

Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet

Akadska godina 2021./2022.

PRIMJENA PRIZME I PLANPARALELNE PLOČE U NEKOM UREĐAJU
KOJI SE KORISTI U GRAFIČKOJ TEHNOLOGIJI

Student: Marija Kraljević

Kolegij: Fizika 2

Zagreb, svibanj 2022.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. SVJETLOST.....	2
2.1. Disperzija svjetlosti	3
3. OPTIČKA PRIZMA I PLANPARALELNA PLOČA.....	4
3.1. Optička prizma.....	4
3.2. Planparalelna ploča	5
4. SPEKTROMETRIJA I SPEKTROSKOPIJA	6
4.1. Spektroskop sa prizmom	6
4.2. Spektrograf.....	7
5. SPEKTROMETAR	8
5.1. Vrste optičkih spektrometara.....	10
5.2. Spektrofotometar.....	10
6. ZAKLJUČAK	12
LITERATURA	13

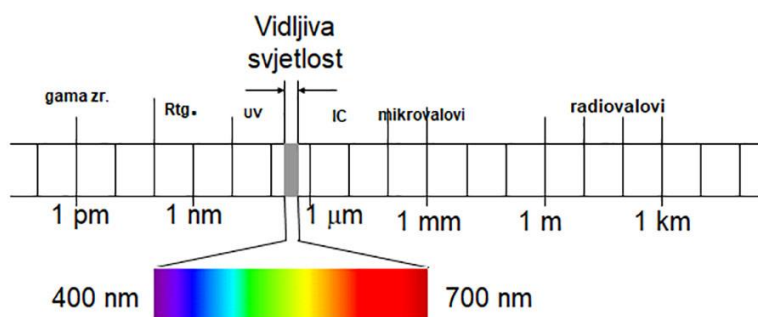
1. UVOD

Tema ovoga seminara je primjena prizme i planparalelne ploče u uređaju za grafičku tehnologiju. Engleski znanstvenik Isaac Newton propuštanjem bijele svjetlosti kroz staklenu prizmu dokazao je da se bijela svjetlost sastoji od boja. Tako da se samo proučavanje spektra razvilo u zasebnu znanstvenu disciplinu za čija su istraživanja korišteni spektrometri. Sastavni dio svakog spektrometra je optička prizma koja ima svojstvo disperzije svjetlosti koje se koristi za dobivanje spektra. Zbog samog razumijevanja rada spektrometra treba biti upoznat sa pojmom svjetlosti, disperzijom svjetlosti te lomom svjetlosti kroz prizmu i planparalelnu ploču.

2. SVJETLOST

Svjetlost je elektromagnetsko zračenje koje možemo osjetiti samo očima. Svjetlost se kreće kao val u kojem amplituda daje svjetlinu, a različite valne duljine daju različite boje. U prosjeku ljudsko oko vidi svjetlost s valnom duljinom u rasponu od 400 do 750 nm. Ljubičasta ima najmanju valnu duljinu, a crvena najveću valnu duljinu (Slika 1.). Vidljiva svjetlost se često naziva bijela svjetlost. Svjetlost također uključuje infracrvene zrake, ultraljubičaste zrake, rendgenske te gama zrake. Svjetlo nastaje podražajem očnog živca u oku. Taj podražaj dolazi sa predmeta koji emitiraju svjetlost (npr. Sunce, žarulja), to su primarni izvori ili sa predmeta koji reflektiraju svjetlost, tj. sekundarni svjetlosni izvori. Refleksija (odbijanje) svjetlosti definira pojavu kada svjetlost padne na plohu te promijeni pravac rasprostiranja, tj. zrake svjetlosti se odbiju od tu plohu. Zakon refleksije označava da je kut upada jednak kutu refleksije. Kut upada i kut refleksije definiraju se kao kutovi između okomice na granicu sredstva i odgovarajuće zrake ($S_u = S_r$). Refrakcija (lom) svjetlosti je pojava koja nastaje kada svjetlost pri prijelazi iz jednog u drugo optičko sredstvo mijenja pravac širenja. Indeks loma u nekom sredstvu omjer je brzine svjetlosti u vakuumu (najveća moguća brzina) i brzine svjetlosti u tom sredstvu. Sredstvo koje ima veći apsolutni indeks loma je optičko gušće sredstvo, a ono čiji je indeks loma manji je optički rjeđe sredstvo. Prema Snellovom zakonu indeks loma je stalan za određeno optičko sredstvo.

