

## 1.1.17 Zrychlení

**Předpoklady:** 010116

**Pedagogická poznámka:** Je potřeba postupovat v první části hodiny tak, aby na příklad 6 a dál zbylo alespoň 20 minut.

**Zrychlení udává změnu rychlosti za změnu času.**

**Značíme ho písmenkem  $a$  (od anglického acceleration).**

**Je definováno vztahem:  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow$  vztah mezi zrychlením a rychlostí je stejný jako mezi rychlostí a dráhou.**

**Př. 1:** Najdi základní jednotku zrychlení.

Jednotku spočteme z definičního vztahu:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{1 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1 \text{s}} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Základní jednotkou zrychlení je  $\text{m/s}^2$ .

**Pedagogická poznámka:** Předchozí příklad mě trochu zklamal. Většina studentů byla zcela bezradná, nemá tedy cenu příliš otálet s řešením u tabule.

**Př. 2:** Dopln tabulku zachycující prvních 0,3 s pohybu padajícího míče o čtvrtou řádku s hodnotami zrychlení pro jednotlivé intervaly.

Protože zrychlení je definováno pomocí rychlosti stejně jako rychlost pomocí dráhy, budeme při výpočtu zrychlení používat řádek s rychlostí a stejný postup jako pro výpočet rychlosti:

čas [s]	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
dráha [m]	0,000	0,001	0,011	0,035	0,074	0,128	0,196
rychlost [m/s]	0,000	0,020	0,200	0,480	0,780	1,080	1,360
zrychlení [m/s <sup>2</sup> ]	0,000	0,4	3,600	5,600	6,000	6,000	5,600

**Pedagogická poznámka:** Opět se objeví docela velký počet studentů, kteří začnou zrychlení počítat špatně. Naprosté většině z nich však stačí pouhé upozornění, aby se opravili a začali počítat správně.

**Př. 3:** Urči z tabulky:

- průměrné zrychlení během prvních 0,3 s pádu míče
- průměrné zrychlení v 0,3 sekundy pádu míče

budeme dosazovat do vztahu  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  odpovídající hodnoty z tabulky

- průměrné zrychlení během prvních 0,3 s pádu míče

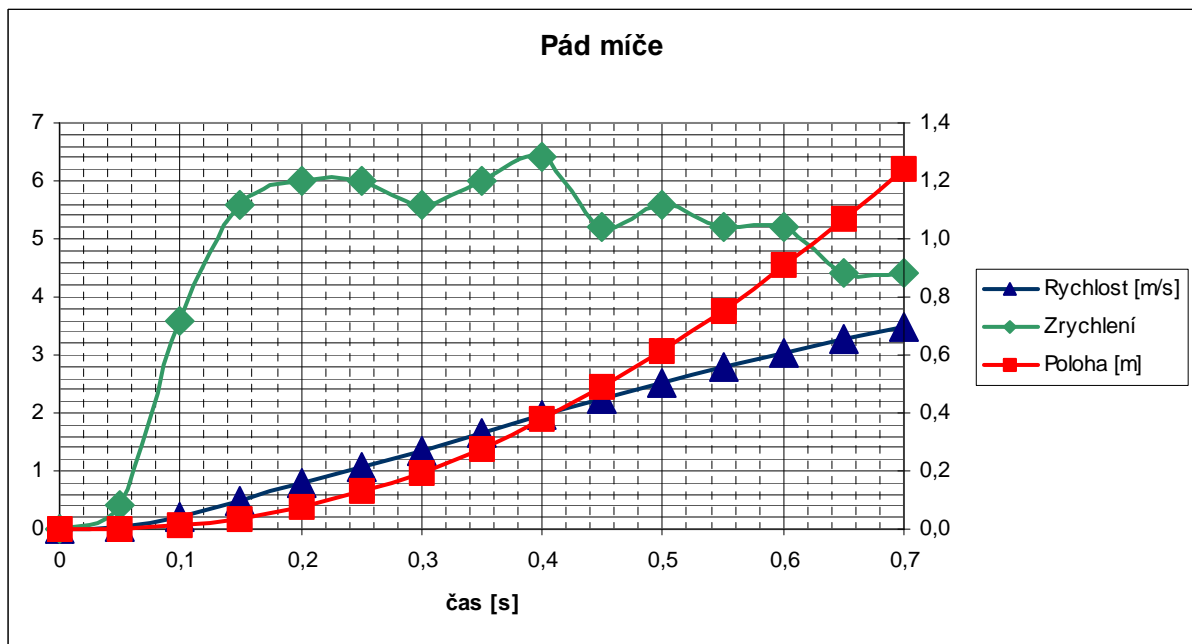
$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{1,360 - 0}{0,3 - 0} \text{ m/s}^2 = 4,53 \text{ m/s}^2$$

