

## 10. Měření vyzařovacích charakteristik LED a vyzařovací charakteristiky optického vlákna, měření výkonu na optické trase (útlum optické trasy, útlum vazby vlákno - vlákno).

### Úvod

Vedle spektrální hustoty zářivého toku (monochromatického optického výkonu), resp. úhrmného zářivého toku (optického výkonu), LED je dalším důležitým výstupním parametrem LED její vyzařovací charakteristika.

Vyzařovací charakteristika LED je definována jako úhlové rozdělení úhrmného zářivého toku na povrchu kulové plochy, jejíž poloměr  $R$  je dostatečně velký ve srovnání s rozměry LED. Vyzařovací charakteristika, jak plyne z definice, se vztahuje k celkovému spektru záření generovaného LED; může se však vztahovat na určitý spektrální obor.

Požadavky kladené na vyzařovací charakteristiky jsou pro jednotlivé druhy aplikací LED značně odlišné. Širokou vyzařovací charakteristiku požadujeme u zobrazovacích a indikačních LED, pro vysokofrekvenční aplikace (optoelektronické zpracování informace, optické sdělování) jsou naopak žádané dostatečně úzké vyzařovací charakteristiky. Soustředění převážně části zářivého toku emitovaného LED do malého prostorového úhlu je nezbytným předpokladem pro dosažení odpovídající účinnosti přenosu optického výkonu mezi LED a přijímačem (detektorem), resp. mezi LED a přenosovým prostředím (např. optickým vláknem). Konstrukce řady typů LED je řešena s ohledem na jejich vyzařování do volného prostoru. Naproti tomu vyzařovací charakteristiky diod pro optické sdělování jsou přímo optimalizovány pro navázání LED na přenosové prostředí (viz Burrusova dioda).

Vyzařovací charakteristika LED je určena především geometrií oblasti a podmínkami generace, indexem lomu a geometrií vrstev, přes které prochází generované záření. Při praktické konstrukci LED bývá průběh vyzařovací charakteristiky pro danou konfiguraci generující oblasti upravován následujícími způsoby:

- Užitím vnější optiky (sférických, válcových a kulových čoček, zrcadlových ploch). U diod pro optické sdělování bývají mikročočky integrovány s vlastním čipem diody.
- Vhodnou geometrií rozhraní polovodič-vzduch, geometrií a indexem lomu přídavných vrstev a geometrií kontaktů.
- Užitím rozptylových (difuzních) vrstev vhodného tvaru. Rozptyl záření v takovéto vrstvě rozšiřuje úhel emise a umožňuje optimalizovat tvar emitujícího povrchu.

### Normovaná vyzařovací charakteristika

Z hlediska požadavku srovnání vyzařovacích schopností různých typů LED se zavádí normovaná vyzařovací charakteristika  $S(R, \phi)$  jako poměr zářivého toku  $\Phi_e(R, \phi)$  detekovaného na poloměru  $R$  v daném směru (pro danou úhlovou souřadnici  $\phi$ ) a maximálního zářivého toku  $\Phi_{e\max}(R, \phi)$  detekovaného na stejném poloměru  $R$ , ale vázaného na určitý směr (zpravidla na nulovou úhlovou souřadnici  $\phi = 0$ ):

$$S(R, \phi) = \Phi_e(R, \phi) / \Phi_{e\max}(R, \phi).$$

Vzhledem k tomu, že v procesu měření probíhá transformace zářivého toku  $\Phi_e(R, \phi)$  na jinou měřitelnou fyzikální veličinu  $U(R, \phi)$ , lze za podmínek ideální transformace výchozí veličiny ve veličinu konečnou, tj. za podmínek platnosti lineárního vztahu mezi  $\Phi_e(R, \phi)$  a  $U(R, \phi)$ , který nezávisí na poloměru  $R$  a úhlové souřadnici  $\phi$ , definovat normovanou vyzářovací charakteristiku jako:

$$S(R, \phi) = U(R, \phi) / U_{\max}(R, \phi).$$

**Úkol 1: Určete normované vyzářovací charakteristiky dostupných LED metodou jak stejnosměrné, tak střídavé detekce**

**Princip měření:**

Měření normovaných vyzářovací charakteristik LED vychází principiálně z metod měření optického výkonu pomocí

- a) stejnosměrné detekce,
- b) střídavé detekce.

Při použití metody měření optického výkonu pomocí stejnosměrné detekce vycházíme ze stejnosměrného buzení LED, tj. převodu elektrického signálu na stejnosměrný optický signál a následné detekce optického signálu prostřednictvím fotodetektoru a jeho převodu na stejnosměrné elektrické napětí, které je mírou přijímaného optického výkonu.

Při použití metody měření optického výkonu pomocí střídavé detekce vycházíme ze střídavého (pulzního) buzení LED, tj. převodu elektrického signálu na střídavý (pulzní) optický signál a následné detekce optického signálu prostřednictvím fotodetektoru a jeho převodu na střídavé elektrické napětí, jehož efektivní hodnota je mírou přijímaného optického výkonu.

K měření vyzářovací charakteristik LED využijeme stavebnici EMOS-OPTTEL spolu s manipulátorem optických vláken, kde ovšem vysílací vlákno nahradíme LED, jejíž vyzářovací charakteristiku chceme měřit. Zapojení elektronické části a detekce optického signálu a postup práce vychází z použité metody měření:

a) Postup práce při měření metodou stejnosměrné detekce vychází z pracovního postupu zpracovaného v doprovodné literatuře v oddíle Metody detekce při měření útlumu, Část 2: Detekce optického signálu analogovým přijímačem (Stejnosemřná detekce).

b) Postup práce při měření metodou střídavé detekce vychází z pracovního postupu zpracovaného v doprovodné literatuře v oddíle Metody detekce při měření útlumu, Část 3: Detekce modulovaného optického signálu analogovým přijímačem (Střídavá detekce). Úroveň střídavého signálu budeme vyhodnocovat na střídavém rozsahu digitálního voltmetru, akustickou část vypustíme!



## Postup měření:

1. Sestavíme vysílací a přijímací systém podle zvolené metody detekce.
2. Do pravého (z pohledu popisu) posuvu umístíme LED tak, aby čip LED procházel osou rotačního posuvu.
3. U levého (rotačního) posuvu uvolníme aretační matici a vzdálíme konec přijímacího kabelu na vzdálenost  $R$ , kterou odečteme.
4. Natačíme levým ramenem, a pro příslušné úhly natočení  $\phi$  měříme dle výše uvedeného postupu úroveň výstupního signálu  $U(R, \phi)$ .
5. Postup podle bodů 3. a 4. opakujeme pro pět různých vzdáleností  $R$ !
6. Sestrojíme normované směrové charakteristiky změřených LED v polárních souřadnicích.
7. Provedeme srovnání naměřených vyzařovacích charakteristik jednak metodou stejnosměrné, jednak metodou střídavé detekce; diskutujeme podmínky měření z hlediska definice vyzařovací charakteristiky LED.

## Úkol 2: Určete normovanou vyzařovací charakteristiku optického vlákna

Princip měření a pracovní postup je součástí doprovodné literatury!

### Upozornění:

Vzhledem k tomu, že není k dispozici měřič optického výkonu, provádíme měření výkonu na přijímací straně stejnými metodami jako při měření vyzařovacích charakteristik LED!

## Krok 5 Zpracování výsledků

Vypočítejte útlum pomocí vzorce:

$$A = 10 \log \frac{P_o}{P_x}$$

kde  $P_o$  má stejný význam jako velikost signálu  $S_1$  na vstupu a  $P_x$  jako velikost signálu  $S_2$  na výstupu. Výsledek zaznamenejte do třetí kolonky tabulky.

## Krok 6 Měření rušivých signálů (Pro pokročilé studenty)

Vypněte vysílač, např. tím, že jej odpojíte od napájení, a zopakujte měření podle kroku 4. Odečtěte hodnoty optického výkonu  $P_n$  a vynesete je do tabulky.

