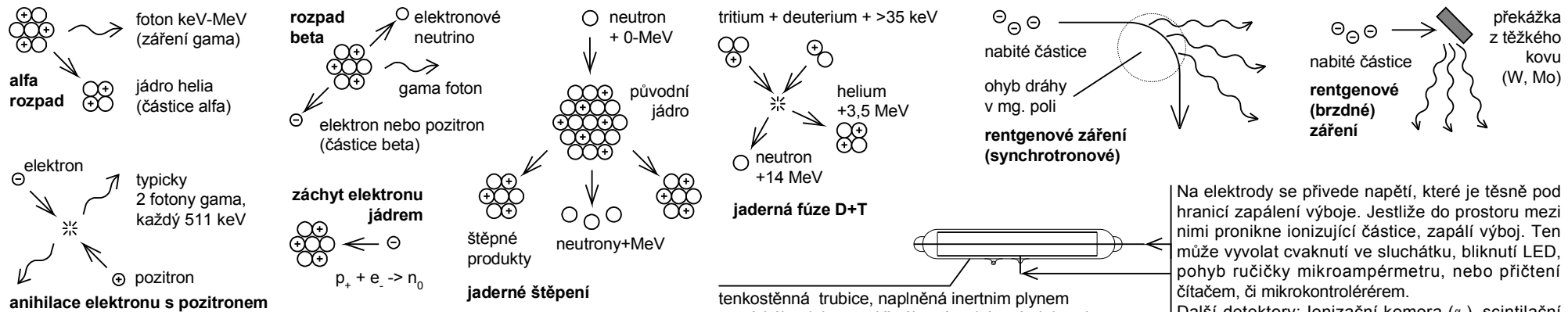


f [Hz]	λ [m]	E [eV]	T[K]	zkr. čes.	zkr. ang.	český název	anglický název
>2,42 EHz	<124 pm	>10 keV	>24 MK	γ	γ	Záření gama	Gamma ray
>30 YHz	<124 am	>10 GeV	>23 TK			tvrdé gama (astronomicky)	hard gamma
1,5Z-30 YHz	2,42pm-124am	500keV-10GeV	1,2GK-23 TK			měkké gama (astronomicky)	soft gamma
285; 322 EHz	1,05; 0,93 pm	1,17; 1,33 MeV				rozpad kobaltu 60	cobalt-60 decay
181 EHz	1,65 pm	660 keV				rozpad cesia 137	cesium-137 decay
127 EHz	2,37 pm	511 keV				anihilace elektronu a pozitronu, např. pozitronová emisní tomografie (PET)	

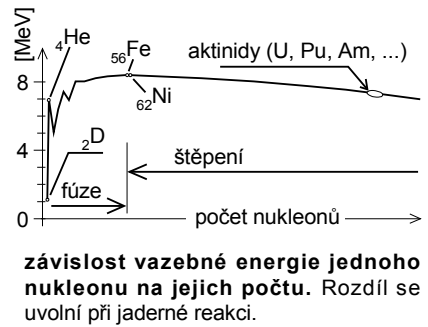
Velmi pronikavé záření, které je schopno vyvolat vysokou ionizaci látky, přibližně od MeV i jaderné procesy. Zdravotně škodlivé v celém objemu těla. Od rentgenového se liší původem, mělo by vznikat při jaderných procesech. Astrofyzikům původ často není znám. Proto mezi gama řadí záření od 500 keV výše.

>30 PHz	<10 nm	>120 eV	>290 kK	rtg.	X	Rentgenové záření	X-ray
0,037-3 ZHz	15,5-1,24 pm	80keV-1MeV	0,19-2,4 GK		HEX	vysokoenergetické rtg. záření	high energy X-ray
30-1500 EHz	124-2,42 pm	10-500 keV	0,06-1,2 GK			tvrdé rtg. záření (astronomicky)	hard X-rays
3-30 EHz	100-10 pm	12-120 keV	29-290 MK			tvrdé rentgenové záření	hard X-rays
30PHz-3EHz	10-0,1 nm	0,12-12 keV	0,29-29 MK			měkké rentgenové záření	soft X-rays
322 EHz	0,93 pm	1,5 MeV	3,7 GK			plazmové vlákno v zařízení Z-mahine (vrchol tepelného záření)	
1,2-125 EHz	248-2,4 pm	5-500 keV				průmyslové rentgeny	industrial roentgens
4,8-48 EHz	62-6,2 pm	20-200 keV				lékařské rentgeny	medical roentgens
4,1-12,5 EHz	73-24 pm	15-50 keV				CRT obrazovky v monitorech a TV (neproniká ven)	

Záření je schopno vyvolat vysokou ionizaci látky, při vyšších energiích velmi pronikavé a přibližně od MeV vyvolává i jaderné procesy. Škodlivé v celém objemu těla. Od gama se liší původem, mělo by vznikat při nejaderných procesech, typicky jako brzdné, či synchrotronové záření, nebo za extrémních teplot.



elektron	typicky 2 fotony gama, každý 511 keV
pozitron	
<b>anihilace elektronu s pozitronem</b>	
$^1_1\text{H}$	vodík
$^2_1\text{H}$ , $^3_1\text{H}$	deuterium (těžký vodík)
$^3_2\text{He}$ , $^4_2\text{He}$	tritium (H se dvěma $n_0$ ) helium
$^{56}_{26}\text{Fe}$	železo (45-72, stab. 56)
$^{58}_{28}\text{Ni}$	nikl (48-78, většina 58)
$^{232}_{90}\text{Th}$	thorium
$^{238}_{92}\text{U}$	uran (233, 235, 238)
$^{239}_{94}\text{Np}$	neptunium (235-239)
$^{238}_{94}\text{Pu}$	plutonium (238-244)
$^{241}_{95}\text{Am}$	americium (241, 243)



tenkostěnná trubice, naplněná inertním plynem za nízkého tlaku, uvnitř válcová a drátová elektroda  
**Geiger-Müllerova trubice:** detekce ionizujícího záření

**Jaderná energie** se běžně uvolňuje ve formě kinetické energie produktů reakce a fotonů gama. Nejvíce energie odnášejí lehké produkty, nejvíce hmotnosti těžké. Vzniklá jádra bývají často radioaktivní. Neutrony mohou způsobovat sekundární radiaci záchytem v jádře. Proto je velmi omezený výběr materiálů, které smějí do reaktorů. Při největších energiích dochází i k produkci dalších částic ze zbývajících energie (kosmické záření, urychlovače). Opačným procesem je anihilace, kdy částice s antičásticí "zanikne" a přemění se na fotony a mezony o stejné úhrmné energii a hybnosti, jako měly původní částice. Liché, těžké izotopy jsou štěpitelné, sudé se jimi stanou záchytem neutronu a následnými rozpady beta, např.:  
 $^{238}\text{U} + n_0 \rightarrow ^{239}\text{U} \rightarrow ^{239}\text{Np} + e_-$ ,  $^{239}\text{Np} \rightarrow ^{239}\text{Pu} + e_-$ . Podobně lze z  $^{232}\text{Th}$  připravit  $^{233}\text{U}$ . (Výhodou  $^{232}\text{Th}$  je, že snadno dostupné zásoby vystačí na desetitisíce let.) K tomuto účelu jsou optimalizovány tzv. množivé reaktory. Při dlouhém setrvání v reaktoru z nových izotopů vznikají zase další, proto se také Pu z běžně vyhořelého paliva již nehodí pro vojenské účely.

