

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

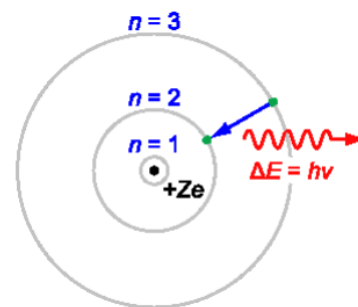
V svetilki z opalno kapo imamo sijalke treh osnovnih barv: rdeče (610 nm), modre (460 nm) in zelene (540 nm). S pomočjo stikal na kapi ugotovite barve svetlobe pri prižganih različnih kombinacijah sijalk.

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 naelektrjeni delci (ioni), ki prav tako ne sevajo energije. Pod vplivom zunanje energije (električno polje, toplota, UV svetlobo) se prosti elektroni in ioni začnejo premikati in na svoji poti zadevati v atome. Posledica teh trkov je vzbujaanje 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.

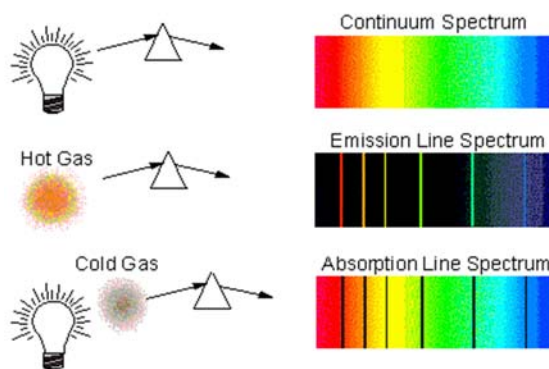


Energija fotona je enaka razliki energij, ki pripadata obema tiroma. Ker so tiri in energijski nivoji točno določeni za sleherno snov, nastajajo pri razelektrenju samo fotoni točno določene energije in s tem valovne dolžine:

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

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.

