Theoretische Physik II

WS 2015/16 **10.12.2015**
Blatt 8 **Fälligkeitsdatum 18.12.2015**

Bei Fragen zum Übungsbetrieb und Übungsblättern wenden Sie sich bitte an Ihren jeweiligen Übungsgruppenleiter oder besuchen Sie das Tutorium. E-Mail Adressen und Termine finden Sie auf unserer Homepage.

Aufgabe 1: Gesetz von Biot-Savart

(a) Berechnen Sie die magnetische Flussdichte $\vec{B}$ in einer Entfernung z überhalb des Mittelpunkts eines von einem gleichmäßig von Strom durchflossenen Kreises (Radius R). Dabei soll sich der Kreis in einer Ebene befinden und z parallel zum Ebenen-Normalenvektor verlaufen.
(4 Punkte)

(b) Benutzen sie das Gesetz von Biot-Savart, um die magnetische Flussdichte $\vec{B}$ am Punkt $\vec{P}$, welcher sich auf der Achse einer dicht gewickelten Spule endlicher Länge L befindet, zu berechnen (Spulenangaben: n Windungen pro Längeneinheit, Radius R, durchflossen vom Strom I). Nehmen sie dabei an, dass die Windungen im Prinzip kresiförmig sind, was eine gute Annahme ist falls die Spule dicht gewickelt ist ($n/a \gg 1$). Unter dieser Annahme können sie das Ergebnis aus a) verwenden.

Hinweis: Es ist einfacher das Ergebnis mit Hilfe der Winkel Θ_1 und Θ_2 auszudrücken (siehe Abb. (1)).
(5 Punkte)

(c) Berechnen Sie nun das Feld einer (in beiden Richtungen) unendlich langen Feldspule.
(1 Punkt)

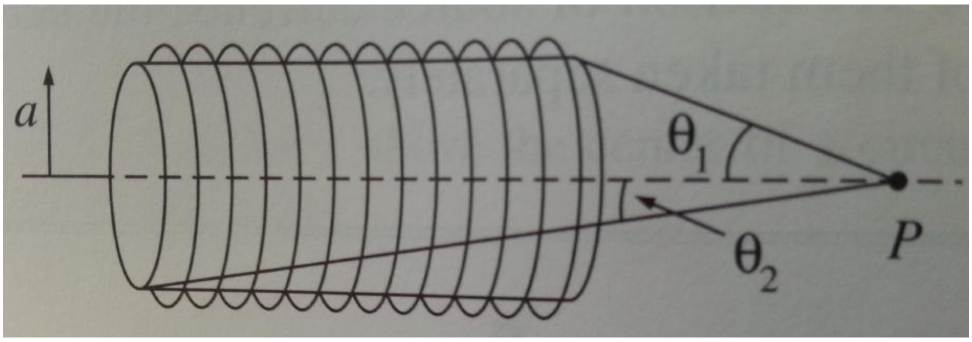

Abbildung 1: Spule mit Winkeln Θ_1 und Θ_2.

Aufgabe 2: Spule, Teil 2

(a) Berechnen Sie mithilfe des Ampèreschen Gesetzes das Feld $\vec{B}$ der Spule aus Aufgabe 1 für einen beliebigen Punkt im Raum.
(6 Punkte)

(b) Berechnen Sie das Feld $\vec{B}$ zweier unendlich langer, *koaxialer* Spulen, welche beide von einem Strom der Stärke I in jeweils entgegengesetzter Richtung durchflossen

werden. a sei der Radius der inneren Spule mit n_a Windungen pro Längeneinheit und b der Radius der äußeren Spule mit n_b Windungen pro Längeneinheit.
(4 Punkte)

Aufgabe 3: Magnetisches Feld und das Drehmoment

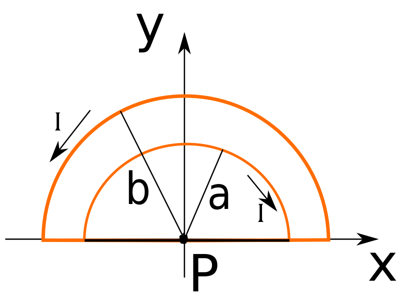

Abbildung 2: Stromkreis zweier verbundenen Halbkreisströmen

(a) Bestimmen Sie die magnetische Flussdichte $\vec{B}$ am Punkt $\vec{P}$ (siehe Abb. ()).
(2 Punkte)

