

Röntgensäteily

- Kiihtyvässä (tai hidastuvassa liikkeessä) oleva varauksellinen hiukkanen lähettää sähkömagneettista säteilyä.
- Röntgensäteily syntyy röntgenputkessa *jarrutussäteilynä*.
 - Katodilta irronneet elektronit saavuttavat suuren nopeuden tasajännitteen kiihdyttämänä ja hidastuvat sitten hyvin nopeasti törmätessään anodiin.
- Törmäyksessä elektronien liike-energia voi muuttua kokonaan tai osittain säteilyksi.
- Tämän vuoksi säteilyssä voi esiintyä kaikkia aallonpituuksia tietystä minimiaallonpituudesta λ_{min} lähtien.

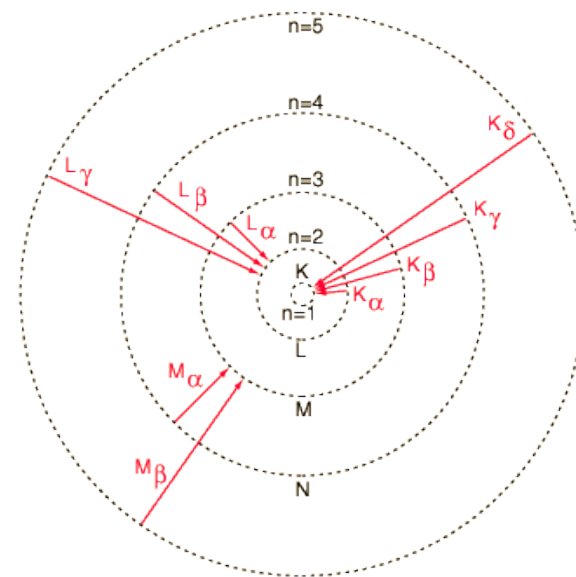
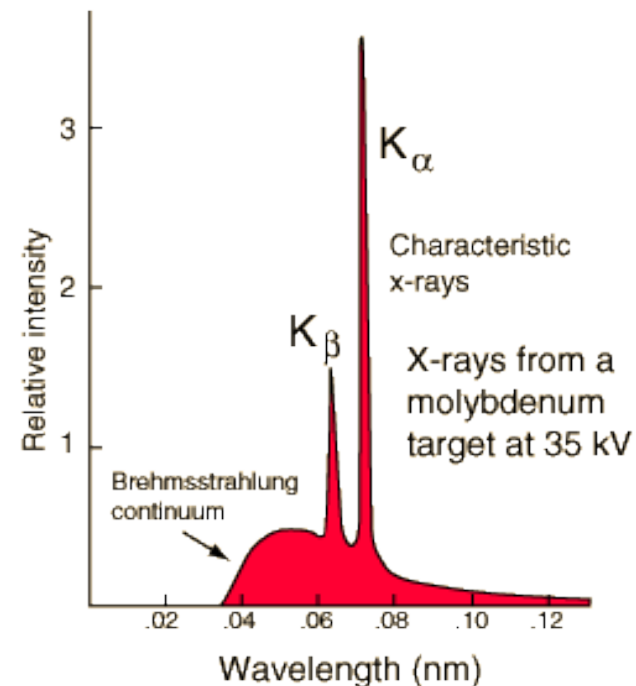
- Pienintä aallonpituutta vastaa kvantin suurin energia, jolloin koko sähkökentän elektronille tekemä työ $W = eU$ muuttuu kvantin energiaksi.

$$E = hf_{\max} = \frac{hc}{\lambda_{\min}} = eU$$

$$\lambda_{\min} = \frac{hc}{eU}$$

- Jarrutussäteily muodostaa jatkuvan *aallonpituusjakauman* eli *spektrin*, jonka minimiaallonpituus riippuu vain kiihdytysjännitteestä (käänteisesti).
- Röntgensäteilyn spektrissä esiintyy usein myös intensiteettiipikkejä.
- Tätä säteilyä kutsutaan röntgenputken *ominaissäteilyksi* eli *karakteristiseksi* säteilyksi.