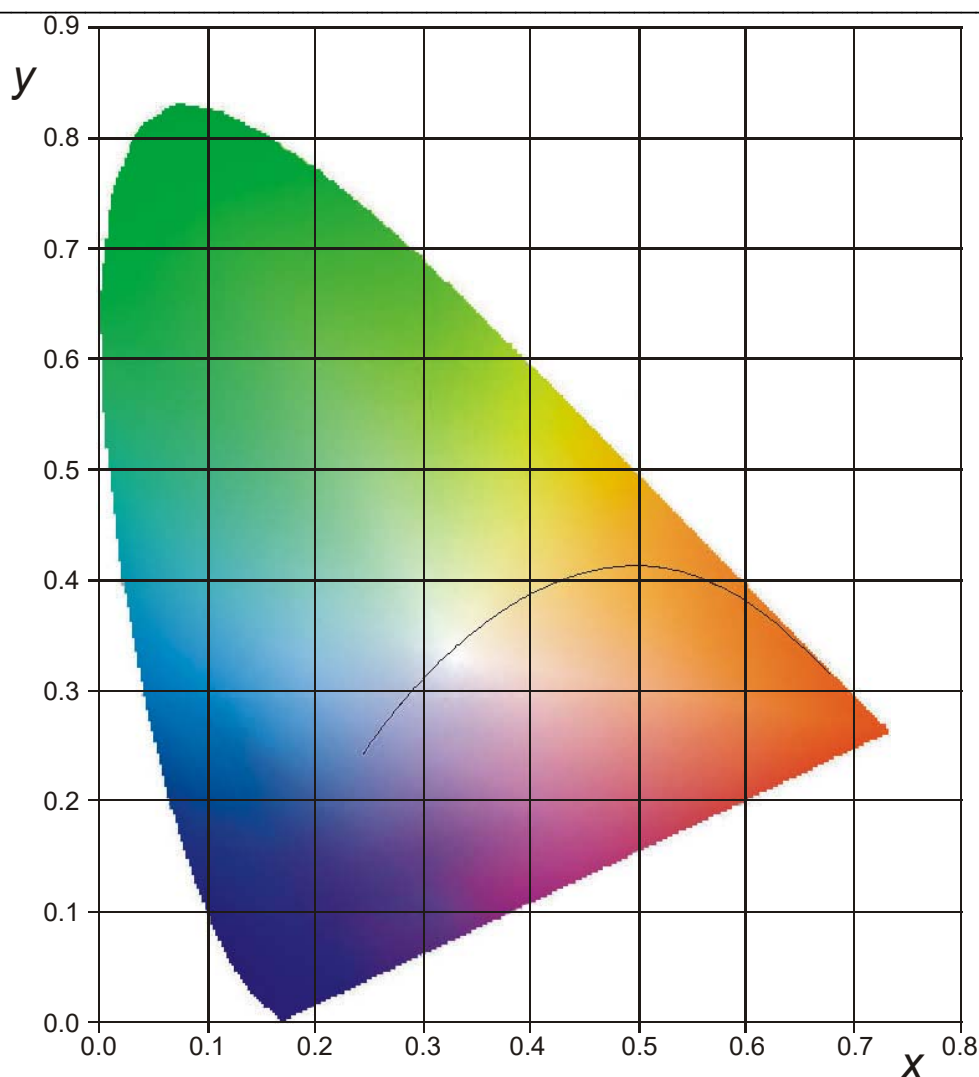
Rezultati meritev

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:



VAJA 14

ŠIRJENJE SVETLOBE

Zakon o fotometrični oddaljenosti

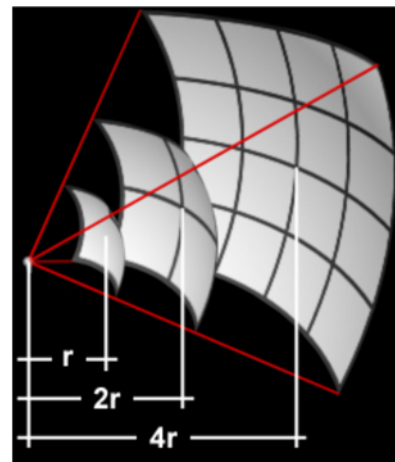
Ko svetloba potuje skozi čisti zrak, se ne absorbira! Če je svetlobni vir, ki oddaja svetlobo, majhen (žarnica), se količina svetlobe ne zmanjšuje, ko se oddaljujemo od svetlobnega vira. Povečuje pa se površina, ki jo svetlobni vir osvetljuje.

Ker se osvetljena površina povečuje z drugo potenco oddaljenosti, lahko zapišemo:

$$E = \frac{\Phi}{r^2} = \frac{I \cdot \Omega_0}{r^2} \quad \left[\frac{\text{lm}}{\text{m}^2} = \frac{\text{cd} \cdot \text{sr}}{\text{m}^2} \right]$$

Kjer je:

E	osvetljenost [lx]
Φ	svetlobni tok [lm]
I	svetilnost [cd]
Ω_0	enotni prostorski kot [sr]
r	razdalja [m]



Primer:

Kakšna je osvetljenost na razdalji 2.0 m in na razdalji 4.0 m, če je svetilnost žarnice 120 cd?

$$E_1 = \frac{I}{r_1^2} = \frac{120 \text{ cd}}{2.0^2 \text{ m}^2} = 30 \text{ lx} \quad E_2 = \frac{I}{r_2^2} = \frac{120 \text{ cd}}{4.0^2 \text{ m}^2} = 7.5 \text{ lx}$$

Pri dvojni razdalji se osvetljenost 4x zmanjša!

Kosinusni izrek

Na površino, ki je pod poljubnim kotom, vpade enaka količina svetlobe, kot če bi bila površina pravokotna na smer vpada svetlobe. Vendar ta svetloba vpada na večjo površino, zato je osvetljenost manjša.