Vzdálenost konců kabelů $x$ (mm)	Optický výkon $P_n$ (nW)
0	
5	
10	
15	

Výkon  $P_n$  reprezentuje úroveň rušivých signálů a způsobuje chybu měření. Při přesném měření útlumu by bylo proto zapotřebí provést korekci hodnot  $P_x$  naměřených v kroku 4 tím, že od nich odečteme hodnotu  $P_n$ . Z porovnání obou tabulek je rovněž patrná maximální vzdálenost, při které lze ještě odlišit užitečný signál od rušení. Tento bod se nazývá prahem detekce.

### Poznámka:

*Rušivý signál má v tomto systému stejnosměrné detekce dvě příčiny: a) offset přijímací elektroniky (Lze jej vykompenzovat nulovacím knoflíkem na měřiči LM1 při zatemněném fotodetektoru - viz krok 2.) b) osvětlení pczadí (Nežádoucí světlo, které proniká do detekčního systému z okolí. Nelze jej zcela potlačit.)*

## Část 2: Detekce optického signálu analogovým přijímačem (Stejnoseměrná detekce)

### CI

Demonstrovat a změřit útlum trasy pomocí analogového přijímače. Jedná se o metodu obdobnou jako je metoda popsaná v části 1. Navzdory horším výsledkům je lze v praxi využít. Zejména tehdy, když není k dispozici měřič optického výkonu.



# Pracovní postup

## Krok 1 Propojení desek

Vysílací systém připravte stejně jako v části 1 krok 1. Přijímací systém připravte tak, propojte další zdrojovou desku (čís.0) s deskou analogového optického přijímače (čís.4). Potenciometry na zdrojové desce a potenciometr na desce čís.4 nastavte na maximum (na doraz od sebe). Tím jste sestavili přijímací systém. Připojte voltmetr k bodům CV a TP1 na desce čís.4.

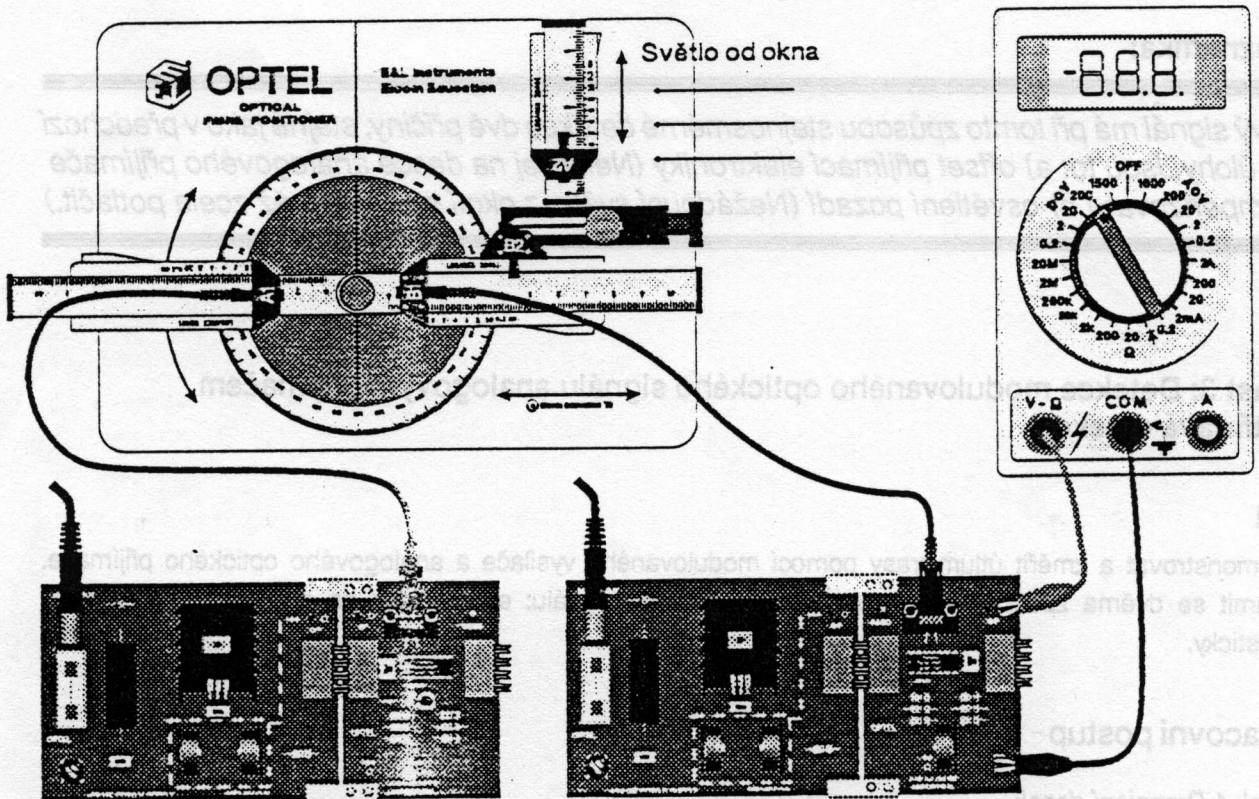
## Krok 2 Propojení optických kabelů

Postupujte stejně jako v části 1 krok 3, avšak namísto měřiče optického výkonu zapojte optický analogový přijímač. Sestava je znázorněna na obrázku.

## Krok 3 Měření útlumu

Na ramenech posuvů nastavte počáteční polohu 0 mm, odečtete hodnotu napětí  $U_0$  na voltmetru a zaznamenejte ji do tabulky jako počáteční (referenční) údaj. Posuvem vzdalujte od sebe optické kabely po krocích uvedených v tabulce a měřené napětí  $U_x$  zaznamenejte do tabulky.

Vzdálenost konců kabelů x (mm)	Napětí $U_x$ (V)	Útlum A (dB)
0		
5		
10		
15		



Sestava pro měření útlumu analogovým přijímačem a voltmetrem

## Krok 4 Zpracování výsledků

Vypočítejte útlum pomocí vzorce:

$$A = 10 \log \frac{U_o}{U_x}$$

kde  $U_o$  má stejný význam jako velikost signálu  $S_1$  na vstupu a  $U_x$  jako velikost signálu  $S_2$  na výstupu. Výsledek zaznamenejte do třetí kolonky tabulky.

## Krok 5 Měření rušivých signálů (Pro pokročilé studenty)

Vypněte vysílací systém a zopakujte měření podle kroku 3. Naměřené hodnoty rušivého napětí  $U_n$  vynesete do tabulky.

Vzdálenost konců kabelů x (mm)	Napětí $U_x$ (V)
0	
5	
10	
15	

Pokud by bylo zapotřebí odstranit chybu měření útlumu, kterou v kroku 3 způsobil rušivý signál  $U_n$ , museli bychom od hodnot  $U_x$  odečíst vždy příslušnou hodnotu  $U_n$ . Z porovnání tabulek v krocích 3 a 5 lze určit práh detekce, pod kterým je již užitečný signál maskován šumem  $U_n$ .

## Poznámka:

*Rušivý signál má při tomto způsobu stejnosměrné detekce dvě příčiny, stejné jako v předchozí části úlohy. Jsou to: a) offset přijímací elektroniky (Nelze jej na desce analogového přijímače vykompenzovat.) b) osvětlení pozadí (Nežádoucí světlo z okolí nelze rovněž zcela potlačit.)*

## Část 3: Detekce modulovaného optického signálu analogovým přijímačem (Střídavá detekce)

### ČÍ

Demonstrovat a změřit útlum trasy pomocí modulovaného vysílače a analogového optického přijímače. Seznámit se dvěma způsoby vyhodnocení detekovaného signálu: elektronicky na obrazovce osciloskopu a akusticky.

## Pracovní postup

### Krok 1 Propojení desek

Propojte desku analogového optického vysílače (čís.3) s deskou generátoru audio signálu (čís.1) a s jednou zdrojovou deskou (čís.0). Propojovacím vodičem spojte výstup desky čís.1 se vstupem desky čís.3.



