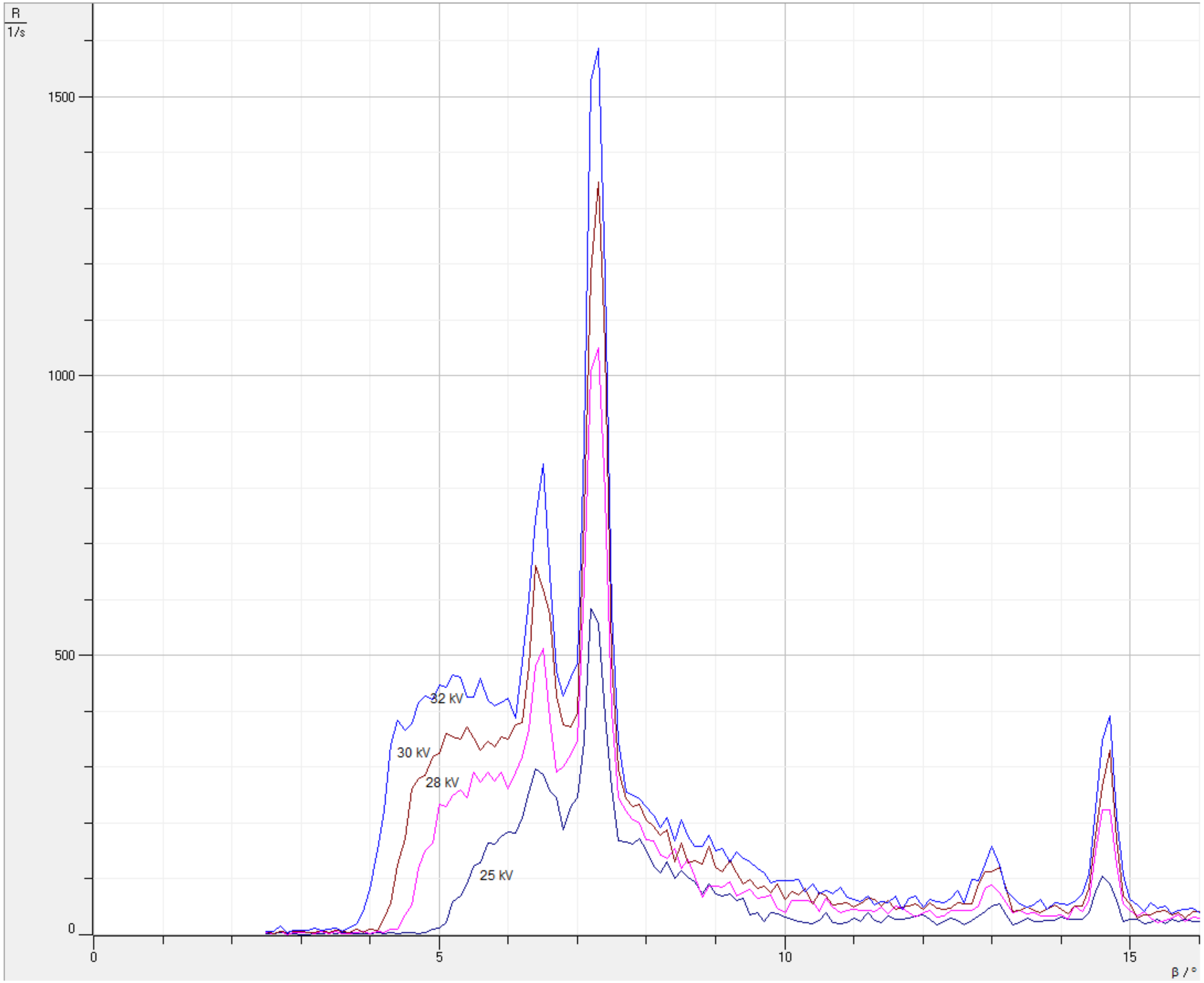
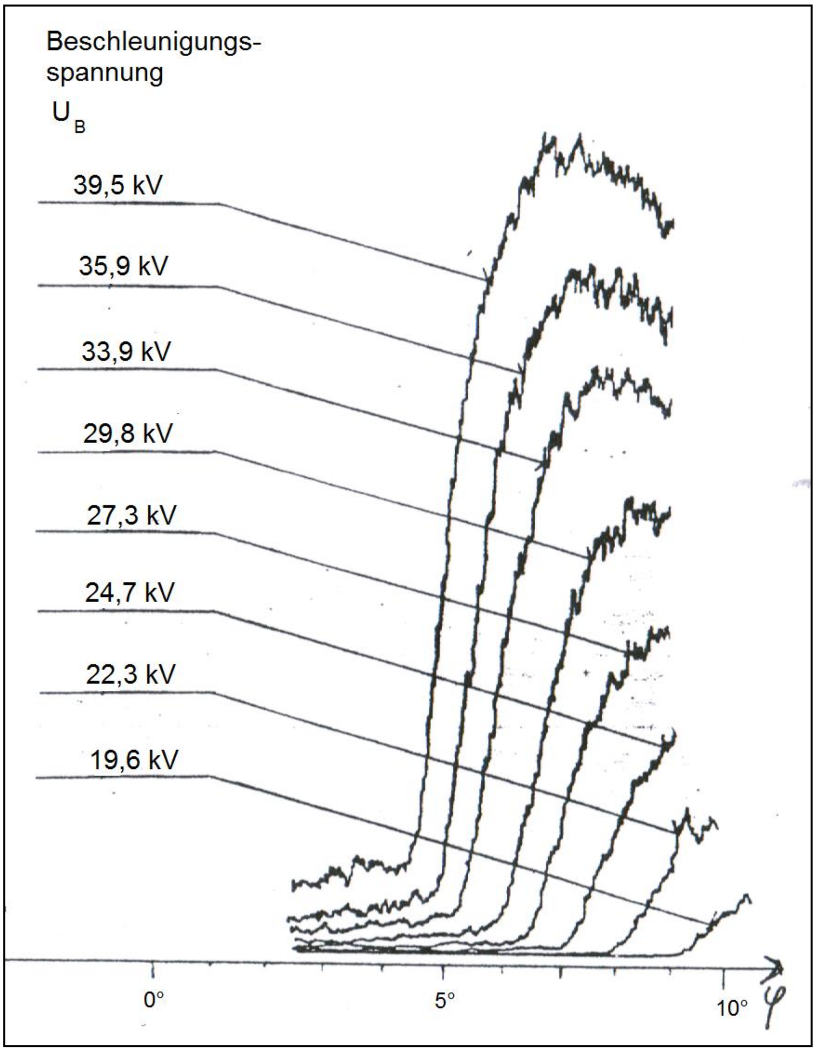
h-Bestimmung mit der kurzwelligen Grenze der Bremsstrahlung