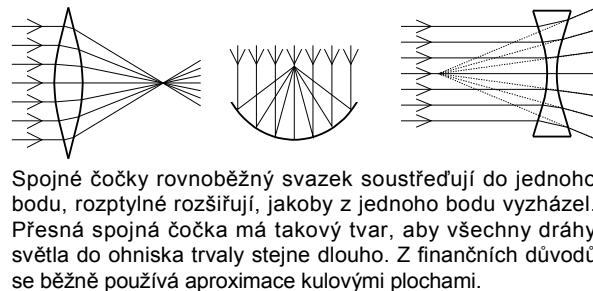
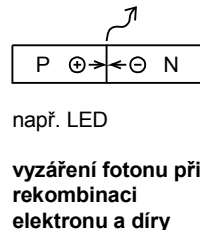
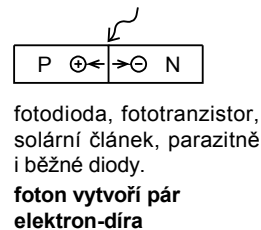
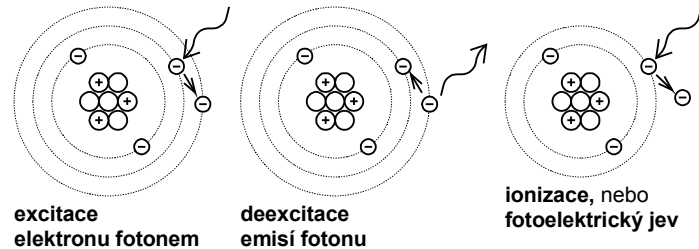
f [Hz]	$\lambda$ [m]	E [eV]	T [K]	zkratka	český název	anglický název
<b>30-0,75 PHz</b>	<b>10-400 nm</b>	<b>124-3,94 eV</b>	<b>290-7,2 kK</b>	<b>UV</b>	<b>Ultrafialové záření</b>	<b>Ultraviolet radiation</b>
3-1,07 PHz	100-280 nm	4,13-12,3 eV	15 kK	UVC	krátkovlnné UV, germicidní	short wave UV, germicidal
1,07-0,952 PHz	280-315 nm	3,94-4,13 eV	9,75 kK	UVB	středovlnné UV	medium wave UV
0,952-0,75 PHz	315-400 nm	3,1-3,94 eV	8 kK	UVA	délhovlnné UV, „černé světlo“	long wave UV, „black light“
30-2,5 PHz	10-120 nm	124-10 eV	290-24 kK	EUV	extrémní UV	extreme ultraviolet
2,5-1 PHz	120-300 nm	4-10 eV	24-9,66 kK	DUV	hluboké UV	deep ultraviolet
2,45-1,5 PHz	122-200 nm	6,2-10,2 eV	18 kK	FUV	vzdálené UV	far ultraviolet
1,5-1 PHz	200-300 nm	4,13-6,2 eV	11 kK	MUV	střední UV	medium ultraviolet
1-0,75 PHz	300-400 nm	3,1-4,13 eV	8 kK	NUV	blízké UV	near ultraviolet
3-1,5 PHz	100-200 nm	6,2-12,4 eV	20 kK	VUV	vakuové UV	vacuum ultraviolet
3,4-3 PHz	88-100 nm	12,4-14,1 eV	30 kK	LUV		low ultraviolet
30-2 PHz	10-150 nm	8,28-124 eV	290-19,3 kK	SUV		super ultraviolet
1,02 PHz	294 nm	4,22 eV			emisní vrchol rtuti	mercury emission peak
0,89 PHz	337 nm	3,68 eV			dusíkový laser	nitrogen laser

Ultrafialové záření neproniká většinou látek a je velmi chemicky aktivní, běžně vyvolává luminiscenci a při vyšších energiích i vícenásobně ionizuje.

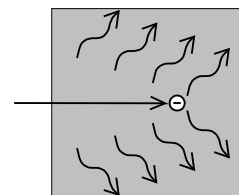
Použití ve rtuťových výbojkách a zářivkách, kde se luminiscenčně mění na viditelné světlo. Analytická chemie: detekce luminiscenčních látek, chromatografie.

Fotolitografická výroba plošných spojů (UVA-UVC) a integrovaných obvodů (UVB-EUV), vytváření lepidel a laků, bělení, dezinfekce (UVC), dřívě též mazání EPROM (UVA).

Vzniká ve výbojích a dalších extrémně žhavých plynech, cca do UVC jsou k dispozici i LED. Zdravotní účinky v kůži – vznik vitamínu D, opalování, rakovina.



**spojná čočka, parabolické zrcadlo a rozptylná čočka**

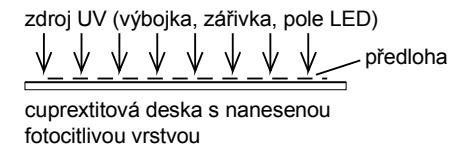
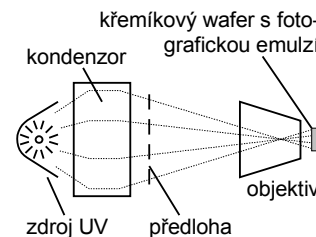
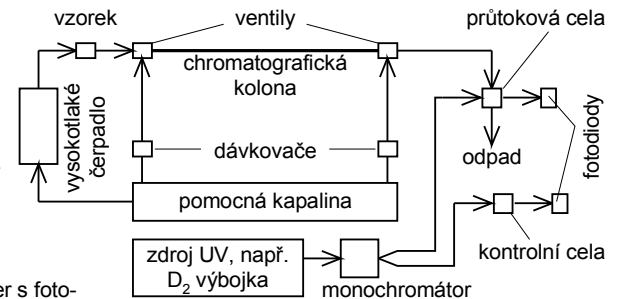


**čerenkovovo záření**

- Vzniká pokud materiálem prolétá nabitá částice rychlostí větší, než jakou by se v něm pohybovalo světlo.
- Záření tvoří kužel, podobný rázové vlně od nadzvukového letadla. Obvykle viditelné světlo, nebo UV.
- Typickým příkladem je světélkování vody, ve které je ponořené použité jaderné palivo. Praktické užití: Detekce neutronů (nepřímá).

**kapalinový chromatograf**

- Vysokotlaké čerpadlo vtlačí vzorek do gelu v kapiláře chromatografické kolony. Různé molekuly se dostanou různě daleko.
- Ventil střídavě pouští gel a pomocnou kapalinu do průtokové cely, kde kapalinami prochází UV záření 254 nm z monochromátoru. Záření se vede svazky speciálních optických vláken.
- Zaznamená se průběh poměru mezi proudem fotodiody v průtokové a kontrolní celi.

