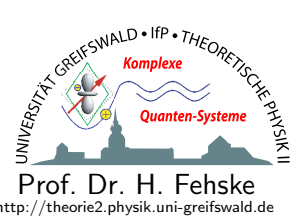




Übungen zur Elektrodynamik

Theoretische Physik II

WS 2019/20



Prof. Dr. H. Fehske
<http://theorie2.physik.uni-greifswald.de>

Blatt 5

Abgabe: **Montag, 18.11.19** vor der Vorlesung

Aufgabe 14 *Coulomb kovariant*

Der Feldstärketensor $F^{\alpha\beta}$ einer mit Geschwindigkeit \mathbf{v} gleichförmig bewegten Punktladung q ist in kovarianter Form durch

$$F^{\alpha\beta} = q \left(x^\alpha u^\beta - x^\beta u^\alpha \right) \left((u_\gamma x^\gamma)^2 - x_\gamma x^\gamma \right)^{-3/2}$$

gegeben. Dabei bezeichnet x^α den Relativvektor von der Ladung zum Ort des Feldes (insbesondere ist $x^\alpha = 0$ am Ort der Ladung), und u^α die konstante Vierergeschwindigkeit.

Geben Sie, ausgehend von diesem Ausdruck für $F^{\alpha\beta}$, die elektromagnetischen Felder \mathbf{E} , \mathbf{B} der Punktladung an.

Aufgabe 15 *Willkommen in der Welt der Elektrostatik*

Eine statische Ladungsverteilung erzeugt das folgende radiale elektrische Feld

$$\vec{E} = A \frac{e^{-br}}{r} \vec{e}_r,$$

wobei A und b Konstanten sind.

- Finde und skizziere die Ladungsverteilung!
- Wie groß ist die Gesamtladung Q ?

Aufgabe 16

Zunächst behandeln wir eine kugelsymmetrische Ladungsverteilung $\rho(r)$. Aufgrund der großen Symmetrie haben wir dieses Problem recht gut im Griff.

- Zeigen Sie, daß elektrisches Potential und Feld durch

$$\Phi(r) = \frac{4\pi}{r} \int_0^r \rho(r') r'^2 dr' + 4\pi \int_r^\infty \rho(r') r' dr' \quad ,$$
$$\mathbf{E}(r) = \frac{4\pi \mathbf{r}}{r^3} \int_0^r \rho(r') r'^2 dr'$$

gegeben sind.

- Welches Potential und Feld hat eine endliche Ladungsverteilung (also $\rho(r) = 0$, sobald $r > R$ mit entsprechendem R) für hinreichend große r ?
- Berechnen Sie Potential und Feld für eine Ladungsverteilung

$$\rho(r) = C \exp\left(-\frac{r}{2a}\right) .$$

Wie verhält sich $\Phi(r)$ für großes r ? Vergleichen Sie mit Teil (b).

- Diskutieren Sie für Teil (c) den Grenzfall $a \rightarrow 0$, bei fester Gesamtladung $Q = \int \rho dV$ (sprich C ist entsprechend zu wählen).
- Die Ladungsverteilung eines Wasserstoffatoms im Grundzustand läßt sich durch den Beitrag des Elektrons, mit $\rho(r)$ wie in (c), und eine Punktladung $+e$ am Ort $\mathbf{r} = 0$, entsprechend dem Proton, beschreiben. Dabei ist a der Bohrsche Radius, e die Elementarladung, und die Konstante C so zu wählen, daß die Ladung des Elektrons gerade $-e$ ist. Berechnen Sie Potential und Feld dieses Atoms!