



# Prenosové médiá 08

doc. Ing. Ľuboš Ovseník, PhD.

([lubos.ovsenik@tuke.sk](mailto:lubos.ovsenik@tuke.sk); tel. 421 55 602 4336)

[https://data.kemt.fei.tuke.sk/PM\\_PS\\_Prenosove\\_media/](https://data.kemt.fei.tuke.sk/PM_PS_Prenosove_media/)

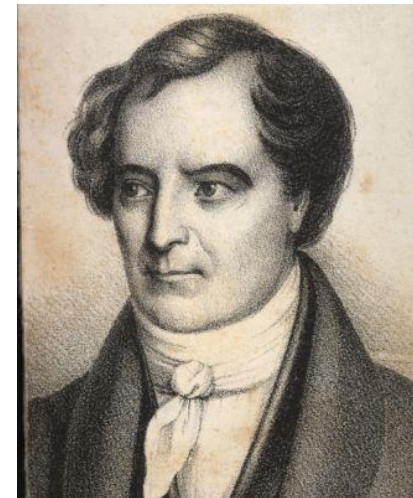
# BEZDRÔTOVÝ PRENOS (Wireless) 2

## (ÚVOD DO ŠÍRENIA ELEKTROMAGNETICKÝCH VĹN )

- História
- Zložky elektromagnetického vlnenia
- Polarizácia elektromagnetického vlnenia
  - Lineárna polarizácia
  - Kruhová polarizácia
  - Eliptická
- Frekvenčné pásma rádiových vĺn
- Spôsobu šírenia elektromagnetických vĺn
- Šírenie elektromagnetických vĺn v rôznom prostredí
- Činiteľ tlmenia elektromagnetických vĺn
- Fresnelove zóny
- Šírenie rádiových vĺn

# Objavy vo fyzike a ich význam

- **1820** - si dánsky fyzik a chemik **Hans Christian Øersted** všimol, že magnetka kompasu v blízkosti elektrického poľa vykazuje istý pohyb a takto objavil **súvis medzi elektrinou a magnetizmom**
- **1820** - Francúzsky fyzik **François Arago** zistil, že elektrický prúd usmerňuje nezmagnetizované kovové piliny do kruhu okolo drôtu, t.j. objavil **princíp produkcie magnetizmu** pomocou cylindricky stočeného medeného vodiča



- **1820** - Francúzsky fyzik **André-Marie Ampere** ujasnil Øerstedove pozorovanie a vyslovil **prvú teóriu magnetizmu**

- v nej poukázal na spojitosť medzi magnetizmom a elektrickým prúdom, ako dvoma skupinami javov, ktoré sa predtým považovali za principiálne odlišné



- **1831** - ak prechádza elektrický prúd vodičom, vzniká v jeho okolí magnetické pole!
  - je možné, aby naopak vznikol pomocou magnetického poľa v uzavretom obvode elektrický prúd?
- odpoveď na túto otázku prvý priniesol **Michael Faraday** s dôležitým **objavom elektromagnetickej indukcie**



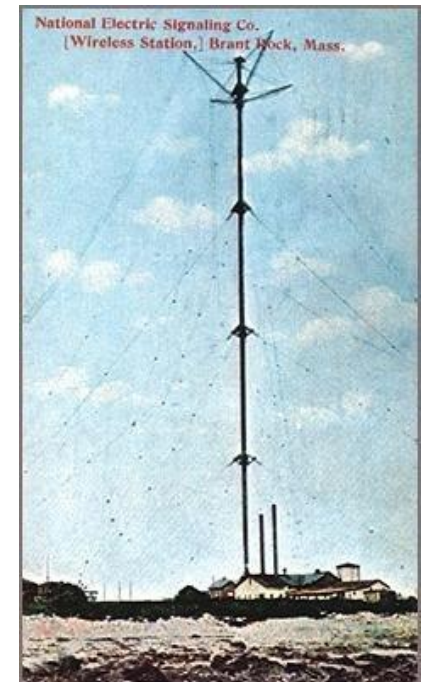
- **1865** - Škótsky fyzik **James Clerk Maxwell** publikoval štúdie " O Dynamickej teórii elektromagnetického poľa" a "Pojednanie o elektrine a magnetizme " (**1873**), ktorá sa stala známa ako **Maxwellove rovnice**
  - je to séria štyroch rovníc, ktoré spolu kompletne popisujú **vzájomné pôsobenie elektrických a magnetických polí**



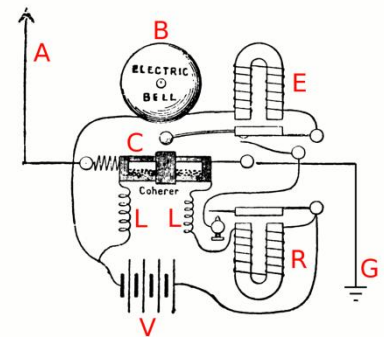
- **1887** – vynášiel **Heinrich Hertz** **oscilátor** a laboratórne **vytvoril elektromagnetické vlny**, pričom meral ich dĺžku a rýchlosť
  - ukázal, že povaha ich vibrácií a schopnosti sa lámať a odrážať, sú rovnaké, ako pri svetelných a tepelných vlnách
- ako definitívny záver bez pochybností **stanovil**, že **svetlo a teplo sú elektromagnetickou radiáciou**



- **1895** - Taliansky elektroinžinier a vynálezca **Guglielmo Marconi** zdokonalil koherér, čo je prístroj zachytávajúci elektromagnetické vlny a pripojil ho k jednoduchej anténe, ktorej dolný koniec bol uzemnený (vynález rádia???)
  - takto predviedol **prvú demonštráciu bezdrôtovej telegrafie**
- **1896** – vyslal signály na vzdialenosť **vyše 1,6km**
  - prenos bol uskutočňovaný dlhými vlnami a mal vysoké energetické nároky (> 200kW)
  - v Londýne **požiadal o patent** pre svoj vynález
- **1897** – jeho prístroj zvládol prenos rádiových signálov z pobrežia na loď na vzdialenosť **29km**
- **1899** – komerčná komunikácia medzi **Anglickom a Francúzskom**
- **1901** – vyslal signály na vzdialenosť **322km** a v tom istom roku bolo prvé písmeno (**S**, t.j. ●●●) prenesené **cez Atlantický oceán (5800km)**



- niektoré zdroje uvádzajú ako vynálezcu rádia Ruského fyzika a elektroinžiniera **A.S. Popova**, avšak prevažná väčšina vedeckej komunity pripisuje tento krok Marconimu
  - takto predviedol **prvú demonštráciu bezdrôtovej telegrafie**
- **1895** – **Alexander Stepanovič Popov** predviedol prístroj na registráciu atmosférických výbojov (bleskov), čo bol vlastne prvý rádioprijímač
- **1899** – dosiahol spojenie na vzdialenosť **46km**
  - tieto pokusy však Ruská vojenská správa utajila
  - **požiadal o patent** pre svoj vynález



- **Jozef Murgaš** (\* 17. február 1864, Tajov-Jabříková, Slovensko – † 11. máj 1929 Wilkes Barre, Pensylvánia, USA) bol rímskokatolícky kňaz, maliar, slovenský vynálezca, priekopník bezdrôtovej telekomunikácie



- ako prvý na svete uskutočnil rádiový prenos hovoreného slova
- **1904** (10.mája 1904) – **Tón-systém** - je spôsob prenosu správ Tón-systémom, kde bodku a čiarku Morseovej abecedy s rozdielnou dĺžkou nahradil dvoma rôznymi tónmi, čím dokázal podstatne skrátiť dĺžku jednotlivých znakov
- **1905** (23. novembra 1905) **nerušený bezdrôtový prenos telefónneho hovoru** na čo boli použité dva dvojité anténne stožiare - jeden vo Wilkes-Barre a druhý o 30 km vzdialenom Scrantone
  - ako uviedol Murgašov asistent John Stegner, počas jednej búrkovej noci v roku 1905 bolo počuť prvýkrát ľudský hlas v éteri na zemeguli, ktorý patril Murgašovi, a ktorý zachytila stanica v Scrantone. Boli to Murgašove slová: „Počujete ma? Počujete ma? Počuje ma niekto?“





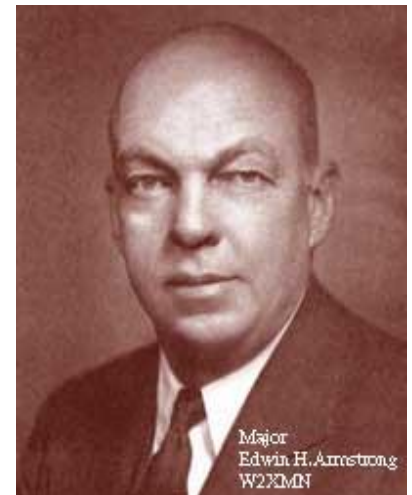
## ■ Patenty

- 10. mája 1904: zariadenie na bezdrôtovú telegrafiu (759 825: "Wireless telegraph apparatus")
- 1904: metódy komunikácie pomocou bezdrôtovej telegrafie (759 826: "Method of communicating intelligence by wireless telegraphy")
- 1907: vlnomer (848 675: „Wave meter“), elektrický transformátor (848 676: "Electric transformer")
- 1907: anténa pre bezdrôtovú telegrafiu (860 051: „Construction anntenae of wireless telegraphy")
- 1908: spôsob prenášania správ bezdrôtovou telegrafiou (876 383: "Means of producing electromagnetic waves")
- 1909: bezdrôtová telegrafia (917 103 a 915 993: „Wireless telegraphy“), detektor magnetických vln (917 104: "Magnetic wave detector")
- 1909: magnetický detektor (930 780: „Magnetic detector“)
- 1911: prístroj na výrobu elektrických oscilácií (1 001 975: "Apparatus for producing electrical oscillations")
- 1912: navijak na udicu (1 024 739: "Casting reel")
- 1916: spôsob a zariadenie na výrobu elektrických oscilácií (1196 969: „Method of and apparatus for producing electric oscillations from alternating curr“)

- **1906** – Kanadsko-americký rádiopioner **R. A. Fessenden** bezdrôtový operátor vo vzdialenom Norfolku prekvapene počúva **reč a hudbu vysielanú** z Brand Rocku do jeho prijímača
- **1915** – uskutočnil **bezdrôtový diaľkový telefónny hovor** New York-San Francisco na vzdialenosť **4022km**
  - hovor bol realizovaný z lodnej rádiostanice v Arlingtone do lodnej rádiostanice na Mare Island
  - o pár hodín neskôr bol ľudský hlas vyslaný éterom z Washingtonu do Honolulu, na vzdialenosť **7884km** (4900 míľ)

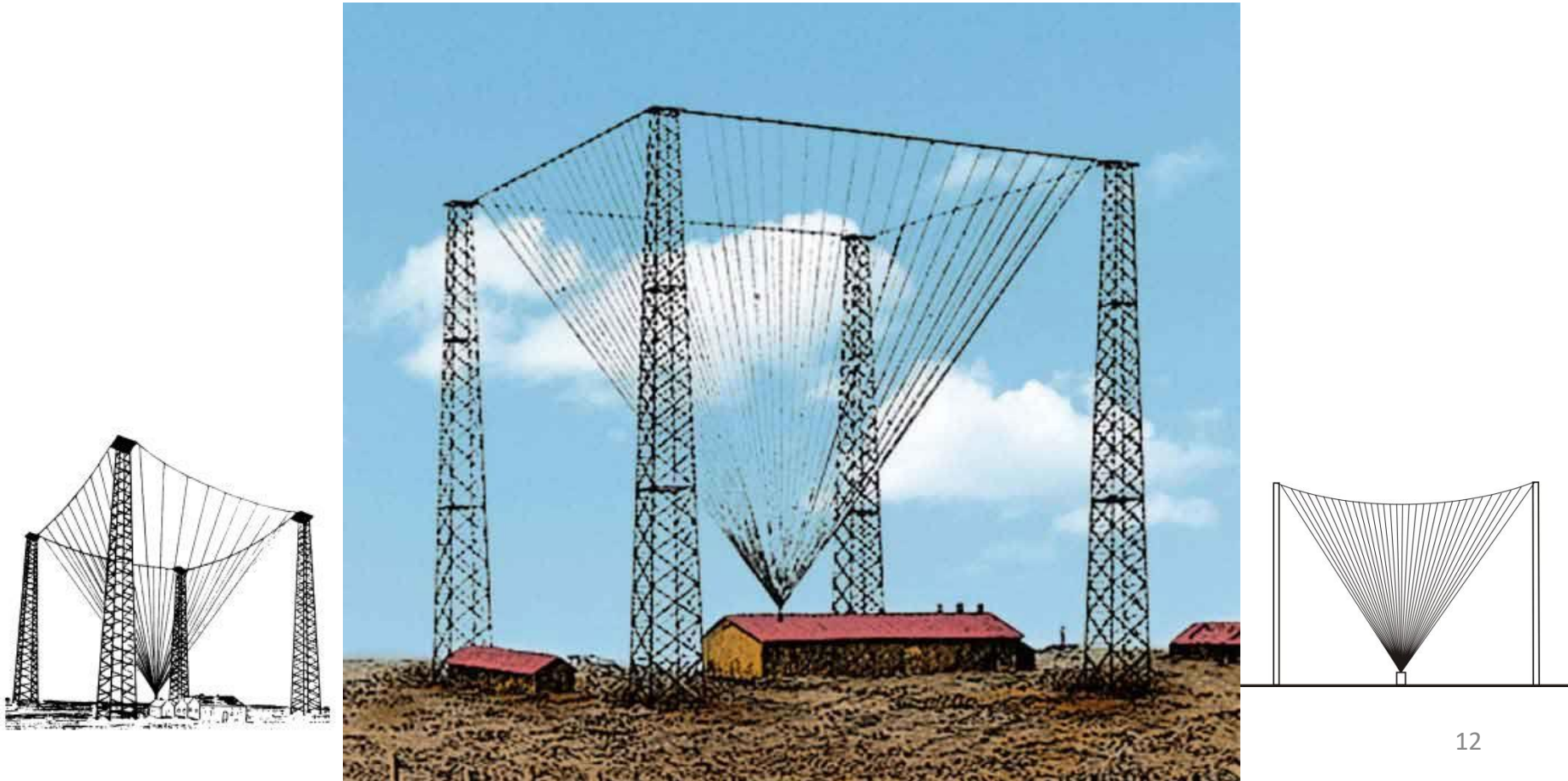


- **1924** – J. L. Baird predvádza **obrysy objektov** prednášané televíziou
- **1925** – prenáša **rozpoznateľnú ľudskú tvár**
- **1926** – demonštruje **pohybujúce sa objekty**
- **1929** – začína britská spoločnosť BBC s pravidelným **pokusným televíznym vysielaním** s využitím Bairdovho štúdia
  