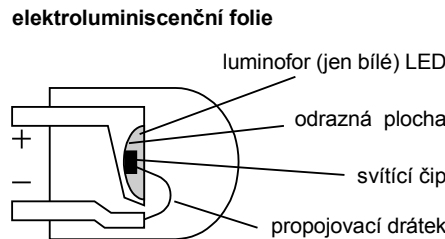
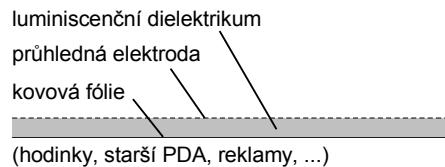


**Fotolitografie** je leptání podle fotograficky vytvořené masky. Přibližný postup:

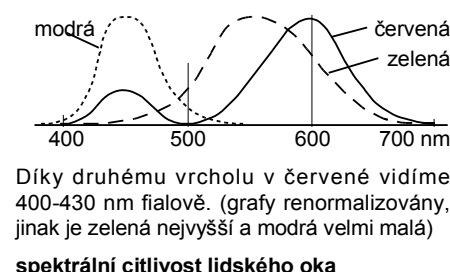
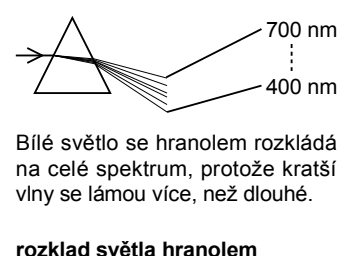
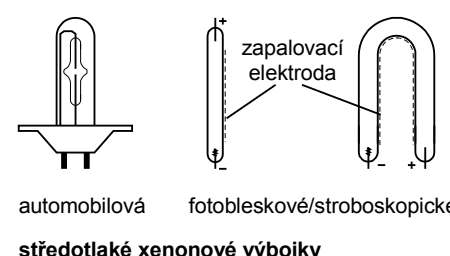
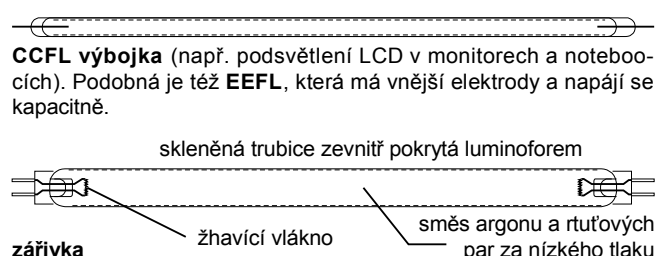
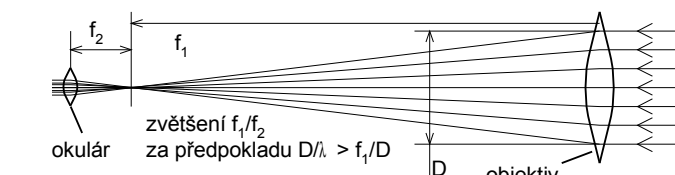
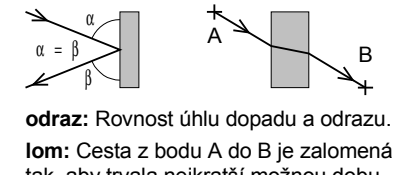
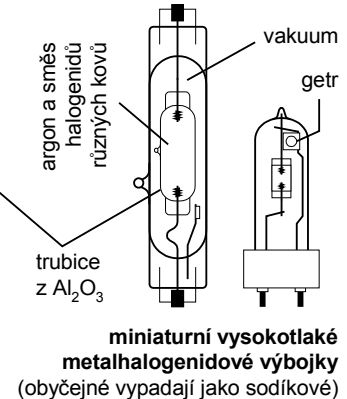
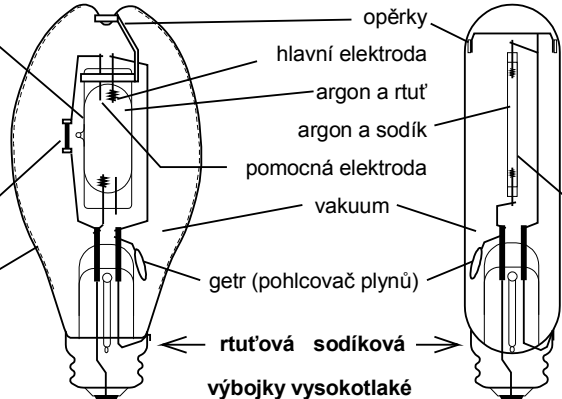
1. Nanosení a vytvrzení fotografické vrstvy
2. Fotografický přenos obrazu: Buď kontaktně (předloha leží na obrobku), nebo přes objektiv, který umožňuje několikanásobné zmenšení pro zlepšení přesnosti.
3. Vyvolání: Chemický proces, kdy se osvětlené (nebo naopak neosvětlené - dle typu fotovrstvy) části rozpustí.
4. Chemické odleptání částí obrobku, které již nejsou kryty fotografickou emulzí.

f [Hz]	$\lambda$ [m]	E [eV]	T[K]	zkratka	český název	anglický název
<b>789-400 THz</b>	<b>380-750 nm</b>	<b>3,94-1,65 eV</b>	<b>7,6-3,9 kK</b>		<b>Viditelné světlo</b>	<b>Visible light</b>
789-668 THz	380-450 nm	3,26-2,76 eV	7200 K	V	fialové	violet
668-631 THz	450-475 nm	2,76-2,60 eV	6260 K	B	modré (základní barva emisního míchání)	blue (RGB base color)
630-606 THz	476-495 nm	2,6-2,50 eV	5970 K	C	tyrkysové (základní barva absorbčního míchání)	cyan (CMYK base color)
606-526 THz	495-570 nm	2,5-2,176 eV	5221 K	G	zelené (základní barva emisního míchání)	green (RGB base color)
526-508 THz	570-590 nm	2,176-2,10 eV	5000 K	Y	žluté (základní barva absorbčního míchání)	yellow (CMYK base color)
508-484 THz	590-620 nm	2,1-2,00 eV	4800 K	O	oranžové	orange
484-400 THz	620-750 nm	2-1,65 eV	4260 K	R	červené (základní barva emisního míchání)	red (RGB base color)
659,3 THz	455 nm	2,727 eV			královská modř	royal blue
540 THz	555 nm	2,233 eV			čistá zelená	pure green
509 THz	589,6; 589 nm	2,105; 2,107 eV		D1, D2	žluté emisní čáry sodíku	sodium emission lines
474,08 THz	632,8 nm	1,961 eV			helium-neonový (He-Ne) laser	He-Ne laser
457,1 THz	656,28 nm	1,891 eV		H- $\alpha$	H-alfa – červená emisní čára vodíku	H-alpha hydrogen emission line

Záření je viditelné lidským okem, proniká průsvitnými látkami, ve fotocitlivých vyvolává chemické změny, případně fotoelektrický jev a někdy i luminiscenci. Vzniká chemicky, elektricky, luminiscenčně (obecně tedy přechodem elektronů v atomu na nižší energetickou hladinu), nebo září z velmi žhavých předmětů a plynů.



**monochromatické LED** (jednobarevné) - Čip přímo svítí na požadované vlnové délce, která je dána prahovým napětím přechodu. Minimální potřebné napětí tedy závisí na barvě.  
**bílé LED** - Čip svítí modře a zbývající složky doplní lumínor excitovaný tímto světlem. Fotony vznikají i v běžných (nesvítivých) diodách. Ty se ale nedostanou ven. Navíc se jedná o IR kolem 0,6 eV.