Za svetlobo, ki vpada na površino pod kotom β , lahko zapišemo:

$$E = E_n \cdot \cos(\beta)$$

Kjer je:

E	osvetljenost [lx]
E_n	osvetljenost pri pravokotnem vpadu svetlobe [lx]
β	kot vpada svetlobe

Kot vpada svetlobe je kot med smerjo vpada svetlobe in pravokotnico na ravnino.

Primer:

Osvetljenost knjige, ki jo berete je 600.0 lx, če je knjiga direktno pod virom svetlobe. Kakšna bi bila osvetljenost, če se s knjigo premaknete na drug stol, tako da bo svetloba vpadala na knjigo pod kotom 30° (razdalja je enaka)?

$$E = E_n \cdot \cos(\beta) = 600 \text{ lx} \cdot \cos(30^\circ) = 600 \text{ lx} \cdot 0.866 = 520 \text{ lx}$$

Kombinacija zakona o fotometrični oddaljenosti in kosinusnega izreka

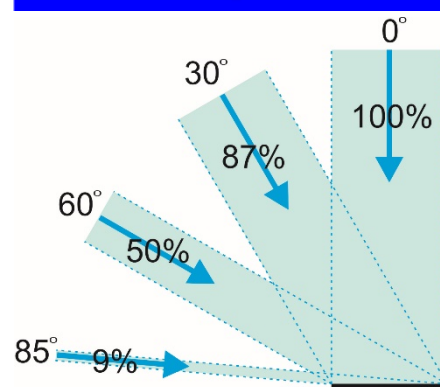
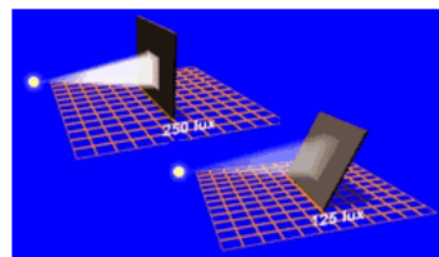
Združimo lahko obe zgornji pravili in dobimo:

$$E = \frac{I \cdot \cos(\beta)}{r^2}$$

Primer:

Svetlobni vir s svetilnostjo 648.0 cd osvetljuje 3.6 m oddaljeno sliko, ki je nameščena pod kotom 20° . Kakšna je osvetljenost slike?

$$E = \frac{I \cdot \cos(\beta)}{r^2} = \frac{648.0 \text{ cd} \cdot \cos(20^\circ)}{(3.6 \text{ m})^2} = 50 \text{ lx} \cdot 0.94 = 47 \text{ lx}$$



