

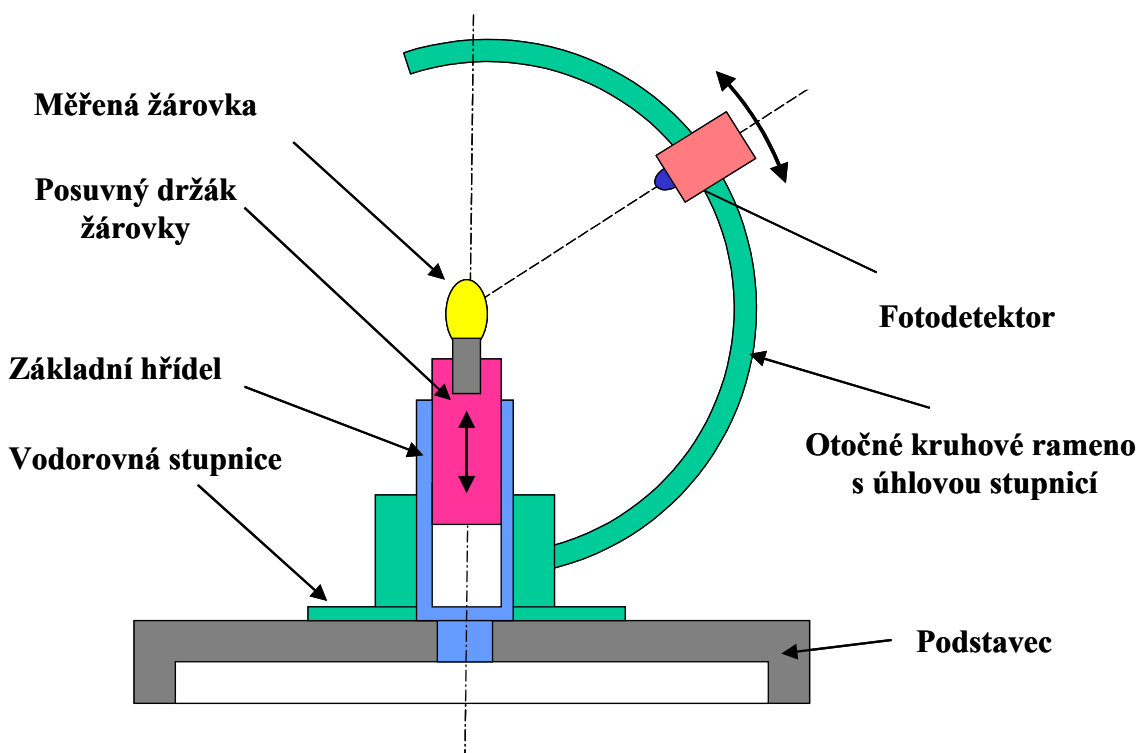
## Měření fotometrických parametrů světelných zdrojů

- Úkoly :**
1. Určete a porovnejte normované prostorové vyzařovací charakteristiky určených světelných zdrojů (žárovek a diod) pomocí fotogoniometru
  2. Určete a porovnejte spektrální složení záření určených světelných zdrojů (žárovek a diod) pomocí spektrofotometru

**Postup :**

**1. Určení prostorové vyzařovací charakteristiky světelných zdrojů**

Měření bude prováděno na fotogoniometru Meopta, jehož principiální schéma je naznačeno na obrázku 1.



Obr.1: Schéma fotogoniometru

Postup měření je následující:

- 1) měřený světelný zdroj (např. žárovku, diodu) upneme do posuvného držáku.
- 2) výškově posouváme držákem žárovky tak dlouho, až se vlákno měřené žárovky nachází ve středu otočného kruhového ramena (odměříme posuvným měřítkem)
- 3) detektor záření, který je posuvně umístěn na kruhovém rameni fotogoniometru, nastavíme do výchozí polohy (bod, který se nachází na ose základního hřídele fotogoniometru) a pomocí digitálního voltmetru změříme elektrický signál z fotodetektoru
- 4) začneme postupně odečítat úhlovou polohu otočného ramena  $\varphi$  a úhlovou polohu detektoru na kruhovém ramenu  $\theta$ , tj. změříme signál z detektoru pro danou polohu ramena a detektoru. Signál z detektoru je přímo úměrný svítivosti vyšetřovaného světelného zdroje v uvedeném směru.

