

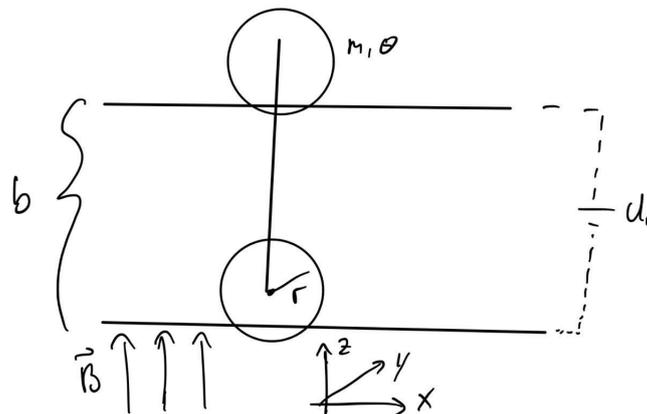
Aufgabe 21

Auf einer geraden Schienenspur mit vernachlässigbarem Widerstand rollt ein durch eine masselose Achse (ohmscher Widerstand R_i) leitend verbundenes Radpaar. Senkrecht zur Schienenebene ist ein konstantes Magnetfeld B vorhanden. Jedes Rad habe die Masse m , mit dem Radius r und das Trägheitsmoment Θ , die Spurweite sei b . Die Stromzufuhr erfolge über die Schienen.

(a) Wie bewegt sich das Radpaar, wenn zur Zeit $t = 0$ die konstante Spannung U_0 zwischen den Schienen angelegt wird? Beachten Sie dabei auch die induzierte Spannung, die bei einer bewegten Leiterschleife im Magnetfeld entsteht.

Tipp: Legen Sie das Koordinatensystem so, dass die x-Achse parallel zu den Schienen, die y-Achse senkrecht zu den Schienen aber parallel zu der Schienenebene und die z-Achse senkrecht zur Schienenebene stehen. Sie können für die Trägheitskraft folgende Formel voraussetzen: $F_T = \Theta \dot{\omega} / r$. Dabei bezeichnet $\omega = \dot{x} / r$ die Winkelgeschwindigkeit und Θ ist das Trägheitsmoment des Systems. Im Verlauf der Lösung tritt eine Differentialgleichung erster Ordnung auf. Nutzen Sie den Ansatz $\dot{x} = A(1 - e^{-\alpha t})$ um diese zu lösen.

(b) Welche Endgeschwindigkeit ($v(t), t \rightarrow \infty$) wird erreicht?



Aufgabe 22

In der xy-Ebene liege eine kreisförmige Leiterschleife mit dem Mittelpunkt im Ursprung. Die Leiterschleife führe einen Strom I und habe den Radius R . Berechnen Sie das Magnetfeld B auf der z-Achse (Symmetrieachse). Nutzen Sie dazu das Biot-Savart'sche Gesetz.

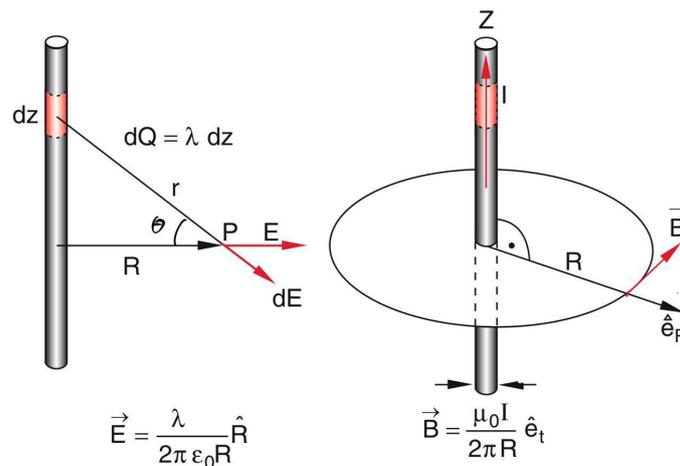
Aufgabe 23

In einem langen, dünnen Draht mit Ladungsdichte λ fließe außerdem ein Strom der Stärke I .

a) Zeigen Sie, dass das elektrische und magnetische Feld des Drahtes gegeben ist durch:

$$\vec{E}(r) = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r} \vec{e}_r, \quad \vec{B}(r) = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \vec{e}_\varphi$$

b) Mit welcher Geschwindigkeit v muss ein Teilchen der Masse m und Ladung q parallel entlang des Drahtes fliegen, damit der Abstand r zwischen Ladung und Draht konstant ist? Auf welcher Bahn wandert das Teilchen dann am Draht entlang?



Aufgabe 24

Um lokal ein homogenes Magnetfeld zu erzeugen, wird häufig ein sogenanntes Helmholtzspulenpaar verwendet. Dies besteht aus zwei dünnen Ringspulen mit Radien r und der Windungszahl n , die koaxial im Abstand $d = r$ montiert werden.

- i) Nutzen Sie Aufgabe 22 und berechnen Sie damit das magnetische Feld B als Funktion der Position s entlang der Achse dieser Leiteranordnung. Positionieren Sie die Spulen parallel zur xy -Ebene und bei $z = \pm d/2$.
- ii) Welche Feldstärke ergibt sich auf der Achse mittig zwischen den Spulen, wenn die Stromrichtung der beiden Spulen a) parallel und b) antiparallel gewählt wird.
- iii) Warum wird gerade der Abstand $d = r$ gewählt? Entwickeln Sie dazu das B -Feld nach Taylor bis zur einschließlich zweiten Ordnung um $z_0 = 0$.