Tato sestava představuje vysílací systém, ve kterém je intenzita výstupního záření modulována signálem z audiogenerátoru. Při nastavení obdélníkového průběhu na výstupu audiogenerátoru se dosáhne stejného efektu, jako kdyby bylo záření z LED diody periodicky přerušováno clonkou (tzv. čoprem). Proto se někdy o takovémto signálu hovoří jako o čopraném signálu.

Propojte další zdrojovou desku (čís.0) s deskou analogového přijímače (čís.4) a s deskou audiozesilovače (čís.10). Propojovacím vodičem spojte výstup desky čís.4 se vstupem desky čís.10. K testovacímu bodu TP1 na desce čís.4 připojte sondu osciloskopu. Zemní vodič sondy připojte na bod 0V na desce čís.4. Tímto je přijímací systém hotov.

Reproduktor umožňuje akusticky vyhodnocovat intenzitu detekovaného signálu a pomocí osciloskopu lze elektronicky tuto intenzitu (amplitudu) měřit.

### *Krok 2 Propojení optických kabelů*

Optické kabely zapojte podle části 2 krok 2.

### *Krok 3 Nastavení osciloskopu*

Nastavte časovou základnu na 0,5 ms/dílek. Nastavte vertikální zesilovač na 1 V/dílek a přesvědčte se, že jak nastavení časové základny, tak vertikálního zesilovače je v kalibrované poloze (CAL).

### *Krok 4 Nastavení desek*

Na ramenech posuvů manipulátoru nastavte počáteční polohu 0 mm. Otočte potenciometry POT 1 a POT 2 na desce čís.1 na maximum. Otočte potenciometr na desce čís.4 na maximum. Nastavte potenciometrem na desce zesilovače čís.10 odpovídající hlasitost.

### *Krok 5 Měření útlumu*

Při počáteční poloze posuvu odečtete amplitudu  $U_{m0}$  signálu na osciloskopu a zaznamenejte ji do tabulky jako počáteční (referenční) údaj. Posuvem vzdalujte od sebe optické kabely po krocích uvedených v tabulce a měřenou amplitudu signálu  $U_{mx}$  zaznamenejte do tabulky. Současně sledujte hlasitost z reproduktoru a orientačně ji zaznamenejte také do tabulky.

Vzdálenost konců kabelů x (mm)	Amplituda signálu $U_{mx}$ (V)	Útlum A(dB)	Hlasitost
0			
5			
10			
15			

### **Poznámka:**

1. *Povšimněte si, že můžete vzdalovat kabely až do vzdálenosti 90 mm a ještě rozeznáte zvukový signál, zatímco na osciloskopu je signál maskován šumem. Pokud nejste si jisti, že slyšíte signál přerušete optickou dráhu (zasunutím papíru mezi optické kabely) a lépe odlišíte signál od šumu.*

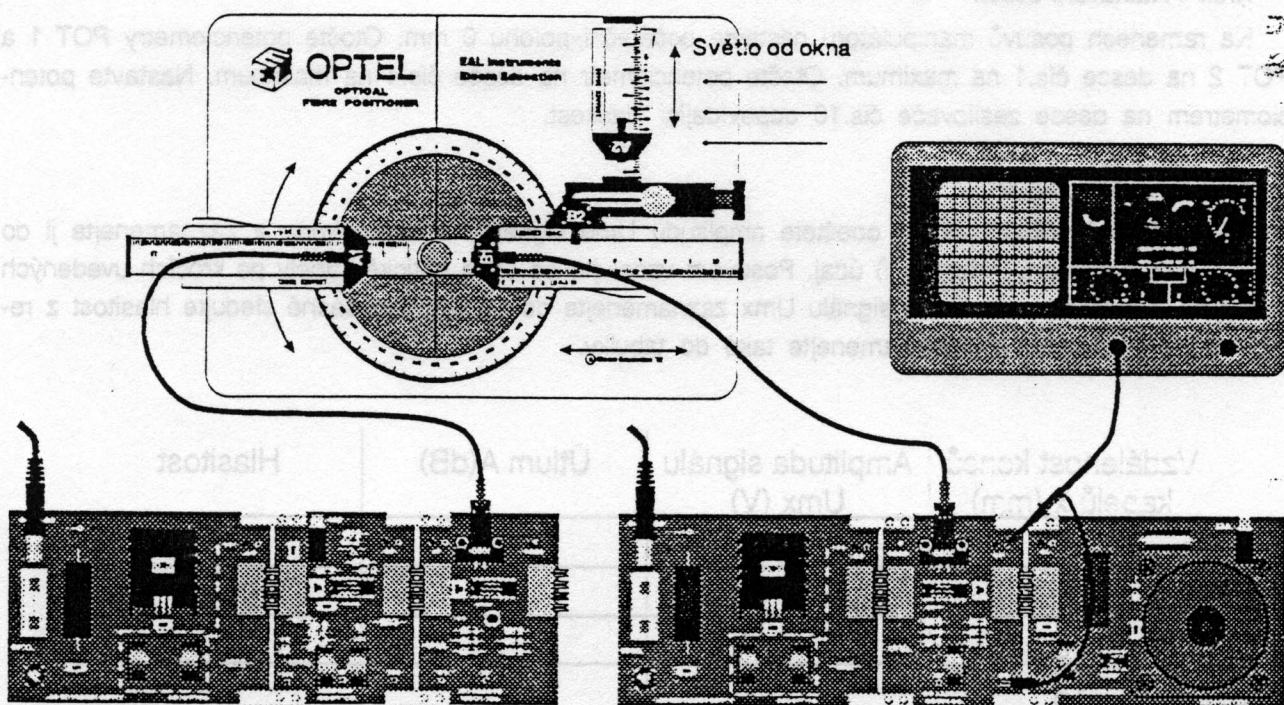
2. Na popsaném principu akustické signalizace pracují tzv. identifikátory živého vlákna. Jsou to přístroje, které ze svazku vláken v kabelu označí pouze vlákno buzené čopraným signálem.

### Krok 6 Zpracování výsledků

Vypočítejte útlum pomocí vzorce:

$$A = 10 \log \frac{U_{mo}}{U_{mx}}$$

kde  $U_{mo}$  má stejný význam jako velikost signálu  $S_1$  na vstupu,  $U_{mx}$  jako velikost signálu  $S_2$  na výstupu. Výsledek zaznamenejte do třetí kolony tabulky.



Sestava pro měření útlumu modulovaným vysílačem a analogovým přijímačem se střídavou detekcí

### Krok 7 Měření rušivých signálů (pro pokročilé studenty)

Vypněte vysílací systém a pozorujte na obrazovce osciloskopu průběhy rušivých signálů při stejných vzdálenostech vláken, jako byly měřeny hodnoty  $U_{mx}$  v kroku 5. Z reproduktoru zároveň uslyšíte akustický signál, který odpovídá průběhu rušivého signálu. Povšimněte si, že při oddalování konců vláken se mění stejnosměrná složka signálu na osciloskopu, avšak tvar časového průběhu rušení zůstává v podstatě stejný. Přepněte časovou základnu na osciloskopu na 10 ms/dílek a vertikální zesilovač na maximální citlivost. Nakreslete průběh signálu při vzdálenosti konců kabelů 0 mm a 50 mm.



