

## Pracovný list pre samostatnú prácu

### Fotometrický zákon

Meno a priezvisko:.....

Dátum:.....

Škola:.....

Trieda:.....

**Motivácia:** Zo skúsenosti viete, že intenzita osvetlenia plochy, napr. strany knihy, klesá so zväčšujúcou sa vzdialenosťou od zdroja svetla a taktiež klesá so zväčšujúcim sa uhlom dopadu svetla na plochu. Túto skutočnosť popisuje fotometrický zákon. Realizáciou nasledujúceho experimentu môžete sami nájsť funkciu, ktorá je matematickým vyjadrením uvedeného zákona.

**Bezpečnosť pri práci!** Keďže pri tejto experimentálnej úlohe pracujete s napätím 220 V, dodržujte bezpečnostné predpisy pre prácu s domácimi elektrickými spotrebičmi. Kvôli bezpečnosti pri práci, žiarovky vymieňajte iba ak je zástrčka svietidla vytiahnutá zo zásuvky!

**Pomôcky:** luxmeter, stolná lampička, žiarovky (25W, 40W, 60W), pravítko, uhlomer, biela nitka s farebnými značkami vo vzdialenostiach napr. 0,05 m, programy MS Excell, MS Word

**Postup a analýza:** Pre dosiahnutie najlepších výsledkov znížte vnútorné osvetlenie na minimum tak, že vypnete všetky svietidlá, zatemníte okná, ak je to možné, alebo merajte večer, resp. v noci. Tieň a odrazy od objektov a postáv môžu mať za následok chyby v meraní. Tieto chyby možno minimalizovať držaním senzora v dostatočnej vzdialenosti od tela v horizontálnej polohe.

Stolnú lampičku upevnite na stôl. Zdroj svetla nastavte do výšky cca 0,5 m nad stredom stola. Do blízkosti zdroja svetla upevnite nitku, na ktorej sú značky a spustíte ju voľne dole. Napnutie nitky zabezpečíte zavesením závažia na jej opačný koniec.

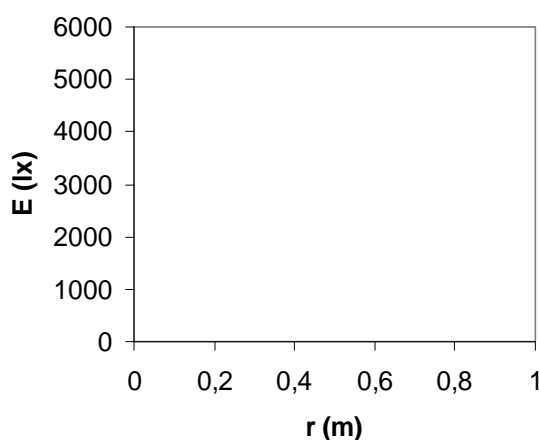
Experiment realizujte v dvoch etapách:

#### Etapa A: Závislosť osvetlenia od vzdialenosti.

**Krok 1:** Do pripravenej súradnicovej sústavy (obr.1) nakreslite vami predpokladaný priebeh závislosti intenzity osvetlenia  $E$  plochy od vzdialenosti  $r$  od svetelného zdroja. Nakreslite dve krivky pre dva rôzne príkony žiarovky.

**Krok 2:** Vyberte si jeden svetelný zdroj (napr. 25 W) a ten založte do svietidla. Uhol dopadu svetla na vodorovnú plochu stola nech je  $0^\circ$ . Zmerajte závislosť intenzity osvetlenia  $E$  od vzdialenosti  $r$  od žiarovky. Meranie osvetlenia zopakujte trikrát pre každú vzdialenosť. Údaje zapíšte do tabuliek 1, 2, a 3.

Experiment zopakujte pre 40 W a 60 W žiarovku.



Obr.1 Predpokladaný priebeh závislosti  $E = f(r)$ .

Tab.1:  $P = \dots 25 \dots W$ ,  $\varphi = 0^\circ$

<b>k</b>	<b>r (m)</b>	<b><math>E_1</math> (lx)</b>	<b><math>E_2</math> (lx)</b>	<b><math>E_3</math> (lx)</b>	<b><math>\bar{E}</math> ozn. <math>E</math> (lx)</b>
1					
2					
3					
.					
.					
.					

