

Ověření platnosti

2. Newtonova pohybového zákona

Cíle

Ověřit, že platí 2. Newtonův pohybový zákon, tedy že zrychlení soustavy těles je přímo úměrné výslednici sil působících na soustavu a nepřímo úměrné celkové hmotnosti soustavy.

Podrobnější rozbor cílů

Cílem je ukázat nejen platnost 2. Newtonova zákona, ale také vliv tření, momentu setrvačnosti kladky apod. na výsledky experimentu. Dále diskutovat hodnoty zobrazené v grafu závislosti vzdálenosti na čase a v grafu závislosti rychlosti na čase.

Zadání úlohy

Změřte závislost vzdálenosti vozíku na čase a závislost rychlosti vozíku na čase. Z grafu závislosti rychlosti na čase určete hodnotu zrychlení vozíku a porovnejte ji s hodnotou vypočítanou z 2. Newtonova zákona. Diskutujte výsledky měření.

Pomůcky

počítač s DataStudiem, USB Link, senzor polohy a pohybu Pasco, vozíčková dráha Pasco, vozík se závažími, sada závaží, provázek, kladka, stojan

Zařazení do výuky

Tato demonstrační úloha spadá podle RVP do učiva *Dynamika pohybu – první, druhý a třetí pohybový zákon, inerciální soustava; hybnost tělesa; třecí síla; zákony zachování hmotnosti a hybnosti* a plní se jí očekávané výstupy *Využívá (Newtonovy) pohybové zákony k předvídání pohybu těles, využívá zákony zachování některých důležitých fyzikálních veličin při řešení problémů a úloh, měří vybrané fyzikální veličiny vhodnými metodami, zpracuje a vyhodnotí výsledky měření.*

Časová náročnost

Vysvětlení úlohy, její změřením a diskusi výsledků měření lze stihnout během jedné vyučovací hodiny.

Návaznost experimentů

Navázat lze např. úlohou na měření třecí síly.

Teoretický úvod

2. Newtonův zákon (zákon síly) se týká výpočtu zrychlení \vec{a} , které uděluje v inerciální soustavě tělesu výsledná síla \vec{F} působící na těleso (těleso v tomto případě nahrazujeme hmotným bodem). Říká, že velikost zrychlení hmotného bodu je přímo úměrná velikosti výslednice sil působících na hmotný bod a nepřímo úměrná hmotnosti hmotného bodu. Směr zrychlení je stejný jako směr výslednice sil. Matematicky lze tento zákon psát ve tvaru

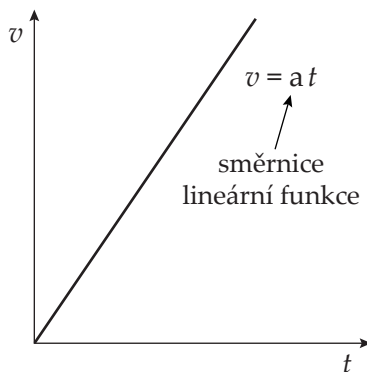
$$a = \frac{F}{m}, \quad (1)$$

kde a je velikost zrychlení hmotného bodu, F velikost výslednice sil působících na hmotný bod a m hmotnost hmotného bodu. Zákon lze zobecnit i na výpočet zrychlení izolované soustavy těles. Pokud se jedná o soustavu těles, pak za hmotnost m bereme hmotnost celé soustavy, síla F je opět dána výslednicí sil působících na tuto soustavu. Jestliže se tedy nemění velikost ani směr výslednice sil a nemění-li se ani hmotnost soustavy, pak je také velikost zrychlení konstantní. V tomto případě koná soustava rovnoměrně zrychlený přímočarý pohyb.

Z kinematiky hmotného bodu vyplývá, že pro tento druh pohybu je velikost rychlosti v přímo úměrná době trvání pohybu t (viz obr. 1). Pokud pohyb začíná z klidu, platí

$$v = at \quad (2)$$

Zrychlení je potom dáno směrnicí tečny lineární funkce zobrazující závislost rychlosti na čase.



