

VAJA 9

Svetilnost I [cd]

Z izrazom »fotometrija« označujemo merjenje veličin, ki jih dogovorno vrednotimo po vidnih vtisih, ki jih povzroča vidno sevanje (svetloba). Osnova za samo merjenje je fiziološko delovanje človeškega očesa, oziroma njegova spektralna občutljivost pri fotopskem (dnevem) videnju.

Fotometrijo delimo glede na princip oziroma izvedbo meritev na vizualno fotometrijo in fizikalno fotometrijo.

Vizualna fotometrija

je merjenje svetlobnotehničnih (fotometričnih) veličin s postopki, pri katerih je človeško oko neposredno vključeno v merilni proces. Ta oblika fotometrije, ki jo imenujemo tudi »subjektivna fotometrija«, temelji na primerjalni metodi, pri kateri na vizualni način primerjamo neznano (merjeno) veličino z znano (referenčno) veličino; to primerjavo je mogoče izvesti na osnovi enake sijavosti, enakega kontrasta ali enakega migetanja. Merilne instrumente, ki jih pri tem uporabljamo, imenujemo vizualne fotometre. Princip delovanja le-teh pa je naslednji:

Oko opazuje neko »primerjalno ploskev« - sadro, ki jo izmenoma osvetljujejo znano (referenčno) in neznano (merjeno) sevanje. Na osnovi sijavosti, enakega kontrasta, ali enakega migetanja obeh sevanj nato določimo vrednost merjene veličine.

Najbolj pogost način vizualnega merjenja svetilnosti je po Lummer-Brodhunovi primerjalni metodi, ki temelji na *zakonu fotometrične razdalje*:

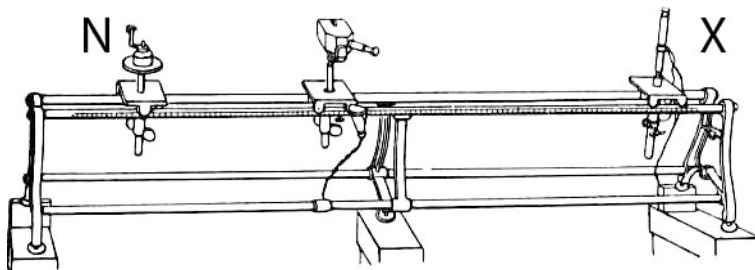
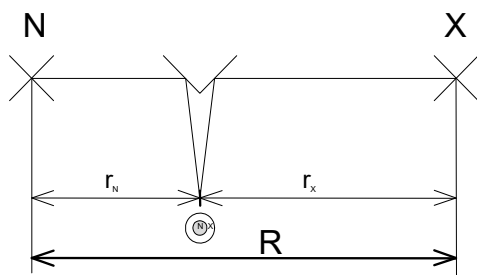
$$E = \frac{I \cdot \cos \varepsilon}{r^2} \cdot sr \Rightarrow \text{izrazimo } I = E \cdot r^2 \text{ za } \varepsilon = 90^\circ \text{ in } sr = 1$$

Primerjava pri pravokotnem vpadu svetlobe:

$$\frac{E_X}{E_N} = \frac{r_N^2}{r_X^2}$$

Princip merjenja po metodi slabitve

Opazovani pogoji: difuzni, refleksi zaslon



$$\text{če } x = n \text{ bo } L_X = L_N \Rightarrow I_X = I_N \cdot \frac{r_X^2}{r_N^2}$$

$$I_X = I_N \cdot \frac{r_X^2}{(R - r_X)^2}$$

MERJENJE

Vira sta pritrjena (med njima je stalna razdalja), premikamo samo Lummer-Brodhunov fotometer (škatlico v kateri je sadra). Ko imamo občutek, da je sadra enako osvetljena od obeh virov, odčitamo razdaljo med sadro in normalo ter izračunamo svetilnost neznanega vira.

Zaradi različne občutljivosti oči opravimo več meritev ter iz njih izračunamo povprečno vrednost.

Pri merjenju stresano svetlobo zastiramo z zaslonkami.

Rezultati meritev

merilna razdalja $R = 200 \text{ cm}$ napetost omrežja $U = 230 \text{ V}$ svetilnost normale $I_N =$ cd

testna žarnica:

Neznano svetilnost izračunamo po enačbi: $I_X = I_N \cdot \frac{r_X^2}{(R - r_X)^2}$ oziroma: $I_X = I_N \cdot \frac{r_X^2}{r_N^2}$

št.	merilec	r_N (cm)	r_X (cm)	I_X (cd)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
PV	povprečna vrednost	-----	-----	-----

Rezultat meritev po subjektivni metodi (povprečna vrednost) $I_{sub} =$ cd

Minimalna vrednost, maksimalna vrednost in razlika med njima:

$$I_{min} = \text{_____} cd \qquad I_{max} = \text{_____} cd \qquad I_{max} - I_{min} = \text{_____} cd$$

Povprečna svetilnost osebno izmerjenih meritev: $I_{oseb} = \frac{I_{oseb1} + I_{oseb2}}{2} = \frac{\quad}{2} = \quad \text{cd}$

Odstopanje osebno izmerjene vrednosti od povprečne vrednosti:

$$\Delta I = I_{sub} - I_{oseb} = \text{_____} \text{ cd} \quad \Delta I\% = \frac{I_{sub} - I_{oseb}}{I_{sub}} \cdot 100\% = \text{_____} \%$$

KOMENTAR:

Fizikalna fotometrija

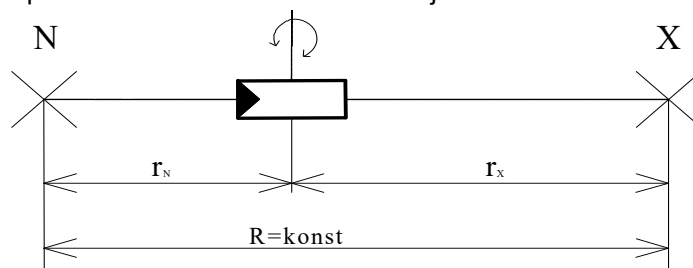
Fizikalna fotometrija je merjenje svetlobnotehničnih (fotometričnih) veličin s fizikalnimi sprejemniki. To so posebni elementi, ki pod vplivom sevanja povzročijo merljiv fizikalni učinek. Iz navedenega izhaja, da se fizikalna fotometrija loči od vizualne le po tem, da človeško oko zamenja fizikalni sprejemnik, ki je občutljiv na svetlobo.

