

Prof. Dr. Holger Stark  
Johannes Blaschke, Alice von der Heydt, Benjamin Lingnau, Maria Zeitz,  
Samuel Brem, Christopher Wächtler

## 6. Übungsblatt – Theoretische Physik III: Elektrodynamik

**Abgabe: Mo 30.11.2015 bis 12:00 Uhr, Briefkasten ER-Gebäude**

### **M** Aufgabe 17: *Magnetisches Feld in einem Loch*

Durch einen unendlich langen Zylinder mit Radius  $R$  fließt ein homogener Strom mit Dichte  $\mathbf{j}(\mathbf{r}) = j_0 \hat{e}_z$ . Die Achse des Zylinders ist parallel  $\hat{e}_z$ .

- a) Berechnen Sie das Magnetische Feld innerhalb des Zylinders.

Es wird ein Loch mit Radius  $r < R$  parallel zur Achse gebohrt. Nehmen Sie an, dass die Loch-Achse um Distanz  $d$  in  $\hat{e}_x$  Richtung verschoben ist, und dass  $r + d < R$ .

- b) Berechnen Sie das magnetische Feld innerhalb des Lochs, wenn kein Strom durch das Loch fließt.
- c) **Bonus (5 Extra Punkte):** Was ist das magnetische Feld innerhalb des Lochs, falls die Loch-Achse um einen allgemeinen Vektor  $\mathbf{d} = d_x \hat{e}_x + d_y \hat{e}_y$  verschoben sein (nehmen Sie weiterhin an dass  $r + \|\mathbf{d}\| < R$ ).

**Hinweis:** Betrachten Sie das Loch, als eine Superposition von  $\mathbf{j}(\mathbf{r})$  und einen homogenen Strom in entgegengesetzter Richtung.

### **S** Aufgabe 18 (10 Punkte): *Lorentzkraft und Zyklotron Bewegung*

Ein geladenes Teilchen mit Masse  $m$ , Ladung  $q$ , und Anfangsgeschwindigkeit  $\mathbf{v}_0 = v_0 \hat{e}_z$  bewegt sich reibungsfrei in einem homogenen magnetischen Feld  $\mathbf{B} = B_0 \hat{e}_x$ , und einem homogenen elektrischen Feld  $\mathbf{E} = E_0 \hat{e}_z$ . Die Flugbahn des Teilchens wird durch die Lorentzkraft,

$$\mathbf{F}(\mathbf{r}) = q(\mathbf{v} \times \mathbf{B}(\mathbf{r}) + \mathbf{E}(\mathbf{r})) , \quad (1)$$

bestimmt.

Für den Fall  $E_0 = 0$

- a) In welchen Richtung zeigt die Kraft  $\mathbf{F}$  niemals für die oben genannten Anfangsbedingungen?
- b) Stellen Sie die Bewegungsgleichungen für die Flugbahn des Teilchens auf. Lösen Sie die Bewegungsgleichungen für die oben genannten Anfangsbedingungen. Für welche Anfangsbedingungen sind die Flugbahnen geschlossene Kurven?
- c) Beschreiben Sie die Flugbahn des Teilchens für die Anfangsgeschwindigkeit  $\mathbf{v}'_0 = v_0 \hat{e}_z + w_0 \hat{e}_x$ . Kann man seine Masse und das Vorzeichen der Ladung anhand der Flugbahn erkennen?

Für den Fall  $E_0 > 0$

- d) Stellen Sie die Bewegungsgleichungen für die Flugbahn des Teilchens auf. Lösen Sie die Bewegungsgleichungen für die oben genannten Anfangsbedingungen.

6. Übung TPIII WS 15/16

**S Aufgabe 19 (10 Punkte): Biot-Savartsches Gesetz**

- a) Beweisen Sie mit dem Biot-Savartschen Gesetz für Leiter (siehe Gl. (5.10) aus der Vorlesung), die Gl. (5.12) aus der Vorlesung. Also, das Magnetfeld welches durch einen geraden, unendlich langen Leiter, in dem ein Strom  $I$  fließt, induziert wird

$$\mathbf{B}(\rho) = \frac{\mu_0 I}{4\pi \rho} \quad (2)$$

**Hinweis:** Überlegen Sie sich, welche Form das Vektorprodukt aus Gl. (5.10) in Polarkoordinaten annimmt, wenn der Leiter entlang der  $\hat{e}_z$ -Achse ausgerichtet ist.

- b) Beweisen Sie Gl. (5.15) aus der Vorlesung

$$\mathbf{F}_{1,2}(\rho) = -\frac{\mu_0}{4\pi} I_1 I_2 \oint \oint \frac{\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2}{|\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2|^3} d\mathbf{r}_1 \cdot d\mathbf{r}_2 \quad (3)$$

die die Kraft zwischen zwei Leiterschleifen bestimmt.

**Zum Übungsbetrieb:** Die Übungsaufgaben teilen sich auf in mündliche **M** und schriftliche **S** Aufgaben. Die Bedingung für die Vergabe eines Übungsscheins gliedert sich daher in zwei Teile:

- Es müssen mindestens 50% der schriftlichen Übungspunkte erreicht werden. Die Abgabe erfolgt in Dreiergruppen. Ab dem zweiten Übungsblatt werden Einzel- und Zweierabgaben nicht mehr akzeptiert!
- Vorrechnen: Jeder Student kreuzt vor jeder Übung diejenigen Aufgaben auf einer ausliegenden Liste an, die er oder sie bearbeitet hat. Wer eine Aufgabe angekreuzt hat, ist bereit diese Aufgabe an der Tafel vorzurechnen. Für den mündlichen Teil des Scheinkriteriums müssen am Ende des Semesters in Summe 50% der mündlichen Aufgaben angekreuzt sein.

	Mo	Di	Mi	Do	Fr
08-10					EW 203 HS
10-12				EB 133C AH/MZ	BH-N 333 BL/JB
12-14	ER 164 CW	H 3012 SB	EW 203 HS		
14-16			H 1029 CW		
16-18			BH-N 333 SB		

Sprechstunden			
HS	Prof. Dr. Holger Stark	Fr 11:30–12:00	EW 709
AH	Alice von der Heydt	Do 13–14	EW 266
BL	Benjamin Lingnau	Di 14–15	EW 629
CW	Christopher Wächtler	Mo 14–15	EW 060
JB	Johannes Blaschke	Do 10–11	EW 708
MZ	Maria Zeitz	Mi 10–11	EW 702
SB	Samuel Brem	Di 11–12	EW 060