

Elektromagnetické spektrum

Nejdelší radiové vlny nacházejí uplatnění jen zřídka, protože jejich produkce je velmi obtížná (obvykle je velikost vysílací antény srovnatelná s velikostí vlny, takže je zřejmé, že u vln s délkou 1000 km nastává problém). Zajímavou aplikací je komunikace s ponorkami, neboť voda je pro běžnou komunikaci neprostupná. V hloubkách okolo 20 metrů lze použít frekvence okolo 10 kHz (na obrázku je anténa pro jejich



Ačkoliv většina z vás asi poslouchá spíše FM rádio, které pracuje na vyšších frekvencích, oblast mezi 30 kHz a 30 MHz se stále používá pro vysílání nejrůznějšího druhu. Kromě rádií zde najdeme pozemní navigační systémy, a také distribuci přesného času (v Evropě se hojně používá z Německa vysílaný signál DCF na 77 kHz), k vysílání v oblasti stovek kHz se používají typické soustavy stožárů, mezi nimiž jsou natažené vysílací dráty.



přijem na ponorce), do velkých hloubek ale už pronikají jen extrémní vlny s frekvencí pod 100 Hz, které z jedné vysílací stanice procházejí volně celou Zemí. V obou případech je ale komunikace jednosměrná, na ponorku se takový vysílač samozřejmě nevejde.



V pásmu desítek a stovek MHz konečně nacházíme ty nejběžnější aplikace radiových vln, tedy FM rádio a televizní vysílání. V tomto rozsahu naladíte i mnohé ruční vysílačky a amatérské radiostanice, stejně jako starší mobilní sítě NMT a mobilní internetové připojení CDMA (450 MHz). Rostoucí nároky na přenosovou rychlost však způsobují, že se řada aplikací postupně přesouvá do oblastí vyšších frekvencí.

Co má společného mikrovlnná trouba s mobilním telefonem a bezdrátovým internetem? Elektromagnetické záření o frekvencích jednotek GHz.



Mikrovlnné trouby, většina běžných wi-fi zařízení, ale třeba i dálkové ovládání hraček pracují ve stejném pásmu okolo 2,4 GHz, kde není pro provoz



ve většině zemí vyžadována licence, ale je třeba počítat se zdroji rušení. Mobilní telefony a satelitní navigace GPS používají frekvence pod 2 GHz, naopak frekvence vyšší lákají provozovatele spojů s velkou přenosovou rychlostí.

Tzv. submilimetrové záření o frekvencích nad 300 GHz bylo dlouho k vidění jen ve výzkumných laboratořích fyziky pevných látek a v astronomii. Pokroky ve vývoji jeho zdrojů, které byly učiněny v posledních letech z něj však dělají nadějný nový zobrazovací nástroj. Díky své schopnosti proniknout řadou materiálů nachází submilimetrové vlny aplikace v medicíně (neinvasivní diagnostika), bezpečnosti a kontrole výrobních procesů. Jde však zatím o velmi mladou technologii, protože přenosné zdroje jsou známy jen několik let.

rádiové vlny

mikrovlny

100 Hz	1 kHz	10 kHz	100 kHz	1 MHz	10 MHz	100 MHz	1 GHz	10 GHz	100 GHz	1 T
1 peV	10 peV	100 peV	1 neV	10 neV	100 neV	1 µeV	10 µeV	100 µeV	1 meV	
1 nK	10 nK	100 nK	1 µK	10 µK	100 µK	1 mK	10 mK	100 mK	1 K	10 K
1000 km	100 km	10 km	1 km	100 m	10 m	1 m	1 dm	1 cm	1 mm	

Česká republika:
500x250 km



Mount Everest:
8,8 km nad mořem



Airbus 380 (dopravní letadlo): 73x80 m

Burj Chalífa (mrakodrap): výška 828 m



Jan Ebr (člověk): výška 1,8 m



Astropis (časopis):
3x2 dm

15mm okulár:
průměr 3cm



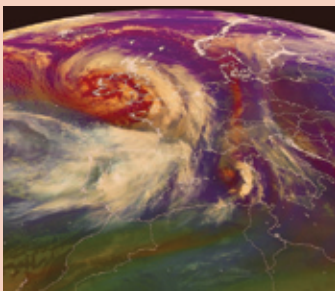
komár: přibližně
10x1 mm

Propustnost zemské atmosféry pro různé druhy záření

Čím níže je hnědá oblast, tím lépe atmosféra propouští daný druh záření. Atmosféra je neprůhledná pro vlny delší než 100 metrů a také (naštěstí pro živé organizmy) pro téměř všechno ultrafialové, rentgenové a gama záření. V ostatních oborech existují rozsáhlá „okna“, která umožňují rozličné druhy pozemních pozorování. K detekci záření mimo tato okna jsou většinou potřeba družicové nebo balonové experimenty.