Merilne instrumente in naprave, ki jih uporabljamo v fizikalni fotometriji, imenujemo fizikalne fotometre. Osnovni element slehernega fizikalnega fotometra je tako imenovani fizikalni sprejemnik. Pri merjenju svetlobnotehničnih veličin v glavnem uporabljamo fizikalne sprejemnike, ki jih imenujemo fotoelementi. To so sprejemniki, ki imajo lastnost, da vidno sevanje (svetlobo) spreminjajo v električno energijo. Pojav, ki spremlja to spreminjanje, imenujemo »fotoefekt«. Le-ta je v fizikalnem smislu definiran kot medsebojni vpliv (učinek) med sevanjem in materijo, ki ga označujeta absorpcija fotonov in nastanek prostih elektronov.

Pri Vaji 1 smo za ugotavljanje enakosti osvetljenosti sadre od znanega in neznanega vira uporabljali oko. Pri tej vaji bomo sadro in naše oko zamenjali s fotoelementom, ki ga bomo vstavili namesto sadre med normalo in med merjenca. Izhodna veličina fotoelementa je električni tok, ki je premo sorazmeren osvetljenosti na sprejemniku. Tok je izredno majhen, zato ga merimo z μA -metrom. Pri fiksirani normali in merjencu premikamo fotoelement od izenačenja odčitkov iz obeh smeri.

$$E_N = E_X$$

$$I_X = I_N \cdot \frac{r_X^2}{r_N^2}$$



Pri meritvi je razdalja R med normalo in merjencem konstantna.

Rezultati meritev

merilna razdalja $R = 200 \text{ cm}$

napetost omrežja

$U_{omr} = 230 \text{ V}$

svetilnost normale $I_N = \text{_____ cd}$

št.	$r_N \text{ (cm)}$	$r_X \text{ (cm)}$	$I_X \text{ (cd)}$
1			
2			
3			
PV	-----	-----	

Rezultat objektivne meritve

$I_{obj} = \text{_____ cd}$

Rezultat meritev po subjektivni metodi (rezultat iz vaje 1a)

$I_{sub} = \text{_____ cd}$

Primerjava subjektivne z objektivno meritvijo:

$I_{sub} - I_{obj} = \text{_____ cd}$

Odstopanje subjektivne metode od objektivne:

$\frac{I_{sub} - I_{obj}}{I_{obj}} \cdot 100\% = \text{_____ \%}$

KOMENTAR:

VAJA 10

Svetlobni tok Φ (lm) in svetlobni izkoristek η (lm/W)

Vsak svetlobni vir oddaja v prostor okoli sebe energijo. Svetlobni tok je celotna oddana moč sevanja svetlobnega vira, katero človeško oko ovrednoti kot svetlobo.

Svetlobni tok merimo v luminih (lm). Lumen je izpeljana enota mednarodnih merskih enot (SI). Lumen je definiran kot svetlobni tok, ki ga v prostorski kot 1 sr (steradiana) seva točkovni vir, katerega svetilnost je v vseh smereh prostora enaka 1 cd (candela)

Svetlobni tok merimo s pomočjo Ulbrichtove krogle in fotometrijske opreme.

Ulbrichtova krogla ima notranjo steno prevlečeno s posebnim premazom. Stena krogle ima odprtino, v kateri je nameščen fotoelektrični sprejemnik. V notranjosti krogle je nameščen tudi zaslon, ki prepreči, da bi merjeni svetlobni vir neposredno seval na opazovalno okence.

Fotoelektrični sprejemnik meri osvetljenost, ki je pri določenih pogojih premo sorazmerna svetlobnemu toku vira. Na ta način lahko merimo neznani svetlobni tok, če je naprava umerjena na neko svetlobno normalo (referenčni svetlobni vir).

Fotometrijska oprema je lx-meter oz. v našem primeru fotoelement in μ A-meter

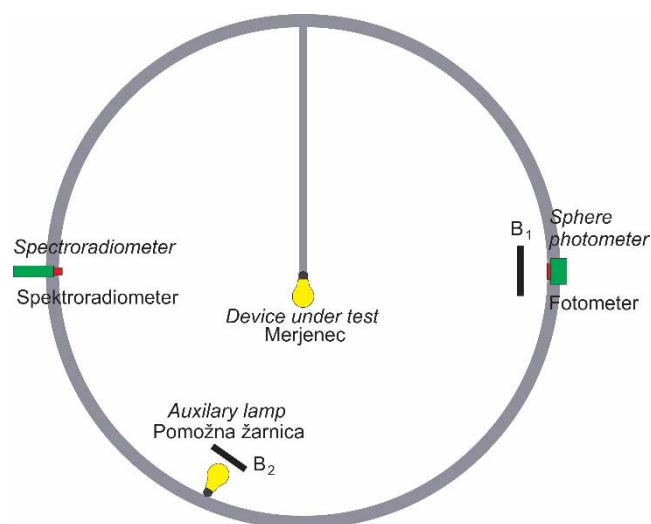
Pogoji, da je osvetljenost proporcionalna svetlobnemu toku predvidevajo, da je p (refleksivnost) konstantna po vsej notranjosti krogle in da je površina idealno difuzna. Dodatno v enačbah predvidevamo, da je krogla popolnoma prazna, in da od stene odbit svetlobni tok neovirano prihaja do fotoelementa. Prisotnost svetlobnega vira končnih dimenzij v notranjosti krogle predstavlja motnjo oz. kršitev teh pogojev. Poleg tega je motnja tudi okno za namestitev fotoelementa in tudi zaslon, ki preprečuje direkten svetlobni tok na fotoelement. Za izničenje teh motenj v kroglo dodamo še pomožno žarnico.

