

Übungsblatt 8

8.1 Nachweis von solaren Neutrinos (20 Punkte)

Im "Sudbury Neutrino Observatory (SNO)" verwendet man eine riesige Acrylglaskugel, die mit schwerem Wasser gefüllt ist. Das schwere Wasser dient dazu, Neutrinos aus der Sonne über verschiedene Prozesse nachzuweisen. Es können auf diese Weise alle Neutrino-Spezies detektiert werden, was insbesondere den Nachweis der Oszillation von Elektron-Neutrinos in Myon- oder Tau-Neutrinos erlaubt.

- Skizzieren Sie die Feynman-Graphen (auf dem Quark-Niveau) für die Wechselwirkungen der unterschiedlichen Neutrinos-Spezies mit dem schweren Wasser. Nehmen Sie an, dass keine Antineutrinos in der Sonne erzeugt werden.
- Berücksichtigen Sie, dass die Sonnenneutrinos, die in den Fusionsprozessen in der Sonne entstehen, kinetische Energien von weniger als 20 MeV besitzen. Welche der Prozesse aus Teil a) sind dann noch möglich?

8.2 Quark-Zerfälle (20 Punkte)

Alle Quarks, außer dem u-Quark, sind instabil und zerfallen durch die schwache Wechselwirkung. Notieren Sie alle möglichen Quark-Zerfälle auf dem Niveau von Leptonen und Quarks (d.h. vernachlässigen Sie die Bindung von Quarks zu Hadronen) und lassen Sie die entstehenden W-Bosonen auch zerfallen.

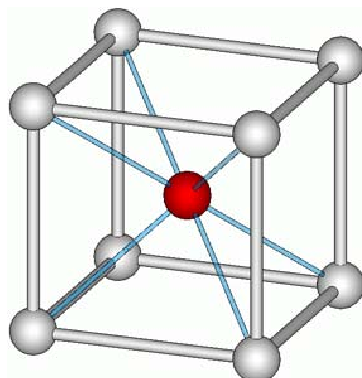
Hinweis: Erinnern Sie sich an die "Hierarchie" der Quark-Massen!

8.3 Die Kristallstruktur von Caesiumchlorid (20 Punkte)

In der Abbildung ist ein Caesiumchlorid-Kristall dargestellt. Die Caesiumatome bilden die Ecken und das Chloratom sitzt im Zentrum. (Die Gitterkonstante beträgt $a = 0.411$ nm.)

- Handelt es sich um ein sc-, bcc- oder fcc-Gitter?
- Geben Sie die fundamentalen Translationsvektoren an. Beschreiben Sie damit einen beliebigen Gitterpunkt.
- Geben Sie die Vektoren der Basis an.

Hinweis: Führen Sie ein geeignetes kartesisches Koordinatensystem ein.



8.4 Van-der-Waals-Kräfte (20 Punkte)

Zeigen Sie, dass die Bindungsenergie zwischen zwei Atomen, die sich im Abstand r voneinander befinden, wegen der van-der-Waals-Kräfte einem r^{-6} -Gesetz folgt.

Hinweis: Die van-der-Waals-Kräfte basieren auf der gegenseitigen Wechselwirkung temporärer Dipole. Nehmen Sie an, dass ein Atom gerade einen Dipol bildet. Er kann durch zwei Punktladungen im Abstand d beschrieben werden. Was ist das elektrische Feld \mathbf{E} des Dipols in einer Entfernung r , die viel größer als d ist? Nehmen Sie an, dass ein zweites Atom, das sich im Abstand r befindet, durch dieses Feld polarisiert wird und dass sein Dipolmoment proportional zum Feld ist, also $p = \alpha E$. Berechnen Sie gesamte potentielle Energie dieses Dipols im Feld \mathbf{E} .

8.5 Argon-Kristall (20 Punkte)

Messungen in der Gasphase haben gezeigt, dass das Wechselwirkungs-Potenzial zwischen zwei Argon-Atomen im Abstand r_{ij} durch

$$U(r_{ij}) = 4\epsilon \left[\left(\frac{\sigma}{r_{ij}} \right)^{12} - \left(\frac{\sigma}{r_{ij}} \right)^6 \right]$$

beschrieben wird, wobei $\epsilon = 0.0104 \text{ eV}$ und $\sigma = 3.4 \text{ \AA}$ ist. Argon kristallisiert als fcc-Kristall mit einatomiger Basis. Die kubische Gitterkonstante ist $a = 5.35 \text{ \AA}$.

Berechnen Sie die potenzielle Energie U_i , die ein Argon-Atom im Kristall aufgrund der Wechselwirkung mit seiner Umgebung besitzt. Berücksichtigen Sie dabei die nächsten und übernächsten Nachbarn. Vergleichen Sie mit einem experimentellen Wert.