

11. Übung

Besprechung: Woche vom 08.01.2024 bis 12.01.2024

Aufgabe 33 Isolierte Metallkugel [Punkte: 3+1 =4]

Eine Punktladung q wird in einem Abstand von $2R$ vom Mittelpunkt einer isolierten, leitenden Kugel mit dem Radius R platziert. Es wird beobachtet, dass die Kraft auf q an dieser Position Null ist.

- (a) Welche Ladung trägt die isolierte Kugel?

Hinweis: Die Oberfläche eines Leiters hat in der Elektrostatik ein konstantes Potential. Das Potential kann jedoch ungleich Null sein, wenn der Leiter isoliert und nicht geerdet ist. Sie wissen bereits, wie Sie mithilfe einer Bildladung ein Nullpotential auf einer Kugeloberfläche erzeugen.

- (b) Bewegen Sie nun die Ladung in eine Entfernung von $3R$ vom Mittelpunkt der Kugel. Welche Kraft wirkt an dieser Stelle auf die Ladung?

Aufgabe 34 Polarisationsladung [Punkte: 1+2+1+3 =7]

Wir betrachten eine dielektrische Kugel (Radius R) mit Mittelpunkt im Ursprung. Für Teilaufgaben (a,b) nehmen wir an, dass die Kugel gemäß

$$\vec{P} = k\vec{r} = kr\vec{e}_r$$

polarisiert ist. Hier ist k eine positive Konstante.

- (a) Berechnen Sie die Polarisationsladungsdichte ρ_P innerhalb der Kugel und die Flächendichte der Polarisationsladung (σ_P) an der Oberfläche der Kugel.
- (b) Bestimmen Sie das elektrische Feld \vec{E} innerhalb und außerhalb der Kugel.

Für Teilaufgaben (c,d) betrachten wir die Kugel als gleichmäßig polarisiert: $\vec{P} = P\vec{e}_z$.

- (c) Berechnen Sie ρ_P und σ_P .
- (d) Für die resultierende Ladungsverteilung haben wir in einer früheren Aufgabe das Potential berechnet. Benutzen Sie dieses frühere Ergebnis, um das Potential und damit das elektrische Feld zu berechnen.

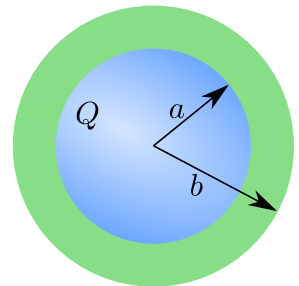
Kommentar:

Die Polarisationsladung wird oft als *gebundene Ladung* (auf Englisch *bound charge*) bezeichnet. Außerdem wird die makroskopische Ladung oft als *freie Ladung* oder *Überschussladung* bezeichnet.

Aufgabe 35 Dielektrische Kugelschale [Punkte: 2+1+2 =5]

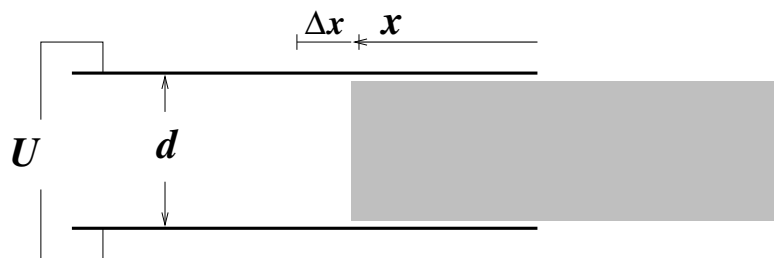
Eine Metallkugel mit Radius a trägt eine Ladung Q . Sie ist bis zu einem Radius b von einem linearen dielektrischen Material mit der Dielektrizitätskonstanten $\varepsilon = \varepsilon_0(1 + \chi_e)$ umgeben.

- (a) Berechnen Sie die elektrische Verschiebung \vec{D} und das elektrische Feld \vec{E} überall im Raum.
- (b) Bestimmen Sie das Potential im Mittelpunkt (relativ zum Unendlichen).
- (c) Bestimmen Sie die Polarisation und dadurch die Polarisationsladung.



Aufgabe 36 Plattenkondensator mit Dielektrikum (I) [Punkte: 2+2+0 =4]

Ein Plattenkondensator (Plattenbreite b , Plattenabstand d) ist mit einer Spannungsquelle verbunden, die eine konstante Potentialdifferenz U zwischen den Kondensatorplatten aufrechterhält. In den Kondensator wird ein Block aus dielektrischem Material seitlich eingeschoben.



- (a) Berechnen Sie für einen Einschub um Δx die Änderung der Feldenergie.
- (b) Berechnen Sie die von der Spannungsquelle geleistete Arbeit $U\Delta Q$, die mit dem Ladungszuwachs ΔQ auf den Kondensatorplatten verbunden ist.
- (c) Berechnen Sie aus der Differenz der beiden berechneten Größen in den Teilaufgaben (a) und (b) die Kraft, mit welcher das Dielektrikum in den Kondensator hineingezogen wird.