

1.1.6 Rovnoměrný pohyb I

Předpoklady: 1105

Kolem nás se nepohybují jenom šneci. Existuje mnoho různých druhů pohybu. Začneme od nejjednoduššího druhu pohybu – rovnoměrného pohybu.

Př. 1: Uveď příklady rovnoměrných pohybů.

auto, které jede pořád stejně rychle
člověk, který stejně rychle jde
vlak jedoucí po rovné trati stálou rychlostí
...

Ze všech příkladů se ozývá jako poznávací znamení „stejnou rychlostí“. Zkusíme si prozkoumat jeden z příkladů rovnoměrného pohybu. Sledování auta nebo vlaku by bylo příliš náročné \Rightarrow použijeme hračku

Pedagogická poznámka: Nalezení vhodné hračky pro měření rovnoměrného pohybu není v současné době tak jednoduché jako dříve. Nejlepší jsou různé druhy pásáků nebo tanků na baterii bez dálkového ovládání. Dobře drží směr a jedou opravdu velmi rovnoměrně. Koupit takto jednoduchou hračku je v současné době takřka nemožné, protože se nevyrábějí. Všechna v současnosti prodávaná auta mají dálkové ovládání, umí zatáčet (což v našem pokusu samozřejmě vadí) a jezdí poměrně rychle. Hračky na setrvačnick nejsou vhodné, protože rovnoměrně nejezdí.

Př. 2: Navrhni prakticky realizovatelný postup, jak s třídou studentů změřit co nejpřesněji pohyb jezdícího autíčka.

Stejně jako u šneca nebudeme schopni zajistit okamžité odečítání hodnot jedním člověkem \Rightarrow jeden student hlásí časy měření, ostatní studenti rozmístění podél předpokládané dráhy pokládají značky nebo rovnou odečítají hodnoty

V následující tabulce jsou hodnoty, které jsme získali při měření rovnoměrného pohybu pásového transportéru na baterky.

| | | | | | | | | | | |
|----------|---|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| t [s] | 0 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 | 27 |
| s [cm] | 0 | 27 | 56 | 78 | 120 | 150 | 180 | 214 | 248 | 278 |
| v [cm/s] | | | | | | | | | | |

Př. 3: Urči rychlosti (s přesností na jedno desetinné místo) hračky v jednotlivých intervalech a doplň je do tabulky.

| | | | | | | | | | | |
|--------|---|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| t [s] | 0 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 | 27 |
| s [cm] | 0 | 27 | 56 | 78 | 120 | 150 | 180 | 214 | 248 | 278 |

| | | | | | | | | | | |
|------------|--|---|-----|-----|----|----|----|------|------|----|
| v [cm/s] | | 9 | 9,7 | 7,3 | 14 | 10 | 10 | 11,3 | 11,3 | 10 |
|------------|--|---|-----|-----|----|----|----|------|------|----|

Pedagogická poznámka: Je důležité zadat příklad a nepočítat žádné hodnoty na tabuli.

Studenti by měli z minulé hodiny znát správný postup, přesto hodnoty správně spočítá tak třetina z nich. Většina chybujících používá vzorec ze základní školy

$$v = \frac{s}{t}$$

(pozná se hned v třetím sloupci u druhé hodnoty rychlosti), u těch se bavíme

o tom, jestli je rozumné, aby rychlost mezi 15. a 18. sekundou záležela na tom, jak auto jelo na úplném začátku pohybu.

Druhá skupina si neuvědomí, že tabulka neobsahuje řádek s hodnotami Δs a mechanicky dělí hodnoty dráhy délkou intervalu. Získají tím hodnoty, které neustále rostou. Ptám se jich zda je rozumné, aby rychlost hračky, která jede stále stejnou rychlostí, takovým způsobem rostla.

Pokud studenti chtějí do tabulky přidat další řádku s Δs nebráním jim, ale nevyžadují to.

Divné: Hračka se sice pohybovala rovnoměrně, ale hodnoty rychlostí nejsou všechny stejné!!

Fakt, že hodnoty rychlosti nejsou stejné neznámá, že se hračka nepohybovala rovnoměrně. Všechny naměřené hodnoty, jsou vždy zatíženy chybou a proto nemůžeme očekávat, že by hodnoty rychlostí vyšly stejné.

