

Prednáška 10: **PLOŠNÉ ANTÉNY**

doc. Ing. Ľuboš Ovseník, PhD.
(lubos.ovsenik@tuke.sk, tel. 421 55 602 4336)

[http://kemt-old.fei.tuke.sk/predmety/EVaA/_materialy/
Prednasky/Pr10/Pr10.pdf](http://kemt-old.fei.tuke.sk/predmety/EVaA/_materialy/Prednasky/Pr10/Pr10.pdf)

<http://los.fei.tuke.sk>

Obsah prednášky

- Štrbinové antény
- Lievikové antény
- Reflektorové antény
 - Antény s plochým reflektorom
 - Antény s uhlovým reflektorom
 - Antény s parabolickým reflektorom
- Šošovkové antény
 - Spomaľujúce šošovky
 - Urýchľujúce šošovky

Plošné antény

- Na rozdiel od predchádzajúcich typov antén, kde na ich analýzu väčšinou možno použiť riešenie nehomogénnej vlnovej rovnice so zdrojmi elm poľa vo forme prúdového rozloženia vo vodivých častiach antén, **pri analýze plošných antén sa najčastejšie využíva teoréma ekvivalentnosti** (t. j. nahradenie elm poľa v apertúre antény ekvivalentnými povrchovými prúdmi) a **priblíženie geometrickej optiky**
- Najdôležitejšími **typmi** plošných antén sú
 - štrbinové
 - lievikové
 - šošovkové
 - reflektorové antény
 - a mikropásikové antény (samostatná kapitola)
- **Použitie** plošných antén je typické predovšetkým pre **oblasť mikrovln**

Štrbinové antény

■ Uvažujme štrbinu vytvorenú

- v nekonečnej dokonale vodivej a nekonečne tenkej platni
- nech šírka štrbiny w je omnoho menšia ako je dĺžka l a zároveň $w \ll \lambda$
- predpokladajme, že štrbina je umiestnená v rovine x, z
- a je budená rovinnou elm vlnou, šíriacou sa v smere osi y

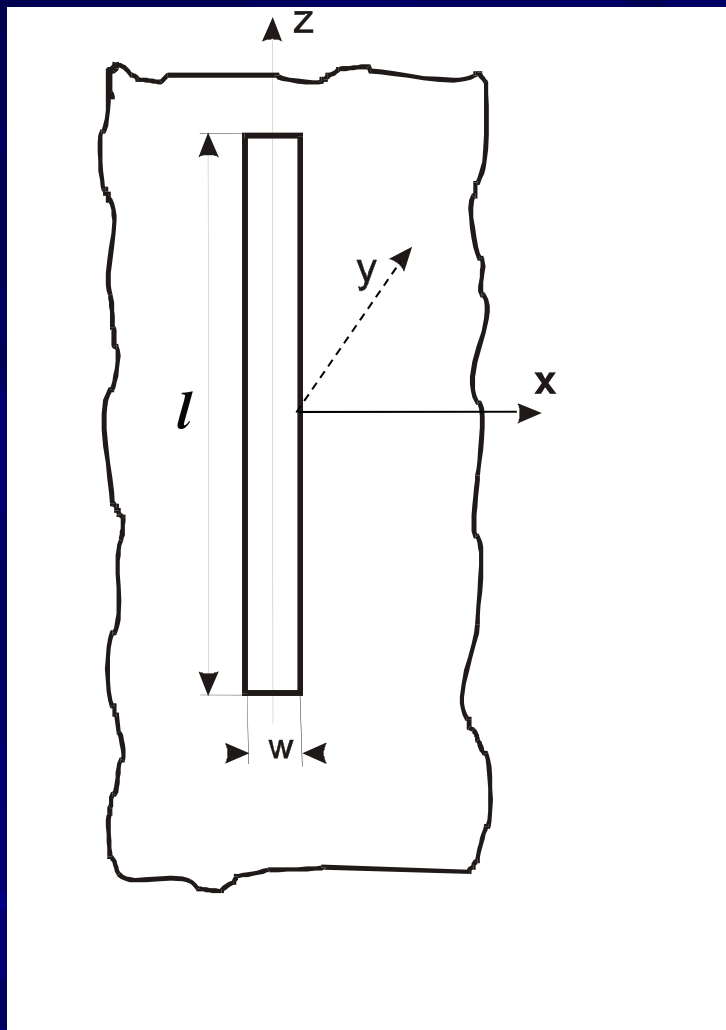
■ Potom pre polvlnovú štrbinu platí

- smerová charakteristika je rovnaká ako u polvlnového dipólu

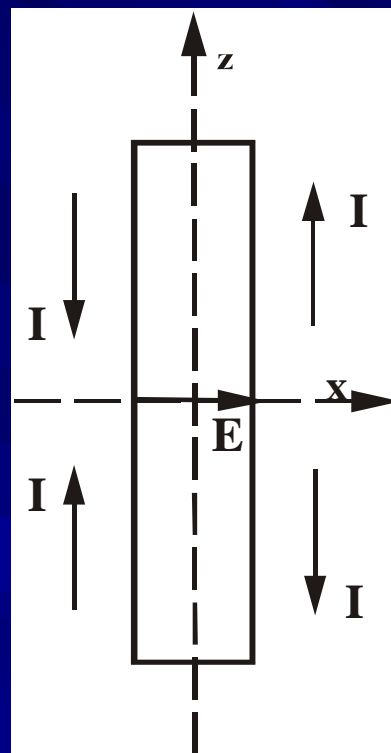
$$l = (\lambda / 2)(v_{\varphi} / c)$$

- rozdiel je len v polarizácii, ktorá v prípade štrbiny je v porovnaní s dipólom otočená o 90°
- vstupná impedancia je približne 500Ω
 - hodnota nevhodná pre budenie štrbiny pomocou koaxiálneho vedenia
 - impedančné prispôsobenie možno uskutočniť najjednoduchšie posunutím napájacieho bodu

