

1.1.6 Měření pohybu

Předpoklady: 010105

Pomůcky: papírový šnek

Pedagogická poznámka: Pokud nebudete provádět pokus se šnekem (což nedoporučuji, žákům se pokus líbí), můžete stihnout látku této a následující hodiny za jednu hodinu, když vynecháte úvodní příklady na hustotu a urychlíte rozbor metody měření.

Př. 1: Ve dvou nádobách jsou nality dvě kapaliny. První kapalina má větší hmotnost než druhá. Na základě této informace rozhodni o pravdivosti následujících tvrzení.

- Druhá kapalina má menší hmotnost než první.
- První kapalina má menší hustotu než druhá.
- Druhá kapalina má menší objem než první.

a) Druhá kapalina má menší hmotnost než první.

Pravda.

b) První kapalina má menší hustotu než druhá.

Nejde rozhodnout. Nevíme, jaké jsou objemy obou kapalin \Rightarrow nemůžeme z hmotnosti rozhodnout o hustotách.

c) Druhá kapalina má menší objem než první.

Nejde rozhodnout. Nevíme, jaké jsou hustoty obou kapalin \Rightarrow nemůžeme z hmotnosti usuzovat na objemy.

Př. 2: Během tuhnutí se objem vosku zmenší. Jak se přitom změní jeho hustota?

Hmotnost se nezmění, objem se zmenší \Rightarrow hustota vzroste (ve zlomku $\rho = \frac{m}{V}$ se zmenší hodnota jmenovatele).

Př. 3: Při pumpování duše se její objem téměř nemění, ale podstatně se zvětší počet částic vzduchu v duši. Jak se při tom mění jeho hustota?

Hmotnost roste, objem se nemění \Rightarrow hustota vzroste (ve zlomku $\rho = \frac{m}{V}$ se zvětší hodnota čitatele).

Př. 4: Hustota oleje je 800 kg/m^3 . Kolik litrů oleje váží 4 kg?

$$\rho = 800 \text{ kg/m}^3, m = 4 \text{ kg}, V = ?$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{\rho} = \frac{4}{800} \text{ kg} = 0,005 \text{ m}^3 = 5 \text{ l}$$

4 kg váží 5 litrů oleje.

Př. 5: Hustota oleje je 800 kg/m^3 . Jakou hmotnost má 23 litrů toho oleje?

$$\rho = 800 \text{ kg/m}^3, V = 23 \text{ l} = 0,023 \text{ m}^3, m = ?$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = V \cdot \rho = 800 \cdot 0,023 \text{ kg} = 18 \text{ kg}$$

23 litrů oleje má hmotnost 18 kg.

Pedagogická poznámka: U předchozích příkladů se snažím důsledně vycházet ze vzorce

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ a tlačit na žáky, aby si zbytečně nepamatovali všechny tři tvary.}$$

Př. 6: Předmět z látky B má dvakrát větší objem a třikrát větší hmotnost než předmět z látky A . Porovnej hustoty (odhadem i kvantitativně pomocí vzorce) látek A a B .

Hmotnost látky B se oproti látce A zvětšila víckrát než se zvětšil její objem \Rightarrow hustota látky B je větší než látky A .

$$\text{Pomocí vzorce: látka } A \quad \rho_A = \frac{m_A}{V_A},$$

$$\text{předmět z látky } B \text{ je dvakrát větší: } V_B = 2V_A,$$

$$\text{předmět z látky } B \text{ má třikrát větší hmotnost: } m_B = 3m_A.$$

$$\text{Hustota látky } B: \rho_B = \frac{m_B}{V_B} = \frac{3m_A}{2V_A} = \frac{3}{2} \frac{m_A}{V_A} = \frac{3}{2} \rho_A.$$

Hustota látky B je o polovinu větší než hustota látky A .

Př. 7: Předmět z látky B má dvakrát menší hustotu a třikrát větší hmotnost než předmět z látky A . Porovnej objemy (odhadem i kvantitativně pomocí vzorce) obou předmětů.

Objem předmětu se zvětšuje s rostoucí hmotností a s klesající hustotou látky, předmět B má větší hmotnosti i menší hustotu \Rightarrow objem předmětu B bude větší (šestkrát).

$$\text{Pomocí vzorce: } \rho = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{\rho}.$$

$$\text{předmět z látky } B \text{ má poloviční hustotu: } \rho_B = \frac{1}{2} \rho_A,$$

$$\text{předmět z látky } B \text{ má třikrát větší hmotnost: } m_B = 3m_A.$$

$$\text{Objem látky } B: V_B = \frac{m_B}{\rho_B} = \frac{3m_A}{\frac{1}{2} \rho_A} = \frac{3}{\frac{1}{2}} \frac{m_A}{\rho_A} = 6 \frac{m_A}{\rho_A} = 6 V_A.$$

Předmět z látky B je šestkrát větší než předmět z látky A .