- **1933** – E. H. Armstrong získal **patent** na systém **frekvenčnej modulácie (FM)**
  - FM priniesla lepšiu alternatívu vysielania, ako dovtedy zaužívaný systém vysielania s amplitúdovou moduláciou (AM) a umožnila vysokokvalitný prenos hlasu, alebo hudby s **odolnejším signálom proti rušeniu**



- **1946** - Saint Lois, AT&T a Southwestern Bell uvádza prvú komerčnú **rádiomobilnú službu** pre privátnych zákazníkov (**150 MHz**)
- **1991** - začala prevádzku **prvá testovacia sieť GSM** s názvom Telecom 91 (**900 MHz**);

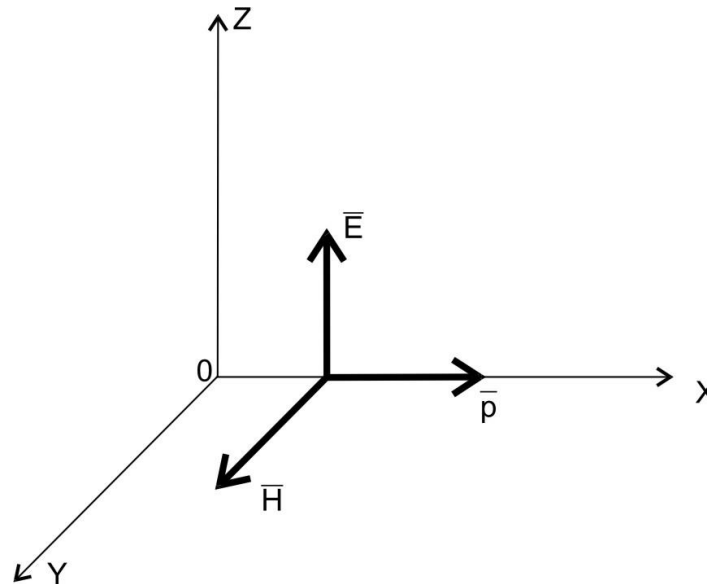
Obr. Marconiho prvá transatlantická vysielačacia anténa (Poldhu, England, 1905)



# Zložky elektromagnetického vlnenia

- **elektromagnetické** (elm) **vlnenie** vo voľnom priestore (v dostatočnej vzdialenosti od zdroja) považujeme za **rovinné** – je **vždy kolmé na smer šírenia**
- amplitúdy elektrickej „**E**“ a magnetickej „**H**“ zložky sú zviazané vzťahom

$$\frac{E}{H} = \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}$$



- skladá sa z:
  - **elektrickej** „**E**“ a **magnetickej** „**H**“ zložky (kolmé navzájom, rovnaká fáza v každom bode priestoru)
  - ak zložka „**E**“ leží na osi **Z** a „**H**“ na **Y** potom os **X** je **smer šírenia**

- **rýchlosť šírenia** elm vlnenie je daná vzťahom

$$v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon\mu}} \quad \varepsilon = \varepsilon_r \varepsilon_0 \quad \varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} \quad [F / m]$$

$$\mu = \mu_r \mu_0 \quad \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \quad [H / m]$$

- pre **vákuum** (vzduch) platí  $Z_0 = \frac{E}{H} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}} = 120\pi$

- čo je **impedancia voľného priestoru** (približne  $377 \Omega$ )

- **rýchlosť šírenia** elm vlnenia **vo voľnom priestore** sa rovná rýchlosti šírenia svetla

- vo vákuu je  $3 \cdot 10^8$  m/s

$$v_0 = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} = c$$

- v inom prostredí

$$v_1 = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_r}}$$

- z toho vyplýva, že **prechodom elm vlny do iného prostredia** sa **mení jej rýchlosť** a úmerne tejto (pri neznámej frekvencii) sa **mení aj vlnová dĺžka**

$$\lambda_1 = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\varepsilon_r}}$$

$\lambda_0$  – vo vákuu s permitivitou „ $\varepsilon_0$ “

$\lambda_1$  – v prostredí s permitivitou „ $\varepsilon_r$ “

- v praxi sa väčšinou používajú **smerové vyžarovacie sústavy – žiariče**
  - žiarič vyžaruje **všetkými smermi rovnako**
  - **stupeň smerovosti** sa vyjadruje činiteľom smerovosti – **ziskom „K“**
    - činiteľ smerovosti „K“ je **bezrozmerná veličina** a udáva **stupeň sústredenia vyžarovanej energie v určitom smere**
- **smerová anténa** vyžarujúca výkon „P“ vytvorí v mieste príjmu **takú istú intenzitu poľa** ako **všesmerová anténa – izotropná**, ktorá vyžaruje výkon „K.P“
  - použitie **smerovej antény** zodpovedá „K“ **násobnému zväčšeniu výkonu** vyžarovania **nesmerovej antény**
  - intenzita elektrického poľa (efektívna hodnota) vo vzdialenosti „r“ od žiariča

**smerovej antény**

$$E_{ef} = \frac{\sqrt{30.P}}{r} \left[ \frac{V}{m} \right]$$

**všesmerovej (izotropnej) antény**

$$E_{ef} = \frac{\sqrt{30.K.P}}{r} \left[ \frac{V}{m} \right]$$

## ■ z uvedeného vyplýva

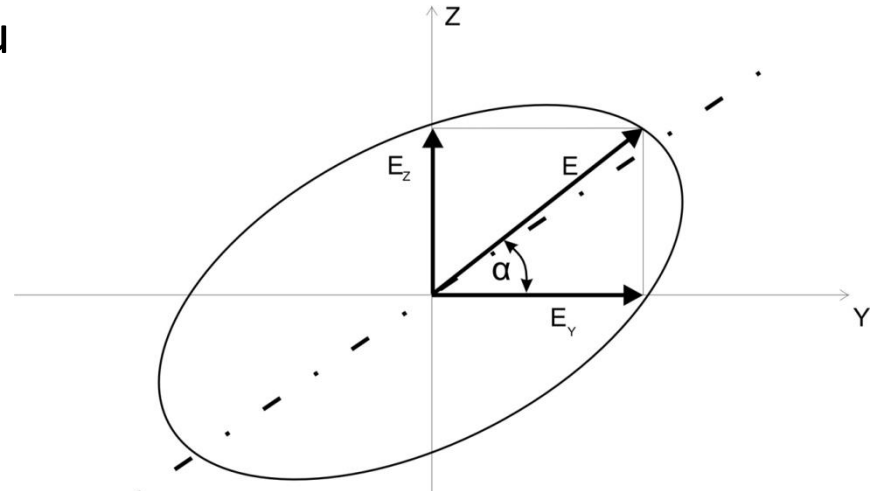
- že so **zväčšovaním** vzdialenosti „r“ medzi žiaričom a bodom príjmu **klesá** intenzita elm poľa
- **pokles** je spôsobený **rozptylom** a **útlmom** rádiových vln

# Polarizácia elektromagnetického vlnenia

■ je to zmena **smeru** a **veľkosti intenzity elektrickej zložky** elm poľa v danom bode za jednu periódu

■ typy polarizácie elm vln:

- lineárna
- kruhová
- eliptická



■ elm vlnenie vyžiarené anténou, ktoré sa šíri do bodu príjmu má vzhľadom na povrch zeme **horizontálnu** a **vertikálnu** zložku elm vlnenia

- tieto zložky ( $E_y$ ;  $E_z$ ) **prejdú** pri šírení vlnenia **rôznym prostredím**
- **líšia sa** v mieste príjmu **veľkosťou amplitúdy** a **fázy**



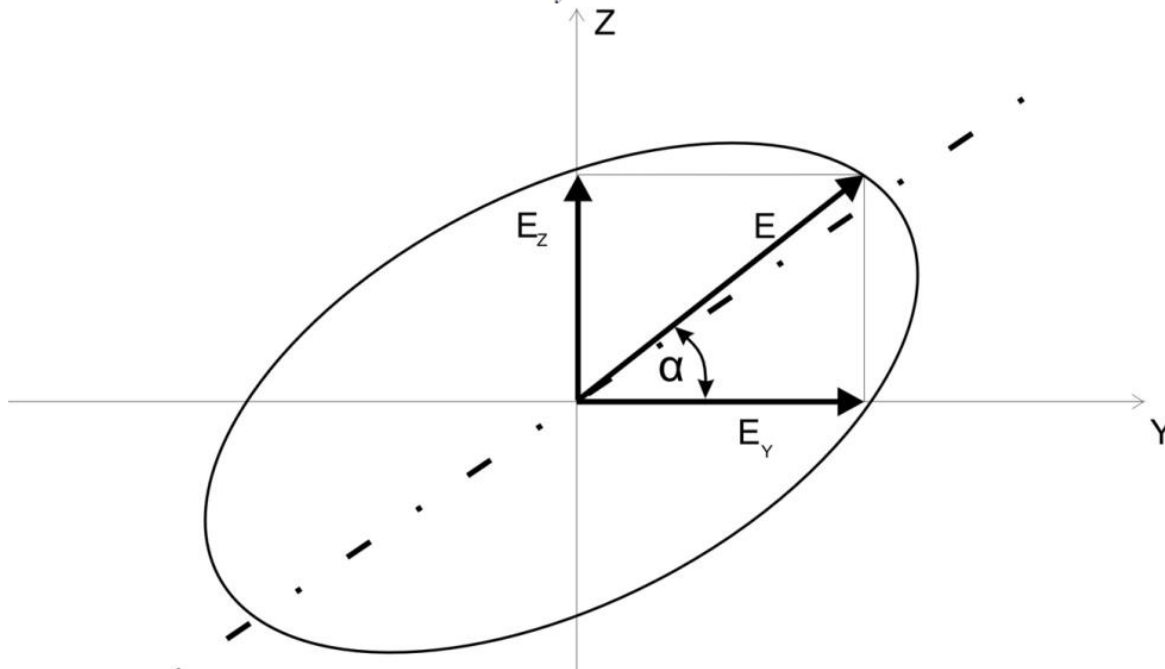
# Lineárna polarizácia

- elm vlnenie je lineárne vtedy keď výsledný vektor „ $E$ “ má konštantnú orientáciu (fázu), ale jeho veľkosť sa periodicky mení s uhlovou rýchlosťou „ $\omega$ “

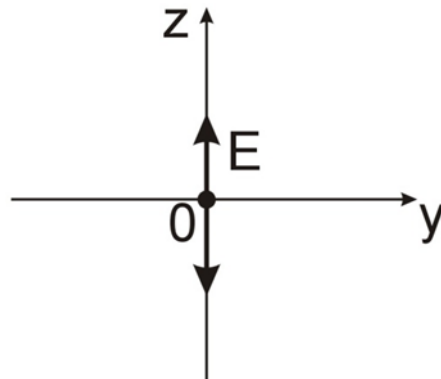
$$E = \sqrt{E_y^2 + E_z^2} \cos \omega t$$

- veľkosť uhla „ $\alpha$ “ ktorým je určená orientácia výsledného vektora je konštantná

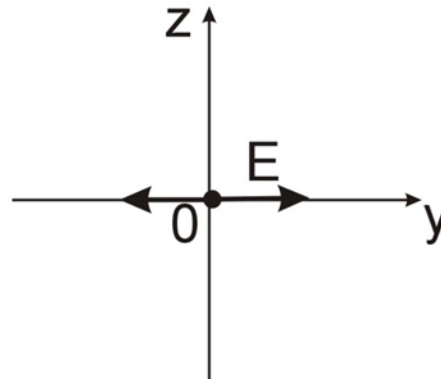
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{E_z}{E_y} = \text{konštanta}$$



- ak má lineárne polarizované vlnenie **len vertikálnu zložku** ( $E_y=0$ ) – hovoríme, že vlnenie je **vertikálne polarizované**



- ak má lineárne polarizované vlnenie **len horizontálnu zložku** ( $E_z=0$ ) – hovoríme, že vlnenie je **horizontálne polarizované**



- lineárna polarizácia sa používa, keď sa **vzájomná poloha** vysielačej a prijímacej antény **nemení!!!**