V razsvetljavnih napravah uporabljamo različne vire svetlobe. Viri so različni po delovanju, barvi svetlobe in po svetlobnem izkoristku. Za javno razsvetljavo se uporabljajo v glavnem viri, ki imajo visok svetlobni izkoristek. Na vaji izmerimo svetlobni izkoristek naslednjim virom: navadna žarnica, halogenska žarnica, fluorescentna sijalka, NT Na sijalki, VT Na sijalki, VT Hg sijalki, metalhalogenidni sijalki, viru za mešano svetlobo in LED. Svetlobni izkoristek je razmerje med oddanim svetlobnim tokom in prejeto električno močjo. Izračunamo pa s pomočjo spodnje enačbe:

$$\eta = \frac{\Phi}{P}$$

Pred izračunom svetlobnega izkoristka pa moramo vsem virom izračunati svetlobni tok.

Ker imamo na fotoelement vezan μ A-meter bomo operirali kar s tokom in ne z osvetljenostjo. Vemo namreč, da sta tok skozi fotoelement in osvetljenost linearno odvisni. Pri meritvi pazimo na napetost, ki je priključena na svetlobni vir, da se držimo deklariranih vrednosti.



Postopek meritve svetlobnega toka:

1. V Ulbrichtovo kroglo vstavimo **normalo** in jo vključimo. Svetlobni tok **normale** ϕ_{norm} je znan!
2. Izmerimo osvetljenost senzorja E_{norm} , nato ugasnemo **normalo** in jo odstranimo.
3. V kroglo vstavimo **merjenec**, ga vključimo (po potrebi počakamo, da se svetlobni vir stabilizira – segreje).
4. Izmerimo osvetljenost senzorja E_{mer} , ko je prižgan merjenec.

Nato se lahko lotimo izračuna svetlobnega toka merjenca:

$$\Phi_{mer} = \Phi_{norm} \cdot \frac{E_{mer}}{E_{norm}} = \Phi_{norm} \cdot \frac{i_{mer}}{i_{norm}}$$

Poleg tega merimo tudi električne veličine (napetost, tok, moč).

Rezultati meritev

ϕ_{norm} = lm svetlobni tok normale
 E_{norm} = klx osvetljenost fotometra, ko je prižgana normala

svetlobni vir	oznaka vira/moč
žarnica	
halogenska žarnica	
fluorescentna sijalka	
VT Hg sijalka	
NT Na sijalka	
VT Na sijalka	
metalhalogenidna sijalka	
vir za mešano svetlobo	
LED	

svetlobni vir	napetost	tok skozi svetlobni vir	navidezna moč	delovna moč	faktor moči	osvetljenost - merjenec	svetlobni tok	svetlobni izkoristek
	U [V]	I [A]	S [VA]	P [W]	cos φ	E_{mer} [klx]	ϕ (lm)	η [lm/W]
žarnica								
halogenska žarnica								
fluorescentna sijalka								
VT Hg sijalka								
NT Na sijalka								
VT Na sijalka								
metalhalogenidna sijalka								
vir za mešano svetlobo								
LED								

KOMENTAR:

OSNOVNE LASTNOSTI SVETLOBNIH VIROV:

ŽARNICA:

HALOGENSKA ŽARNICA:

FLUORESCENTNA SIJALKA:

VT Hg SIJALKA:

NT Na SIJALKA:

VT Na SIJALKA:

METALHALOGENIDNA SIJALKA:

VIR ZA MEŠANO SVETLOBO:

LED SIJALKA:

VAJA 11

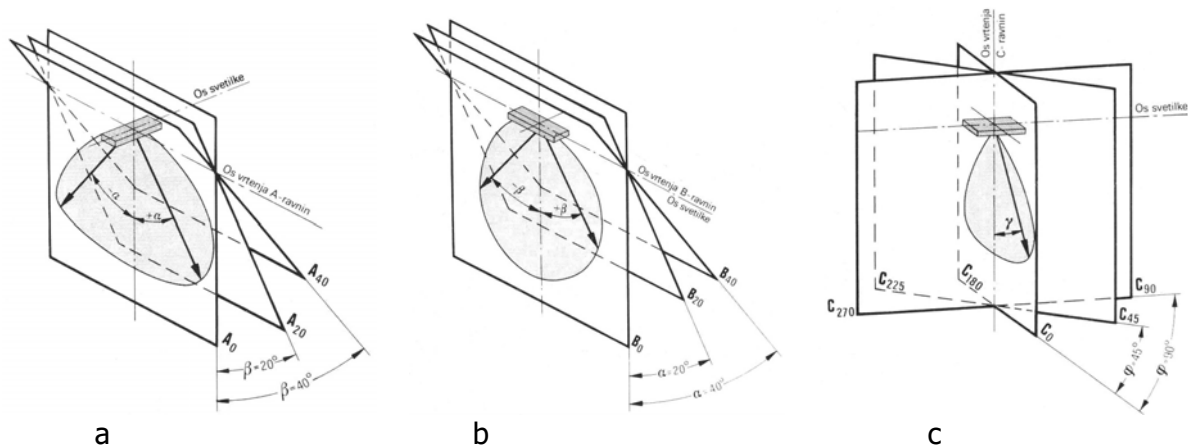
Prostorska porazdelitev svetilnosti

Pri svetlobnotehničnem vrednotenju svetilk so najpomembnejše naslednje fotometrične karakteristike svetilk: porazdelitev svetlobnega toka, porazdelitev svetilnosti, porazdelitev svetlosti in svetlobni izkoristek. Za nas najbolj pomembna je prostorska porazdelitev svetilnosti.

Prostorska porazdelitev svetilnosti

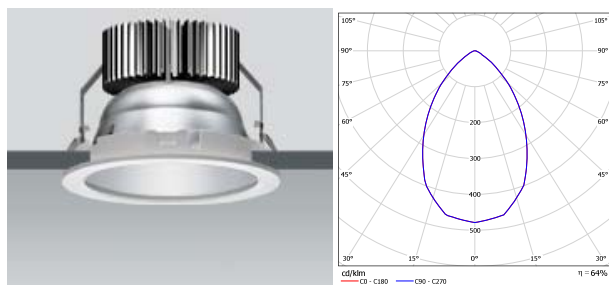
Za prikazovanje porazdelitve svetilnosti uporabljamo v svetlobnotehnični praksi naslednje vrste diagramov: polarni diagram, izokandelni diagram in Rousseau-jev diagram.