Př. 4: Najdi některé z příčin, které mohly způsobit nepřesnosti při měření dráhy hračky a vyústit do rozdílných hodnot rychlosti v jednotlivých intervalech.

špatné odečtení času na stopkách

špatné hlášení času

pozdní nebo ukvapená reakce na nahlášený čas

nepřesné položení značky

špatné odečtení dráhy

Z předchozího je zřejmé, že není možné očekávat, že by při takto nepřesně měřeném pokusu vyšly všechny hodnoty rychlosti stejné. Pokud bychom měřili přesněji, hodnoty rychlostí by se od sebe lišily méně, ale přesně stejné hodnoty není možné očekávat nikdy.

Nevíme také, zda se hračka pohybovala opravdu přesně rovnoměrně, zda třeba nerovnosti podlahy nebo nečistoty v hračce nezpůsobily malé kolísání rychlosti.

Jednou z nejdůležitějších částí fyziky je metodika, která se zabývá měřením a výpočtem chyb. Při opravdových vědeckých pokusech se vždy určuje i velikost chyby měření, aby bylo možné odhadnout, co je ještě reálný jev, a co už je odchylka způsobená chybou.

Rovnoměrný pohyb se vyznačuje tím, že rychlosti ve všech intervalech jsou přibližně stejné. (míra přibližnosti, kterou je ještě možné akceptovat, závisí na podmínkách a přesnosti měření).

Pedagogická poznámka: Předchozí diskuse je pro budoucnost výuky fyziky zcela zásadní. Studenti bývají během svého vzdělávání zpravidla velmi málo konfrontováni s pokusy a už jen velice zřídka s měřením. Fyzikální děje (ale všeobecně všechny předměty) jsou jim předkládány ve značně zidealizované podobě, se kterou se v životě nikdy nesetkají a tak dospívají k názoru, že látka, kterou se učí ve škole, nemá s realitou nic společného.

Př. 5: Prohledni si tabulku s vypočtenými hodnotami rychlosti a odhadni, která z hodnot dráhy byla zřejmě změřena špatně a jaká měla být její skutečná hodnota.

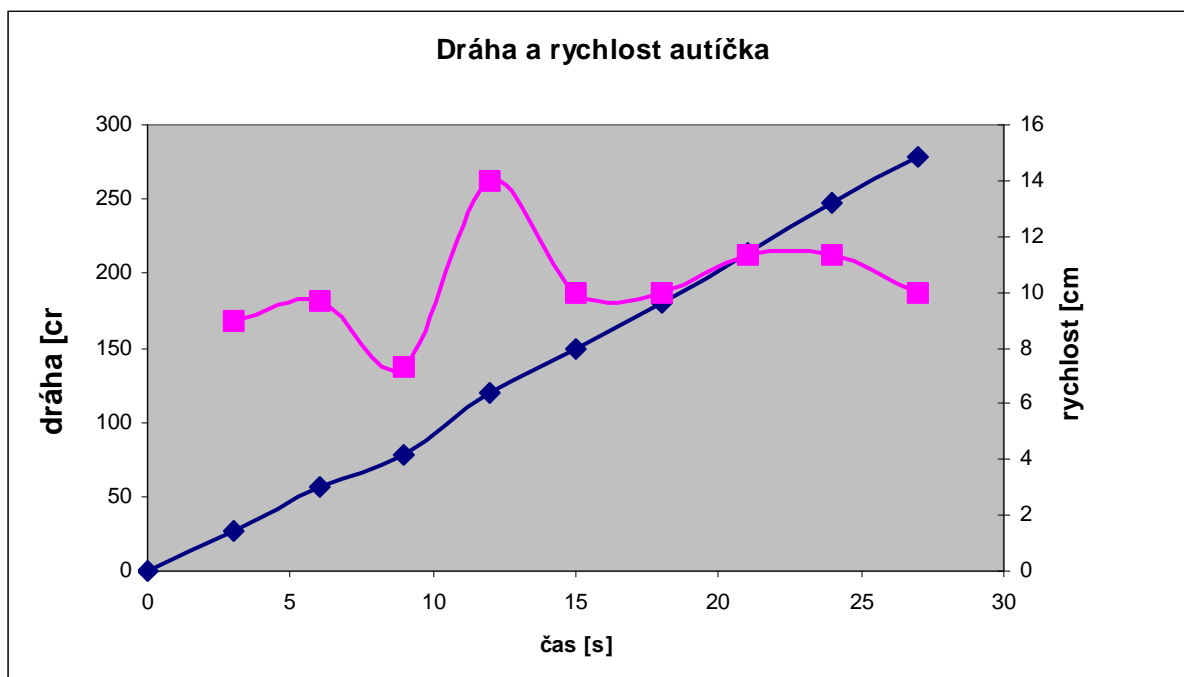
nejvíce se od sebe liší rychlost od 6. do 9. sekundy (7,3 cm/s) a od 9. do 12. sekundy (14 cm/s) \Rightarrow hodnota dráhy v 9 sekundě je zřejmě špatně změřená a měla by být větší (tím se první rychlost zvětší a druhá zmenší)