O infračerveném záření se někdy mluví jako o „tepleném“ vyzařování, což je poněkud zavádějící, protože zahřáté těleso může v závislosti na svojí teplotě vyzařovat záření jakéhokoliv druhu. Právě v infračerveném oboru ale leží maximum vyzařování objektů při pokojové teplotě, a tak je právě tento obor vhodný pro zobrazení teplotního vyzařování věcí okolo nás. Infračervenou komunikaci využívají dálková ovládání pro televizi a podobné přístroje, infračerveným světlem si můžete v noci nenápadně přisvítil, a pak osvětlené okolí pozorovat pomocí přístroje pro noční vidění, v infračerveném oboru také zobrazují oblačnost meteorologické družice.



Ač jsou radiové vlny, viditelné světlo a gama záření ve svých projevech zcela odlišné, jde stále o různé aspekty téhož jevu, elektromagnetického vlnění. Na této dvoustraně se vám pokoušíme přehledně přiblížit nejen jeho vlastnosti, ale také použití v každodenním životě. Jeden druh elektromagnetického záření plynule přechází v jiný a přitom se jeho frekvence (potažmo vlnová délka) mění v rozsahu mnoha řádů. Proto jsou v centrální „ose“ tyto charakteristiky uvedeny v logaritmické stupnici, zvýšení nebo snížení vlnové délky nebo frekvence 10× odpovídá vždy stejné vzdálenosti. V prvním řádku tedy najdete **frekvenci záření** v Hertzech a jejich násobcích (museli jsme využít i méně známé předpony Peta = 10^{15} , Exa = 10^{18} a Zetta = 10^{21}), která udává, kolik vln zaznamená stojící pozorovatel za vteřinu. V druhém řádku hledejte **energii jednoho fotonu** dané frekvence v elektronvoltech (viz rámeček na straně 44), ve třetím **teplotu tělesa**, jehož teplené záření má v daném oboru maximum, v Kelvinech (teplotu ve °C získáte odečtením konstanty 273,15) a ve čtvrtém příslušnou **vlnovou délku záření** (předpony pico = 10^{-12} , femto = 10^{-15}). Barevnými proužky je vyznačeno spektrum viditelného záření – všimněte si, jak malou část celého elektromagnetického spektra tvoří!



Ultrafialové (UV) záření nás dovede nejen opálit, ale umí nám i dobře posloužit v každodenním životě. Například v zářivkách vzniká nejprve právě UV záření, které je až fluorescencí materiálu na povrchu trubice převedeno na viditelné světlo. UV záření lze dále využít k dezinfekci povrchů, k detekci krve v kriminalistice, k zobrazení „neviditelných“ bezpečnostních prvků (nejen na bankovkách), ale také například při výrobě integrovaných obvodů pomocí litografie.

Rentgenové snímkování (a možná i CT sken jako na obrázku dole) zažila asi většina z vás, schopnost rentgenových paprsků pronikat tkáněmi tedy nemusíme představovat. Díky jejich krátké vlnové délce však také nacházejí řadu aplikací ve výzkumu a průmyslu. Umožňují zkoumat strukturu krystalů a odhalovat drobné defekty a kontrolovat kvalitu svárů. S pomocí rentgenového záření byla například objevena dnes dobře známá dvoušroubovicová struktura DNA. Další aplikací, s níž se dnes setkáváme čím dál častěji, je bezpečnostní kontrola zavazadel a zásilek obecně.



Obor gama záření (podobně jako radiové vlny na druhém konci spektra) není směrem „ven“ nijak ohraničen, ve schématu jsme proto za přirozenou hranici zvolili energii v řádu 10 MeV, kterých dosahují nejen nejenergetičtější gama fotony vznikající přirozeně na Zemi při rozpadu nestabilních jader (fotony s vyšší energií pocházejí z vesmíru nebo z umělých zdrojů jako jsou urychlovače). V lékařství lze gama záření využít při léčbě rakoviny ozařováním nebo v soustředěné formě v podobě tzv. gama nože. Gama záření také nese část energie získané v jaderných reaktorech a hojně vzniká při výbuchu atomové bomby.

infračervené

viditelné

ultrafialové

rentgenové

gama

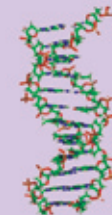
Hz	10 THz	100 THz	1 PHz	10 PHz	100 PHz	1 EHz	10 EHz	100 EHz	1 ZHz	10 ZHz
10 meV	100 meV	1 eV	10 eV	100 eV	1 keV	10 keV	100 keV	1 MeV	10 MeV	
100 K	1 000 K	10 000 K	100 000 K	1 MK	10 MK	100 MK	1 GK	10 GK	100 GK	
100 μm	10 μm	1 μm	100 nm	10 nm	1 nm	100 pm	10 pm	1 pm	100 fm	

lidská červená krvinka:
6–8 μm



stafylokok (bakterie):
asi 600 nm

virus chřipky:
80 nm



DNA: tloušťka
2,2–2,6 nm

jednotlivé atomy:
30–200 pm podle prvku



Srovnání vlnových délek záření a velikostí (více či méně) známých objektů

S pomocí daného druhu záření můžeme „vidět“ jen předměty, které jsou větší než několiknásobek jeho vlnové délky. Jednotlivé atomy, ba ani viry a menší bakterie tak není například vůbec možné zobrazit pomocí viditelného světla.

lidský vlas: průměr až
170 μm