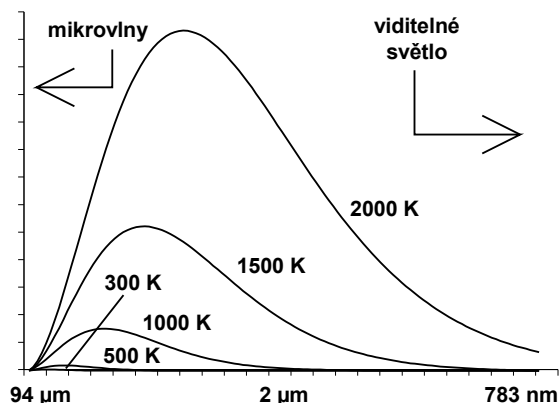


f [Hz]	$\lambda$ [m]	E [eV]	T[K]	zkratka (angl.)	český název	anglický název
0,3-428 THz	700nm-1mm	1,77eV-1,24meV	4,13k-2,9 K	IR	Infračervené záření	Infrared radiation
400-214 THz	0,75-1,4 $\mu$ m	1,65-0,88 eV	3,9-2 kK	NIR, IR-A (DIN)	blízké infra	near infrared
214-100 THz	1,4-3 $\mu$ m	0,88-0,41 eV	2-0,96 kK	SWIR, IR-B (DIN)	krátkovlnné infra	short wave infrared
100-37,5 THz	3-8 $\mu$ m	410-155 meV	960-360 K	MWIR, IIR	středovlnné infra, prostřední IR	mid wave infrared, intermediate IR
37,5-20 THz	8-15 $\mu$ m	155-82 meV	360-190 K	LWIR, IR-C (DIN)	dlouhovlnné infra	long wave infrared
20-0,3 THz	15-1000 $\mu$ m	82-1,24 meV	190-2,9 K	FIR	vzdálené infra	far infrared

Jiné způsoby dělení: Např. norma CIE má jiné A/B/C než DIN a ISO 2043 má jiné NIR/MIR/FIR. Terahertzové vlny 0,3-3 THz řadíme zároveň mezi IR i rádiové.

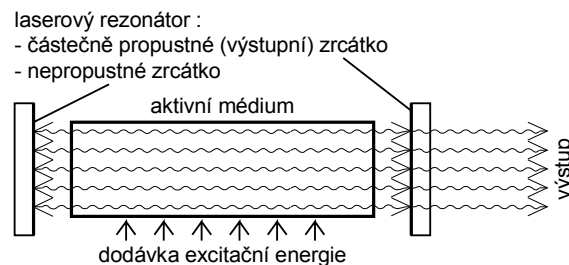
352; 315 THz	850; 940 nm	1,46; 1,32 eV		IR LED, MM	běžné IR LED (850; 940) a multimodová vlákna (850 nm)	
282 THz	1064 nm	1,165 eV			pevnolátkový Nd:YAG laser	solid state Nd:YAG laser
229; 193 THz	1,31; 1,55 $\mu$ m	0,91; 0,8 eV		SM	komunikace jednovláknovými vlákny	single mode fiber-optic communicat.
185 THz	1,62 $\mu$ m	0,75 eV	2273 K		maximum vyzařování absolutně černého tělesa o telotě 2000 °C	
103 THz	2,9 $\mu$ m	0,42 eV	1273 K		maximum vyzařování absolutně černého tělesa o telotě 1000 °C	
38,7 THz	7,76 $\mu$ m	0,16 eV	373 K		maximum vyzařování absolutně černého tělesa o telotě 100 °C	
32 THz	9,38 $\mu$ m	0,132 eV	309 K		maximum vyzařování absolutně černého tělesa o telotě 36 °C	
30,9 THz	9,72 $\mu$ m	0,127 eV	298 K		maximum vyzařování absolutně černého tělesa o telotě 25 °C	
28,3 THz	10,6 $\mu$ m	0,116 eV	273 K		maximum vyzařování absolutně černého tělesa o telotě 0 °C	
28,04 THz	10,7 $\mu$ m	115,9 meV			CO2 laser – rotačně-vibrační hladina molekuly oxidu uhličitého	
25,6 THz	11,7 $\mu$ m	106 meV	248 K		maximum vyzařování absolutně černého tělesa o telotě -25 °C	
20,3 THz	14,8 $\mu$ m	83 meV	196 K		maximum vyzařování abs. černého tělesa o telotě suchého ledu (-79 °C)	
8,7 THz	34,4 $\mu$ m	33 meV	77,35 K		maximum vyzařování abs. černého tělesa o telotě kapalného dusíku (-196 °C)	
437 GHz	686 $\mu$ m	1,8 meV	4,22 K		maximum vyzařování abs. černého tělesa o telotě kapalného helia (-269 °C)	

Blízké infra má podobné vlastnosti i původ, jako viditelné světlo. Je ale méně chemicky aktivní a vyvolává fotoefekt u méně materiálů. Dálkové ovladače a další IR komunikace. Krátkovlnné infra proniká méně materiály, je chemicky téměř neaktivní a fotoefekt vyvolává jen u některých látek. Vyzařováno žhavými předměty. IR od středního dále již není chemicky aktivní, projevuje se jen tepelně, září z horkých předmětů. Proniká jen krystaly s iontovou vazbou (NaCl, ZnSe, GaAs). Vzdálené IR se od radiových vln liší jen původem, který je tepelný (i velmi studené předměty), případně z přechodů rotačně-vibračních stavů molekul.



**Závislosti intenzity tepelného záření na frekvenci** (vlnové délce). Plochy pod křivkami představují celkový výkon a rostou se čtvrtou mocninou teploty [K].

**barevná teplota:** Světlo s danou barevnou teplotou má mít takové spektrum, jako by jej vyzařovalo absolutně černé těleso o dané teplotě. Je-li tedy např. v katalogovém listu od bílé LED napsáno „color temperature 5500 K“, znamená to, že její světlo by mohlo být velmi podobné slunečnímu, neboť slunce má na povrchu kolem 5700 K.



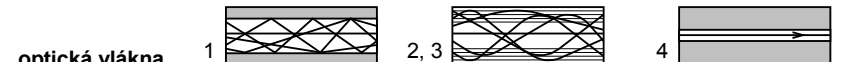
**stimulovaná emise**, tedy zesílení záření při průchodu aktivním médiem:

1. Excitace média vnějším zdrojem energie.
2. Deexcitaci vyvolá záchyt fotonu se stejnou energií, dříve než k emisi dojde spontánně.
3. Vyzáří se dva fotony o shodné energii, fázi a směru, jako foton zachycený.

#### princip laseru

- Záření se odráží mezi zrcátky a prochází aktivním médiem, které jej zesiluje. Část výkonu odchází výstupním zrcátkem. U většiny laserů je paprsek koherentní, má tedy v celém průřezu stejnou fázi. Velké lasery bývají multimodové, paprsek obsahuje několik nezávislých zón.

- Aktivní médium se excituje výbojem (plynové lasery), chemickou reakcí (kapalinové a někdy i plynové), zářením s vyšší energií (pevnolátkové, např. Nd:YAG), nebo průchodem el. proudem (polovodičové). Některá média zesilují tolik, že nevyžadují rezonátor, jen dostatečnou délku. Jiná naopak nejen vyžadují rezonátor, ale i aby jeho délka byla násobkem poloviny vlny.