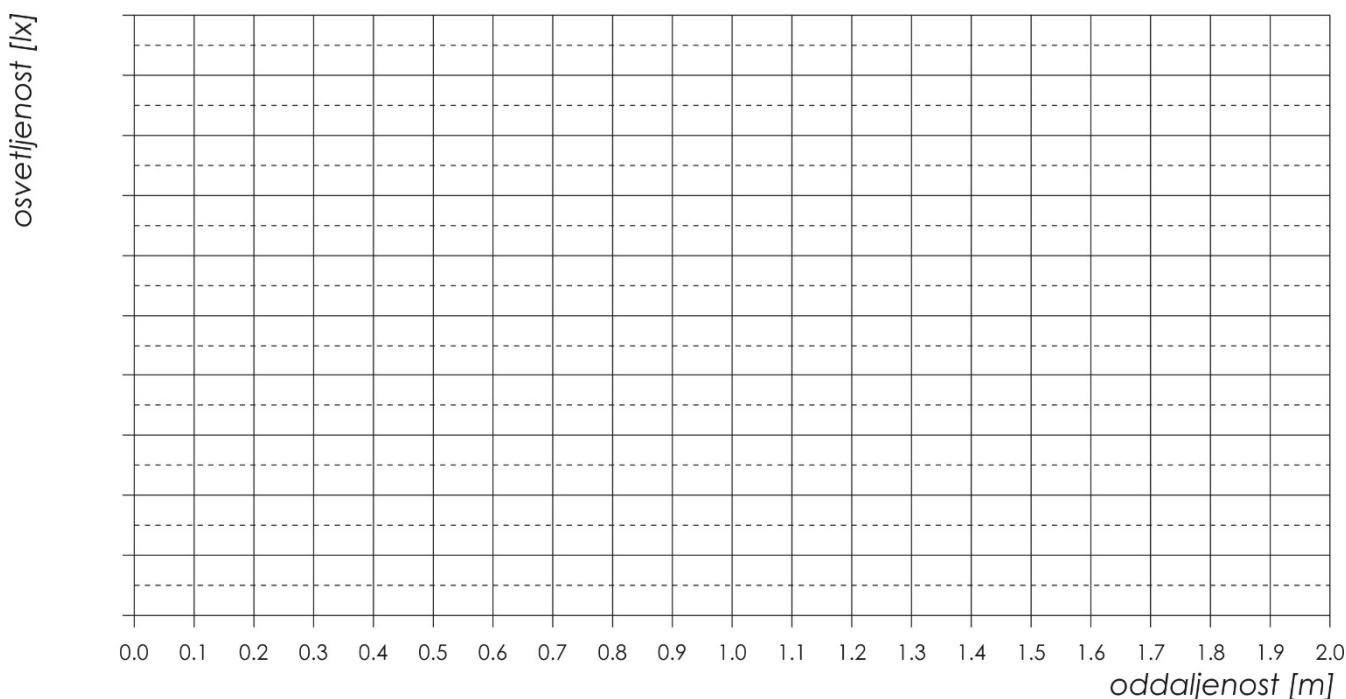
Naloga: S pomočjo fotometrične klopi preverite zakon o fotometrični oddaljenosti in kosinusni izrek.

1. del vaje - zakon o fotometrični oddaljenosti

Na začetek fotometrične klopi namestite svetlobni vir z določeno svetilnostjo I_v , na voziček pa namestite merilnik osvetljenosti.

Pri razdalji 1 m med virom in merilnikom osvetljenosti odčitajte osvetljenost in s pomočjo zakona o fotometrični oddaljenosti izračunajte svetilnost vira. Nato premikajte voziček z merilnikom in odčitavajte osvetljenost. Osvetljenost v vseh točkah izračunajte tudi iz izračunane I_v in podane razdalje. Izpolnite tabelo in v graf narišite izračunano in izmerjeno osvetljenost v odvisnosti od oddaljenosti od vira.

Meritev	Oddaljenost [m]	Izmerjena osvetljenost [lx]	Izračunana osvetljenost [lx]	Razlika [lx]	Razlika [%]
1	0.1				
2	0.2				
3	0.3				
4	0.4				
5	0.5				
6	0.6				
7	0.7				
8	0.8				
9	0.9				
10	1.0				
11	1.1				
12	1.2				
13	1.3				
14	1.4				
15	1.5				
16	1.6				
17	1.7				
18	1.8				
19	1.9				
20	2.0				