(b) Bestimmen Sie das magnetische Moment eines Magnetfelds $\vec{B} = B_x\vec{e}_x + B_y\vec{e}_y$ mit $B_y > 0$ und $B_x < 0$ und das dadurch auf einen Kreisring ausgeübte Drehmoment. Der Kreisring befinde sich in der x-y-Ebene mit Mittelpunkt im Ursprung des Koordinatensystems. In diesem Ring fließe im entgegengesetzten Uhrzeigersinn ein Strom der Stärke I.
(3 Punkte)

Aufgabe 4: Magnetischer Dipol

(a) Erinnern Sie sich zurück an die Form des Potenzials eines elektischen Dipols mit Dipolmoment $\vec{p}$ in sphärischen Koordinaten als eine Funktion von $p = |\vec{p}|$. Leiten Sie das elektrische Feld des Dipols in sphärischen Koordinaten her. Aus analogen Betrachtungen folgend, wie würde das magnetische Feld $\vec{B}$ eines magnetischen Dipols mit Moment $\vec{M}$ aussehen?
(1 Punkt)

(b) Das Magnetfeld auf der Erdoberfläche entlang des Äquators ist konstant und zeigt Richtung Norden. Nehmen Sie an, dass dieses Feld würde von einem magnetischen Dipol mit Moment $\vec{M}$ im Erdmittelpunkt erzeugt. Geben sie das zugehörige Magnetfeld sowie die Richtung des Dipols an.
(0.5 Punkte)

(c) Rufen Sie sich das magnetische Moment eines Kreisrings mit Radius r und gleichmäßigem Strom I in Erinnerung. Unter der Annahme, dass der magnetische Dipol der Erde durch eine Sphäre mit gleichmäßiger Flächenladungsdichte σ erzeugt wird, berechnen sie den magnetischen Dipol welcher durch die Rotation der Erde erzeugt wird. Die Periode einer Drehung ist dabei T und die Ladungsdichte kann durch geladene Kreisringe approximiert werden, welche sich zwischen Θ und $\Theta + d\Theta$ befinden (Kugelkoordinaten!)

Hinweis: Um die Sphäre zu erhalten muss man die Kreisringe entlang Θ integrieren, mit von Θ abhängigen Radien.
(2.5 Punkte)

(d) Leiten Sie den Wert für σ aus den vorangegangenen Resultaten her. Berechnen Sie dann den Betrag des elektrischen Feldes in der Atmosphäre nahe der Erdoberfläche her. Welche Schlussfolgerung ergibt sich?
(1 Punkt)

Aufgabe 5: Fluss und Elektromotorische Kraft

Betrachten Sie zwei koplanare konzentrische Ringe welche um die z-Achse zentriert sind. Der größere der beiden Ringe C_1 mit Radius R_1 ist von einem Strom der Stärke I durchflossen. Der zweite Ring C_2 mit Radius R_2 sei zunächst ungeladen. Es gelte $R_2 << R_1$.

(a) Bestimmen sie die magnetische Flussdichte $\vec{B}$ im Zentrum von C_2 mithilfe des Gesetzes von Biot-Savart.
(1 Punkt)

(b) Bestimmen Sie den magnetischen Fluss welcher C_2 durch C_1 erfährt. Geben sie ebenfalls die Gegeninduktivität an.
(2 Punkte)

Nun bewege sich C_2 mit einer konstanten positiven Geschwindigkeit $v_z = dz_2/dt$ entlang der z-Achse, so dass $z_2 >> z_1 = 0$.

(c) Leiten Sie den magnetischen Fluss entlang der von C_2 beschriebenen Fläche als eine Funktion von z her.
(2 Punkte)

(d) Berechnen Sie die elektromotorische Kraft und den in C_2 induzierten Strom. Geben Sie den Betrag dieses Stroms an und erklären Sie den Grund für die Richtung des Stroms.
(3 Punkte)

(e) Betrachten Sie C_2 als magnetischen Dipol. Bestimmen Sie davon ausgehend die auf C_2 induzierte Kraft.
(2 Punkte)