

Röntgenstrålning

19 okt. 2026, 4 min läsning

UTKAST

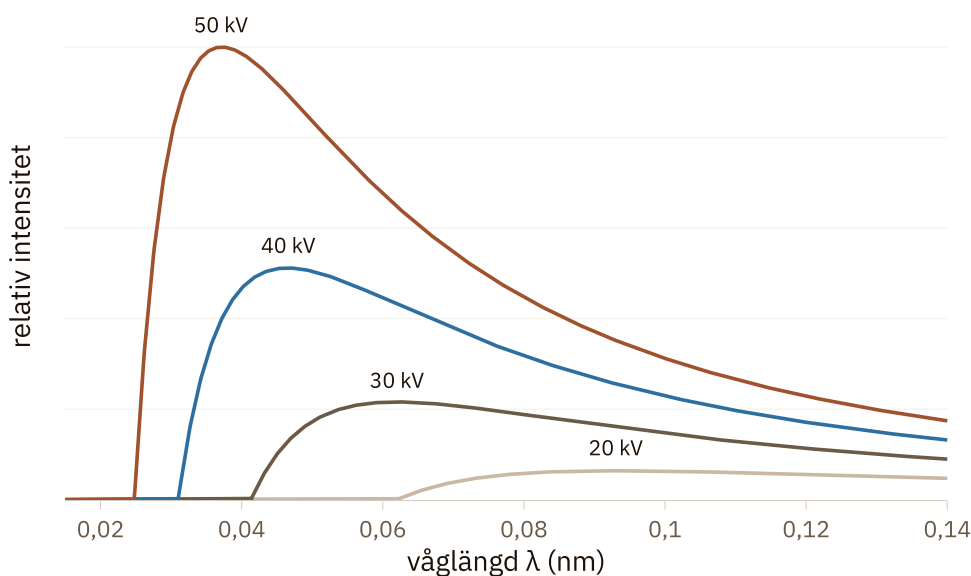
#fysik #kvantfysik #fenomen

Kurs: F0005T Förkunskaper: Fotonen

Röntgenstrålning med typisk våglängd 0,001–1 nm produceras när elektroner accelererade genom spänningen V bromsas in i ett mål – den omvända processen mot **fotoelektriska effekten**, elektron till foton i stället för foton till elektron. Vågmodellen förutsäger alla frekvenser, men experimentet visar en skarp undre gräns för våglängden som bara beror på accelerationsspänningen: den kortaste våglängden fås när hela elektronens kinetiska energi blir en enda foton.

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

Fysika: Fd3 (gränsvåglängd för kontinuerlig röntgenstrålning, med U för spänningen)



Formeln, symbol för symbol

$$\underbrace{\lambda_{\min}}_{\text{kortaste våglängden}} = \frac{\overbrace{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}^{hc}}{\underbrace{eV}_{\text{en elektrons energi vid anoden}}}$$

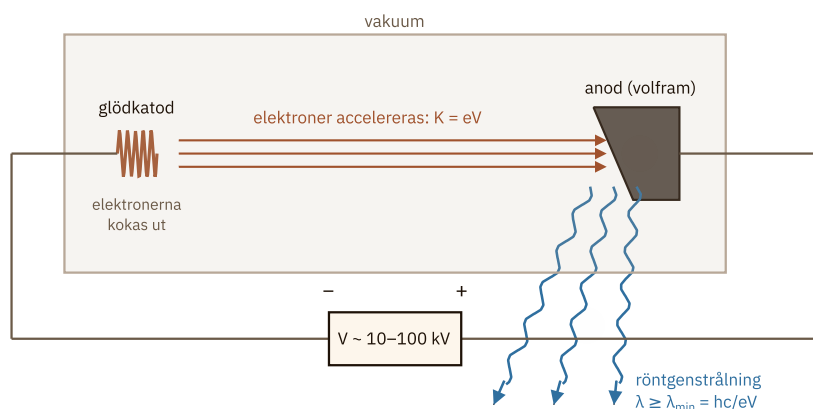
Den kortaste våglängden får man när **hela** elektronens energi eV blir en enda foton. Dubblar man spänningen halveras $\lambda_{\min}$.

1. Röntgenröret

En glödande katod släpper ut elektroner (termisk emission), och spänningen V mellan katod och anod accelererar dem. Varje elektron har laddningen $-e$ och får den kinetiska energin

$$K = eV$$

när den når anoden. Där bromsas den in och en del av energin blir röntgenfotoner. Katodens utträdesarbete och elektronernas starthastighet är försumbara jämfört med eV , som är flera tusen elektronvolt.



Röntgenröret. Glödkatoden kokar ut elektroner, spänningen V accelererar dem mot anoden, och där bromsas de in och sänder ut röntgen. Ingen foton kan få mer energi än eV , därav $\lambda_{\min}$.

