

# Aufgaben zu den Heisenberg'schen UR

Lie.

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \frac{h}{4\pi} \quad \Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{h}{4\pi} \quad (\text{Unbestimmtheitsrelationen})$$

- 1) In einem Kristall sind die Elektronen der Atome in einem Bereich von  $\Delta x \approx 1 \cdot 10^{-10}$  m eingespermt, weil ausserhalb dieses Bereichs die anderen Atome sitzen.
- Wie gross ist die damit verbundene Impulsunschärfe der Elektronen und
  - wie gross ist die daraus folgende Unbestimmtheit der kinetischen Energie?
- 2) Ein Beryllium-8 Kern hat eine Lebensdauer von ungefähr  $1 \cdot 10^{-16}$  s, d.h. er zerfällt fast augenblicklich in zwei He-4 Kerne. Wie gross ist die Energieunschärfe?
- 3) Angeregte Atomkerne von Fe-57 können Gammastrahlung der Energie 14.4 keV abgeben. Der Übergang in den Grundzustand hat eine Halbwertszeit von 98 ns. Die Strahlung ist extrem schmalbandig ( $2 \cdot \Delta E = 5$  neV) und wird für Präzisionsversuche ausgenützt (Rudolf Ludwig Mössbauer, Nobelpreis 1961).
- Berechnen Sie die Lebensdauer aus der Halbwertszeit.
  - Welche Linienbreite ergibt sich aus der Lebensdauer?
- 4) Wolfram wird als Anodenmaterial in Röntgenröhren verwendet. Beschiessst man es mit schnellen Elektronen, wird gelegentlich das "innerste" Elektron aus der 1s-respektive K-Schale herausgeschlagen. Beim Übergang in den Grundzustand wird Röntgenstrahlung der Energie 69525.0 eV ausgesandt. Die Linienbreite  $2 \cdot \Delta E$  der Röntgenstrahlung beträgt 46.80 eV ( $K\alpha_1$ ). Berechnen Sie die Lebensdauer des angeregten Zustands.
- 5) Virtuelle Prozesse verletzen die Heisenberg'schen Unbestimmtheitsrelationen. Ein geladenes Teilchen ist z.B. von einer Wolke aus virtuellen Photonen umgeben.
- Ein ruhendes Elektron sende ein virtuelles Photon der Energie 1.0 eV aus. Wie gross ist die Lebensdauer dieses Photons maximal?
  - Wie weit kommt das Photon in dieser Zeit maximal?
  - Was suggeriert der Zusammenhang zwischen Energie und Reichweite?

## Lösungen:

- 1a)  $5 \cdot 10^{-25}$  Ns   b)  $1.5 \cdot 10^{-19}$  J  $\approx 1$  eV   2)  $5 \cdot 10^{-19}$  J   3a) 0.14 ns   b)  $4.7 \cdot 10^{-9}$  eV  
4)  $1.406 \cdot 10^{-17}$  s   5a)  $3.3 \cdot 10^{-16}$  s   b)  $9.9 \cdot 10^{-8}$  m   c) –