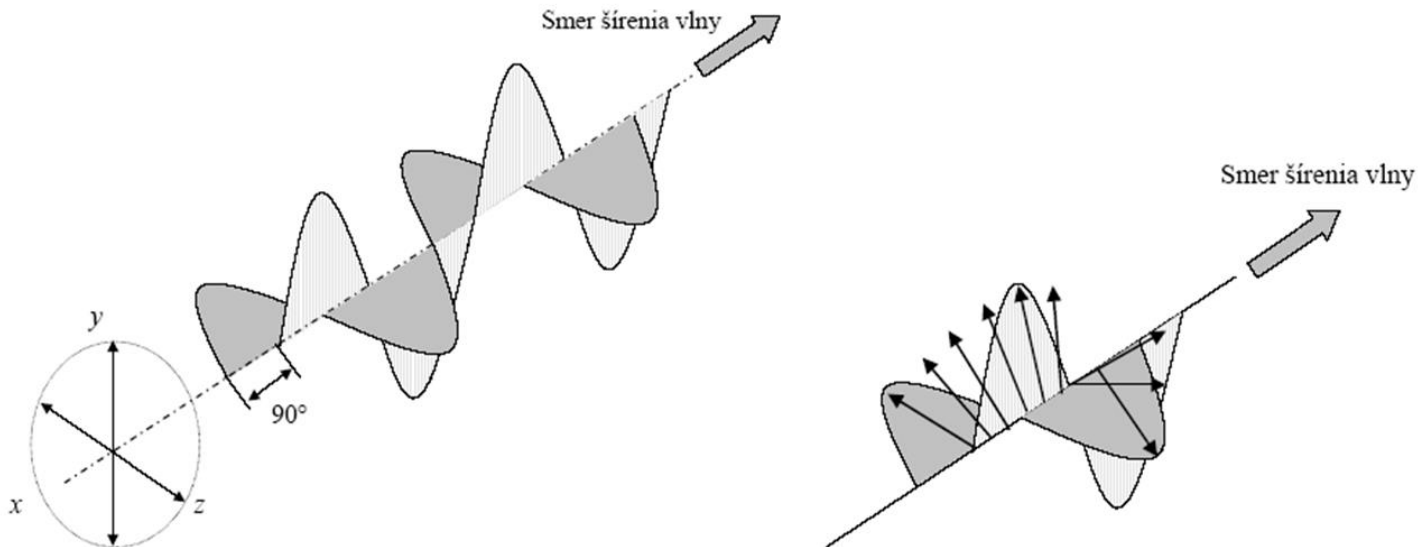
# Kruhová polarizácia

- elm vlnenie je kruhovo polarizované vtedy, keď sú **amplitúdy** horizontálnej a vertikálnej zložky vektora „**E**“ **rovnaké** a **mení sa** len ich **fáza** – **veľkosť výsledného vektora sa nemení**

$$E = \sqrt{E_y^2 + E_z^2} = \text{konštanta}$$

- **veľkosť uhla** „ $\alpha$ “ ktorým je určená orientácia výsledného vektora sa **mení** uhlovou rýchlosťou „ $\omega$ “

$$\text{tg } \alpha = \frac{E_z}{E_y} = \text{tg } \omega t$$



# Eliptická polarizácia

- je vtedy, ak vektor výsledného elektrického poľa opisuje svojím koncom elipsu – veľkosť vektora „ $E$ “ a jeho fáza „ $\alpha$ “ sa periodicky menia
- použitie:
  - keď sa mení vzájomná poloha vysielačej alebo prijímacej antény (pri sledovaní družíc, rádiolokácii, rádionavigácii,...)

## ZHODNOTENIE POLARIZÁCIE ELM VLNENIA

- kruhovo polarizované elm vlnenie si zachováva polarizáciu aj pri prechode ionosférou, čím je zaručené verné sledovanie cieľov
- pri rovnosti polos elipsy sa mení eliptická polarizácia na kruhovú
- pri neobmedzenom zmenšovaní malej polosi elipsy sa mení eliptická polarizácia na lineárnu polarizáciu

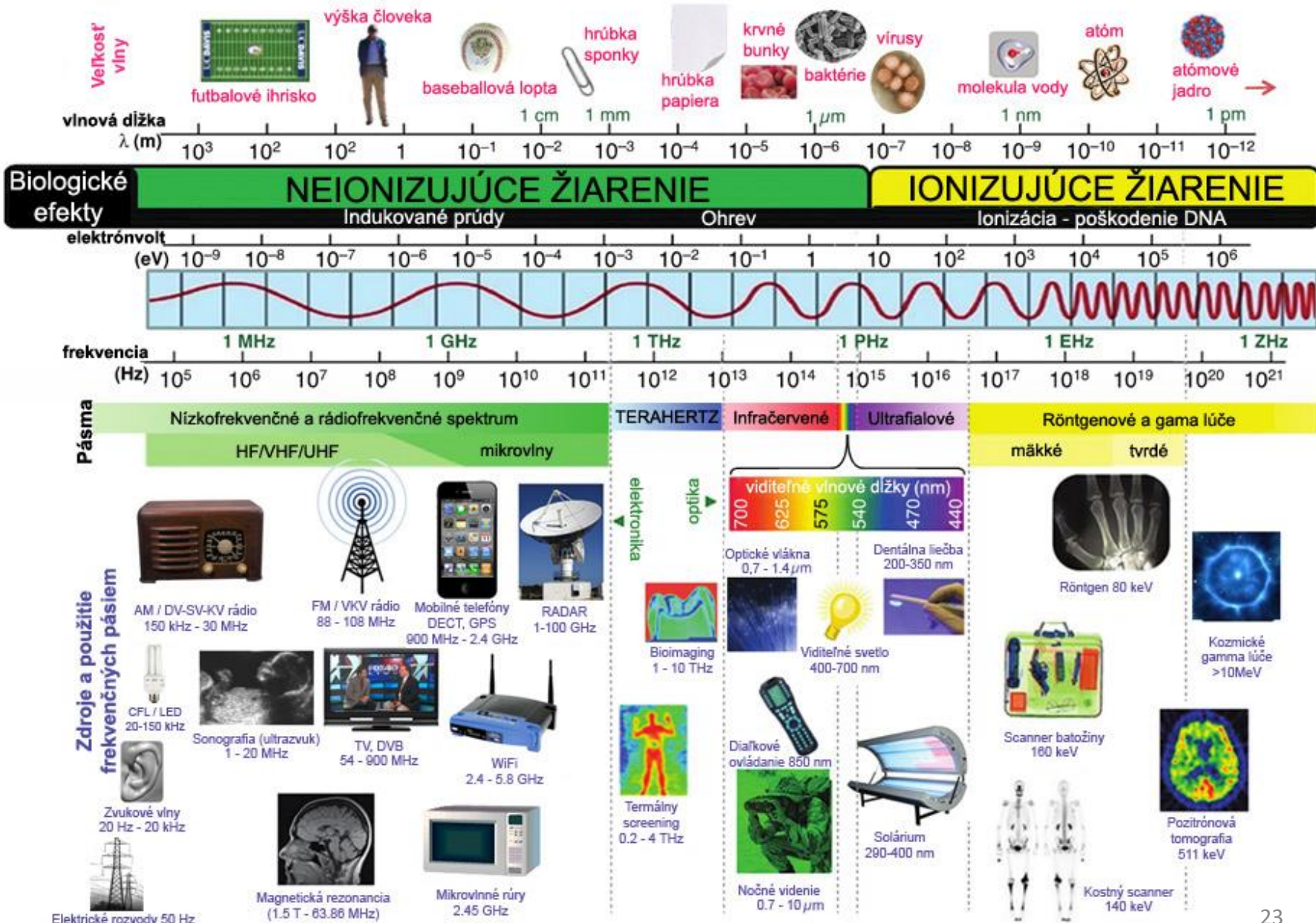
# Frekvenčné pásma rádiových vln


- do priestoru je možné vyžiariť elm vlny vo **veľkom frekvenčnom rozsahu** (rozsahu vlnových dĺžok) – tomu zodpovedá **veľký počet žiaričov (antén)**
- v dôsledku veľmi veľkej šírky frekvenčného pásme sú veľké **rozdiely** vo **vlastnostiach** používaných elm vln
- využitie rôznych vlnových dĺžok elm vlnenia je väčšinou viazané na **vlastnosti vln** z hľadiska:
  - možnosti ich generovania (vysielania)
  - vlastností ich šírenia
  - možností ich zachytenia
  - ich prípadných účinkov
- elm vlny sú vo fyzike charakterizované dvomi vlastnosťami (vlnovými a kvantovými - **duálny charakter elm vlny**)
  - **vlnové** – odraz, lom, ohyb, interferencia, polarizácia
  - **kvantové** – predstava fotónu, ktorý vyvolá fotoelektrický jav

## Tab. Frekvenčné pásma

<b>Názov</b>	<b>Title</b>	<b>Frekvencia</b>	<b>Vlnová dĺžka</b>
Extrémne dlhé vlny	Extremely LF (ELF)	0,3-3kHz	1000-100km
Veľmi dlhé vlny	Very LF (VLF)	3-30kHz	100-10km
Dlhé vlny (DV)	Low Frequency (LF)	30-300kHz	10-1km
Stredné vlny (SV)	Medium Freq. (MF)	0,3-3MHz	1-0,1km
Krátke vlny (KV)	High Freq. (HF)	3-30MHz	100-10m
Veľmi KV (VKV)	Very HF (VHF)	30-300MHz	10-1m
Ultra krátke vlny (UKV)	Ultra HF (UHF)	0,3-3GHz	1-0,1m
Mikrovlny I.	Super HF (SHF)	3-30GHz	100-10mm
Mikrovlny II.	Extremely HF (EHF)	30-300GHz	10-1mm
Infračervené žiarenie	Infra Red (IR)	$10^{10}$ - $10^{14}$ Hz	1mm-1 $\mu$ m
Viditeľné svetlo	Visible (VIS)	$10^{14}$ Hz	400-700nm
Ultrafialové žiarenie	Ultra Violet (UV)	$10^{14}$ - $10^{16}$ Hz	400-10nm
Röntgenové žiarenie	X-Rays	$10^{16}$ - $10^{19}$ Hz	10-0,1nm
Gama žiarenie	Gamma Rays	$10^{19}$ - $10^{24}$ Hz	$10^{-10}$ - $10^{-14}$ m

# SPEKTRUM ELEKTROMAGNETICKÉHO ŽIARENIA



Elektromagnetické záření, vlnění	Vlnová délka $\lambda$	Použití, výskyt	Pozn.
<b>Radiové vlny</b> Dlouhé (DV) Střední (SV) Krátké (KV) Velmi krátké (VKV) Ultra krátké (UKV)	2 000 m – 1 000 m 600 m – 150 m 50 m – 15 m 15 m – 1 m 1 m – 0,1 m	Rozhlas, televize	Neionizující záření
<b>Mikrovlny</b>	0,1 m – 0,3 mm	mobilní telefony , GPS, WiMax, Wifi, mikrovlnné trouby, radar	
<b>Infračervené záření</b>	0,3mm – 750 nm	dálkové ovladače, noční vidění, tepelné záření	
<b>Světlo</b> červené oranžové žluté zelené modré fialové 	760 nm – 390 nm	Viditelné světlo	
<b>Ultrafialové záření</b>	390 nm – 10 nm	Opalování, solária, sterilizace	
<b>Rentgenové záření</b>	10 nm – 1 pm	lékařská diagnostika, průmyslová diagnostika	Ionizující záření
<b>Záření gama</b>	< 300 pm	ozařování nádorů, kosmické záření, jaderné reaktory	

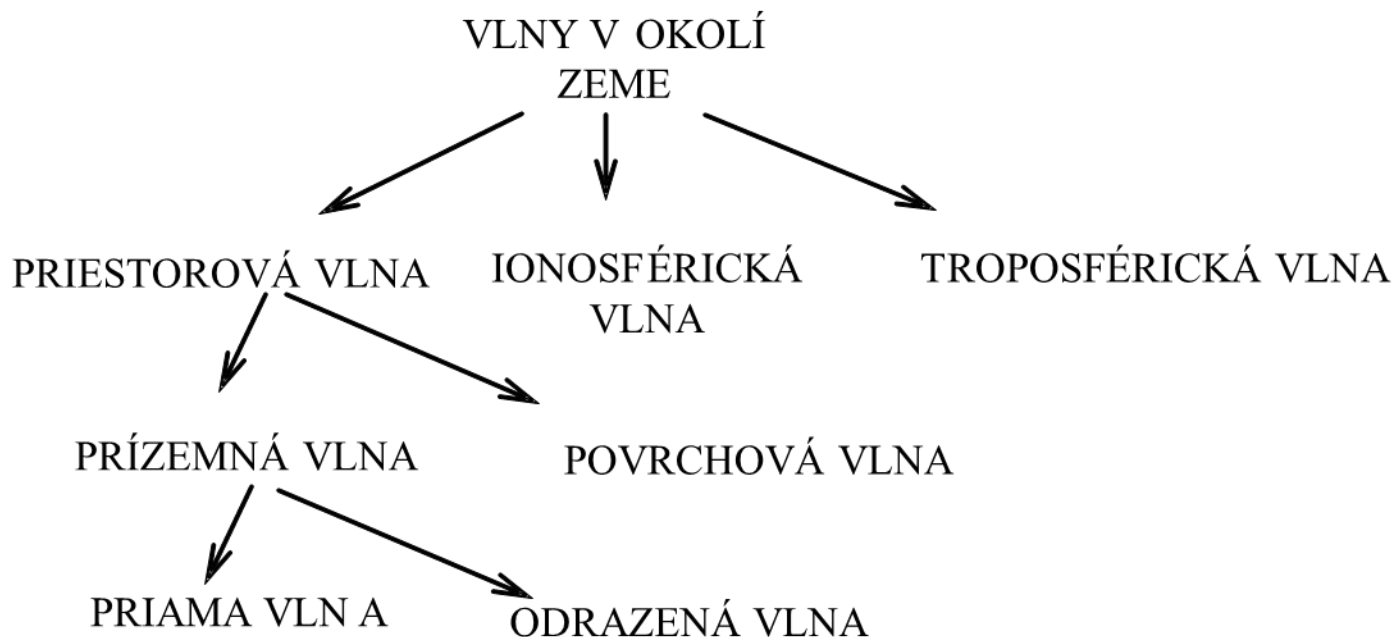


- príklady frekvenčných pásiem, ktoré sa využívajú komerčne
  - Pozemná a káblová televízia: 54 ÷ 806 MHz
  - Satelitná televízia: pásmo 12 GHz
  - Bluetooth: 2,4 ÷ 2,48 GHz
  - WI-FI: pásma 2,4 ÷ 5 GHz
  - GPS - satelitná navigácia: 1227,6 MHz
  - GSM - digitálne mobilné telefóny: 900 MHz, 1800 MHz, 1900 MHz
  - NMT - analógové mobilné telefóny: 450 MHz
  - Rádiom riadené modely:
    - pre všetky modely 40 MHz
    - pre letecké modely 35 MHz
  - Civilné pásmo: 27 MHz
  - Diaľkové ovládanie: 434 MHz
  - Rádioamatérske pásma:

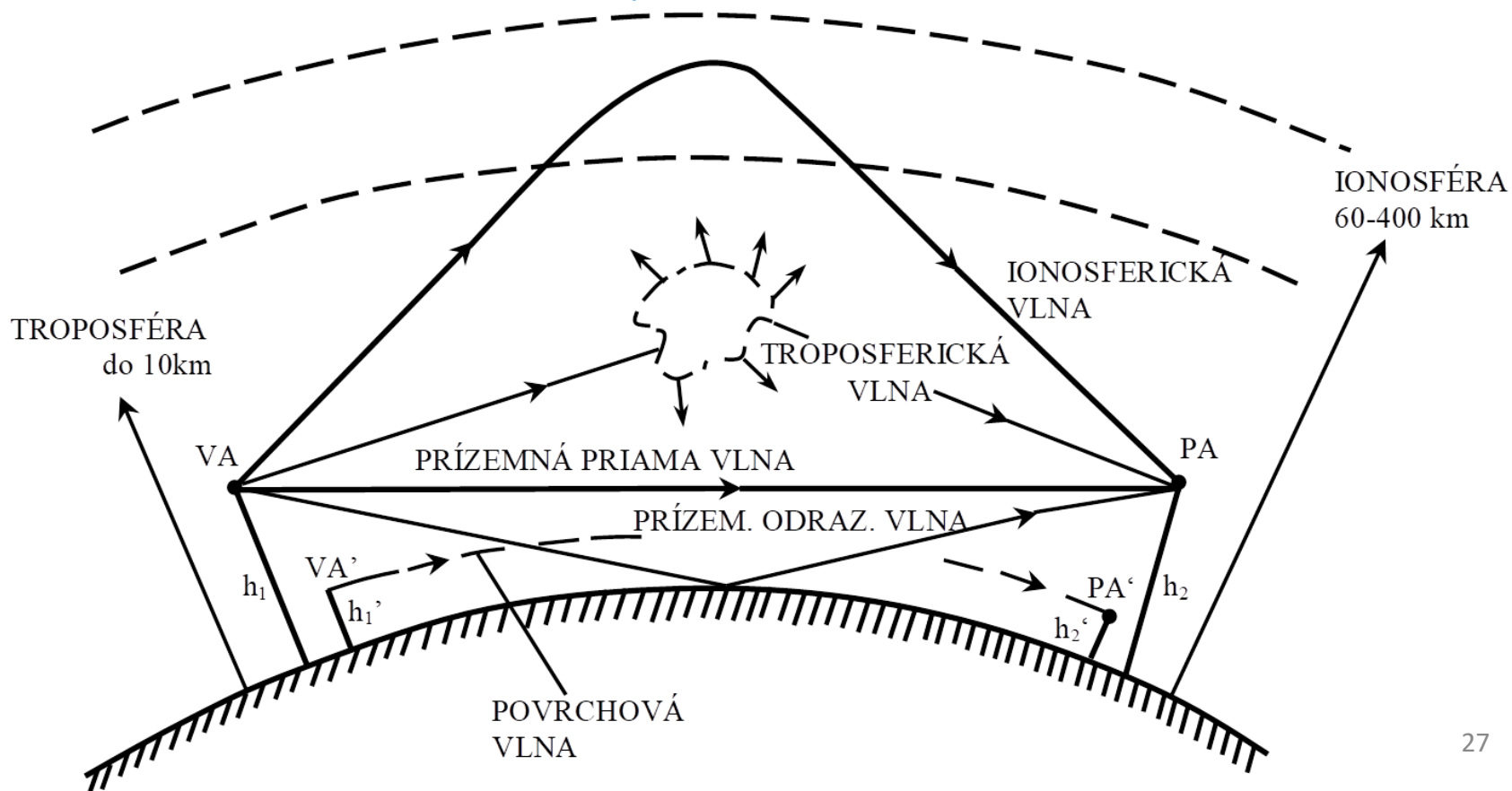
■ 160m - 1,5 MHz	80 m - 3,5 MHz
■ 40 m - 7 MHz	20 m - 14 MHz
■ 15 m - 21 MHz	10 m – 28 MHz
■ 2 m – 144 MHz	70 cm – 433 MHz

# Spôsoby šírenia elektromagnetických vln

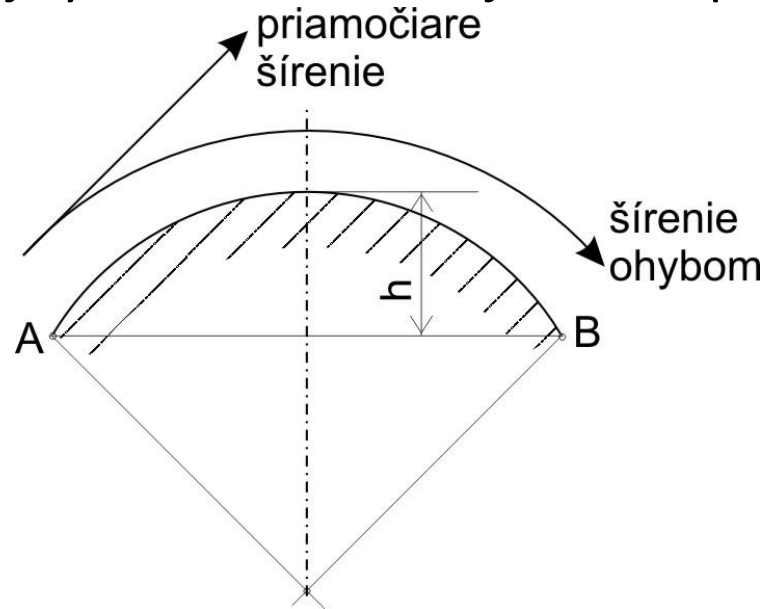
- delenie spojenia v závislosti od polohy vysielacej (VA) a prijímacej antény (PA):
  - Zem - Zem
  - Zem – kozmický priestor
  - kozmický priestor - kozmický priestor



- prítomnosť **zemského povrchu** a zvláštnosti **zloženia atmosféry** pôsobia na šírenie elm vlnenia
- prítomnosť **polovodivého povrchu** zeme skresľuje štruktúru vlny a je príčinou útlmu elm vlnenia
- **guľový tvar** povrchu zeme spôsobuje **ohyb** (difrakciu) vln, ktoré sa šíria nad zemou - **difrakcia vlny nastane** vtedy, keď sú **rozmery prekážky** rádovo rovnaké ako dĺžka vlny

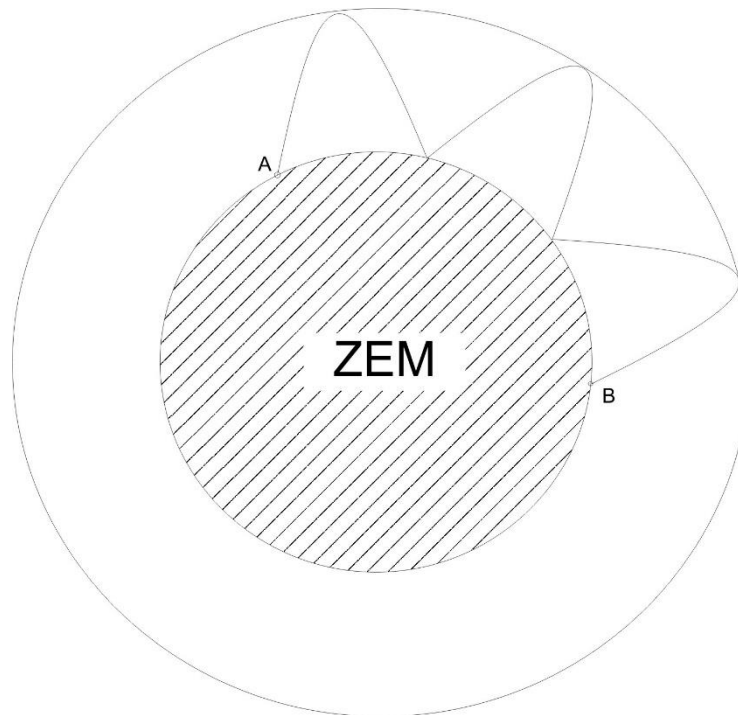


- pri šírení vlnenia nad zemou za takúto prekážku môžeme považovať výšku „ $h$ “ guľovej výseče obmedzenej rovinou preloženou tetivou „AB“



- elm vlny, ktorých **vlnová dĺžka** je **menšia** ako výška „ $h$ “, nie sú podrobené ohybu a **širia sa priamočiaro**
- keď **vlnová dĺžka** vlnenia je **porovnateľná** s výškou „ $h$ “, širia sa tak, že sledujú povrch zeme – **širia sa ohybom**
  - **difrakčný spôsob šírenia (ohybov)** aj za najpriaznivejších podmienok **nepresahuje vzdialenosť 3 až 4 tisíc kilometrov**
  - elm vlny, ktoré sa širia v blízkosti zemského povrchu a ktoré sa jeho vplyvom ohýbajú, sa nazývajú **povrchové**

- šírenie elm vln na väčšie vzdialenosti je **ovplyvnené** najmä **ionizovanými vrstvami** atmosféry
  - celý proces šírenia vlnenia sa odohráva podľa **zákonov odrazu a lomu** od ionizovanej oblasti (ionosféra: 60-400 km)
  - následkom mnohonásobného odrazu vln od ionosféry a od zeme, môže vlnenie dosiahnuť **veľmi vzdialené body** (B) na povrchu zeme, dokonca za priaznivých podmienok obehnúť niekoľkokrát okolo Zeme
  - vlny, ktoré sa šíria na veľké vzdialenosti a ohýbajú sa okolo zeme následkom jednoduchého alebo mnohonásobného odrazu od ionosféry alebo touto prenikajú, sa nazývajú **priestorové** (**prízemné + povrchové**)



# PRIESTOROVÁ VLNA

šíri sa v **blízkosti povrchu Zeme** (rozhranie: polovodivý zemský povrch-vzduch)

## ■ Povrchová vlna

- je vyžarovaná VA **umiestnenou bezprostredne nad** Zemským povrchom – jej **tlmenie je závislé od parametrov** zemského povrchu
- šíri sa pozdĺž tohto povrchu – **sleduje zakrivenie** Zeme

## ■ Prízemná vlna

- je vyžarovaná VA **umiestnenou relatívne vysoko** (antény sú malé) nad Zemským povrchom (prípád VKV)
- **použitie** pri spojení Zem – lietadlo
  - **Priama vlna**
    - na Zemi sú výšky VA aj PA niekoľkonásobkom vlnovej dĺžky
    - je ovplyvňovaná **vlastnosťami troposféry**
  - **Odrazená vlna**
    - výšky VA aj PA sú niekoľkonásobkom vlnovej dĺžky
    - je ovplyvňovaná **vlastnosťami troposféry a elektrickými parametrami Zemského povrchu v mieste odrazu**

■ v prípade, že VA aj PA sú **umiestnená na povrchu Zeme, priame a odrazené vlny majú rovnakú amplitúdu, ale opačnú fázu, preto sa navzájom rušia**

■ **priestorová vlna** sa potom šíri len ako vlna **povrchová!!!**

## TROPOSFÉRICKÁ VLNA

- šíri sa na **veľké vzdialenosti** (až 1000km) troposférickým rozptylom a troposférickým vlnovodom
- patria sem **vlny kratšie ako 10m** (VKV,UKV)
- šírenie je ovplyvnené vlastnosťami ionosférických vrstiev