Př. 8: Předmět z látky B má o polovinu větší hustotu než předmět z látky A , který však má dvakrát větší objem. Porovnej hmotnosti (odhadem i kvantitativně pomocí vzorce) obou předmětů.

Hmotnost předmětu roste s objemem i hustotou látky, předmět B má větší hustotu, ale menší objem (výrazněji) \Rightarrow hmotnost předmětu B bude menší.

Pomocí vzorce: $\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = V \rho$.

předmět z látky B má o polovinu větší hustotu: $\rho_B = \rho_A + \frac{1}{2} \rho_A = \frac{3}{2} \rho_A$,

předmět z látky A má dvakrát větší objem: $V_A = 2V_B \Rightarrow V_B = \frac{1}{2} V_A$.

Hmotnost látky B : $m_B = V_B \rho_B = \frac{1}{2} V_A \frac{3}{2} \rho_A = \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{2} V_A \rho_A = \frac{3}{4} m_A$.

Předmět z látky B je o čtvrtinu lehčí než předmět z látky A .

Většina fyzikálních kursů začíná stejně – studiem pohybu - asi nejnápadnějšího fyzikálního jevu. Tato část fyziky se nazývá **kinematika (hmotného bodu)**.

Jako začátečníci si budeme klást nižší cíle a prozkoumáme něco, co se pohybuje opravdu pomalu - šneka.

Pedagogická poznámka: K provedení pokusu. Pokud je počasí nepříznivé a šneka nechytíte venku, můžete jej koupit v akvaristice. Šneka položíme fólii a tu na svítící meotar. Teplo, které zahřívá fólii motivuje šneka k pohybu. Na stěnu připevníte papír a podle stínu šneka zaškrťujeme jeho polohu. Po skončení pokusu můžete promítnout milimetrovou síť a odečítat s její pomocí nebo měřit na papíře pomocí pravítka a pomocí měřítka převádět na skutečných velikostí. Nejvýhodnější je umístit meotar tak, aby měřítko umožňovalo snadný přepočet (například vzdálenost na papíře je pětkrát větší než skutečná vzdálenost). Šneci mají obvykle tendenci se pohybovat poměrně rovnoměrně. Protože o to v tuto chvíli nestojím, domlouvám se některým žákem, aby v takovém případě praštil šneka přes růžky, což ho trochu zbrzdí. Šneků se snažím nasbírat víc, před vlastním měřením je vypustím na meotar všechny a na měření vyberu nejčilejšího. Je samozřejmě lepší, když žáci zpracovávají hodnoty, které sami naměřili. Mě k tomu slouží excelovský soubor, do kterého zadám hodnoty a on všechny příklady v následujících hodinách vypočítá.

Nejdříve si šneka pustíme bez měření.

Co je pohyb?

Pohyb = změna polohy v čase \Rightarrow musíme měřit polohu (nebo vzdálenost, kterou urazil) a čas.

Nejjednodušší možnost: Změříme polohu na začátku, polohu na konci pohybu a čas, jak dlouho pohyb trval.

Nevýhody: Hodně nám toho uteče. Nepoznáme, jestli šnek lezl pomalu celou dobu, nebo rychle a někde se zastavil. Pokud by lezl se zastávkou, nevíme, zda ji měl na začátku nebo na konci pohybu (nebo uprostřed) \Rightarrow Ve skutečnosti v takovém případě, nevíme nic o tom, co se dělo mezi začátkem a koncem pohybu. Máme jenom nějaké „průměrné“ hodnoty.

Řešení: Polohu šneka nebudeme měřit pouze na začátku a konci pohybu, ale v pravidelných intervalech (například po pěti sekundách).

Pedagogická poznámka: Předchozí úvahu provádíme se třídou společně. Společně se snažíme hledat chyby prvotního návrhu (který je vždycky stejný), společně ho vylepšujeme, hlavně tím, že vymýšlíme pohyby, které aktuální metoda nerozliší.

Př. 9: Odhadni, jak při pravidelném měření polohy šneka rozeznáme z naměřených výsledků pohybu zmiňované v předchozím odstavci:

- a) rovnoměrný pomalý pohyb;
- b) rychlejší pohyb s přestávkou na konci;
- c) rychlejší pohyb s přestávkou na začátku.

Zkus vymyslet takové dva pohyby, které metoda měření po konstantním časovém úseku nerozliší.

a) rovnoměrný pomalý pohyb

Mezi naměřenými polohami budou neustále malé přibližně stejné rozdíly.

b) rychlejší pohyb s přestávkou na konci

Rozdíly mezi polohami budou větší než při pomalejším pohybu. Na konci, když šnek zastaví, budou polohy po několik měření stejné.

c) rychlejší pohyb s přestávkou na začátku

Stejně polohy se budou vyskytovat na začátku pohybu, pak se budou polohy lišit.