Polarni diagram predstavlja najpogostejšo obliko prikaza porazdelitve svetilnosti. V rabi so trije sistemi prikazovanja in sicer: A-sistem ravnin, B-sistem ravnin in C-sistem ravnin. Med vsemi je najbolj razširjen mednarodno dogovorjeni C-sistem ravnin. Posamezne polravnine C-sistema so označene glede na njihov kot vrtenja z 0° do 360° .



Polarni diagram A-sistema ravnin (a), B-sistema ravnin (b) in C-sistema ravnin (c)

Kotna porazdelitev svetilnosti svetilk je lahko rotacijsko simetrična ali rotacijsko asimetrična. Pri prvi vrsti svetilk je diagram porazdelitve svetilnosti ponazorjen s samo eno krivuljo (slika desno zgoraj); pri drugi vrsti svetilk pa diagram vsebuje več krivulj, pri čemer se vsaka nanaša na svojo karakteristično ravnino oz. polravnino. Pri svetilkah, pri katerih je porazdelitev svetilnosti simetrična glede na dve glavni ravnini (npr. pri fluorescenčnih svetilkah), vsebuje diagram porazdelitve svetilnosti samo dve krivulji, pri čemer se vsaka nanaša na eno glavno ravnino oz. polravnino (slika desno spodaj).

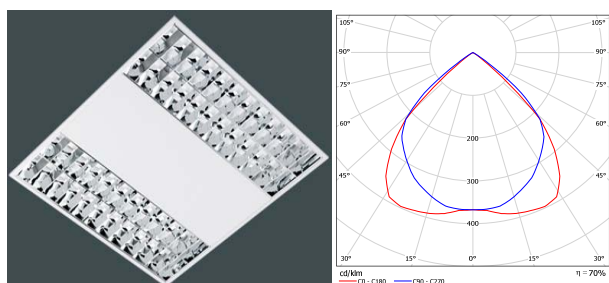


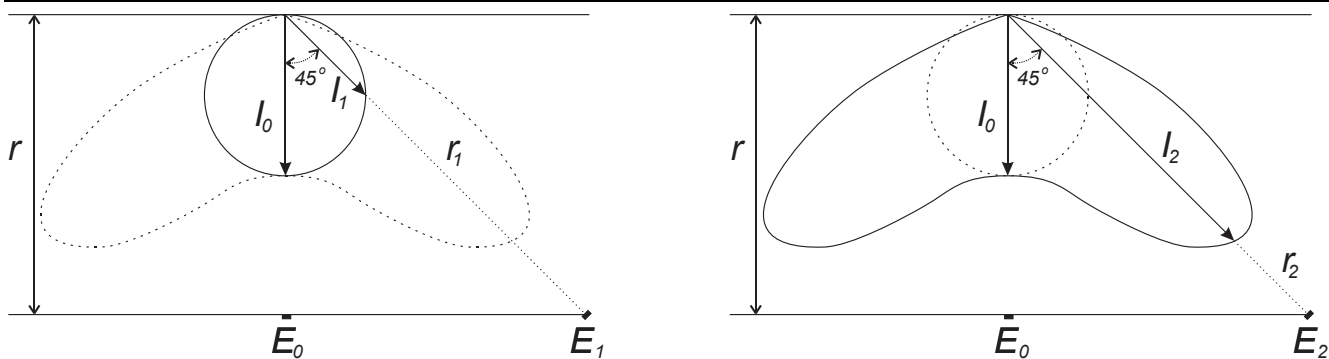
Vsi polarni diagrami porazdelitve svetilnosti so reducirani na svetlobni tok 1000 lumnov. Na ta način je mogoče uporabiti enak diagram za svetlobne vire enakih dimenzij, toda različnih vrednosti svetlobnega toka.

Rousseau-jev diagram nam služi za izračun celotnega svetlobnega toka svetilke. Osnova Rousseau-jevega diagrama je polarni diagram.

MERJENJE:

S pomočjo fotogoniometra izmerite diagrame porazdelitve svetilnosti za glavne C ravnine (C₀, C₃₀, C₆₀ in C₉₀). Za merjenje porazdelitve svetilnosti merimo osvetljenost točke v različnih vertikalnih kotih (od 0° do 90°) glede na svetilko in pri različnih pozicijah (vrtenjih) svetilke. Iz osvetljenosti izračunamo svetilnost, upoštevati pa moramo še korekcijski faktor, ker svetilka ni točkasta in faktor normiranja, ker je svetlobni tok vira v svetilki več kot 1000 lm.





Rezultati meritev

Izhodiščni podatki:

- svetlobni tok vira v svetilki: $\phi_v =$ lm
- merilna razdalja svetilka – fotoelement $r =$ m

Svetilnost I (cd) izrazimo iz enačbe:

$$E = \frac{I}{r^2},$$

Faktorja normiranja:

$$F_{\text{norm}} = \frac{1000 \text{ lm}}{\phi_v} =$$

Posebej se navaja svetilnost pravokotno pod središčem svetilke, ki pa ni normirana:

$$I_0 = r^2 \cdot E_{y=0} = \text{cd}$$

Normirana svetilnost:

$$I_{\gamma 1000}(\text{cd}) = F_{\text{norm}} \cdot r^2 \cdot E$$

Izračunamo produkt stalnih koeficientov in z njim v tabeli pomnožimo osvetljenost:

$$F_{\text{norm}} \cdot r^2 =$$

Izpolnimo drugi in tretji stolpec tabele na strani 30. Drugi stolpec izmerimo, tretjega pa preračunamo po zgornji enačbi.

Narišimo polarni diagram v graf na strani 31.

Svetlobni tok svetilke

Rousseau-jev diagram omogoča določitev svetlobnega toka svetilke. Ploskovni element na krogli v okviru pripadajočega prostorskega kota z vrhom v središču krogle (svetilke), ki ga linearizira diagram, zavzema v Rousseau-jevem diagramu površino:

$$\Delta A_k = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot s$$

Svetlobni tok po definiciji $\Phi = I \cdot \varpi$ se lahko sestavi iz delov $\Phi = \sum I_{\Delta\varpi} \cdot \Delta\varpi$, kjer je $\Delta\varpi = \frac{\Delta A_k}{r^2}$.

