

Molekularni snopovi

Molekularni snopovi

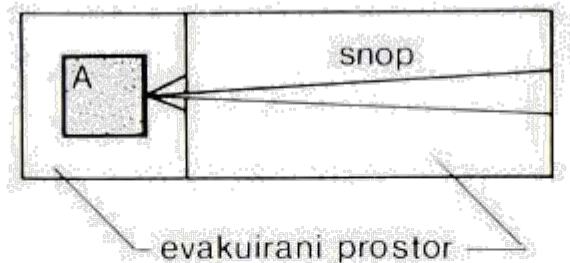
- Tehnika rada s neutralni snopovima koji nisu radioaktivni
- Kinetika plina:
 - Distribucija brzine neutralnih objrkata
 - Ogibanje neutralnih objekata na posebnim površinama
 - Sudari snopova i njihove kemijske reakcije
 - Interakcije ovjekata sa specijalnim površinama

Specifičnost

- Prijelati na visokim frekvencijama 10^{11} Hz
- Fina i hiperfina struktura atoma ; rotacijski spektri (prijelazi) u molekulama ; Zeemanov i Starkov efekt

Formiranje neutralnog snopa

- Idealan snop molekula putuje evakuiranim prostorom ne sudarajući se!



Slika 13.1. Izvor molekularnog snopa. Posuda A sadrži zagrijani plin ili pare. Sistem otvora – kolimatora formira snop. Prostor izvan posude A obično se pregrađuje u više dijelova koji se nezavisno ispumpavaju da bi vakuum na kraju bio što bolji.

Karakteristike molekularnih snopova

- Brzina kojom nestaje materijal izvora
- Kutna raspodjela emisije snopa iz otvora
- Intenzitet snopa na određenoj udaljenosti od izvora
- Raspodjela brzina neutralnih čestica u snopu

$$I(v) = konst \cdot v^3 e^{-\frac{mv^2}{2kt}}$$

$$I(v) = \textit{konst.} \cdot v^3 e^{-\frac{mv^2}{2kt}}$$

Detekcija neutralnog snopa

- Posredna detekcija tlakom; naknadna ionizacija i standardne tehnike mjerenja nabijenih čestica

Piranijev detektor

- Pojednostavljeno možemo uzeti da su to dva vakuummetra čiji su strujni izlazi spojeni u konfiguraciji Wheatstonova mosta. Jedan je vakuum-metar referentni, a drugi mjeri tlak nastao od molekula u snopu. Posebna, visoka osjetljivost mjernog uređaja na tlak postiže se promjenom električnog otpora trake, kojoj molekule snopa mijenjaju temperaturu svojom prisutnošću. Naime, više molekula snopa ima za posljedicu hlađenje trake, a to pak ima za posljedicu smanjivanje električnog otpora.

Detektori s površinskom ionizacijom

Ponekad je moguće padom neutralnih atoma na užarene površine ionizirati te atome. Kada neutralni atom s ionizacijskim potencijalom β udara u metal, čiji je izlazni rad ϕ , omjer pozitivno ioniziranih atoma n_+ , prema onima koji su pali na površinu n_0 je:

gdje je T temperatura površine. Atomi alkalijskih elemenata ($\beta < 6$ eV) mogu se ionizirati sudarima s površinom metala čija je izlazna radna funkcija velika. Takvi su materijali, na primjer, volfram i platina. Za atome visokog elektronskog afiniteta (na primjer halogeni elementi) postoji mogućnost da u sudaru s površinom metala, čija je izlazna radna funkcija mala, proizvode istovrsni negativno nabijeni ion. Struja inducirane takvim sudarima neutralnih čestica s površinama metala koriste se za detekciju nekih vrsta molekularnih snopova.

