Měření magnetické indukce permanentního magnetu z jeho zrychlení

Online: <http://www.sclpx.eu/lab3R.php?exp=3>

 K provedení tohoto experimentu budeme potřebovat dva kruhové prstencové magnety s otvorem uprostřed, které získáme z nějakého starého reproduktoru. Dále budeme také potřebovat dřevěnou tyč o takovém průměru, aby se magnety mohly po tyči volně pohybovat. V tomto experimentu využijeme monogate, kterým změříme zrychlení, resp. zpomalení jednoho magnetu. Vzhledem k velikosti magnetu nám stačí k zachycení pohybu jeden solární článek, na který nasměrujeme dva lasery.

 Největší odpudivá síla působí na magnety, které přitiskneme těsně k sobě. V této poloze zaměříme na horní konec magnetu jeden laserový paprsek. Druhý laser zaměříme cca 2 cm – 3 cm od stopy prvního laseru.

Experiment se podobá svojí povahou měření zrychlení na nakloněné rovině, případně měření tíhového zrychlení hřebenu se dvěma zuby. Zde máme místo dvou zubů jeden prstencový magnet o známé výšce, který se pohybuje se zrychlením dvěma optickými bránami. Zrychlení uděluje magnetu odpudivá magnetická síla mezi permanentními magnety.

**Úvod**

Pokud se prstencový magnet pohybuje po dřevěné tyči svisle vzhůru se zpomalením, klesá jeho rychlost. Můžeme tedy ve dvou různých okamžicích zaznamenat průchod magnetu první a druhou fotobránou. Při konstantní výšce magnetu *h* pak můžeme vypočítat hodnotu okamžité rychlosti magnetu z jednoduchého vztahu $v\_{n}=\frac{h}{t\_{n}}$, kde $t\_{n} (n=1, 2)$ je čas, za který magnet projde prvním a druhým monogatem. Tyto časy zjistíme pomocí FAE, viz detailní výběr časového intervalu na obrázku 3.3.3, resp. na obrázku 3.3.4.

Zrychlení, resp. zpomalení potom určíme z jeho definice: $a=\frac{∆v}{∆t}$, kde $∆v=v\_{1}-v\_{2}$. Hodnotu $∆t$ určíme přímo v záznamu signálu pomocí FAE jako časový interval průchodu magnetu mezi první a druhou optickou bránou, viz obrázek 3.3.5.

 Ze součinu hmotnosti a zrychlení pak vypočítáme velikost působící síly. Nakonec ze vztahu (3.3.1) vypočítáme hodnotu magnetické indukce *B:*

$$B=\sqrt{\frac{2μ\_{0}F}{S}}=\sqrt{\frac{2μ\_{0}ma}{S}}, (3.3.1)$$

kde *S* je plocha mezikruží permanentního magnetu, *m* je hmotnost magnetu a *a* jeho zpomalení.

Absolutní nejistotu v určení magnetické indukce $B$ permanentního magnetu podle vztahu (3.3.1) můžeme určit z následujícího vztahu (3.3.2):

$$∆B=\overbar{B}\left(\frac{∆F}{2\overbar{F}}\right)=\overbar{B}\left(\frac{∆a}{2\overbar{a}}\right) (3.3.2)$$

**Pomůcky:** monogate, druhé laserové ukazovátko, dva prstencové magnety, dřevěná tyč o průměru 19 mm, digitální váhy, posuvné měřidlo, stativový materiál

**Postup práce**

Uspořádání experimentu je patrné z obrázku 3.3.1.



Obrázek 3.3.1 Uspořádání experimentu – Měření magnetické indukce permanentního magnetu

Jeden prstencový magnet položíme na desku stolu a provlékneme jím dřevěnou tyč, kterou pomocí stativového materiálu uchytíme ve vertikální poloze. Druhý magnet, který se bude pohybovat nad prvním, nejprve pomocí digitálních vah zvážíme, posuvným měřidlem určíme vnější a vnitřní průměr magnetu a jeho výšku a navlékneme ho na tyč tak, aby se oba magnety odpuzovaly. Z naměřených hodnot obou průměrů pak vypočítáme plochu mezikruží *S*.

 Optické brány realizujeme v horizontální poloze tak, aby laserový paprsek prvního monogatu procházel těsně nad horní plochou druhého magnetu v poloze, kdy je tento přitisknut vnější silou k prvnímu magnetu. Druhý laser zaměříme přibližně 2 cm od stopy prvního laser na solárním článku. Oba laserové paprsky jsou zaměřeny z boku magnetu, protože při zaměření na střed brání průchodu paprsku dřevěná stabilizační tyč.