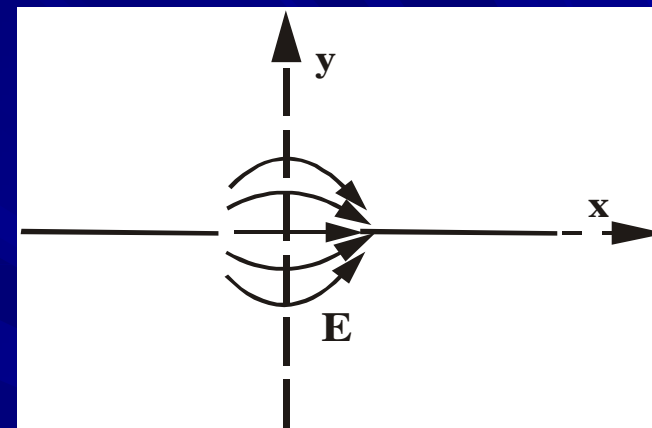
Štrbinová anténa



Štrbinová anténa v nekonečne vodivej platni

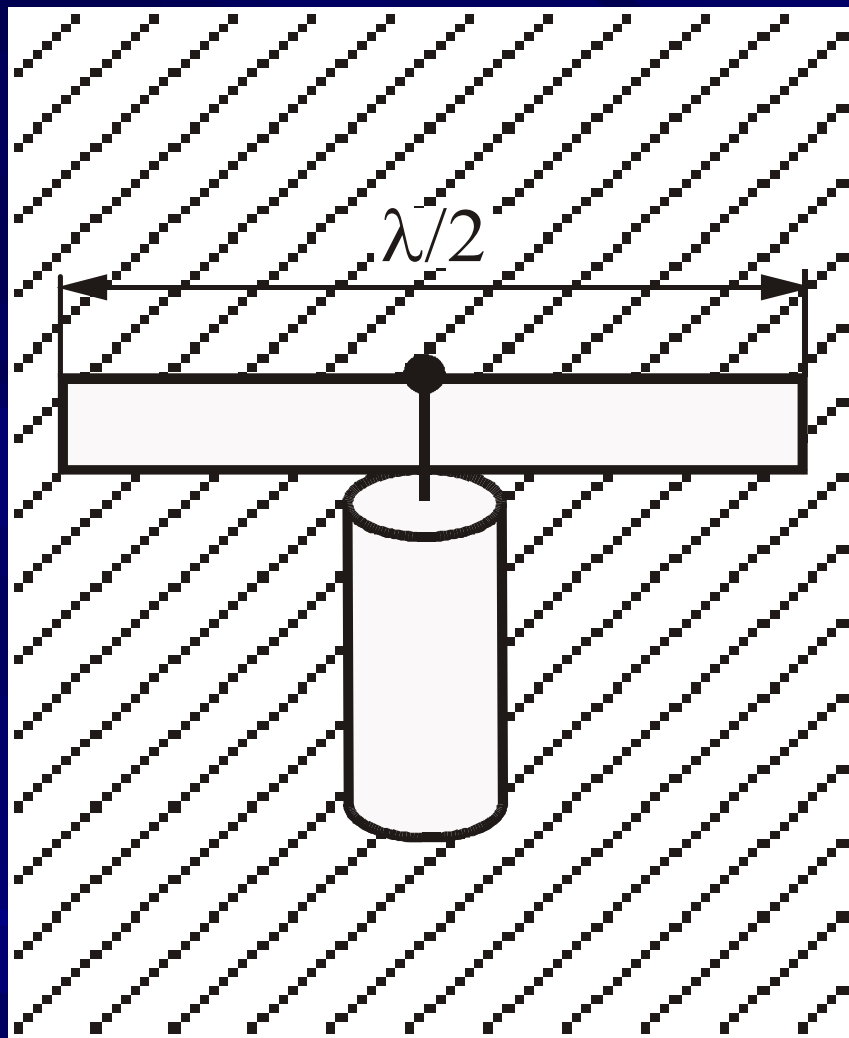


Rozloženie el. prúdu v štrbine

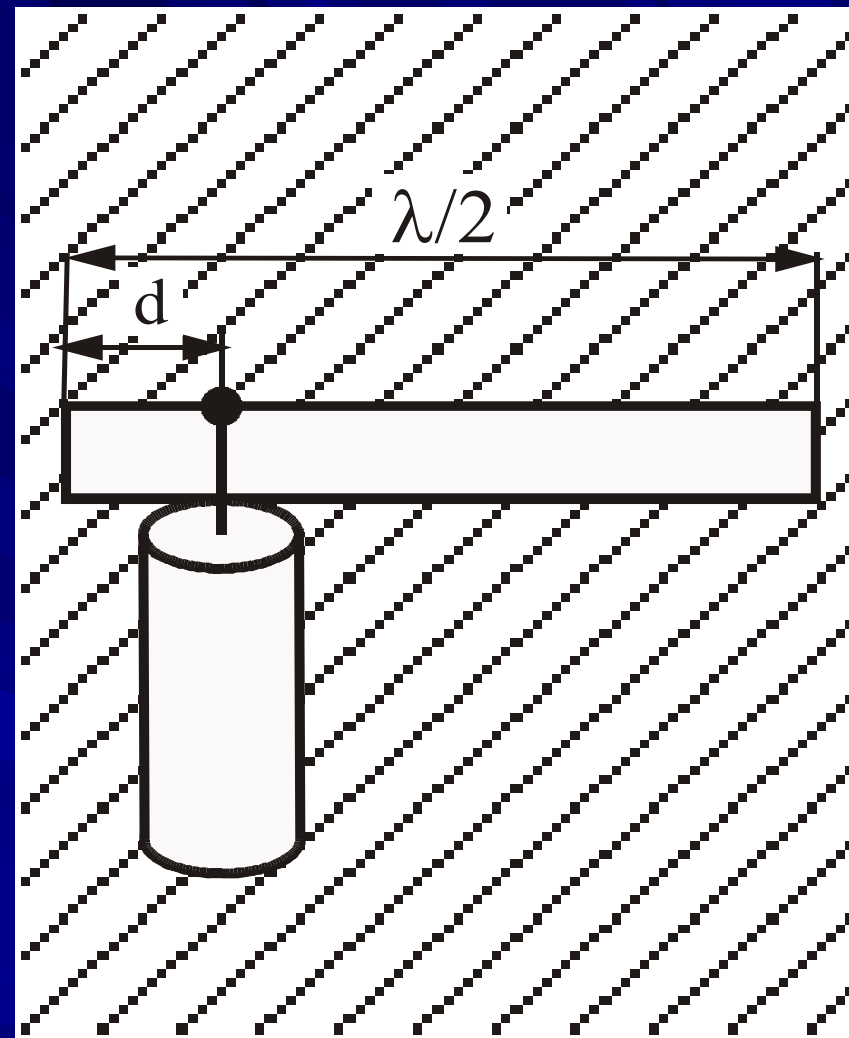


Rozloženie el. siločiar v štrbine

Napájanie štrbinovej antény koaxiálnym vedením

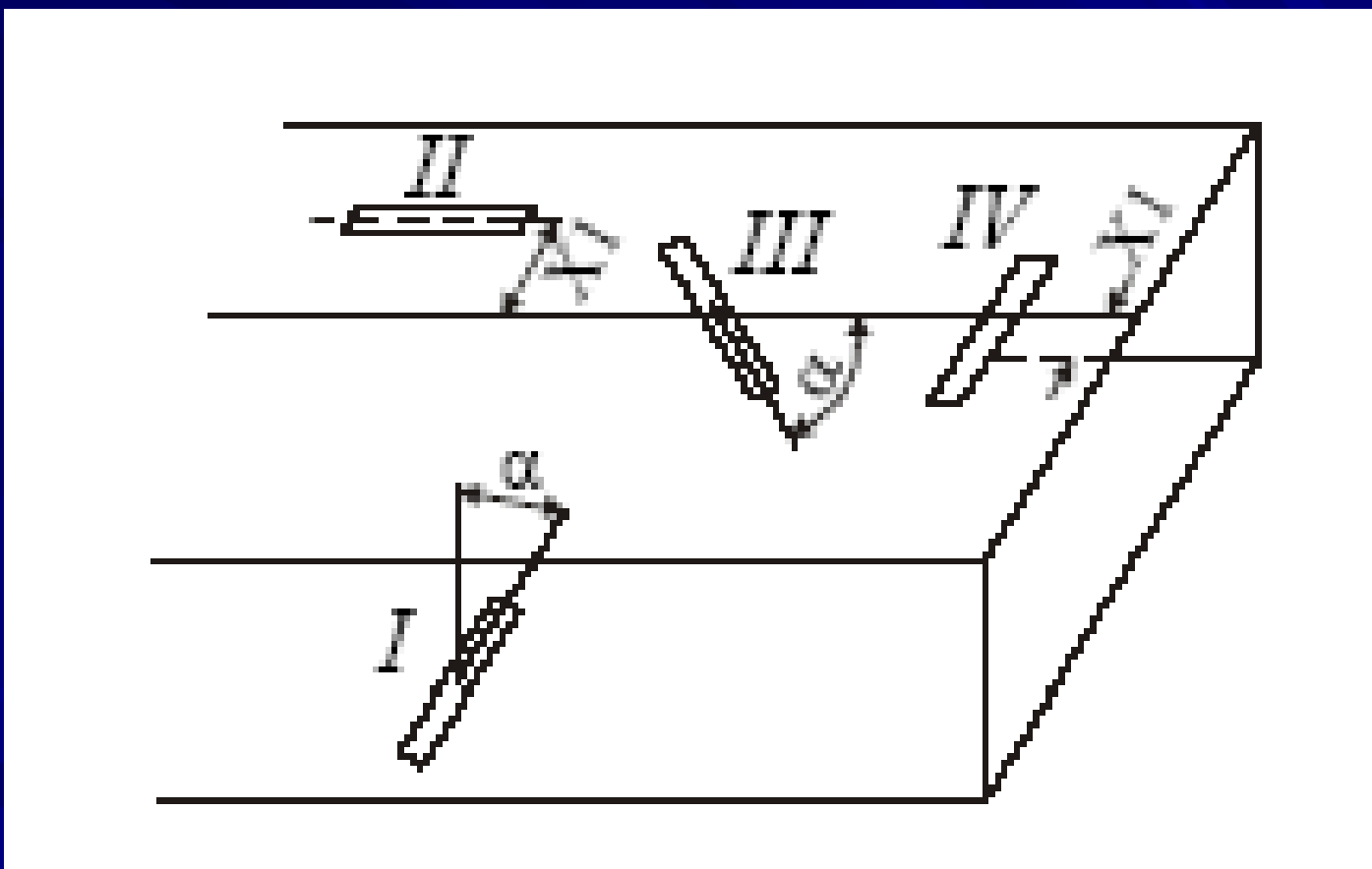


Nepripôsobené



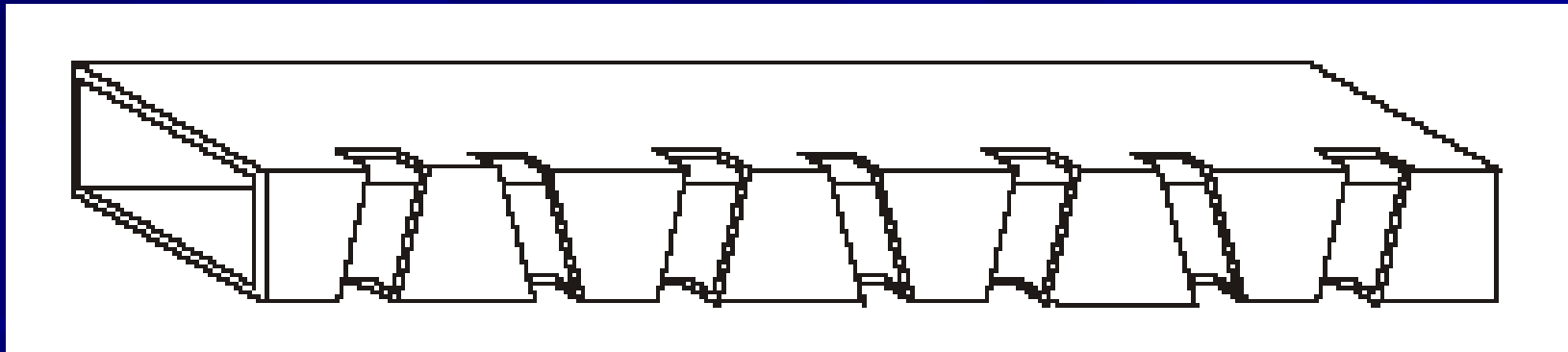
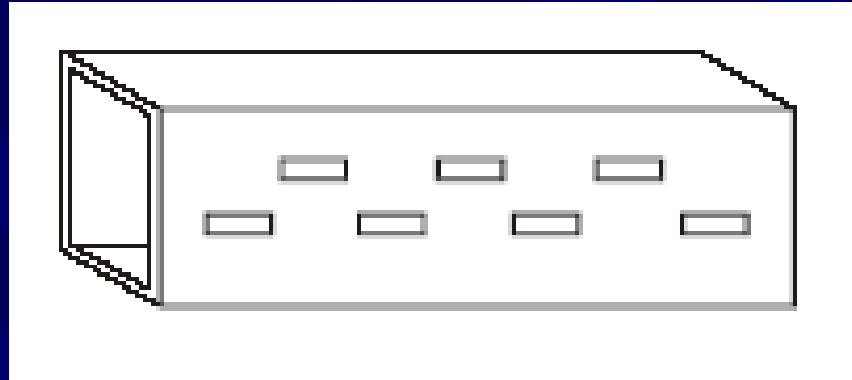
Prispôsobené

- Štrbinové antény sú veľmi rozšírené v **mikrovlnovej technike**
- **Konštruujú sa ako štrbiny v stenách vlnovodov**
 - je nutné vychádzať z podmienky, že **vyžarujúca štrbina musí pretínať smer** povrchových vĺn prúdov v stenách vlnovodu



Štyri typy vyžarujúcich štrbín vo vlnovode s obdĺžnikovým prierezom

- Štrbinové antény sa často združujú do **anténových sústav** podobne ako lineárne antény

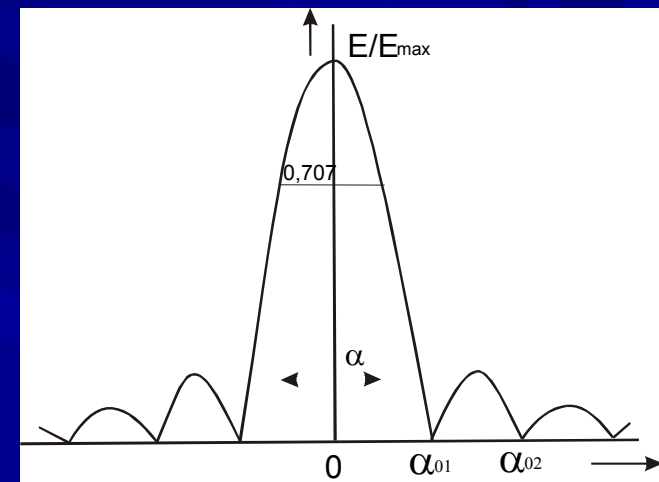
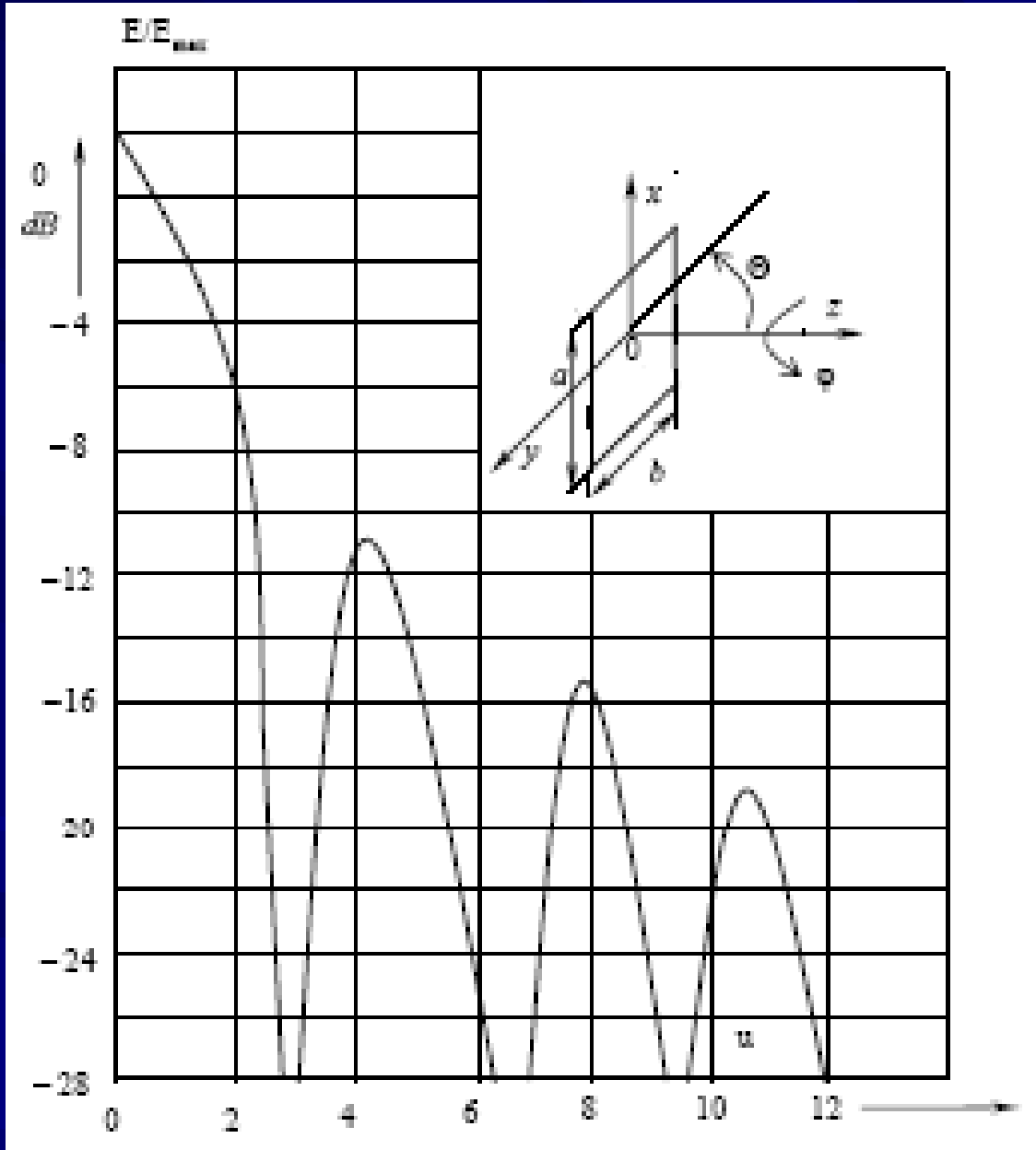


Dva typy sústav štrbinových antén
napájaných vlnovodom s obdĺžnikovým prierezom

Lievikové antény

- Lievikové antény najčastejšie **slúžia ako primárne žiariče** pre šošovkové a reflektorové antény
- Vznikajú **plynulým rozšírením rozmerov vlnovodu** a v podstate impedančne prispôsobujú vlnovod k voľnému prostrediu
- Uvažujme **obdĺžnikovú vyžarovaciu plochu** lievikovvej antény s rozmermi **a, b (apertúra)**, ktorá leží v rovine x, y
 - potom pre **smerovú charakteristiku rovnomerne ožiarenej obdĺžnikovej apertúry** platí
 - v rovine symetrie je **šírka hlavného laloka** určená šírkou apertúry v tejto rovine
 - smerová charakteristika je tým **užšia**, čím **väčšie** sú rozmery apertúry v porovnaní s vlnovou dĺžkou
 - úroveň **postranných lalokov** nezávisí od rozmerov apertúry
 - vo všeobecnosti úroveň **prvého postranného laloka** je **-13,2dB**

Zovšeobecnená smerová charakteristika obdĺžnikovej rovnomerne ožiarenej apertúry



Zobrazenie v pravouhlej súradnicovej sústave

■ **Rozloženie poľa**, ktoré klesá pri okrajoch apertúry, spôsobuje

- zníženie energetického zisku
- zväčšenie šírky hlavného laloka
- a zníženie úrovne postranných lalokov

■ Poznáme **6** najdôležitejších **typov lievikových antén**

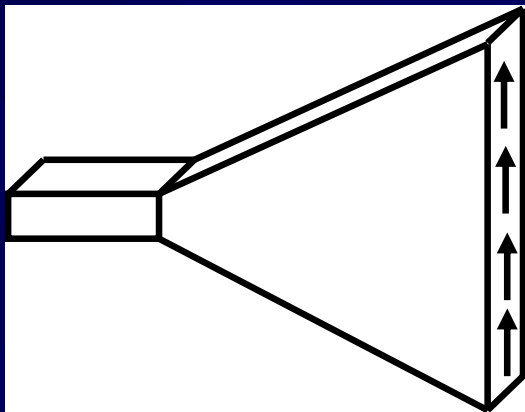
■ **(1, 2) lieviková anténa typu E, resp. H**

- vznikla rozšírením vlnovodu s obdĺžnikovým prierezom v jednej rovine symetrie vlnovodu E, resp. H (v závislosti od roviny, z ktorej nastáva zväčšenie rozmerov)
- takéto antény sústreďujú vyžarovanie v príslušnej rovine
- smerová charakteristika v druhej rovine (t. j. v rovine H pre lievikové antény typu E a naopak) je rovnaká ako smerová charakteristika otvoreného konca vlnovodu

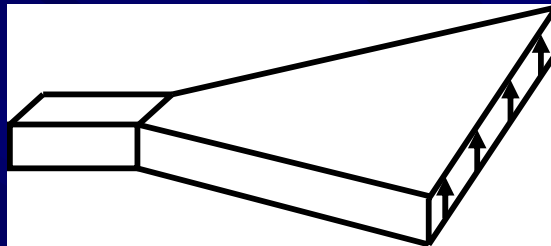
■ **(3) ihlanová lieviková anténa**

- vznikla rozšírením vlnovodu s obdĺžnikovým prierezom, zväčšením rozmerov vlnovodu v obidvoch rovinách symetrie súčasne
- používa sa pre sústredenie vyžarovania v obidvoch rovinách symetrie vlnovodu – napr. v anténovej meracej technike ako referenčná anténa so známym energetickým ziskom

