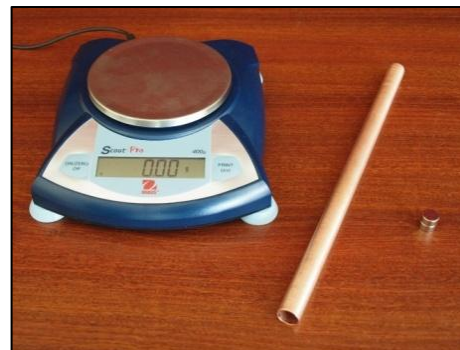




Lenivý magnet

Meranie hmotnosti vodivej rúrky, cez ktorú padá neodýmový magnet, prepája vedomosti o treťom Newtonovom zákone z nižšieho ročníka strednej školy s elektromagnetizmom vo vyššom ročníku. Jednoduchý experiment a ľahko dostupné pomôcky ozrejmujú zložitý pojem elektromagnetická indukcia a Lenzov zákon, pričom tieto vedomosti využívame aj k zopakovaniu a upevneniu zákona akcie a reakcie. Počas fixácie vedomostí v podobe analýzy videomerania sa žiaci môžu presvedčiť o konštantnej rýchlosti magnetu v rúrke a porovnať rýchlosť pádu v závislosti od materiálu rúrky a hmotnosti magnetu.



Interaktívna demonštrácia

Učiteľ predvedie žiakom experiment: spustí neodýmový magnet cez vertikálne položenú vodivú rúrku.

Žiaci zaznamenajú svoje individuálne predpovede na otázky:

- Akou rýchlosťou padá magnet cez neferomagnetickú vodivú rúrku? Zaznačte graf závislosti dráhy na čase padajúceho magnetu.
- Čo myslíte, akú hodnotu budú ukazovať digitálne váhy, ak na ňu položíme rúrku, cez ktorú padá magnet?

Žiaci diskutujú o svojich predpovediach s najbližšími susedmi. Predikcie modifikované počas diskusie si opäť zaznačia. Učiteľ zisťuje žiacke predpovede, nekomentuje ich ani nehodnotí, ktorá odpoveď je správna a ktorá nie. Zozbiera a prezentuje žiacke predikcie, pričom žiaci môžu hlasovať o ich správnosti.

Učiteľ zopakuje experiment: spustí neodýmový magnet cez vertikálne položenú vodivú rúrku a analyzuje so žiakmi príčiny pohybu magnetu. Žiaci sa môžu o konštantnej rýchlosti magnetu presvedčiť analýzou videomerania. Z grafu závislosti dráhy na čase by mali prísť na to, že sklon grafu súvisí s rýchlosťou. V grafe si môžu všimnúť, že magnet najprv zrýchľuje. Žiaci môžu vypočítať a porovnať čas potrebný na ustálenie rýchlosti v rúrkach z rôznych kovov. Mali by prísť na to, že čas potrebný na ustálenie rýchlosti súvisí s veľkosťou indukovaných prúdov, t.j. od materiálu rúrky.

Učiteľ realizuje druhú časť experimentu: Magnet spustí cez rúrku položenú na digitálnych váhach a spolu s celou triedou pozoruje hmotnosť sústavy (rúrka a magnet) na displeji váh. Je dôležité, aby celá trieda mohla sledovať výsledné hodnoty z digitálnych váh, napr. cez dataprojektor.

Žiaci si zaznačia výsledky a diskutujú o nich. Učiteľ usmerňuje diskusiu, aby od žiakov získal argumenty a vysvetlenia súvisiace s realizovaným experimentom. V nasledujúcom texte sú uvedené otázky a odpovede vhodné do diskusie. Učiteľ smeruje diskusiu k zdôrazneniu zákona Akcie a reakcie.

V závere so žiakmi diskutuje o analogických fyzikálnych situáciách, napr. závislosť rýchlosti pádu magnetu od materiálu rúrky a hmotnosti magnetu. Žiaci sa môžu o daných závislostiach presvedčiť analýzou videomerania.

