

Elektromagnetische Induktion bei Fitnessgeräten und bei Free-Fall-Towern

Heimtrainer und Ergometer sind Fitnessgeräte in der Form eines Fahrrads, bei denen Trainierende ein Schwungrad aus Eisen in Bewegung setzen (Material 1). Free-Fall-Tower findet man in Freizeitparks. Sie bestehen aus einem Turm, an dem sich eine Gondel mit Passagieren entlang Schienen bewegen kann. Die Gondel wird nach oben gezogen und fällt nach unten, bis sie kurz vor dem Erdboden abgebremst wird. Bei Fitnessgeräten und bei Free-Fall-Towern wird die elektromagnetische Induktion zum Bremsen genutzt.

Aufgaben

- 1 Viele Heimtrainer erzeugen den Tretwiderstand mithilfe eines Permanentmagneten, der nahe dem Schwungrad angebracht ist. Material 2 zeigt den Magneten sowie gestrichelt die Position des Schwungrads mit Achse. Vereinfachend soll angenommen werden, dass es sich bei dem Magneten um einen Stabmagneten handelt.
 - 1.1 Zeichnen Sie in Material 2 das Feldlinienbild außerhalb des Magneten ein. Vernachlässigen Sie den möglichen Einfluss des Schwungrads auf das Magnetfeld.
Geben Sie an, wodurch die Stärke des Magnetfelds im Feldlinienbild dargestellt wird. (3 BE)
 - 1.2 Erklären Sie mithilfe der Lenz'schen Regel, wie der Tretwiderstand erzeugt wird. (4 BE)
 - 1.3 Der Tretwiderstand kann bei gleicher Rotationsgeschwindigkeit vergrößert werden, indem der Magnet näher an das Schwungrad gebracht wird.
Erläutern Sie dies anhand Ihrer Zeichnung aus Aufgabe 1.1. (3 BE)
- 2 Während Heimtrainer für den Hausgebrauch vorgesehen sind, werden Ergometer oft in Fitnessstudios eingesetzt. Bei vielen Ergometern kommt statt eines Permanentmagneten ein Elektromagnet zum Einsatz, um den Tretwiderstand zu erzeugen. Dieser soll aus einer langen Spule der Länge 10 cm mit 200 Windungen bestehen, die vollständig mit einem Kern aus Transformatorblech mit $\mu_r = 600$ gefüllt ist und durch die ein Strom der Stärke 0,8 A fließt.
 - 2.1 Zeichnen Sie in Material 3 das Feldlinienbild der stromdurchflossenen Spule ein.
Erläutern Sie, wie sich aus dem Magnetfeld eines geraden Leiters das Magnetfeld einer Spule ergibt. (6 BE)
 - 2.2 Erklären Sie, warum der Kern das Magnetfeld der Spule verstärkt, und berechnen Sie die magnetische Flussdichte¹ im Inneren des Elektromagneten. (5 BE)

¹ Die magnetische Flussdichte wird in manchen Lehrbüchern auch als magnetische Feldstärke bezeichnet.