# Vyzařovací charakteristika vlákna, numerická apertura

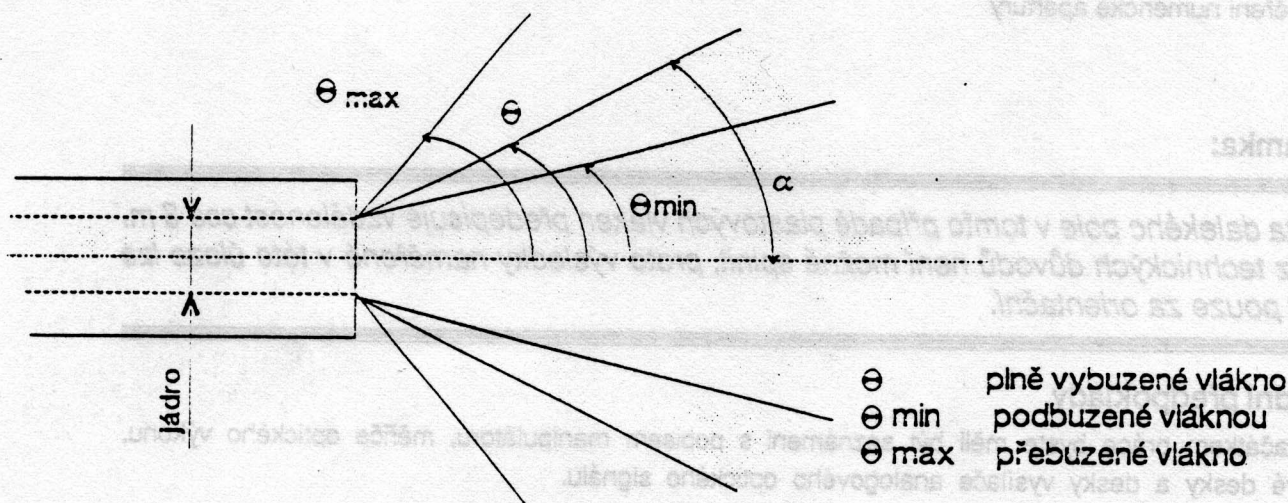
## Úvod

V této praktické úloze je věnována pozornost tomu, jak se chová optické záření po opuštění konce vlákna. Paprsky, které jsou vedeny ve vlákne, vytvoří vždy po opuštění čela vlákna rozbíhavý (tzv. divergentní) svazek. Rozbíhavost tohoto svazku je dána numerickou aperturou a způsobem buzení vlákna.

Numerická apertura je definována z vyzařovací charakteristiky plně vybuzeného vlákna :

$$NA = \sin \alpha,$$

kde úhel  $\alpha$  odpovídá polovině šířky vyzařovací charakteristiky, viz obrázek.

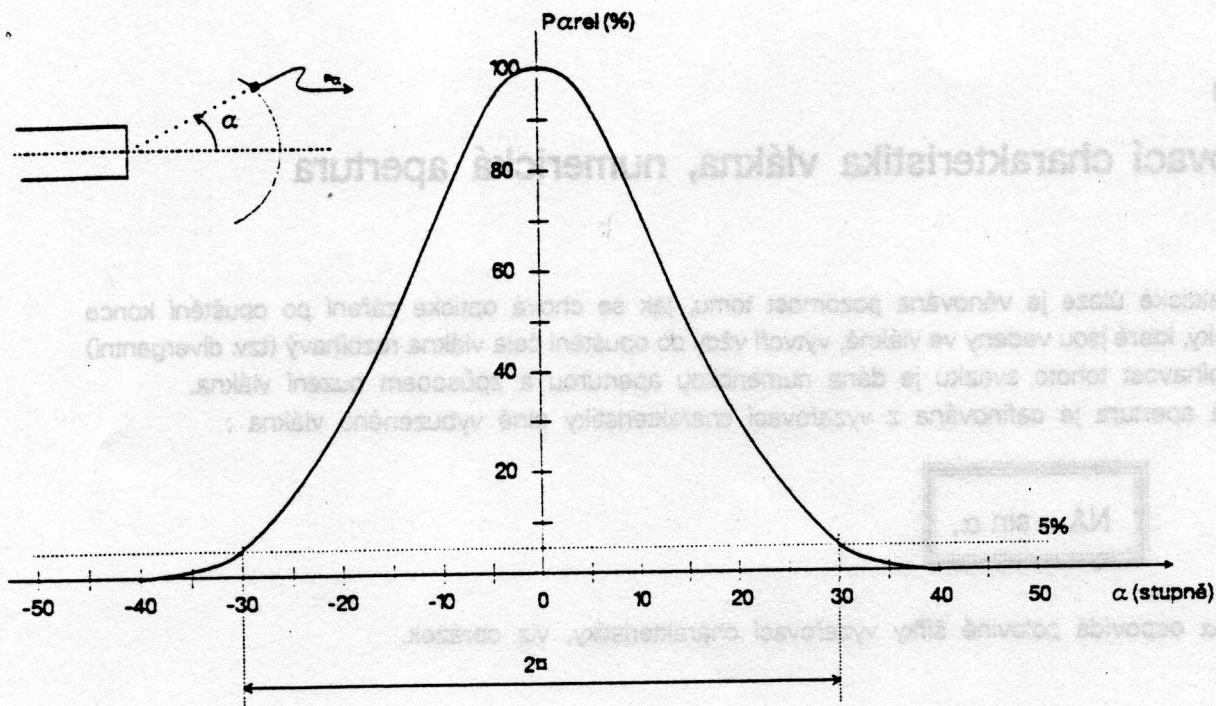


## Vyzařovací charakteristika vlákna

Obecně tedy platí, že čím větší numerická apertura vlákna, tím větší rozbíhavost svazku na výstupu vlákna. Na obrázku jsou rovněž naznačeny různé režimy buzení pro jeden typ vlákna. Nevhodně zvolený zdroj záření může vlákno přebudit nebo podbudit, což může v některých případech způsobit i určité komplikace.

Vyzařovací charakteristika se nejčastěji měří fotodetektorem rotujícím kolem čela vlákna. Fotodetektor měří hodnotu optického výkonu  $P$  v závislosti na úhlu. Šířka vyzařovací charakteristiky  $2\alpha$  se odečte z poklesu této závislosti na 5 % z maximální hodnoty, jak je vyznačeno na obrázku. Ze znalosti úhlu se vypočítá numerická apertura NA.

Pro přesná měření numerické apertury je zapotřebí, aby vyzařovací charakteristika byla měřena v dalekém poli. Znamená to, že detektor nesmí být k čelu vlákna blíže, než je předepsaná vzdálenost pro daleké pole (tzv. podmínka dalekého pole).



Princip měření numerické apertury

### Poznámka:

*Podmínka dalekého pole v tomto případě plastových vláken předepisuje vzdálenost cca 3 m. To však z technických důvodů není možné splnit, proto výsledky naměřené v této úloze lze pokládat pouze za orientační.*

### Základní předpoklady

Před začátkem práce byste měli být seznámeni s popisem manipulátoru, měřiče optického výkonu, zdrojové desky a desky vysílače analogového optického signálu.

### Potřebná zařízení a přístroje

Pro tuto úlohu budete potřebovat následující zařízení a přístroje:

- \* Deska zdroje (čís.0)
- \* Deska vysílače analogového optického signálu (čís.3)
- \* Manipulátor OPTEL
- \* Měřič optického výkonu LM1
- \* Dva krátké optické kabely

### Cíl

Demonstrovat metodiku měření numerické apertury optického vlákna.