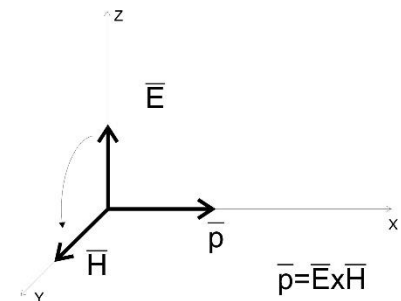
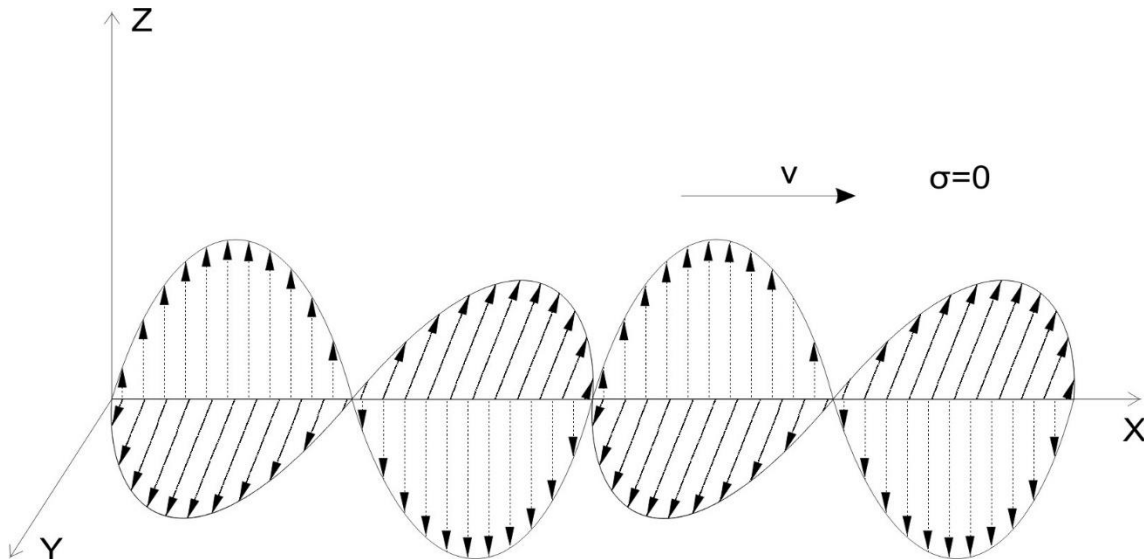
## IONOSFÉRICKÁ VLNA

- šíri sa na **veľké vzdialenosti** jedným alebo viacerými odrazmi od ionosféry (**vlny dlhšie ako 10m** – DV,SV,KV)
- patria sem aj vlny rozptýlené nehomogenitami v ionosfére, resp. odrazené od ionizovaných stôp meteoritov (**metrové vlny** - VKV)
- šírenie je ovplyvnené vlastnosťami ionosférických vrstiev

# Šírenie elektromagnetických vln v rôznom prostredí

## ŠÍRENIE V IDEÁLNOHOMOGÉNNOM DIELEKTRIKU

- **vlastnosti prostredia** z hľadiska šírenia elm vln:
  - merná elektrická vodivosť  $\sigma = 0$
  - dielektrická konštanta (permitivita)  $\epsilon = \text{konštanta}$
  - permeabilita  $\mu = \mu_0$
- takéto dielektrikum - **spodné vrstvy atmosféry** ( $\epsilon_r = 1$ )

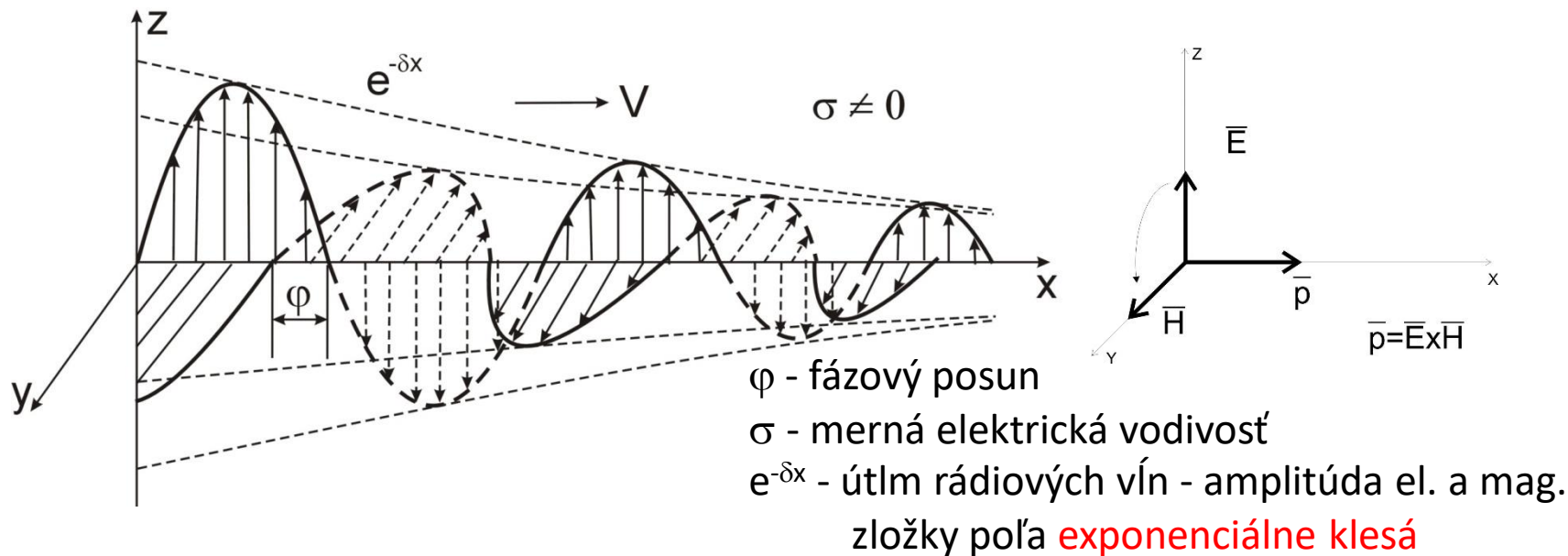




- **guľové vlnenie je nahradené rovinným** – elektrické a magnetické pole bude mať len jednu zložku ( $E_z$  a  $H_y$ ), ostatné sa rovnajú nule
  - **vektory „E“ a „H“** sú navzájom kolmé
  - **smerník šírenia** vlny je v kladnom smere osi „x“
  - **fázový posun** v smere osi šírenia je nulový
  - **amplitúda** jednotlivých zložiek je konštantná

## ŠÍRENIE V HOMOGENNOM POLOVODIVOM PROSTREDÍ

- napr. šírenie vln pri preniknutí elm vlnenia do morskej vody, zemského povrchu, vrchnej vrstvy ionosféry
- **vlastnosti prostredia** (polovodivé prostredie- dielektrikum) z hľadiska šírenia elm vln:
  - merná elektrická **vodivosť**  $\sigma \neq 0$
  - permeabilita  $\mu_r$
  - dielektrická konštanta (permitivita)  $\epsilon = n - jp$ 
    - „n“ (**reálna zložka**) ovplyvňuje **rýchlosť šírenia vlnenia**
    - „jp“ (**imaginárna zložka**) ovplyvňuje **veľkosť amplitúdy**



■ **útlm rádiových vln** v polovodivom prostredí **stúpa s frekvenciou**, preto sú **najdlhšie vlny najvýhodnejšie** pre rádiové spojenia v takomto prostredí!!!!

- výraz „ **$e^{-\delta x}$** “ vyjadruje, že **amplitúda** elektrickej a magnetickej zložky poľa **exponenciálne klesá**
- rýchlosť šírenia „ **$v$** “ **sa líši** od rýchlosti šírenia v ideálnom dielektriku
- **magnetické pole** je **fázovo posunuté** oproti elektrickému poľu o uhol „ **$\varphi$** “

konštanta útlmu

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} p$$

rýchlosť šírenia (ovplyvňuje ju „ $n$ “)

$$v = \frac{c}{n}$$

# ODRAZ A LOM ELEKTROMAGNETICKÝCH VĹN

## ■ odraz a lom nastáva

- hlavne pri KV a VKV
- pri prechode vlnenia z prostredia s dielektrickou konštantou „ $\epsilon_1$ “ do prostredia s „ $\epsilon_2$ “

## Odraz a lom elektromagnetického vlnenia na rozhraní dvoch dielektrík, ak merná elektrická vodivosť $\sigma = 0$

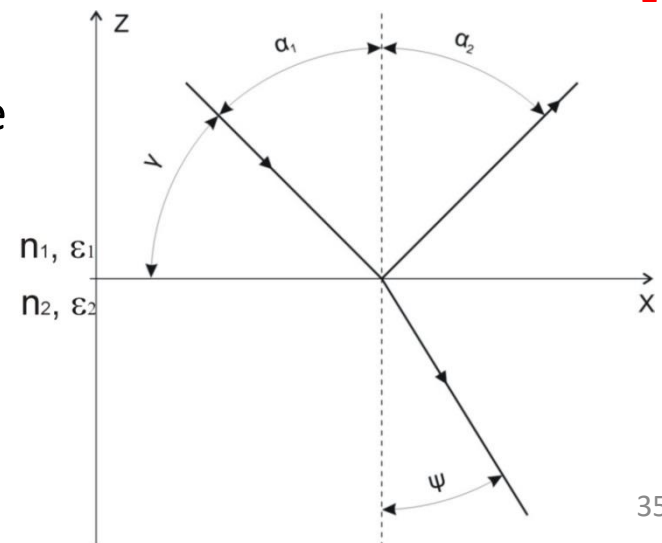
## ■ ak dopadne elm vlnenie na rozhranie dvoch dielektrík pod uhlom „ $\alpha_1$ “

- časť sa **odrazí** pod uhlom „ $\alpha_2$ “  
pričom obidva uhly ležia v tej istej rovine

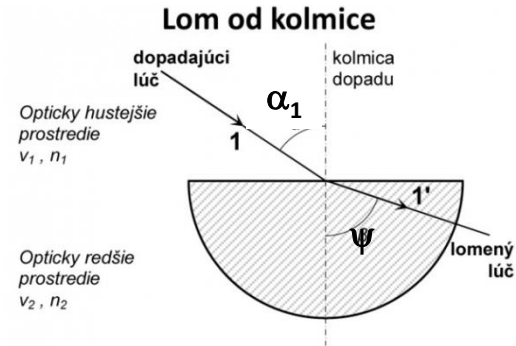
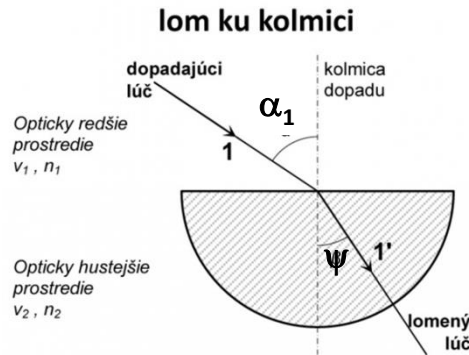
$$\sin \alpha_1 = \sin \alpha_2$$

- časť sa **láme** do nového prostredia pod uhlom „ $\psi$ “ (Snellov zákon lomu)

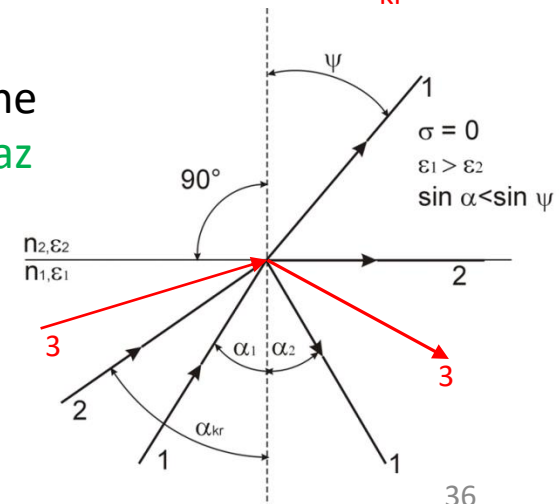
$$n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \psi$$



- ak vstupuje elm vlnenie z prostredia s menšou dielektrickou konštantou do prostredia s väčšou dielektrickou konštantou ( $\epsilon_2 > \epsilon_1$ ); vlnenie sa **láme ku kolmici** a teda ( $\sin \alpha_1 > \sin \psi$ )
- ak vstupuje elm vlnenie z prostredia s väčšou dielektrickou konštantou do prostredia s menšou dielektrickou konštantou ( $\epsilon_2 < \epsilon_1$ ); vlnenie sa **láme od kolmice** a teda ( $\sin \alpha_1 < \sin \psi$ )

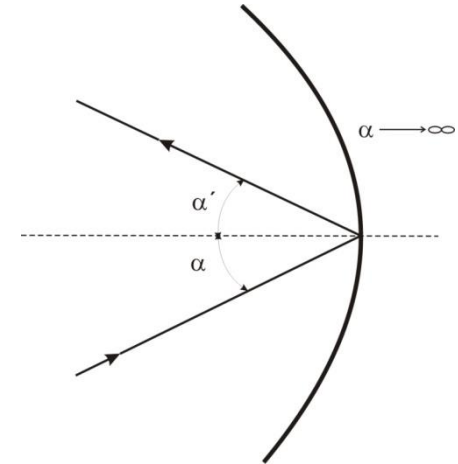
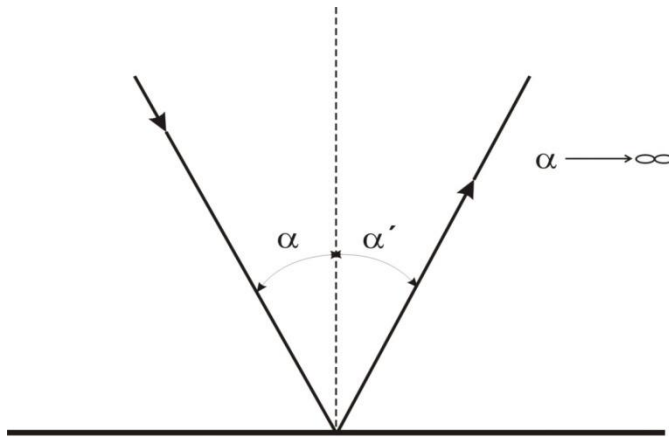


