

Theoretische Physik III (Lehramt)
Prof. Dr. J. Pawlowski, Dr. E. Thommes

Übungsblatt 5

Summe der Punkte: 22

Abgabe am Donnerstag, dem 19.05.2011 zu Beginn der Vorlesung.

Aufgabe 5.1 *Plattenkondensator*

(6 Punkte)

- a) Mit welcher Kraft ziehen sich die Platten eines Plattenkondensators an? (Vorsicht Falle!) (2 Punkte)
- b) Welche Arbeit verrichtet diese Kraft bei einer Änderung des Plattenabstandes, und wie ändert sich die elektrostatische Feldenergie? Unterscheiden Sie dabei die beiden Fälle wo die Platten abgeklemmt bzw. mit der Batterie verbunden sind. (2 Punkte)
- c) Wie passt dies alles mit dem Energieerhaltungssatz zusammen? (2 Punkte)

Aufgabe 5.2 *Parallele Ströme*

(4 Punkte)

Zwei unendlich lange, parallel im Abstand $2a$ verlaufende geradlinige Drähte vernachlässigbaren Querschnitts seien von stationären Strömen gleichen Betrags I durchflossen. Berechnen Sie das Vektorpotential, falls die Ströme

- a) in entgegengesetzte Richtung fließen; (2 Punkte)
- b) in gleicher Richtung fließen. (2 Punkte)

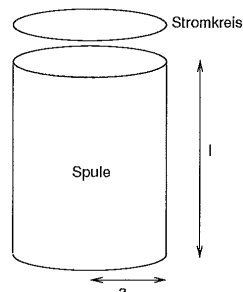
Hinweis: Aufgrund von $\sinh(x) = (e^x - e^{-x})/2$ gilt für große x näherungsweise $\sinh(x) \approx e^x/2$ und somit $\operatorname{arsinh}(x) \approx \log(2x)$.

Aufgabe 5.3 *Spule*

(8 Punkte)

Betrachten Sie eine zylinderförmige Spule im Vakuum parallel zur z -Achse, mit Radius a und Länge l . Es sei $l \gg a$. Die Spule habe N Windungen, mit $N \gg 1$. Die Windungen seien so gewickelt, dass die einzelnen Drahtwindungen näherungsweise Kreise mit Radius $r = a$ und $z = \text{const.}$ sind. Durch den Draht fließt ein Strom I .

Die Stromdichte \vec{j} ist dann gegeben durch $\vec{j}(\vec{r}) = \frac{NI}{l} \delta(r - a) \vec{e}_\phi$.



Sie können im Folgenden annehmen, dass die Spule unendlich lang ist.

- a) Zeigen Sie, dass die \vec{e}_r - und \vec{e}_z -Komponenten des Vektorpotentials \vec{A} in der Coulomb-Eichung Null sind, d.h. dass man das Vektorpotential in der Form $\vec{A} = A_\phi(r) \vec{e}_\phi$ schreiben kann. (2 Punkte)

- b) Drücken Sie \vec{B} durch $A_\phi(r)$ aus. (2 Punkte)
- c) Welche Differentialgleichung ergibt sich für $A_\phi(r)$ aus $\vec{\nabla} \times \vec{B} = (4\pi/c)\vec{j}$? Lösen Sie diese Differentialgleichung (mit den richtigen Randbedingungen). (2 Punkte)
- d) Berechnen Sie das \vec{B} Feld innerhalb der Spule und zeigen Sie, dass aufgrund der Annahme einer unendlich langen Spule, außerhalb der Spule $\vec{B} = 0$ gilt. (2 Punkte)
Anmerkung: Im Außenbereich einer endlich langen Spule verschwindet das \vec{B} -Feld nicht vollständig, ist jedoch viel kleiner als das \vec{B} -Feld innerhalb der Spule.

Aufgabe 5.4 Magnetischer Dipol der Erde

(4 Punkte)

Das Magnetfeld der Erde an der Oberfläche kann durch das Feld eines im Erdmittelpunkt lokalisierten magnetischen Dipols angenähert werden, dessen Achse um $11,5^\circ$ gegen die Drehachse der Erde geneigt ist. Das Dipolmoment dieses Dipols beträgt $8,06 \cdot 10^{25}$ Gauss cm^3 . Berechnen Sie daraus den Betrag der Feldstärke am **magnetischen** Pol und **magnetischen** Äquator sowie die *Inklination*, d.h. den Winkel zwischen Feld und Erdoberfläche, als Funktion der **magnetischen** Breite.

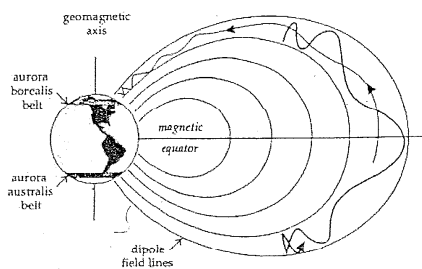


Fig. 5.29 Charged particles from the solar wind are constrained to move in a helical fashion about the geomagnetic field lines (after Vestine, 1962).

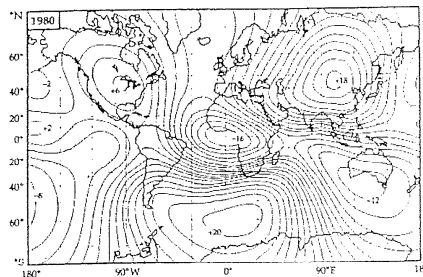


Fig. 5.35 The non-dipole magnetic field for 1980 A.D. (after Barton, 1989).

William Lowrie Fundamentals of Geophysics

André Marie Ampère



Ampère, André Marie (1775-1836), französischer Mathematiker und Physiker, bekannt durch seine hervorragenden Beiträge zur Elektrodynamik.

Ampère wurde in Polémieux-au-Mont-d'Or bei Lyon geboren. Er beschäftigte sich zunächst mit der Wahrscheinlichkeitstheorie und arbeitete als Physiklehrer in Bourg und Lyon. Später erhielt er eine Professur an der École polytechnique und am Collège de France.

Nach ihm ist das Ampere (A), die Einheit des elektrischen Stromes, benannt. Seine elektrodynamische Theorie und seine Überlegungen zum Verhältnis zwischen Elektrizität und Magnetismus veröffentlichte er in den Werken *Recueil d'observations électrodynamiques* (1822) und *Sur la théorie mathématique des phénomènes électrodynamiques* (1826).

Ampère erfand das astatiche Nadelpaar, das die Grundlage für das moderne astatiche Galvanometer bildete. Er erkannte, dass sich zwei stromdurchflossene parallele Leiter weiter gegenseitig anziehen, wenn der Strom in die gleiche Richtung fließt, und gegenseitig abstoßen, wenn der Strom in entgegengesetzte Richtung fließt (Ampèresche Regel).

Quelle: <http://www.bingo-ev.de/kg666/verschie/physiker/physiker.htm>

In einer Zusammenfassung von Vorlesungen über Elektrodynamik, die von A.A. Blasov an der Moskauer Universität gehalten wurden, fand sich folgender Satz: "Der Zweck des gegenwärtigen Kurses ist die Vertiefung und Weiterentwicklung von Schwierigkeiten, die der gegenwärtigen Theorie zugrunde liegen"

Aus Robert L. Weber, Eric Mendoza, "Kabinett physikalischer Raritäten", Vieweg 1980, Seite 93