Pedagogická poznámka: Nejsnáze se předchozí příklad ukazuje, pokud máte data v tabulkovém procesoru. Můžete pokusně měnit a sledovat, jak se mění hodnoty rychlostí. Dá se tak najít i „ideální“ hodnota dráhy, při které vychází pohyb nejrovnoměrnější.

Př. 6: Najdi vlastnost, podle které je možné rozeznat rovnoměrný pohyb už z hodnot dráhy bez počítání rychlostí.

Pokud je pohyb rovnoměrný, musí se dráha rovnoměrně zvětšovat \Rightarrow pokud je tabulka naměřena se stálým časovým intervalem, musí se dráha rovnoměrně zvětšovat = rozdíly mezi jednotlivými hodnotami dráhy jsou přibližně stejné.

Př. 7: Do jednoho obrázku nakresli grafy dráhy a rychlosti pohybu hračky z příkladů 2 a 3. Podle obrázku rozhodni, čím se vyznačuje graf dráhy a graf rychlosti rovnoměrného pohybu.



Grafem dráhy rovnoměrného pohybu je přibližně přímka

Grafem rychlosti rovnoměrného pohybu je přibližně vodorovná přímka.

Shrneme to:

Naměřený reálný rovnoměrný pohyb poznáme takto:

- Rozdíly mezi hodnotami dráha v pohybové tabulce jsou při stálém časovém intervalu přibližně stejné.
- Hodnoty rychlosti v pohybové tabulce jsou pro všechny intervaly přibližně stejné.
- Graf dráhy rovnoměrného pohybu je přibližně přímka.
- Graf rychlosti rovnoměrného pohybu je přibližně vodorovná přímka

V případě, že se jedná o ideální rovnoměrný pohyb, zmizí ze všech poznávacích znaků slovo přibližně.

Fakt, že dokážeme rovnoměrný pohyb rozeznat není až tak důležitý. Důležitější je, že v situaci, kdy předpokládáme rovnoměrnost pohybu, můžeme předvídat, jak bude pohyb hračky pokračovat.

Př. 8: Prohlédni si pohybovou tabulku pohybu hračky a odhadni:

- a) Za jak dlouho ujede hračka 500 cm.
- b) Jakou vzdálenost ujede hračka za 150 s.

a) Za jak dlouho ujede hračka 500 cm.

Z tabulky je vidět, že hračka ujela za 24 s 248 cm \Rightarrow pokud pojede dále stejným způsobem ujede přibližně dvojnásobnou vzdálenost 500 za dvojnásobný čas, tedy za přibližně 48 s.

b) Jakou vzdálenost ujede hračka za 150 s.

Z tabulky je vidět, že hračka ujela za 15 s 150 cm \Rightarrow pokud pojede dále stejným způsobem ujede za desetinásobný čas přibližně desetinásobnou vzdálenost, tedy za přibližně 1500 cm.

Př. 9: Najdi hodnotu rychlosti (s přesností na jedno desetinné místo), která nejlépe charakterizuje pohyb hračky po dobu měření a s její pomocí rozšiř pohybovou tabulku o další tři sloupce pro časy 30, 33, 36 s. Rozhodni, zda je možné prodlužováním tabulky počítat dráhu hračky i pro další časy. Jakou má tento postup nevýhodu. Navrhní rychlejší řešení, jak určit dráhu hračky například za 150 s.

