pólu baterie, která je anodou. V obvodu mezi anodou a katodou je kromě baterie zapojen citlivý

mikroampérmetr (5). Záření při dopadu na desku uvolňuje elektrony, které přitahuje anoda a obvodem protéká el. proud.

Bylo zjištěno:

- 1) Fotoemise nastává jen tehdy, je-li vlnová délka dopadajícího záření menší než mezní vlnová délka (záleží na materiálu).
- 2) Při ozáření dané katody určitým světelným zdrojem je fotoelektrický proud přímo úměrný intenzitě dopadajícího záření.
- 3) Rychlost elektronů závisí jen na materiálu katody a na vlnové délce záření.

K uvolnění elektronu z kovu je třeba vykonat práci (výstupní práce), ta se koná na účet energie záření. Přebytek energie záření se mění na kinetickou energii elektronu, takže dopadající záření dodá elektronu energii: $W = W_1 + \frac{1}{2} \cdot m_e \cdot v^2$, W_1 - výstupní práce daného

kovu, v - je rychlost elektronu.

Podle vlnové teorie by energie W měla být určena jedinečně intenzitou záření a to je v rozporu s výsledky experimentů.

9.2.2 Fotony

Výklad fotoelektrického jevu provedl Albert Einstein v roce 1905. Zjistil, že zdroje záření nevyzařují energii spojitě, ale po částech (kvantech). Kvanta zářivé energie se chovají jako částice záření a šíří se rychlostí světla c a nazývají se fotony. Pro energii jednoho fotonu

záření, o kmitočtu ν : $W = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$, h - Planckova konstanta.

Energie fotonů závisí na kmitočtu. Fotony nemohou existovat ani v klidu, ani při rychlosti větší než je c . Při dopadu na těleso se buď odrazí nebo pohltí (pak předávají svou energii a zaniknou).

Je-li při dopadu $h\nu \geq W$ může dojít k uvolnění elektronu.

Pro ohraničení fotoemise, mezní vlnová délka, kdy jev bude probíhat: $\lambda_m = \frac{hc}{W}$

Experimentálně zjištěné hodnoty přesně odpovídají těmto rovnicím.

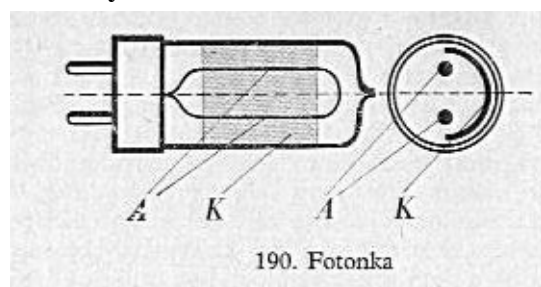
Mají-li dopadající fotony větší energii, než která je nutná k emisi elektronů, přemění se zbytek energie na kinetickou energii elektronů. Energie fotonu se zčásti přemění na výstupní práci a zčásti na kinetickou energii elektronu podle **Einsteinovy rovnice**: $h\nu = W + \frac{1}{2} m \cdot v^2$.

Důsledky rovnice:

Rychlost elektronu závisí na kmitočtu záření a na výstupní práci látky katody, nezávisí na intenzitě záření.

Na vnější fotoelektrickém jevu jsou založeny fotonky.

Fotonky



Složení: baňka, fotoelektrická katoda, anoda (síťka), drátů.

Na sklo se nanáší tenká vrstva dobře vodivého podkladu Ag, a na ni je nanesen emitující kov. Aby fotonka pracovala při viditelném záření, musí se užít kovu, jehož mezní vlnová délka je dosti velká. Vyhovují alkalické kovy (Li, Na, K, Rb,

Cs). Z nich je nejlepší cesium.

Vakuová fotonka

U vakuové fotonky je baňka vyčerpána a proud je tvořen výhradně emitovanými elektrony. Již při malém napětí mezi katodou a anodou je proud nasycený a při dalším zvyšování napětí se nemění.

Plynová fotonka

Fotonky se často plní netečnými plyny (He, Ne, Ar). V plynové fotonce narážení urychlené elektrony na atomy plynu, které ionizují. Ionizací vznikají další elektrony a proud fotonky se zvětšuje. Ionizační napětí netečných plynů jsou asi 20 V. Při tomto napětí se projeví zvětšení proudu.

9.2.3 Vnitřní fotoelektrický jev

Vnitřní fotoelektrický jev

Spočívá v tom, že fotony dopadajícího záření uvolňují nosiče elektřiny (elektrony a díry) v polovodičích, a to uvnitř jejich krystalické struktury. Tím se zvětšuje v polovodiči počet nosičů náboje a roste jeho elektrická vodivost (klesá elektrický odpor). Počet uvolněných nosičů a tím i změna vodivosti jsou přibližně úměrné intenzitě dopadajícího záření.

Hradlové fotoelektrické články využívají kromě vnitřního fotoelektrického jevu ještě usměrňujícího účinku rozhraní kov – polovodič.