Übungen zur Physik II - SS 2016

7. Übungsblatt

Abzugeben in der Vorlesung um 14:00 Uhr am Dienstag, den 31.05.2016

Aufgabe 1: CMS Detektor (5 Punkte)

Der Compact Muon Solenoid (CMS) Detektor am Large Hadron Collider (LHC) am CERN in Genf ist ein typischer Detektor der Teilchenphysik (*http://cms.web.cern.ch/*). Er besteht unter anderem aus einem supraleitenden Solenoidmagneten zur Impulsmessung der in Proton-Proton Kollisionen erzeugten Teilchen. Näherungsweise kann dieser als zylindrische Spule der Länge $l = 12.9$ m mit $N = 2168$ Windungen und einem Innendurchmesser von $d = 5.9$ m betrachtet werden. Die Spule wird von einem Strom der Stärke $I = 19.5$ kA durchflossen.

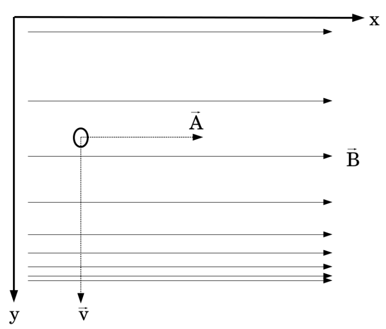
a) Wie groß ist das Magnetfeld B_0 und die Induktivität der Spule? (**1 Punkt, A**)

b) Welche Richtung und Größe hat der Druck auf die Spulenwand? Betrachten Sie dazu die Kraft dF auf ein kleines Stück dl einer Windung. (Annahme: Das mittlere Magnetfeld innerhalb der Spulenleitungen sei $\bar{B} = \frac{1}{2}B_0$.) (**2 Punkte, B**)

c) Welche Zugkraft wirkt parallel zum Draht ? (**2 Punkte, C**)

Aufgabe 2: Wirbelstrombremse (5 Punkte)

Ein kleiner Metallring (Masse = m, Fläche = A, el. Widerstand = R) fällt durch ein sich änderndes Magnetfeld ($\vec{B} = b \cdot y \cdot \vec{u}_x$) in y-Richtung nach unten [$(\vec{g}||y)$ und $\vec{A}||\vec{B}$]. In erster Näherung werde $\vec{B}$ über den Ringquerschnitt als konstant angenommen. Die Selbstinduktion des Ringes werde vernachlässigt.



a) Bestimmen Sie den induzierten Strom in dem Metallring. (**1 Punkt, A**)

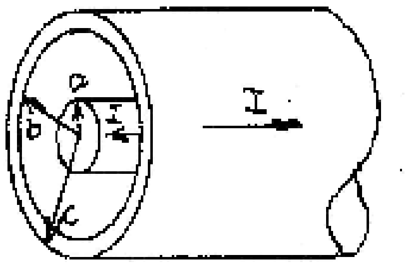
b) Wie groß ist das magnetische Dipolmoment? (**1 Punkt, A**)

c) Welche Kräfte wirken auf den Metallring? (**1 Punkt, B**)

d) Bestimmen Sie die Bewegungsgleichung. (Zusatz: und berechnen Sie den durchlaufenen Weg y als Funktion der Zeit) (**2 Punkte, B**)

Aufgabe 3: Magnetische Induktion in einem Koaxialleiter (5 Punkte)

Gegeben sei ein langes Koaxialkabel mit der nebenstehenden Geometrie. Durch den Innenleiter und den Außenleiter fließen entgegengesetzt gleiche Ströme I. Die Stromdichten seien in beiden Leitern konstant. Berechnen Sie mit Hilfe des AMPEREschen Satzes die magnetische Induktion $\vec{B}(\vec{r})$ für



a) $0 \leq r \leq a$ (**1 Punkt, A**)

b) $a \leq r \leq b$ (**1 Punkt, A**)

c) $b \leq r \leq c$ (**1 Punkt, B**)

d) $r \geq c$ (**1 Punkt, B**)

e) Skizzieren Sie den Verlauf der magnetischen Induktion als Funktion des Radius r. (**1 Punkt, B**)

Aufgabe 4: Koordinatentransformation (6 Punkte)

a) Geben Sie mit Hilfe der Transformationsmatrix die Differentialoperatoren grad, div, rot und Laplace in Zylinderkoordinaten an (siehe hierzu Aufgabe 4 von Blatt 6). Die allgemeinen Formen von grad, div, rot und Laplace sind:

$$\nabla f = \frac{1}{p_u}\frac{\partial f}{\partial u}\mathbf{e}_u + \frac{1}{p_v}\frac{\partial f}{\partial v}\mathbf{e}_v + \frac{1}{p_w}\frac{\partial f}{\partial w}\mathbf{e}_w$$

$$\nabla \cdot \mathbf{A} = \frac{1}{p_u p_v p_w}\left[\frac{\partial}{\partial u}(p_v p_w A_u) + \frac{\partial}{\partial v}(p_u p_w A_v) + \frac{\partial}{\partial w}(p_u p_v A_w)\right]$$

$$\nabla \times \mathbf{A} = \frac{1}{p_u p_v p_w}\begin{vmatrix} p_u\mathbf{e}_u & p_v\mathbf{e}_v & p_w\mathbf{e}_w \\ \frac{\partial}{\partial u} & \frac{\partial}{\partial v} & \frac{\partial}{\partial w} \\ p_u A_u & p_v A_v & p_w A_w \end{vmatrix}$$

$$\Delta f = \frac{1}{p_u p_v p_w}\left[\frac{\partial}{\partial u}\left(\frac{p_v p_w}{p_u}\frac{\partial f}{\partial u}\right) + \frac{\partial}{\partial v}\left(\frac{p_u p_w}{p_v}\frac{\partial f}{\partial v}\right) + \frac{\partial}{\partial w}\left(\frac{p_u p_v}{p_w}\frac{\partial f}{\partial w}\right)\right]$$

(**4 Punkte, B**)

b) Berechnen Sie div und rot für den Ortsvektor in Zylinderkoordinaten. (**2 Punkte, B**)