

Klassische Theoretische Physik III WS 2020/2021

Prof. Dr. M. Garst

Blatt 7

Dr. B. Narozhny

Abgabe 18.12.2020, Besprechung 22-23.12.2020

1. Multipolentwicklung: (30 Punkte)

Zwei Kreisringe [Radius R und Mittelpunkt $(0, 0, a)$ bzw. $(0, 0, -a)$] sind homogen mit der Ladung q_1 bzw. q_2 geladen und liegen in den Ebenen $z = a$ bzw. $z = -a$. Berechnen Sie das Potential als Multipolentwicklung in Kugelkoordinaten bis einschließlich dem Quadrupolterm im Bereich $r \gg \sqrt{R^2 + a^2}$. Welche Terme verschwinden für $q_1 = q_2$, bzw. $q_1 = -q_2$?

2. Entdeckung der Elektronen: (20 Punkte)

Im Jahre 1897 “entdeckte” J. J. Thomson das Elektron durch Messung des Ladungs-Masse-Verhältnisses von “Kathodenstrahlen” (Elektronenströme mit Ladung q und Masse m).

- (a) Zuerst führte er den Strahl durch gleichmäßige gekreuzte elektrische und magnetische Felder, \mathbf{E} und \mathbf{B} (gegenseitig und beide senkrecht zum Strahl) und justierte das elektrische Feld so lange, bis er keine Ablenkung mehr hatte. Wie hoch war die Geschwindigkeit der Teilchen in Bezug auf \mathbf{E} und \mathbf{B} ?
- (b) Dann schaltete er das elektrische Feld aus und maß den Radius der Krümmung des Strahls R (abgelenkt durch das Magnetfeld). Wie ist das Verhältnis von Ladung zu Masse (q/m) der Teilchen in Bezug auf \mathbf{E} , \mathbf{B} und R ?

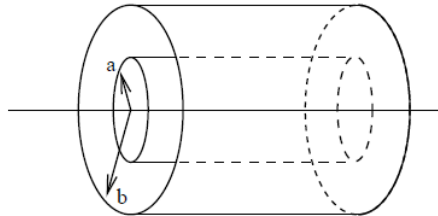
3. Schallplatte: (20 Punkte)

- (a) Eine Schallplatte trägt eine gleichmäßige Dichte “statischer Elektrizität”, σ . Wenn sie sich mit Winkelgeschwindigkeit ω dreht, wie hoch ist die Oberflächenstromdichte in einer Entfernung r vom Zentrum?
- (b) Eine gleichmäßig geladene Festkörperkugel mit dem Radius R und der Gesamtladung Q ist am Ursprung zentriert und dreht sich mit einer konstanten Winkelgeschwindigkeit ω um die z -Achse. Ermitteln Sie die Stromdichte \mathbf{J} an einem beliebigen Punkt (r, θ, ϕ) innerhalb der Kugel.

4. Ampère-Gesetz

(30 Punkte)

Zwei lange, schlanke Spulen mit Radien $a < b$ sind auf der x -Achse angeordnet, siehe Skizze. Sie werden jeweils in entgegengesetzten Richtungen vom Strom I durchflossen. Die innere Spule hat Windungszahl n_1 pro Einheitslänge, die äussere Spule Windungszahl n_2 pro Einheitslänge.



Berechnen Sie das Magnetfeld für die Bereiche:

- (a) innerhalb der inneren Spule,
- (b) zwischen den beiden Spulen,
- (c) außerhalb beider Spulen.

Hinweis

Für die Lösung der Aufgabe benutzen wir das Ampère'sche Gesetz

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{j},$$

jedoch in der Integralform

$$\oint_C \mathbf{B} d\mathbf{l} = \mu_0 \int d\mathbf{f} \cdot \mathbf{j}.$$

Für eine lange schlanke Spule ist das Magnetfeld im Inneren der Spule homogen und parallel zur x -Achse ausgerichtet, sofern man weit genug von deren Ende entfernt ist. Das Feld außerhalb der Spule muss null sein, damit das Magnetfeld im Unendlichen verschwindet.