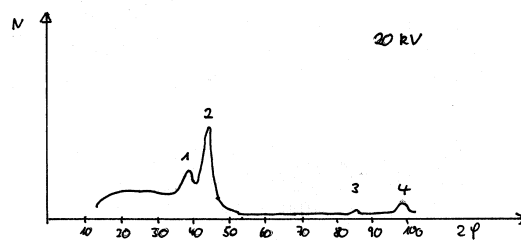
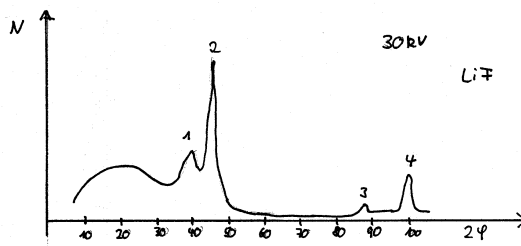


## Abiturprüfung 2003 Vorschlag 2

### Analyse von Röntgenspektren bei unterschiedlicher Anodenspannung

1. Skizziere und beschreibe den Aufbau einer Röntgenröhre. Beschreibe kurz, wie Röntgenstrahlung entsteht.
2. Bei unterschiedlichen Anodenspannungen hat man die folgenden Spektren aufgenommen:



- 2.1 Erläutere die Spektren und vergleiche. Wie kommen die Peak zustande? Was haben die Spektren gemeinsam, was sind die Unterschiede?
- 2.2 In der unteren Tabelle sind einzelne Peaks den genauen Winkeln zugeordnet.

Peak	1	2	3	4
$2\varphi$	$40,1^\circ$	44,9	86,4	99,6

Gitterkonstante für LiF:  $2d=403\text{pm}$

- 2.2.1 Welche Wellenlängen liegen vor?
- 2.2.2 Berechne für Peak 1 die Ordnungszahl der benutzten Anode. ( $R_\gamma=3,287\cdot 10^{15}\text{1/s}$ )

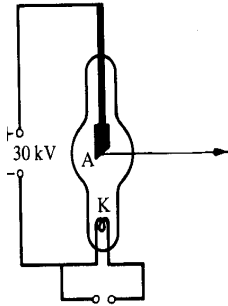
3. Man untersucht das Spektrum bis  $\varphi = 15^\circ$  mit verschiedenen Anodenspannungen. Man erhält dabei folgende Werte:

	$\varphi$	9	10	11	12	13	14	15
Ua/kV	N/1/s							
13						15	45	55
15				10	110	140	100	90
17			62	185	235	225	150	125
19		50	310	370	375	330	215	165
21		250	455	500	465	395	250	195

- 3.1 Erstelle eine Tabelle, in der die Winkel und die dazugehörige Wellenlänge enthalten sind. Erstelle dann **ein** Diagramm, in dem die Wellenlängen zur Zählrate in Abhängigkeit von der Anodenspannung abgetragen sind. (Alle Kurven in ein Diagramm)
- 3.2 Vervollständige den mutmaßlichen Verlauf für kleinere Wellenlängen und begründe diese Fortsetzung. Was bedeutet der erhaltene Schnittpunkt physikalisch?
- 3.3 Fertige ein Diagramm an, das den Zusammenhang zwischen angelegter Spannung und der maximalen Frequenz darstellt. Stelle den Bezug zu 3.2. her. Erläutere, wie man aus diesem Diagramm das Plancksche Wirkungsquantum bestimmen kann. Errechne das Wirkungsquantum für die obere Meßreihe.
- 3.4 Erläutere kurz den lichtelektrischen Effekt und vergleiche ihn mit der Erzeugung von Röntgenbremsstrahlen.

LÖSUNG:

1.



Kathode wird beheizt, Raumladungswolke entsteht. Die ausgetretenen Elektronen werden zur Anode beschleunigt. Sie werden in der Nähe der Atomkerne abgebremst. Dabei wird ein Teil ihrer Bewegungsenergie in Strahlungsenergie umgewandelt. Durch die Abschrägung wird die Strahlung nach außen reflektiert.

- 2.1 Peaks 1-4: bei exakt gleichen Winkeln bei 20kV und 30kV: charakteristische Strahlung. Bei 20kV nur geringere Intensität: weniger Strahlen werden erzeugt. Bei der charakteristischen Strahlung werden Elektronen der Anode, die auf den inneren Schalen liegen, herausgeschlagen. Wenn andere Bindungselektronen in diese Bahnen zurückfallen, entsteht die charakteristische Strahlung. Mit diesem Röntgengerät können nur Linien in einem bestimmten Energiebereich nachgewiesen werden.