Svetlobni tok je torej možno ugotoviti na osnovi oblike

$$\Phi = \sum I_{\Delta\varpi} \cdot \frac{2\pi \cdot r \cdot s}{r^2}$$

Pri tem je $I_{\Delta\varpi} = v_{sr} \cdot s$, kjer pomeni v_{sr} - povprečno višino in s - širino stolpca svetilnosti I (cd) v Rousseau-jevem diagramu.

Z upoštevanjem merila svetilnosti M_{cd} :

$$M_{cd} = \frac{cd}{mm}$$

in polmera polarnega diagrama $r=100$ mm, je svetlobni tok svetilke izračunljiv iz:

$$\Phi = \sum v_{sr} \cdot s \cdot M_{cd} \cdot \frac{2\pi}{r}$$

S podatki narišemo še Rousseau-jev diagram. Iz njega bi lahko odčitali povprečne višine in širine stolpcev. Zaradi večje natančnosti bomo povprečne višine in širine izračunali.

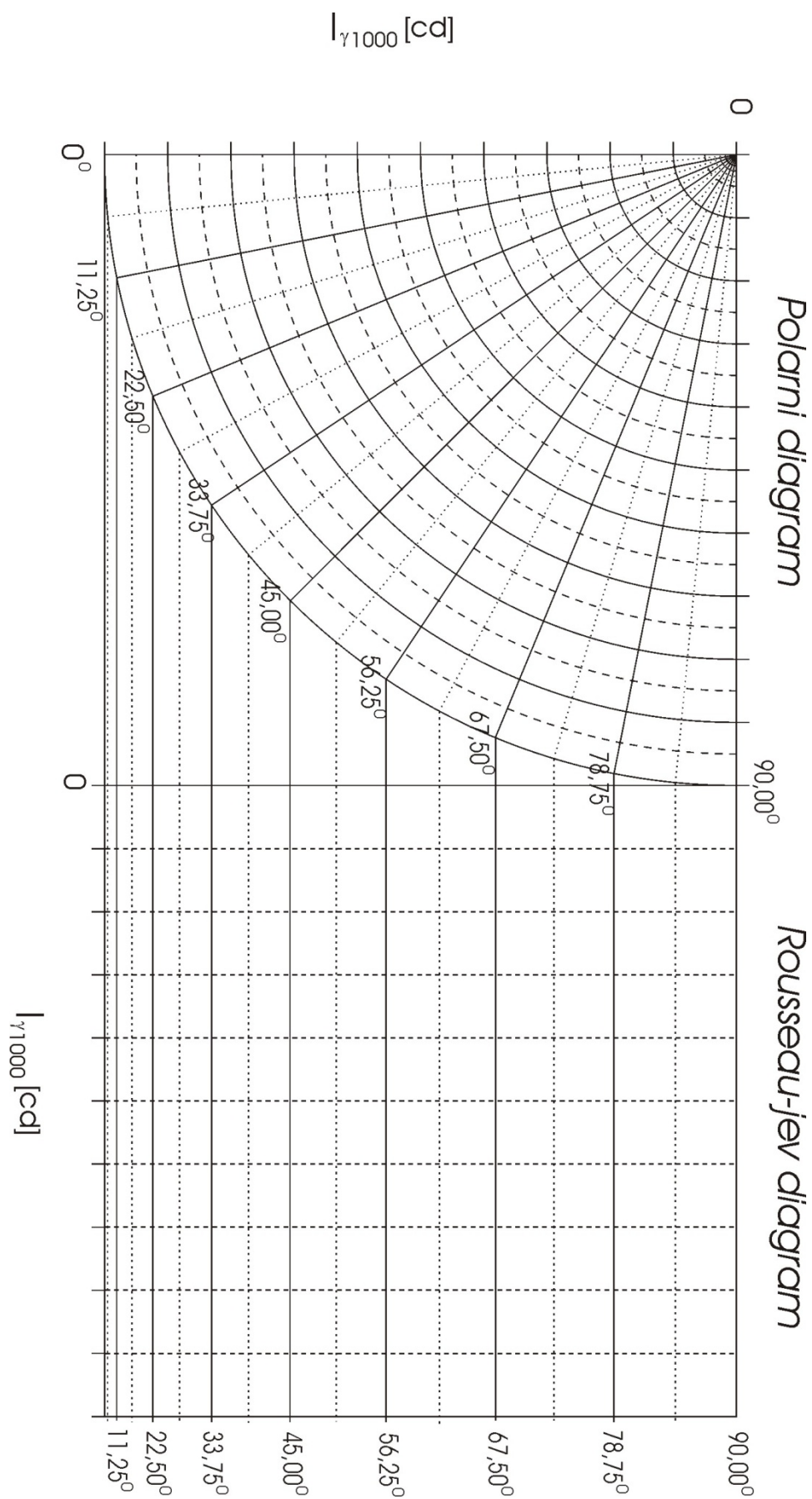
$$s_i = (\cos \gamma_{i-1} - \cos \gamma_i) \cdot 100$$

$$s_1 = (\cos 0^\circ - \cos 5,63^\circ) \cdot 100 = (1 - 0,9951) \cdot 100 = 0,48 \text{ mm}$$

$$v_{sr_i} = \frac{(I_{\gamma 1000_i} + I_{\gamma 1000_{i-1}})}{2} \cdot \frac{1}{M_{cd}}$$

γ ($^\circ$)	E (lx)	$I_{\gamma 1000}$ (cd)	v_{sr} (mm)	s (mm)	$v_{sr} \cdot s$ (mm ²)
0,00			-----	-----	-----
5,63				0,48	
11,25				1,44	
16,88				2,38	
22,50				3,31	
28,13				4,20	
33,75				5,05	
39,38				5,85	
45,00				6,59	
50,63				7,27	
56,25				7,88	
61,88				8,42	
67,50				8,87	
73,13				9,24	
78,75				9,52	
84,38				9,71	
90,00				9,80	
				$\Sigma v_{sr} \cdot s$	

Naš diagram:



$$r = 100 \text{ mm}$$

$$\phi = \sum v_{sr} \cdot s \cdot M_{cd} \cdot \frac{2\pi}{r} = \quad \text{lm}$$