Prednost detektora s površinskom ionizacijom su njihova visoka detekcijska efikasnost za molekule koje sadrže alkalijske elemente. No takvi su detektori potpuno neosjetljivi na ostale molekule za koje nisu specifično pripremljeni. Prednost takvih uređaja je njihova relativna jednostavnost. Nedostatak metode je da se ne može primijeniti na sve vrste neutralnih snopova.

Univerzalni detektor

- Ovaj detektor funkcionira na vrlo složen način, a nije ni osobito efikasan. Najprije se elektronima bombardira područje u kojem ima neutralnih čestica. Time ih se ionizira. U drugom koraku ti se ioni prikupljaju. Zatim se ioniziraju u masenom spektrometru i na posljetku se njihov broj za zadanu vrstu detektira.
- Unatoč složenosti postupka, međutim, velika je prednost univerzalnog detektora pred ostalima ta što je primjenljiv za sve molekule. Osim toga tim se postupkom dobije spektar svih molekula u ispitivanome prostoru.

Određivanje brzine molekula

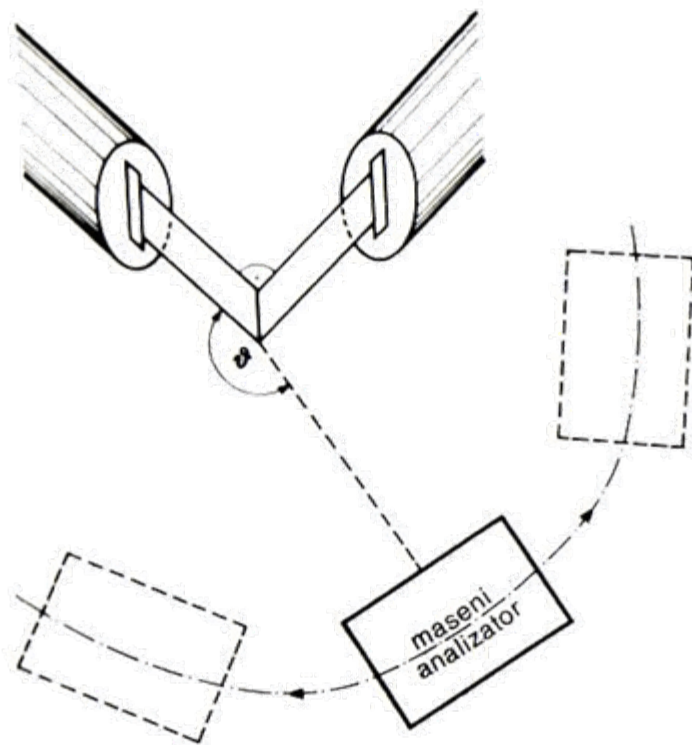
Mjerenje udarnih presjeka za kemijske reakcije

.Uzmimo za primjer kemijske reakcije:



Želimo odrediti kutnu distribuciju udarnog presjeka za tu reakciju. Atomi kalija (K) izlijeću iz jedne cijevi a molekule bromovodika (HBr) iz druge. Te se čestice sudaraju. Produkti reakcije identificiraju se univerzalnim detektorom koji pod određenim kutom θ u odnosu na jedan od smjerova, prihvaća te produkte i zatim ih kvantitativno analizira. Takvo eksperimentalno praćenje intenziteta ulaznih snopova i brzine proizvodnje produkata reakcije u određenom smjeru omogućava jednostavan proračun diferencijalnoga udarnog presjeka za reakciju u određenom smjeru.