Die kurzwellige Grenze des Röntgenspektrums

In einem Röntgengerät werden die Elektronen mit unterschiedlichen Beschleunigungsspannungen U_B zur Anode hin beschleunigt. Anschließend wurde an einem Lithium-Fluorid-Kristall eine Reflexion der Strahlung vorgenommen und die reflektierte Strahlung mit einem Detektor aufgenommen. Dabei wurden die Winkel φ aufgenommen, in dem die Strahlung vom LiF-Kristall (Netzebenen-abstand d=201 pm) reflektiert wurde. Im folgenden Diagramm wurden die Ergebnisse für die unterschiedlichen Beschleunigungsspannungen über dem Winkel φ aufgetragen.



Aufgabe:

1. Bestimme aus dem Diagramm die Grenzwinkel φ_{Grenz} für die unterschiedlichen Beschleunigungsspannungen.
2. Berechne für die jeweiligen Grenzwinkel φ_{Grenz} die Grenzwellenlänge λ_{Grenz}, und die Grenzfrequenz f_{Grenz}.
3. Erstelle das f- U_B -Diagramm und bestimme die Steigung m im Diagramm.
4. Die Einheit für die Steigung ist 1/Vs. Verwende den ermittelten Wert für die Steigung, um mithilfe der Ladung von Elektronen $e=1{,}6\cdot 10^{-19}C$ bzw. As ein Ergebnis mit der Einheit A·s·V·s bzw. J·s zu berechnen.
5. Vergleiche dein Ergebnis mit den dir bekannten Naturkonstanten.

25KV → $4{,}9°$

28KV → $4{,}4°$

30KV → $4{,}1°$

32KV → $3{,}8°$

⇒ Wellenlänge bestimmen ($d = 282 \cdot 10^{-12}$):

$$\lambda_{25kV} = 2 \cdot d \cdot \sin(4{,}9) = 4{,}818 \cdot 10^{-11}$$

$$\lambda_{28kV} = 2 \cdot d \cdot \sin(4{,}4) = 4{,}327 \cdot 10^{-11}$$

$$\lambda_{30kV} = 2 \cdot d \cdot \sin(4{,}1) = 4{,}032 \cdot 10^{-11}$$

$$\lambda_{32kV} = 2 \cdot d \cdot \sin(3{,}8) = 3{,}738 \cdot 10^{-11}$$

⇒ In Freq. umwandeln:

$$f_{max} = \frac{c}{\lambda}$$

$$f_{max}^{25kV} = \frac{3 \cdot 10^8}{4{,}818 \cdot 10^{-11}} \approx 6{,}227 \cdot 10^{18}\,Hz$$

