

Bromsstrålning

19 okt. 2026, 3 min läsning

UTKAST

#fysik #kvantfysik #fenomen

Kurs: F0005T Förkunskaper: Röntgenstrålning

Bromsstrålning är det kontinuerliga underlaget i ett röntgenspektrum. Den uppstår när infallande elektroner bromsas upp i en serie kollisioner i målet: varje kollision avger en foton, och eftersom energin kan fördelas godtyckligt över kollisionerna blir spektrumet kontinuerligt ovanför $\lambda_{\min}$. Topparna som sticker upp ur kontinuumet kommer däremot från övergångar mellan atomorbitaler och är materialspecifika.

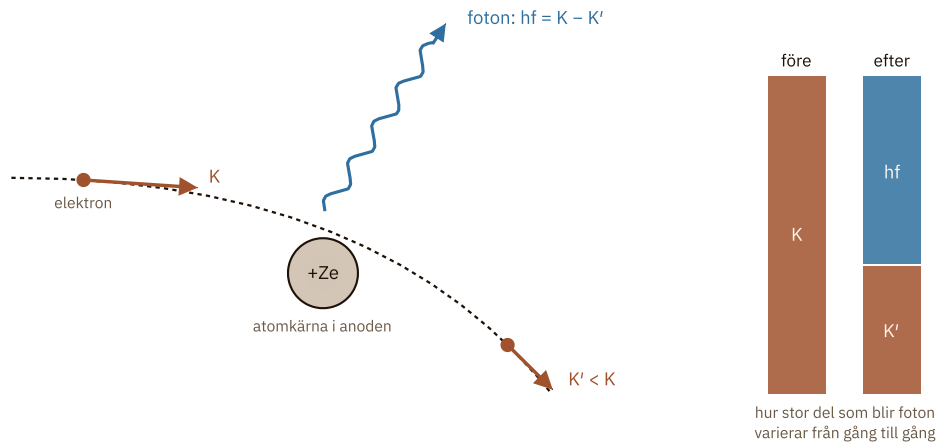
Formeln, symbol för symbol

$$\underbrace{hf}_{\text{fotonens energi}} = \underbrace{K}_{\text{energin före}} - \underbrace{K'}_{\text{energin efter}} \leq \underbrace{eV}_{\text{allt den har}}$$

K och K' är elektronens rörelseenergi före och efter inbromsningen, och fotonen tar skillnaden. Eftersom K' kan bli vad som helst mellan 0 och K blir spektrumet kontinuerligt, med en skarp gräns där $K' = 0$.

1. Varför en inbromsad elektron strålar

En laddning som accelereras sänder ut elektromagnetisk strålning (se [Elektromagnetiska vågor](#)). En elektron som träffar anoden i ett röntgenrör bromsas in så kraftigt av atomkärnornas fält att strålningen hamnar i röntgenområdet, med våglängder kring 10^{-12} – 10^{-9} m. Namnet är tyskt: *Bremsstrahlung*, bromsstrålning.



En elektron passerar nära en atomkärna i anoden, dras mot den och byter riktning. Accelerationen gör att den strålar: fotonen får energin $K - K'$. Hur stor del som blir foton varierar från gång till gång.

