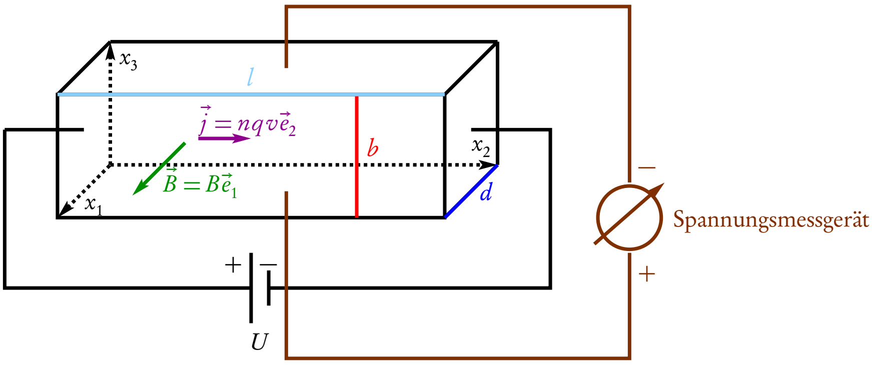
H. van Hees **Sommersemester 2018**

Übungen zur Theoretischen Physik 2 für das Lehramt L3 – Blatt 7

Aufgabe 1: Hall-Effekt

Wir betrachten einen quaderförmigen Leiter, an den wie in der Abbildung gezeigt eine Batterie angeschlossen ist und in dem infolgedessen ein stationärer Strom fließt. Der Leiter befinde sich in einem homogenen Magnetfeld $\vec{B}$.



Im folgenden versuchen wir, mit dem Ansatz

$$\vec{j} = qn\vec{v}\vec{e}_2 = j\vec{e}_2, \quad j = \text{const} > 0 \tag{1}$$

Lösungen für die statischen Felder $\vec{E}$ und $\vec{B}$ zu finden. Die den Strom ausmachenden Ladungsträger mögen die Ladung q tragen und deren Teilchendichte (Anzahl von Teilchen pro Volumen) sei n. Die spezifische Leitfähigkeit des Leiters sei σ.

(a) Welche Kräfte wirken auf einen einzelnen Ladungsträger im Leiter?

(b) Bestimmen Sie aus der Forderung, dass $v = \text{const}$, d.h. dass die Gesamtkraft auf die Ladungen verschwindet, das elektrostatische Feld $\vec{E}$ und sein Potential Φ.

(c) Wie hängt Φ mit der angelegten Spannung U und der gemessenen Hall-Spannung U_{H} zusammen?

(d) Diskutieren Sie, dass man anhand des Vorzeichens der Hall-Spannung entscheiden kann, ob die den Strom ausmachenden Ladungsträger positiv oder negativ geladen sind!

Welches Vorzeichen hat der gemessene Wert in der oben gezeichneten Anordnung, wenn der Leiter ein Metall ist, in dem die Ladungsträger negativ geladene Elektronen sind? Dabei zeigt definitionsgemäß das Spannungsmessgerät einen positiven Wert an, wenn der Pluspol einer Spannnungsquelle am mit „+“ bezeichneten Anschluss liegt, andernfalls zeigt es einen negativen Wert an.

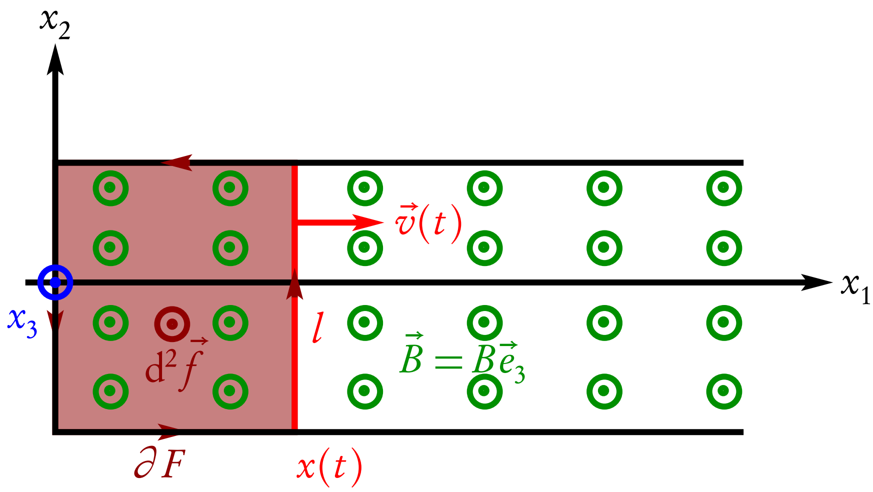
Hinweis: Es empfiehlt sich, den Beginn von Abschnitt 3.4 (insbesondere Gl. (3.4.2)) im Manuskript nachzuvollziehen!

---

bitte wenden!

Aufgabe 2: Draht in Magnetfeld

Ein Draht der Länge l mit Widerstand R und Masse m gleite wie in der Abbildung gezeigt entlang zweier paralleler idealer Leiter (d.h. Widerstand 0) in einem homogenen Magnetfeld $\vec{B} = \text{const}$, das senkrecht aus der Zeichenebene herauszeigt.



(a) Die momentane Geschwindigkeit des Drahtes zur Zeit t sei $v(t)$. Berechnen Sie mit Hilfe des Faradayschen Induktionsgesetzes in Integralform die momentane elektromotorische Kraft

$$\mathscr{E} = -\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t} \int_F \mathrm{d}^2\vec{f} \cdot \vec{B} = -\dot{\phi}, \tag{2}$$

wobei ϕ der magnetische Fluss durch die eingezeichnete Fläche F mit dem (rechteckigen) Rand ∂F ist. Der Strom ist dann nach den Ohmschen Gesetz $\mathscr{E} = RI$.

Diskutieren Sie die diversen Vorzeichen für Flächennormalenvektor, die Orientierung des Randes und schließlich des resultierenden Stromes.

(b) Berechnen Sie die momentane magnetische Kraft auf das Leiterstück aufgrund der Bewegung durch das Magnetfeld.

(c) Lösen Sie die Newtonsche Bewegungsgleichung für $\vec{v}(t)$

$$m\vec{a} = m\dot{\vec{v}} = \vec{F} \tag{3}$$

mit der Anfangsbedingung $\vec{v}(t=0) = \vec{v}_0$.

(d) Berechnen Sie die gesamte seit der Zeit $t = 0$ als Wärme im Ohmschen Leiter dissipierte Energie und diskutieren Sie den Energieerhaltungssatz.

Homepage zu Vorlesung und Übungen:
`https://th.physik.uni-frankfurt.de/~hees/theo2-13-SS18/index.html`