

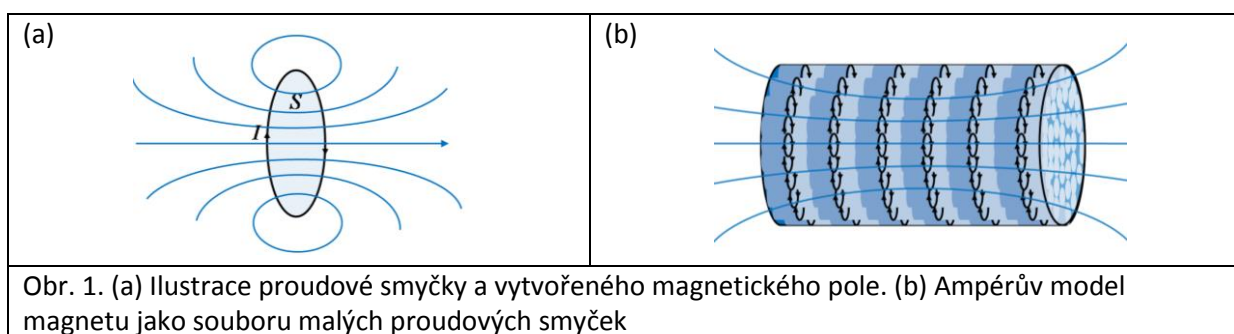
Experimentální úloha 2

Budou zadány dva experimentální problémy. Aparatura na vašem stole bude použita při řešení obou problémů. Máte 5 hodin na řešení obou problémů (1 a 2).

Experimentální úloha 2: Síly mezi magnety, pojetí stability a symetrie

Úvod

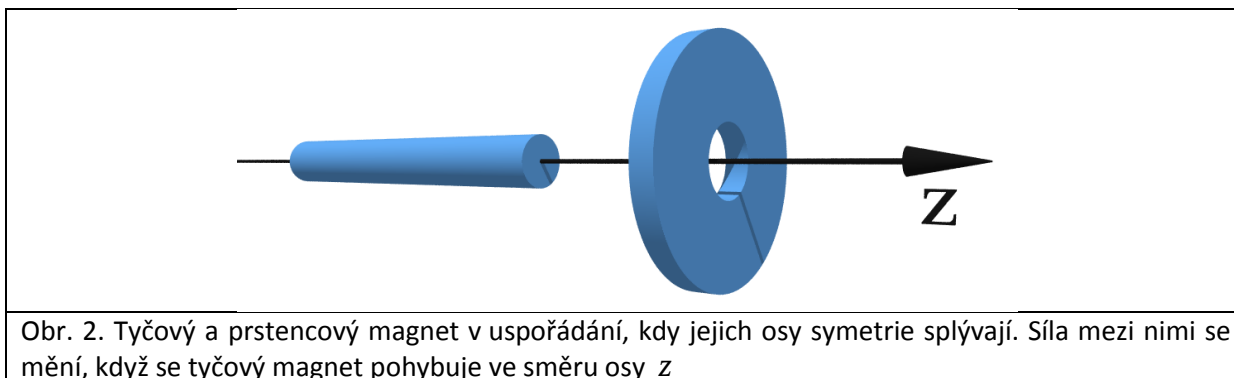
Elektrický proud I procházející smyčkou o obsahu S vytváří magnetický moment o velikosti $m = IS$ [viz obr. 1(a)]. Permanentní magnet můžeme považovat za soubor malých magnetických momentů železa (Fe), každý z nich je analogický magnetickému momentu proudové smyčky. Tento (Ampérův) model magnetu je vyobrazen na obr. 1(b). Celkový magnetický moment je součtem malých magnetických momentů a směřuje od jižního k severnímu pólu.