S tem smo izračunali svetlobni tok svetilke v spodnjem polprostoru, če bi bila v njej nameščena žarnica s svetlobnim tokom 1000 lm. V naši svetilki je nameščena poljubna žarnica, zato moramo upoštevati še faktor normiranja. Svetlobni tok naše svetilke je torej:

$$\phi_{sv} = \frac{\phi}{F_{norm}} = \quad = \quad \text{lm}$$

Izračunajmo še izkoristek svetilke. Pri tem upoštevajmo, da smo pri izračunu svetilnosti za vnos v polarni diagram le-to normirali na svetlobni tok 1000 lm.

$$\eta_{sv} = \frac{\phi}{\phi_z} \cdot 100 \% = \frac{\quad \text{lm}}{1000,00 \text{ lm}} \cdot 100\% = \quad \%$$

Tehnične karakteristike svetilke

Karakteristika	simbol	vrednost
Imenski obratovalni izkoristek svetilke	η_{sv}	
Svetlobni tok svetilke	ϕ_{sv}	
Priključna moč svetilke	P_{sv}	
Obratovalna napetost svetilke	U_{obr}	
Tipska uvrstitev svetilke		

KOMENTAR:

VAJA 12

MERITEV OSVETLJENOSTI

Po izvedbi inštalacij in namestitvi svetilk v novozgrajenem ali prenovljenem objektu je potrebno izvesti meritve osvetljenosti in ugotoviti skladnost izvedenih inštalacij s potrebami uporabnikov in tudi z zakonodajo.

Na hodniku, ki je bil pred kratkim prenovljen, izmerite osvetljenost na tleh v 49 točkah. Zaradi prisotnosti dnevne svetlobe je potrebno meritve izvesti dvakrat, prvič pri prižgani razsvetljavi in drugič pri ugasnjeni razsvetljavi. Z umetno razsvetljavo moramo zagotoviti ustrezne svetlobnotehnične razmere tudi v popolni temi. Zato od vrednosti izmerjenih pri umetni razsvetljavi in dnevni svetlobi odštejemo vrednosti izmerjene pri ugasnjeni umetni razsvetljavi. Pri tem moramo paziti, da se zunanje vremenske razmere ne spreminjajo!

Določitev mreže:

$$p = 0,2 * 5^{\log_{10}(d)}$$

Kjer je:

d daljša stranica polja vrednotenja (m). Če je razmerje med daljšo in krajšo stranico polja vrednotenja več kot 2, potem je d krajša stranica polja vrednotenja

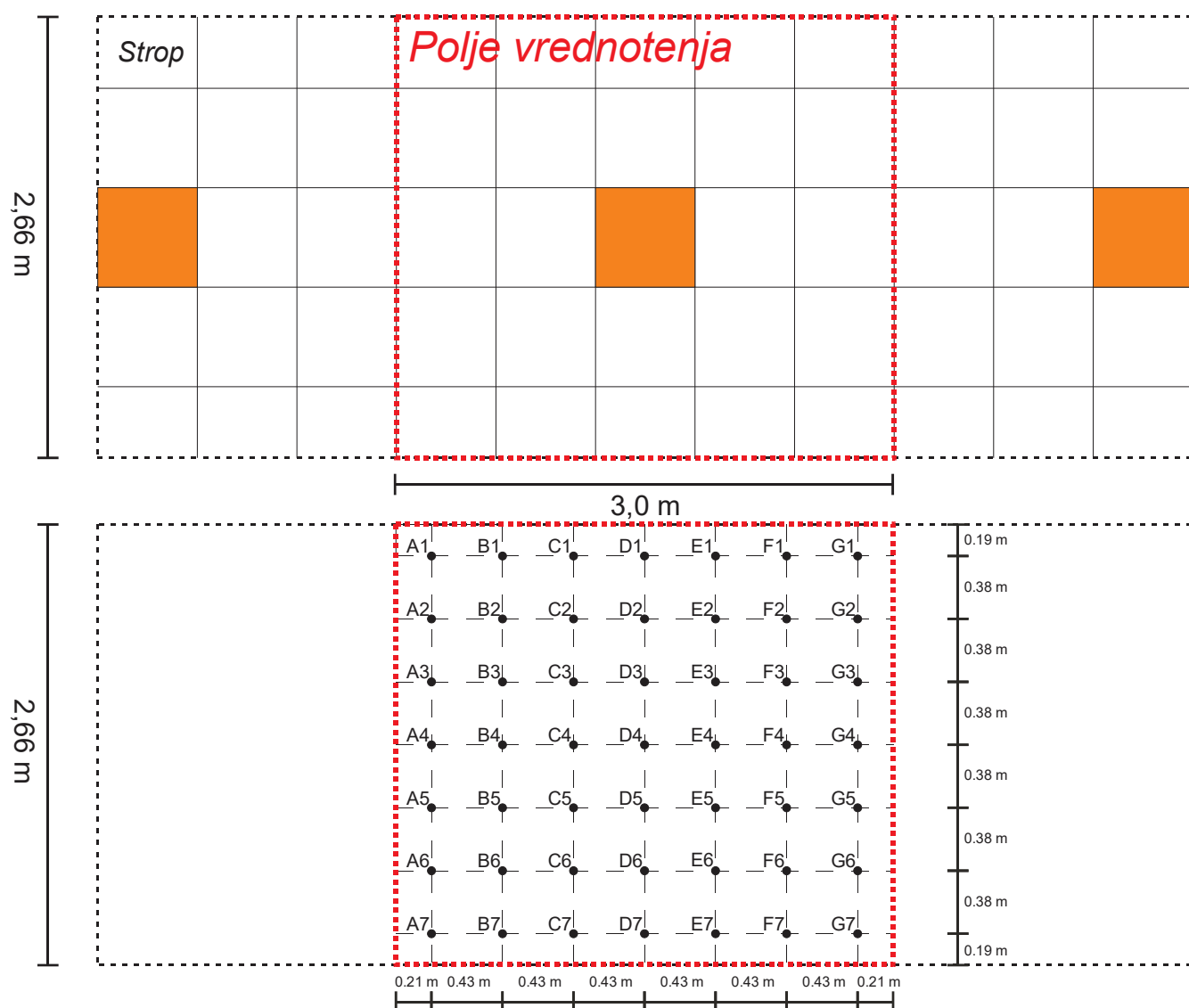
p velikost celice v merilni mreži (m)

$$d_1 = 2,7 \text{ m} \quad p_1 = 0,2 * 5^{\log_{10}(2,7)} = 0,4 \text{ m}$$

$$d_2 = 3,0 \text{ m} \quad p_2 = 0,2 * 5^{\log_{10}(3,0)} = 0,43 \text{ m}$$

$$\text{Število točk: vzdolžna smer: } N1 = \frac{d_1}{p_1} = \frac{2,7 \text{ m}}{0,4 \text{ m}} = 6,75 \gg 7$$

$$\text{prečna smer: } N2 = \frac{d_2}{p_2} = \frac{3,0 \text{ m}}{0,43 \text{ m}} = 7 \gg 7$$