### Pracovní postup

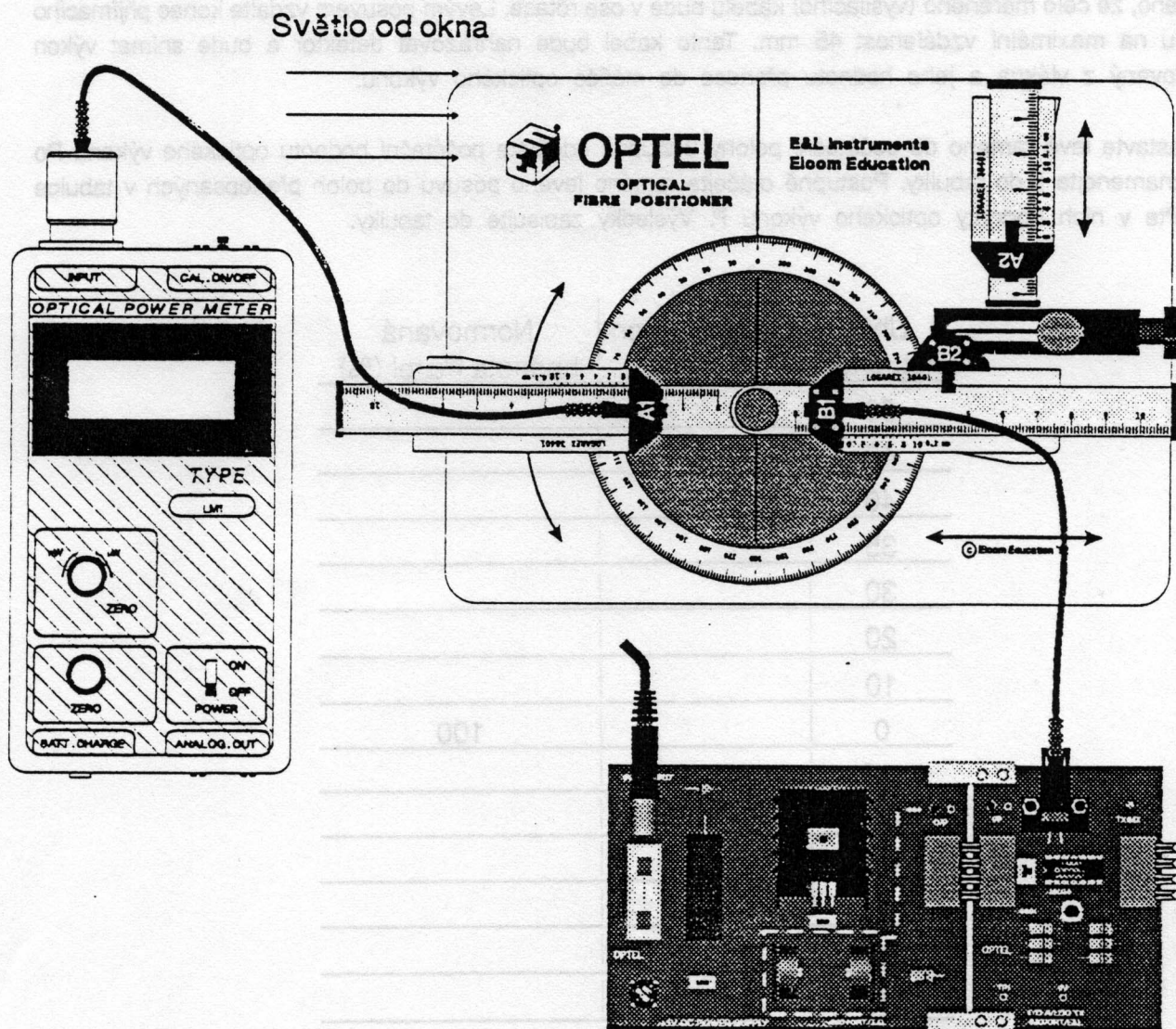
#### Krok 1 Propojení desek

Propojte desku analogového optického vysílače (čís.3) s jednou zdrojovou deskou (čís.0). Propojovacím vodičem spojte výstup desky čís.0 se vstupem desky čís.3. Tímto jste vybudovali vysílací systém. Potenciometry na zdrojové desce nastavte na maximum (na doraz od sebe).



## Krok 2 Příprava měřiče optického výkonu LM1

Připojte síťový napáječ na měřič optického výkonu a zapněte přístroj. Zakryjte optický vstup černou krytkou, nastavte přepínač rozsahu na nulu (ZERO) a knoflíkem nuly vynulujte displej. Při dalším měření se nedotýkejte nulovacího knoflíku. Zkontrolujte, jestli je přepínač kalibrace v poloze vypnuto (OFF). Odšroubujte černou krytku z optického vstupu a zašroubujte adaptér s optickým konektorem. Tím je přístroj připraven měřit optický výkon vystupující z optického kabelu.



Pracoviště pro měření vyzařovací charakteristiky

## Krok 3 Propojení optických kabelů

Zasuňte konec jednoho optického kabelu do konektoru na desce optického vysílače a konec druhého kabelu do adaptéru na měřiči optického výkonu. Volný konec kabelu od měřiče optického výkonu zasuněte do měřicí sondy manipulátoru A1 a volný konec kabelu od optického vysílače do sondy B1 manipulátoru. Celou sestavu popisuje následující obrázek.

## Poznámka:

1. Příjímací kabel orientujte vstupním čelem směrem od okna - viz obrázek. Dále se doporučuje pracoviště co nejvíce zastínit (např. stáhnout rolety, zhasnout), a potlačit tak vliv osvětlení pozadí.

### Krok 4 Sledování efektu rotace detekčního kabelu

Odaretejte otočný stolek aretační maticí odspodu. Pravý posuv nastavte do polohy 0 mm. Tím bude zajištěno, že čelo měřeného (vysílacího) kabelu bude v ose rotace. Levým posuvem vzdalte konec přijímacího kabelu na maximální vzdálenost 45 mm. Tento kabel bude nahrazovat detektor a bude snímat výkon vyzářovaný z vlákna a jeho hodnotu přeneseme do měřiče optického výkonu.

Nastavte levé rameno do počáteční polohy 0 stupňů odečtete počáteční hodnotu optického výkonu  $P_0$  a zaznamenejte ji do tabulky. Postupně otáčejte rameno levého posuvu do poloh předepsaných v tabulce a měřte v nich hodnoty optického výkonu  $P$ . Výsledky zapisujte do tabulky.

Úhel (stupně)	Optický výkon $P_\alpha$ (nW)	Normovaná hodnota $P_{\alpha rel}$ (%)
50		
45		
40		
35		
30		
20		
10		
0		100
-10		
-20		
-30		
-35		
-40		
-45		
-50		

## Poznámka:

Protože při tomto měření je signál velice slabý je nezbytně nutné maximalně zatemnit místnost!



### Krok 5 Přepočet naměřených výsledků

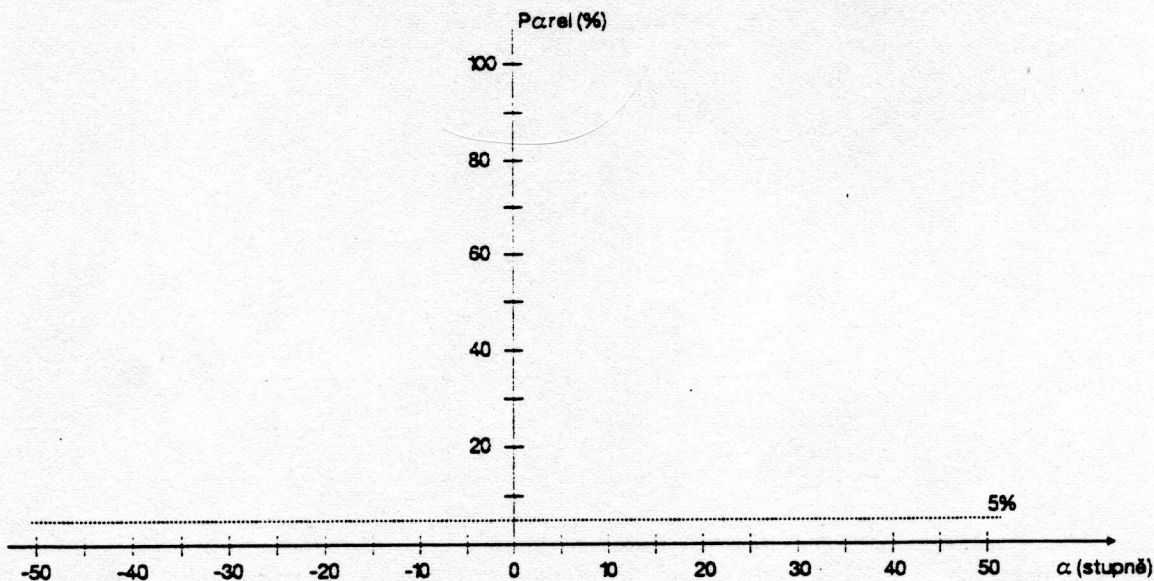
Hodnotu výkonu  $P_0$  považujte za 100 % základ a vypočtete normované hodnoty optického výkonu  $P_{\alpha}$  pro všechny řádky v tabulce podle vzorce:

$$P_{\alpha \text{rel}} = \frac{P_{\alpha}}{P_0} * 100 (\%)$$

Výsledky zapište do pravého sloupce tabulky. Údaje  $P_{\alpha}$  jsou v procentech.