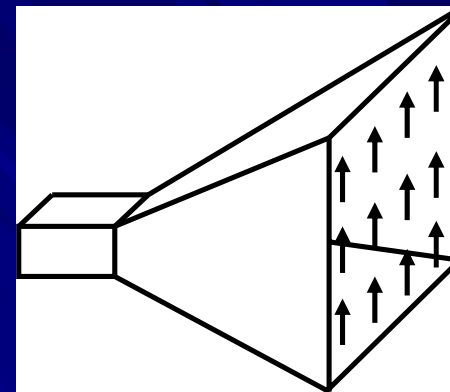
Typy lieviových antén



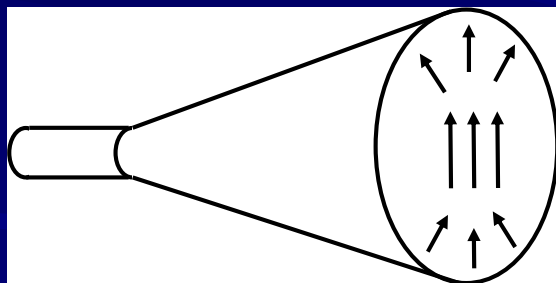
anténa typu E



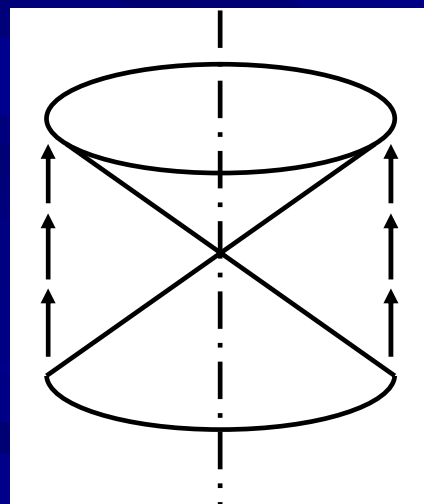
anténa typu H



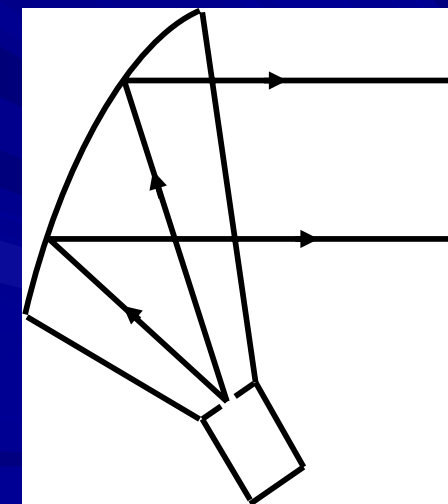
ihlanová anténa



kužel'ová anténa



dvojkúž'el'ová anténa



lievikovo-parabolická anténa

■ (4) kuželová lieviová anténa

- vznikla rozšírením vlnovodu s kruhovým prierezom, zväčšením rozmerov vlnovodu v obidvoch rovinách symetrie súčasne
- používa sa pre sústredenie vyžarovania v obidvoch rovinách symetrie vlnovodu – napr. ako primárny žiarič pre symetrickú parabolickú anténu

■ (5) dvojkuželová lieviová anténa

- je vytvorená z dvoch súosových vodivých kuželov
- šírka smerovej charakteristiky v rovine osi závisí od vrcholového uhla kuželov a od ich výšky
- polarizácia elm vlny vyžarovanej dvojkuželovou anténou závisí od spôsobu napájania a môžu byť horizontálna i vertikálna

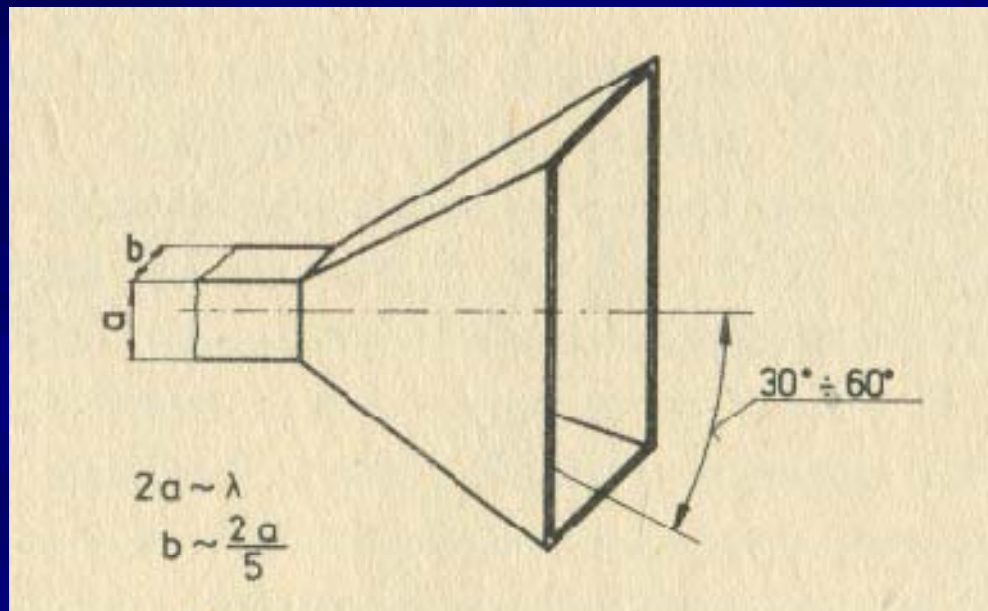
■ (6) lieviová – parabolická lieviová anténa

- vzniká spojením lieviovej antény a časti parabolickej plochy
- výhodou tejto antény je odstránenie fázových odchýlok v apertúre

■ IHLANOVÁ LIEVIKOVÁ ANTÉNA

- **Používajú sa** len pri vlnových dĺžkach menších ako 10 cm, t.j. pre **mikrovlny** (3-30 GHz; 100-10mm)
- Tým, že je prierez vlnovodu obdĺžnikový **nenastáva natáčanie polarizačnej roviny**, tak ako je to u prierezov kruhových
- Vlnovody **napájame kapacitnou** alebo **induktívnou sondou**
 - keby sa vlnovod takto napájaný **uzavrel** vodivou platnou, nastal by **čistý odraz**
 - ak je vlnovod **otvorený**, potom sa elm vlnenie neodrazí späť (ako je to pri vedení naprázdno), ale vzhľadom na to, že rozmery vedenia sa rádovo rovnajú vlnovej dĺžke, **prejde do priestoru** - na konci vlnovodu nastane **vyžarovanie**
 - aby sa **odrazy** na konci vlnovodu čo **najviac potláčali**, treba nastaviť jeho **prierez** na **vlnový odpor priestoru**
 - z tohto dôvodu sa vlnovod na konci **rozšíri do tvaru lievika**
 - pri správnom vytvarovaní lievika je **vyžarovanie plynulé, bez odrazov**

- Ak sa má energia vyžiarit' do určitého smeru, lievnikovito ukončený vlnovod sa **umiestni do ohniska parabolického zrkadla** orientovaného na smer vyžarovania
- Na obr. je lievniková anténa s niektorými **charakteristickými údajmi**



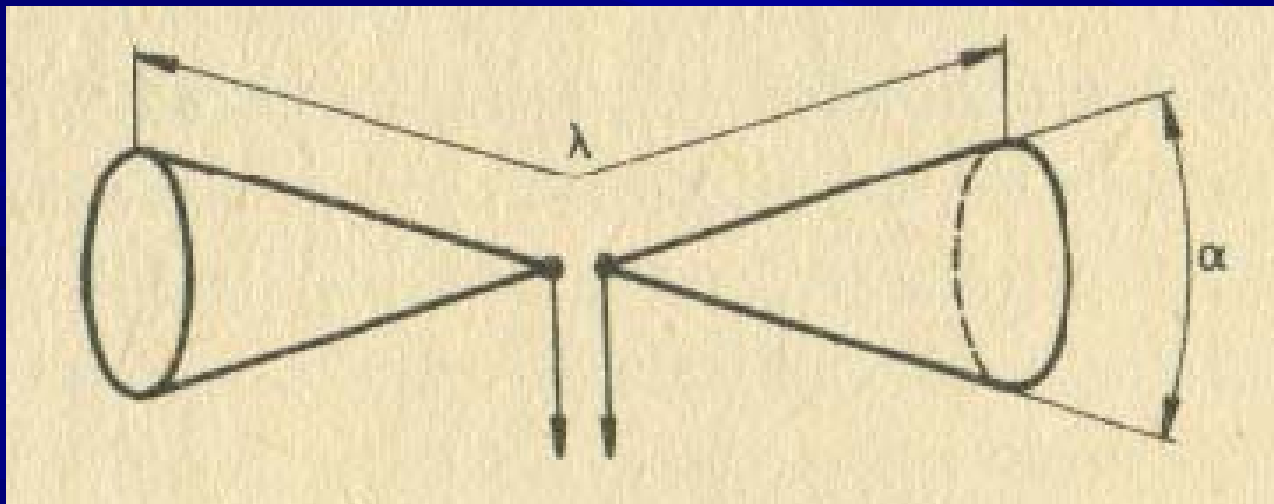
- Pre jej **smerovosť** platí

$$D = \frac{\pi}{32} \left(\frac{\lambda}{A} D_E \right) \left(\frac{\lambda}{B} D_H \right)$$

D_E a D_H - smerovosti príslušných lievnikových antén typu E, resp. H

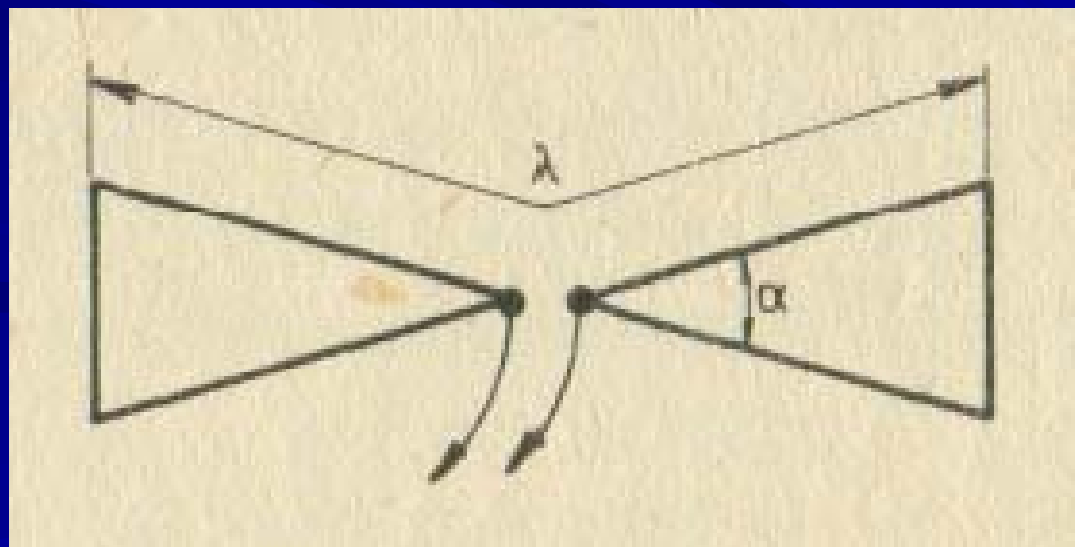
DVOJKUŽEĽOVÁ LIEVIKOVÁ ANTÉNA

- **Používa sa** vo frekvenčnom pásme 30 až 300 MHz, t.j. **VKV** (10 až 1 m)
- Skladá sa z **dvoch kužeľov rovnakej dĺžky**
- **Technická realizácia** týchto antén je rôzna
 - kužeľ môže byť z **plnej kovovej plochy** alebo sa vytvorí **sústavou rúrok**, ktoré sa na konci uchytiť prstencom
 - problémom je **izolačné upevnenie** obidvoch kužeľov, ktoré sa vzhľadom na veľkú plochu dosť namáhajú vetrom
- **Vstupná impedancia** závisí od **dĺžky antény** (l) a od **veľkosti vrcholového uhla** (α)



VEJÁROVÁ ANTÉNA

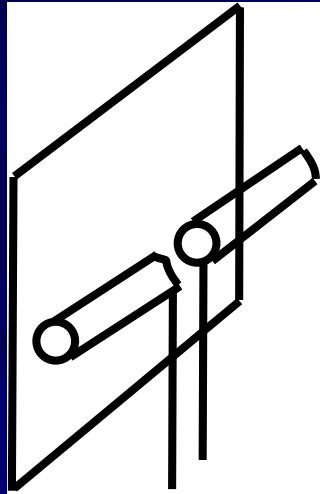
- **Používa sa** vo frekvenčnom pásme 30 až 300 MHz, t.j. **VKV** (10 až 1 m)
- **Technická realizácia** týchto antén je rôzna
 - vzniká **degeneráciou kužeľovej plochy** anténového vodiča **na rovinnú plochu**
 - vejárová plocha sa môže vytvoriť aj **tromi vodičmi**, ktoré sú **spojené** vo vstupnom anténovom bode
 - upravená anténa je **váhovo ľahšia ako kužeľová** a v podstate si **zachováva elektrické vlastnosti** s tým,
 - že dochádza k **deformácii kruhového diagramu vyžarovania** v kolmej rovine na pozdĺžnu os trojuholníkových plôch
 - deformácia vyplýva z **mechanickej nesymetrie usporiadania**
- **Vstupná impedancia** je 600 až 700 Ω , ak vrcholový uhol $\alpha = 30^\circ$



