

Theorie klassischer Teilchen und Felder II

8. Übungsblatt

28. November 2006

Aufgabe 22 (schriftlich):

Beweisen Sie den in der Vorlesung angegebenen Ausdruck

$$(\vec{t} \times \vec{n}) (\vec{E}_2 - \vec{E}_1) = 0$$

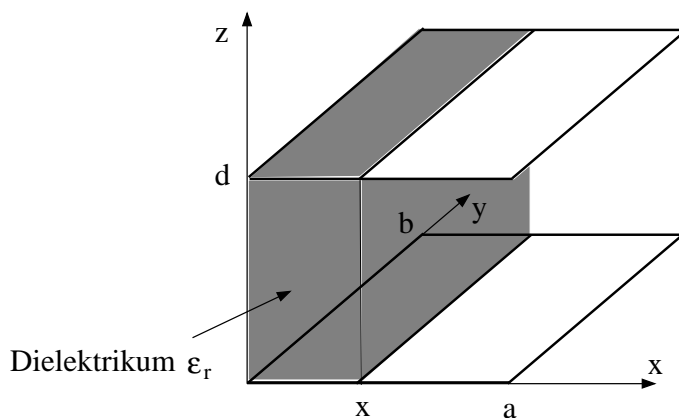
für die Tangentialkomponente des elektrischen Feldes beim Übergang von einem Dielektrikum mit $\epsilon_r^{(1)}$ in ein Dielektrikum mit $\epsilon_r^{(2)}$. Hierbei sind \vec{n} und \vec{t} Einheitsvektoren senkrecht und tangential zur Grenzfläche der beiden Dielektrika.

Aufgabe 23 (in der Übungsgruppe vorzutragen):

Ein Plattenkondensator mit zwei Platten im Abstand d und den Ladungen $+Q$ und $-Q$ sei zu einem Teil mit einem Dielektrikum ϵ_r gefüllt (siehe Skizze). Die Platten seien so groß, dass Randeffekte vernachlässigt werden können.

- Berechnen Sie das elektrische Feld \vec{E} und die dielektrische Verschiebung \vec{D} zwischen den Platten. Beachten Sie hierbei das Verhalten der Felder an der Grenzschicht!
- Was ergibt sich für die elektrostatische Energie dieser Anordnung?
- Welche Energie muss insgesamt aufgewendet werden, um das Dielektrikum vollständig in den Plattenkondensator einzuführen?
- Welche Kraft $F = -dW/dx$ wirkt bei einer infinitesimalen Verschiebung des Dielektrikums?

Skizze:



Bw.

Aufgabe 24 (in der Übungsgruppe vorzutragen):

In einem neutralen Wasserstoffatom im Grundzustand sei die Ladungsdichte des Hüllenelektrons durch

$$\rho_e(\vec{r}) = -\frac{e}{\pi a^3} \exp\left(-\frac{2r}{a}\right)$$

gegeben. Hier ist r der Abstand des Elektrons vom Proton, a der Bohr'sche Radius und e die Ladung des Elektrons. Bei Anlegen eines elektrischen Feldes gilt in niedrigster Näherung, dass die Ladungswolke des Elektrons ohne Deformation gegen das Proton um den Vektor \vec{r}_0 verschoben wird.

- a) Drücken Sie das Dipolmoment \vec{p} des Wasserstoffatoms im Feld \vec{E}_0 mit Hilfe von \vec{r}_0 aus.
- b) Berechnen Sie die Rückstellkraft auf das Proton durch die verschobene Ladungswolke des Elektrons. Drücken Sie diese für $r_0/a \ll 1$ durch das Dipolmoment \vec{p} aus. Aus der Forderung des Gleichgewichts von Rückstellkraft und elektrostatischer Kraft $e\vec{E}_0$ können Sie nun eine Darstellung von \vec{p} als Funktion des Feldes \vec{E}_0 berechnen.
- c) Berechnen Sie die relative Dielektrizitätskonstante ϵ_r für das Dielektrikum aus N homogen im Volumen V verteilten Wasserstoffatomen. Hierbei sei die Dichte $n = N/V$ so klein, dass sich die Elektronenwolken nicht stören.