b) průměrné zrychlení v 0,3 sekundě pádu míče

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{1,360 - 0,780}{0,3 - 0,2} \text{ m/s}^2 = \frac{0,580}{0,1} \text{ m/s}^2 = 5,8 \text{ m/s}^2$$

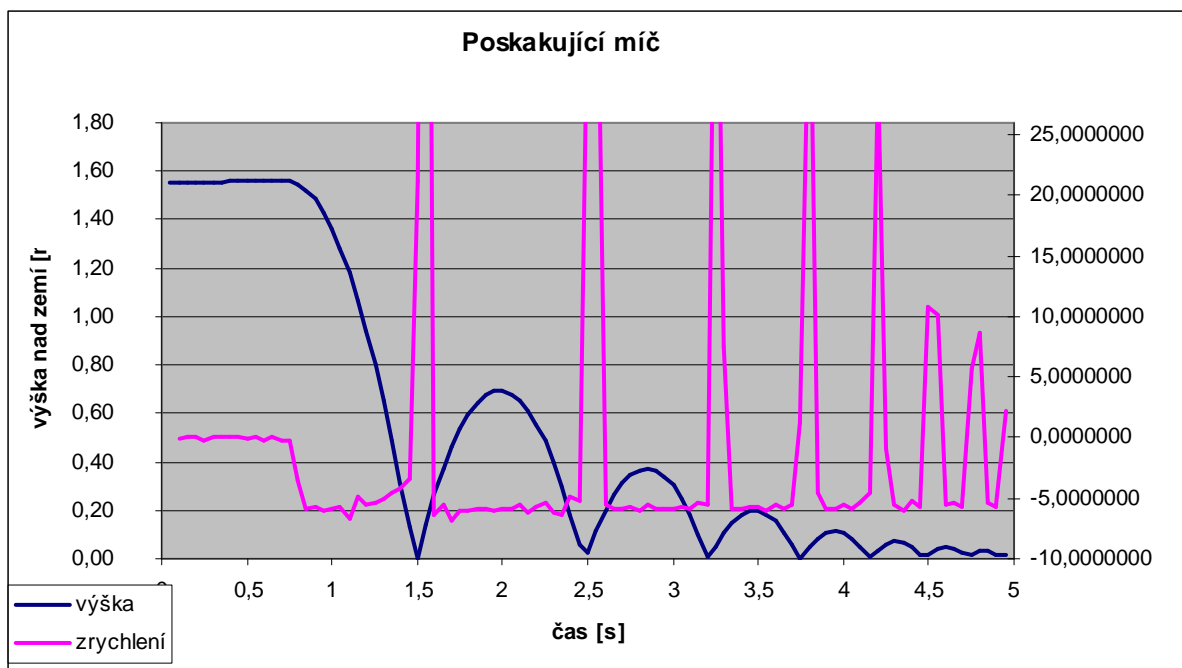
**Pedagogická poznámka:** Při posledním průchodu (v podstatě prvním se třídou, kterou jsem učil už na nižším gymnáziu) se nezávisle na sobě dva dobří studenti pokusili počítat průměrné zrychlení z průměrné rychlosti. Argumentoval jsem výpočtem průměrní rychlosti. Průměrná rychlost se nepočítá z průměrné dráhy, ale počítá se z celkového průběhu pohybu – jako podíl z rozdílu konečné a počáteční dráhy a rozdílu konečného a počátečního času (zanedbáváme průběh pohybu a zajímáme se pouze o počáteční a konečný stav). Stejně tak postupujeme u průměrného zrychlení – zanedbáme průběžné změny rychlosti a řešíme pouze její počáteční a konečnou velikost.