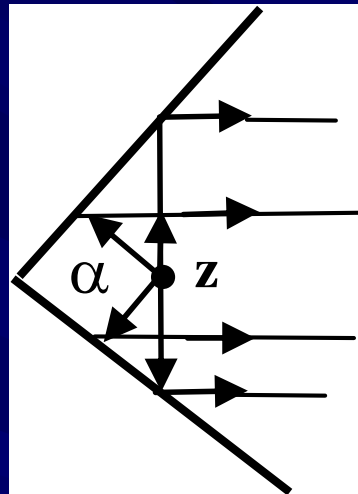
Reflektorové antény

- **Pomocou reflektora** vhodnej veľkosti, tvaru a vhodne ožarovaného primárnym žiaričom možno získať **požadovanú smerovú charakteristiku**
- Poznáme **7 základných tvarov** reflektorov
 - **(1) rovinný** reflektor (plochý)
 - sa používa predovšetkým na **ohraničenie vyžarovania do jedného polpriestoru**
 - **(2) uhlový** reflektor
 - dva rovinné reflektory, ktoré sa pretínajú pod určitým uhlom
 - väčší energetický zisk a **ostrejšia smerová charakteristika**
 - **(3) pravouhlý** reflektor bez primárneho žiariča
 - používa ako **pasívna anténa**
 - jej charakteristickou vlastnosťou je schopnosť **odrážať elm vlny späť** do smeru, dokiaľ na ňu dopadli
 - **(4) parabolický** reflektor
 - veľká smerovosť
 - apertúra je rádovo 10^1 až $10^2 \lambda$

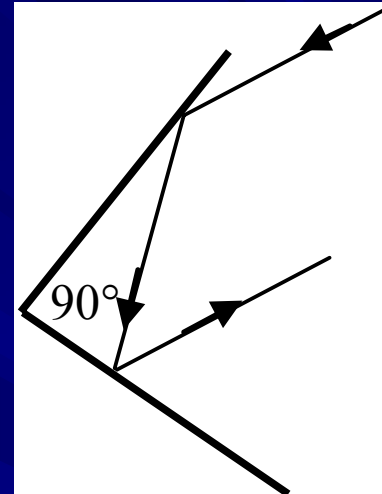
Typy reflektorov



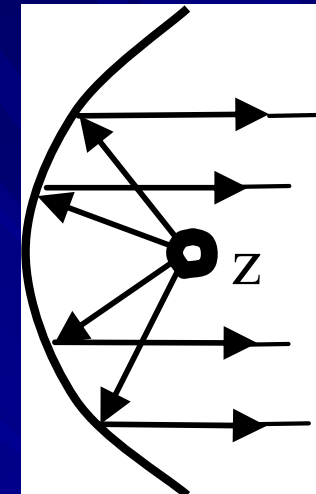
plochý



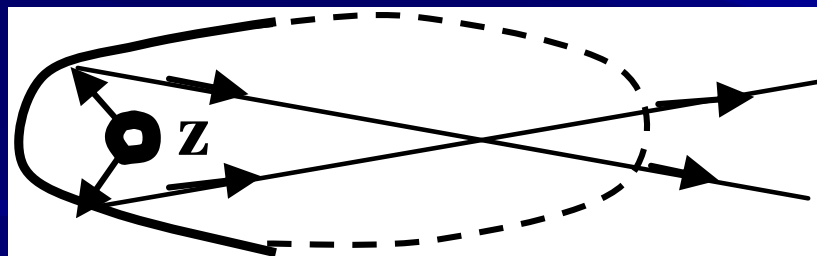
uhlový



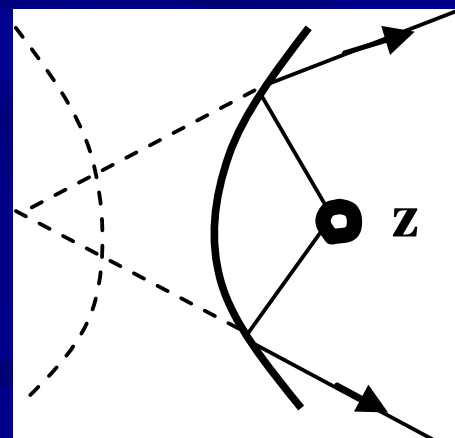
pravouhlý



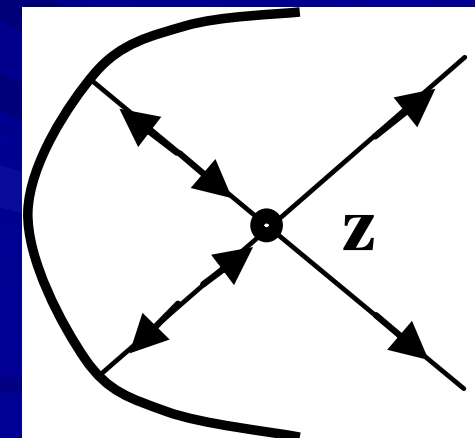
parabolický



eliptický



hyperbolický



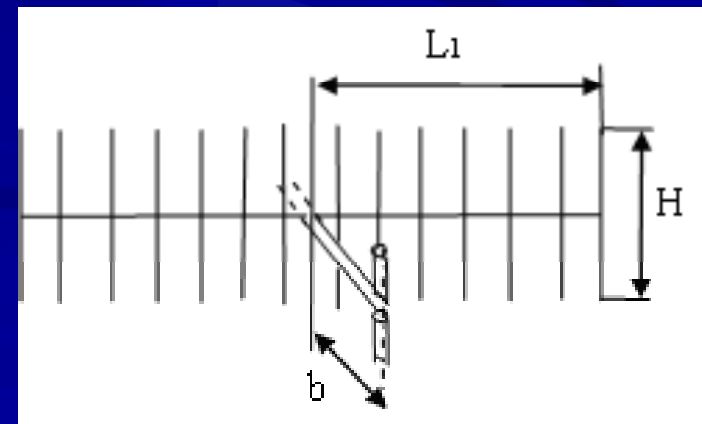
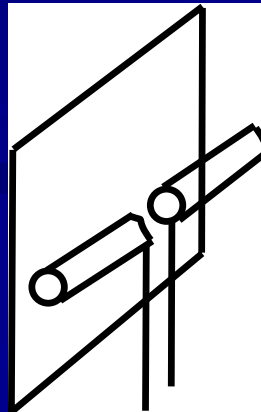
guľový

Z- primárny žiarič

- lúče vyžarované z bodového zdroja umiestneného v ohnisku vytvárajú po odraze od parabolického reflektora **rovnobežný zväzok**
- apertúra parabolického reflektora môže mať **kruhový tvar** (reflektor v tvare časti povrchu paraboloidu – parabolická plocha)
 - **pretvára** vo svojom ústí **guľové elm vlnenie na rovinné**
- apertúra parabolického reflektora môže mať **pravouhlý tvar** (reflektor v tvare parabolického valca)
 - **pretvára** vo svojom ústí **valcové elm vlnenie na rovinné**
- **všetky odrazené lúče sú** v priestore pred reflektorom **vo fáze** po celej výstupnej ploche reflektora - preto aj parabolické reflektory sa správajú ako súfázové systémy
- vlnenie odrazené od reflektora **musí byť vo fáze** s vlnením, ktoré vychádza z primárneho žiariča
- **(5) eliptický reflektor**
 - **odráža** lúče vystupujúce z jedného ohniska tak, že sa opäť **sústreďujú v mieste druhého ohniska**
- **(6) hyperbolický reflektor**
- **(7) guľový reflektor**

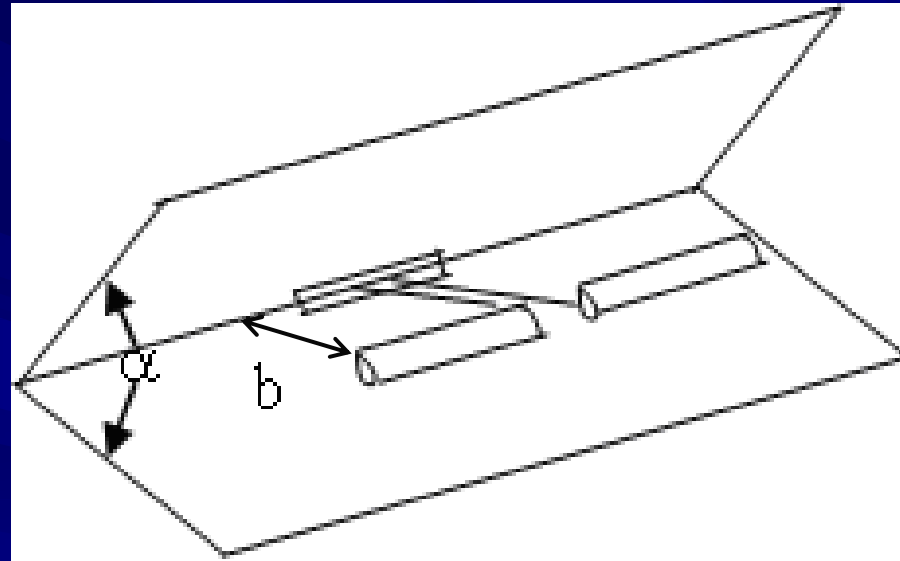
ANTÉNY S PLOCHÝM (ROVINNÝM) REFLEKTOROM

- V **ideálnom stave** pre
 - nekonečne dokonalý vodivý rovinný reflektor
 - výsledná smerová charakteristika takejto antény (plochý reflektor), **závisí** predovšetkým od **vzdialenosti** primárneho žiariča (napr. polvlnového dipólu) od reflektora
- V **skutočnosti**
 - má reflektor **konečné rozmery**, čoho dôsledkom je, že elm pole za reflektorom nie je nulové
 - intenzita elektrického poľa za reflektorom závisí od **pomeru rozmerov reflektora a vlnovej dĺžky a dĺžky antény**
 - pri **nie príliš veľkých frekvenciách** reflektor môže byť tvorený sústavou vodičov (kovových rúrok alebo tyčiek) **rovnobežných** s primárnym dipólom



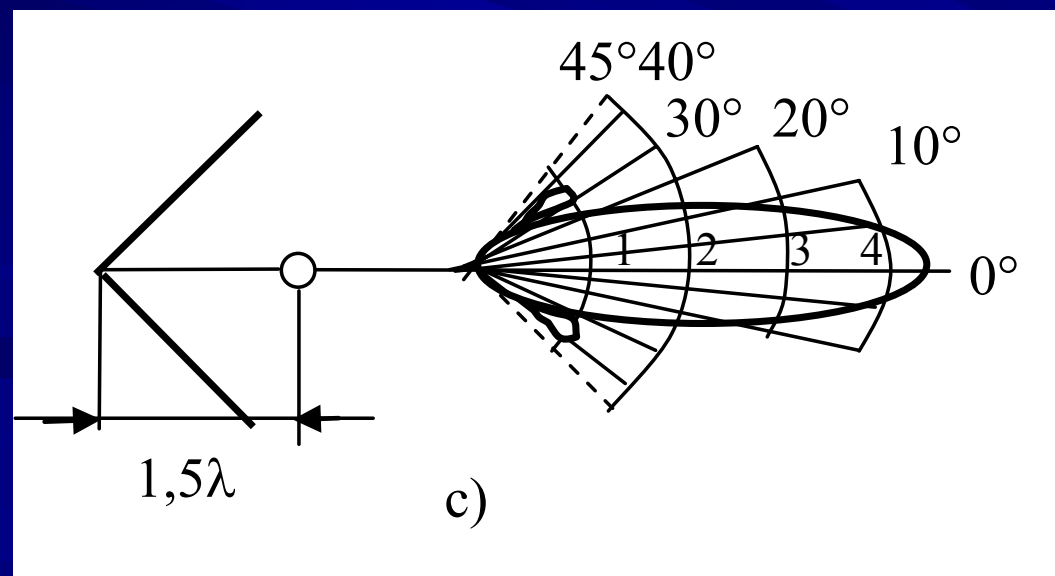
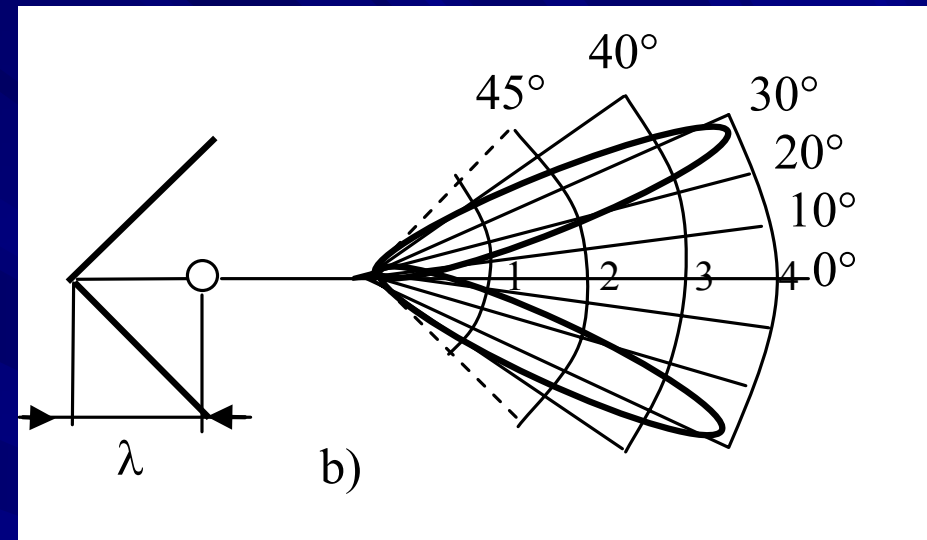
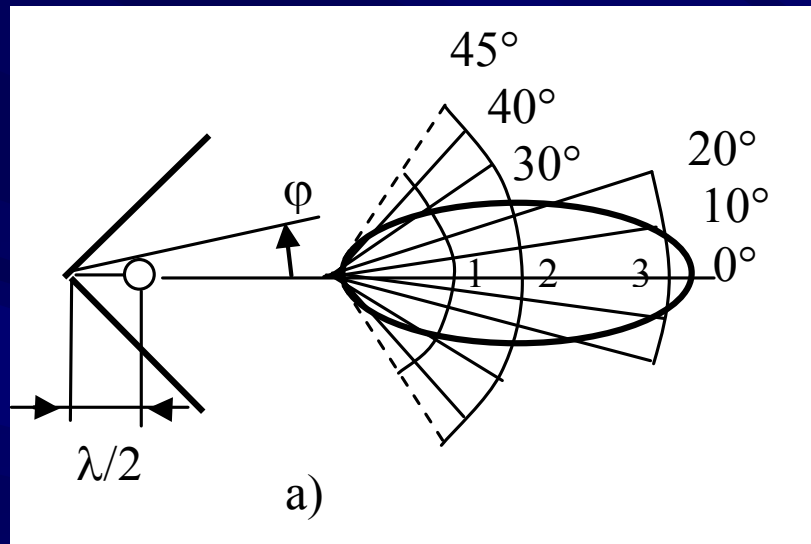
ANTÉNY S UHLOVÝM REFLEKTOROM

