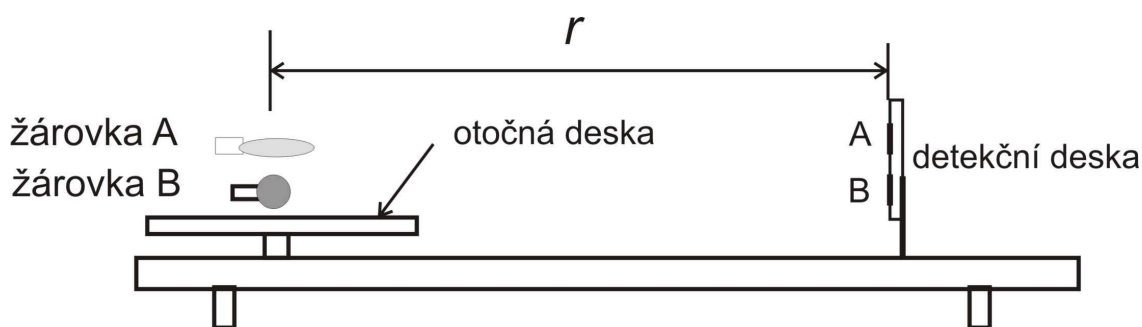


6. Měření svítivosti a světelné účinnosti žárovek

Úkoly:

1. Zaznamenejte pomocí luxmetru náběh svítivosti I světelných zdrojů A (vláknové žárovky) a B (úsporné žárovky).
2. Změřte svítivost v ose žárovek A a B a stanovte nejistotu této veličiny.
3. Změřte závislost osvětlení E na vzdálenosti od zdroje.
4. Vyhodnoťte světelnou účinnost obou žárovek.



Obrázek 1.: Schéma optické lavice. V úkolech 1 a 2 berte vzdálenost r od špičky žárovky k detektoru (špička bílé části čidla) na detekční desce, v úkolu 3 bude r vzdálenost mezi svítivým středem žárovky a detektorem na detekční desce. Během rotace s otočnou deskou v rámci úlohy 3 by měl být svítivý střed žárovky na ose rotace této desky.

Postup měření:

1. Luxmetr nastavte na rozsah 0 – 2000 luxů. Pak zapněte žárovku A a každých 5 s zaznamenejte osvětlení E až do ustálení (do doby, kdy se již hodnota osvětlení nebude zvětšovat). Pak žárovku A vypněte a zopakujte pro žárovku B, osvětlení v tomto případě zaznamenávejte každých 15 s. Sestrojte graf závislosti svítivosti I žárovek na čase t pro dobu náběhu žárovek. Svítivost I (jednotka kandela, značka cd – jinak také lumen/steradián, značka lm/sr) je veličina definována pro kolmé osvětlení výrazem

$$I = Er^2 \quad (1)$$

kde E je osvětlení (v luxech) a r vzdálenost mezi zdrojem světla a osvětlovanou plochou. Pro výpočet svítivosti I využijte vztahu (1).

2. Vypočtete nejistotu svítivosti žárovek A a B v základní poloze, kdy podélná osa (osa symetrie) žárovky prochází čidlem luxmetru. Využijte hodnot osvětlení při ustálené svítivosti I (pro vzdálenost $r = 70$ cm). Nejistotu luxmetru u_E stanovte podle návodu k přístroji (viz strana 4 tohoto návodu), nejistotu vzdálenosti u_r odhadněte (např. $u_r = 10$ mm). Nejistotu měření svítivosti u_I stanovte pomocí Gaussova zákona šíření nejistot v konkrétním tvaru

$$u_I = \sqrt{\left(\frac{\partial I}{\partial E} u_E\right)^2 + \left(\frac{\partial I}{\partial r} u_r\right)^2} \quad (2)$$