 Oscilogram experimentu vidíme na obrázku 3.3.2, naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 3.3.

 Na závěr vypočítáme ještě nejistotu měření podle vztahu (3.3.2) a vytvoříme graf závislosti magnetické indukce na zrychlení, který doplníme o  regresní analýzu (Přidat spojnici trendu). Graf vytvořený na základě tabulky 3.3 je na obrázku 3.3.6.



Obrázek 3.3.2 Oscilogram experimentu – Měření magnetické indukce permanentního magnetu



Obrázek 3.3.3 Oscilogram experimentu – Měření magnetické indukce permanentního magnetu – detail určení času průchodu magnetu první optickou bránou



Obrázek 3.3.4 Oscilogram experimentu – Měření magnetické indukce permanentního magnetu – detail určení času průchodu magnetu druhou optickou bránou



Obrázek 3.3.5 Oscilogram experimentu – Měření magnetické indukce permanentního magnetu – detail určení času průchodu magnetu mezi první a druhou optickou bránou

Výška magnetu byla změřena jako *h* = 12,2 mm = 0,0122 m. Plocha mezikruží byla vypočítána z naměřených hodnot vnějšího (52 mm) a vnitřního (20 mm) průměru jako $S=1,81∙10^{-3} $m2. Hmotnost magnetu byla změřena jako $m=118,6 g=0,01186 kg.$

**Tabulka 3.3** Měření magnetické indukce permanentního magnetu

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| $t\_{1}$ (s) | $t\_{2}$ (s) | $v\_{1} $($m∙s^{-1}$) | $v\_{2} $($m∙s^{-1}$) | $∆v$ ($m∙s^{-1}$) | $∆t$ (s) | $$a (m∙s^{-2})$$ | *F* (mN) | *B* (T) |
| 0,020 | 0,050 | 0,61 | 0,24 | 0,37 | 0,272 | 1,35 | 160 | 0,015 |
| 0,021 | 0,048 | 0,58 | 0,25 | 0,33 | 0,273 | 1,20 | 142 | 0,014 |
| 0,020 | 0,052 | 0,61 | 0,23 | 0,38 | 0,274 | 1,37 | 162 | 0,015 |
| 0,019 | 0,048 | 0,64 | 0,25 | 0,39 | 0,282 | 1,38 | 163 | 0,015 |
| 0,019 | 0,049 | 0,64 | 0,25 | 0,39 | 0,281 | 1,40 | 166 | 0,015 |
| 0,020 | 0,050 | 0,61 | 0,24 | 0,37 | 0,265 | 1,38 | 164 | 0,015 |
| 0,022 | 0,046 | 0,55 | 0,27 | 0,29 | 0,280 | 1,03 | 123 | 0,013 |
| 0,020 | 0,050 | 0,61 | 0,24 | 0,37 | 0,279 | 1,31 | 156 | 0,015 |
| 0,020 | 0,050 |  0,61 | 0,24 | 0,37 | 0,275 | 1,33 | 158 | 0,015 |
| 0,021 | 0,050 | 0,58 | 0,24 | 0,34 | 0,280 | 1,20 | 143 | 0,014 |

Obrázek 3.3.6 Graf závislosti magnetické indukce na zrychlení permanentního magnetu – Měření magnetické indukce permanentního magnetu

**Závěr**

Z výsledků naměřených hodnot v tabulce 3.3 plyne, že experimentálně určená hodnota magnetické indukce permanentního magnetu je $B=\left(15\pm 1\right) mT$. Tato hodnota celkem dobře koresponduje s hodnotou $B≐ 14,7 mT$ naměřenou pomocí lineárního měřiče magnetické indukce LMMI-I. Relativní nejistota měření činí $δB=\frac{1}{15}≐7 \%$. Odchylka od hodnoty změřené lineárním měřičem LMMI-I je přibližně 2 %.

Mocninná regresní funkce v grafu na obrázku 3.3.6 odpovídá závislosti magnetické indukce na zrychlení podle vztahu (3.3.1), koeficient u mocninné regresní funkce na obrázku 3.3.6 má hodnotu 0,5.

**Otázky na závěr**

1. Z hodnoty koeficientu regresní funkce (na grafu 3.3.6 má velikost 0,0128) vypočítejte podle vztahu (3.3.1) velikost permeability vakua.

2. Co můžeme pozorovat na obrázku 3.3.2?