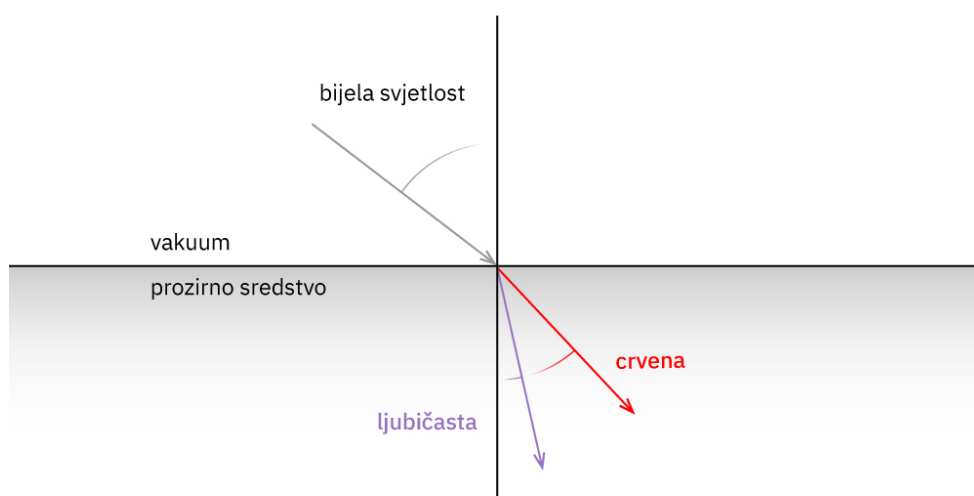
Znanost o zračenju se naziva optika. Klasično područje optike sadržava širenje svjetlosti i procese koji se zapažaju prilikom interakcije svjetlosti s okolinom.



Slika 1. *Spektar elektromagnetskog zračenja*

2.1. Disperzija svjetlosti

Engleski znanstvenik Isaac Newton propuštanjem bijele svjetlosti kroz staklenu prizmu dokazao je da se bijela svjetlost sastoji od boja. To jest proučavajući lom svjetlosti kroz prizmu zaključio je da se bijela svjetlost sastoji od zraka različitog indeksa loma i da boja prolazne svjetlosti dolazi od loma svjetlosti kroz tvar. Disperzija nastaje kada bijela svjetlost nailazi na granicu dva optički prozirn sredstva tada se različite valne duljine različito lome (pod različitim kutovima) te dobivamo spektar boja. Kut skretanja u odnosu na upadni kut je veći što je valna duljina svjetlosti manja. Crvena boja ima najveću valnu duljinu te se najmanje lomi, a ljubičasta ima najmanju valnu duljinu i najviše se lomi (Slika 2.). Disperzija se očituje kao mjera koliko se indeks loma sredstva razlikuje za različite valne duljine, zato je $n_{cr} < n_{lj}$. Svjetlost se opisuje brzinom širenja v , valnom duljinom λ i frekvencijom ν . Svjetlost kada prolazi kroz različita optička sredstva ima stalnu frekvenciju dok se brzina širenja i valna duljina mijenjaju. Zbog ovisnosti indeksa loma o brzini te ovisnost te brzine o valnoj duljini, svaka valna duljina ima svoj indeks loma.



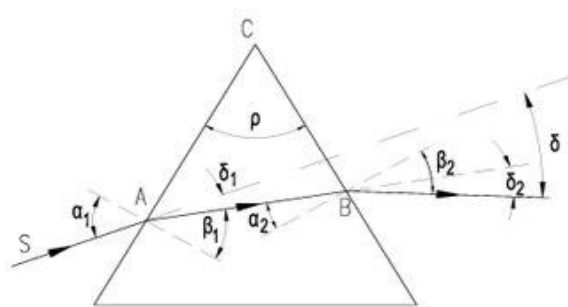
Slika 2. Disperzija svjetlosti

Sve vrste stakla pokazuju u većoj ili manjoj mjeri disperziju. Ona se koristi kod spektrometra s prizmom gdje se svjetlost nekog izvora razlaže na valne duljine te se time dobiva informacija o karakteristikama atoma ili molekula koji se je emitirali.