Za primerjavo pogledajte še kaj je zapisano v standardu *SIST EN 12464/1 Svetloba in razsvetljava – razsvetljava na delovnem mestu – 1 del: Notranji delovni prostori*:

Prostori za izobraževanje	Vzdrževna osvetljenost	Faktor bleščanja	Enakomernost	Faktor barvne reprodukcije	
Prostor, vidna naloga ali dejavnost	$\overline{E}_{vz}$ lx	GR_L -	U_0 -	R_a -	Pripombe
Učilnice osnovnih in srednjih šol	300	19	0,6	80	Razsvetljavo naj bo moč regulirati.
Učilnice za večerni pouk in izobraževanje odraslih	500	19	0,6	80	Razsvetljavo naj bo moč regulirati.
Predavalnice	500	19	0,6	80	Razsvetljavo naj bo moč regulirati za različne A/V potrebe
Šolska tabla	500	19	0,7	80	Preprečiti je treba refleksije. Učitelj/predavatelj mora biti osvetljen z ustrežno vertikalno osvetljenostjo
Demonstracijska miza	500	19	0,7	80	V predavalnicah 750 lx.
Delovni prostori na umetniških šolah	750	19	0,7	90	$T_{cp} > 5000$ K
Prostori za tehnično risanje	750	16	0,7	80	
Prostori za praktična dela in laboratoriji	500	19	0,6	80	
Skupni prostori, hodniki	100	25	0,4	80	
Študentski skupni prostori in dvorane za srečanja	200	22	0,4	80	
Učiteljske zbornice, kabineti	300	19	0,6	80	

V standardu podane vrednosti osvetljenosti so vedno **minimalne vzdrževane vrednosti** in sicer prostorske povprečne vrednosti, ker je osvetljenost v različnih koncih prostora različna. Da pa v prostoru ne pride do prevelikih razlik med svetlimi in temnimi deli, je v standardu definirana tudi enakomernost osvetljenosti. Zahtevana enakomernost osvetljenosti za delovne naloge (površine) je v četrtem stolpcu.

Merilni rezultati

Merilna točka	Umetna +dnevna svetloba [lx]	Dnevna svetloba [lx]	Izračunan delež umetne razsvetljave [lx]
A1			
A2			
A3			
A4			
A5			
A6			
A7			
B1			
B2			
B3			
B4			
B5			
B6			
B7			
C1			
C2			
C3			
C4			
C5			
C6			
C7			
D1			
D2			
D3			
D4			

Merilna točka	Umetna +dnevna svetloba [lx]	Dnevna svetloba [lx]	Izračunan delež umetne razsvetljave [lx]
D5			
D6			
D7			
E1			
E2			
E3			
E4			
E5			
E6			
E7			
F1			
F2			
F3			
F4			
F5			
F6			
F7			
G1			
G2			
G3			
G4			
G5			
G6			
G7			

Izračunajmo prostorsko povprečno vrednost osvetljenosti in faktor enakomernosti:

$$E_{pov} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} = \quad \text{lx} \quad U_0 = \frac{E_{\min}}{E_{pov}} =$$

Izračunane vrednosti primerjajte z vrednostmi v standardu!

KOMENTAR:

VAJA 13

VPLIV BARVE SVETLOBE NA VZORCE BARVE - BARVNA REPRODUKCIJA

Prikaz vzorčnih trakov iz kolaža, ki so osvetljeni z naslednjimi vrstami barv svetlobe:

- žarnica (podobna barvna temperatura: 2800 K),
- fluorescentna sijalka dnevno bele svetlobe (podobna barvna temperatura: 6500 K),
- fluorescentna sijalka bele svetlobe (podobna barvna temperatura: 4000 K),
- fluorescentna sijalka tople svetlobe (podobna barvna temperatura: 3000 K),

RAZLAGA

Barvni videz osvetljenega predmeta (barva predmeta) je v osnovi odvisen od spektralne porazdelitve sevanja svetlobnega vira, ki osvetljuje predmet. Torej je spektralna porazdelitev sevanja osnovni vzrok za različni barvni videz osvetljenih predmetov. Za označevanje učinka neke vrste svetlobe na barvni videz predmetov, ki jih ta svetloba osvetljuje, uporabljamo izraz barvna reprodukcija. Pri svetlobnih virih je barvna reprodukcija definirana kot učinek sevanja (nekega svetlobnega vira) na barvni videz predmetov, ki jih osvetljuje, v primerjavi z barvnim videzom istih predmetov, osvetljenih s primerjalno vrsto svetlobe. Na splošno vzeto torej barvna reprodukcija označuje zvezo med reproducirano in naravno barvo.

Temperatura barve svetlobe



Podkev najprej segrejemo na temperaturo 900 K (a). Pri tej temperaturi začne žareti v temno rdeči barvi. Ko se temperatura podkve poveča na 1500 K, začne žareti v rumeno-rdeči barvi (b). Z višanjem temperature preko 3000 K, začne oddajati rumeno-belo (c) barvo (enaka barva kot barva žarilne nitke v žarnici). Če bi temperaturo podkve še naprej povečevali, bi pri 5000 K začela žareti v belo-modri barvi (d), kot je barva dnevne svetlobe.

Na vzorčni plošči imamo barvne kolaže osnovnih barv, pa vendar izgleda kot bi imeli 30 različnih barv oziroma odtenkov. Različni odtenki nastanejo zaradi *zaznavnega barvnega pomika vrste svetlobe*, ki ga povzroči vsak svetlobni vir s katerim je trak osvetljen. Barvni premik lahko povzroči tvegano primerjanje barvnih odtenkov predvsem notranje opreme in oblačil, kadar si ogledujemo predmet pri drugačni svetlobi od tiste s katero bo kasneje osvetljen. Pri tem moramo paziti na barvo svetlobe in moč svetlobnega vira.

