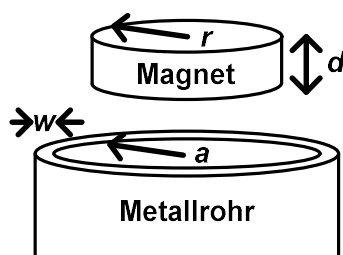


EL2 Praktikum #03: Wirbelstrombremse

In diesem Praktikum untersuchen Sie das Phänomen der Wirbelstrombremse anhand des Beispiels eines Magneten, welcher in einem senkrecht installierten Metallrohr fällt (Abbildung 1). Daten zum Magneten und zu den Rohren siehe Inventar.



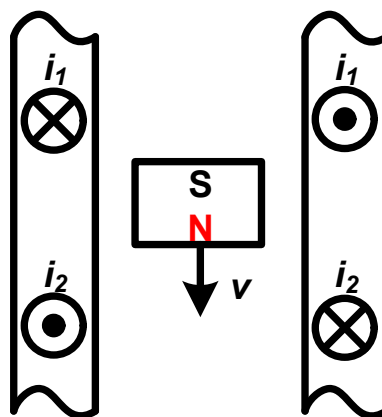
- Magnetradius r
- Magnetdicke d
- Magnetgewicht m
- Geschwindigkeit des fallenden Magneten v
- Magnetpole an den ebenen Seiten
- Rohr-Innenradius a
- Rohr-Wandstärke w
- Spezifischer Widerstand Rohrmaterial ρ

Abbildung 1. Definitionen von Grössen rund um den fallenden Magneten im Metallrohr. Werte siehe Inventar.

Einleitende Fragen

Stellen Sie ein Aluminiumrohr oder ein Kupferrohr in den Fuss. Lassen Sie einen Magneten fallen und Beobachten Sie das Fallen des Magneten durch die Löcher im Rohr. Notieren Sie Ihre Antworten zu den folgenden Fragen:

1. Sind die Rohre „magnetisch“ (im umgangssprachlichen Sinn)? Was bedeutet das für die relative Permeabilität μ_r des Materials der beiden Rohre?
2. Durch das Fallen verliert der Magnet an potentieller Energie. Wohin geht die verlorene potentielle Energie?
3. Erklären Sie anhand der untenstehenden Skizze, die einen Querschnitt durch ein Rohr mit fallendem Magneten darstellt, wie die Bremsung funktioniert.



Messaufgaben

Messen Sie jetzt für beide Rohre:

1. Fallzeit vom obersten Loch bis zum mittleren
2. Fallzeit vom mittleren Loch bis zum unteren

indem Sie jeweils 5 Messungen vornehmen und die Zeiten mitteln. Die menschliche Reaktionsgeschwindigkeit für solche Fälle liegt im Bereich von maximal 100 ms.

Verifikation und Vergleich mit der Theorie

Da die Rohre die exakt gleichen geometrischen Masse haben und sich nur durch den spezifischen Widerstand des Materials unterscheiden, muss der Unterschied der Fallgeschwindigkeit des Magneten bei den Rohren alleine durch diese elektrische Grösse bedingt sein. Da die Gleichungen linear sind, welche die induzierte Spannung und den Wirbelstrom beschreiben, folgt, dass das Verhältnis der spezifischen Widerstände der Rohre umgekehrt proportional zum Fallgeschwindigkeitsverhältnis sein muss:

$$\frac{\rho_{Cu}}{\rho_{Al}} = \frac{v_{Cu}}{v_{Al}}$$

1. Überprüfen Sie den obigen Zusammenhang mit Ihren Messdaten.

Die Berechnung der Fallgeschwindigkeit ist eine komplizierte Angelegenheit (Literaturhinweis im Anhang). Folgende Formel resultiert als Approximation:

$$v = 5.69 \cdot \frac{m \cdot g \cdot \rho \cdot a^4}{\pi^2 \cdot B^2 \cdot r^4 \cdot (d^2 + r^2) \cdot w}$$

2. Überprüfen Sie die obige Approximation mit Ihren Messdaten.

Inventar

Supermagnet in Pillenform, Nord-/Südpol an den ebenen Seiten, 8 mm Durchmesser, 3 mm Dicke, Gewicht 10 g. (Lieferant: Farnell, Nr. 1888095)

Kupferrohr, Länge 50 cm, Lochabstand von oben: 5 cm/25 cm/45 cm, Innendurchmesser 10 mm, Wandstärke 3 mm, Material-Art: CU-ETP (99,9 % Kupfer), $\rho = 1,8 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$. (Lieferant: Stierlin)

Aluminiumrohr, Länge 50 cm, Lochabstand von oben: 5 cm/25 cm/45 cm, Innendurchmesser 10 mm, Wandstärke 3 mm, Material-Art: EN AW6060 (0,35–0,6% Magnesiumanteil), $\rho = 3,59 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$ (*Man beachte den Unterschied zu Reinaluminium mit $\rho = 2,78 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$!*). (Lieferant: Stierlin)

Literaturhinweis: Die Problemstellung des Praktikums wurde wissenschaftlich im Artikel «Electromagnetic braking: a simple quantitative model» (Levin, da Silveira, Rizzato. Am. J. Phys. 74, 815 (2006)) untersucht.