3. OPTIČKA PRIZMA I PLANPARALELNA PLOČA

3.1. Optička prizma

Prizma u optici je obična trostrana prizma od stakla ili nekog drugog prozirnog materijala. To je optički sustav sastavljen od dva ravna dioptra koji zatvaraju neki kut φ . Kada zraka svjetlosti padne na jednu plohu prizme, ona se lomi pri ulazu i pri izlazu iz prizme, po Snellovom zakonu loma. Kut za koji zraka skrene iz svog početnog smjera, prošavši kroz prizmu, jest kut devijacije δ . Kut devijacije ovisi o kutu prizme φ i o indeksu loma n materijala od kojeg je prizma napravljena pomoću kutova: $\delta = \alpha_1 + \beta_2 - \varphi$ (Slika 3.). Skretanje zrake svjetlosti prolaskom kroz prizmu bit će minimalno kada zraka prolazi kroz prizmu simetrično tj. kad je kut ulaza jednak kutu izlaza: $\delta_{min} = 2\alpha - \varphi$.



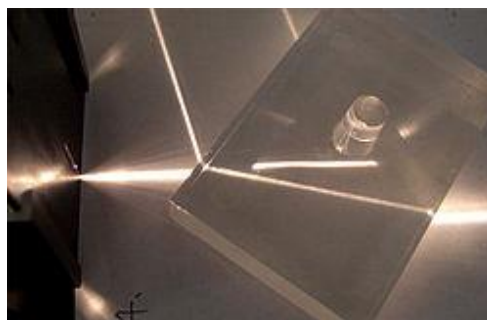
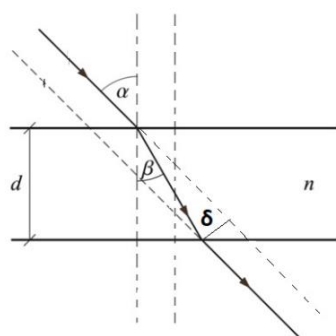
Slika 3. Lom svjetlosti u prizmi

Kut devijacije ovisi o indeksu loma, a indeks loma ovisi o valnoj duljini svjetlosti što znači da se prizmom svjetlost može rastaviti na komponente i tako dobiti disperziju svjetlosti. To je svojstvo prizme koje se koristi za dobivanje spektra kod spektroskopskih instrumenata. Prizma za totalnu refleksiju je trostrana pravokutna prizma kojom se može zraka svjetlosti zaokrenuti za 90° ili se vratiti natrag i preokrenuti. Takve prizme se koriste za mnoge optičke instrumente. Jedan od primjera takve prizme je Nicolova prizma. Ona je jedna od najpoznatijih naprava za stvaranje linearno polarizirane svjetlosti. Ima oblik romboeadrne prizme, a sastoji se od dvaju komada kristala islandskog dvolomca zalijepljenih kanadskim balzomom. Ordinarna zraka koja dolazi pod kutom većim od kritičnog na spojnici od kanadskoga balzama totalno se

reflektira, a ekstraordinarna zraka prolazi nesmetano kroz prizmu. Rezultat je taj da je izlazna zraka potpuno polarizirana.

3.2. Planparalelna ploča

Planparalelna ploča je optički sustav sastavljeno od dva ravna dioptra s međusobno paralelnim dioptrijskim plohama. To je optički prozirno sredstvo, najčešće od stakla, debljine d i indeksa loma n . Zraka svjetlosti koja pada na planparalelnu ploču lomi se na ulazu na prvoj dioptrijskoj plohi i na izlazu na drugoj dioptrijskoj plohi, uz pomak koji zovemo devijacija δ (Slika 4.). Indeks loma može se izračunati iz kutova upada α i loma β po Snellovom zakonu: $\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{n_2}{n_1} = n_r = konst.$



Slika 4. Lom svjetlosti na planparalelnoj ploči

Razlog zašto kod planparalelne ploče nema razlaganja svjetlosti na boje, a kod prizme ima je taj što planparalelna ploča ima dvije plohe na kojima dolazi do loma, pri čemu su ulazne i izlazne zrake međusobno paralelne. Zbog loma nastaje razlaganje svjetlosti na boje, ali izlazne zrake različitih valnih duljina čine paralelan snop. Kada taj paralelan snop zraka dođe u ljudsko oko, leća oka će sve zrake fokusirati u jednoj točki te će za ljudski osjet vida to opet biti bijela svjetlost. Kod prizme izlazne zrake nisu paralelne, nego se izlazni snop širi (divergira). Kada divergentan snop dođe do ljudskog oka, leća oka svaku valnu duljinu lomi i fokusira drugačije tako da vidimo boje.