3. Zaznamenejte osvětlení E pro jednotlivé vzdálenosti r . Sestrojte graf závislosti osvětlení E na vzdálenosti r .

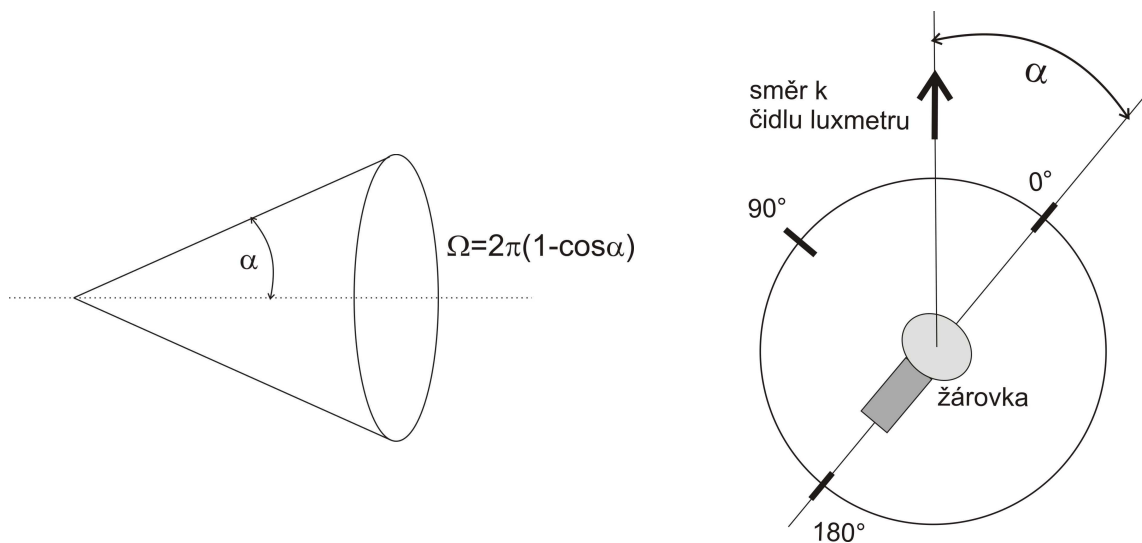
4. Stanovte číselně světelnou účinnost K žárovek A a B a výsledky pro obě žárovky porovnejte. Nechte svítit žárovku B a měřte osvětlení, přičemž budete žárovkou otáčet s krokováním 10 úhlových stupňů. V každé poloze zaznamenejte osvětlení E . Pak žárovku B vypněte a opakujte pro žárovku A. Využijte výrazu pro světelnou účinnost zdroje

$$K = \frac{\Phi}{P_0} \text{ [lm/W]}. \quad (3)$$

Příkon P_0 je uveden na žárovce. Světelný tok žárovky Φ počítejte podle výrazu (6). Protože se svítivost I žárovky mění v závislosti na úhlu natočení žárovky α , viz obrázek 2 vpravo, je výpočet světelného toku Φ složitý a při jeho odvození je potřeba vycházet z přesného vztahu

$$\Phi = \int_0^{4\pi} I d\Omega, \quad (4)$$

kde Ω je prostorový úhel. Dále pak platí pro prostorový úhel $\Omega = 2\pi(1 - \cos\alpha)$, kde α je úhel rovinný (viz obrázek 2 vlevo).



Obrázek 2: Vysvětlení vztahu mezi rovinným úhlem α a prostorovým úhlem Ω (vlevo) a úhel natočení žárovky vzhledem k čidlu luxmetru (vpravo).