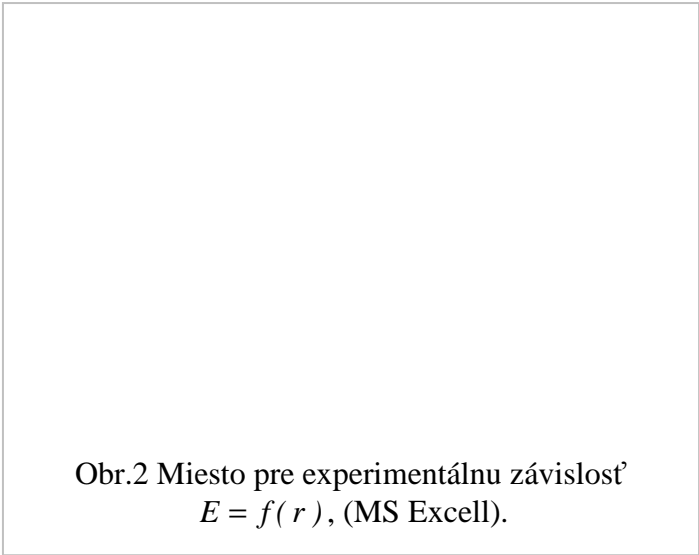
Tab.2:  $P = \dots \dots \dots W$ ,  $\varphi = 0^\circ$

<b>k</b>	<b>r (m)</b>	<b><math>E_1</math> (lx)</b>	<b><math>E_2</math> (lx)</b>	<b><math>E_3</math> (lx)</b>	<b><math>\bar{E}</math> ozn. <math>E</math> (lx)</b>
1					
2					
3					
.					
.					
.					

Tab.3:  $P = \dots \dots \dots W$ ,  $\varphi = 0^\circ$

<b>k</b>	<b>r (m)</b>	<b><math>E_1</math> (lx)</b>	<b><math>E_2</math> (lx)</b>	<b><math>E_3</math> (lx)</b>	<b><math>\bar{E}</math> ozn. <math>E</math> (lx)</b>
1					
2					
3					
.					
.					
.					

**Krok 3:** Pre spracovanie nameraných dát použite program MS Excell. Do jedného grafu vynesť závislosti  $E = f(r)$ , pre všetky tri žiarovky. Graf vložte do programu MS Word, upravte jeho veľkosť pre nalepenie do pracovného listu, obr.2, a vytlačte. Uvedenú závislosť porovnajte s vašou predpoveďou na obr.1. Diskutujte priebeh závislostí.



Obr.2 Miesto pre experimentálnu závislosť  $E = f(r)$ , (MS Excell).

**Krok 4:** Aby ste zistili, aká matematická funkcia odpovedá nameranému priebehu  $E = f(r)$ , musíte merané body preložiť krivkou (funkciou) tak, aby čo najlepšie kopírovala merané dáta (vedci používajú pojem fitovať). Musíte teda nájsť funkciu, ktorej priebeh bude najlepšie fitovať merané dáta. Na fitovanie sa využívajú štatistické programy, ktoré využívajú metódu najmenších štvorcov. Uvedenú funkciu má aj program MS Excell (pridať trendovú čiaru). Ak sa fitujú merané dáta lineárnou funkciou, zvykne sa hovoriť, že závislosť linearizujeme..

Fitujte merané dáta funkciou  $E = k \cdot x$ , pričom  $x$  bude funkciou  $r$ , v akom tvare to sa pokúste zistiť úvahou. Môžete použiť napr.  $x = 1/r$ ,  $x = 1/r^2$  a  $x = 1/r^3$ .

*Postup pri fitovaní:* V programe MS Excell zostrojíte tabuľky podľa vzoru (tab. 4, 5 a 6). Do prázdneho miesta v záhlaví zapíšete vami vybraný funkcie pre  $x$ . Potom pre každú tabuľku zostrojíte grafy  $E = k \cdot x$ , pre všetky tri substitúcie. Grafy preneste do MS Wordu, upravte na vhodnú veľkosť, vytlačte ich a vlepíte na pripravené miesto.

Tab.4:

k	r (m)	x =	$E_{25w}$ (lx)	$E_{40w}$ (lx)	$E_{60w}$ (lx)
2					
3					
.					

Tab.5

k	r (m)	x =	$E_{25w}$ (lx)	$E_{40w}$ (lx)	$E_{60w}$ (lx)
1					
2					
3					
.					