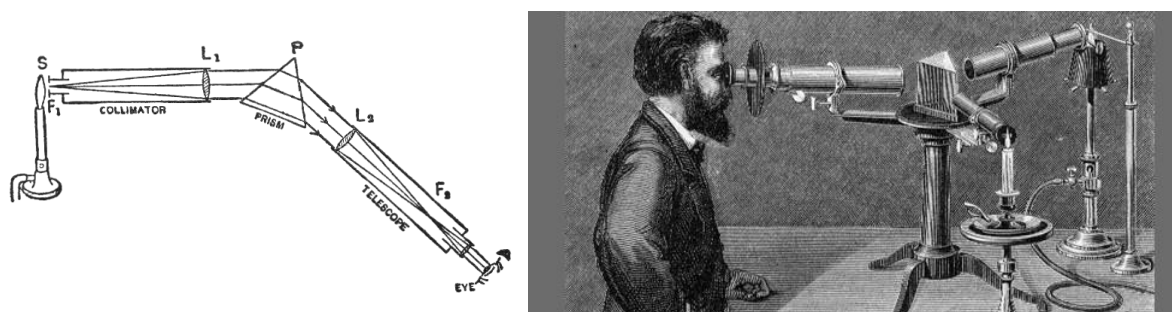
4. SPEKTROMETRIJA I SPEKTROSKOPIJA

Spektrometrija je dio analitičke kemije koja je na početku mjerila samo interakcije elektromagnetskog zračenja s česticama, a kasnije je proširena i na izbijanje manjih čestica iz početnih. Spektrometrijom se precizno mjeri valna duljina elektromagnetskog zračenja ili valni broj, to jest frekvencija te kinetička energija izbačenih ili preostalih nabijenih čestica. Spektrometrijska analiza je primjena spektroskopskih tehnika radi identifikacije, kvalitativne i kvantitativne analize i strukture tvari. Provodi se pomoću spektrometrijskih instrumenata, npr. spektrometar. Spektroskopija je znanstvena djelatnost koja se bavi spektrima kao odrazom promjena u energiji ili strukturi u atomima i molekulama kemijskih tvari nakon njihova međudjelovanja s elektromagnetskim zračenjem. Uglavnom se radi o detekciji, interpretaciji i primjeni spektra vezanog uz elektromagnetsko zračenje. Pritom se obično mjeri jakost emitiranog, apsorbiranog ili raspršenoga zračenja ovisno o njegovoj valnoj duljini, to jest frekvenciji. Za svako snimanje spektra treba imati izvor zračenja, uzorak, monokromator i detektor. Elektromagnetsko zračenje se iz izvora usmjeri na uzorak, koji svjetlo može apsorbirati, raspršiti ili reflektirati. Ukoliko uzorak emitira zračenje, izvor zračenja je sam uzorak. Zračenje uzorka se vodi prema monokromatoru, koji prema detektoru propušta samo jednu valnu daljinu. Kao monokromator se prije koristila optička prizma. Dok se sad najčešće koristi optička rešetka. Detektor zračenje koje je primio zatim pretvara u signal koji se može zapisati kao spektar. Prvi uređaji za spektroskopiju bili su jednostavni monokromatori ispred kojih se stavljao osvijetljeni uzorak. Takvi uređaji se nazivaju spektroskopi. Spektroskopski uređaji koji koriste fotografski film i fotografske ploče nazivaju se spektrografi. U današnjim spektroskopskim uređajima, spektrometrima i spektrofotometrima se često koriste fotomultiplikatori, a rjeđe fotoosjetljive diode i CCD detektori.