- Antény s uhlovým reflektorom sa používajú vtedy, keď požadované rozmery apertúry sú niekoľko násobkom vlnovej dĺžky



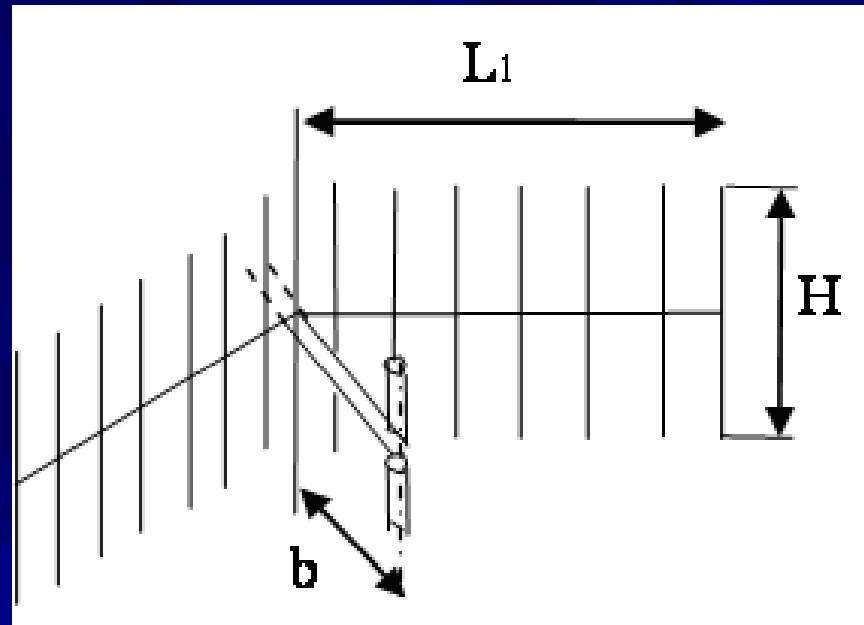
- V ideálnom stave pre
 - nekonečne dokonalý vodivý rovinný reflektor
 - výsledná smerová charakteristika takejto antény (plochý reflektor), závisí predovšetkým od vzdialenosti primárneho žiariča (napr. polvlnového dipólu) od reflektora

Smerové charakteristiky antény s uhlovým reflektorem pro $\alpha=90^\circ$ a pre (a) $b=0,5\lambda$; (b) $b=\lambda$; (c) $b=1,5\lambda$



- **V skutočnosti**
 - má reflektor **konečné rozmery**
 - a vzniká aj **neveľké vyžarovanie antény** v spätnom smere
- Energetický **zisk antény** pre dané α **rastie** so **zmenšovaním vzdialenosti primárneho dipólu** od vrcholu reflektora
- **Vstupná impedancia** pritom **klesá** a nadobúda hodnotu **0** pre $b=0$
- Pri veľmi malých vzdialenostiach b rýchlo **klesá účinnosť antény**
 - vzhľadom na to **vzdialenosť (b) primárneho dipólu od vrcholu reflektora nemá byť menšia ako**
 - $0,1\lambda$ pre rovinný reflektor ($\alpha=180^\circ$)
 - $0,2\lambda$ pre pravouhlý reflektor ($\alpha=90^\circ$)
 - a $0,4\lambda$ pre $\alpha=60^\circ$
- Uhlový reflektor (podobne ako rovinný reflektor) **môže byť vyrobený** z kovových rúrok alebo tyčiniek **rovnoobežných** s primárnym žiaričom
 - ak sa ako **primárny žiarič používa polvlnový dipól**, šírka reflektora H nemá byť menšia ako $0,6 \lambda$

- zväčšovanie šírky reflektora (H) spôsobuje zmenšenie spätného vyžarovania



- voľba dĺžky reflektora (L) závisí od uhla α a od polohy primárneho žiariča
- Významná časť reflektora je tá, od ktorej odrazené lúče sú rovnobežné s osou antény - dĺžka reflektora je

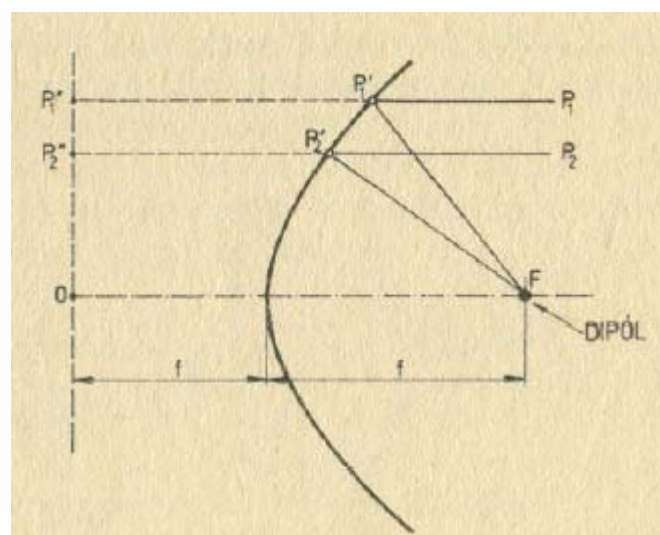
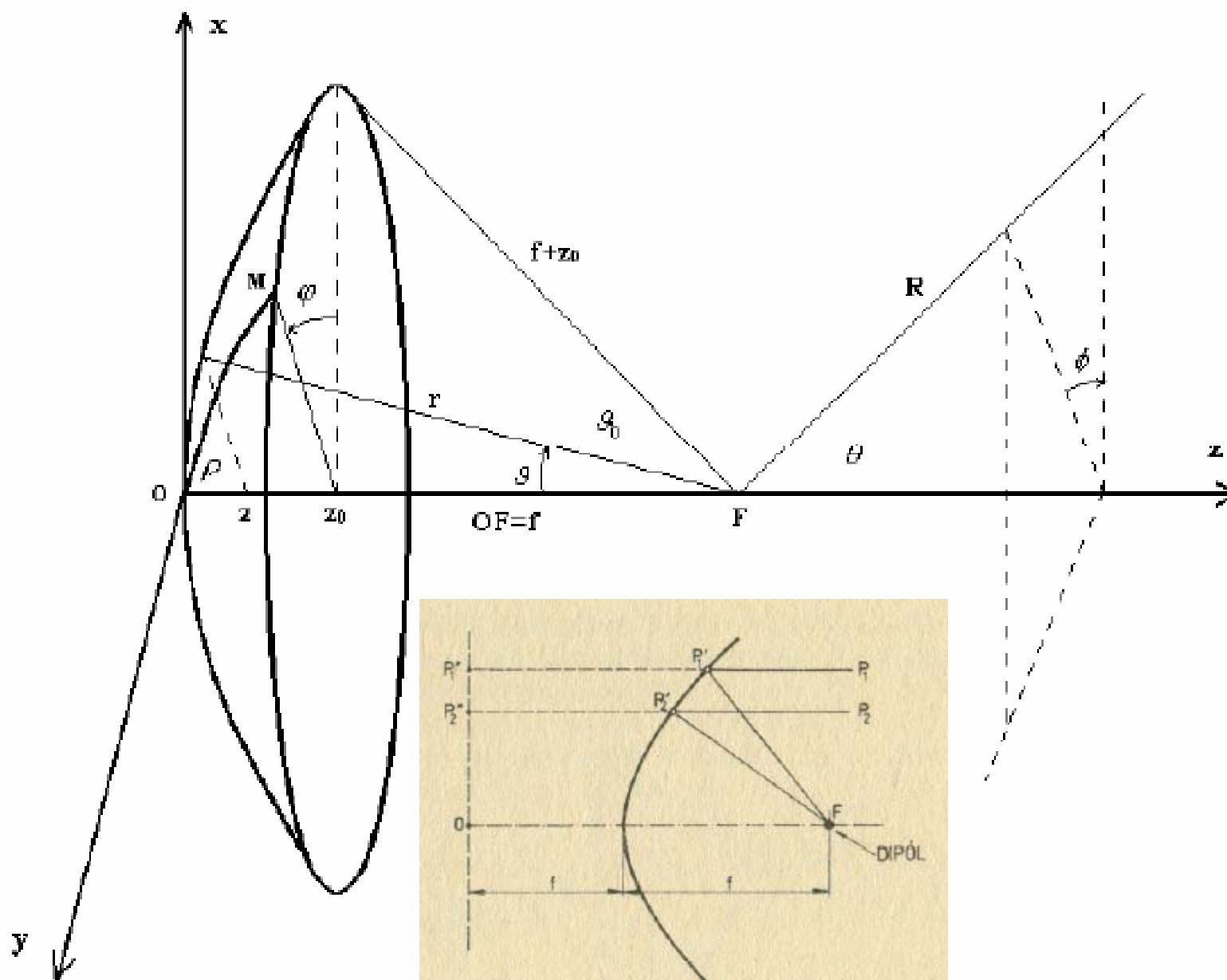
- pre $\alpha=90^\circ$ je $L=2b$
- pre $\alpha=60^\circ$ je $L=2,4b$

$$L = 2,8b \cos \frac{\alpha}{2}$$

ANTÉNY S PARABOLICKÝM REFLEKTOROM

- Parabolické antény nachádzajú široké uplatnenie predovšetkým v oblasti veľmi vysokých frekvencií (VKV)
 - vyplýva to z
 - ich jednoduchej konštrukcie
 - možnosti získať smerové charakteristiky rôznych tvarov
 - veľkej smerovosti
 - nízkej šumovej teploty, atď.
- Parabolické antény sa používajú v
 - rádiolokácií
 - smerových rádiových spojoch
 - kozmických spojoch
 - rádioastronómii a pod.
- Používajú sa reflektory tvaru
 - rotačného paraboloidu
 - aj tvaru parabolického valca

Anténa s parabolickým reflektorem



- Elm pole vyžarované takouto anténou je **superpozíciou poľa** vytvoreného
 - **reflektorom**
 - priameho vyžarovania **primárneho žiariča** (zdroja)
 - a polí vytváraných **všetkými kovovými súčasťami antény**, v ktorých sa indukujú vysokofrekvenčné prúdy (podpery antény, napájacie vedenie, atď.)
- Energia primárneho žiariča, nezachytená reflektorom, **zväčšuje úroveň postranných lalokov** smerovej charakteristiky, čo je **nežiaduce**
- Okrem parabolickej antény s jedným reflektorom a primárnym žiaričom umiestneným v ohnisku reflektora sa v praxi často používajú zložitejšie antény, ktoré **pozostávajú z dvoch alebo viacerých reflektorov**
 - ich **výhodou** je predovšetkým to, že odstraňujú konštrukčné problémy s umiestnením a napájaním primárneho žiariča v ohnisku
 - antény sú tvorené **hlavným a pomocným reflektorom**, pričom **primárny žiarič je umiestnený vo vrchole hlavného parabolického reflektora**

- tvar pomocného reflektora závisí od jeho polohy vzhľadom na ohnisko hlavného reflektora
- všeobecná rovnica pomocného reflektora je

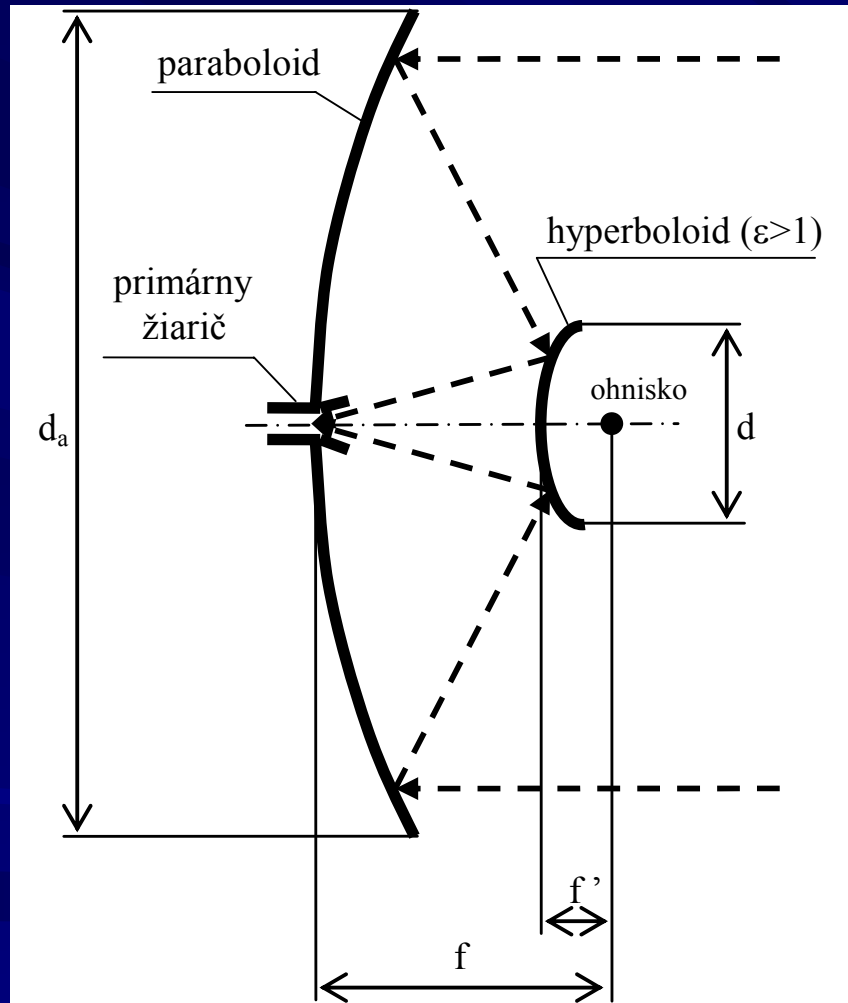
$$r = f' \frac{1 + \varepsilon}{1 + \varepsilon \cos \Theta}$$

f' – vzdialenosť vrcholu pomocného reflektora od ohniska hlavného reflektora
 ε - excentricita pomocného reflektora