Měření provádíme tím způsobem, že pro danou hodnotu  $\theta$  detektoru ve svislém směru natáčíme kruhové rameno postupně ve vodorovném směru o úhel  $30^\circ$  v celém rozsahu  $0^\circ - 360^\circ$ . Poté posuneme detektor na kruhovém ramenu o úhel  $10^\circ$  a celé měření opakujeme (v opačném směru otáčení!!!). Pro jednotlivé polohy fotodetektoru zapisujeme hodnoty napětí do přiložených tabulek (každá trabulka pro 1 zdroj) a ty poté zadáme do počítače (soubor MS Excel v adresáři *C:\Dokumenty\ fotogoniometr\_tabulka.xls*).

**Prostorová vyzářovací charakteristika**

	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
0													
10													
20													
30													
40													
50													
60													
70													
80													
90													
100													
110													
120													

Při zpracování prováděného měření na počítači si každá skupina **vytvoří nový adresář ve složce C:\Dokumenty\** a do tohoto adresáře si překopíruje soubor s tabulkou pro vyplňování hodnot (je vhodné ho pojmenovat podle měřeného zdroje – např. *zarovka.xls* a uložit **ve formátu Excel 95!!!**). Hodnoty měřeného napětí se zadávají v tabulce na Listu1.

Zadávané naměřené hodnoty jsou v uvedeném souboru nejprve automaticky normovány (List2) vůči hodnotě odpovídající poloze  $\varphi = 0^\circ$ ,  $\theta = 0^\circ$  a poté se zpracují a upraví pomocí připraveného softwaru v programu MATLAB na počítači (software *fotogoniometr1.m*). Pro úspěšné zpracování naměřených dat pomocí uvedeného programu je nutno dodržet následující postup:

- a) zkopírování oblasti normovaných dat z Listu2 pomocí Ctrl C.
- b) vložení do Listu3 popř. jiného volného listu souboru MS Excel pomocí volby *Úpravy – Vložit jinak – Vložit jako – Hodnoty*
- c) Uložení tohoto listu jako soubor s příponou WK1 a názvem odpovídajícím měřenému světelnému zdroji (např. *žárovka.wk1*)

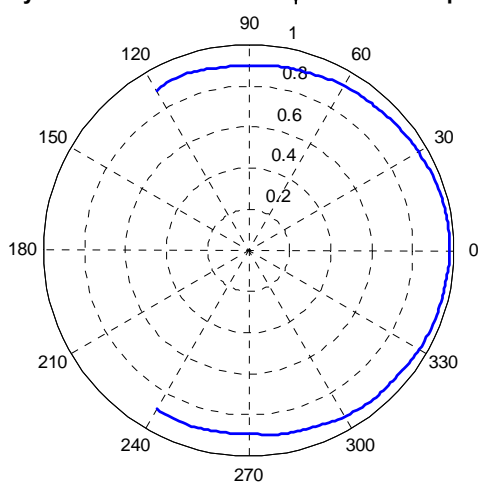
Po předchozí úpravě lze již přikročit k počítačovému zpracování v MATLABu. Po spuštění MATLABu je nutno změnit současný pracovní adresář (*Change Current Directory*) na váš nově vytvořený adresář, kde se nacházejí všechny vaše datové soubory. Poté je již možno napsat v příkazové řádce příkaz **photogoniometr1**, čímž se spustí program stejného názvu. Tento program požaduje zadání názvu datového souboru typu WK1, který chcete zpracovávat (Pozor je nutno zadat v jednoduchých uvozovkách, tj. např. **'žárovka'**).