### Krok 6 Zakreslení výsledků měření do grafu

Zakreslete výsledky měření do souřadnicového systému, který je na obrázku.



### Krok 7 Zpracování výsledků měření

Z průsečíku křivky s úrovní 5 % v grafu odečtete úhel  $2\alpha$  stejně, jako je to vyznačeno v obrázku v úvodu úlohy. Numerickou aperturu vypočítejte pomocí vzorce:

$$NA = \sin \frac{2\alpha}{2}$$

## Měření výkonu na optické trase - měření útlumu optické trasy, vazby vlákno-vlákno a optického atenuátoru

### Úkol 1: Určete útlum optického kabelu

K měření využijeme stavebnici EMOS-OPTTEL spolu s manipulátorem optických vláken. Princip měření a pracovní postup je součástí doprovodné literatury.

#### Upozornění:

Vzhledem k tomu, že není k dispozici měřič optického výkonu, provádíme měření výkonu na přijímací straně metodou stejnosměrné detekce, která je rovněž zpracována v doprovodné literatuře v oddíle Metody detekce při měření útlumu v Části 2: Detekce optického signálu analogovým přijímačem, resp. metodou střídavé detekce zpracované ve stejném oddíle, ale v Části 3: Detekce modulovaného optického signálu analogovým přijímačem, při níž použijeme místo osciloskopu střídavý digitální voltmetr a akustickou část vypustíme!

### Úkol 2: Měření útlumu vazby vlákno-vlákno

K měření využijeme stavebnici EMOS-OPTTEL spolu s manipulátorem optických vláken. Princip měření a pracovní postup je součástí doprovodné literatury.

#### Upozornění:

Platí stejně jako v předcházející části !

### Úkol 3: Měření útlumu optického atenuátoru

K měření využijeme stavebnici EMOS-OPTTEL spolu s manipulátorem optických vláken. Princip měření a pracovní postup je součástí doprovodné literatury.

#### Upozornění:

Platí stejně jako v předcházející části !



### **Krok 2 Propojení desek**

Propojte desku analogového optického vysílače (čís.3) s jednou zdrojovou deskou (čís.0). Propojovacím díčem spojte výstup desky čís.0 se vstupem desky čís.3. Tímto jste vybudovali vysílací systém. Potenciometry na zdrojové desce nastavte na maximum ( na doraz od sebe ).

### **Krok 3 Příprava měřiče optického výkonu LM1**

Připojte síťový napáječ na měřič optického výkonu a zapněte přístroj. Zakryjte optický vstup černou vlnkou, nastavte přepínač rozsahů na nulu (ZERO) a knoflíkem nuly vynulujte displej. Při dalším měření nedotýkejte nulovacího knoflíku. Zkontrolujte, jestli je přepínač kalibrace v poloze vypnuto (OFF). Odšroubujte černou krytku z optického vstupu a zašroubujte adaptér s optickým konektorem. Tím je přístroj připraven měřit optický výkon vystupující z optického kabelu.

### **Krok 4 Měření optického výkonu krátkým kabelem**

Spojte krátkým optickým kabelem optický konektor na desce vysílače s konektorem adaptéru na měřiči optického výkonu tak, jak je naznačeno na následujícím obrázku. Přepínačem rozsahu zvolte rozsah s největším počtem platných číslic a odečtěte hodnotu optického výkonu  $P1(1) \mu W$  nebo  $nW$ . Opakujte toto měření z druhého konce kabelu, tj. konektor, který byl v desce vysílače připojte k měřiči výkonu, a naopak. Odečtěte hodnotu  $P1(2)$ .

### **Poznámka:**

Všimněte si možného rozdílu těchto hodnot. Závisí to na kvalitě konce kabelu. Pokud je rozdíl příliš velký, tj. větší než 10% je jeden konec špatný nebo silně zašpiněný.

### **Krok 5 Opakování předchozího měření s dlouhým optickým kabelem.**

Nahraďte krátký optický kabel dlouhým. Nejlépe bude, pokud kabel nebude stočen, ale jenom volně uložen. Pokud to není možné, stočte ho volně na co největší průměr. Opakujte krok 4 a získáte hodnoty  $P2(1)$  a  $P2(2)$ .

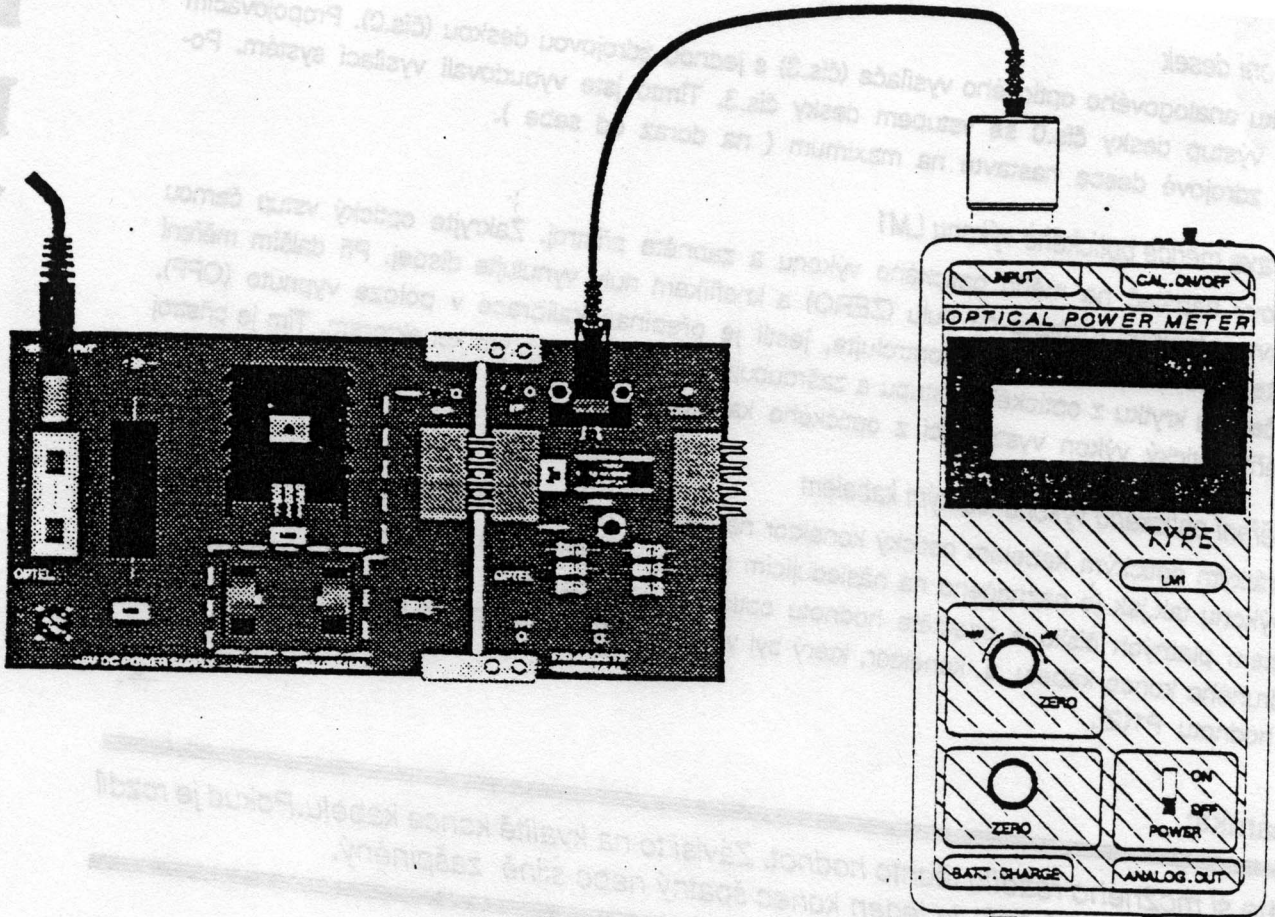
### **Poznámka:**

Nedotýkejte se potenciometrů na zdrojové desce. Změníte-li napájení, nebude možné porovnat výsledky měření krátkého a dlouhého kabelu.

