

6. Übungsblatt zur Physik IV

SS2015

Ausgabe: 18.05.

Rückgabe 1.06. (vor der Vorlesung)

13. Aufgabe: Fast freie Elektronen in 1D (5 Punkte)

Betrachten Sie eine lineare Kette von Atomen (Abstand a). Die Elektronen sollen sich in einem schwachen Potential der Form $V(z) = -V_0 + 2V_G \cos(G \cdot z)$

bewegen mit $G = \frac{2\pi}{a}$.

- a. Berechnen Sie die Energieeigenwerte und die Wellenfunktion in der Nähe der Brillouin-Zonengrenze ($k = \frac{\pi}{a} + \kappa, \kappa \ll \frac{\pi}{a}$) mit dem Ansatz

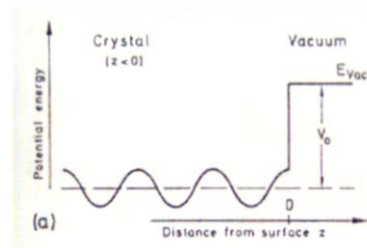
$$\Psi_k(z) = a \cdot e^{ikz} + b \cdot e^{i(k-G)z}.$$

(Hinweis: Lösen Sie die Gleichung

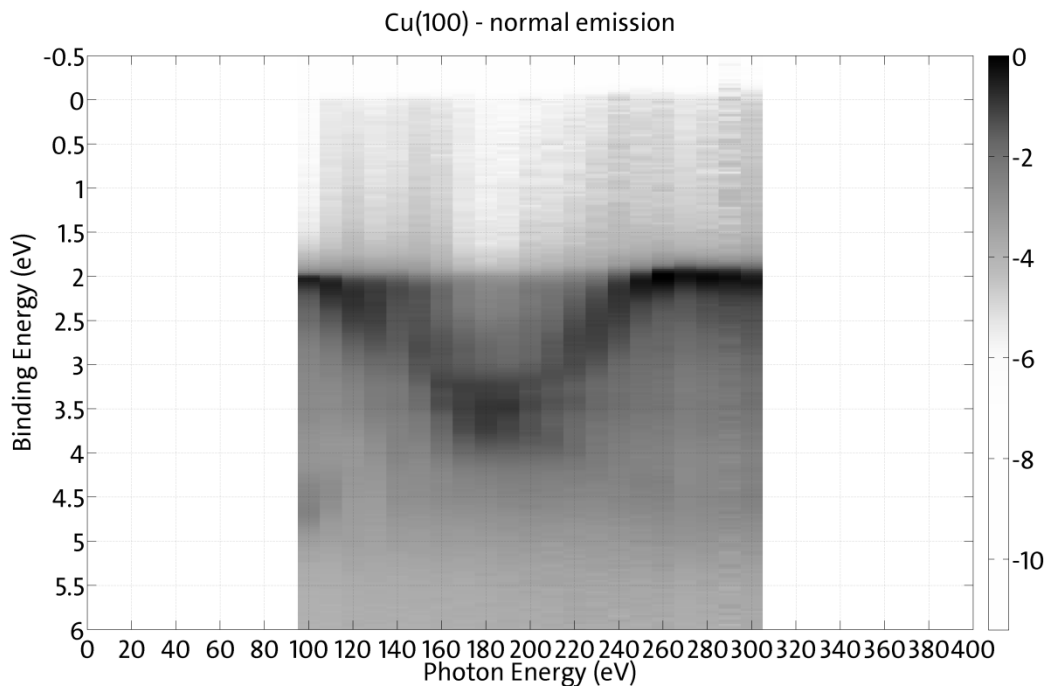
$$\begin{pmatrix} \frac{\hbar^2 k^2}{2m} - V_0 - E & V_G \\ V_G & \frac{\hbar^2 (k-G)^2}{2m} - V_0 - E \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} = 0$$

und berechnen sie daraus $E(\kappa)$ und b (a sei die Normierungskonstante der Wellenfunktion)). (2 Punkte)

- b. Geben Sie die Wellenfunktionen am Zonenrand ($\kappa = 0$) an. (1 Punkt)
- c. Zeigen Sie, dass man für Energien in der Bandlücke Lösungen für die Wellenfunktion enthält, die exponentiell mit z anwachsen. (1 Punkt)
- d. Überlegen Sie sich, ob diese Lösungen für endliche Ketten (s. Abb. für Verlauf der potentiellen Energie) zu erlaubten Lösungen führen können. (Hinweis: Nehmen Sie an, dass die Wellenfunktion am Ende der Kette ($z = 0$) wie e^{-qz} ($q = \frac{1}{\hbar} (2m(V_0 - E))^{1/2}$) nach außen ($z > 0$) abfällt). (1 Punkt)



14. Aufgabe: Photoelektronenspektroskopie (5 Punkte)



Die Abbildung zeigt eine Serie von 21 Photoelektronenspektren, die an einem Cu (100)-Einkristall in senkrechter Emission aufgenommen wurden. Die Spektren – aufgetragen ist die Photonenenergie bei der die Spektren gemessen wurden und die Bindungsenergie bezüglich E_F – sind jeweils auf die höchste Intensität normiert (höchster Schwärzungsgrad).

- Die Struktur von Cu ist ein fcc-Gitter (Gitterkonstante $a_{\text{Cu}}=3.61\text{\AA}$). Geben Sie den Abstand ΓX im reziproken Gitter an. (Hinweis: Verwenden Sie die primitiven Einheitsvektoren des fcc-Gitters ($\frac{a}{2}(0,1,1)$; $\frac{a}{2}(1,0,1)$; $\frac{a}{2}(1,1,0)$) um die reziproken Gittervektoren zu berechnen und ermitteln Sie die Seitenlänge des reziproken bcc - Gitters) (1 Punkt)
- Vergleichen Sie die Serie von Spektren mit der Bandstruktur von Cu (s. Vorlesung) und identifizieren Sie die Position der Hochsymmetriepunkte. (1 Punkt)
- In der wievielten Brillouinzone befinden sich die beobachteten Endzustände des Photoemissionsprozess? (1 Punkt)
- Schätzen Sie mit Hilfe der gemessenen Position des Γ -Punkts das innere Potential V_0 für Cu ab. (1 Punkt)
- Für kinetische Energien im Bereich von 100eV-300eV beträgt die mittlere freie Weglänge der Elektronen etwa 1nm. Ermitteln Sie den Anteil des Signals der obersten Atomlage (Annahme: Ausdehnung $\frac{a}{2}$) am Gesamtsignal für eine homogene Dichteverteilung. (1 Punkt)