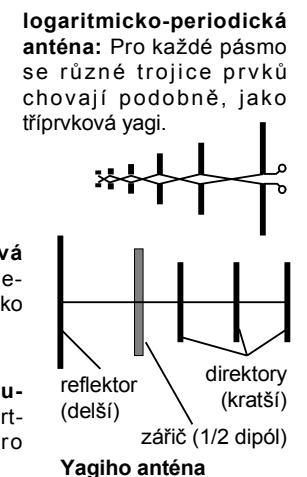
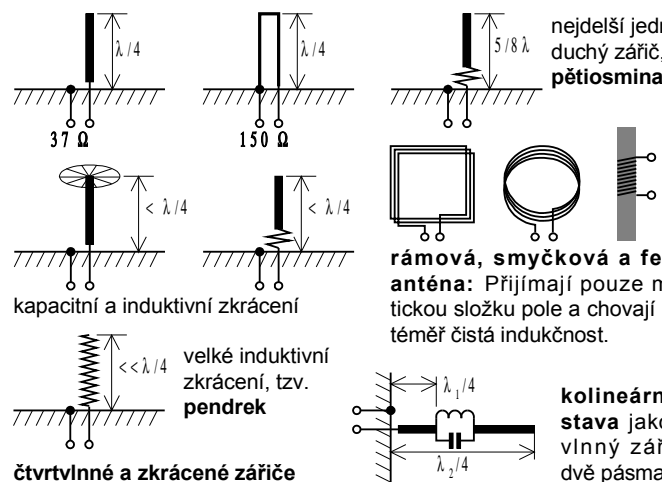
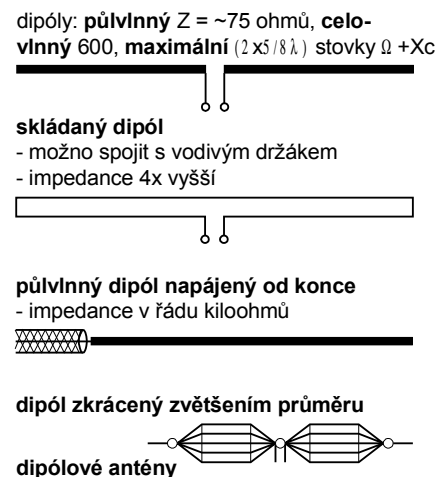
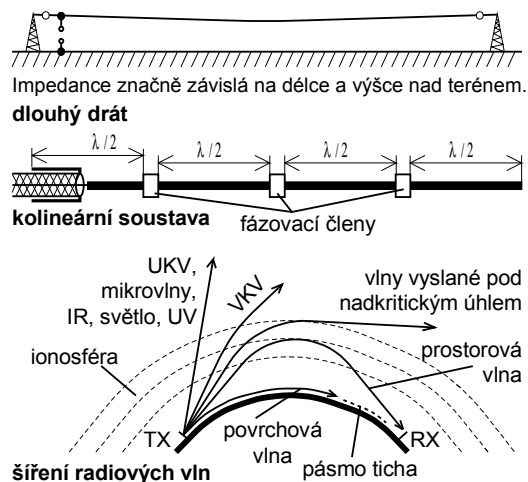


#### optická vlákna

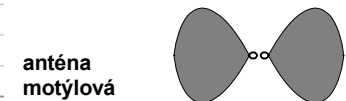
1. Vícevláknová (multimodová): Nejjednodušší typ optického vlákna. Průhledné vlákno pokryté vrstvou materiálu s vyšším indexem lomu. Světlo se na rozhraní odráží zpět dovnitř a tak je nuceno postupovat vláknem dále. Nejlevnější, může být i plastové. Užití na krátké vzdálenosti. Jádru má průměr 50, nebo 62,5  $\mu$ m.
2. Stupňovitá: Vrstev je více, takže se mimoosé paprsky postupně lámou zpět dovnitř.
3. Gradientní: Spojitá změna indexu lomu, takže se světlo plynule ohýbá dovnitř.
4. Jednovláknová (singlemodová): Vnitřní vlákno je natolik tenké, že tvoří vlnovod, ve kterém se mimoosé paprsky nemohou šířit. Užití na největší vzdálenosti (desítky km i více). Do značné míry nahradila stupňovitá a gradientní. Jádru má 9  $\mu$ m.

f [Hz]	$\lambda$ [m]	E [eV]	T[K]	zkr. čes.	zkr. ang.	český název	anglický název
<3 THz	>100 $\mu\text{m}$	<12,4 meV	<29 K			<b>Rádiové vlny</b>	<b>Radio waves</b>
0,3-3 THz	1-0,1 mm	12,4-1,24 meV	2,9-29 K			submilimetrové (terahertzové) vlny	submillimeter (terahertz) waves
30-300 GHz	10-1 mm	1,24-0,124 meV	0,29-2,9 K		EHF	milimetrové vlny	extra high freq., millimeter waves
3-30 GHz	100-10 mm	124-12,4 $\mu\text{eV}$	29-290 mK		SHF	centimetrové vlny	super high freq., centimeter waves
3GHz-3THz	100-0,1 mm	12,4m-12,4 $\mu\text{eV}$	29mK-29K			mikrovlny	microwaves
0,3-3 GHz	1-0,1 m	1,24-12,4 $\mu\text{eV}$	2,9-29 mK	UKV	UHF	ultrakrátké vlny, decimetrové vlny	ultra high freq., decimeter waves
30-300 MHz	10-1 m	1,24-0,124 $\mu\text{eV}$	0,29-2,9 mK	VKV	VHF	velmi krátké vlny, metrové vlny	very high frequency
3-30 MHz	100-10 m	124-12,4 neV	29-290 $\mu\text{K}$		HF		high frequency
1,6-30 MHz	180-10 m	20-372 neV	15,4-29 $\mu\text{K}$	KV	SW	krátké vlny	short waves
0,5-1,6 MHz	600-180 m	6,2-20 neV	4,8-15,4 $\mu\text{K}$	SV	MW	střední vlny	medium waves
150-500 kHz	2-0,6 km	1,86-6,2 neV	1,45-4,8 $\mu\text{K}$	DV	LW	dlouhé vlny	long waves
10(30)-150(300)kHz	>2(1) km	0,124-1,86 neV	97n-1,45 $\mu\text{K}$	VDV	VLF	velmi dlouhé vlny	very low frequencies
>10 kHz		V této oblasti nejsou vlny, ale obecně používané názvy a zkratky určitých rozsahů frekvencí.		VF	RF	vysokofrekvenční	radiofrequency
20 Hz-20 kHz			NF	AF	nízkofrekvenční	acoustic frequency	
70; 455; 465 kHz; 9; 10,7; 38; ... MHz			MF	IF	mezifrekvence (v přijímačích)	intermediate frequency	

