

6. Übung (Abgabe Di. 2. Juni spätestens bis 14:00 Uhr zu Beginn der Vorlesung)

26. Aufgabe ME6 (nur für Lehramtsstudierende!)

(4 Punkte)

Es sei  $\vec{f}$  ein Zentralkraftfeld der Form  $\vec{f}(\vec{r}) = c \cdot r^n \cdot \vec{r}$  mit  $\vec{r} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$ ,  $r = |\vec{r}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$

und  $c \in \mathbb{R}$  konst.

a) Berechne  $\text{div } \vec{f}$  mit Hilfe der Produktregel!

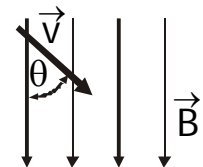
b) Was ergibt sich im Falle des Coulomb-Potentials  $\varphi_{\text{Coul}}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$ ? Was ist  $c$ , was ist  $n$ , was ist  $\text{div } \varphi_{\text{Coul}}$ ?

c) Berechne  $\text{rot } \vec{f}$  mit Hilfe der Produktregel!

27. Elektron im Magnetfeld

(4 Punkte)

Berechnen Sie die Bahnkurve eines Elektrons der kinetischen Energie  $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m_e v^2$ , dessen Geschwindigkeitsvektor  $\vec{v}$  zur Zeit  $t_0$  mit dem homogenen und konstanten Magnetfeld  $\vec{B}$  den Winkel  $\theta$  einschließt.



*Hinweis:* Das Aufstellen der Bewegungsgleichung führt zu einem System gekoppelter Differentialgleichungen für die drei Raumrichtungen  $x(t)$ ,  $y(t)$ , und  $z(t)$ , wobei  $\vec{r}(t) = (x(t), y(t), z(t))$ , d.h. zwei verschiedene Koordinaten kommen in der selben Differentialgleichung vor. Lösen Sie diese Differentialgleichung durch den Ansatz von um  $90^\circ$  phasenverschobenen, harmonischen Funktionen für die beiden sich mischenden Koordinaten.

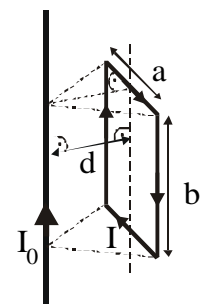
28. Leiterschleife im Magnetfeld eines Leiters

(4 Punkte)

Eine rechteckige Leiterschleife, die von einem Strom  $I$  durchflossen wird, liege parallel im Abstand  $d$  zu einem unendlich langen, geraden Leiter, durch den ein Strom  $I_0$  fließt und der sich in der mittelsenkrechten Ebene (parallel zur Seite  $b$ ) befindet.

Berechnen Sie die Wirkung des durch  $I_0$  erzeugten Magnetfeldes auf die Leiterschleife. Beschreiben Sie grob die Bewegung der Schleife.

*Hinweis:* Nutzen Sie die Symmetrie des Problems.



29. Magnetisches Moment eines Wasserstoffatoms

(4 Punkte)

Berechnen Sie das magnetische Moment eines Wasserstoffatoms. Nehmen Sie an, dass das Elektron nur durch die Coulomb-Kraft auf einer stabilen Kreisbahn mit Radius  $a_0 = 0.53 \text{ \AA}$  (Bohr-Radius) gehalten wird. Betrachten Sie den durch das Elektron erzeugten Kreisstrom. Vergleichen Sie Ihr Resultat mit der quantenmechanischen Einheit für das magnetische

Moment, das Bohr-Magneton  $\mu_B = \frac{e\hbar}{2m_e}$ , wobei  $\hbar = h/2\pi$  und  $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$  die Planck-

Konstante ist.

**6. Übung (Abgabe Di. 2. Juni spätestens bis 14:00 Uhr zu Beginn der Vorlesung)**

---

**30. Magnetische Streufelder (nur für Monobachelor Physik!)****(4 Punkte)**

Die Berliner U-Bahn fährt mit 750 V Gleichstrom. Die Spurweite beträgt 1.2 m und der Abstand der Stromschiene zum Geleise 0.5 m. Machen Sie eine plausible Annahme über die Leistung eines U-Bahn-Zuges und schätzen Sie damit ab, welches magnetische Streufeld  $B$  durch den Strom in den Schienen der Linie 3 am Ort des Physikgebäudes entsteht (die Distanz senkrecht zur Linie 3 betrage 500 m). Beachten Sie den gesamten Stromfluss! Vergleichen Sie mit dem Erdfeld (0.5 Gauß).

*Hinweis: Ein U-Bahnzug bestehe aus 6 Wagen mit je 20 t Masse und beschleunige in 10 s auf Betriebsgeschwindigkeit von 60 km/h. Um den mittleren Strom abzuschätzen, vernachlässigen Sie die Reibung und berechnen Sie die mittlere Leistung, die zum Beschleunigen benötigt wird. Nehmen Sie weiter an, dass Geleise und Stromschiene sowie Physikgebäude auf einer Ebene liegen. Machen Sie zudem eine vernünftige Annahme für die Anordnung der Geleise relativ zur Stromschiene sowie für den Referenzpunkt der Abstandsmessung beim Geleise in Bezug auf das Physikgebäude. Überlegen Sie sich, ob diese Details für die Abschätzung und den Vergleich zum Erdmagnetfeld überhaupt eine Rolle spielen!*