

2.5 Difrakcija elektrona

Uvod

1924. godine Luj de Brojli⁴³ je postavio hipotezu da se svakoj čestici čiji je impuls $\vec{p}$, ($p \equiv |\vec{p}|$) može pridružiti talas čija je talasna dužina:

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad (1)$$

gde je h - Plankova konstanta. Ako se elektroni ubrzavaju razlikom potencijala od nekoliko (npr. α) kV, njima pridružena talasna dužina će biti (u zadatku 1.3.4 smo videli da, za ove vrednosti napona, možemo koristiti klasične izraze):

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2meU}} = \frac{0,3878 \text{ Å}}{\sqrt{\alpha}}, \quad (2)$$

tj. reda veličine angstrema. Tada je talasna dužina ovih elektrona uporediva sa dimenzijama kristalne rešetke, pa zaključujemo da može doći do njihove difrakcije.

De Brojlijeva hipoteza je potvrđena 1927. godine Dejvison-Džermerovim (ogled sa monokristalom nikla) i Tomsonovim eksperimentima (difrakcija brzih elektrona na kristalnom prahu različitih metala; danas standardna metoda sa primenama u fizici, medicini . . .)⁴⁴. Iz oba eksperimenta se, na osnovu dobijenih slika, mogla izračunati talasna dužina elektrona i, upoređenjem sa vrednošću koju predviđa jednačina (1), ustanovljeno je odlično slaganje.

U kasnijim eksperimentima zapažena je difrakcija atoma, a u novije vreme i difrakcija molekula.

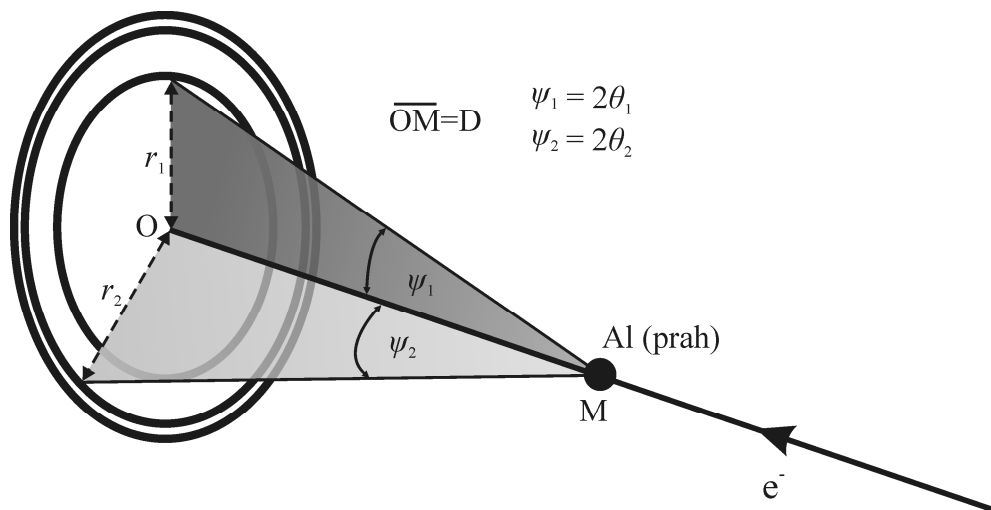
⁴³ Prince Louis-Victor Pierre Raymond de Broglie (1892-1987) - dobio Nobelovu nagradu za fiziku 1929. godine za otkriće talasne prirode elektrona.

⁴⁴ Clinton Joseph Davisson (1881-1958), Sir George Paget Thomson (1892-1975) - dobili Nobelovu nagradu za fiziku 1937. godine za eksperimentalno otkriće difrakcije elektrona na kristalima.

2.5.1 Tomsonova metoda

Aparatura

Na slici 1 vidimo šematski prikaz korišćene aparature. Snop elektrona određene talasne dužine pada na metu (kristalni prah aluminijuma), jedan deo elektrona difrakuje, a na ekranu dobijamo trag u vidu koncentričnih kružnica oko traga nedifraktovanog zraka (tačka O).