Naše metoda by selhala v případě, že by šnek udělal zastávku na velmi krátkou dobu a my mu mezitím nezměřili polohu vícekrát.

Při měření polohy po pravidelných časových intervalech, nezachytíme změny, které jsou kratší než tento interval. Tento problém není možné odstranit \Rightarrow validita výsledků závisí na správně zvoleném intervalu.

Právě proto jsme si vybrali šneka. Nedělá rychlé pohyby, a tak nám bude jako časový interval stačit 5 s.

Poznámka: Přesně stejný postup se doopravdy používá. Například film je fotografickým zachycením polohy všech předmětů po 1/24 sekundy, při nahrávání hudby na CD se měří hladina zvuku za 1 sekundu 44100 krát (tedy po 0,000023 s).

Pravítkem můžeme měřit vzdálenosti s přesností na 1 mm. Co znamená: „Změříme polohu šneka“?

Změříme si vzdálenost šneka od nějakého počátečního místa.

Problém: Které místo na šnekovi si vybereme?

Řešení: Zvolíme na šnekovi bod, který dobře reprezentuje jeho pohyb a jehož polohu bychom mohli snadno měřit. \Rightarrow V našem případě jdou obě předchozí podmínky proti sobě. Bylo by vhodné měřit polohu libovolného bodu na uliti, ale vzhledem k tomu, že šneka promítáme na stěnu a ulitu nevidíme, budeme měřit pohyb konce jeho nohy.

Př. 10: Jaké nevýhody může přinést volba konce nohy jako měřeného bodu?

Například ve chvíli, kdy šnek zastaví a schová si nohu do ulity, se nám bude zdát, že se hýbá, protože konec nohy se při zasunování hýbá, i když ulita zůstává na místě.

Při měření nezanedbatelně malého předmětu, volíme na něm vhodný bod, jehož pohyb poté sledujeme. Zvolený bod pak reprezentuje pohyb celého předmětu. Nahradili jsme předmět bodem (říkáme hmotným bodem).

Hmotný bod je zjednodušení a ve skutečnosti žádný neexistuje. Bod už známe z geometrie. Je to objekt, který nemá žádný rozměr, tečka s nulovým průměrem. Hmotný bod je bod, kterému připisujeme hmotnost.

Učeně se říká, že jsme provedli idealizaci a nahradili jsme reálný předmět hmotným bodem.

Oprávněnost této idealizace závisí na:

- velikosti předmětu;
- velikost dráhy, kterou urazí;
- míře detailů, které chceme sledovat.

Př. 11: Rozhodni, ve kterých z následujících příkladů je možné nahradit pohyb předmětu pohybem hmotného bodu:

- a) Auto jede z Prahy do Brna.
- b) Skokan skáče do dálky a my chceme zjistit techniku skoku.
- c) Moucha létá po místnosti a chceme znát její rychlost.
- d) Sledujeme let koule vystřelené z děla.
- e) Země obíhá kolem Slunce.
- f) Sledujeme pohyb mouchy z hlediska částí jejího těla (třeba, jak mává křídly).

a) Auto jede z Prahy do Brna.

Auto je proti vzdálenosti, kterou ujede, strašně malé a žádné detaily jeho pohybu nás nezajímají \Rightarrow můžeme ho považovat za hmotný bod.

b) Skokan skáče do dálky a my chceme zjistit techniku skoku.

Skokan proti vzdálenosti, kterou skočí docela velký a zajímají nás podrobnosti (pohyb nohou, rukou atd.) \Rightarrow nemůžeme ho považovat za hmotný bod.

c) Moucha létá po místnosti a chceme znát její rychlost.

Moucha je oproti místnosti poměrně malá a nezajímají nás podrobnosti \Rightarrow můžeme ji považovat za hmotný bod.

d) sledujeme let koule vystřelené z děla

Koule je malá oproti vzdálenosti, kterou má uletět \Rightarrow můžeme ji považovat za hmotný bod

e) Země obíhá kolem Slunce

Země je oproti vzdálenosti od Slunce velmi malá \Rightarrow můžeme ji považovat za hmotný bod

f) sledujeme pohyb mouchy z hlediska částí jejího těla (třeba, jak mává křídly)

Zajímají nás podrobnosti \Rightarrow nemůžeme ji považovat za hmotný bod.

Shrnutí: Pohyb předmětů zachycujeme tím, že měříme jejich polohu v pravidelných časových intervalech. Změny pohybu trvající kratší dobu než interval měření nezachytíme.