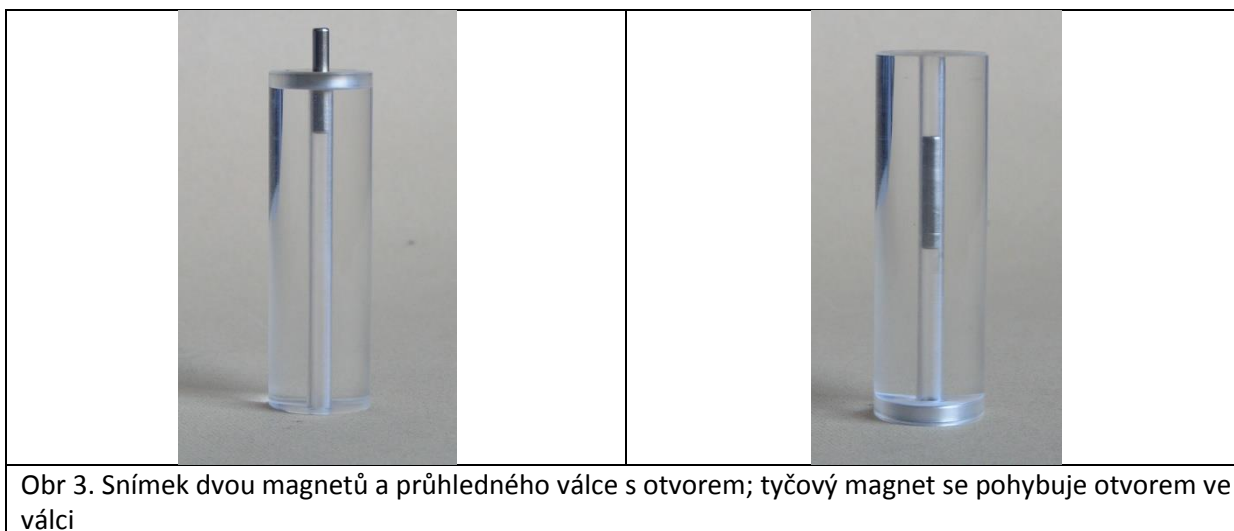
Síly mezi magnety

Výpočet síly působící mezi dvěma magnety ne netriviální teoretická úloha. Je známo, že se stejné póly dvou magnetů odpuzují a opačné póly přitahují. Síla působící mezi dvěma proudovými smyčkami závisí na velikosti proudu ve smyčkách, jejich tvaru a jejich vzájemné vzdálenosti. Změníme-li směr proudu v jedné ze smyček, síla mezi nimi bude mít stejnou velikost, ale opačný směr.

V tomto problému budeš experimentálně vyšetřovat síly mezi dvěma magnety - prstencovým a tyčovým. Zajímá nás geometrické spořádání, ve kterém jsou osy symetrie obou magnetů totožné (viz obr. 2). Tyčovým magnetem lze pohybovat podél osy z zleva skrz prstencový magnet a dále doprava (viz obr. 2). Kromě jiného, budeš mít za úkol změřit sílu mezi magnety a vyjádřit ji jako funkci z . Počátek $z = 0$ odpovídá případu, kdy jsou středy obou magnetů totožné, tedy umístěny ve stejném bodě.



Aby byl zajištěn pohyb tyčového magnetu podél osy symetrie (osa z), prstencový magnet je pevně upevněn uvnitř průhledného válce, který má vyvrtanou úzkou díru podél osy z . Tyčový magnet se tak může pohybovat pouze vyvrtanou dírou podél osy z (viz obr. 3). Magnety jsou zmagnetizovány podél osy z . Díra zjišťuje radiální stabilitu magnetů.

