

**MENO:**

**ROČNÍK A TRIEDA:**

### **5. LABORATÓRNE CVIČENIE**

#### **ZÁVISLOSŤ POLOHY, RÝCHLOSTI A ZRÝCHLENIA OD ČASU PRE ROVNOMERNE ZRÝCHLENÝ POHYB**

##### **Cieľ:**

- V programe Coach zobrazit' grafy závislosti polohy  $x$  od času  $t$  a závislosti rýchlosti  $v$  od času  $t$  pre rovnomerne zrýchlený pohyb vozíčka.
- Vedieť, ako sa na grafe prejaví pohyb s väčším, resp. menším zrýchlením
- Určiť z grafu hodnotu zrýchlenia
- Fitovaním grafu určiť parametre pohybu

##### **Pomôcky:**

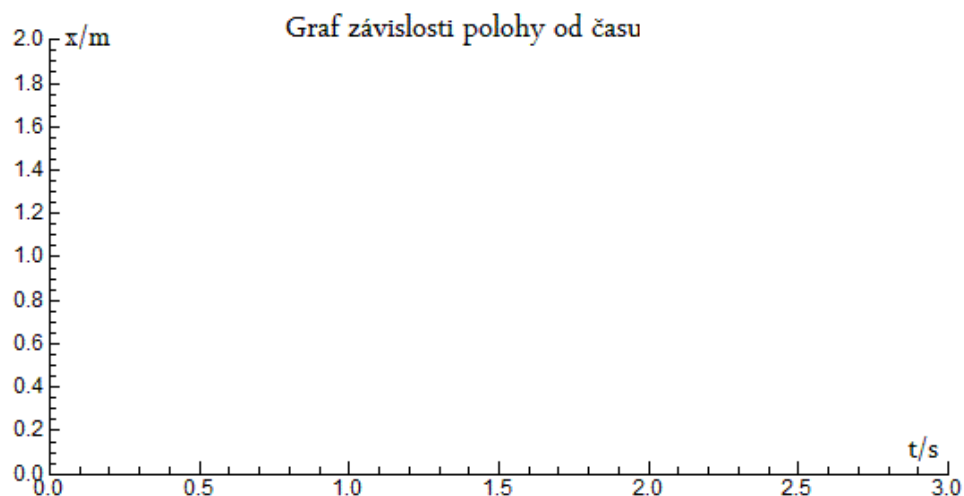
- Počítač so softvérom Coach, karta Coachlab II, senzor polohy, rampa s veľmi malým trením pre pohyb vozíčka ako je napríklad vzduchová dráha, koľajnica a podobne, vozíček, meradlo dĺžky

### Úloha 1:

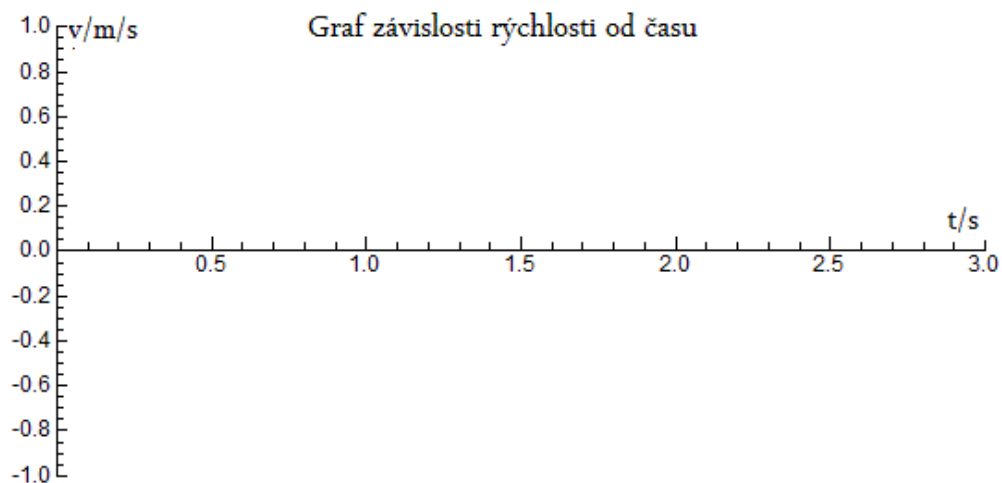
Zobrazte grafy závislosti polohy, rýchlosti a zrýchlenia od času pre rovnomerne zrýchlený pohyb.