Rádiové vlny dokážeme zaznamenávat a obvykle i vysílat radiotechnickými prostředky. Jejich fotony mají příliš malou energii, proto nejsou chemicky aktivní. Vznikají při každé změně napětí, nebo velikosti procházejícího proudu, ať chceme, nebo ne – vznik rušení – EMC problémy (elektromagnetická kompatibilita). Prochází většinou nevodivých materiálů, ve vodivých indukují střídavá napětí a proudy, v polovodičích mohou vznikat součty, rozdíly a násobky původních frekvencí. Mikrovlny a UKV se opticky chovají podobně jako světlo, jen nejsou vidět. Krátké vlnové délky umožňují konstrukci velmi směrových antén. VKV se kromě odrazů mohou i rozptylovat na hranách překážek. Ionosféra je ohýbá velmi málo. Do vesmíru tak unikají při elevaci od několika stupňů výše. KV se ohýbají okolo zemského povrchu, proto se dostanou desítky km od vysílače, i za obzor. Navíc se odrážejí od ionosféry – tak lze komunikovat po celém světě. SV se po povrchu dostanou stovky km od vysílače. Na rozdíl od KV nemají pásmo ticha, protože povrchový signál se dostane až do oblasti pokryté odrazy. Dosah ionosférické komunikace na SV je ovšem menší než na KV, jen kolem tisíce km. DV dosáhnou po povrchu 1-2 Mm daleko, ale vysílače mívají výkon v MW. S rostoucí vlnovou délkou roste i hloubka vniku do vodivých materiálů. Běžné VF signály se dostanou mikrometry až desetiny mm pod povrch vodičů. Extrémně dlouhé vlny o akustických frekvencích se dostanou i pod hladinu moře. Tak se dá komunikovat s ponorkami. Vysílače ale mají mnohakilometrové antény. Analogové rozhlasové vysílání DV-KV používá amplitudovou modulaci (AM), od VKV výše pak frekvenční (FM). Malá rádia mívají přepínač FM/AM místo SV/VKV.

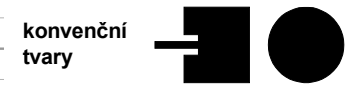


100-150 GHz	2-3 mm	600-400 $\mu\text{eV}$	2,73 K	reliktní záření kosmického pozadí - Má tepelný charakter a zde leží vrchol.
100 GHz	3 mm	400 $\mu\text{eV}$	HERF/ADS	milimetrový radar - „svlékáci skenner“, při velkém výkonu „paprsky bolesti“
76-77 GHz	3,9 mm	300 $\mu\text{eV}$		systemy shromažďování údajů v řízení silniční dopravy
34 GHz	8,8 mm	140 $\mu\text{eV}$		Ramer 7 – radar obvykle užívaný pro měření rychlosti vozidel v ČR
10 GHz	30 mm	41 $\mu\text{eV}$	SAT	satelitní televize
8-10 GHz	37,5-30 mm	33-41 $\mu\text{eV}$		palubní radar PS-05/A na letadlech JAS 39 Gripen
6,834682 GHz	43,89 mm	28,278 $\mu\text{eV}$		rubidiový maser – používá se např. v atomových hodinách
5,79-5,81 GHz	51,7 mm	24 $\mu\text{eV}$		systemy shromažďování údajů v řízení silniční dopravy
5,6 GHz	53,4 mm	23 $\mu\text{eV}$		radary ČHMI pro sledování deště (5 645 MHz Skalka, 5 630 Brdy)
2,7-2,9 GHz	111-103 mm	11,5 $\mu\text{eV}$		primární radar Star2000 na Ruzyňském letišti
2,45 GHz	122,4 mm	10,14 $\mu\text{eV}$		mikrovlnná trouba (microwave oven)
2,4-2,5 GHz	122,4 mm	10,14 $\mu\text{eV}$		ovládání modelů, digitální bezdrátová sluchátka a další trvalá komunikace
1,420406 GHz	210 mm	5,9 $\mu\text{eV}$		hyperjemné rozštěpení energetických hladin v atomu vodíku
1,2; 1,6 GHz	244; 187 mm		GPS	frekvence L1 a L2 vysílané GPS satelity
950-1245 MHz	300 mm		DME	letecké radiodálkoměry (Distance Measuring Equipment)
0,9; 1,8 GHz	333; 166 mm			mobilní telefony GSM v ČR (mobile phones)
1090 MHz	299 mm		IFF/SIF	sekundární radar pro identifikaci letadel
433; 868 MHz	700; 346 mm			dálkové ovladače a další občasná komunikace
446 MHz	672 mm		PMR	osobní přenosné radiostanice (personal mobile radio, „walkie-talkie“)
430; 173 MHz	0,7; 1,74 m			dálkové ovládání jeřábů, lesních strojů a dalších mechanismů
170 MHz	1,8 m			radiostanice v MHD
108-136 MHz	2,4 m			radiostanice v civilním letectví
108-118 MHz	2,6 m		VOR	letecké navigační radiomajáky (VHF Omnidirectional Radio Range)
88-108 MHz	3,4-2,77 m			rozhlas VKV s modulací FM
86,79 MHz	3,45 m			dálkové ovládání akustických informačních zařízení pro nevidomé
42,577 MHz	7,046 m		NMR	magnetická rezonance jádra vodíku v poli o indukci 1 T
27; 35; 40 MHz	11,1; 8,6; 7,5 m		RC	vysílače pro ovládání modelů (radio control)
27 MHz	11,1 m		CB	občanské radiostanice (citizen band)
13,56 MHz	22,1 m		RFID	VF ohřev, bezkontaktní karty MIFARE (např. OpenCard)
4,625 MHz	64,86 m		UVB-76	„záhadný ruský vysílač“ slyšitelný skoro po celém světě
2,8-10 MHz	107-30 m		HAARP	US zařízení pro výzkum ionosféry a možná i nějaké tajné vojenské věci
2,275 MHz	132 m			stanice určené k vyhledávání obětí lavin
639 kHz	469 m		ČRo2	rozhlasová stanice Praha vysílající na SV s modulací AM
457 kHz	656 m			stanice určené k vyhledávání obětí lavin
270 kHz	1,11 km		ČRo1	rozhlasová stanice Radiožurnál vysílající na DV s modulací AM
150-500 kHz	2-0,6 km		NDB	letecký navigační systém NDB (Non Direction Beacon)
125 kHz	2,4 km		RFID	bezkontaktní identifikační karty (radiofrequency identification)
77,5 kHz	3,9 km		DCF77	německý vysílač přesného času
82 Hz	3,65 Mm		ZEVS	Ruský systém komunikace s ponorkami
76 Hz	3,94 Mm		Seafarer	Americký systém komunikace s ponorkami

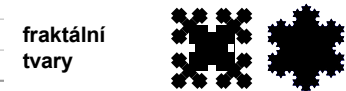


**anténa motýlová**

Širokopásmový dipól pro velmi vysoká mikrovlnná pásma.

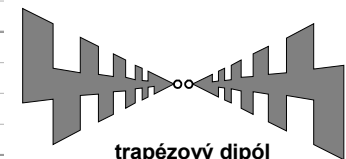


**konvenční tvary**



**fraktální tvary**

**mikropásmové (fličkové) antény**  
Obrazec na plošném spoji.



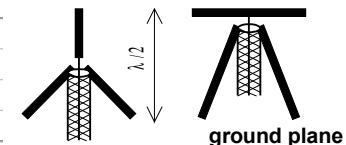
**trapézový dipól**

Širokopásmová anténa pro UHF, ohnutím vznikne log. per. anténa.



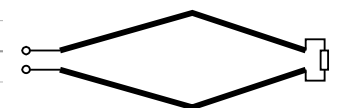
**spirálová (helical) anténa**

Směrová, s kruhovou polarizací.