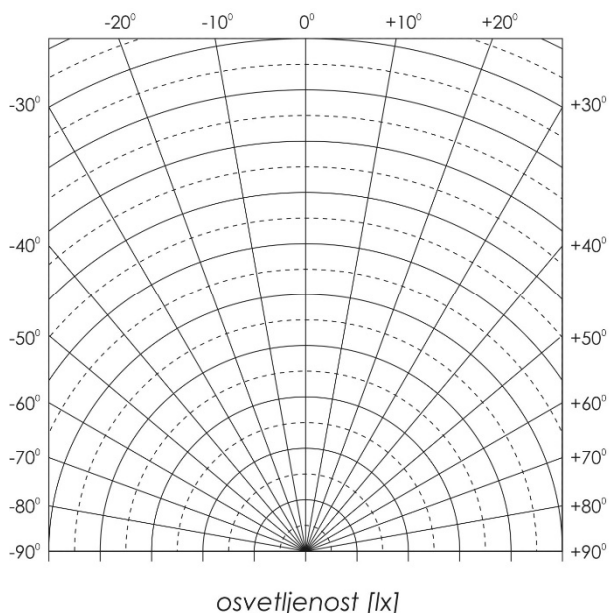


2. del vaje – kosinusni izrek

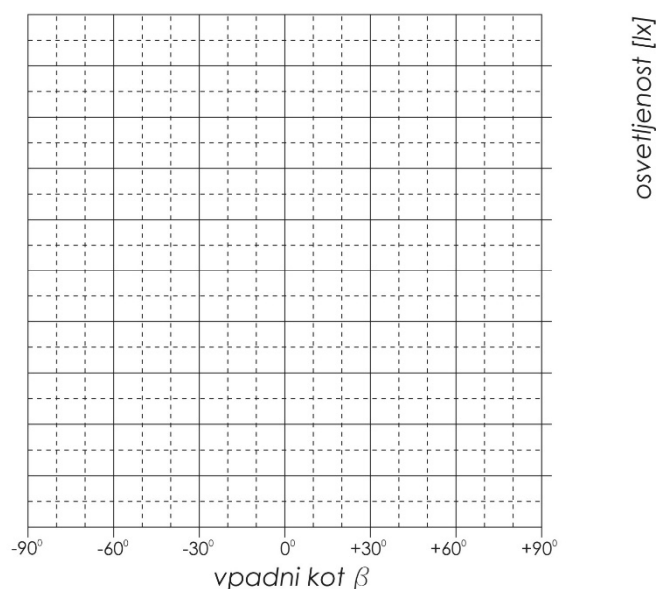
Na začetek fotometrične klopi namestite svetlobni vir z določeno svetilnostjo I_v , na voziček pa namestite merilnik osvetljenosti. Voziček pričvrstite na razdalji 1 m med virom in merilnikom osvetljenosti. Zagotovite, da bo merilnik postavljen pravokotno na smer vpada svetlobe (kot β je enako 0°) in odčitajte osvetljenost ter s pomočjo zakona o fotometrični oddaljenosti izračunajte svetilnost vira. Nato obračajte merilnik okrog Z osi in odčitavajte osvetljenost. Osvetljenost pri vseh kotih izračunajte tudi iz izračunane I_v in podanega kota β . Izpolnite tabelo in v spodnja grafa narišite izračunano in izmerjeno osvetljenost v odvisnosti od vpadnega kota svetlobe.

Meritev	Vpadni kot β [$^\circ$]	Kosinus kota β	Izmerjena osvetljenost [lx]	Izračunana osvetljenost [lx]	Razlika [lx]	Razlika [%]
1	-90.0					
2	-80.0					
3	-70.0					
4	-60.0					
5	-50.0					
6	-40.0					
7	-30.0					
8	-20.0					
9	-10.0					
10	0.0					
11	+10.0					
12	+20.0					
13	+30.0					
14	+40.0					
15	+50.0					
16	+60.0					
17	+70.0					
18	+80.0					
19	+90.0					

Polarni koordinatni sistem



Pravokotni koordinatni sistem



KOMENTAR:

VAJA 15

MERITEV PRESEVNOSTI

Presevnost materiala je lastnost, ki nam pove koliko svetlobe pride skozi material. Poznamo materiale, katerih presevne lastnosti izkoriščamo s pridom (fotografski filtri, avtomobilska stekla...), pri nekaterih materialih pa si želimo, da bi bila njihova presevnost 100%. Presevnost je odvisna od barve svetlobe (valovne dolžine), ki prehaja skozi material in od debeline materiala.