2. Den kortaste våglängden

Den mest energirika fotonen uppstår när elektronen stoppas i en enda smäll och **hela** K blir en enda foton:

$$hf_{\max} = eV$$

Med $f = c/\lambda$ svarar störst frekvens mot minst våglängd:

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

vilket ger formeln i rutan. Två saker följer direkt:

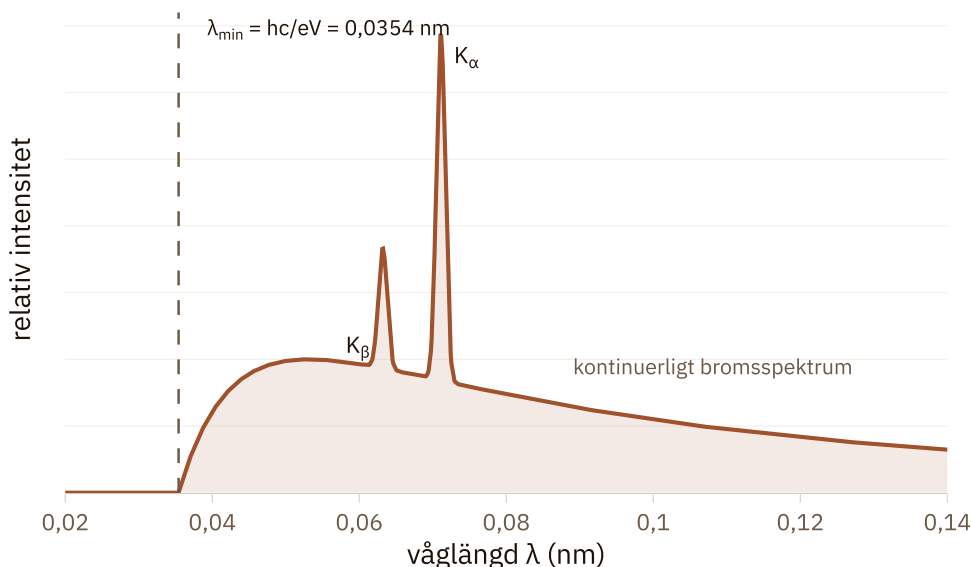
- $\lambda_{\min}$ beror **bara på spänningen** — inte på anodmaterialet och inte på strömmen genom röret.
- Med $hc \approx 1240 \text{ eV}\cdot\text{nm}$ blir $\lambda_{\min}$ i nm lika med 1,24 delat med spänningen i kV.

Vågmodellen kan inte förklara gränsen: en inbromsad laddning borde stråla på alla frekvenser, ungefär som cymbaler som slås ihop ger ljud i alla frekvenser.

3. Spektrumets två delar

Ett uppmätt röntgenspektrum består av två bidrag:

1. **Ett kontinuerligt spektrum** från elektroner som bromsas in i många steg, se [Bromsstrålning](#). Det börjar vid $\lambda_{\min}$ och sträcker sig mot längre våglängder.
2. **Skarpa toppar** med våglängder som är typiska för anodens grundämne. De uppstår när en inkommande elektron slår ut en elektron ur ett inre skal och en elektron längre ut faller ned i hålet, se [Moseleys lag](#). K_{α} är övergången från $n = 2$ till $n = 1$, K_{β} från $n = 3$ till $n = 1$.



Röntgenspektrum från en molybdenanod vid 35 kV. Kontinuumet börjar vid $\lambda_{\min} = hc/eV$ och topparna K_{α} (0,071 nm) och K_{β} (0,063 nm) är molybdens egna. Kontinuets form är schematisk.

Höjer vi spänningen flyttas $\lambda_{\min}$ åt vänster medan topparna står kvar. Ökar vi strömmen blir allt starkare men ingenting flyttas.

⚠ Vanliga fel

- **Spänningen i kV sätts in som V.** 30 kV är $3,0 \cdot 10^4$ V; med fel faktor tusen blir $\lambda_{\min}$ helt fel.
- $\lambda_{\min}$ **beror på anodmaterialet.** Det gör den inte — bara topparna gör det.
- **Strömmen påverkar $\lambda_{\min}$.** Fler elektroner ger fler fotoner, inte mer energirika.
- $\lambda_{\min}$ och $\lambda_{\max}$ **förväxlas.** Spektrumet har en skarp *undre* gräns i våglängd, som svarar mot en *övre* gräns i frekvens och fotonenergi.

4. Lösta exempel

☰ Exempel — Tandröntgen vid 30 kV

Ett röntgenrör arbetar med 30,0 kV. Bestäm den kortaste våglängden och den högsta frekvensen i strålningen.

✎ Lösning

Kortaste våglängden. Elektronens energi är $eV = 30,0$ keV, så

$$\lambda_{\min} = \frac{hc}{eV} = \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{30,0 \cdot 10^3 \text{ eV}} = \boxed{0,0413 \text{ nm}}$$

Högsta frekvensen.

$$f_{\max} = \frac{eV}{h} = \frac{30,0 \cdot 10^3 \text{ eV}}{4,136 \cdot 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}} = \boxed{7,25 \cdot 10^{18} \text{ Hz}}$$

Kontroll: $c/\lambda_{\min} = 2,998 \cdot 10^8 / 4,13 \cdot 10^{-11} = 7,26 \cdot 10^{18} \text{ Hz}$.

Ej kontrollerat mot facit — två oberoende lösningar stämmer överens.

☰ Exempel — Spänningen ur spektrumet

Ett uppmätt röntgenspektrum har sin kortaste våglängd vid 0,0500 nm. Vilken spänning ligger över röret?

 Lösning

Lös ut spänningen ur $eV = hc/\lambda_{\min}$:

$$eV = \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{0,0500 \text{ nm}} = 24\,800 \text{ eV}$$

så $V = \boxed{24,8 \text{ kV}}$.

Ej kontrollerat mot facit – två oberoende lösningar stämmer överens.

Läsning

- 38.2 Light Emitted as Photons: X-Ray Production
-
-