Tab.6:

k	r (m)	x =	$E_{25w}$ (lx)	$E_{40w}$ (lx)	$E_{60w}$ (lx)
1					
2					
3					
.					

$x = 1/r$

$x = 1/r^2$

$x = 1/r^3$

Obr.3 Miesto pre grafy po fitovaní.

**Krok 5:** Na základe grafov na obr.3 rozhodnite, ktorá funkcia – substitúcia, popisuje danú závislosť. Svoju odpoveď napíšte na prázdne miesto: .....

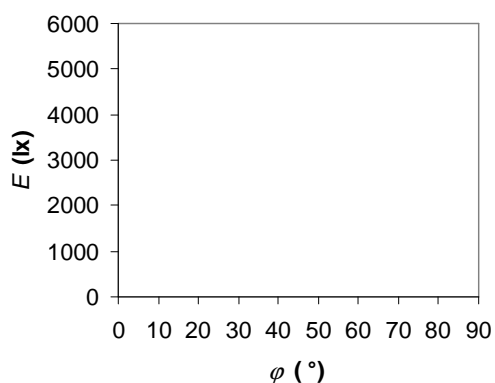
**Krok 6:** Na základe analýzy výsledkov v 1. etape doplňte:

$E \sim$  .....

**Etapa B: Závislosť osvetlenia od uhla dopadu.**

**Krok 1:** Do pripravenej súradnicovej sústavy (obr.4) nakreslite vami predpokladaný priebeh závislosti intenzity osvetlenia  $E$  plochy od uhla dopadu svetla  $\varphi$ . Nakreslite dve krivky pre dva rôzne príkony žiarovky.

**Krok 2:** Vzďialenosť  $r$  žiarovky od plochy (napr. 0,05 m) a príkon  $P$  (napr. 25W) budú stále. Zmerajte závislosť osvetlenia  $E$  od uhlu dopadu svetla  $\varphi$ . Pre každú hodnotu uhla dopadu zmerajte osvetlenie tri krát. Údaje za píšete do tab.7, 8 a 9. Experiment zopakujte pre 40 W a 60 W žiarovku.



Obr.4 Predpokladaný priebeh závislosti  $E = f(\varphi)$ .

Tab.7:  $P = ..25...W, r = 0,05 m$

k	$\varphi$ (m)	$E_1$ (lx)	$E_2$ (lx)	$E_3$ (lx)	$\bar{E}$ ozn. $E$ (lx)
1					
2					
3					
.					
.					
.					

Tab.8:  $P = .....W, r = 0,05 m$

k	$\varphi$ (m)	$E_1$ (lx)	$E_2$ (lx)	$E_3$ (lx)	$\bar{E}$ ozn. $E$ (lx)
1					
2					
3					
.					
.					
.					

Tab.9:  $P = .....W, r = 0,05 m$

k	$\varphi$ (m)	$E_1$ (lx)	$E_2$ (lx)	$E_3$ (lx)	$\bar{E}$ ozn. $E$ (lx)
1					
2					
3					
.					
.					
.					

**Krok 3:** Pre spracovanie nameraných výsledkov použite program MS Excell. Do jedného grafu vynesť závislosti  $E = f(\varphi)$ , pre všetky tri žiarovky. Graf vložte do programu MS Word, nastavte jeho vhodnú veľkosť, pre vlepenie do pracovného listu obr.5 a vytlačte. Uvedenú závislosť porovnajte s vašou predpoveďou na obr.4. Diskutujte priebeh závislostí.

**Krok 4:** Aby ste zistili, aká matematická funkcia odpovedá nameranému priebehu  $E = f(\varphi)$ , musíte danú závislosť fitovať. Použijeme opäť lineárnu funkciu  $E = k \cdot x$ . Navrhnite, ktorú matematickú funkciu by ste použili na linearizáciu: .....  
Zdôvodnite prečo?(napíšte na prázdne miesto):

.  
.  
.  
.  
.  
.  
.