- „ $\sin \psi$ “ môže nadobudnúť najviac hodnotu **1**, keď  $\psi = 90^\circ$  - tomuto uhlu lomu prislúcha v prostredí s väčšou dielektrickou konštantnou uhol „ $\alpha_{kr}$ “ (**kritický – špecifický prípad, medzný uhol**) (lúč 2)
- ak sa tento uhol prekročí, žiadne vlnenie neprenikne rozhraním a všetka energia sa odrazí – **totálny odraz** (lúč 3)
- pri **vertikálne polarizovanej** vlne pri určitom uhle dopadu **prechádza celá energia elm vlnenia do druhého prostredia**; tento uhol nazývame **polarizačný uhol** alebo **Brewsterov uhol**



## Odraz elektromagnetického vlnenia od dokonale vodivého prostredia (merná elektrická vodivosť $\sigma \rightarrow \infty$ )

- energia dopadajúcej vlny **nepreniká do druhého prostredia** – nastáva **totálny odraz**
- odrazené vlny môžu byť **rovinné** alebo **sférické**



- pri odraze **vertikálne polarizovanej vlny** sa **nemení** ani **amplitúda**, ani **fáza**
- pri odraze **horizontálne polarizovanej vlny** sa **amplitúdy zachovajú**, ale **mení sa fáza** odrazenej vlny o  $180^\circ$

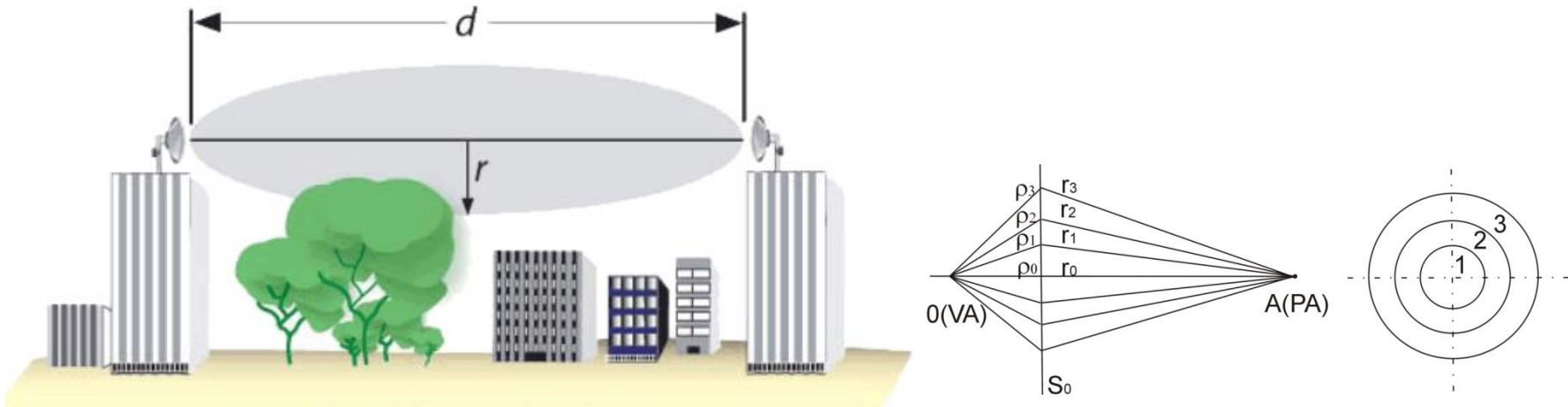
# Činiteľ tlmenia elektromagnetických vln

- **elm vlny** šíriace sa v reálnom prostredí sú viac alebo menej **tlmené**
  - pri šírení prízemnej vlny časť energie vlny preniká **pod povrch Zeme** a **mení sa na teplo**
  - časť energie sa **rozptyľuje**
  - iba pomerne **malá časť energie dopadá** na prijímaciu anténu
- **činiteľ tlmenia** ( $W$ ) - **zmenšenie intenzity elektrického poľa** vlny šíriacej sa v **reálnom prostredí** v **porovnaní s intenzitou poľa**, ktorá by existovala v **ideálnom voľnom priestore**
- **činiteľ tlmenia** je funkciou
  - **vzdialenosti „R“** medzi VA a PA
  - v mnohých prípadoch sa tlmenie trasy mení s časom, preto činiteľ tlmenia je tiež **funkciou času**
- výkon „ $P_2$ “ dodávaný prijímacou anténou do prijímača pri šírení elektromagnetických vln v reálnom prostredí
  - pričom činiteľ  $\lambda / 4\pi R$  je **tlmenie voľného priestoru** medzi izotropnými anténami (VA a PA)

$$P_2 = \frac{G_1 G_2 \lambda^2 P_1}{(4\pi R)^2} |W|^2$$

# Fresnelove zóny

- pri **analýze šírenia elm vln musíme** predovšetkým poznať, ktorá časť priestoru rozhodujúcim spôsobom ovplyvňuje šírenie, t. j. **oblasť, v ktorej je elm vlna „sústredená“** - **Fresnelova (čítaj Frenelova) zóna**



- mať VA a PA v línii pohľadu (**LOS**) je „**nutná podmienka**“ - bez toho to nejde – najmä pri vyšších frekvenciách (napr. WiFi-2.4 či 5GHz) rádiové vlny jednoducho neuhnú a cez prekážku neprejdú
- mnohí však netušíte, že **LOS nie je „postačujúca podmienka“**
  - je tu totiž ešte jedna maličkosť, na ktorú mnohí zabúdajú a to je dodržanie tzv. Fresnelovej zóny
  - celý vtip je v tom, že rádiové vlny sa nešíria po priamke ako laser, ale potrebujú aj trošku priestoru naokolo

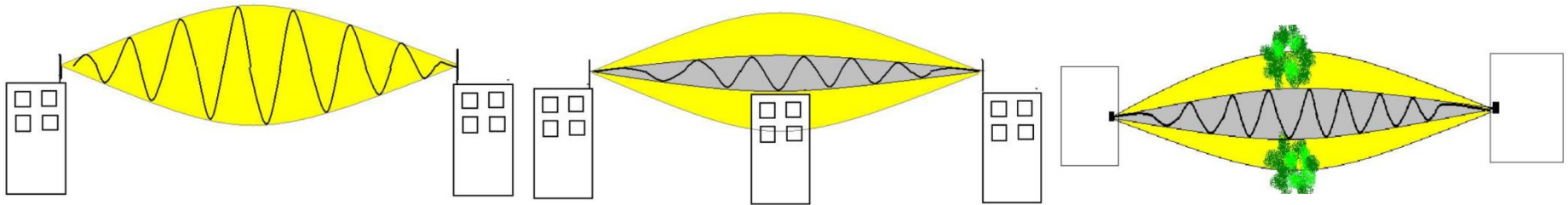
- veľkosť polomeru „r“ (m) Fresnelovej zóny sa vypočíta nasledovne

$$r = 0,164 \sqrt{\frac{d}{f}} \text{ [m]}$$

- kde „d“ je vzdialenosť medzi anténami (m) a „f“ je frekvencia (GHz)

- aby sa **zamedzilo stratám**, tak je nutné zaistiť, aby **aspoň 80% zóny** bolo voľných

- takže pokiaľ má zóna polomer napr. 1m, tak stačí, keď dáme anténu tak, aby bola pomyselná priamka medzi anténami aspoň 80cm nad prekážkou



Fresnelova zóna bez narušenia

Narušená Fresnelova zóna (pohľad z boku)

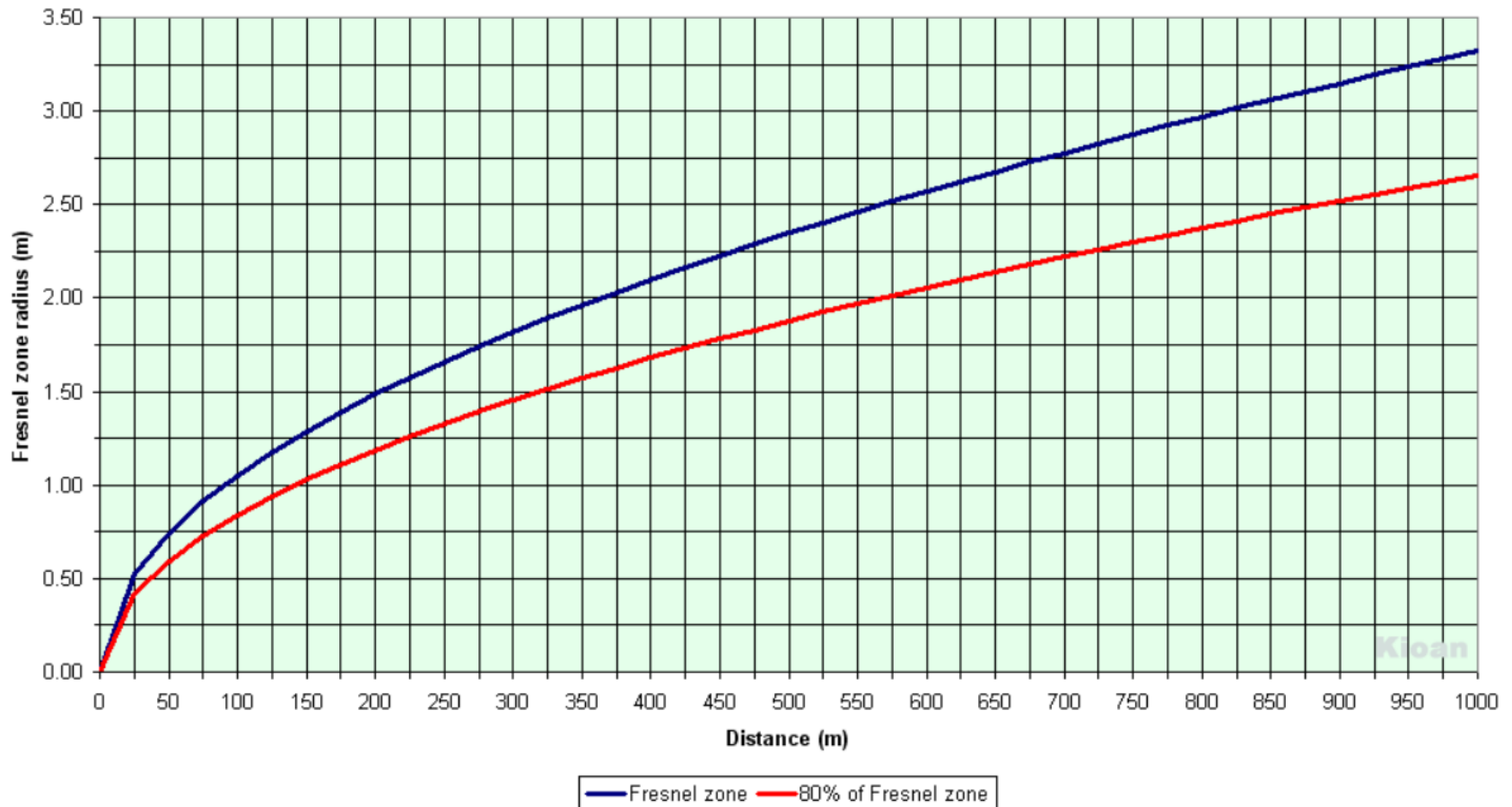
Narušená Fresnelova zóna (pohľad zhora)

- narušená Fresnelova zóna väčšinou nemá za následok príliš podstatné zníženie úrovne signálu - skôr sa prejaví ako nárast rušivých odrazov, čo znižuje kvalitu prenášaného dátového toku (strata paketov, vyššia latencia)
- pokiaľ nie je voľných aspoň 60% priemeru zóny, dochádza už k výraznej degradácii kvality spojenia a vplyvom odrazov k významnému rušeniu okolia



- asi takto vypadá Fresnelova zóna pre rôzne vzdialenosti pri 2.4GHz spoji (pre 5GHz je o niečo lepšia, ale určite nie 2x lepšia → vo vzorci je odmocnina!)

Fresnel zone for the 2,4GHz band



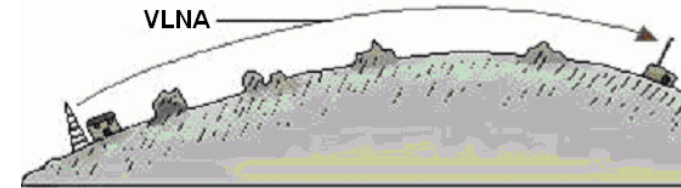
- **pravidlo 2,5m**: pokiaľ u ľubovoľného WiFi spoja do 1km nebudete mať žiadnu prekážku 2,5m pod, nad, alebo z boku v ceste signálu, tak bude viditeľnosť OK

Délka spoje	Průměr Fresnelovy zóny
100 m	1,8 m
200 m	2,5 m
300 m	3,1 m
400 m	3,6 m
500 m	4,0 m
700 m	4,7 m
1000 m	5,6 m
1200 m	6,2 m
1500m	6,9 m
2000m	8,0 m
2600 m	9,1 m
3000 m	9,8 m
4000 m	11,3 m

# Šírenie rádiových vln

- za **rádiové vlny** považujeme vlny od **10.000m (DV)** do **0,1m (UKV)**
  - **dlhé vlny** (DV, 1-10 kilometrov)
  - **stredné vlny** (SV, 100-1000 metrov)
  - **krátke vlny** (KV, 10-100 metrov)
  - **veľmi krátke vlny** (VKV, 1-10 metrov) označované tiež ako VHF (Very High Frequency) je frekvenčné pásmo v rozsahu 30 - 300 MHz
    - genericky využívané v rozhlase, ale tiež používané ako najstaršie pásma analógovej televízie tzv. I. - II. pásmo, t.j. 1. - 12. kanál, 48 - 230 MHz
  - **ultrkrátke vlny** (UKV, 10-1 decimetrov) označované tiež ako UHF (Ultra High Frequency) je frekvenčné pásmo v rozsahu 300 - 3000 MHz
    - okrem toho, že ho všeobecne využívajú GSM technológie
    - a WiFi či bluetooth technológie
    - sa tiež používa v oblasti pásma „novšej“ analógovej televízie tzv. IV. - V. pásmo, t.j. 21. - 69. kanál, 470 - 862 MHz
- rádiové vlny sú **generované v rádiových vysielateľoch**, ktoré v elektronických obvodoch vytvoria signál potrebnej frekvencie, namodulujú tento signál prenášanou informáciou a signál s potrebným výkonom vyšlú pomocou vysielacej antény

## DLHÉ VLNY (DV)

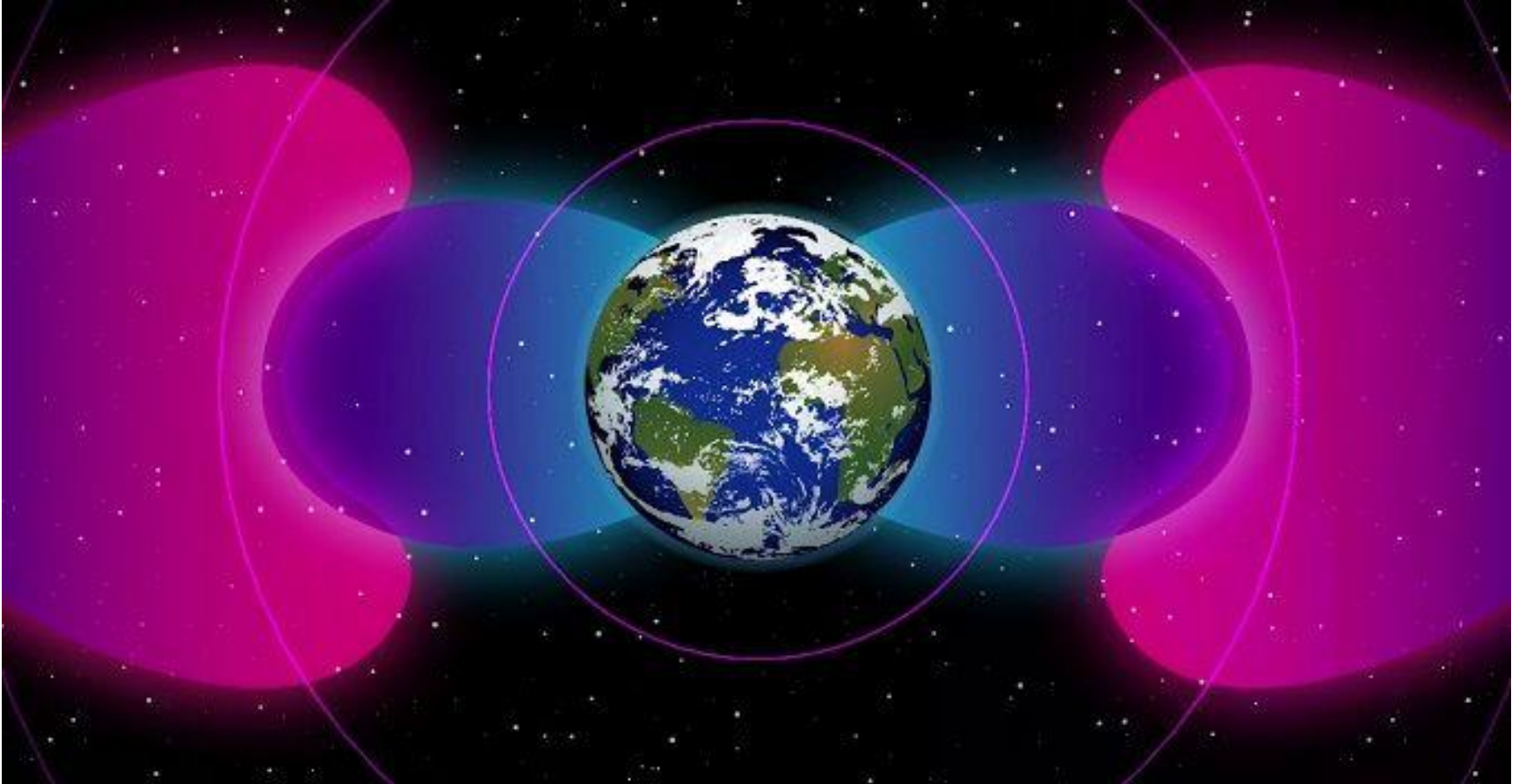


- používajú sa na **spojenie na veľké vzdialenosti** (aj niekoľko 100 km) nakoľko sa šíria v priestore medzi zemou a ionosférou
- **rozdeľujeme** na:

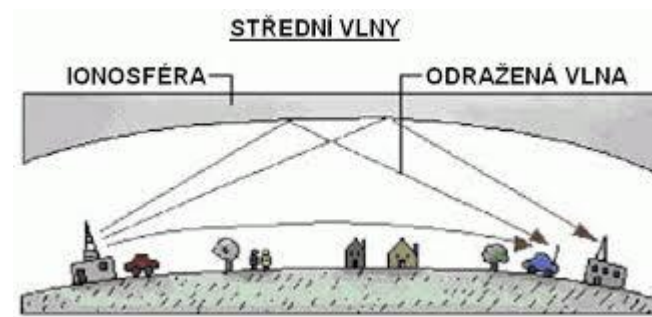
Názov	Skratka	Frekvencia Vlnová dĺžka	Príklady použitia
Extrémne nízka frekvencia	ELF	3–30 Hz 100.000 – 10.000km	Komunikácia s ponorkami
Super nízka frekvencia	SLF	30–300 Hz 10.000 – 1000 km	Komunikácia s ponorkami
Ultra nízka frekvencia	ULF	300–3000 Hz 1000 – 100 km	Komunikácia v baniach
Veľmi nízka frekvencia	VLF	3–30 kHz 100 – 10 km	Komunikácia s ponorkami bezdrôtové merače pulzu
Nízka frekvencia	LF	30–300 kHz 10 – 1 km	Navigácia, časové signály, AM vysielanie (dlhé vlny)

- šíri sa priestorovými vlnami:
  - **povrchovými vlnami** na vzdialenosť 3000 – 4000 km difrakciou (ohyboom)
  - **prízemnými odrazenými vlnami**, ktoré vznikajú odrazom od spodných vrstiev ionosféry (odrazmi)
- následkom **zmeny koncentrácie** elektrónov a iónov v ionosfére sa **mení výška** jej odrazových vrstiev, a teda **aj fáza vln**, ktoré prichádzajú do miesta príjmu po **rôznych dráhach**, v dôsledku čoho vzniká **kolísanie intenzity poľa** v mieste príjmu
  - kolísanie intenzity v pásme DV je však také nepatrné a pomalé, že sa sluchom nedá ani postrehnúť
  - keď má nastať kolísanie príjmu, musí sa zmeniť fáza jedného z odrazených lúčov o  $180^\circ$
  - takejto zmene fázy zodpovedá dráhový rozdiel daný polovičnou hodnotou vlnovej dĺžky
    - pri  $\lambda = 10\ 000\ \text{m}$  je to  $5000\ \text{m}$ , čo je taký veľký dráhový rozdiel, ktorý málokedy vzniká
- ich **využitie** je najmä
  - v riedko osídlených oblastiach na **pokrytie rádiovým** signálom (DV)
  - frekvenčné a časové štandardy (DCF77)
  - rádiové majáky, komunikácia s ponorkami a aj na **navigáciu** na lodi

- **veľmi dlhé rádiové vlny** vytvárajú akúsi bublinu (modrá), ktorá odtláča oblasť škodlivej radiácie (ružová) zvanú Van Allenove pásy.



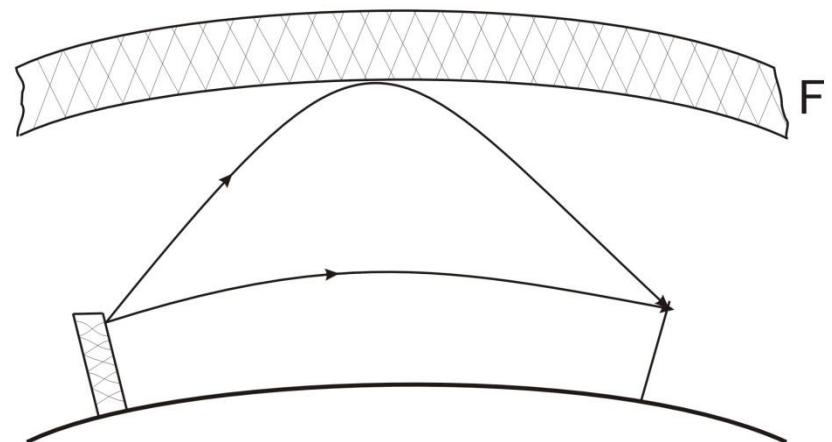
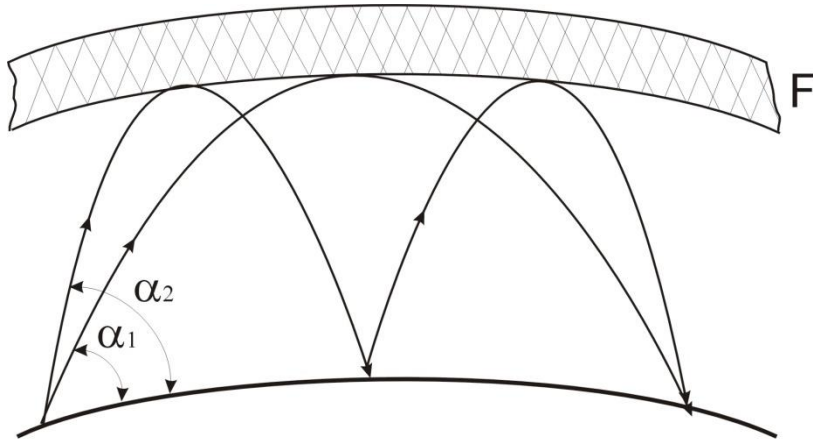
# STREDNÉ VLNY (SV)



- sú tiež známe ako **hektometrové** vlny
- šíri sa priestorovými vlnami:
  - **povrchovými vlnami** difrakciou (ohybohm)
  - **prízemnými odrazenými vlnami**, ktoré vznikajú odrazom od spodných vrstiev ionosféry (odrazmi)

Názov	Skratka	Frekvencia Vlnová dĺžka	Príklady použitia
Stredná frekvencia	MF	300–3000 kHz 1 km – 100 m	AM vysielanie (stredné vlny)

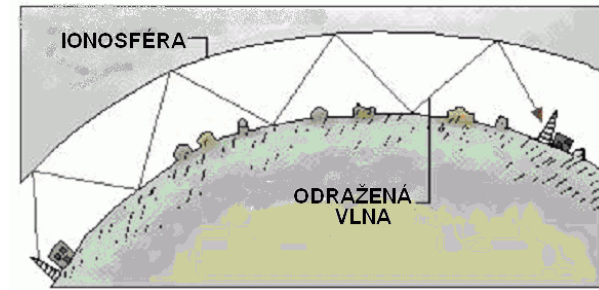
- **cez deň** vzniká silné **pohlcovanie prízemnej vlny**, preto táto zaniká a vlnenie sa šíri **len povrchovou vlnou**, ktorá je tlmená zemským povrchom
- **v noci** sa stredné vlny šíria **prízemnou aj povrchovou** vlnou, preto sú **ich dráhy šírenia rôzne** a môže dôjsť v mieste príjmu **k interferencii dvoch signálov** z povrchovej a prízemnej vlny, čo má za následok kolísanie príjmu – **únik**



- ako **opatrenie proti úniku**, sa používajú na vysielačnej strane **protiúnikové antény** - antény postavené tak, aby intenzívnejšie vyžarovali povrchové vlny na úkor prízemných vln
- ich **využitie** je najmä
  - v riedko osídlených oblastiach na **pokrytie rádiovým** signálom (SV)
  - navigačné rádiomajáky a komunikácia lodí s pobrežím



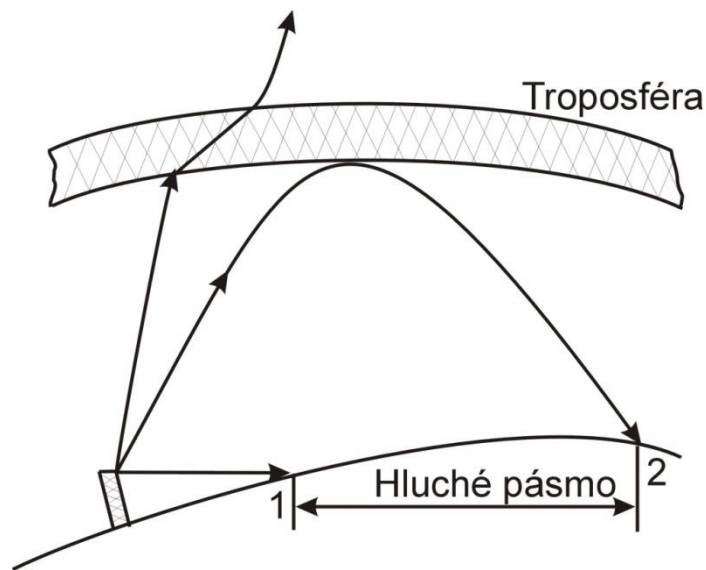
## KRÁTKÉ VLNY (KV)



- Šíri sa priestorovými vlnami:
  - **povrchovými vlnami** difrakciou (ohybohm) na 10ky km
  - **prízemnými vlnami** – odrazenými na 1000ky km

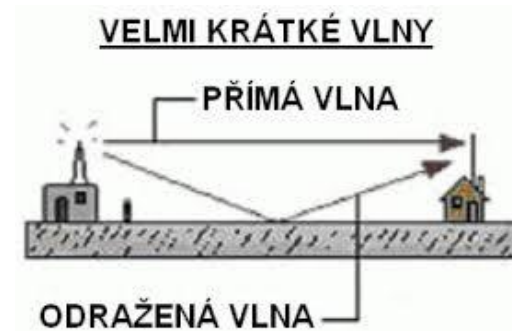
Názov	Skratka	Frekvencia Vlnová dĺžka	Príklady použitia
Vysoká frekvencia	HF	3–30 MHz 100 m – 10 m	Krátkovlnné vysielanie (KV) a amatérske rádio

- vplyvom polovodivého povrchu a guľatosti Zeme sa **povrchové vlny** už pri vzdialenostiach niekoľko **desiatok km utlmia**, prízemné vlny vznikajú odrazom od horných vrstiev ionosféry
- odraz od ionosféry je však nestály, čím vzniká takzvaný **únik** signálu
  - **únik** u tohto typu vln **je omnoho silnejší** ako v pásme SV
- keďže sa šíria podobne ako stredné vlny (dvomi spôsobmi) ich nevýhodou je, že vznikajú takzvané **hluché miesta**
  - **hluché miesta** sú tie, na ktoré signál nedosiahne povrchovými vlnami a odrazený signál (prízemná odrazená vlna) dosahuje omnoho ďalej



- **ozvena rádiových vln** je opakovanie rádiového signálu **vplyvom šírenia** po **niekoľkých rôznych cestách**
  - je spôsobená dopadom KV signálu šíriaceho sa prízemnou vlnou na miesto príjmu po obehnutí okolo Zeme - takto vzniká ozvena s oneskorením asi 0,13 s; môže byť aj niekoľkonásobná
- ich **využitie** je najmä
  - predovšetkým na **prenos rozhlasového** a **rádiového** signálu v atmosfére

# VEĽMI KRÁTKÉ VLNY (VKV)



- šíri sa len **prízemnými vlnami**
  - **od ionosféry sa neodrážajú** - prenikajú do medzihviezdného priestoru
  - odraz od ionosféry môže nastať len v mimoriadnych prípadoch, v období veľkej slnečnej činnosti

Názov	Skratka	Frekvencia Vlnová dĺžka	Príklady použitia
Veľmi vysoká frekvencia	VHF	30–300 MHz 10 m – 1 m	FM rádiové (VKV; pásmo OIRT: 65 až 74 MHz; pásmo CCIR: 87 až 108 MHz (v USA a v Európe), od 76 MHz do 108 MHz (v Japonsku)) a Televízne vysielanie

- pretože príjem je možný len v dosahu priamej viditeľnosti, zlepšenie príjmu sa docieli vhodným umiestením VA a PA
- vlny v oblasti VKV sa odrážajú od predmetov, ktoré sú im v ceste, a to tým viac, čím majú kratšiu vlnovú dĺžku - využíva sa to v rádiolokačnej technike (radar)

■ ich využitie je najmä

- predovšetkým na prenos rozhlasového a rádiového signálu v atmosfére
- FM rozhlasové a televízne vysielanie

Názov pásma	Frekvencia Vlnová dĺžka	Príklady využitia
Pásmo OIRT (VKV I, "východná norma")	65-74 MHz 4,62 m - 4,05 m	Východná Európa (SNS), do začiatku 90. rokov. 20. stor. stredná Európa
Pásmo CCIR	76-108 MHz 3,95 m - 2,77 m	Japonsko
Pásmo CCIR (VKV II, "západná norma")	87-108 MHz 3,45 m - 2,77 m	USA, západná Európa, stredná Európa

# ULTRA KRÁTKE VLNY (UKV)

- táto vlnová dĺžka sa využíva výhradne **pre spojenia** do vzdialenosti **priamej viditeľnosti** (LOS) – prízemná priama vlna
  - pri šírení cez prekážky vzniká úplné tienenie teda miesta takmer bez signálu (**hluché miesta**) - sú blokované kopcami a veľkými budovami
  - prenos cez steny budov je dostatočný pre vnútorný príjem

Názov	Skratka	Frekvencia Vlnová dĺžka	Príklady použitia
Ultra vysoká frekvencia	UHF	300–3000 MHz 1 m – 100 mm	Televízne vysielanie, mobilné telefóny (GSM), Wi-Fi, komunikácia typu zem-vzduch alebo vzduch-vzduch

- ich **využitie** je najmä
  - televízne vysielanie (DVB-T)
  - mobilné telefóny (GSM)
  - WiFi siete
  - vysielачky
  - navigácia (GPS) a mnoho ďalších aplikácií

# Kontrolné otázky

- Kto to bol Hans Christian Ørsted?
- Kto to bol François Arago?
- Kto to bol André-Marie Ampere?
- Kto to bol Michael Faraday?
- Kto to bol James Clerk Maxwell?
- Kto to bol Heinrich Hertz?
- Kto to bol Guglielmo Marconi?
- Kto to bol Alexander Stepanovič Popov?
- Kto to bol Jozef Murgaš?
- Ktorý z fyzikov objavil v r. 1820 súvis medzi elektrinou a magnetizmom?
- Ktorý z fyzikov objavil v r. 1820 princíp produkcie magnetizmu pomocou cylindricky stočeného medeného vodiča?
- Ktorý z fyzikov vyslovil v r. 1820 prvú teóriu magnetizmu?
- Ktorý z fyzikov objavil v r. 1831 elektromagnetickú indukciu?
- Ktorý z fyzikov vynášiel v r. 1887 oscilátor?
- Komu sa pripisuje vynález rádia (1896)?
- Kto získal v r. 1933 patent na „FM“?

- Ktorý z fyzikov publikoval v r. 1873 „Pojednanie o elektrine a magnetizme“, ktoré sa stalo známe ako séria štyroch rovníc, ktoré kompletne popisujú vzájomné pôsobenie elektrických a magnetických polí?
- Ako je umiestnené elm vlnenie vo voľnom priestore vzhľadom na smer šírenia?
- Z akých zložiek sa skladá elm vlnenie vo voľnom priestore?
- Čomu sa rovná rýchlosť šírenia elm vlnenia vo voľnom priestore?
- Akým vzťahom sa vyjadruje rýchlosť šírenia elm vlnenia?
- Čo je polarizácia elektromagnetického vlnenia?
- Aké typy polarizácie elm vlnenie poznáme?
- Ktorú polarizáciu môžeme deliť na vertikálnu a horizontálnu?
- Ako sa mení veľkosť výsledného vektora „E“ a uhlová rýchlosť „ $\omega$ “ pri lineárnej polarizácii?
- Ako sa mení veľkosť výsledného vektora „E“ a uhlová rýchlosť „ $\omega$ “ pri kruhovej polarizácii?
- Ako sa mení veľkosť výsledného vektora „E“ a uhlová rýchlosť „ $\omega$ “ pri eliptickej polarizácii?
- Ako polarizované elm vlnenie si zachováva polarizáciu aj pri prechode ionosférou, čím je zaručené verné sledovanie cieľov?
- Aký charakter majú elm vlny?

- Rozdelenie frekvenčného pásma rádiových vln.
- Príklady komerčného využitia frekvenčného pásma rádiových vln.
- Aké sú spôsoby šírenia elm vln v okolí Zeme?
- Ako sa šíri povrchová vlna?
- Ako rozdeľujeme prízemné vlny a ako sa šíria?
- Aké sú to trposférické a ionosférické vlny a ako sa šíria?
- Aké vlastnosti ( $\delta$ ,  $\epsilon$ ,  $\mu$ ) má ideálne homogénne dielektrikum z hľadiska šírenie elm vln?
- Akú amplitúdu jednotlivých zložiek a fázový posun v smere osi šírenia má elm vlnenie v ideálnom homogénnom dielektriku?
- Aké vlastnosti ( $\delta$ ,  $\epsilon$ ,  $\mu$ ) má homogénne, polovodivé prostredie z hľadiska šírenie elm vln?
- Akú amplitúdu jednotlivých zložiek a fázový posun v smere osi šírenia má elm vlnenie v homogénnom, polovodivom prostredí?
- Kedy dochádza ku totálnemu lomu (uhol lomu  $\psi=90^\circ$ ) pri dopade elm vlnenia na rozhranie dvoch dielektrík?
- Na aké prostredie musí dopadať elm vlna aby došlo k totálnemu odrazu?



- Čo robí činiteľ tlmenia („W“) s intenzitou elektrického poľa vlny šíriacej sa v reálnom prostredí v porovnaní s intenzitou poľa, ktorá by existovala v ideálnom voľnom priestore?
- Kde sa stráca (dochádza k tlmeniu) energia elm vlnenia pri jej šírení v reálnom prostredí?
- Koľko percent z Fresnelovej zóny musí byť voľných pri šírení vlny medzi vysielacou (VA) a prijímacou anténou (PA) aby nedochádzalo ku stratám?
- Ktorá vlna pri svojom šírení využíva difrakciu (lámanie)?
- Akými vlnami sa šíria „DV“ (15 – 100 kHz; 20 000 – 3000 m)?
- V dôsledku čoho dochádza ku kolísaniu intenzity poľa v mieste príjmu pri šírení „DV“ priestorovými vlnami?
- Akými vlnami sa šíria „SV“ (100 kHz – 1,5 MHz; 3000 – 2000 m)?
- V dôsledku čoho dochádza v noci ku kolísaniu príjmu – úniku intenzity poľa pri šírení „SV“?
- Akými vlnami sa šíria „KV“ (1,5 – 30 MHz; 200 – 10 m)?
- Čím sú spôsobené hluché pásme pri šírení „KV“?
- Akými vlnami sa šíria „VKV“ (nad 30 MHz; pod 10 m)?

# Zoznam použitých skratiek a symbolov

- AM amplitúdová modulácia (Amplitude Modulation)
- AT&T Americká telekomunikačná spoločnosť (American Telephone and Telegraph)
- BBC Britská vysielacia spoločnosť (British Broadcasting Corporation)
- $c$  rýchlosť svetla vo vákuu (cca  $3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$ )
- CCIR medzinárodný poradný výbor pre rádiokomunikácie (Comité Consultatif International Radiocommunication)
- dB jednotka tlmenia (decibel)
- DCF77 rádiová stanica vysielajúca dlhovlnový tzv. frankfurtský časový signál, podľa ktorého sa synchronizujú niektoré rádiové hodiny, vysieláče a iné
- DV dlhé vlny (Low Frequency (LF))
- DVB-T terestriálne digitálne televízne vysielanie (Digital Video Broadcasting-Terrestrial)
- elm elektromagnetická/é/ý
- FM frekvenčná modulácia (Frequency Modulation)
- Gbps jednotka prenosovej rýchlosti (Gb/s , Giga bit za sekundu)
- GHz jednotka frekvencie (GigaHertz,  $10^9$ )
- GPS globálny systém určenia polohy (Global Positioning System)

- GSM globálny systém mobilných komunikácií (Global System for Mobile Communications)
- Hz jednotka frekvencie (Hertz,  $10^0$ )
- IR infračervené svetlo (InfraRed)
- kHz jednotka frekvencie (kiloHertz,  $10^3$ )
- km jednotka dĺžky (kilometer,  $10^3$ )
- KV krátke vlny (High Frequency (HF))
- kW jednotka výkonu (kilowatt,  $10^3$ )
- $\lambda$  vlnová dĺžka
- LOS priama viditeľnosť (Line Of Sight)
- $\mu\text{m}$  jednotky dĺžky (mikrometer ,  $10^{-6}$ )
- m jednotky dĺžky (meter)
- mm jednotky dĺžky (milimeter ,  $10^{-3}$ )
- Mbps jednotka prenosovej rýchlosti (Mb/s, Mega bit za sekundu)
- MHz jednotka frekvencie (MegaHertz,  $10^6$ )
- NLOS bez priamej viditeľnosti (Non Line Of Sight)
- nm jednotka dĺžky (nanometer,  $10^{-9}$ )
- NMT analógový štandard pre mobilné telefóny (Nordic Mobile Telephone)

- OIRT medzinárodná organizácia pre rozhlas a televíziu (franc. L'Organisation internationale de radiodiffusion et de télévision)
- PA prijímacia anténa
- RF rádiové frekvencie (Radio Frequency)
- s jednotka času (sekunda,  $10^0$ )
- SV stredné vlny (Medium Frequency (MF))
- THz jednotka frekvencie (TeraHertz,  $10^{12}$ )
- TV televízia (Television)
- UKV ultra krátke vlny (Ultra High Frequency (UHF))
- UV ultrafialové svetlo (Ultra Violet)
- VA vysielacia anténa
- VKV veľmi krátke vlny (Very High Frequency (VHF))
- W jednotka výkonu (Watt)
- WiFi súbor štandardov pre bezdrôtovú komunikáciu (Wireless Fidelity – „bezdrôtová vernosť“)
- WiMax bezdrôtová telekomunikačná technológia (World Interoperability for Microwave Access)



Ďakujem za pozornosť