Obr. 1: Graf závislosti rychlosti rovnoměrně zrychleného pohybu na čase

Motivace

Co způsobuje zrychlování těles? Na čem velikost tohoto zrychlování závisí?

Postup práce

Sestavíme měřicí aparaturu (viz obr. 2). Vzdálenost senzoru polohy a pohybu od dorazu volíme asi 1,7 m. Pokud zanedbáme třecí sílu, je výslednou silou způsobující zrychlení soustavy tíhová síla působící na závaží o hmotnosti m . Pro velikost zrychlení soustavy můžeme tedy podle vztahu (1) psát

$$a = \frac{mg}{m + M}, \quad (1)$$

kde m je hmotnost závaží, M hmotnost vozíku a g velikost tíhového zrychlení.



Obr. 2: Foto uspořádání experimentu Ověření 2. Newtonova zákona

Nastavení HW a SW

Senzor polohy a pohybu připojíme k rozhraní USB Link a rozhraní připojíme pomocí USB kabelu k počítači.

Spustíme program DataStudio a zvolíme možnost *Vytvořit experiment*. Připojené čidlo by se mělo automaticky detekovat a v okně *Data* se zobrazí název měřené veličiny (*Position*). V menu *Setup* zatrhneme název *Velocity* a nastavíme vzorkovací frekvenci na 20 Hz. V otevřeném okně *Experiment Setup* v záložce *Vzorkování* zvolíme možnost *Automatický Stop*. V nově otevřeném okně zvolíme možnost *Data z měření* a doplníme možnost *Je nad* a *1,5 m*. Potvrdíme *OK* a okno zavřeme. Změníme název *Position* na *Vzdálenost* dvojím poklepáním levým tlačítkem myši na název *Position*. V nově otevřeném okně přepíšeme v *Názvu měření* a *Názvu proměnné Position* na *Vzdálenost*. Stejným způsobem změníme název *Velocity* na *Rychlost*.

Vytvoříme graf závislosti rychlosti na čase přetažením se stisknutým levým tlačítkem myši názvu *Rychlost* z okna *Data* do okna *Displays*, záložky *Graph*. Grafy upravíme tak, aby byly dobře viditelné.

Vlastní měření a záznam dat

Prázdný vozík dáme těsně k senzoru polohy a pohybu, stiskneme tlačítko *Start* a vozík pustíme. V obou grafech se zobrazí požadované závislosti. K určení zrychlení použijeme graf závislosti rychlosti na čase. V grafu pomocí tlačítka *Zoom výběru* označíme tu část, kdy rychlost roste lineárně s časem. Dále rozbalíme nabídku *Fitování* a zvolíme možnost *Lineární Fitování*. V nově otevřeném okně se zobrazí charakteristiky lineární funkce. Z nich si zapíšeme do připravené tabulky hodnotu parametru m , což je hodnota směrnice lineární funkce, a tedy i hodnota zrychlení a soustavy. Po zaznamenání této hodnoty zvolíme v menu *Experiment* možnost *Smazání posledního měření* a měření zopakujeme pro další dvě hodnoty hmotnosti závaží m . Stejná měření provedeme pro vozík zatížený závažími o hmotnosti 250 g a 500 g.

Analýza naměřených dat

Naměřená data doplníme do připravené tabulky a porovnáme je s teoreticky vypočítanými hodnotami zrychlení podle vztahu (3). Vysvětlíme odchylky mezi naměřenými a vypočtenými hodnotami. Pokusíme se vysvětlit, co vidíme v grafu závislosti vzdálenosti na čase a ve zbývajících částech grafu závislosti rychlosti na čase.

Technická úskalí, tipy a triky

Nastavení vzdálenosti senzoru polohy a pohybu od dorazu závisí na výšce závaží nad podlahou.

Hodnocení výsledků

Žáci by měli z naměřených dat zjistit, že vypočítané hodnoty jsou vždy o něco větší než naměřené hodnoty. Vysvětlením je tření mezi vozíkem a dráhou, dále pak roztáčení kladky. Dále by měli popsat zbývajících částí grafů.