#### Postup k úlohe 1:

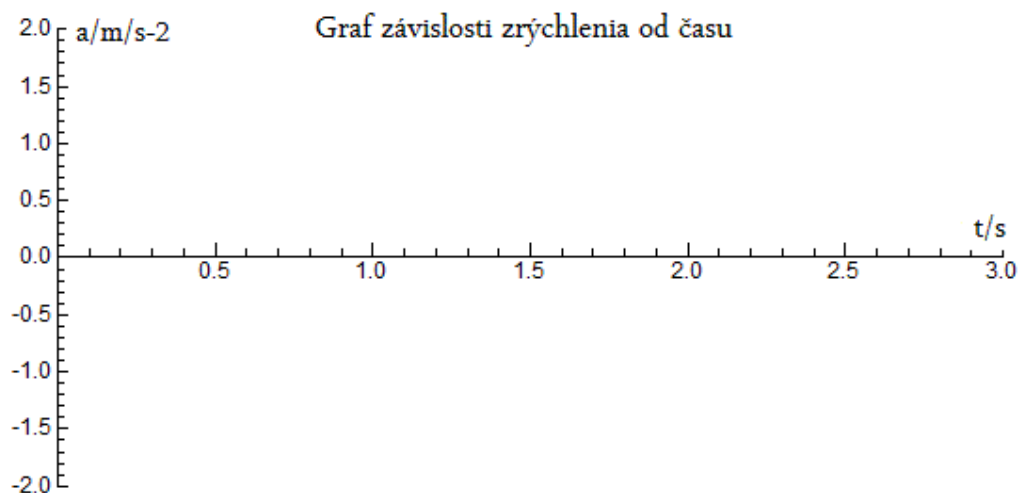
1. Položte na rampu, (napríklad vzduchovú dráhu alebo na koľajnice), ktorá je na jednom konci podložená (naklonená rovina) vozíček a presvedčte sa, že sa môže voľne pohybovať. Do stojana upevnite senzor polohy a položte ho k zvýšenému koncu rampy. Pri takomto usporiadaní sa vozíček bude pohybovať smerom od senzora nadol po naklonenej rovine, teda bude sa pohybovať rovnomerne zrýchleným pohybom.
2. V programe Coach vytvorte aktivitu „Zrýchlený pohyb“ a v nej grafy závislosti polohy  $x$ , rýchlosti  $v$  a zrýchlenia  $a$  od času  $t$  podľa nasledujúcich obrázkov č.1, č.2, č.3:



Obrázok č. 1



Obrázok č.2



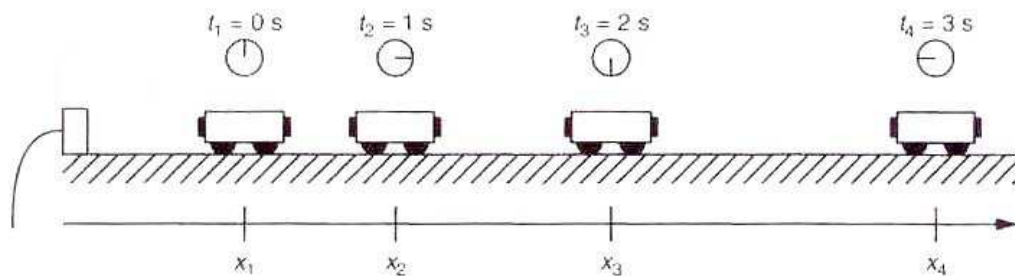
Obrázok č. 3

3. Načrtnite *prerušovanou čiarou* vaše predpovede do uvedených grafov.
4. Porovnajte svoje predpovede so svojimi susedmi a zistite, či je vaša predpoveď v súhlase s ich predpoveďami. Načrtnite *plnou čiarou* vaše predpovede po diskusii so susedmi.
5. Overte svoje predpovede experimentom. Opakujte experiment, ak je potrebné dovtedy, kým nezískate „pekné“ grafy. Dohliadnite, aby sa vaša ruka počas merania nenachádzala medzi vozíčkoma a senzorom.