Jako první se vykreslí 6 řezů vyzařovací charakteristiky, které odpovídají jednotlivým polohám otočného kruhového ramena, pro něž bylo měření prováděno. Poté je provedeno prostorové grafické znázornění vyzařovací charakteristiky měřené žárovky. Získané grafy je nutno graficky upravit (zesílit čáry, popsat osy, popsat název grafu, atd.) a uložit jako obrázky (příkaz *Export* v menu *File*).

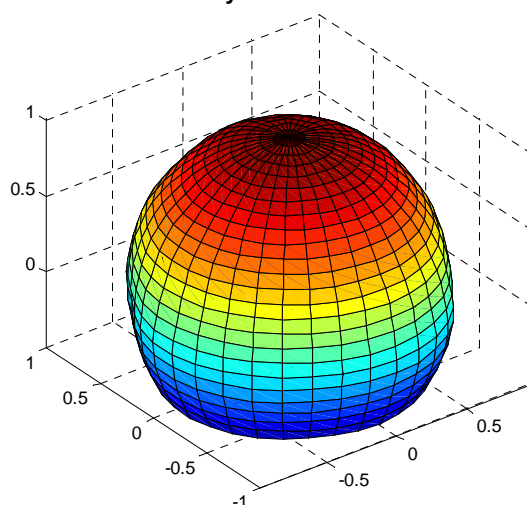
Do výsledného protokolu o měření (úvodní hlavička je v adresáři **C:\Dokumenty\**) bude zahrnut stručný teoretický úvod o základních fotometrických veličinách a použití vyzařovacích charakteristik světelných zdrojů v praxi, popis samotného fotometrického měření a naměřené numerické hodnoty v tabulkách. Pro každý světelný zdroj bude uveden graf normované prostorové vyzařovací charakteristiky a její dva nejvýznačnější svislé řezy (např. ty, které se nejvíce odlišují – viz. **obr.2**) a jeden vodorovný řez pro úhel  $\theta = 90^\circ$ . Měl by být připojen komentář a závěr k uvedenému měření (tj. porovnání vyzařovacích charakteristik jednotlivých zdrojů).

Při počítačovém zpracování v laboratoři je vhodné mít s sebou disketu pro uložení naměřených dat.

**Vyzařovací charakteristika  $\phi=180 - 360$  stupni**



**Prostorova vyzařovací charakteristika**



**Obr.2:** Normovaná prostorová vyzařovací charakteristika

## 2. Určení spektrálního složení záření světelných zdrojů

Měření spektrálního složení záření vybraných světelných zdrojů (žárovek a diod) provedeme pomocí vláknové sondy spektrofotometru USB2000 od firmy Ocean Optics (**obr.3**).



**Obr.3:** Schéma měření spektrálního složení světelných zdrojů

Měření se provede následujícím způsobem:

- do zdroje stejnosměrného elektrického napětí (12 V) se zapojí držák se světelným zdrojem (žárovkou nebo diodou)
- žárovku postavíme na stojánek a provedeme měření spektrálního složení záření vybraných světelných zdrojů pomocí ovládacího software spektrofotometru **OOIBase32**, ke kterému je přiložen podrobný návod. Při práci se spektrofotometrem dbejte pokynů vyučujícího.

Spektrální intenzitu světelného zdroje budeme měřit relativně vzhledem k referenčnímu zdroji světla (halogenový zdroj záření LS-1 o teplotě chromatičnosti  $T = 3100$  K).

- 1) V řídicím programu **OOIBase32** si nastavíme měření a zobrazování detekované spektrální odezvy spektrofotometru s vláknem (menu *Spectrum – Scope Mode*). Zapneme zdroj vypínačem na jeho zadní straně. Signál ze spektrometru při zapnutém zdroji světla by měl být přibližně mezi 3200-3500. Pokud tomu tak není, musíme tuto hodnotu nastavit buď posuvem horního držáku s vláknem (blíže nebo dále od vzorku) popř. nastavením jiné integrační doby CCD snímače (*Integration Time*).
- 2) Provedeme měření referenčního spektra  $R_S(\lambda)$  (tzv. Reference Spectrum) pro zapnutý zdroj záření bez vloženého vzorku a spektrum uložíme pomocí příkazu menu *Spectrum – Store Reference*.

