

Übungen zur Vorlesung „Theoretische Physik 3“

Blatt 4 10.11.2010 WS 10/11

9. Homogen geladene Kugel

1 Punkt

Am Ort $\vec{r} = 0$ befinde sich eine Kugel mit Radius R und mit konstanter Ladungsdichte ρ im Inneren. Man bestimme das D -Feld innen und außen mit Hilfe des Gaußschen Satzes.

Anleitung: wegen der Symmetrie ist \vec{D} proportional \vec{r} .

10. Leiter im elektrostatischen Feld

Zwei Leiter im Vakuum L_1 und L_2 (beliebig gestaltet) seien vorgegeben, außerdem sei außerhalb der Leiter eine Ladungsdichte $\rho(\vec{r})$ vorhanden. Das Potential $\varphi(\vec{r})$ falle mindestens wie $1/r$ ab.

- Man zeige, daß φ eindeutig ist, wenn die Potentiale $\varphi_{1,2}$ auf den Leitern vorgegeben sind. 1 Punkt
- Man zeige das gleiche, wenn die Gesamtladungen $Q_{1,2}$ der Leiter vorgegeben sind. 1 Punkt
- Es sei $Q_1 = -Q_2$ und $\rho = 0$ außerhalb der Leiter. Man zeige, daß $Q_1/(\varphi_1 - \varphi_2) = C$ (Kapazität) von Q_1 nicht abhängt. 1 Punkt
- Ein ladungsfreier Raum sei ganz von einem Leiter umgeben. Man zeige, daß $\vec{E} = 0$ in diesem Raum (Faradaykäfig). 1 Punkt

Anleitung für a) und b): Man zeige mit Hilfe des Gaußschen Satzes, daß für die Differenz von Lösungen $\phi = \varphi - \varphi'$ gilt

$$\int_{\mathbb{R}^3 \setminus L_1 \setminus L_2} d^3x (\vec{\nabla} \phi)^2 = -\frac{1}{\epsilon_0} \sum_{i=1,2} (\varphi_i - \varphi'_i) (Q_i - Q'_i) = 0,$$

da $\Delta \varphi = \Delta \varphi' = -\frac{1}{\epsilon_0} \rho$ außerhalb der Leiter und für den Fluß des \vec{D} -Feldes das Gaußsche

Gesetz gilt: $\int_{\partial L_i} d\vec{f} \cdot \vec{D} = Q_i$.

Anleitung für c): Man zeige wie in b) $\phi = \varphi/Q_1 - \varphi'/Q'_1 = 0$ für 2 Werte Q_1 und Q'_1 für die Ladung auf L_1 .

11. Wasserstoffatom

Für das elektrische Potential eines Wasserstoffatoms gilt näherungsweise

$$\varphi(r) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{r} \left(1 + \frac{\alpha r}{2}\right) e^{-\alpha r}$$

Welche Ladungsverteilung liefert dieses Potential?

2 Punkte

Anleitung: Man beachte, daß

$$\Delta \frac{1}{r} = -4\pi \delta^{(3)}(\vec{r}).$$

Abgabetermin: Mi den 17.11. 2010 in der Vorlesung

Siehe auch: <http://users.physik.fu-berlin.de/~kamecke/lehre.html>