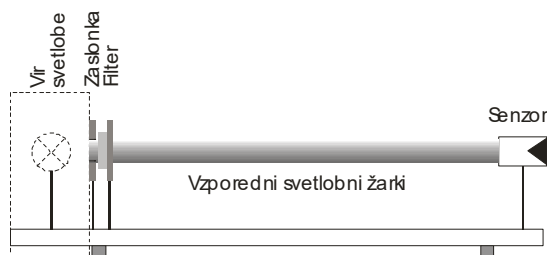
Definirana je kot razmerje vstopne in izstopne energije. Pri današnji vaji bomo izračunali presevne lastnosti tako za celoten vidni del svetlobe (v spektru od 380 do 780 nm), kot tudi za vidni del svetlobe glede na občutljivost človeškega očesa.

$$\tau = \frac{E_1}{E_0} \cdot 100\%$$



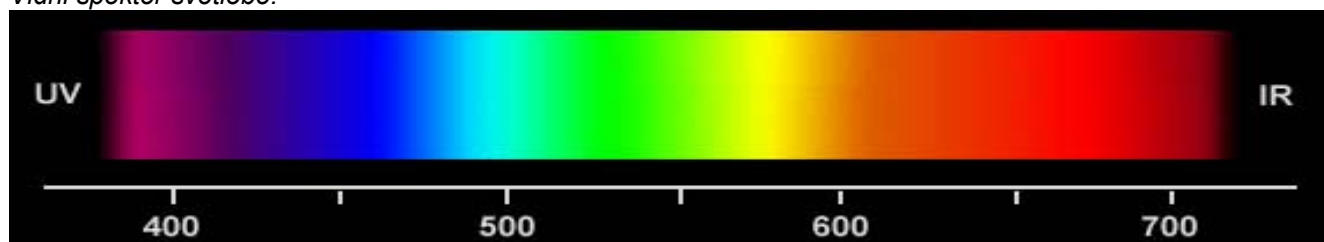
Merjenje:

Po spodnji skici izvedite meritve za različne filtre, izračunajte presevnosti in narišite barvne točke posameznih filtrov v graf.

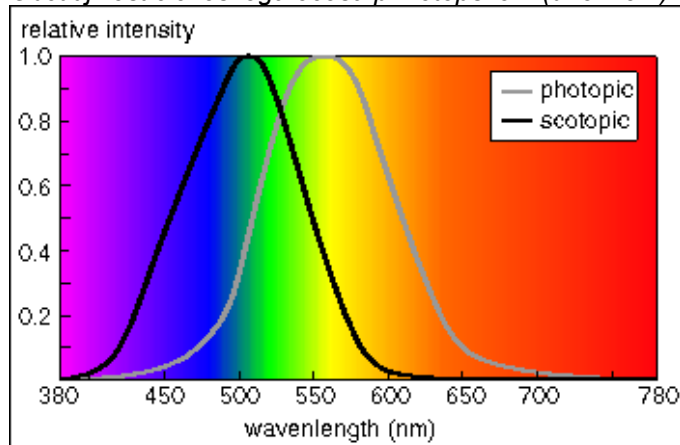


$$\tau = \frac{L_{Filter}}{L} \cdot 100\%$$

Vidni spekter svetlobe:



Občutljivost človeškega očesa pri fotopskem (dnevem) in skotopskem (nočnem) gledanju