Peak 1 und 2: 1. Ordnung

Peak 3 und 4 :2.Ordnung

Peak 1, und Peak 3:  $k\beta$ : von  $n=3$  auf  $n=1$ , hohe Energie, geringere Intensität

Peak 2 und 4:  $k\alpha$ : von  $n=2$  auf  $n=1$ ; geringere Energie, höhere Intensität

Bei den kleineren Winkeln - also bei höherer Energie - sieht man die Röntgenbremsstrahlung: Maximum bei verschiedenen Winkeln (bei 20 und 30kV) auch der Abfall zu den kleiner Intensitäten. Hier liegt ein verschobenes Spektrum vor. Röntgenbremsstrahlung entsteht durch eine

Vielzahl von Stößen, mit denen die Elektronen der Kathode ihre Energie abgeben.

## 2.2.1

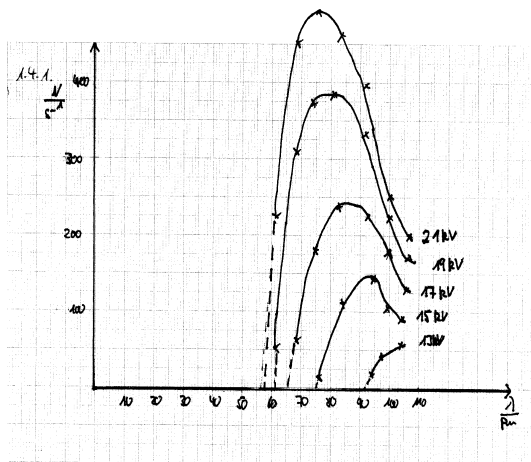
Peak	1	2	3	4
$2\varphi$	40,1°	44,9	86,4	99,6
$\lambda/\text{pm}$	137,4	153	137,4	153

Mit  $n \cdot \lambda = 2d \cdot \sin \rho$

2.2.2. Mit:  $f_{k\alpha} = (Z - 1)^2 R_y \cdot \left( \frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right)$  und  $R_y: 3,287 \cdot 10^{15} \text{ 1/s}$  folgt:  $Z=29$ .

## 3.1

$\varphi$	9	10	11	12	13	14	15
$\lambda/\text{pm}$	62,8	69,8	76,7	83,5	90,4	97,25	104,04



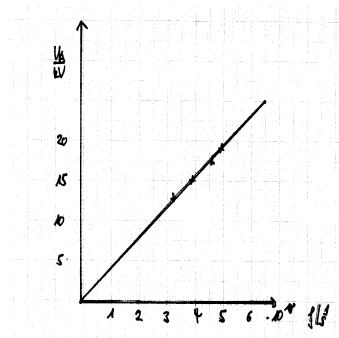
## 3.2 Extrapolation: siehe oben

Durch Anlegen eines Lineals erhält man für jede Anodenspannung einen Schnittpunkt der x-Achse. Dort findet man die Mindestwellenlänge, die bei einer bestimmten Anodenspannung erzeugt werden kann. Aus experimentellen Gründen nicht direkt meßbar.

Schnittpunkt: hier gibt das Elektron seine gesamte Energie in **einem Stoß** ab.

## 3.3

$U_A/\text{kV}$	$\lambda_{\text{min}}/\text{pm}$	$f_{\text{max}}/10^{18} \text{ 1/s}$
21	56	5,35
19	61	4,91
17	65	4,612
15	75	3,99
13	92	3,25



allg.:  $y = m \cdot x$

hier:  $U_A = m \cdot f$

$$m = \frac{\Delta U_A}{\Delta f} = \frac{21kV - 13kV}{5,35 \cdot 10^{18} \frac{1}{s} - 3,25 \cdot 10^{18} \frac{1}{s}} = \frac{8kV}{2,1 \cdot 10^{18} \frac{1}{s}} = 3,80 \cdot 10^{-15} V_s$$

Einheit:  $V_s = \frac{J_s}{C}$ , also ist die Steigung  $m=h/e$

$$h=me=3,80 \cdot 10^{-15} V_s \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} C = 6,08 \cdot 10^{-34} J_s$$

- 3.4 Lichtelektrischer Effekt: durch Photonen werden Elektronen ausgelöst. Diagramm (Energie y-Achse, f- x-Achse) ist h die Steigung. Bei der Röntgenbremstrahlung werden Photonen durch Elektronen ausgelöst. Es ist also die Umkehrung. Im Diagramm (Energie y-Achse, f- x-Achse) ist h die Steigung.