### **Krok 6. Vypočítání měrného útlumu kabelu.**

Útlum optického kabelu lze spočítat modifikovanou metodou dvou délek, která též někdy bývá označována jako transmisní metoda. Měrný útlum je pak dán vztahem:

$$A = \frac{10 \log \frac{P1}{P2}}{L2-L1} \text{ (dB/m)}$$



Měření útlumu optického kabelu

kde  $P_1$  je aritmetický průměr výkonů měřených na výstupu z krátkého kabelu, tj.

$$P_1 = \frac{P_1(1) + P_1(2)}{2}$$

$P_2$  je tentýž výkon pro dlouhý kabel a  $L_1$  a  $L_2$  jsou délky těchto kabelů.

## Část 2: Útlum vazby vlákno-vlákno (útlum spojení optických kabelů)

**C1**

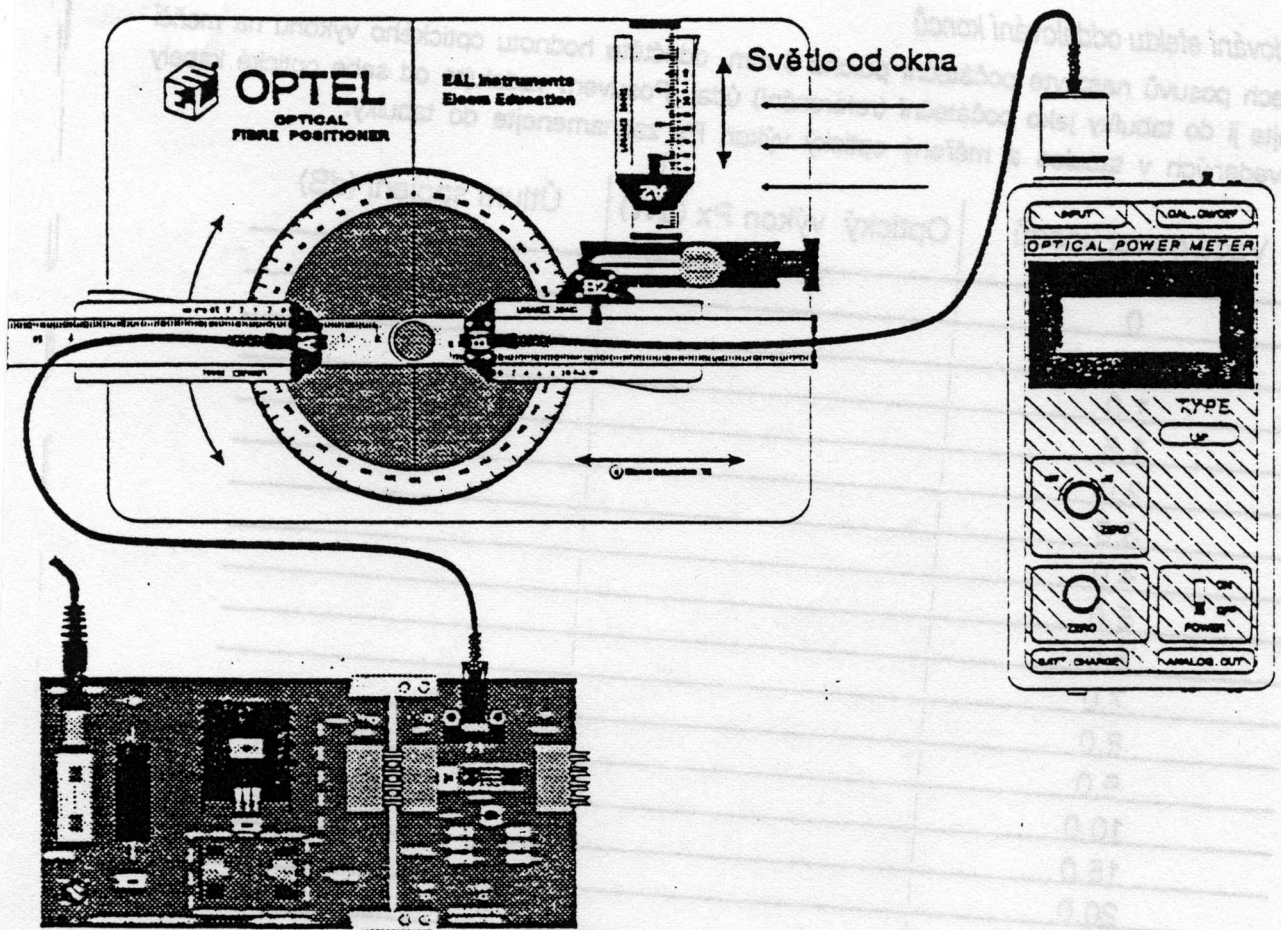
Demonstrovat vliv podélné, příčné a úhlové odchylky os optických vláken při spojování optických kabelů na celkový útlum optické trasy.

### Pracovní postup

#### Krok 1. Náhrada dlouhého kabelu dvěma krátkými kabely

Zasuňte konec jednoho krátkého optického kabelu do konektoru na desce vysílače a konec druhého kabelu do adaptéru na měřiči optického výkonu. Volné konce kabelů zasuňte do měřících sond na manipolátoru označených A1 a B1. Měřící sestava je znázorněna na obrázku.





Pracoviště pro měření útlumu vazby vláknno-vláknno

### Krok 2 Nastavení

Nastavte potenciometry na zdrojové desce čís. 0 na maximum (na doraz od sebe).

Nastavte ramena manipulátoru do jedné přímky a tuto polohu zajistíte aretační maticí.

Posuvy ramen nastavte do počáteční polohy 0 mm. Měřič optického výkonu připravte k měření podle kroku 3 v návodu k obsluze a zkontrolujte nulování.

### Poznámka:

1. Příjímací kabel orientujte směrem od okna - viz obrázek. Dále se doporučuje pracoviště co nejvíce zastínit (např. stáhnout rolety, zhasnout), a potlačit tak vliv osvětlení pozadí.

### Krok 3 Sledování efektu oddalování konců

Na ramenech posuvů nastavte počáteční polohu 0 mm, odečtěte hodnotu optického výkonu na měřiči a zaznamenejte ji do tabulky jako počáteční (referenční) údaj. Posuvem vzdalujte od sebe optické kabely po krocích uvedených v tabulce a měřený optický výkon  $P_x$  zaznamenejte do tabulky.

Vzdálenost konců kabelů $x$ (mm)	Optický výkon $P_x$ ( $\mu\text{W}$ )	Útlum spojení (dB)
0		
0,5		
1,0		
1,5		
2,0		
3,0		
4,0		
5,0		
6,0		
7,0		
8,0		
9,0		
10,0		
15,0		
20,0		
25,0		
30,0		

### Poznámka:

*Při vzdálenosti konců kabelů větší než 15 mm zmenšete úroveň pozadí, tj. nežadujícího světla, zastíněním optické dráhy shora rukou nebo papírem*

### Krok 4 Zakreslení výsledků měření do grafů

Zakreslete výsledky měření do souřadnicového systému, který je na obrázku.