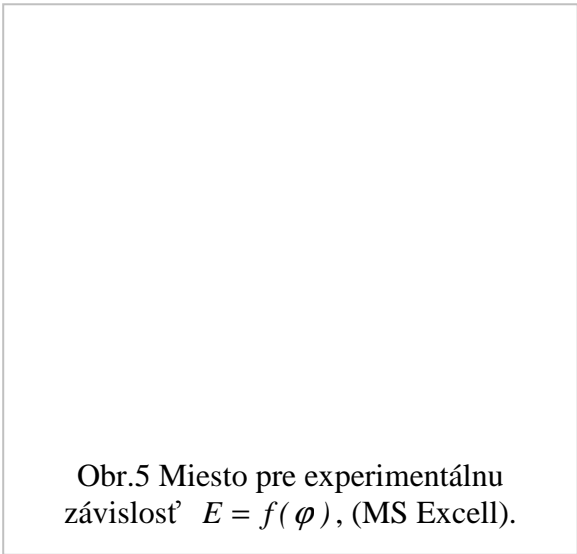
**Postup pri fitovaní:** V programe MS Excell zostrojíte tabuľky podľa vzoru (tab.10, 11 a 12). Do prázdneho miesta v záhlaví zapíšete vami vybrané tvary funkcie pre  $x$ . Potom pre každú tabuľku zostrojíte grafy  $E = k \cdot x$ , pre všetky substitúcie. Grafy preneste do MS Wordu, upravte na vhodnú veľkosť, vytlačte ich a vlepíte na pripravené miesto.

Tab.10:

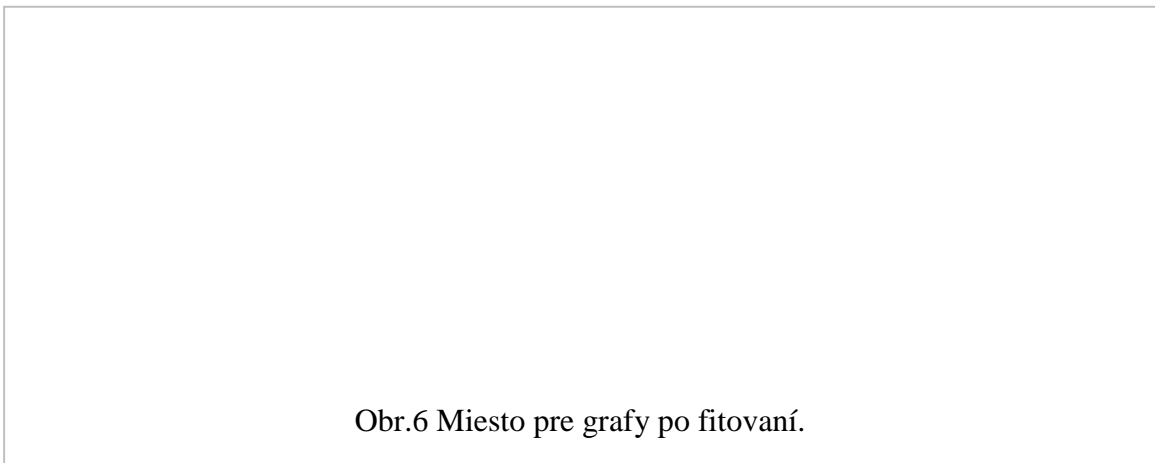
k	$\varphi$ (m)		$E_{25W}$ (lx)	$E_{40W}$ (lx)	$E_{60W}$ (lx)
1					
2					
3					
.					

Tab.11:

k	$\varphi$ (m)		$E_{25W}$ (lx)	$E_{40W}$ (lx)	$E_{60W}$ (lx)
1					
2					
3					
.					



Obr.5 Miesto pre experimentálnu závislosť  $E = f(\varphi)$ , (MS Excell).



Obr.6 Miesto pre grafy po fitovaní.

**Krok 5:** Na základe grafov na obr.6 rozhodnite, ktorá funkcia – substitúcia, popisuje danú závislosť. Svoju odpoveď napíšte na prázdne miesto: .....

**Krok 6:** Na základe analýzy výsledkov v 2. etape doplňte:

$$E \sim \dots\dots\dots$$

**Zhrnutie prvej a druhej etapy:** Zhrňte výsledky oboch etáp a napíšte, ako závisí intenzita osvetlenia od vzdialenosti svetelného zdroja a od uhla dopadu:

$$E =$$

**Diskutujte medzi sebou nasledovné otázky:**

Aký je fyzikálny význam konštanty úmernosti  $k$ ?

Ako by ste určili veľkosť tejto konštanty?

Výsledky diskusie konzultujte s učiteľom.