**Př. 4:** Dokresli do obrázku z minulé hodiny ke grafům dráhy a rychlosti graf zrychlení. Rozhodni, která z veličin popisujících rovnoměrný pohyb má podobný graf jako zrychlení popisující pád míče.



Grafem zrychlení je přibližně vodorovná přímka. Podobný graf měla u rovnoměrného pohybu rychlost.

Ještě lépe je vidět, že míč se mimo odrazy pohybuje s konstantním zrychlením, z grafu celého pohybu.



Ve chvílích mezi odrazy se hodnoty zrychlení pohybují kolem  $-6 \text{ m/s}^2$ .

Pohyb se stále stejnou hodnotou zrychlení je rovnoměrný pro zrychlení, říkáme mu tedy **rovnoměrně zrychlený pohyb**.

**Př. 5:** Zkus vysvětlit:

- Proč jsou kladné hodnoty zrychlení ve chvílích, kdy se míč odráží, daleko větší než záporné hodnoty ve chvílích, kdy míč volně padal?
- Může mít snižování hodnoty zrychlení před prvním odrazem reálný základ nebo jde pouze o chybu měření?

a) Proč jsou kladné hodnoty zrychlení ve chvílích, kdy se míč odráží, daleko větší než záporné hodnoty ve chvílích, kdy míč volně padal?

Zrychlení je dáno vzorcem  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ : změna rychlosti, kterou mezi dvěma odrazy způsobí

záporné zrychlení  $-6 \text{ m/s}^2$ , je přibližně stejná jako změna rychlosti, kterou způsobí odraz.

Odras však trvá podstatně kratší dobu (přibližně 0,2 s oproti 1 s). Ve jmenovateli zlomku je tedy daleko menší číslo a to způsobí větší výsledné zrychlení.

Jinak řečeno. Zrychlení při odrazu má daleko kratší čas a proto musí být daleko větší, aby dokázalo způsobit stejnou změnu pohybu jako zrychlení při volném pádu.

b) Může mít snižování hodnoty zrychlení před prvním odrazem reálný základ nebo jde pouze o chybu měření?

Nafukovací míč je poměrně velký a proto na něj působí odpor vzduchu, který se snaží jeho pohyb zpomalit. Odpor vzduchu se zvětšuje s rychlostí, kterou se předmět pohybuje, a proto se začal projevovat pouze před prvním odrazem, kdy byla rychlost míče největší.

**Př. 6:** Sprinter při běhu na 100 m zrychlí během 4 s na rychlost 14 m/s. Urči jeho zrychlení.

Dosadíme do vzorce pro zrychlení:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{14-0}{4-0} \text{ m/s}^2 = 3,5 \text{ m/s}^2$$

Sprinter se na počátku běhu na 100 pohybuje s průměrných zrychlením  $3,5 \text{ m/s}^2$ .

**Př. 7:** Jedním z údajů uváděných při testech automobilů je zrychlení 0-100 km/h. Podle testu v aktuálním čísle časopisu Týden zrychlí při tomto testu modernizovaná verze BMW 330d z 0 na 100 km/h za 6 s. Urči zrychlení tohoto automobilu.

Velmi podobné předchozímu příkladu.

POZOR: Konečnou rychlost musíme převést na m/s:  $100 \text{ km/h} = 27,8 \text{ m/s}$ .

