

ZWISCHENKLAUSUR
THEORETISCHE PHYSIK 2 (ELEKTRODYNAMIK)
10. Januar 2012

Hilfsmittel: **keine**; Hinweise werden im Text gegeben.

Auf **jedem** Lösungsblatt angeben: **Name, Matrikel-Nr.**

Sie haben zur Bearbeitung **90 Minuten** Zeit.

Insgesamt können **100 Punkte** erreicht werden.

1. Elektrostatik

1.1 Wie lautet die Ladungsdichte $\rho(\vec{r})$, welche ein Potential $\phi(\vec{r}) = q/r$ mit der Ladung q erzeugt?

1.2 Man finde die Ladungsdichte $\rho(\vec{r})$, die ein Potential

$$\phi(\vec{r}) = \frac{q}{r} e^{-\alpha r}$$

(mit $\alpha > 0$) erzeugt.

[1.1+1.2: **10 Punkte**]

1.3 Man zeige, daß die zu $\rho(\vec{r})$ aus Aufg. 1.2 gehörige Gesamtladung Q verschwindet.

[**5 Punkte**]

2. Magnetostatik

2.1 Man bestimme das magnetische Moment \vec{m} einer homogen geladenen Kugel (Radius a , Ladung q), die mit der Winkelgeschwindigkeit $\vec{\omega}$ um eine Achse durch den Kugelmittelpunkt rotiert.

Hinweise: die Geschwindigkeit eines Punktes der Kugel ist $\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r}$;

$$\vec{m} = \frac{1}{2c} \int d^3r (\vec{r} \times \vec{j}(\vec{r})), \quad \vec{j}(\vec{r}) = \text{Stromdichte, } c = \text{Lichtgeschwindigkeit;}$$

$$\vec{a} \times (\vec{b} \times \vec{c}) = \vec{b}(\vec{a} \cdot \vec{c}) - \vec{c}(\vec{a} \cdot \vec{b});$$

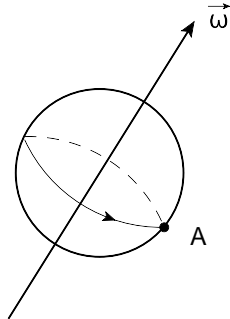
$$\int d\Omega r_i r_j = \frac{4\pi}{3} r^2 \delta_{ij}.$$

[**20 Punkte**]

2.2 Man diskutiere die potentielle Energie der rotierenden Kugel in einem äußeren homogenen Magnetfeld \vec{B} als Funktion des Winkels zwischen $\vec{\omega}$ und \vec{B} .

[**5 Punkte**]

- 2.3 Man betrachte das Elektron als rotierende Kugel der Ladung $q = -e$ ($e =$ Elementarladung) mit dem Radius $a = e^2/(mc^2) \simeq 2.8 \cdot 10^{-13}$ cm ("klassischer Elektronenradius"; Elektronenmasse $m \simeq 9.1 \cdot 10^{-31}$ kg). Das magnetische Moment des Elektrons ist experimentell bestimmt zu $|\vec{m}| = \frac{e}{2mc^2} \gamma$ (wobei $\gamma \simeq 137 e^2$). Wie groß ist die Tangentialgeschwindigkeit v_t eines Punktes A auf der Kugeloberfläche entlang der Äquatoriallinie (siehe Abb.)? Man vergleiche v_t mit der Lichtgeschwindigkeit c . Was



folgt hieraus für die Möglichkeit einer "klassischen Deutung" des Elektronenspins?
[10 Punkte]

3. Punktladung im Feld einer elektromagnetischen Welle

- 3.1 Eine monochromatische elektromagnetische Welle werde durch das Feld $\vec{E}(\vec{r}, t) = (E_x, E_y, E_z) = E_0(\cos(kz - \omega t), \sin(kz - \omega t), 0)$ beschrieben. Unter Verwendung der Maxwellgleichungen im Vakuum bestimme man das mit dem elektrischen Feld $\vec{E}(\vec{r}, t)$ assoziierte zeitabhängige Magnetfeld $\vec{B}(\vec{r}, t)$.
[10 Punkte]
- 3.2 Man zeige, daß die zeitliche Änderung der Energie W eines (punktförmig gedachten) Teilchens der Ladung q , das sich mit der Geschwindigkeit \vec{v} in einem äußeren elektromagnetischen Feld bewegt, gegeben ist durch $dW/dt = q\vec{v} \cdot \vec{E}$.
[5 Punkte]
- 3.3 Ein Teilchen der Ladung q und Masse m bewege sich im äußeren Feld der elektromagnetischen Welle aus Aufg. 3.1. Die Emission von Strahlung durch die bewegte Ladung werde vernachlässigt.
- Man stelle die Bewegungsgleichung für den Teilchenimpuls \vec{p} auf.
[10 Punkte]
 - Welche Bahn beschreibt das Teilchen unter der Nebenbedingung, daß seine Energie W im äußeren Feld konstant bleibt? (Siehe Aufg. 3.2; Anfangsbedingung: $\dot{z}(t=0) = 0$.)
[20 Punkte]
 - Man zeige, daß die Richtung des Impulses \vec{p} zu jedem Zeitpunkt mit der Richtung des Magnetfeldes \vec{B} zusammenfällt, und daß $|\vec{p}| = eE_0/\omega$.
[5 Punkte]