Slika 1

Objasnilo sada poreklo koncentričnih kružnica. Prah aluminijuma se sastoji od mnoštva haotično orijentisanih kristalića aluminijuma, a na svaki pojedinačni kristalić možemo primeniti Bragovu metodu (zadatak 1.3.23). Lako zaključujemo da će neki kristalić ispuniti uslov za konstruktivnu interferenciju ako je orijentisan tako da postoji ravan (preciznije - sistem paralelnih ravni) takva da ugao reflektovanog zraka u odnosu na nju bude

$$\theta = \arcsin \frac{\lambda \sqrt{H^2 + K^2 + L^2}}{2a}, \quad (\text{zadatak } 1.3.25, \text{ jednačina } (1)). \quad \text{Sa}$$

$H = nh$, $K = nk$ i $L = nl$, smo označili celobrojne umnoške Milerovih indeksa reflektujuće ravni (refleksiju reda n od ravni (hkl) možemo shvatiti kao refleksiju prvog reda od ravni (HKL)). Dakle, tom kristaliću će odgovarati jedna tačka na ekranu (presek difraktovanog zraka i ravni ekrana). Naglasimo još jednom, ugao između difraktovanog i nedifraktovanog zraka (npr. ψ_2 na slici 1) jednak je dvostrukoj vrednosti ugla između reflektovanog zraka i pljosni kristala (zadatak 1.3.23, slika 2, ugao θ između zraka f i ravni 1). Drugim rečima, $\psi_2 = 2\theta_2$.

Kako su kristalići haotično orijentisani, u prahu sigurno ima i onih koji su u odnosu na dati kristalić samo zarotirani oko uzdužne ose (nedifraktovanog zraka) - zaključujemo da difraktovani zraci formiraju konus otvora $2\psi_2$ odakle sledi da razmatranom sistemu ravni odgovara kružnica određenog poluprečnika (preseka konusa i ravni ekrana).

Konačno, nekom drugom sistemu ravni odgovaraće kružnica nekog drugog poluprečnika pa otuda na ekranu možemo videti skup koncentričnih kružnica.

Napominjemo da je za primenu ove metode neophodno poznavanje vrednosti konstante rešetke aluminijuma, a .

Korišćenjem činjenice da su poluprečnici kružnica obično mali u odnosu na rastojanje D (pa važi aproksimacija: $r/D = \tan 2\theta = \sin 2\theta / \cos 2\theta \approx \sin 2\theta = 2 \sin \theta \cos \theta \approx 2 \sin \theta$) sledi da je talasna dužina upotrebljenih elektrona:

$$\lambda = \frac{ar}{D\sqrt{H^2 + K^2 + L^2}}. \quad (3)$$

Na kraju, napomenimo da je ovaj metod isti kao i Debaj-Šererov, samo se umesto x zračenja koriste elektroni.

Uputstvo za rad

1. Izračunati konstantu rešetke Al (PCK) na osnovu njegove poznate relativne atomske mase i gustine. Očitati rastojanje od mete do ekrana:

$$a = \underline{\hspace{2cm}} \quad D = \underline{17,7905 \text{ cm}}$$

2. Za nekoliko (4-7) različitih ubrzavajućih napona iz određenog opsega (npr. 6–8 kV) izmeriti poluprečnike vidljivih kružnica na ekranu. Primenom jednačina (2) i (3) izračunati odgovarajuće talasne dužine elektrona.

3. Za svaki odabrani napon popuniti tabelu:

U / kV				
N	(hkl)	r / cm	$\lambda^{(2)} / \text{nm}$	$\lambda^{(3)} / \text{nm}$
1)				

4. Uporediti dobijene talasne dužine i prokomentarisati slaganje.



Slika 2. Apartura za vežbu Difrakcija elektrona

 $U=7.2 \text{ V}$  $U=7.4 \text{ V}$  $U=7.6 \text{ V}$  $U=8.0 \text{ V}$

Slika 3. Difrakcione slike za različite ubrzavajuće napone