

Spektrometer

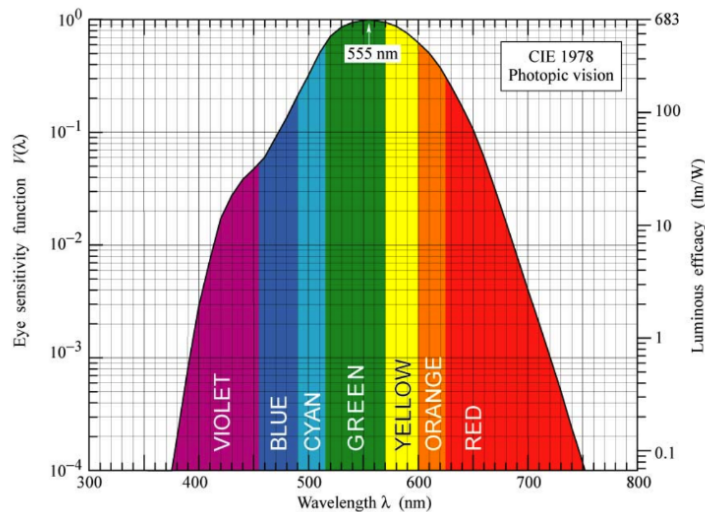
Samo Krejan

april 2025

1 Uvod

Spektroskop je naprava za merjenje porazdelitve spektra, to je porazdelitev svetlobnega toka po frekvenci ali valovni dolžini. Glede na potrebe poznamo več različnih vrst spektroskopov, pri tej vaji pa smo uporabljali optični spektrometer na prizmo. Ta deluje, saj imajo različne valovne dolžine različne lomne količnike, tako da ko se svetloba lomi, pod različnimi koti vidimo različne komponente spektra. Ako bi na prizmo posvetili z zvezno svetlobo, bi na drugi strani videli mavrico, če pa posvetimo s svetilom z diskretnim spektrom, pa vidimo posamezne komponente.

Ker kot detektor svetlobe / valovanja uporabljamo kar oko, se moramo zavedati njegovih pomanjkljivosti. Z očesom namreč vidimo zgolj zelo omejen del spektra in še preko spektra vidimo različno svetlobo različno dobro. Zeleno vidimo najbolje, tudi 100 krat bolje kot vijolično in rdečo, ki sta obe na robu vidnega spektra. To dejstvo dobro ponazarja slika 1:



Slika 1: Občutljivost očesa (vir: navodila)

Kot omenjeno optični spektrometer na prizmo temelji na pojavu disperzije, to je efekt, zaradi katerega imajo različne valovne dolžine različne lomne količnike. Odvisnost lomnega količnika od valovne dolžine zelo dobro opiše Seillmeierjeva formula 1:

$$n(\lambda)^2 = 1 + \frac{A\lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_0^2} \quad (1)$$

2 Potrebščine

- Optični spektrometer; prizma iz kremenastega stekla,
- nosilec za spektralne cevi (ampule) z visokonapetostnim izvirom, ampule s plini He, Ne, Hg, H₂,
- varčna žarnica, LED diode, wolframova žarnica, cevka z NO₂.

3 Naloga

1. Umerite kotno skalo s spektralnimi črtami Hg in H₂,
2. izmerite valovne dolžine spektralnih črt spektru varčne žarnice. Primerjajte spekter s tistim, izmerjenim v Hg,
3. izmerite centralno valovno dolžino in ocenite spektralno širino svetlečih diod različnih barv,
4. opazujte zvezni spekter wolframove svetilke in ocenite valovno dolžino najsvetlejšega dela spektra, ter določite intervale, ki jih pokrivajo določene barve,
5. opazujte absorpcijski spekter NO₂,
6. izmerite valovne dolžine črt v spektru Ne in He.

4 Rezultati in analiza

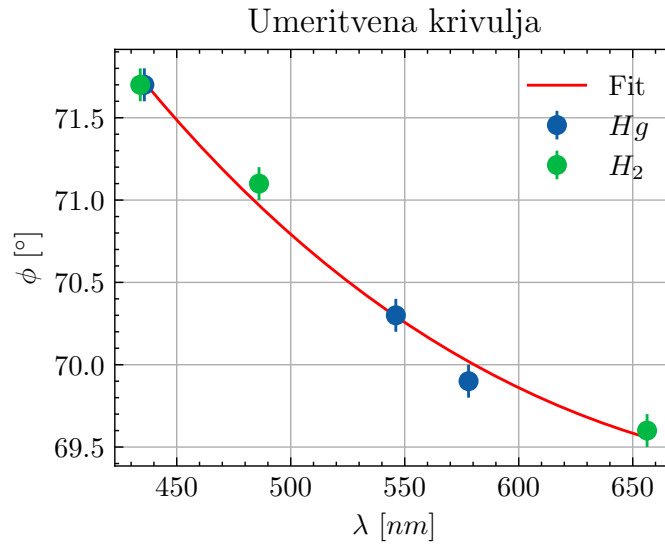
Najprej smo izmerili tri najbolj intenzivne (in najbolj zanesljive) črte iz spektra Hg in H₂. Te črte smo uporabili, za umeritveno krivuljo, ki povezuje kot opazovanja z valovno dolžino. Krivulja ima obliko 2:

$$\phi = c_1 + c_2\lambda + c_3\sqrt{\lambda} \quad (2)$$

To funkcijo smo "pofittali"na naše podatke in tako dobili naslednje vrednosti za parametre c_i :

$$c_1 = (108 \pm 9)^\circ, \quad c_2 = (0.05 \pm 0.02)^\circ/\text{nm}, \quad c_3 = (-2.8 \pm 0.8)^\circ/\text{nm}^{1/2}$$

Uspešnost "fita"lahko vidimo na sliki 2. Čeprav krivulja ne gre čez vse točke oziroma njihove napake, smo lahko prepričani, da če krivuljo podamo z ustreznimi napakami parametrov, da to ni problem.



Slika 2: Umeritvena Krivulja

Pri nadaljnjih meritvah smo merili kote in z umeritveno krivuljo določali valovne dolžine. Pri tem nismo upoštevali napake parametrov umeritvene krivulje, saj bi bile napake prevelike, da bi sploh razločevali med meritvami (okoli 5%). Tako smo najprej izmerili spekter varčne žarnice in ga primerjali s spektrom živega srebra, ki sta na prvi pogled zelo podobna, ujemata se v nekaj valovnih dolžinah, a vidimo, da se vseeno razlikujeta. Meritve so prikazane v tabelah 1, 2

kot [stopinje]	valovna dolžina [nm]
69.90+/-0.10	581+/-13
70.00+/-0.10	569+/-12
70.30+/-0.10	537+/-10
71.00+/-0.10	478+/-7
71.90+/-0.10	421+/-6
72.50+/-0.10	390+/-5

Tabela 1: varčna svetilka

kot [stopinje]	valovna dolžina [nm]
69.60+/-0.10	626+/-18
69.90+/-0.10	581+/-13
70.30+/-0.10	537+/-10
71.10+/-0.10	471+/-7
71.70+/-0.10	433+/-6

Tabela 2: živo srebro

Za tem smo merili spektre različnih svetlečih diod. Te spektri so bili zvezni a omejeni, izmerili smo maksimalno in minimalno valovno dolžino in nato izračunali povprečje in razpon. Vsi te podatki so prikazani v tabeli 3:

barva	min kot	max kot	val max	val min	val mean	val width
modra	69.80+/-0.10	71.90+/-0.10	421+/-6	595+/-14	508+/-8	174+/-15
rumena	69.80+/-0.10	70.20+/-0.10	547+/-10	595+/-14	571+/-9	48+/-18
rdeča	69.40+/-0.10	70.00+/-0.10	569+/-12	669+/-26	619+/-14	100+/-29
zelena	69.60+/-0.10	70.60+/-0.10	509+/-8	626+/-18	568+/-10	117+/-20

Tabela 3: Meritev svetlečih diod, enote kota so stopinje, enote valovnih dolžin pa nanometri

Pri wolframovi žarnici smo opazovali zvezen spekter bele svetlobe. Na oko smo določili meje med različnimi barvami. Ker je to zgolj ocena in ker sem rahlo barvno slep so rezultati podani brez napake v tabeli 4

kot	valovna dolžina	barva
69.4	669	rdeča
69.8	595	
70.0	569	rumena
70.8	493	zelena
71.9	421	modra
72.7	381	vijolična

Tabela 4: Meje med barvami v zveznem spektru (subjektivno)

Preostane nam zgolj še izmeriti emisijski spekter He in Ne ter absorpcijski spekter NO₂. Izmerjeni spektri so prikazani v tabelah 5, 6 in 7:

kot	valovna dolžina
69.50+/-0.10	645+/-21
69.80+/-0.10	595+/-14
70.10+/-0.10	557+/-11
71.30+/-0.10	457+/-7
71.40+/-0.10	451+/-6
71.60+/-0.10	439+/-6
71.90+/-0.10	421+/-6

Tabela 5: He spekter

kot	valovna dolžina
69.70+/-0.10	610+/-16
70.20+/-0.10	547+/-10
70.40+/-0.10	527+/-9
70.80+/-0.10	493+/-8
71.60+/-0.10	439+/-6

Tabela 6: Ne spekter

kot	valovna dolžina
69.70+/-0.10	610+/-16
70.00+/-0.10	569+/-12
70.40+/-0.10	527+/-9
70.60+/-0.10	509+/-8
70.70+/-0.10	501+/-8
71.10+/-0.10	471+/-7
71.20+/-0.10	464+/-7

Tabela 7: NO₂ spekter