Mjerenje udarnih presjeka za kemijske reakcije

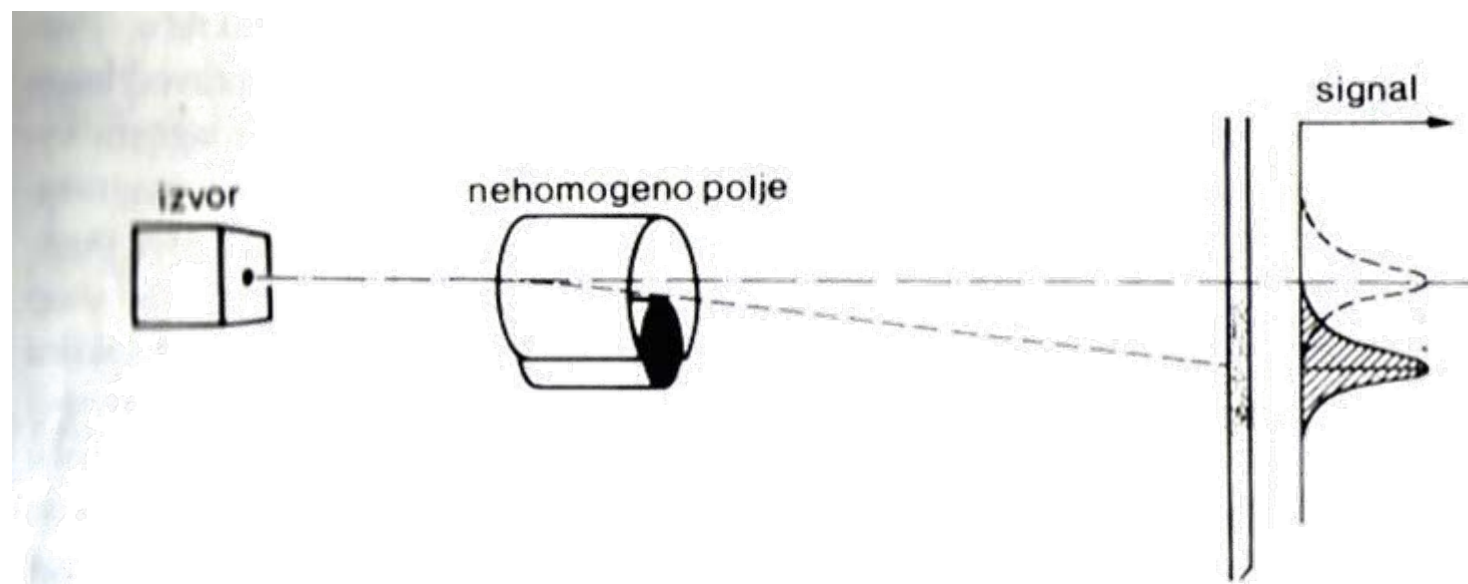


Slika 13.3. Metoda sudarenih snopova. Različite molekule se sudaraju. Produkte reakcij identifikiramo u detektoru. Iz položaja detektora i broja stvorenih molekula možemo odrediti udarne presjoke za reakciju u određenom smjeru.

Eksperimenti s otklonom snopa

- Poznalo je da se na neutralne čestice koje su mali električni dipoli, može djelovati nehomogenim električnim poljem. Nehomogeno polje će na neutralnu česticu djelovati silom proporcionalnom dipolnom momentu. Isto vrijedi za objekte, male magnetske dipole. U nehomogenom magnetskom polju na magnetski moment djeluje sila. Prolazak takvih neutrala kroz nehomogena električna i magnetska polja uzrokuje uslijed dipolnih momenata otklon od putanje kojom se bi inače gibal da polje nije aktivirano. Mjerenjem tog otklona, uz poznatu jakost nehomogenog polja, dobivaju se podaci o jakosti dipola tih čestica
- Povijesno možemo podsjetiti kako je i Stern-Gerlachov pokus iz ove klase. Cijepanje snopa srebra u dvije linije nakon prolaska kroz vrlo nehomogeno magnetsko polje bilo je prva indikacija za postojanje spina.