Pohlížíme-li na přenosový systém jako celek, je podstatně důležitější vypočítat ztráty optického výkonu v logaritmickém měřítku, tj. v decibelech (dB). Nejdříve vypočítejte útlum pomocí vzorce:

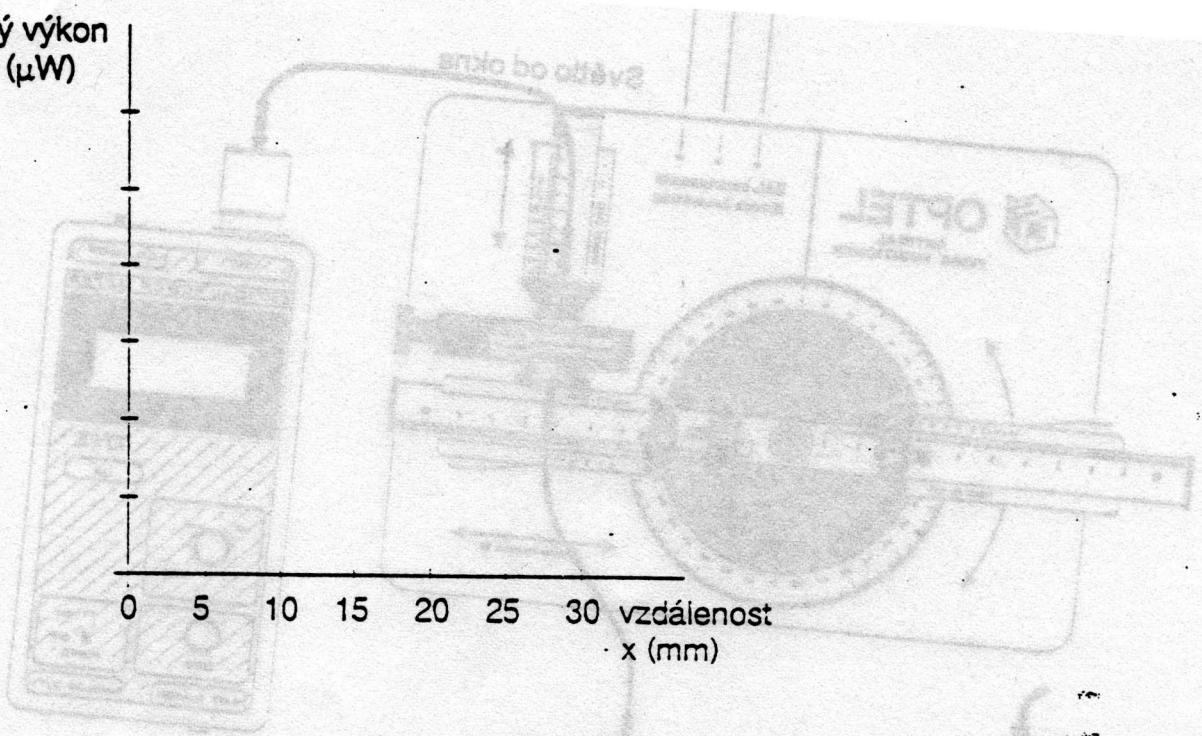
$$\text{útlum} = 10 \log \frac{P_0}{P_x}$$

Výsledek zaznamenejte do třetí kolony tabulky.

Zakreslete výsledky výpočtů do druhého souřadnicového systému, který je na obrázku.



optický výkon  
P<sub>x</sub> (μW)



útlum  
(dB)

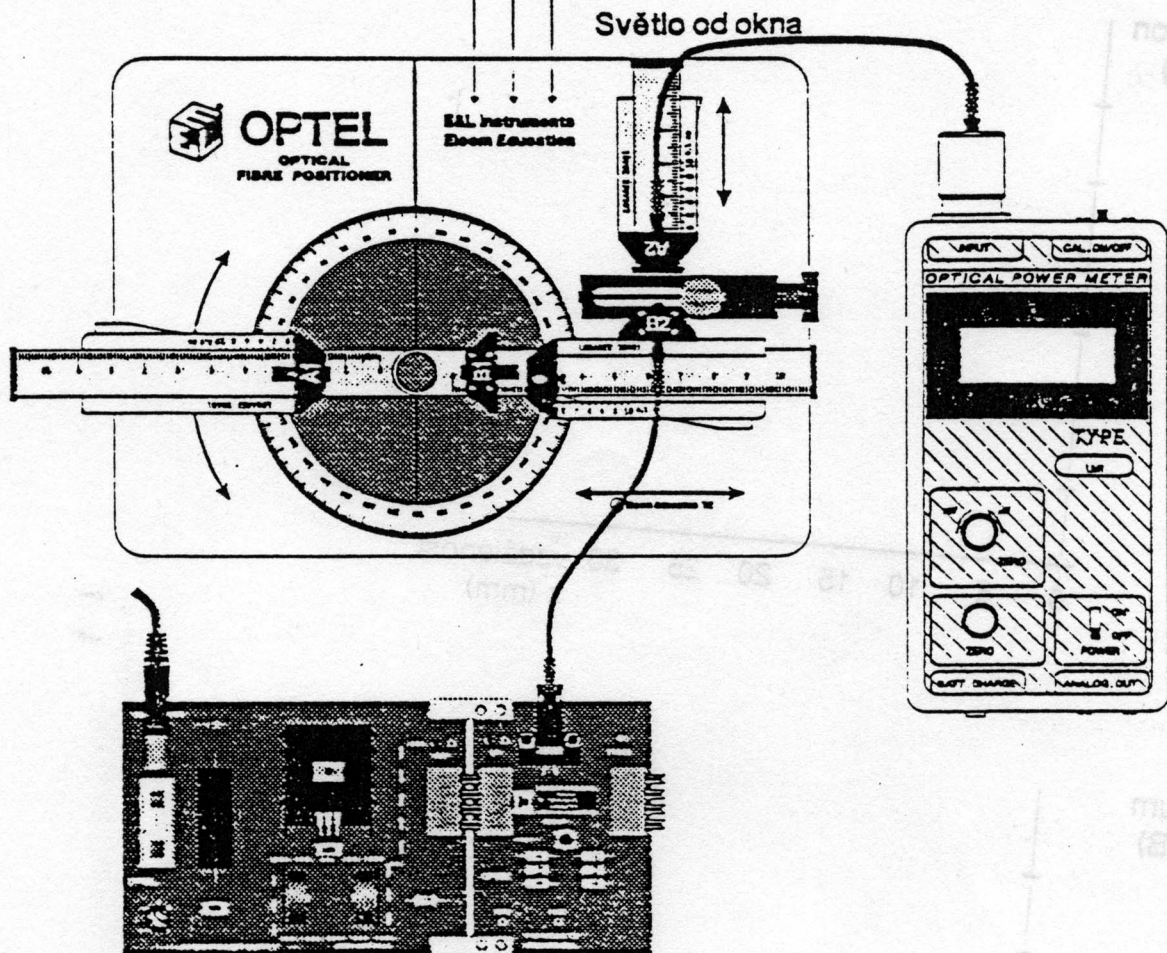
30  
25  
20  
15

0 5 10 15 20 25 30 vzdálenost  
x (mm)

útlum (dB)	optický výkon P <sub>x</sub> (μW)	příčná odchylka h (mm)
		0
		0,5
		1,0
		1,5

### Krok 5 Sledování efektu příčné odchylky konců

Konce kabelů přestavte do poloh A2 a B2 pravého a příčného posuvu manipulátoru. Příčný posuv nastavte do polohy 0 mm a pravým posuvem nastavte kabely proti sobě tak, aby optický výkon měřený na měřiči výkonu byl maximální. Tato poloha pravého posuvu bude počáteční polohou (nulová příčná odchylka). Pravým posuvem posunujte kabel po krocích podle tabulky a měřený optický výkon P<sub>x</sub> zaznamenejte do tabulky.



Pracoviště pro sledování příčné odchyšky

Příčná odchyška h (mm)	Optický výkon $P_h$ ( $\mu\text{W}$ )	Útlum (dB)
0		
0,5		
1,0		
1,5		

### Poznámka:

Pokud je na příčném posuvu nastavena hodnota 0 mm, jsou čela optických vláken od sebe vzdáleny 2 mm.

### Krok 6 Sledování efektu příčného posuvu při větší vzdálenosti konců kabelů

Pravý posuv vraťte do počáteční polohy (nulová příčná odchyška). Příčný posuv nastavte na hodnotu 5 mm. Pravým posuvem posunujte kabel pro krokůch podle tabulky a měřený optický výkon  $P_h$  zaznamenejte do tabulky.