

1. Übung zur Vorlesung
Methoden moderner Röntgenphysik II:
Streuung und Abbildung
SS 2015

G. Grübel, M. Martins, E. Weckert

21.04.2015

Übung: M.A. Schroer

1. Synchrotron

- a) Was ist der Unterschied zwischen Synchrotrons und Zyklotrons 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 Oszillatormodel (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 Tabelle auf Seite 14 der Vorlesung 4.
- 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 Λ 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° .

1. Tutorial to the lectures
Methoden moderner Röntgenphysik II:
Streuung und Abbildung
SS 2015

G. Grübel, M. Martins, E. Weckert

21.04.2015
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 in a synchrotron used 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 table at page 14 of lecture 4.
- 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 Λ 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° .