- Intensiteettiipiikkien aallonpituudet riippuvat vain anodiaineesta.
- Piikit syntyvät, kun riittävän suurella jännitteellä kiihdytetyt elektronit *virittävät* törmäyksessä anodin atomeja.
 - Elektroni voi siirtyä esimerkiksi ydintä lähinnä olevalta K-kuorelta ylemmälle kuorelle (L, M, N)
- Viritystila ei ole pysyvä, vaan se purkautuu välittömästi ylemmän kuoren jonkin elektronin täyttäessä aukon.
 - Röntgensäteilyn aallonpituusalueella esiintyvät piikit syntyvät viritystilan purkautuessa takaisin K-kuorelle
- Siirtymä L–K on selvästi todennäköisin, joten sen intensiteettiipikki K_{α} on aina korkeampi ja suuremmalla aallonpituudella kuin muiden siirtymien.
 - M–K: K_{β}
 - N–K: K_{γ}



t. 7-7, s. 68

- a) Röntgensäteilyn spektrin jatkuva osa johtuu jarrutussäteilystä. Anodille törmäävän elektronin liike-energiasta E_k mikä tahansa osuus voi muuttua säteilykvantin energiaksi.

Elektroni saa liike-energiansa sähkökentän tekemästä työstä, joten $E_k = eU$.

Spektrin pienintä aallonpituutta λ_{min} vastaa tilanne, jossa törmäävän elektronin koko liike-energia on muuttunut säteilykvantin energiaksi $E_{max} = hf_{max} = \frac{hc}{\lambda_{min}}$.

$$\text{Siis } eU = \frac{hc}{\lambda_{min}} \Leftrightarrow U = \frac{hc}{e\lambda_{min}}$$

Kuvion perusteella $\lambda_{min} \approx 0,112 \text{ nm}$, joten

$$U = \frac{4,13567 \cdot 10^{-15} \text{ eVs} \cdot 2,99792 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{e \cdot 0,112 \cdot 10^{-9} \text{ m}} \approx 11\,070 \text{ V} \approx 11,1 \text{ kV}$$

b) Röntgensäteilyn spektrin intensiteettiipiikit johtuvat ominaissäteilystä. Sen avulla voidaan tunnistaa anodiaine.

Spektristä havaitaan, että K_α –viivan aallonpituus on $\lambda_{K_\alpha} \approx 0,154 \text{ nm}$.

Tämä vastaa energiaa

$$E_{K_\alpha} = hf = \frac{hc}{\lambda_{K_\alpha}} \approx \frac{4,13567 \cdot 10^{-15} \text{ eVs} \cdot 2,99792 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{0,153 \cdot 10^{-9} \text{ m}} \\ \approx 8\,104 \text{ eV} \approx 8,10 \text{ keV}$$

Taulukkoarvoista tämä vastaa parhaiten kuparin K_α –viivan energiaa 8,04 keV, joten anodiaine on todennäköisimmin kuparia.

Aineen rakenteen tutkiminen

- Teollisuudessa käytetään röntgensäteilyä laadun tarkkailussa esimerkiksi hitsausseamoja tutkittaessa
 - Viallisten kohtien läpi pääsee enemmän röntgensäteilyä
- PIXE-menetelmä (Particle Induced X-ray Emission)
 - Tutkittavaa ainetta säteilytetään suurienergisillä hiukkasilla
 - Kohdeaineen atomit virittyvät ja purkautuvat aineelle ominaisella röntgenspektrillä
 - Käytetään esim. väärennettyjen taulujen tunnistuksessa
- Röntgenfluoresenssi (ks. s. 66 esimerkki)
 - Kohdeainetta säteilytetään riittävän suurienergisellä röntgensäteilyllä ja tutkitaan aineen ominaissäteilyä

- Röntgendiffraktio

- Kiderakenteen tutkiminen (röntgensäteiden aallonpituus kidetasojen välimatkan suuruusluokkaa)
- Riippuen heijastuskulmasta säteet joko vahvistavat tai heikentävät toisiaan (interferenssi)
- Vahvistussuunnista saadaan tietoa kiteen muodosta

- Braggin laki: interferenssi on vahvistava kun $2d \sin \theta = n\lambda$
(n = heijastuksen kertaluku)