Posebno pozornost moramo nameniti fenomenu »METAMERIZEM«. Dve barvi se lahko ujemata pod enim virom svetlobe, pod drugim virom svetlobe, pa sta lahko popolnoma drugačni. Pri obeh barvah je prišlo do *zaznavnega barvnega pomika* vendar ne v isti smeri.

KOMENTAR:

LUMINISCENČNO SEVANJE

Barvni praški

Prikaz treh praškov, ki sestavljajo 3-pasovno fluorescenčno sijalko in so osvetljeni z UV svetlobo.

Imamo naslednje praške:

Y_2O_3 – rdeča (611 nm) $\text{MgAl}_{11}\text{O}_{19}$ – zelena (543 nm) $\text{Mg}_2\text{Al}_6\text{O}_{27}$ – modra (450 nm)

Na zaslonu so v zgornji vrsti osnovni praški, v srednji vrsti kombinacije po dveh praškov in v spodnji vrsti kombinacija vseh treh praškov.

Barvne sijalke

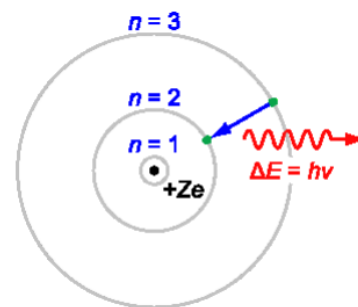
V svetilki z opalno kapo imamo sijalke treh osnovnih barv: rdeče (610 nm), modre (460 nm) in zelene (540 nm). S pomočjo stikal na kapi ugotovite barve svetlobe pri prižganih različnih kombinacijah sijalk.

Barve svetleče diode

Na steni so tri svetilke z barvnimi svetlečimi diodami (rdeča, zelena, modra). S pomočjo gumbov lahko nastavimo poljubno kombinacijo barv in le-te opazujemo na belem zaslonu. Mešanju barv s svetlobo rečemo **ADITIVNO MEŠANJE BARV**, mešanju barv pri tisku pa **SUBTRAKTIVNO MEŠANJE BARV**.

RAZLAGA:

Nastanek luminiscenčnega sevanja si lahko razložimo z pomočjo Bohrovega modela atoma. Okrog jedra atoma so tako imenovane orbitale, po katerih lahko krožijo elektroni. Kadar elektroni krožijo po orbitalah ne sevajo energije. Poleg atomov v snoveh obstajajo tudi prosti elektroni in pozitivno naelektreni delci (ioni), ki prav tako ne sevajo energije. Pod vplivom zunanje energije (električno polje, toplota, UV svetloba) se prosti elektroni in ioni začnejo premikati in na svoji poti zadevati v atome. Posledica teh trkov je vzbujanje atomov. To je pojav, pri katerem elektron v atomu zaradi trka skoči iz kvantnega (notranjega) tira na zunanji tir, katerega energijski nivo je višji. Vendar pa izbiti elektron ne ostane na tem tiru, ampak se zelo hitro spet vrne na prvotni tir (z nižjim energijskim nivojem). Pri tem skoku se sprosti elektromagnetna energija, ki jo atom odda (izseva) v obliki svetlobnega kvanta - fotona.

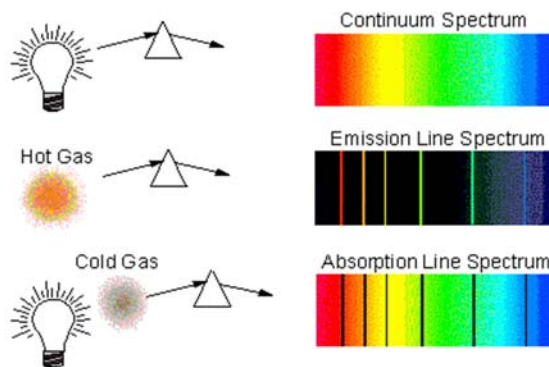


Energija fotona je enaka razliki energij, ki pripadata obema tiroma. Ker so tiri in energijski nivoji točno določeni za sleherno snov, nastajajo pri razelektrenju samo fotoni točno določene energije in s tem valovne dolžine:

$$\lambda = \frac{h}{E_2 - E_1}$$

Kjer je:

λ valovna dolžina fotona,
 h Planckova konstanta ($6,6261 \cdot 10^{-34}$ Js),
 E_2, E_1 energijska nivoja orbital.



To pa pomeni, da ustreza v spektru sevanja vsakemu, tako nastalemu, fotonu načelno le ena spektralna črta (linija). iz tega izhaja, da je torej za pojav razelektrenja v plinih, parah in kovinskih oksidih značilen linijski - črtni spekter. Spektralne črte, ki pri tem nastanejo, so lahko zelo različne in so v osnovi odvisne od kemijske sestave plina, pare ali oksida, ne pa od dovedene energije.

V prvem primeru imamo na podlago nanešene kovinske okside, katerim dovajamo energijo s pomočjo UV svetlobe. V drugem primeru fluorescenčno sijalko napajamo z električnim tokom. V sijalki pride do razelektrenja plina in posledica je oddajanje UV svetlobe. UV svetlobo s pomočjo praškov, ki so naneseni na notranjo stran fluorescenčne cevi spremenimo v vidno svetlobo določene valovne dolžine. V tretjem primeru pa dodajamo svetlobo, ki prihaja do zaslona iz enobarvnih svetlečih diod.

Rezultati meritev

Določimo vrednosti x , y koordinat ter podobno barvno temperaturo v Kelvinih vseh barv in kombinacij. Merimo v oddaljenosti cca. 1 metra od svetilke.

	prižgane cevi	barva	x	y	temp. barve [K]
B	modra	modra			
G	zelena	zelena			
R	rdeča	rdeča			
BG	modra+zelena				
BR	modra+rdeča				
GR	zelena+rdeča				
RGB	modra+zelena+rdeča				

Vrišimo še točke na spodnji graf in jih tudi označimo!

KOMENTAR:

