

**1. Übung zur Vorlesung**  
Methoden moderner Röntgenphysik II:  
Streuung und Abbildung  
SS 2016

G. Grübel, M. Martins, E. Weckert

19.04.2015

Übung: M.A. Schroer

**1. Synchrotron**

- a) Was ist der Unterschied zwischen Synchrotron und Zyklotron bezüglich Energie und Bahnradius?
- b) Warum werden im Synchrotron zur Erzeugung von Röntgenstrahlung Elektronen und nicht Gold-Atome verwendet?

**2. Brechungsindex für Röntgenstrahlung:**

Zeigen Sie, dass für den Brechungsindex  $n$  gilt

- a)  $n > 1$  (optisches Licht)
- b)  $n < 1$  (Röntgenstrahlung).

(Verwenden Sie hierfür das Oszillatormodell (Lorentzoszillator) für den Brechungsindex – vgl. Lehrbücher zur Optik bzw. Online-Suche.)

Welche praktischen Folgen ergeben sich daraus?

**3. Röntgen-Reflektivität und -Transmission:**

- a) Berechnen und plotten Sie die Reflektivität (Intensität vs. Wellenvektor-Transfer  $Q_z$ ) für eine perfekte Germanium- und eine perfekte Goldoberfläche für eine Röntgenenergie von 8.054 keV ( $\text{Cu}_{K\alpha}$ ) bis zu  $Q_z = 1 \text{ \AA}^{-1}$ . Entnehmen Sie die Materialeigenschaften aus der Vorlesung.
- b) Bestimmen Sie die kritischen Winkel für Germanium und Gold.
- c) Wie verhält sich die Reflektivität für große  $Q_z$ ?
- d) Berechnen und plotten Sie die Transmission für Gold.
- e) Bestimmen Sie die jeweiligen Eindringtiefen  $\Lambda$  für die folgenden Winkel ( $1/10, 2/10, \dots, 9/10, 10/10$ )  $\cdot \alpha_c$  (kritischer Winkel) von Gold.

Perfekte Siliziumspiegel werden oft zur Unterdrückung der höheren Undulatorharmonischen in modernen Synchrotronstrahlführungen eingesetzt.

- a) Wie kann man die höheren Harmonischen ( $n = 3, 5, \dots$ ) der Grundphotonen-Energie  $E$  unterdrücken? Fertigen Sie eine Skizze an und erklären Sie diese.
- b) Bestimmen Sie die ‚Cutoff‘ Energie von ein Siliziumspiegelpaar bei einem Einfallswinkel von  $0.15^\circ$ .

**1. Tutorial to the lectures**  
Methoden moderner Röntgenphysik II:  
Streuung und Abbildung  
SS 2016

G. Grübel, M. Martins, E. Weckert

19.04.2016  
Tutorial: M.A. Schroer

**1. Synchrotron**

- a) What is the difference between synchrotrons and cyclotrons regarding energy and orbit radius?
- b) Why are electrons and not gold atoms used in a synchrotron to create X-rays?

**2. Index of refraction for X-rays:**

Show that for the index of refraction  $n$  the following is valid

- a)  $n > 1$  (visible light)
- b)  $n < 1$  (X-rays).

(Use the oscillator model (Lorentz oscillator) for the index of reflection –  
See text books on optics or look in the web.)

What are practical consequences from that?

**3. X-ray reflectivity and transmission:**

- a) Compute and plot the reflectivity (intensity vs. Wave vector transfer  $Q_z$ ) of a perfect germanium and a perfect gold surface for an X-ray energy of 8.054 keV ( $\text{Cu}_{K\alpha}$ ) up to  $Q=1\text{\AA}^{-1}$ . The material properties are given in the lecture.
- b) Determine the critical angle for germanium and gold.
- c) How is the reflectivity curve at large  $Q_z$ ?
- d) Compute and plot the transmission for gold.
- e) Determine the penetration depth  $\Lambda$  for the following angles ( $1/10, 2/10, \dots, 9/10, 10/10$ )  $\cdot \alpha_c$  (critical angle) of gold.

Perfect silicon mirrors are often used to suppress the higher harmonics of undulators in modern synchrotron beamlines.

- a) How can the higher harmonics ( $n = 3, 5, \dots$ ) of the fundamental photon energy  $E$  be suppressed? Make a cartoon and explain it.
- b) Determine the cutoff energy of a pair of silicon mirrors for an incident angle of  $0.15^\circ$ .