- Čo sa stane, ak pustím magnet v gravitačnom poli Zeme?
- Opíšte pád magnetu v nevodivej (sklenenej, umelohmotnej) rúrke.
- Nastane zmena, ak bude padať cez neferomagnetickú vodivú rúrku?
- Opíšte správanie neferomagnetického látky v blízkosti magnetu.
- Čo značí, že rúrka je vodivá? Aké pole vzniká v okolí vodiča s prúdom?
- V okolí akých telies vzniká nestacionárne magnetické pole?
- Ako vplýva (nestacionárne) magnetické pole magnetu na rúrku?
- Popremýšľajte, aké podmienky musia byť splnené, aby sa v rúrke indukovalo napätie. Ako sa nazýva tento zákon?
- Vyjadrite vlastnými slovami znenie Lenzovho zákona. Opíšte vplyv tohto zákona na náš prípad.
- Akým princípom meriame hmotnosť telesa pomocou váh?



- Čo myslíte, akú hodnotu budú ukazovať digitálne váhy, ak na ňu položíme neferomagnetickú rúrku, cez ktorú padá magnet?
- Dotýka sa padajúci magnet priamo stien rúrky? Má jeho tiaž vplyv na výslednú hodnotu tejto sústavy? Prečo?

Pripomeňme si niekoľko faktov

Magnet spustíme cez neferomagnetickú kovovú rúrku. Keďže sa nachádzame v gravitačnom poli Zeme, očakávali by sme voľný pád magnetu. Situácia je prekvapujúca – pozorujeme pomalý pád magnetu. Vplyvom elektromagnetickej indukcie vznikajú v rúrke indukované prúdy. Z Lenzovho zákona vieme, že indukovaný prúd v uzavretom obvode pôsobí svojimi účinkami proti zmene, ktorá ho vyvolala. Magnetická sila teda spomaľuje magnet a svojimi účinkami kompenzuje tiažovú silu magnetu ($G = mg$). Preto magnet padá v rúrke konštantnou rýchlosťou. Jeho zrýchlenie je nulové, a preto aj výsledná sila pôsobiaca na magnet je rovná nule (prvý Newtonov zákon).

Aké sily pôsobia na magnet a rúrku?

Pri vážení na miskú váh (v gravitačnom poli Zeme) pôsobí teleso svojou tiažou v zmysle fyzikálnej definície $G = m_T g = \rho_T V_T g$, kde m_T je hmotnosť telesa a g je gravitačné zrýchlenie. Tiaž je tlaková sila, ktorou teleso v gravitačnom poli zeme pôsobí na podložku, pôsobisko tiaže je na dotykovej ploche telesa s podložkou. Uvažujeme, že padajúci magnet nie je v kontakte so stenami rúrky, preto svojou tiažou nepôsobí na miskú váh priamo.

Na obrázku sú znázornené dve sily, ktoré pôsobia na magnet – tiažová sila mg a magnetická sila F_m , ktorá ho „nadhľahčuje“. Rúrka vyvíja smerom nahor magnetickú silu F_m pôsobiacu na magnet, ktorá vyplýva z Lenzovho zákona (očakávame, že jej veľkosť je rovná tiaži magnetu mg , ktorý padá konštantnou rýchlosťou). Podľa tretieho Newtonovho zákona preto musí vznikáť smerom nadol reakcia rovnako veľkej sily pôsobiacej na rúrku. Potom má na miskú váh účinok sila: $F'_m = mg$, (1),

kde m je hmotnosť magnetu a g je gravitačné zrýchlenie.

Sily pôsobiace na rúrku sú znázornené na obrázku vpravo – tiažová sila Mg , normálová sila misky váh N a vyššie spomenutá reakcia na magnetickú silu F'_m . Veľkosť výslednej sily, ktorou táto sústava pôsobí na miskú váh je:

$$N = Mg + F'_m = Mg + F_m = Mg + mg, \quad (2)$$

kde M je hmotnosť rúrky, m hmotnosť magnetu a g gravitačné zrýchlenie.

Druhý krok ($N = Mg + F_m$) vychádza z tretieho Newtonovho zákona a tretí krok ($N = Mg + mg$) z popisu k rovnici (1). Digitálne váhy by potom mali ukazovať výslednú tiažovú silu sústavy ako súčet veľkosti tiaže rúrky a tiaže magnetu.

Pri zisťovaní hmotnosti sústavy (kovová rúrka a magnet) kladieme magnet na hornú časť vertikálne položenej rúrky. Ak položíme silný magnet priamo na váhy, kvôli jej magnetickým častiam neukáže presnú hmotnosť magnetu. Magnetickú interakciu medzi silným magnetom a váhami (hmotnosť so znamienkom mínus na displeji váh) môžeme pozorovať, ak magnet priblížime k váham, bez priameho dotyk.

