Übung zur Plasmaphysik

WS 2010/11 **Übung 3**

Debye leistete herausragende Beiträge in mindestens fünf Gebieten, nämlich erstens im Bereich Quantenphysik (Debye-Theorie der spezifischen Wärmekapazität von Materie nahe 0 Kelvin, Orbitalmodell), zweitens in der Elektrochemie (Ionenaktivitäten, Debye-Radius), drittens in der Röntgenstrukturanalyse (Debye-Scherrer-Verfahren), viertens zur Chemie elektrolytischer Lösungen (Debye-Hückel-Theorie) und fünftens in der Mikrowellenspektroskopie von Flüssigkeiten (Debye-Funktion). In seinen späten Forscherjahren beschäftige er sich mit dem Verständnis von Polymermolekülen. Debye arbeitete insbesondere in der Molekularforschung. 1936 erhielt er den Nobelpreis für Chemie „für seine Beiträge zu unserer Kenntnis der Molekularstrukturen durch seine Forschungen über Dipolmomente (Debye-Gleichung), über Beugung der Röntgenstrahlen und Elektronen in Gasen.“ 1950 wurde ihm die Max-Planck-Medaille verliehen.
Nach Peter Debye ist die cgs-Einheit (1 Debye) des elektrischen Dipolmomentes benannt.

Peter Debye (1884-1966), niederländischer Physiker und theoretischer Chemiker

Aufgabe 7: Zeitlich veränderliches B-Feld

Betrachten Sie die Bewegung eines geladenen Teilchens in einem räumlich homogenen magnetischen Feld, dessen Stärke sich langsam (relativ zur Zyklotronfrequenz Ω des Teilchens) mit der Zeit verändert.

a) Zeigen sie, dass die Bewegungsgleichung des Teilchens durch

$$\frac{\mathrm{d}\vec{v}(t)}{\mathrm{dt}} = \vec{\boldsymbol{\Omega}}(t) \times \vec{v}(t) - \frac{1}{2}\vec{r}(t) \times \frac{\partial \vec{\boldsymbol{\Omega}}(t)}{\partial t}$$

gegeben ist, wobei $\vec{\boldsymbol{\Omega}}(t) = -q\vec{B}(t)/m$.

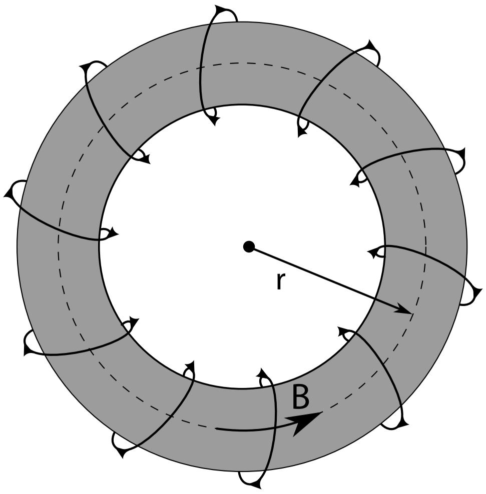
b) Formen sie für $\vec{B} = \vec{e}_z B_0 f(t)$ obige Gleichung um, so dass sie die Bewegungsgleichungen in der Ebene senkrecht zu B erhalten:

$$\begin{aligned} \frac{\mathrm{d}^2 x(t)}{\mathrm{dt}^2} &- \Omega\left[f(t)\frac{\mathrm{d}y(t)}{\mathrm{dt}} + \frac{1}{2}y(t)\frac{\mathrm{d}f(t)}{\mathrm{dt}}\right] = 0 \\ \frac{\mathrm{d}^2 y(t)}{\mathrm{dt}^2} &+ \Omega\left[f(t)\frac{\mathrm{d}x(t)}{\mathrm{dt}} + \frac{1}{2}x(t)\frac{\mathrm{d}f(t)}{\mathrm{dt}}\right] = 0 \end{aligned}$$

$\Longrightarrow$ b.w.

Aufgabe 8: Toroidalmagnet

Ein Toroidalmagnet (siehe Skizze) ist gleichmäßig mit einem quasineutralen Plasma gefüllt



a) Zeigen sie, dass die magnetische Felddichte nahe der Achse des Torus durch

$$\vec{B} = B_a \left(\frac{a}{r}\right) \vec{e}_\Phi$$

berechnet werden kann, wobei B_a das Magnetfeld auf der Achse ($r = a$) kennzeichnet.

b) In welche Richtung lenkt der Gradientendrift (erzeugt durch $\nabla|B|$) die Teilchen ab? Was für einen Effekt hat dies auf die Ladungsverteilung im Innern des Torus? (Vernachlässigen sie den Krümmungsdrift)

c) Sei $\vec{E}$ das durch die Ladungstrennung erzeugte elektrische Feld. In welche Richtung wirkt dann der $\vec{E} \times \vec{B}$ - Drift?

d) Zeigen sie anhand der obigen Ergebnisse, dass ein reines Toroidalmagnetfeld zum Einschluss eines Plasmas nicht ausreicht. Wie wird das Problem üblicherweise gelöst?

Aufgabe 9: Magnetischer Monopol

Das Feld eines *magnetischen Monopols* wird beschrieben durch

$$\vec{B}(r) = \lambda \frac{\vec{r}}{r^3}$$

mit einer Konstante λ. Berechnen sie die Bahnkurve eines Elektrons in diesem Feld.
(Tipp: Seien sie kreativ! Numerische Simulation, Reihenentwicklung, vollkommen haarsträubende Näherungen und Spezialfälle … alles erlaubt)