4.1. Spektroskop sa prizmom

Spektroskop je jednostavni instrument za promatranje spektra vidljive svjetlosti što su izumili Robert Wilhelm Bunsen i Gustav Robert Georg Kirchhoff. Sastoji se od kolimatora, prizme i dalekozora. Ima oblik cijevi čiji se jedan kraj usmjeri na izvor svjetla ili osvijetljeni objekt, a na drugom kraju se promatra spektar. Kolimator ima funkciju dobivanja paralelnog snopa svjetlosti, sastoji se od pukotine kroz koju ulazi svjetlost iz izvora te konvergentne leće koja je za svoju žarišnu daljinu udaljena od pukotine. Pukotina se nalazi u žarištu leće, pa se zrake, koje iz pukotine padaju na leću, lome

paralelno s optičkom osi leće. Taj dobiveni paralelni snop pada na prizmu. Iz prizme izlaze snopovi zraka svjetlosti različitih valnih duljina koje čine spektar svjetlosti. Tu svjetlost na izlazu iz prizme promatramo dalekozorom. Dalekozor od paralelnog snopa daje realnu sliku pukotine u žarištu objektivu koju uvećanu gledamo kroz okular. To što vidimo u spektroskopu je slika ulazne pukotine kolimatora. Ukoliko je kroz pukotinu ušlo svjetlo određene valne duljine, vidjet će se slika pukotine dotične boje na određenom mjestu. U slučaju da su kroz ulaznu pukotinu ušle dvije različite valne duljine svjetlosti, onda će se slika pukotine u okularu vidjeti u tim dvjema bojama na dva različita mjesta, to jest vidjet će se dvije slike pukotine. Koliko valnih duljina ima ulazno svjetlo, toliko će slika pukotine nastati te će one biti međusobno manje ili više razmaknute. Ako ima mogućnost da se izmjeri položaje pojedine slike pukotine te ako znamo kojoj valnoj duljini taj položaj odgovara, moći će se odrediti valna duljina svjetlosti koja je obasjala pukotinu. Na takav način mjerenjem položaja linija spektra moći će se odrediti valne duljine izvora svjetlosti. Spektroskop s takvim mogućnostima naziva se spektrometar.

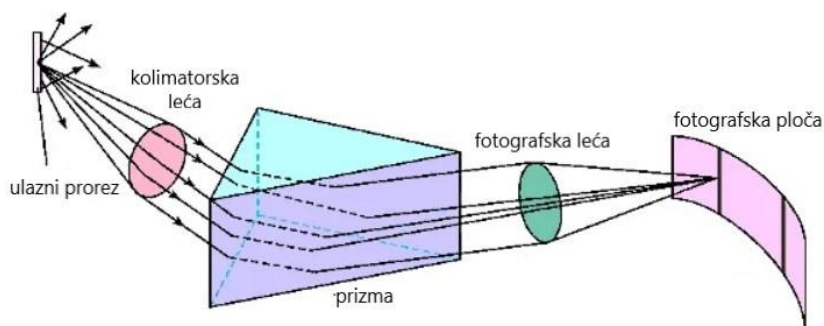


Slika 5. Spektroskop s prizmom

4.2. Spektrograf

Spektrograf je instrument za analizu spektra elektromagnetskog zračenja koji zapisuje spektar na fotografsku ploču ili film. Sastoji se od optičke prizme ili optičke rešetke koji rastavljaju elektromagnetsko zračenje na spektar. Mogu se koristiti za analizu vidljivog zračenja, infracrvenog zračenja i ultraljubičastog zračenja. Za određeno spektralno područje mora se upotrijebiti određeni fotografski film ili ploča koja je osjetljiva u tom spektralnom području. Kod spektrografa s prizmom svjetlost uđe kroz mali otvor do kolimatorske leće koja omogućuje da smjerovi gibanja postanu usklađeni u određenom smjeru, to jest omogućuje da su sve ulazne zrake svjetlosti paralelne jedna s drugom.

Kada zrake dođu do prizme one se lome te mijenjaju brzinu i smjer u skladu sa svojom spektralnom bojom. Rotiranjem prizme može se kontrolirati koje valne duljine svjetlosti dosežu fotografsku leću. Fotografska leća fokusira zrake te tako fokusirana zraka se prikaže kao linija na fotografskoj ploči.