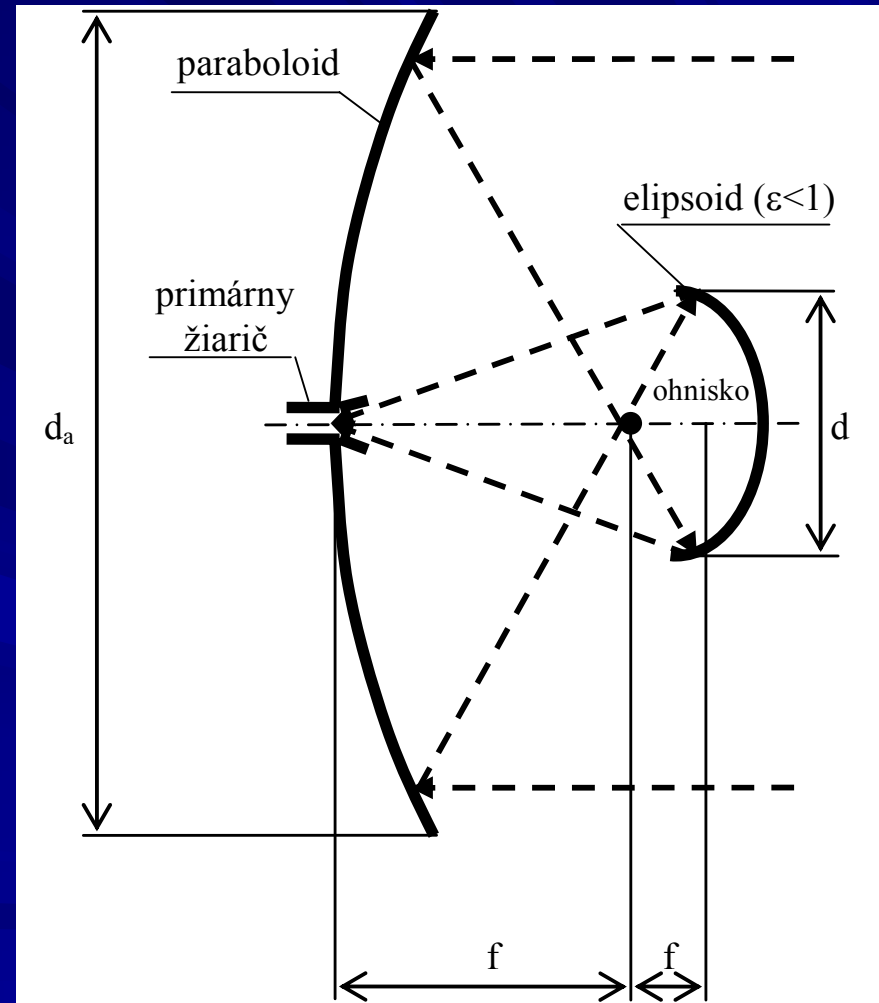
- excentricita môže nadobúdať hodnotu (menšiu, väčšiu alebo rovnú jednotke) v závislosti od vzájomnej polohy pomocného reflektora, ohniska a primárneho žiariča
- $\varepsilon < 1$ - rovnica elipsoidu - dostávame anténu Gregorianovu, v ktorej je pomocný reflektor umiestnený za ohniskom hlavného reflektora
- $\varepsilon > 1$ - rovnica hyperboloidu - dostávame anténu Cassegrainovu, v ktorej je pomocný reflektor umiestnený medzi ohniskom hlavného reflektora a jeho ohniskom
- v oboch prípadoch primárny žiarič musí byť umiestnený v druhom ohnisku pomocného reflektora!!!

Dvojreflektorové parabolické antény

anténa Cassegrainova



anténa Gregoriana



- $\varepsilon = 1$ - rovnica parabloidu - dostávame anténu, v ktorej obidva reflektory majú spoločné ohnisko - ako primárny žiarič je použitá lievnikovo–parabolická anténa
- pre veľmi veľké ohniskové vzdialenosti sa používa Visocekasova anténa

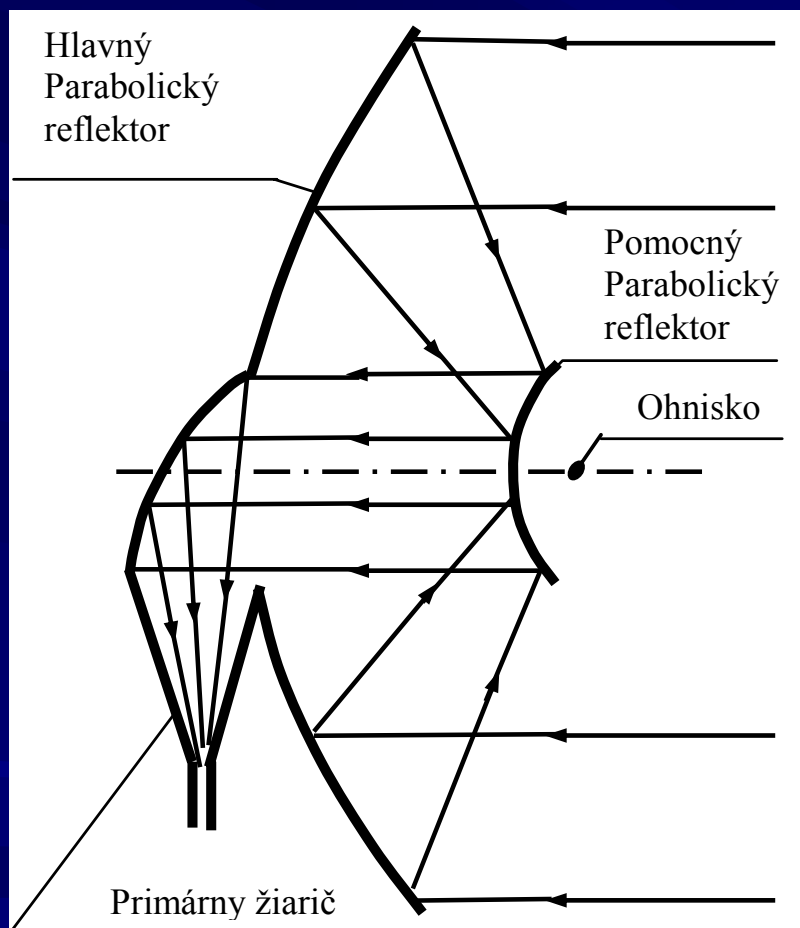
■ Hlavnou nevýhodou symetrických parabolických antén je tienenie časti apertúry hlavného reflektora primárnym žiaričom alebo pomocným reflektorom

■ túto nevýhodu čiastočne alebo úplne odstraňujú nesymetrické parabolické antény

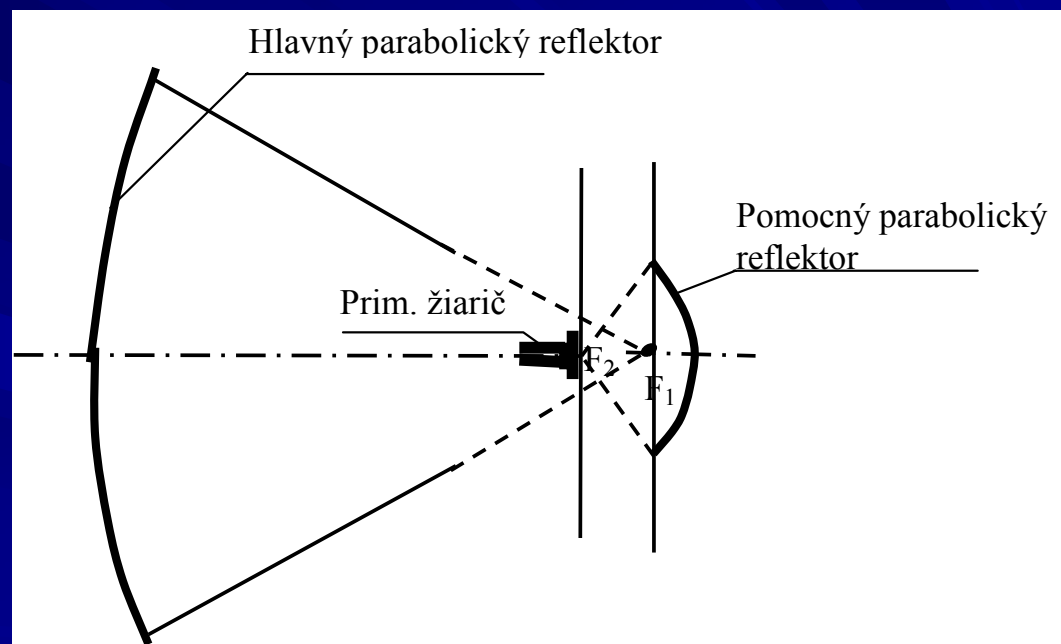
- s hyperbolickým a eliptickým reflektorom, ktoré čiastočne vylučujú tienenie apertúry pomocným reflektorom
- lievnikovo–parabolické antény majú úplne odstránené tienenie apertúry