- 3) Dále zastíníme vlákno, které vede světlo ke spektrometru, nějakým nepropustným stínítkem a provedeme měření spektra  $D_S(\lambda)$  (tzv. Dark Spectrum) pro vypnutý resp. zastíněný zdroj (toto spektrum odpovídá šumu při detekci záření a elektronickém zpracování signálu). Spektrum uložíme pomocí příkazu menu *Spectrum – Store Dark*.
- 4) Po naměření a uložení předchozích spekter již lze přistoupit k relativnímu měření intenzity  $I_r(\lambda)$  vybraného světelného zdroje (žárovka, dioda, apod.). V řídicím programu **OOIBase32** si nastavíme měření a zobrazování spektrální intenzity (menu *Spectrum – Irradiance Mode*). Pro každý vzorek se naměří spektrum  $S_S(\lambda)$  a výsledky měření se poté uloží do souboru na disk počítače. Na obrazovce počítače se nám pro svítící světelný zdroj zobrazí spektrální složení, které je vypočteno relativně vzhledem k použitému referenčnímu zdroji podle vztahu

$$I_r(\lambda) = B(\lambda) \frac{S_S(\lambda) - D_S(\lambda)}{R_S(\lambda) - D_S(\lambda)},$$

kde  $B(\lambda)$  je relativní spektrum vyzařování referenčního zdroje, stanovené na základě teploty chromatičnosti zvoleného referenčního zdroje.

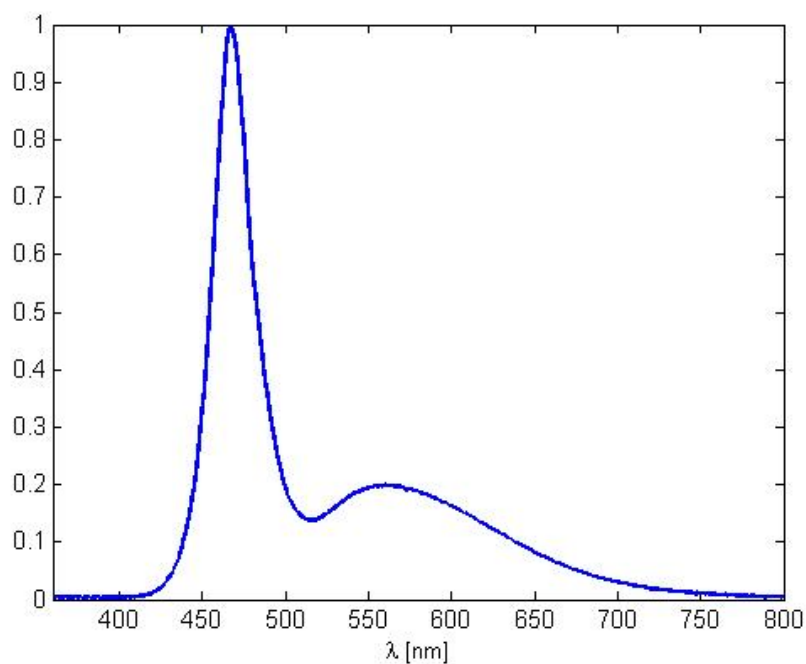
Spektrum  $I_r(\lambda)$  uložíme pomocí příkazu *File – Save – Processed* do vytvořeného adresáře, kde ukládáte data (název si zvolte opět podle typu měřeného zdroje – např. „žárovka“). Tento postup provedeme opakovaně pro všechny měřené zdroje světla. Naměřená spektrální data jsou uložena ve speciálním textovém datovém souboru, který si můžeme prohlédnout v libovolném textovém editoru (např. Notepad ve Windows). Pro další úspěšné počítačové zpracování je nutné tento soubor upravit takovým způsobem, že odstraníme úvodní textovou hlavičku a poslední textový řádek na konci souboru (v souboru by nám tedy měla zůstat pouze numerická data – 2 sloupce pro vlnovou délku a odpovídající hodnotu intenzity). Takto upravená data uložíme jako textový soubor s koncovkou „txt“ a odpovídajícím názvem (např. „žárovka.txt“).