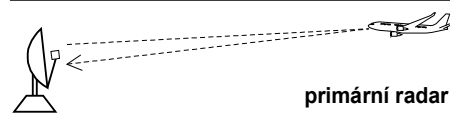


**ground plane**

Klasická a širokopásmová verze. Vertikální všesměrová anténa.

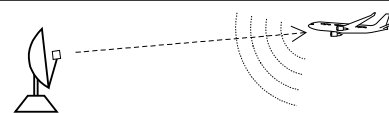


**kosočtverečná (rhombická) anténa:** Směrová, obvykle drátová.



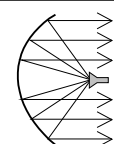
**primární radar**

Vzdálenost se určí podle zpoždění, s jakým se vrátí signál odražený od cíle. Podle směru antény pak lze dopočítat polohu cíle. Velké výkony, protože odražený signál ubývá se čtvrtou mocninou vzdálenosti.

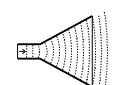


**sekundární radar**

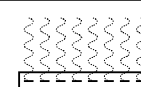
Na palubě letadla je odpovídáči. Stačí malý výkon radaru, možnost identifikace letadla a přenosu dalších informací. Většina radarů v civilním letectví.



**parabolická anténa:** Signál z ohniska ozáří parabolou a odrazem dojde k vyrovnání vlnoploch, svazek se dále šíří kolmo k vlnoplochám.



**trychtýřová anténa:** Vlnovod končí trychtýřem. Vlnoplochy se postupně narovnají.



**pasivní fázovaná anténa:** Signál synchronně vyzařuje z velkého počtu malých antén. Např. soustava dipólů, nebo štěrby ve vlnovodu.



**aktivní fázovaná anténa:** Každá dílčí anténa má svůj přijímač/vysílač (T/R modul). Synchronizace je elektronická, možnost přesného tvarování vlnoploch, bezpohybového směřování změnou fáze a vysílání více svazků současně.

2,4-2,48; 5,15-5,25; 5,25-5,35; 5,47-5,72 GHz	Wi-Fi	WiFi datová komunikace
47-68; 76-100; 174-230; 470-582; 582-790; 1170-1250 MHz	TV	první až šesté TV pásmo
0,1357; 1,81; 1,85; 3,5; 7,0; 7,1; 10,1; 14; 14,25 18; 21; 24,89; 28 MHz	HAM radio	radioamatérská pásma DV a KV (začátky pásem)
50; 70; 144; 430; 1240; 2300 MHz	HAM radio	radioamatérská pásma VKV a UKV (začátky pásem)
3,4; 5,65; 10; 24; 47; 75,5; 122; 134; 136; 241 GHz	HAM radio	radioamatérská pásma – mikrovlny (začátky pásem)
1-2; 2-4; 4-8; 8-12; 12-18; 18-27; 27-40 GHz		radarová pásma L, S, C, X, Ku, K, Ka
6,765-6,795; 13,533-13,567; 26,957-27,283; 40,66-40,7; 869,3-869,4 MHz		bezlicenční pásma s povolenou trvalou komunikací
2,4-2,4835; 5,725-5,875; 10,308-10,574; 24-24,25 GHz		bezlicenční pásma s povolenou trvalou komunikací, včetně přenosu obrazu
138,2-138,45; 433,05-434,79; 868-868,6; 868,7-869,2; 869,4-869,65; 869,7-870 MHz		bezlicenční pásma s povolenou občasnou komunikací
2,4-2,4835; 9,2-9,975; 13,4-14; 24,05-24,25 GHz		bezlicenční pásma pro ostrahu a detekci pohybu

### Elektromagnetické vlny

Představují šířící se změny v elektrickém a magnetickém poli. Podobně třeba vlny na vodě představují šíření změn výšky hladiny a zvukovými vlnami se pro změnu šíří změny pohybu a tlaku. Elektromagnetické vlny se ovšem nešíří jen ve hmotném prostředí, ale i prázdným prostorem (vakuum). Tam je rychlost nejvyšší a představuje samu rychlost šíření informace prostorem. Z toho plynou jevy popisované teorií relativity. Vstoupí-li elm. vlny do hmotného prostředí, jejich rychlost poklesne v poměru, který je roven **součinu relativní permittivity a relativní permeability**.

- Permittivita představuje měrnou kapacitu a permeabilita měrnou indukčnost. Relativní pak znamená, že se jedná o poměr vůči těmto parametrům vakua.

- Některé exotické látky mají tento součin menší než jedna, takže by se v nich mělo světlo šířit rychleji, než vakuem. Jenže to nejde a proto se vlny zdeformují způsobem, který znemožní nadsvětelný přenos informace. Vlny jsou pak delší než ve vakuu, ale do cíle stejně nedorazí dříve.

Stejně se chová i elektrický signál ve vedení. Pokud je tvořeno jen holými vodiči, šíří se rychlostí světla. Je-li přítomno dielektrikum (izolace), rychlost se sníží a vlny se zkrátí. Pro kabely, u kterých by na tom mohlo záležet, výrobci udávají tzv. **činitel zkrácení**. Když jím vynásobíme běžnou vlnovou délku, dostaneme délku vlny v daném kabelu. Obvyklé hodnoty bývají 0,6-0,9.

Další specifikum EM vln je, že elektrickou a magnetickou složku nelze oddělit. Mění se elektrické pole způsobuje vznik pole magnetického a naopak. Vlastně se dá říci, že magnetické pole je elektrické pole ze zdroje, který se vůči nám pohybuje. **Magnetické pole je relativisticky transformované pole elektrické**. Prochází-li proud vodičem, pohybují se v něm nabitě elektrony a my pak kolem něj registrujeme magnetické pole.

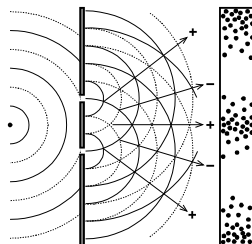
**Vinočástečková dualita** - Elektromagnetické vlny nemohou předávat libovolnou část své energie, ale jen násobky určitých malých kvant. Těm říkáme **fotony**. Jenže i když vyšleme jediný foton, chová se zároveň jako vlna. Posíláme-li jednotlivé fotony skrz dvě a více štěrbin v překážce, pravděpodobnost jejich dopadu na detektor za ní, závisí na jeho poloze způsobem, který přesně odpovídá tomu, že spolu interferují vlny prošlé všemi štěrbinami naráz.

**Energie fotonu** závisí na vlnové délce a je tím větší, čím vyšší je frekvence, tedy vlna kratší. Jako vlny se chovají i všechny částice, jenže díky tomu, že mají velkou energii, je jejich vlnová délka extrémně malá. Toho se využívá např. v elektronovém mikroskopu. Energie fotonů se udává v elektronvoltech, což je energie, kterou získá elektron urychlený jedním voltem.

**Dvoušterbinový experiment** - Světlo z jednoho zdroje dopadá na přepážku se dvěma štěrbinami. Z pohledu druhé strany se štěrbinou stanou zdroji synchronního vlnění. Vlny z obou štěrbin se v různých směrech mohou sčítat, nebo odečítat. Tím za přepážkou vznikají více, nebo méně osvětlená místa.

K tomu dochází, i když je světla tak málo, že se v zařízení nikdy nenacházejí dva fotony současně. Efekt naopak vymizí, pokud za štěrbinami detekujeme, kterou z nich který foton prošel.