Slika 6. Spektrograf s prizmom

5. SPEKTROMETAR

Spektrometar je uređaj koji izravno snima spektar elektronskim detektorom i mjeri njegovu jakost. Taj spektar može biti spektar omjera mase i naboja u slučaju masenog spektrometra, varijacija nuklearnih rezonantnih frekvencija u NMR spektrometru ili promjena u apsorpciji i emisiji svjetlosti s valnom duljinom u optičkom spektrometru. Odnosno različiti tipovi spektrometra mjere različite karakteristike. Maseni spektrometar mjeri omjer mase i naboja iona i prepoznaje sastav elemenata prisutnih u uzorku. To radio ioniziranjem uzorka, što uzrokuje da se neke od molekula nabiju i odvoje u skladu s njihovim omjerom mase i naboja. Te ione detektira uređaj koji može detektirati nabijene čestice. NMR spektrometar mjeri interakciju okretanja jezgri kada se uzorak stavi u jako magnetsko polje. NMR signal nastaje kada jezgre stupe u interakciju s magnetskim poljem na frekvenciji koja rezonira s frekvencijom jezgri. Intramolekularno magnetsko polje koje okružuje atome u molekuli mijenja se s frekvencijom rezonancije te tako otkriva molekularnu strukturu uzorka. No optički spektrometar je najprisutniji tip spektrometra koji se koristi za istraživanje. Cilj svakog optičkog spektrometra je mjerenje interakcije, odnosno apsorpcije, refleksije i raspršenja elektromagnetskog zračenja s uzorkom te mjerenje emisije, odnosno fluorescencije, fosforescencije i elektroluminiscencije elektromagnetskog zračenja iz uzorka. Promjena u apsorpciji i emisiji intenziteta svjetlosti s valnom duljinom

omogućuje identifikaciju materijala. Spektrometar se sastoji od prizme, kolimatora, dalekozora i cijevi sa skalom za mjerenje položaja određenih dijelova. Kod suvremenih spektrometara dijelovi su izvor svjetlosti, kolimator, prizma, leća kamere i detektor. Kolimator je cijev koja ima usku pukotinu na prednjoj strani na koju padaju zrake svjetlosti. Izvori svjetlosti mogu biti građeni od volframovog halogena, deuterija, LED-a, živinog argona, cinka ili lasera. Izvor svjetlosti prvo ulazi u pukotinu, a veličina te pukotine određuje količinu svjetlosti koju instrument može izmjeriti. Također utječe na optičku razlučivost spektrometra, što je manja veličina proreza, to je razlučivost bolja. Na drugoj strani cijevi nalazi se optička leća. Zraka postaje divergentna nakon prolaska kroz pukotinu i odbijanjem divergentne zrake od kolimatora, zraka postaje kolimirana. Da bi zrake svjetlosti poslije izlaza iz kolimatora bile paralelne duljina kolimatora mora biti jednaka žarišnoj daljini leće. Kolimirane zrake se zatim usmjeravaju prema prizmi koja dijeli svjetlost na njene sastavne valne duljine. Moderni spektrometri s prizmom koriste prizmu konstantne devijacije (Pellin-Broca prizmu). Nakon loma tih zraka kroz prizmu stvara se spektar u žarišnoj daljini dalekozora, pa taj spektar promatramo kroz okular. Cijev sa skalom je postavljena u žarišnoj daljini leće koja se nalazi na drugom kraju cijevi te ima na vanjskom kraju staklenu pločicu na kojoj je fotografirana skala. Zrake svjetlosti od osvijetljene skale padaju na prizmu i nakon refleksije ulaze u dalekozor. Tako se pomoću reflektirane zrake mjeri položaj pojedinih spektralnih boja. Kod suvremenih spektrometara zraka odbijanjem od prizme udara o fotografsku leću koja fokusira i preusmjerava zraku prema detektoru. Detektor bilježi svjetlosne spektre i mjeri intenzitet svjetlosti kao funkciju valne duljine. Ti podaci se digitaliziraju i učitavaju u softver kao graf. Većina spektrometarskih sustava sučelje s računalom putem USB-a ili Ethernet-a, dok noviji sustavi mogu i bežično prenositi podatke koristeći Wi-Fi i Bluetooth. Slika 7. prikazuje spektrometar u kojem su kolimator i teleskop fiksni i okomiti jedan na drugi. Prizma je učvršćena na stolić koji se okreće oko svoje osi. A bubanj je kalibriran pomoću poznate valne duljine neke tvari, to jest izvora, koju koristimo za kalibraciju.



