Universität Regensburg, Institut für Theoretische Physik SS 2024
Prof. Dr. Vladimir Braun
Andreas Hackl
Valentin Moos

Übungen zur Theoretischen Physik II (Elektrodynamik)
Blatt 12

Übungsklausur

Aufgabe 1:

Die Ladungsdichteverteilung in einem Molekül ist gegeben als

$$\rho(r,\theta,\phi) = b\frac{\exp\{-r/a\}}{r^2}\cos\theta\,.$$

1. Berechnen Sie die elektrische Ladung des Moleküls.
2. Zeigen Sie, dass in großem Abstand vom Molekül das Potential gegeben ist durch

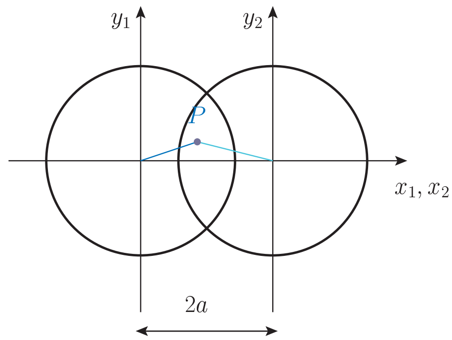
$$\phi(\vec{r}) \simeq \frac{ba^2}{3\epsilon_0 r^2}\cos\theta\,.$$

Aufgabe 2

Zwei (infinitesimal dünne) Kugelschalen mit gleichem Mittelpunkt und verschiedene Radien R_1 und R_2 ($R_1 < R_2$) sind im Vakuum. Die äußere Kugelschale wird auf dem Potential $V = 0$ gehalten. Auf der inneren Kugelschale liegt die Oberflächenladungsdichte $\sigma(\theta) = \sigma_0(3\cos^2\theta - 1)$ an. Berechnen Sie das Potential für $R_1 < r < R_2$ und $r < R_1$.

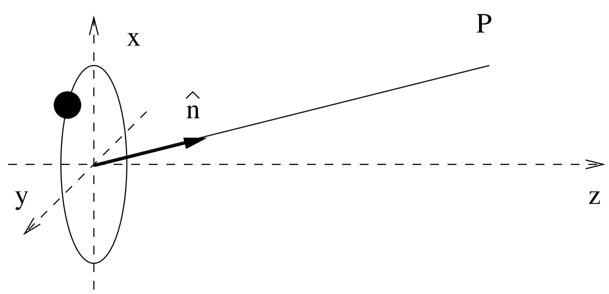
Hinweis: Die ersten Legendre-Polynome lauten $P_0(x) = 1$, $P_1(x) = x$ und $P_2(x) = \frac{1}{2}\left(3x^2 - 1\right)$.

Aufgabe 3



Es sei ein System von Leitern mit einem Querschnitt wie abgebildet gegeben. Der Querschnitt besteht also aus zwei Kreisen mit Radius b, deren Mittelpukte sich im Abstand $2a$ befinden. Im linsenförmigen Bereich des Überlapps der beiden Kreise sei Vakuum, die Bereich links und rechts davon seien leitend. Im linken Leiter fließe ein Strom mit konstanter Stromdichte j in die Zeichenebene, im rechten Leiter fließe ein Strom mit dem selben Betrag der Stromdichte aus der Zeichenebene heraus.
Berechnen Sie das magnetische Feld $\vec{B}$ in allen Punkten $P = (x, y)$ in der linsenförmigen Region zwischen den Leitern.

Aufgabe 4



Ein Teilchen A mit Ladung q bewegt sich auf einer Kreisbahn um ein Teilchen B, das entgegengesetzt geladen ist. Bahnradius R und Winkelgeschwindigkeit ω sind bekannt. Das Teilchen B sei sehr viel schwerer als das Teilchen A – es kann deshalb als ruhend angenommen werden. Bestimmen Sie mit Hilfe der Dipolnäherung den Zeitmittelwert der vom System abgestrahlten elektromagnetischen Leistung P.

Aufgabe 5

Berechnen Sie das Lorentz-invariante Produkt $F^{\mu\nu}F_{\mu\nu}$ mit

$$F^{\mu\nu} = \begin{pmatrix} 0 & -E_x & -E_y & -E_z \\ E_x & 0 & -B_z & -B_y \\ E_y & B_z & 0 & -B_x \\ E_z & -B_y & B_x & 0 \end{pmatrix} \tag{1}$$

in expliziter Abhängigkeit von $\vec{E}$ und $\vec{B}$.