Nejlépe asi bude pohyb charakterizovat průměrná rychlost za celé měření. Při měření dráhy v 27 sekunde jsme sice mohli udělat chybu, ale tato hodnota je největší ze všech, takže vzhledem k této hodnotě je chyba nejmenší.

$$\bar{v} = \frac{s_c}{t_c} = \frac{278}{27} \text{ cm/s} \doteq 10,3 \text{ cm/s}$$

spočtenou hodnotu rychlosti můžeme doplnit do tabulky a s její pomocí dopočítat dráhy v dalších okamžicích.

| t [s] | 0 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 | 27 | 30 | 33 | 36 |
|----------|---|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|------|------|------|
| s [cm] | 0 | 27 | 56 | 78 | 120 | 150 | 180 | 214 | 248 | 278 | | | |
| v [cm/s] | | 9 | 9,7 | 7,3 | 14 | 10 | 10 | 11,3 | 11,3 | 10 | 10,3 | 10,3 | 10,3 |

mezi 27. a 30. sekundou se hračka pohybuje rychlostí 10,3 cm/s \Rightarrow za 3 sekundy urazí $3 \cdot 10,3 \text{ cm} = 30,9 \text{ cm} \Rightarrow$ od počátku pohybu tak urazí $278 + 30,9 \text{ cm} = 308,9 \text{ cm}$

celá tabulka:

| t [s] | 0 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 | 27 | 30 | 33 | 36 |
|----------|---|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-------|-------|-------|
| s [cm] | 0 | 27 | 56 | 78 | 120 | 150 | 180 | 214 | 248 | 278 | 308,9 | 339,8 | 370,7 |
| v [cm/s] | | 9 | 9,7 | 7,3 | 14 | 10 | 10 | 11,3 | 11,3 | 10 | 10,3 | 10,3 | 10,3 |

Stejným způsobem bychom mohli prodlužovat tabulku pořád dále \Rightarrow teoreticky se takto můžeme dopočítat i k tomu, jakou vzdálenost by hračka urazila za 150 s, ale:

- byla by to strašná práce (na výpočet libovolného sloupce musíme znát hodnoty ve všech předchozích sloupcích)
- jediná chyba při výpočtu dráhy by znehodnotila všechny výsledky pro následující okamžiky

\Rightarrow hledáme jiný postup:

autíčko se pohybuje rovnoměrně \Rightarrow každou sekundu urazí vzdálenost 10,3 cm \Rightarrow

1 s ... 10,3 cm

150 s ... $150 \cdot 10,3 \text{ cm} = 1545 \text{ cm}$ (přibližně stejná hodnota jakou už jsme jednou odhadli)

Pedagogická poznámka: Ne všichni studenti přijdou na způsob, jak dopočítávat dráhy v dalších okamžicích, proto je třeba jim tento postup ukázat. Ale jenom v jednom sloupci, zbytek musí dodělat samostatně.

Dodatek: Pokud bychom udělali průměr ze všech rychlostí získali bychom v tabulce se stálým časovým intervalem stejnou hodnotu.

Užitečnost a síla fyziky spočívá v tom, že nám umožňuje předvídat, co se za určitých podmínek stane (v našem případě, kam dojde autíčko). Pro přesnost této předpovědi je důležitá nejen přesnost výpočtu, ale i přesnost dodržení podmínek, které jsme předpokládali (jakmile s baterky hračky vybijí, rychlost hračky se sníží nebo hračka zcela zastaví a naše předpověď je bezcenná, protože nebude platit předpoklad, že pohyb hračky je rovnoměrný).

Krásným příkladem užitečnosti fyziky jsou stavby a konstrukce. Ještě v 17. století byly pro konstrukci lodí používány tabulky rozměrů, které se v minulosti osvědčily. Při stavbě vlajkové lodi švédského královského námořnictva VASA do stavby zasáhl král a rozhodl zvětšit počet děl (kvůli větší palebné síle) a změnit proporce trupu (kvůli eleganci).

Konstruktéři lodi tušili, že se tak zhorší stabilita lodi a do podpalubí umístili 120 tun zátěže, která měla příliš vysoké nástavby vyvažovat. Bohužel jejich odhady nebyly správné a loď (stavba trvala tři roky) se při své první plavbě po jediné salvě a dvou poryvech větru před zraky tisíců diváků v roce 1628 potopila.

Shrnutí: Fyzika umožňuje předvídat, co se stane (pokud budou splněny předpoklady).