

## Aufgaben zu den heisenbergschen Unbestimmtheitsrelationen

1. In einem Kristall sind die Elektronen der Atome in einem Bereich von  $\Delta x \approx 1 \cdot 10^{-10}$  m eingesperrt, weil ausserhalb dieses Bereichs die anderen Atome sitzen.
  - a) Wie gross ist die damit verbundene Impulsunschärfe der Elektronen und
  - b) wie gross ist die daraus folgende Unbestimmtheit der kinetischen Energie?
2. Ein Beryllium-8 Atomkern hat eine Lebensdauer von ungefähr 97 as, 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 ausgenutzt (Rudolf Ludwig Mössbauer, Nobelpreis 1961).
  - a) Berechnen Sie die Lebensdauer aus der Halbwertszeit.
  - b) Welche Linienbreite ergibt sich aus der Lebensdauer?
4. Wolfram wird als Anodenmaterial in Röntgenröhren verwendet. Beschießt 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  $2\Delta E$  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.
  - a) Ein ruhendes Elektron sende ein virtuelles Photon der Energie 1.0 eV aus. Wie gross ist die Lebensdauer dieses Photons maximal?
  - b) Wie weit kommt das Photon in dieser Zeit maximal?
  - c) Was suggeriert der Zusammenhang zwischen Energie und Reichweite?

### Lösungen

- 1a)  $5 \cdot 10^{-25}$  N s    b)  $1.5 \cdot 10^{-19}$  J  $\approx$  1 eV    2)  $5 \cdot 10^{-19}$  J    3a) 0.14  $\mu$ s    b)  $4.7 \cdot 10^{-9}$  eV  
4)  $1.406 \cdot 10^{-17}$  s    5a)  $3.3 \cdot 10^{-16}$  s    b) 99 nm    c) –