Ekperimenti s odklonom snopa

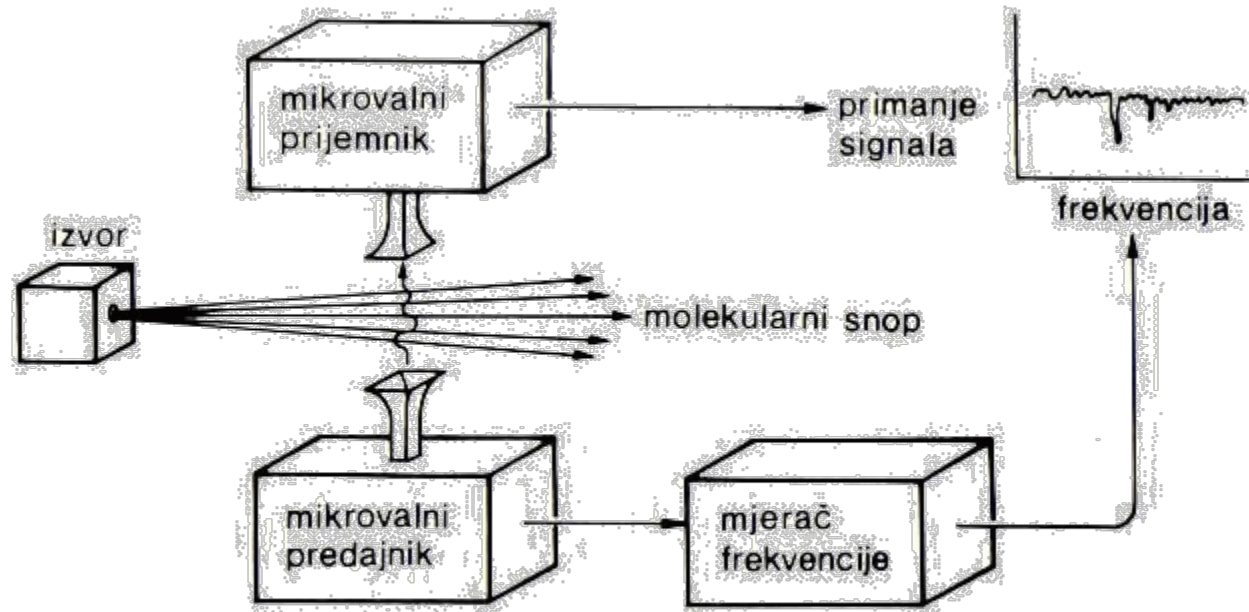


Slika 13.4. Snop neutralnih čestica dipolnog karaktera odklanja se u nehomogenim električnim i magnetskim poljima.

Eksperimenti s apsorpcijom zračenja u molekularnom snopu

U ovom postupku određuju se frekvencije elektromagnetskog zračenja koje slobodne molekule u neutralnom snopu apsorbiraju. Snop neutralnih čestica izlazi iz izvora. Poprijeko na snop uspostavlja se tok elektromagnetskog zračenja čiji izvor može biti mikrovalni oscilator ali to može biti neki optički izvor. Mijenja se frekvencija izvora elektromagnetskog zračenja i prati za koje se frekvencije povećava apsorpcija na molekulama u odnosu prema ulaznom zračenju. Molekule upijaju ona zračenja određenih frekvencija koja ih pobuđuju u dozvoljena stanja viših energijskih nivoa. Tako se dobiva informacija o mogućim energijskim nivoima molekule.