$E = hf$   
 $h$  - Planckova konstanta  
 $h = 6,62606896 \cdot 10^{-34}$  J.s  
 $h = 4,13566733 \cdot 10^{-15}$  eV.s



### Obecná teorie relativity (OTR)

Její základní myšlenkou je, že čas představuje další rozměr prostoru (kterému se v OTR říká **časoprostor**) a gravitace je jeho zakřivení. Jestliže hodíme kamenem, tak se z pohledu OTR pohybuje po rovné dráze zvané **geodetika**. Jenže hmotnost Země zakřivuje okolní prostor, takže se jeho dráha ohýbá směrem dolů. Pohyb časoprostorem je popsán čtyřvektorem  $x, y, z, t$ , jehož absolutní hodnota je stále  $c$ . "Stojící" objekt se tak pohybuje rychlostí  $c$  ve směru  $t$ . "Pohybující se" objekt je od směru  $t$  odchýlen tím víc, čím se pohybuje rychleji. Protože celková hodnota je vždy  $c$ , s rostoucí rychlostí zbývá na  $t$  stále méně a tak pro pohybující se objekt čas plyne pomaleji. Z pohledu světla, které se pohybuje přesně  $c$ , čas stojí. Jenže OTR je matematicky velmi složitá, za běžných okolností si vystačíme s STR:

### Speciální teorie relativity (STR)

Speciální znamená, že platí za speciální podmínky: Vztažné soustavy se vzájemně mohou pohybovat, ale bez zrychlení. Takovým soustavám pak říkáme inerciální. Aplikací STR na neinerciální soustavy vznikají paradoxy. Soustavy se zrychlením dokáže řešit jen Obecná teorie relativity (OTR). Ještě speciálnější je pak Newtonova mechanika, která představuje speciální případ „STR při zanedbatelných rychlostech“, podmíněný rychlostmi zanedbatelnými k rychlosti světla ve vakuu ( $c = 300$  Mm/s). Jakmile rychlosti zvýšíme, začnou se dít věci, plynoucí z nevině vypadajících postulátů STR:

1. **Mechanické i elektromagnetické děje dopadnou ve všech inerciálních soustavách stejně.**
2. **Rychlost světla je ve všech inerciálních vztažných soustavách stejná.**

Tyto požadavky vzešly z Maxwellovy **Teorie elektromagnetického pole**. Již koncem 19. století byla správnost poprvé prokázána experimenty. Michelson a Morley se snažili vyvrátit nezávislost rychlosti světla, což se jim přes veškerou snahu nepodařilo.

Má-li svět splňovat požadavky postulátů TR:

- Musí se rychlosti sčítat tak, aby součet nikdy nepřekročil  $c$ .

- Z Newtonovy mechaniky známe požadavek zachování hybnosti. Z něj ovšem za použití postulátů STR vypadne, že **s rostoucí rychlostí roste hmotnost** a to tím rychleji, čím je rychlost bližší  $c$ . Hmotnost každého tělesa, které dosáhne rychlosti světla se násobí nekonečnem, k urychlení bychom tedy potřebovali nekonečnou energii.

- Aby se vzájemně se pohybující pozorovatelé shodli na kauzálním průběhu děje, musí všem objektům, které se vůči nám pohybují, plynout čas tím pomaleji, čím je rychlost bližší  $c$  a stejně se musí zkracovat vzdálenosti. Těmto jevům říkáme **dilatace času a kontrakce délek**.

**Lorenzova transformace** je výpočet, jehož základem je **gamma faktor**, který závisí na poměru relativní rychlosti  $k$   $c$ . Jím musíme násobit hmotnost a dělit vzdálenosti i časy vztažené k pohybujícím se objektům. Když ze Země vzlétne raketa rychlostí  $0,9c$  a posádka z paluby stejným směrem vystřelí projektil také rychlostí  $0,9c$ , bude se z pozemského pohledu od rakety vzdalovat pouze  $0,094c$  a od země tedy jen  $0,994c$ .

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

$$E = mc^2$$

Relativistický růst hmotnosti je důsledkem faktu, že ke klidové hmotnosti se připočítá i hmotnost kinetické energie pohybujícího se tělesa. Obecně pak platí, že energie je rovna součinu hmotnosti a  $c^2$  (známý Einsteinův vzorec). Z toho pak plyne, že i nabitá baterie je nepatrně těžší, než vybitá. V případě baterie je změna hmotnosti prakticky neměřitelná, ale třeba částice vycházející z urychlovače, jsou mnohonásobně těžší, než v klidu.

$h = 1,05E-034 \text{ Js}$   
 $\pi = 3,14E+000$   
 $c = 3,00E+008 \text{ m/s}$   
 $h/\pi^2 c^2 = 1,18E-052 \text{ s/m}^2 ?$

$e = 2,72$   
 $k = 1,38E-023 \text{ J/K}$   
 $T = 2,00E+003 \text{ K}$

1,57E+014

N	lambda [nm]	f	Omega	1500 dl/dOmega	500	1000	2300
0,00E+000		0,00E+000	0,00E+000				
1,00E+000	94245	3,18E+012	2,00E+013	8,86E-012	2,66E-012	5,76E-012	1,38E-011
2,00E+000	47122,5	6,37E+012	4,00E+013	3,37E-011	9,03E-012	2,13E-011	5,35E-011
3,00E+000	31415	9,55E+012	6,00E+013	7,18E-011	1,71E-011	4,42E-011	1,16E-010
4,00E+000	23561,25	1,27E+013	8,00E+013	1,21E-010	2,55E-011	7,23E-011	2,00E-010
5,00E+000	18849	1,59E+013	1,00E+014	1,79E-010	3,30E-011	1,04E-010	3,02E-010
6,00E+000	15707,5	1,91E+013	1,20E+014	2,44E-010	3,93E-011	1,37E-010	4,19E-010

	1,09E+002	864,63	3,47E+014	2,18E+015	1,94E-011	4,87E-021	7,72E-014	9,08E-010
2141,93	1,10E+002	856,77	3,50E+014	2,20E+015	1,80E-011	3,69E-021	6,82E-014	8,73E-010
2094,33	1,11E+002	849,05	3,53E+014	2,22E+015	1,67E-011	2,80E-021	6,02E-014	8,40E-010
2048,8	1,12E+002	841,47	3,57E+014	2,24E+015	1,55E-011	2,12E-021	5,31E-014	8,07E-010
2005,21	1,13E+002	834,03	3,60E+014	2,26E+015	1,44E-011	1,61E-021	4,68E-014	7,76E-010
1963,44 < D60	1,14E+002	826,71	3,63E+014	2,28E+015	1,34E-011	1,22E-021	4,13E-014	7,46E-010
1923,37	1,15E+002	819,52	3,66E+014	2,30E+015	1,24E-011	9,22E-022	3,64E-014	7,17E-010
1884,9	1,16E+002	812,46	3,69E+014	2,32E+015	1,15E-011	6,98E-022	3,21E-014	6,88E-010
1847,94	1,17E+002	805,51	3,72E+014	2,34E+015	1,07E-011	5,28E-022	2,83E-014	6,61E-010
1812,4	1,18E+002	798,69	3,76E+014	2,36E+015	9,88E-012	4,00E-022	2,49E-014	6,35E-010