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{27,8-0}{6-0} \text{ m/s}^2 = 4,6 \text{ m/s}^2$$

BMW 330d se při testu pohybuje se zrychlením  $4,6 \text{ m/s}^2$ .

**Př. 8:** Automobil jedoucí rychlostí 90 km/h zastaví při čelním nárazu do zdi za 0,08 s. Urči průměrné zrychlení automobilu při nárazu.

Stejně jako předchozí příklady:

$$90 \text{ km/h} = 25 \text{ m/s}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0-25}{0,08} \text{ m/s}^2 = -312,5 \text{ m/s}^2$$

Automobil (lépe řečeno jeho zadní část) se při nárazu do zdi pohybuje se zrychlením  $-312,5 \text{ m/s}^2$ .

**Pedagogická poznámka:** Pokud studenti zapomenou na znaménko, nepovažují příklad za správně vyřešený.

Hodnota zrychlení je záporná (zrychlení zmenšovalo rychlost. Podobná situace jako u rychlosti, která při návratu zmenšovala hodnotu polohy).

Hodnota zrychlení je obrovská (31 g, tedy 31 krát větší než zrychlení, které způsobuje přitahování Země)  $\Rightarrow$  taková srážka má fatální důsledky (ještě se tím budeme zabývat).

$\Rightarrow$  **význam zrychlení:** rychlost 90 km/h není ničím nebezpečná, pokud se nám z ní podaří zastavit za 5 s (se zrychlením o velikosti  $5 \text{ m/s}^2$ ), nebude to pro nás žádný problém, pokud zastavíme za 0,08 s (se zrychlením o velikosti  $312,5 \text{ m/s}^2$ ) skončíme skoro jistě v márnici

**Př. 9:** Kámen se v počáteční fázi volného pádu pohybuje se zrychlením  $10 \text{ m/s}^2$ . Urči jeho rychlost po 0,5 s pokud:

- jej necháme volně padat z výšky,
- pokud jej hodíme z věže směrem dolů rychlostí 8 m/s,
- pokud jej hodíme směrem vzhůru rychlostí 8 m/s.

Nejdříve si spočítáme, jak se změní rychlost kamenu kvůli zrychlení:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow \Delta v = a \cdot \Delta t = 10 \cdot 0,5 \text{ m/s} = 5 \text{ m/s}$$

Ted' můžeme dopočítat zbytek příkladu:

- ho necháme volně padat z výšky

Kámen má pouze rychlost udělenou zrychlením  $\Rightarrow v = 5 \text{ m/s}$

b) pokud ho hodíme z věže směrem dolů rychlost  $8 \text{ m/s}$

Rychlost udělená zrychlením se sčítá s původní rychlostí kamene  $\Rightarrow v = 8 + 5 \text{ m/s} = 13 \text{ m/s}$

c) pokud ho hodíme směrem vzhůru rychlostí  $8 \text{ m/s}$

Rychlost udělená zrychlením se odečítá od původní rychlosti kamene  $\Rightarrow v = 8 - 5 \text{ m/s} = 3 \text{ m/s}$

**Pedagogická poznámka:** U předchozího příkladu by studenti měli použít zdravý rozum.

V tomto okamžiku nejde o to, aby zcela rozuměli znaménkům u vektorů, ale měli by intuitivně poznat, kdy mají k původní rychlosti změnu způsobenou zrychlením přičíst a kdy ji mají odečíst.

**Př. 10:** Sestav rovnici pro rychlost rovnoměrně zrychleného pohybu.

Budeme postupovat stejně jako v předchozím příkladu

Když se rychlost zvětšuje z nuly, je přímo úměrná zrychlení a času  $\Rightarrow v = at$

Pokud předmět už nějakou rychlost měl, musíme ji přičíst ke změně rychlosti způsobené zrychlením  $\Rightarrow v = v_0 + at$

**Shrnutí:** Rychlost rovnoměrně zrychleného pohybu je dána rovnicí  $v = v_0 + at$ .