Physik
GrundkursThema und Aufgabenstellung
Vorschlag A2

- 2.3 Die Spule wird vollständig mit einem Kern aus einem neuartigen Material gefüllt. Um dessen magnetische Eigenschaften zu untersuchen, wird die Flussdichte B des Magnetfelds in Abhängigkeit von der Stromstärke I durch die Spule gemessen. Die Ergebnisse der Messreihe sind in Material 4 dokumentiert.
Stellen Sie in einem Diagramm die magnetische Flussdichte als Funktion der Stromstärke dar. Berechnen Sie unter Einbeziehung aller Messwerte die Permeabilitätszahl des neuartigen Materials.
(9 BE)
- 2.4 Ergometer bieten die Möglichkeit, spezielle Trainingsprogramme wie Bergetappen zu fahren. Begründen Sie, dass man mit dem Bremssystem des Ergometers die Stärke des Tretwiderstands besser regulieren kann als mit dem System des Heimtrainers und dass man mit dem Ergometer auch größere Tretwiderstände erzeugen kann.
(4 BE)
- 3 Als vereinfachtes Modell der Bremseinrichtung eines Free-Fall-Towers wird im Folgenden eine quadratische Leiterschleife mit der Seitenlänge $l = 1,5 \text{ m}$ und dem Ohm'schen Widerstand $R = 4,6 \cdot 10^{-4} \Omega$ betrachtet, die sich mit der Geschwindigkeit $v = 12 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ senkrecht in ein homogenes, scharf begrenztes Magnetfeld der Flussdichte $B = 0,7 \text{ T}$ hineinbewegt (Material 5).
- 3.1 Erklären Sie, dass in einer Leiterschleife mit nicht verbundenen Anschlüssen beim Eintritt in das Magnetfeld mit konstanter Geschwindigkeit eine konstante Spannung induziert wird.
(3 BE)
- 3.2 Schließt man die Leiterschleife kurz, so ruft die induzierte Spannung einen Strom der Stärke I hervor. Die resultierende Kraft kann man mit der Formel $F = \frac{B^2 \cdot l^2 \cdot v}{R}$ berechnen.
Leiten Sie diese Formel aus den Formeln für die Induktionsspannung $U_{\text{ind}} = B \cdot l \cdot v$ und für die Lorentzkraft $F_L = B \cdot l \cdot I$ her und berechnen Sie die Kraft F auf die Leiterschleife.
[zur Kontrolle: $F = 28,8 \cdot 10^3 \text{ N}$]
(6 BE)
- 3.3 Vergleichen Sie die Kraft auf die Leiterschleife mit der Gewichtskraft auf eine fallende Gondel der Masse $1,5 \text{ t}$.
Beschreiben Sie die Wirkung, die diese zusätzliche Kraft auf eine zunächst frei fallende Gondel hat.
(4 BE)
- 3.4 Bei manchen Free-Fall-Towern wird das Magnetfeld für das Bremssystem mit Permanentmagneten erzeugt, bei anderen Free-Fall-Towern mit Elektromagneten. Nennen Sie einen Vorteil des Einsatzes von Permanentmagneten gegenüber dem Einsatz von Elektromagneten und erläutern Sie diesen.
(3 BE)

Material 1

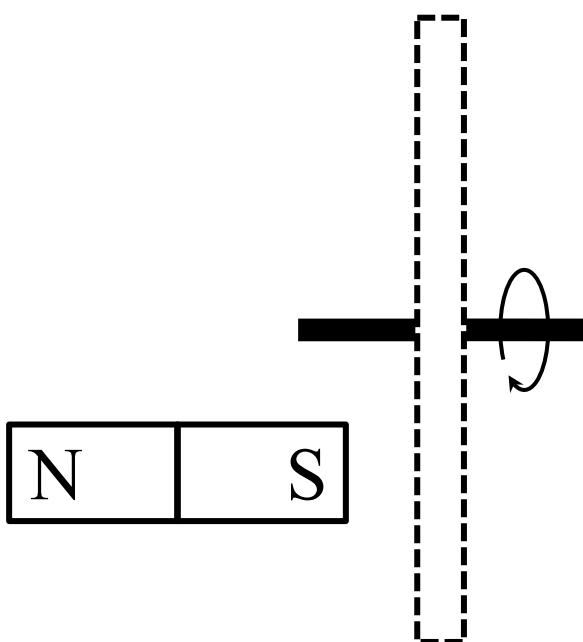
Ergometer



URL: <https://www.cardiofitness.de/kettler-ergometer-racer-s.html> (abgerufen am 14.05.2023).

Material 2

Stabmagnet und Position des Schwungrads mit Achse

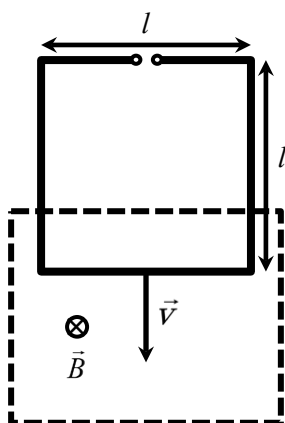


Material 3**Schnitt durch eine stromdurchflossene Spule**

Die Elektronen fließen bei den Leiterstücken der oberen Reihe in die Zeichenebene hinein und bei den Leiterstücken der unteren Reihe aus der Zeichenebene hinaus.

Material 4**Messreihe zur Spule mit einem Kern aus neuartigem Material**

Messung Nr.	1	2	3	4
I in A	0,15	0,30	0,45	0,60
B in T	0,32	0,70	1,00	1,43

Material 5**Leiterschleife und Magnetfeld**

Die Magnetfeldlinien sind in die Zeichenebene hineingerichtet.