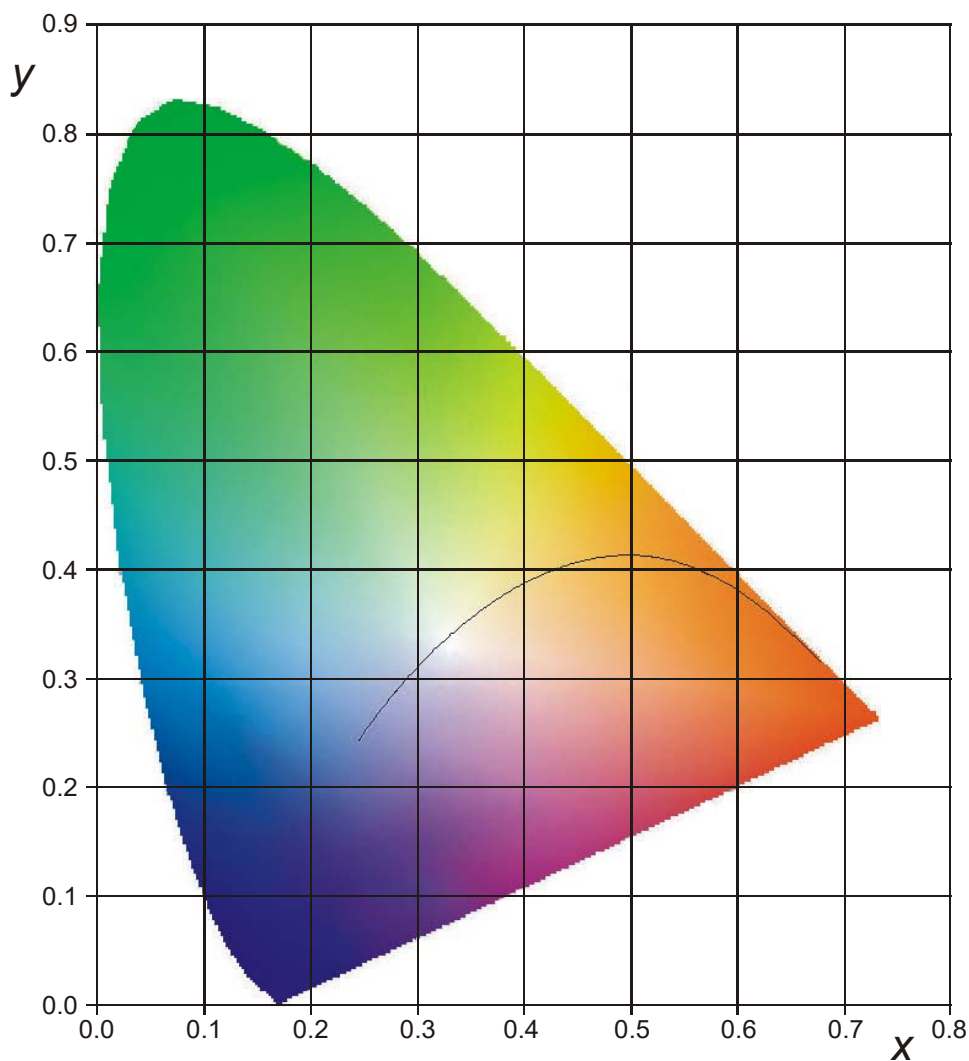


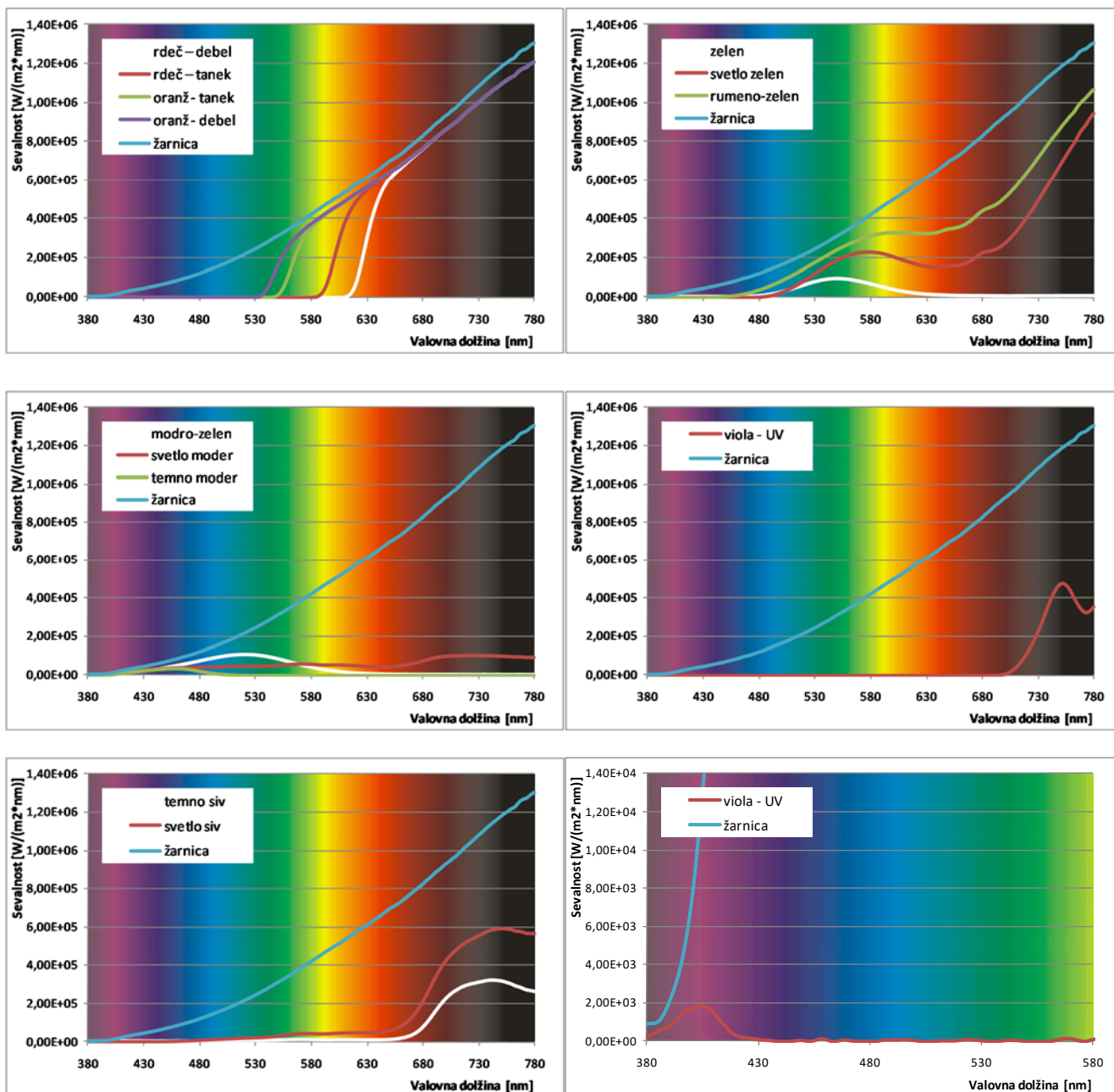
Rezultati meritev

Določimo vrednosti x , y , podobno temperaturo barve v kelvinih ter svetlost, ki jo meri senzor, za vse filtre. S pomočjo svetlosti izračunajte še presevnost po enačbi na prejšnji strani.

št.	filter	Koordinate v CIE xyz trikromatskem zapisu		Temperatura barve	Radiance – energijska radianca	Luminance – svetlost (vidni del spektra)	Presevnost celotnega spektra	Presevnost vidnega dela spektra
		x	y	CCT [K]	L_e [W/sr m ²]	L_v [cd/m ²]	τ_c [%]	τ_v [%]
1	-----						100	100
2	temno rdeč – debel							
3	rdeč – tanek							
4	oranž - tanek							
5	oranž - debel							
6	temno zelen							
7	srednje zelen							
8	svetlo zelen							
9	modrozelen							
10	svetlo moder							
11	moder							
12	viola							
13	temno siv							
14	svetlo siv							

Vrišimo še točke na spodnji graf in jih označimo!





KOMENTAR:
