
Übungsaufgaben zur Vorlesung

Physik der Kondensierten Materie II

SS 2018

11 Dielektrische Eigenschaften

11.1 Polarisierbarkeit von atomarem Wasserstoff

Betrachten Sie ein Wasserstoffatom in einem äußeren elektrischen Feld, das senkrecht zur Bahnebene steht (semiklassische Betrachtungsweise). Zeigen Sie, dass in diesem Fall für die elektronische Polarisierbarkeit des Wasserstoffatoms $\alpha_{el} = 4\pi a_0^3$ gilt, wobei a_0 der Radius der ungestörten Bahn ist. Nehmen Sie an, dass das angelegte Feld in x -Richtung zeigt und die Bahnebene in der yz -Ebene liegt. Die Auslenkung x soll außerdem klein gegenüber a_0 sein.

Anmerkung: Die x -Komponente des Kernfeldes an der ausgelenkten Position der Elektronenbahn muss gleich dem angelegten Feld sein.

11.2 Makroskopisches elektrisches Feld

Wird ein ellipsoidförmiger dielektrischer Festkörper in ein homogenes elektrisches Feld \mathbf{E}_{ext} gebracht, so wird dieser homogen polarisiert und wir erhalten im Innern des Festkörpers ein makroskopisches elektrisches Feld der Stärke $\mathbf{E}_{\text{mak}} = \mathbf{E}_{\text{ext}} + \mathbf{E}_N$ mit dem Depolarisationsfeld $\mathbf{E}_N = -N\mathbf{P}/\epsilon_0$. Die Größe N ist dabei der Depolarisationsfaktor der Probe, der im allgemeinsten Fall einen Tensor 2. Stufe darstellt, und \mathbf{P} die in der Probe vorliegende homogene Polarisation.

- Zwischen den Hauptkomponenten des Entelektrisierungstensors besteht die Beziehung $N_{xx} + N_{yy} + N_{zz} = 1$. Welche Werte müssen die Hauptkomponenten für einen langen Stab, eine Kugel und eine dünne Scheibe annehmen?
- Leiten Sie einen Ausdruck für das in der Probe herrschende makroskopische elektrische Feld \mathbf{E}_{mak} her.
- Welcher Zusammenhang besteht in diesem Fall zwischen der dielektrischen Verschiebungsdichte \mathbf{D} und dem extern angelegten elektrischen Feld \mathbf{E}_{ext} ?

- (d) Berechnen Sie das Verhältnis $E_{\text{mak}}/E_{\text{ext}}$ für einen Festkörper mit einer Dielektrizitätskonstante von $\epsilon = 2.5$, wenn dieser die Form eines langen Stabes, einer Kugel oder einer dünnen Scheibe besitzt. Das externe elektrische Feld soll dabei parallel zum Stab bzw. senkrecht zur Scheibe angelegt sein.