Dvojreflektorové parabolické antény

s parabolickým pomocným reflektorem

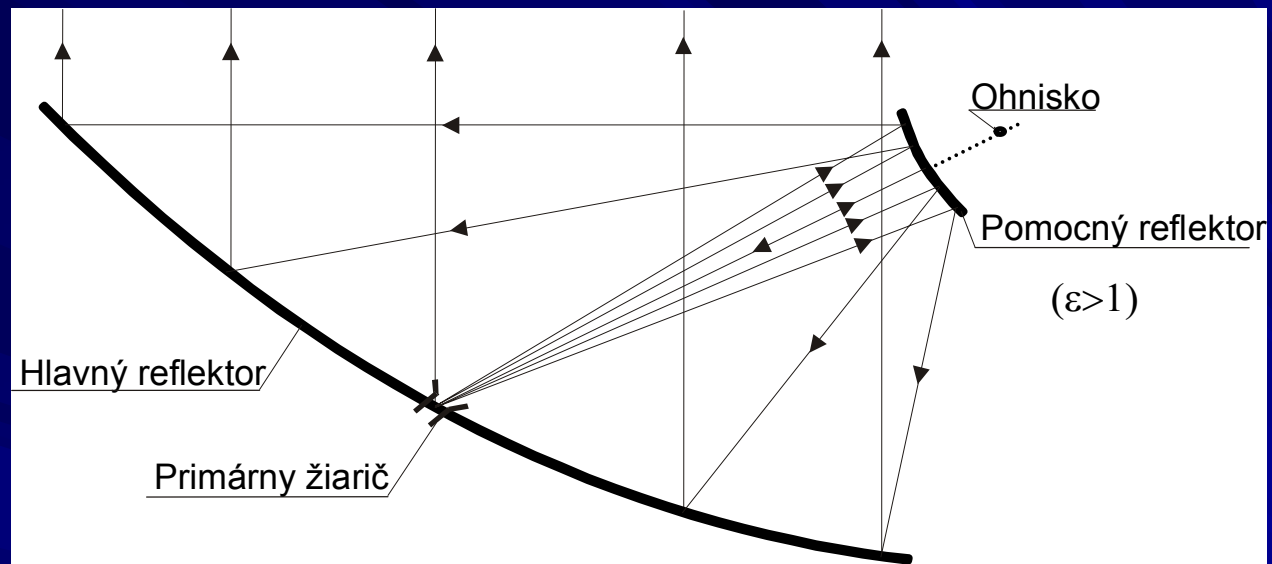


Visocekasova parabolická anténa

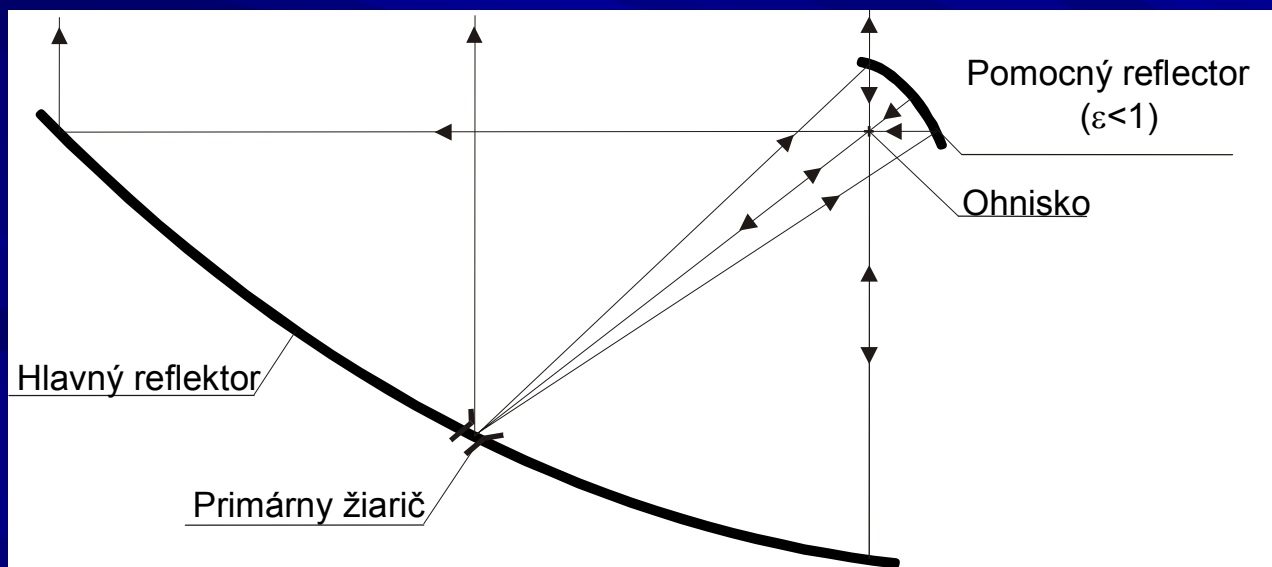


Nesymetrické parabolické antény

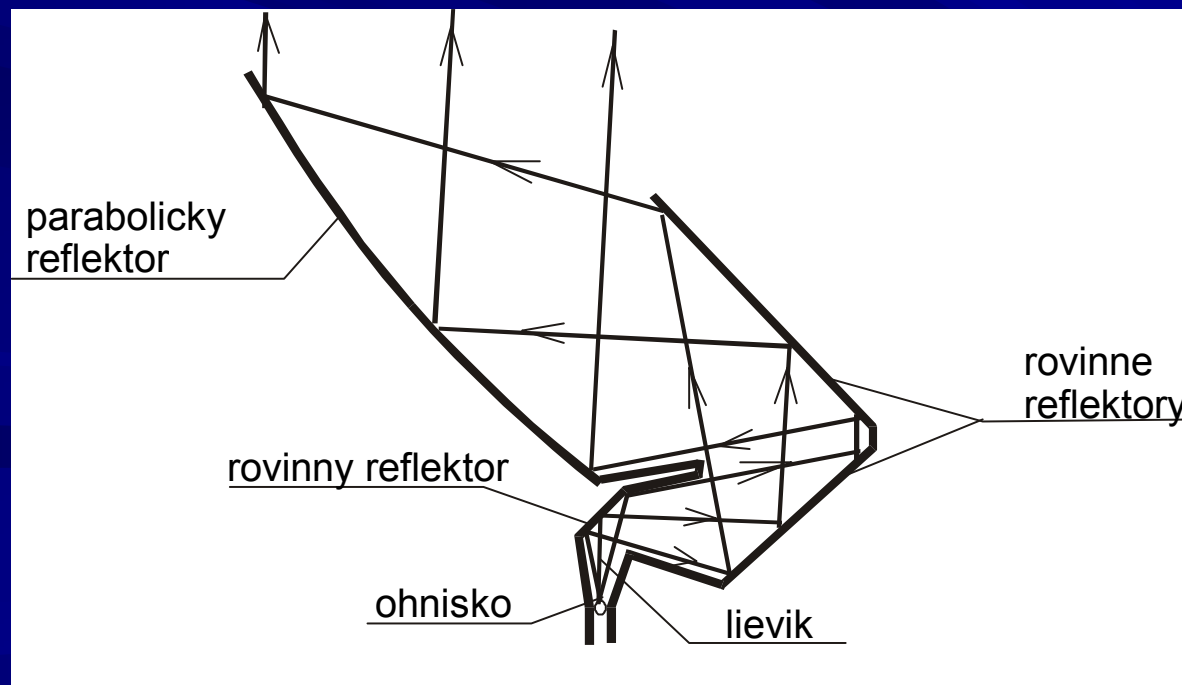
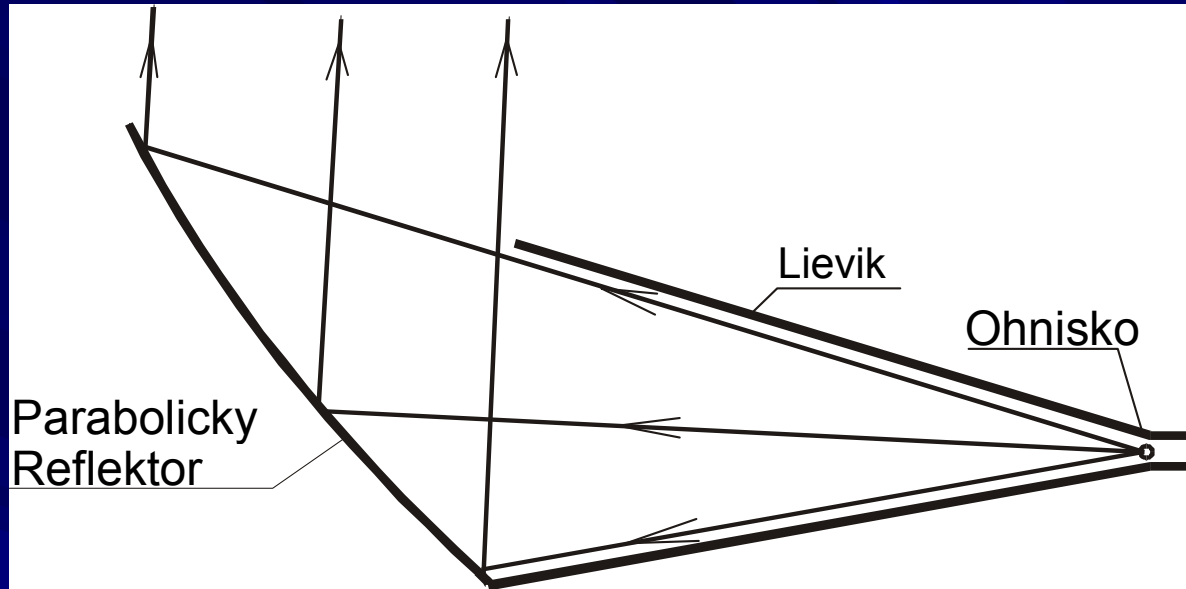
anténa Cassegrainova



anténa Gregorianova



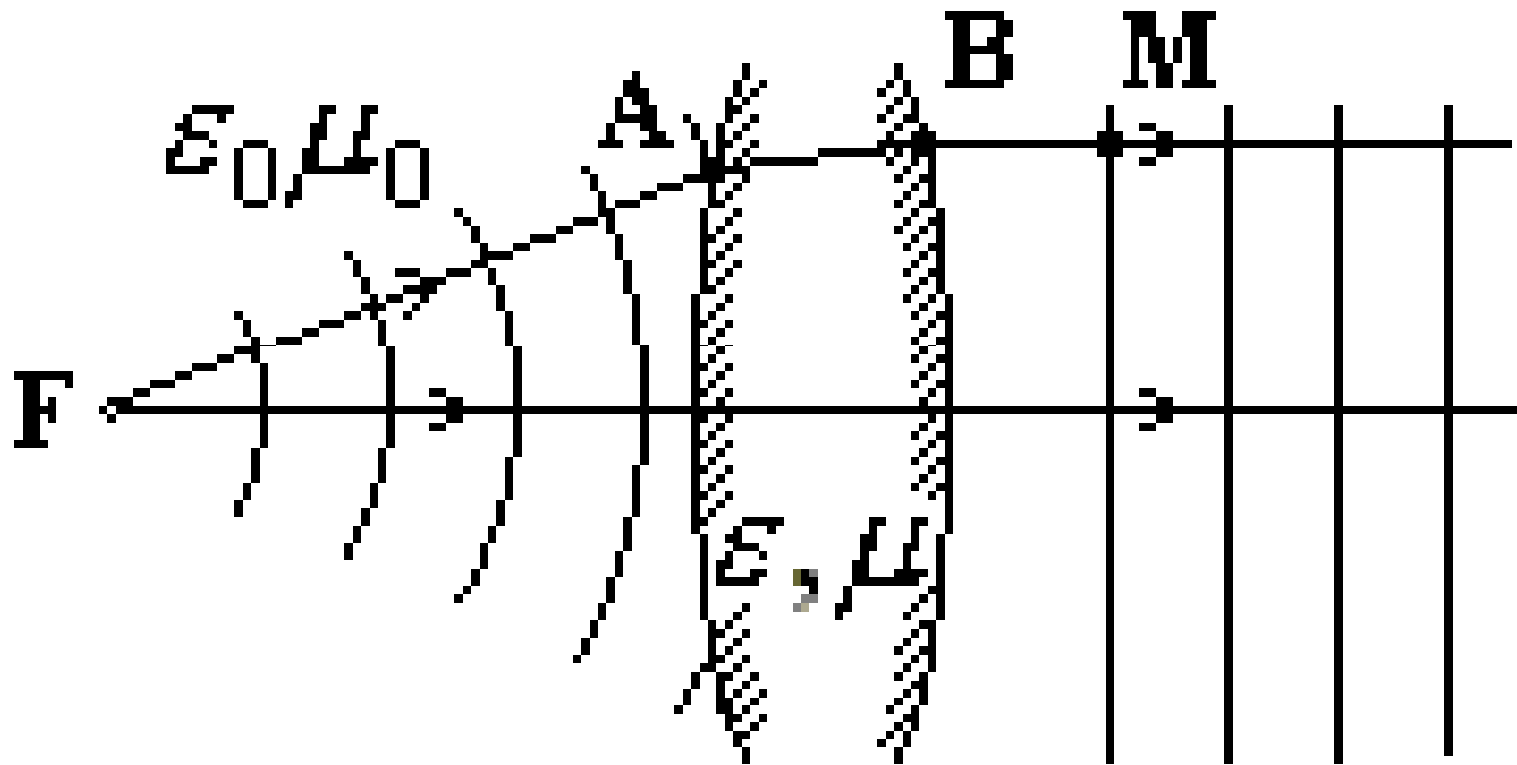
Lievikovo - parabolické nesymetrické antény



Šošovkové antény

- Pri anténach s parabolickým reflektorom sme videli, ako možno z rozbiehavého zväzku lúčov získať zväzok kvázirovnobežný a tak podstatným spôsobom zväčšiť
 - smerovosť
 - a zisk antény
- Rovnakú funkciu však možno dosiahnuť
 - nielen odrazom lúčov od vhodne zakrivenej (parabolickej) plochy
 - ale aj prechodom lúčov cez časť priestoru vhodného tvaru, v ktorej je fázová rýchlosť elm vln iná, ako fázová rýchlosť vo voľnom prostredí
- Tento princíp je známy z optiky a príslušné optické prvky sa nazývajú šošovky
- Šošovková anténa sa skladá:
 - z primárneho žiariča
 - a šošovky

Transformácia guľovej vlny na vlnu rovinnú pomocou šošovky



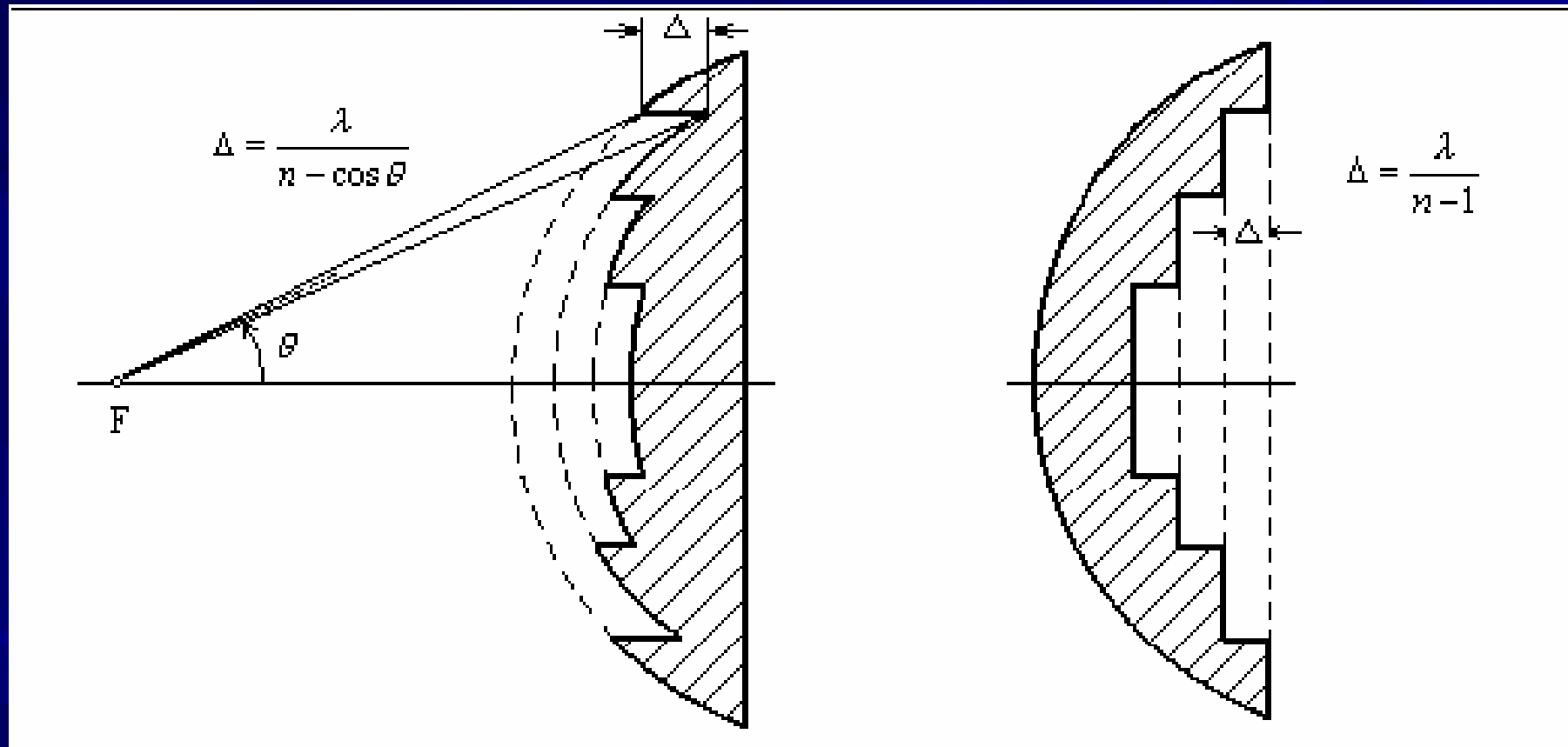
- **Princíp práce mikrovlnovej šošovky** (pre tieto pásma sa šošovkové antény používajú) spočíva v tom, že šošovka, cez ktorú prechádza vlnenie, **predstavuje prostredie s indexom lomu rôznym od jednotky**
- Vzhľadom na podstatný rozdiel medzi vlnovou dĺžkou a rozmermi šošovky, **šošovka môže byť nehomogénna** a môže byť vytvorená napr. z oddelených prvkov
- Takéto prostredie (na rozdiel od prirodzených dielektrík) nazývame **umelým dielektrikom**
- **Fázová rýchlosť** elm vlny v umelom dielektriku môže byť **väčšia alebo menšia** ako fázová rýchlosť svetla vo vákuu
- **Index lomu** šošovky preto môže byť **väčší alebo menší** ako jednotka
- **Šošovky** vyrobené z umelého dielektrika preto môžu byť
 - **spomaľujúce**
 - **alebo urýchľujúce**
- **Vlna** dopadajúca na šošovku sa čiastočne odráža a **pri prechode cez šošovku je tlmená**