2. Varför spektrumet blir kontinuerligt

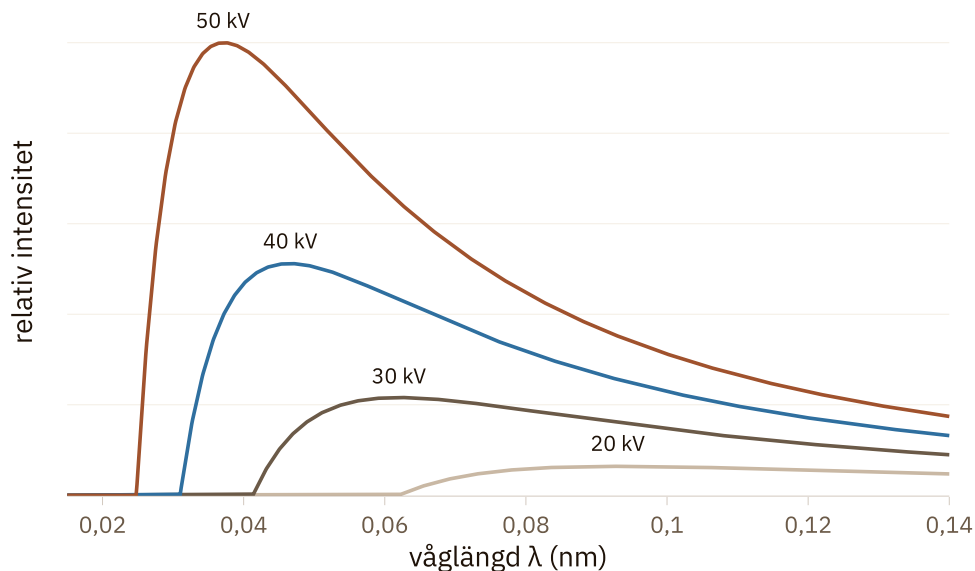
Elektronen har energin eV när den når anoden. De flesta elektroner stoppas inte i en enda kollision utan tappar energin bit för bit i en serie möten med anodens atomer. I varje möte kan en foton med energin lika med den förlorade kinetiska energin sändas ut:

$$hf = K_{\text{före}} - K_{\text{efter}}$$

Eftersom energiförlusten i ett enskilt möte kan vara vad som helst mellan noll och elektronens hela energi får vi alla fotonenergier upp till eV . Det ger ett kontinuerligt spektrum med en skarp gräns:

$$hf \leq eV \quad \Longleftrightarrow \quad \lambda \geq \lambda_{\text{min}} = \frac{hc}{eV}$$

Gränsen härleds i [Röntgenstrålning](#); den gäller bara bromsstrålningen, inte de karakteristiska topparna.



Bromsspektrum vid fyra spänningar (schematisk form). Högre spänning flyttar $\lambda_{\min}$ mot kortare våglängder och ger mer strålning totalt. Kurvorna börjar vid $\lambda_{\min} = hc/eV$, oberoende av anodmaterialet.

3. Bromsstrålning eller karakteristisk strålning?

	Bromsstrålning	Karakteristisk strålning
Orsak	Elektronen bromsas i kärnornas fält	Elektron i ett inre skal slås ut, hålet fylls
Spektrum	Kontinuerligt, från $\lambda_{\min}$ och uppåt	Skarpa toppar (K_{α} , K_{β} , ...)
Beror på spänningen	Ja, $\lambda_{\min} = hc/eV$	Nej, men spänningen måste räcka för att slå ut elektronen
Beror på anodmaterialet	Formen, inte gränsen	Ja, helt, se Moseleys lag

⚠ Vanliga fel

- **Topparna tas för bromsstrålning.** De sticker upp ur kontinuumet men har en helt annan orsak.

- **Varje elektron ger en foton.** En elektron kan ge många fotoner på vägen in i anoden; bara summan av deras energier är begränsad till eV .
- **Kortare våglängd tros ge mer strålning.** Intensiteten är noll vid $\lambda_{\min}$ och har sitt maximum en bit ovanför.

4. Lösta exempel

☰ Exempel – En elektron, två fotoner

En elektron accelereras genom 50,0 kV och bromsas in i två steg. I det första steget sänds en foton med energin 20,0 keV ut. Vilken våglängd har den fotonen, och vilken är den kortaste möjliga våglängden för fotonen från det andra steget?

Lösning

Första fotonen.

$$\lambda_1 = \frac{hc}{E_1} = \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{20,0 \cdot 10^3 \text{ eV}} = \boxed{0,0620 \text{ nm}}$$

Kvar efter första steget. Elektronen hade 50,0 keV och har nu

$$K = 50,0 - 20,0 = 30,0 \text{ keV}$$

Andra fotonen. Kortast våglängd fås om hela återstoden blir en foton:

$$\lambda_{2,\min} = \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{30,0 \cdot 10^3 \text{ eV}} = \boxed{0,0413 \text{ nm}}$$

Båda fotonerna är längre än rörets $\lambda_{\min} = 1240/50\,000 = 0,0248 \text{ nm}$, som bara nås om hela 50 keV blir en enda foton.

Ej kontrollerat mot facit – två oberoende lösningar stämmer överens.

Läsning

- 38.2 Light Emitted as Photons: X-Ray Production