

# Übungen zur Physik II - SS 2016

## 7. Übungsblatt

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

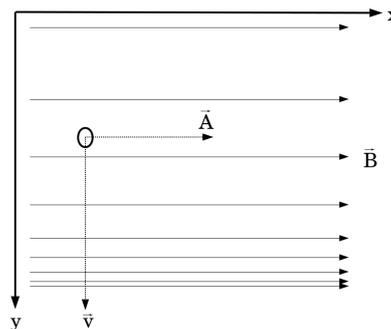
### Aufgabe 1: CMS Detektor (5 Punkte)

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.

- Wie groß ist das Magnetfeld  $B_0$  und die Induktivität der Spule? (1 Punkt, A)
- 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  $\vec{B} = \frac{1}{2}B_0$ .) (2 Punkte, B)
- Welche Zugkraft wirkt parallel zum Draht? (2 Punkte, C)

### Aufgabe 2: Wirbelstrombremse (5 Punkte)

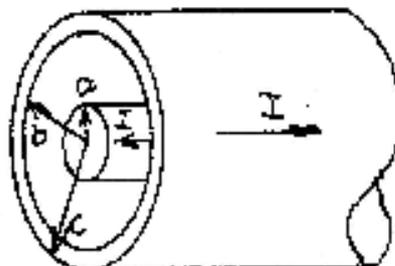
Ein kleiner Metallring (Masse =  $m$ , Fläche =  $A$ , el. Widerstand =  $R$ ) fällt durch ein sich änderndes Magnetfeld ( $\vec{B} = b \cdot y \cdot \vec{u}_x$ ) in  $y$ -Richtung nach unten ( $(\vec{g} \parallel y)$  und  $\vec{A} \parallel \vec{B}$ ). In erster Näherung werde  $\vec{B}$  über den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



- Bestimmen Sie den induzierten Strom in dem Metallring. (1 Punkt, A)
- Wie groß ist das magnetische Dipolmoment? (1 Punkt, A)
- Welche Kräfte wirken auf den Metallring? (1 Punkt, B)
- 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 entgegengesetzte 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:

$$\begin{aligned} \nabla f &= \frac{1}{p_u} \frac{\partial f}{\partial u} \mathbf{e}_u + \frac{1}{p_v} \frac{\partial f}{\partial v} \mathbf{e}_v + \frac{1}{p_w} \frac{\partial f}{\partial w} \mathbf{e}_w \\ \nabla \cdot \mathbf{A} &= \frac{1}{p_u p_v p_w} \left[ \frac{\partial}{\partial u} (p_v p_w A_u) + \frac{\partial}{\partial v} (p_u p_w A_v) + \frac{\partial}{\partial w} (p_u p_v A_w) \right] \\ \nabla \times \mathbf{A} &= \frac{1}{p_u p_v p_w} \begin{vmatrix} p_u \mathbf{e}_u & p_v \mathbf{e}_v & p_w \mathbf{e}_w \\ \frac{\partial}{\partial u} & \frac{\partial}{\partial v} & \frac{\partial}{\partial w} \\ p_u A_u & p_v A_v & p_w A_w \end{vmatrix} \\ \Delta f &= \frac{1}{p_u p_v p_w} \left[ \frac{\partial}{\partial u} \left( \frac{p_v p_w}{p_u} \frac{\partial f}{\partial u} \right) + \frac{\partial}{\partial v} \left( \frac{p_u p_w}{p_v} \frac{\partial f}{\partial v} \right) + \frac{\partial}{\partial w} \left( \frac{p_u p_v}{p_w} \frac{\partial f}{\partial w} \right) \right] \end{aligned}$$

(4 Punkte, B)

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