$$f_{max}^{28kV} = \frac{3 \cdot 10^8}{4{,}327 \cdot 10^{-11}} \approx 6{,}933 \cdot 10^{18}\,Hz$$

$$f_{max}^{30kV} = \frac{3 \cdot 10^8}{4{,}032 \cdot 10^{-11}} \approx 7{,}440 \cdot 10^{18}\,Hz$$

$$f_{max}^{32kV} = \frac{3 \cdot 10^8}{3{,}738 \cdot 10^{-11}} \approx 8{,}026 \cdot 10^{18}\,Hz$$

$$E_{max} = h \cdot f_{max}$$

$$\Leftrightarrow h = \frac{E_{max}}{f_{max}}, \quad E_{max} = e \cdot U,$$

$$\Rightarrow h_{\cancel{25}V} = \frac{e \cdot U}{f_{max}}$$

$$h_{25kV} = \cancel{1{,}6 \cdot 10} \; \frac{1{,}6 \cdot 10^{-19} J \cdot 25000V}{6{,}227 \cdot 10^{18} Hz} \approx 6{,}424 \cdot 10^{-34}$$

$$h_{28kV} = \frac{1{,}6 \cdot 10^{-19} J \cdot 28000V}{6{,}933 \cdot 10^{18} Hz} \approx 6{,}462 \cdot 10^{-34}$$

$$h_{30kV} = \frac{1{,}6 \cdot 10^{-19} J \cdot 30000V}{7{,}440 \cdot 10^{18} Hz} \approx 6{,}451 \cdot 10^{-34}$$

$$h_{32kV} = \frac{1{,}6 \cdot 10^{-19} J \cdot 32000V}{8{,}026 \cdot 10^{18} Hz} \approx 6{,}379 \cdot 10^{-34}$$

$$h_{mittel} = \frac{h_{25kV} + h_{38kV} + h_{30kV} + h_{32kV}}{4} = 6{,}408 \cdot 10^{-34}$$

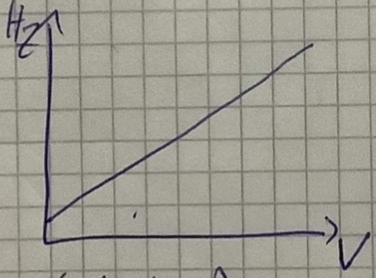
~~39kV~~

~~39,5kV~~

$\lambda = 2 \cdot d \cdot \sin(\vartheta)$ $\qquad f = \frac{c}{\lambda}, \; c = 3 \cdot 10^8$

	$\lambda = 2 \cdot d \cdot \cancel{\sin(}$	$f = \cancel{\frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{}}$
39,5kV → 4,2°	→ $29{,}44 \cdot 10^{-12}$ m	→ $1{,}019 \cdot 10^{19}$ Hz
35,9kV → 4,7°	→ $32{,}93 \cdot 10^{-12}$ m	→ $9{,}108 \cdot 10^{18}$ Hz
33,9kV → 5,0°	→ $35{,}03 \cdot 10^{-12}$ m	→ $8{,}562 \cdot 10^{18}$ Hz
29,8kV → 5,8°	→ $40{,}62 \cdot 10^{-12}$ m	→ $7{,}385 \cdot 10^{18}$ Hz
27,3kV → 6,3°	→ $44{,}11 \cdot 10^{-12}$ m	→ $6{,}8007 \cdot 10^{18}$ Hz
24,7kV → 7,0°	→ $48{,}99 \cdot 10^{-12}$ m	→ $6{,}123 \cdot 10^{18}$ Hz
22,3kV → 8,0°	→ $55{,}94 \cdot 10^{-12}$ m	→ $5{,}362 \cdot 10^{18}$ Hz
19,6kV → 9,0°	→ $62{,}88 \cdot 10^{-12}$ m	→ $4{,}770 \cdot 10^{18}$ Hz

Mit dem CAS kommt:



(Vertrau)

$\Rightarrow$ daraus gilt: $m = 2{,}7227 \cdot 10^{14}$

m ist in $\frac{1}{Vs}$ und auf h mit der einheit A·s, V·s zu kommen, gilt:

$$e \cdot \frac{1}{m} = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\,\text{As} \cdot \frac{1}{2{,}7227 \cdot 10^{14}\,\frac{1}{Vs}} = 5{,}877 \cdot 10^{-34}\,\text{Js}$$

$$\text{Abweichung:} \left(1 - \frac{\text{Literatur}}{\text{Ergebnis}}\right) \cdot 100 = 1 - \left(\frac{6{,}626 \cdot 10^{-34}}{5{,}877 \cdot 10^{-34}}\right) \cdot 100 = \approx 13\,\%$$

BRUNNEN