Apsorpcija zračenja u molekularnom snopu

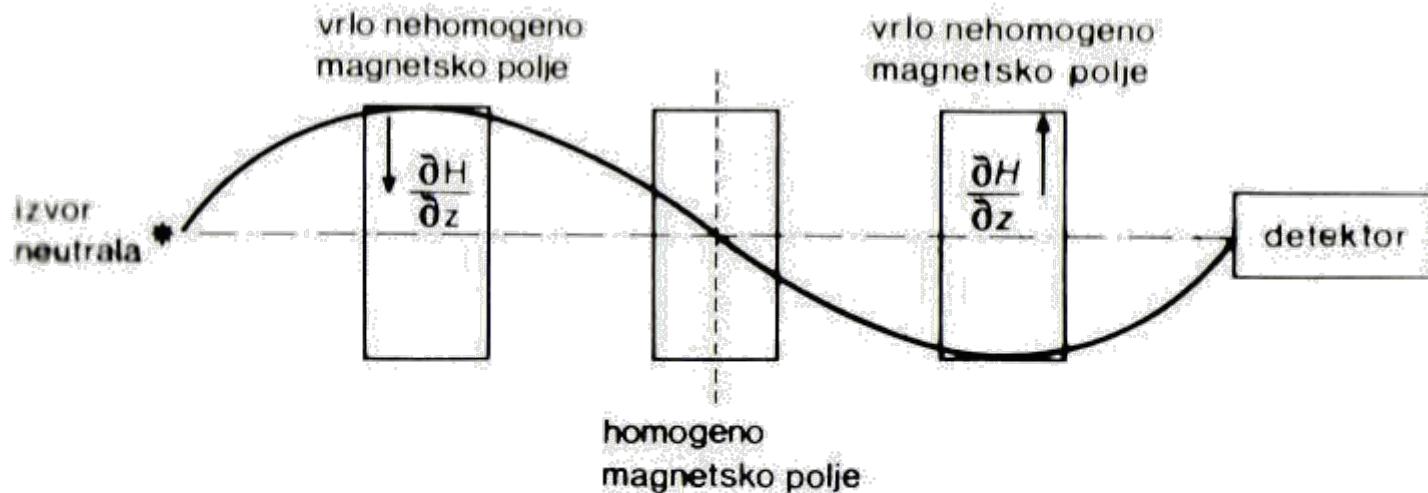


Slika 13.5. Skica za eksperiment s apsorpcijom zračenja u molekularnom snopu.

Magnetska rezonantna metoda

Iz izvora kreće snop prema jakom nehomogenom magnetskom polju prvog magneta. Neutralne čestice se zbog magnetskog dipolnog momenta u polju zakreću. Prolaze zatim i kroz homogeno polje drugog magneta, koje ih ne ometa u pravocrtnom gibanju. Po izlasku iz homogenog magnetskog polja, ulazi se u polje magneta visoke nehomogenosti prilagođeno tako da potpuno kompenzira efekte prvog magneta. Naime, gradijent tog polja iste je snage ali suprotnog smjera u odnosu na prvi magnet. Djelujući na magnetski dipolni moment snopa, suprotni gradijent vraća taj snop u položaj simetričan originalnom izvoru u vertikalnoj koordinati. Tamo se detektira intenzitet molekularnog snopa. Sada se u magnetu s homogenim poljem uspostavi elektromagnetsko zračenje s frekvencijom pogodnom za induciranje prijelaza među zeemanski rascijepljenim nivoima. Za sve atomske magnetiće koji su ovim titranjem promijenili orijentaciju desni nehomogeni magnet neće kompenzirati efekte lijevoga nehomogenog magneta, i oni neće pasti na detektor. Frekvencija elektromagnetskog zračenja na kojoj se gubi doprinos snopa neutrala na detektoru povezana je jakošću magnetskog polja i svojstvima neutrala kao i u **NMR-metodi**.

Magnetska rezonantna metoda



Slika 13.6. Magnetska rezonantna metoda. Snop neutrala izlijeće iz izvora. Nehomogena magnetska polja zakreću snop dva puta, da bi ga vratila na centralnu zraku u detektor. Ako se homogenim poljem s visokofrekventnim elektromagnetskim zračenjem preorijentiraju magnetski dipoli, oni se raspršuju s putanje prema detektoru.

Zaključak

- Očito ova metoda kombinira i aspekte otklanjanja na račun magnetskog dipola i metodu apsorpcije elektromagnetskog zračenja u snop. Služila je, a i danas služi za kvalitetno mjerenje magnetskog momenta. Bila je također preteča metodi nuklearne magnetske rezonancije.