Změna prostorového úhlu je pak $\Delta\Omega = 2\pi(\cos\alpha_1 - \cos\alpha_2)$. Převedením výrazu (4) na diskrétní formu a dosazením za $\Delta\Phi$ dostáváme

$$\Phi = \sum_{i=1}^n I_i \Delta\Omega_i = 2\pi \sum_{i=1}^n I_i (\cos\alpha_{1i} - \cos\alpha_{2i}) \quad (5)$$

Konkrétně pak při krokování po deseti úhlových stupních (18 měření) je světelný tok

$$\Phi = 2\pi r^2 \sum_{i=1}^{18} E_i [\cos(\alpha_i - 5^\circ) - \cos(\alpha_i + 5^\circ)] \quad (6)$$

přičemž α_i (úhel natočení žárovky) je postupně $5^\circ, 15^\circ, 25^\circ, \dots, 175^\circ$ úhlových stupňů (18 hodnot) a E_i jsou hodnoty osvětlení způsobená žárovkou ve vzdálenosti r při nastavení těchto úhlů.

Ke všem dílčím úkolům je možno využít vlastní počítač (pozn: v programu Microsoft Excel je potřeba převádět úhlové stupně na radiány podle vztahu **úhel v radiánech** = 3,14 krát úhel ve stupních /180. Hodnotu 5° ve výrazu (6) je potřeba v Excelu také převést na radiány.

LUXMETR a jeho nejistota

<i>měřicí rozsah</i>	<i>rozdílení</i>	<i>přesnost</i>
2,000 LUX	1 LUX	+/- (4% + 2)
20,000 LUX	10 LUX	+/- (4% + 2)
50,000 LUX	100LUX	+/- (4% + 2)
200 cd	0,1 cd	+/- (4% + 2)
2,000 cd	1,0 cd	+/- (4% + 2)
5,000 cd	10,0 cd	+/- (4% + 2)

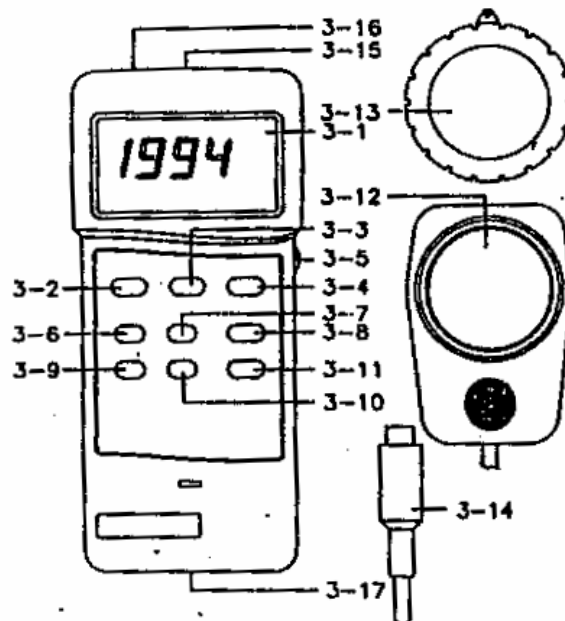
Poznámka:

Přesnost je definována pro: wolframové světlo 2856°K.

<i>měření relativních hodnot</i>		
<i>měřená veličina</i>	<i>rozsah</i>	<i>rozdílení</i>
relativní hodnota	0 - 1999%	1%

3. Popis čelního panelu luxmetru LX 105.

- | | |
|---|--------------------------------------|
| 3-1 LCD displej | 3-8 Tlačítko výběru světla |
| 3-2 Tlačítko zapnutí a vypnutí
POWER ON/OFF | 3-9 Tlačítko nastavení nuly |
| 3-3 Tlačítko uchování dat na
LCD displeji - DATAHOLD | 3-10 Tlačítko měření rel. hodnot "%" |
| 3-4 Přepínač LUX - cd | 3-11 Volba měřicího rozsahu |
| 3-5 Nastavení LCD kontrastu | 3-12 Snímač |
| 3-6 Tlačítko paměti "RECORD" | 3-13 Kryt snímače |
| 3-7 Tlačítko volby funkce "CALL" | 3-14 Konektor kabelu snímače |
| | 3-15 Připojení snímače k LX 105 |
| | 3-16 Sběrnice RS 232C |
| | 3-17 Kryt napájecí baterie |



Obr. č. 1. Popis ovládacích prvků luxmetru LX 105.