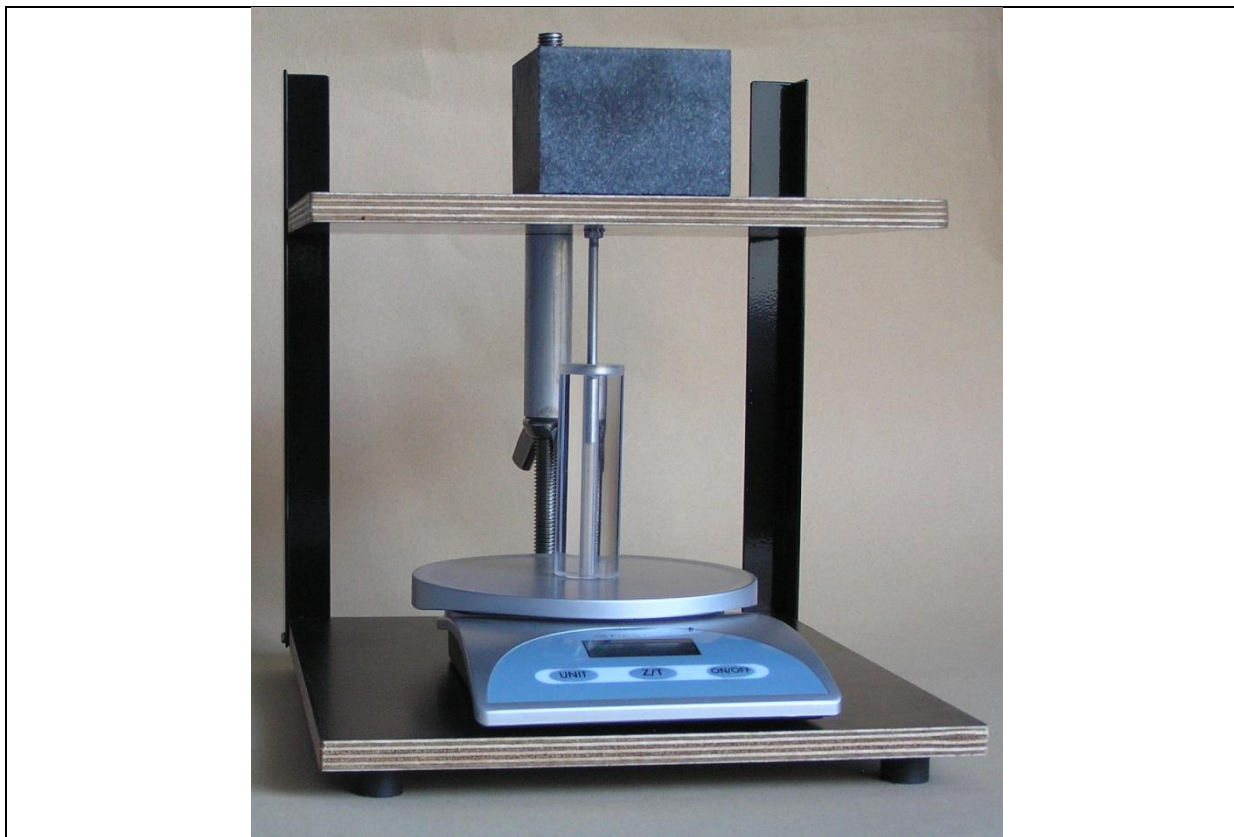


Experimentální uspořádání (2. úloha)

Ve 2. Problému použijte následující pomůcky ležící na vašem stole:

1. Zařízení připomínající lis, dále lis (společně s kamenným těžítkem); viz Pokyny k použití lisu
2. Váhy (měřící hmotnost do 5000g, mající funkci TARA; viz Pokyny k použití vah)
3. Průhledný válec s vyvrtaným otvorem, uvnitř válce je upevněn prstencový magnet
4. Jeden tyčový magnet
5. Jedna dřevěná špejle (k vystrčení magnetu z válce).

Experimentální uspořádání k měření sil mezi magnety je na obr. 4. Horní desku lisu je třeba převrátit vzhůru nohama vůči prvnímu experimentálnímu problému. Úzká hliníková tyčka slouží k tlačení tyčového magnetu otvorem ve válci. Váhy měří sílu (hmotnost). Horní deskou lisu je možné pohybovat nahoru a dolů pomocí křídlové matky. **DŮLEŽITÉ: Při otočení křídlové matice o 360° se matice posune o 2 mm.**



Obr. 4. Fotografie experimentálního uspořádání a způsobu, který máte použít k měření síly mezi magnety

Úlohy

1. Kvalitativně (bez přesného měření) určete všechny rovnovážné polohy mezi dvěma magnety. Uvažujte, že osa z je orientována vodorovně jako na obr. 2 a schematicky je načrtněte do listů odpovědí. Označte, zda jde o rovnovážné stavy stabilní (S) nebo nestabilní (U) a vybarvěte souhlasné póly magnetu, jak je naznačeno pro jednu stabilní rovnováhu v listech odpovědí. Tuto úlohu můžete vyřešit buď teoreticky, nebo si pohrát s magnety použitím vašich šikovných rukou a špejle. (2,5 bodů)
2. Pomocí experimentální aparatury změřte sílu mezi dvěma magnety jako funkci souřadnice z . Nechť kladný směr osy z směřuje dovnitř průhledného válce (síla je kladná, když má směr souhlasný s kladným směrem osy). V konfiguraci, ve které jsou magnetické momenty souhlasné, označte sílu $F_{\uparrow\uparrow}(z)$, a pokud jsou opačné, označte magnetickou sílu $F_{\uparrow\downarrow}(z)$.
Důležité upozornění: Zanedbejte hmotnost tyčového magnetu (tj. neuvažujte vliv gravitaci), a využijte symetrií sil mezi magnety při měření různých částí závislosti. Pokud naleznete nějakou symetrii sil, запиšte ji do listu odpovědí. Zapište svá měření do listu odpovědí, před každou tabulku schematicky nakreslete konfiguraci měření odpovídající dané tabulce (v listu odpovědí je příklad). (3,0 bodů)
3. Z měření z Úlohy 2, narýsujte detailně na milimetrový papír závislost $F_{\uparrow\uparrow}(z)$ pro $z > 0$. Nakreslete schematicky tvary křivek $F_{\uparrow\uparrow}(z)$ a $F_{\uparrow\downarrow}(z)$ (pro kladnou i zápornou poloosu z).

V každém schematickém grafu označte polohy bodů rovnováhy a načrtněte příslušnou konfiguraci magnetů (jako v úloze 1). *(4,0 bodů)*

4. Pokud nezanedbáme hmotnost tyčového magnetu, objeví se kvalitativně nějaká nová stabilní rovnovážná poloha při svislé orientaci osy z ? Pokud ano, nakreslete ji do listu odpovědí jako v úloze 1. *(0,5 bodů)*