Slika 7. Spektrometar s Pellin-Broca prizmom

5.1. Vrste optičkih spektrometara

Tri najčešća optička spektrometra su spektrofotometri, spektrofluorometri i Raman spektrometri. Spektrofotometar je poznat i kao UV-VIS spektrometar. Koristi svjetlost u UV (ultraljubičasto) rasponu valne duljine između 200 i 400 nm za mjerenje količine svjetlosti koju uzorak apsorbira ili reflektira i za određivanje koncentracije elemenata u uzorku. Elektroni u uzorku pobuđuju se iz osnovnog stanja u stanje više energije jer molekule apsorbiraju energiju koju daje UV svjetlo. Količina energije koju imaju elektroni proporcionalna je duljini valne duljine koju mogu apsorbirati. Na isti način funkcionira i sa svjetlosti u VIS (vidljivom) području elektromagnetskog spektra. Spektrofluorometar se koristi za mjerenje emisije fluorescencije iz uzorka. Uzorak mora biti osvijetljen odabranom valnom duljinom pobuđivanja koja uzrokuje njegovu fluorescenciju. Ramanov spektrometar temelji se na interakciji svjetlosti, obično lasera, s kemijskim vezama materijala. Svjetlost se rarspršuje s uzorka i prolazi kroz filter kako bi uklonio čestice Rayleighovog raspršenja. Preostalo svjetlo se usmjerava na prizmu ili difrakcijsku rešetku prije nego što krene prema detektoru. Na kraju se proizvede Ramanov spektar gdje svaki vrh i jakost mogu dati nekakve informacije o uzorku.

5.2. Spektrofotometar

Spektrofotometar je uređaj za analizu spektra elektromagnetskog zračenja. Sastoji se od izvora zračenja, monokromatora i detektora. Monokromator ima mogućnost mijenjanja valne duljine zračenja koje propušta. Bilježenjem intenziteta zračenja koje je uzorak apsorbirao, propustio ili reflektirao ovisno o valnoj duljini nastaje spektar. Dijeleva se na jednozračne i dvozračne. Jednozračni spektrofotometar je epredviđen za samo jedan put svjetlosti i može primiti samo jedan uzorak. Dvozračni spektrofotometri

imaju dva puta svjetlosti i mogu primiti dva uzorka, mjereni i referentni. Često se miješa spektrometar sa spektrofotometrom. Spektrofotometar dakle mjeri svojstva prijenosa i apsorpcije svjetlosti kao funkciju valne duljine materijala. Bavi se svjetlom u rasponu od skoro ultraljubičastog do vidljivog do blizu infracrvenog. Sam spektrofotometar sadrži spektrometar kao i izvor svjetlosti za bolje osvjetljivanje uzorka. Ima princip rada sličan spektrometru. Monokromator se koristi za odabir valne duljine svjetlosti koja će doći do uzorka i ovisno o neprozirnosti uzorka svjetlost se reflektira ili prenosi. Detektor zatim zabilježi intenzitet (jakost) reflektirane ili propuštene svjetlosti. To se ponavlja na različitim valnim duljinama kako bi detektor izmjerio promjenu intenziteta svjetlosti. Krajnji izlaz bio bi apsorpcijski spektar kao funkcija valne duljine.

6. ZAKLJUČAK

Spektrometar kao uređaj koji izravno snima spektar i mjeri njegovu jakost se razvojem tehnologije mijenjao. Spektrometri koji koriste prizmu su danas zamijenjeni modernim spektrometrima koji koriste optičku rešetku koja ima više prednosti u odnosu na prizmu. Optička rešetka se može napraviti kako bi se boje širile pod većim kutom od prizme te imaju visoku i konstantnu disperziju u UV, VIS, i IR spektru dok prizma ima veću disperziju samo u UV području. Također dok se u starijim vrstama spektrometra koristila cijev sa skalom, sada se koriste detektori koji digitaliziraju sve podatke.

LITERATURA

1. V. Mikac Dadić, V. Džimbeg-Malčić, D. Modrić, K. Petric Maretić, K. Itrić; *Vježbe iz fizike 2; optika i fotometrija*

Internet izvori

<https://hr.wikipedia.org/wiki/Svjetlost>

<https://hr.wikipedia.org/wiki/Spektrometrija>

<https://hr.wikipedia.org/wiki/Spektroskopija>

<https://hr.wikipedia.org/wiki/Spektroskop>

<https://hr.wikipedia.org/wiki/Spektrograf>

<https://wavelength-oe.com/blog/what-is-a-spectrometer/>

<https://www.edinst.com/blog/what-is-a-spectrometer/>