Dále spustíme systém MATLAB a naměřené hodnoty z uloženého souboru jednoduše graficky zpracujeme na počítači (software *spektrumzdroje.m*). V MATLABu je nutno změnit současný pracovní adresář (*Change Current Directory*) na váš vytvořený adresář, kde se nacházejí všechny vaše datové soubory. Poté je již možno napsat v příkazové řádce příkaz **spektrumzdroje**, čímž se spustí program stejného názvu. Tento program požaduje zadání počtu textových datových souborů (pokud chcete, aby se vykreslovalo vše do 1 grafu), velikost filtru pro vyhlazení dat (použijte nabídnutou hodnotu 11) a názvu datových souborů (Pozor je nutno zadat v jednoduchých uvozovkách, tj. např. **'zarovka'**, **'LEDdioda'**, apod.).

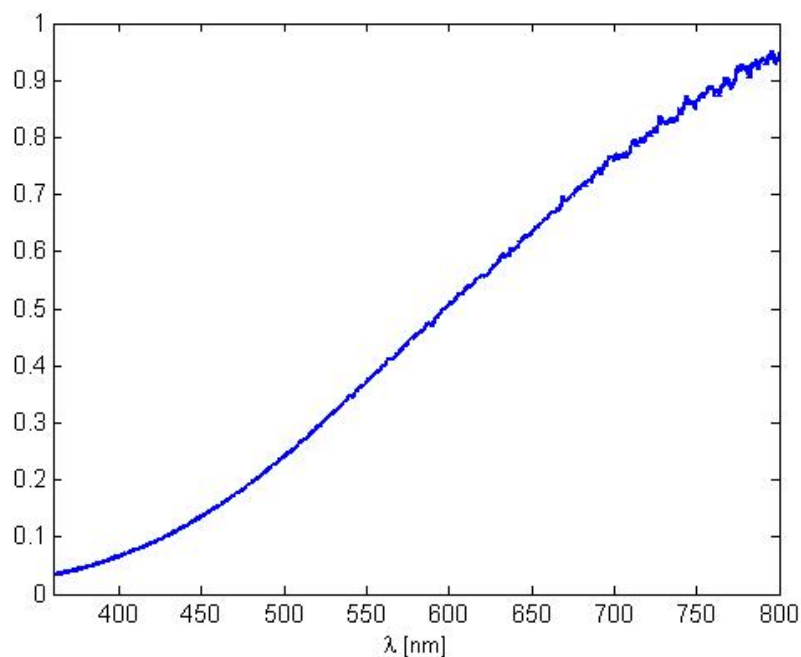
Program vykreslí normované spektrum, které vyzařují uvedené světelné zdroje, a určí dominantní vlnovou délku (intenzita vyzařování je maximální). Dále je určeno pásmo vlnových délek  $\lambda$ , kde je normovaná intenzita vyzařování menší nežli 1/3. Získané grafy je nutno graficky poupravit (zesílit čáry, změnit barvu a styl čar, popsat název grafu, přidat legendu grafu, atd.) a uložit jako obrázky (příkaz *Export* v menu *File*).

Získané grafy (**viz. obr.4-5**) je nutno uložit jako obrázky a přiložit do protokolu o měření. Bude též určena vlnová délka, pro kterou je intenzita vyzařování zdroje největší

(pro tepelné zdroje záření lze přibližně určit teplotu chromatičnosti měřeného zdroje).  
Jako závěr by mělo být provedeno stručné srovnání měřených světelných zdrojů.



**Obr.4:** Spektrum vyzařování diody



**Obr.5:** Spektrum vyzařování žárovky

---

**Pomůcky :** fotogoniometr Meopta, spektrofotometr USB2000, digitální voltmetr, posuvné měřítko, měřené světelné zdroje, zdroj stejnosměrného napětí.