- Tieto javy spôsobujú
 - zmenšenie zisku šošovkových antén
 - zhoršenie ich smerových charakteristík
 - zväčšuje sa pomer stojatých v napájacom vedení pripojenom k primárnemu žiarču
- Jednou z možností zmenšenia odrazu na povrchu šošovky je pokrytie šošovky vrstvou dielektrika s hrúbkou $\lambda/4$ a indexom lomu $n^{1/2}$ (antireflexná vrstva)
- Šošovky s veľkou apertúrou a tvarom sa vyznačujú veľkou hrúbkou a z toho vyplývajúcim veľkým tlmením prechádzajúcej vlny
- Preto sa šošovkové antény často konštruujú s použitím tzv. zónovaných šošoviek
 - sú vytvorené z “plnej” šošovky odstránením časti jej materiálu tak, aby rozdiel optických dráh lúčov prechádzajúcich cez rôzne zóny bol rovný celému násobku vlnovej dĺžky
 - potom je zabezpečená súfázovosť poľa v apertúre
 - zónovanie sa uskutočňuje na strane
 - primárneho žiarča
 - alebo apertúry

Zónované šošovky

strana primárneho žiariča

strana apertúry



- Šošovka na strane apertúry má výhodnejšie elektrické vlastnosti, pretože v nej nevzniká tienenie apertúry ani rozptyl energie zónami
- V šošovke na strane žiaríča nastáva rozptyl energie na jednotlivých stupňoch, ale táto šošovka je výhodnejšia z hľadiska mechanickej konštrukcie
- Okrem osovo symetrických šošoviek ožarovaných bodovými primárnymi žiaríčkami sa používajú i šošovky valcové ožarované lineárnymi primárnymi žiaríčkami
- V homogénnom dielektriku je tlmenie na šošovke

$$\alpha = 27,3 \frac{n \cdot \operatorname{tg} \delta}{\lambda} \quad [dB]$$

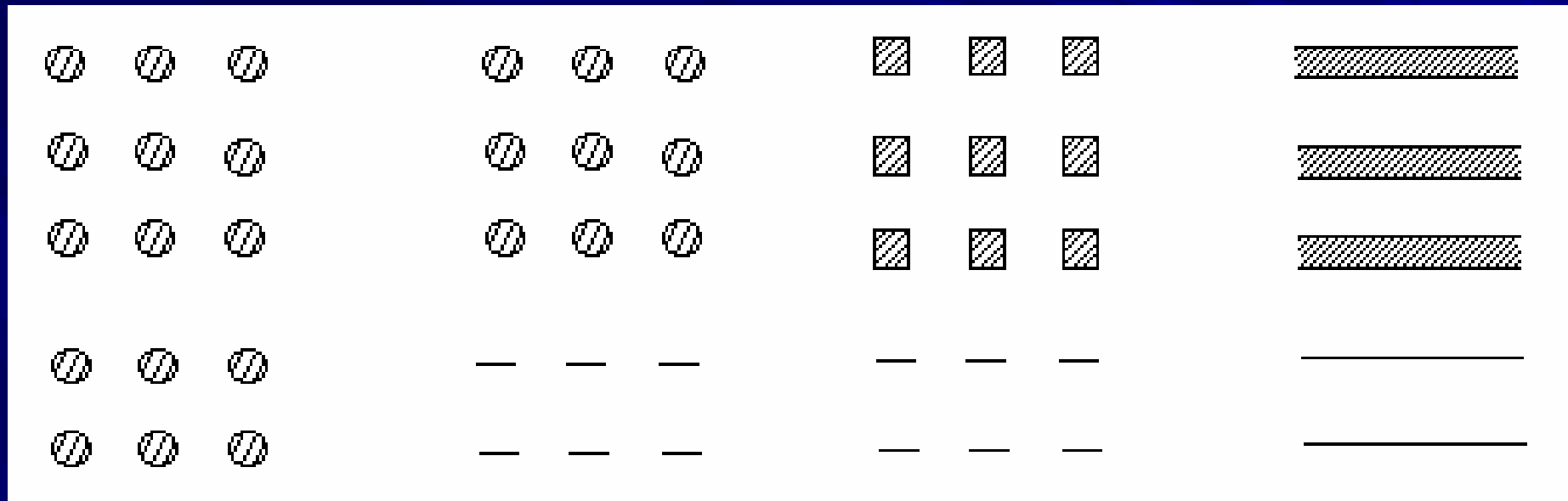
n - index lomu dielektrika

tgδ - stratový uhol

SPOMAĽUJÚCE ŠOŠOVKY

- Na výrobu spomaľujúcich šošoviek sa používajú
 - “klasické” dielektrické materiály
 - a umelé dielektriká s indexom lomu $n > 1$
 - dielektriká tohto typu sa získavajú rozmiestnením vodivých prvkov v prostredí s indexom lomu blízkym jednotke
 - rozmery týchto prvkov ako i vzdialenosti medzi nimi musia byť malé v porovnaní s vlnovou dĺžkou (napr. $< \lambda/10$)
 - najčastejšie sa používajú vodivé prvky v tvare guľčiek, diskov, štvorcov alebo pásov umiestnených rovnobežne s vektorom intenzity magnetického poľa
 - možno takto vytvárať umelé dielektriká
 - izotropné
 - anizotropné
- Umelé dielektriká s indexom lomu $n > 1$ sú (podobne ako prirodzené dielektriká) **nedisperzné**
 - toto tvrdenie je samozrejme ohraničené len na frekvenčné pásmo, v ktorom rozmery vodivých prvkov a vzájomné vzdialenosti medzi nimi sú malé v porovnaní s vlnovou dĺžkou

Vodivé prvky umelých dielektrík



gulôčky

disky

štvorčeky

pásiky

URÝCHĽUJÚCE ŠOŠOVKY

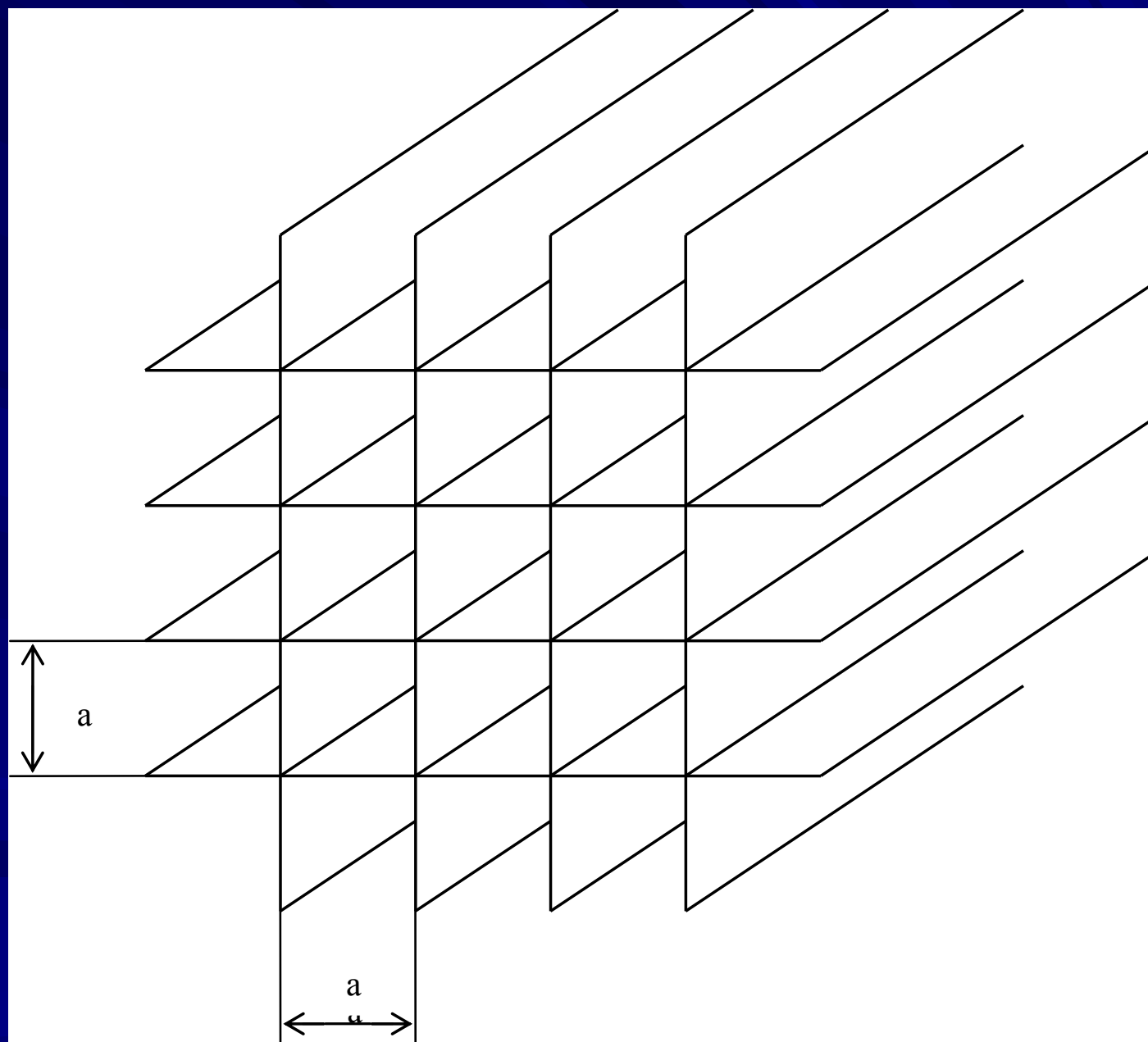
- Urýchľujúca štruktúra je vytvorená z navzájom kolmých sústav nekonečne rozľahlých vodivých rovín, pričom vzdialenosť medzi susednými rovinami je a

$$\frac{\lambda}{2} < a < \lambda$$

- Roviny vytvárajú sústavu vlnovod so štvorcovým prierezom
 - ako je známe, fázová rýchlosť vedenej elm vlny šíriacej sa dominantným vidom takýmto vlnovodom je väčšia ako fázová rýchlosť vlny vo voľnom priestore

$$v_{\varphi} = \frac{c}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2a}\right)^2}}$$

Urýchľujúca štruktúra

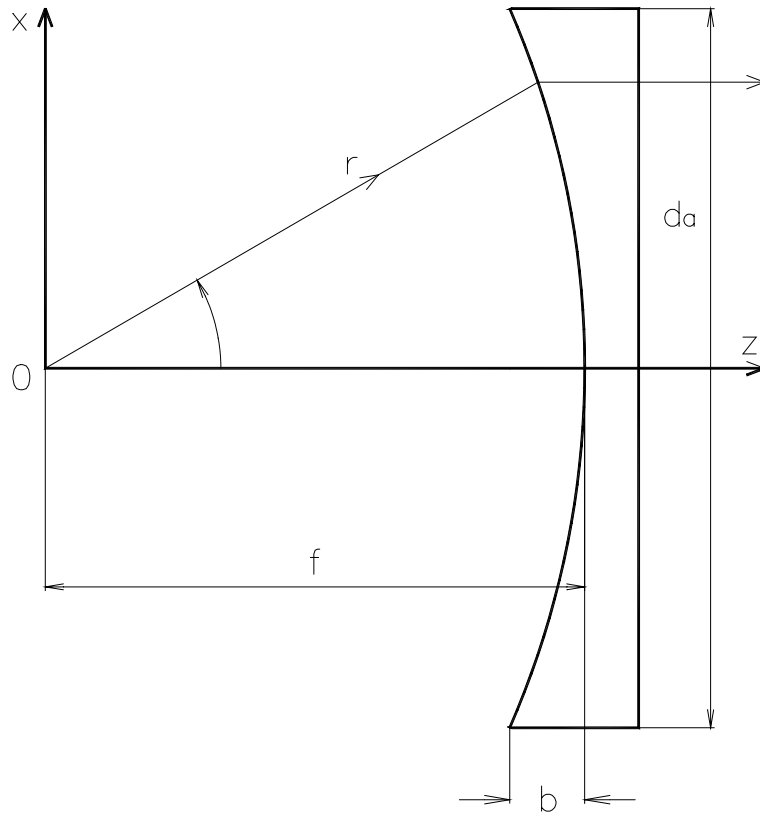


- Uvažovanú štruktúru v takomto prípade môžeme považovať za **umelé dielektrikum s indexom lomu**

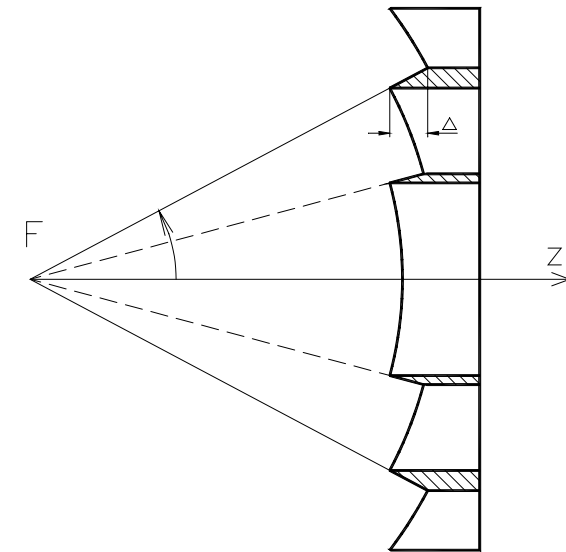
$$n = \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2a}\right)^2} < 1$$

- index lomu závisí od frekvencie, preto takéto **umelé dielektrikum je prostredím disperzným ($n < 1$)**
- Popísanú štruktúru možno použiť pri **konštrukcii kovových šošoviek**
- Podobne ako v prípade spomaľujúcich šošoviek možno **zmenšiť hrúbku** kovovej urýchľujúcej šošovky **pomocou zónovania**
 - zónovanie však **spôsobuje**
 - zmenšenie súčiniteľa využitia apertúry
 - a vznik zatienených zón
- Výhodou týchto šošoviek však je, že ich **tlmenie je prakticky zanedbateľné**

Urýchľujúce šošovky



kovová šošovka



zónovanie kovovej šošovky a vznik zatielených zón

Témy na zapamätanie

- Špirálové antény
- Lievikové antény
- Reflektorové antény
 - Antény s plochým reflektorom
 - Antény s uhlovým reflektorom
 - Antény s parabolickým reflektorom
- Šošovkové antény
 - Spomaľujúce šošovky
 - Urýchľujúce šošovky

Ďakujem za pozornosť