**Odpovedzte na otázky:**

1. Zhodujú sa vaše namerané grafy závislosti polohy, rýchlosti a zrýchlenia od času s vašimi predpoveďami?
  
2. Porovnajte grafy závislosti polohy  $x$  od času  $t$  rovnomerne zrýchleného pohybu vozíčka od senzora a rovnomerného pohybu vozíčka v predchádzajúcom cvičení. Aké sú rozdiely a prečo?
  
3. Porovnajte grafy závislosti rýchlosti  $v$  od času  $t$  zrýchleného pohybu vozíčka od senzora a rovnomerného pohybu vozíčka v predchádzajúcom cvičení. Aké sú rozdiely a prečo?
  
4. Ako spoznáte na grafe závislosti rýchlosti od času, že vozíček sa pohyboval smerom od senzora rovnomerne alebo rovnomerne zrýchlene?

5. Počas časového intervalu, kedy vozíček zrýchľuje, je zrýchlenie kladné alebo záporné? (Spomeňte si, že zrýchlenie je podiel zmeny rýchlosti a časového intervalu, počas ktorého táto zmena nastala. Pozrite sa, ako sa rýchlosť menila. Vyberte si dva body na grafe závislosti rýchlosti od času a vypočítajte veľkosť zmeny rýchlosti.)
6. Ako sa rýchlosť mení v čase, v ktorom vozíček zrýchľuje? Je prírastok rýchlosti v rovnakých časových intervaloch stále rovnaký alebo sa nejakým spôsobom mení ?
7. Ako sa zrýchlenie mení v čase, v ktorom vozíček zrýchľuje? Zhoduje sa vaša predpoveď s výsledkom merania? Vysvetlite.
8. Obrázok č. 4 ukazuje polohu vozíčka v rovnakých časových intervaloch počas zrýchleného pohybu.
- Vo vhodne zvolenej mierke načrtnite vektory rýchlosti pre vozíček, ktorý sa pohybuje rovnomerne zrýchleným pohybom smerom od detektora polohy. Predpokladajme, že v čase  $t_1$  je vozíček už v pohybe. Veľkosť rýchlosti v čase  $t_1$  ako aj veľkosť zmeny rýchlosti si zvolte ľubovoľne.



Obrázok č.4

9. V predchádzajúcom obrázku ukážte, ako nájdete vektor zmeny rýchlosti medzi časmi  $t_1$  a  $t_2$ ,  $t_2$  a  $t_3$ ,  $t_3$  a  $t_4$  (nezabudnite, že vektor zmeny rýchlosti je koncový vektor rýchlosti mínus začiatočný vektor rýchlosti). Určte orientáciu tohto vektora a pomocou neho aj orientáciu vektora zrýchlenia. Porovnajte so smerom pohybu telesa.
10. Určte znamienko zrýchlenia určeného v bode 9. Je zhodné so znamienkom určenom v bode 5?

### Úloha 2:

Zopakujte celý postup pre rovnomerne zrýchlený pohyb vozíčka od senzora, ktorý zrýchľuje viac, teda sa pohybuje s väčším zrýchlením.

#### Postup k úlohe 2:

1. Načrtnite svoje predpovede do predchádzajúcej sady grafov inou farbou najprv prerušovanou čiarou a po diskusii s členmi vašej skupiny *plnou* čiarou.
2. Podobne ako v prvej úlohe, otestujte svoje predpovede experimentálne. Rampu podložte viac, aby vznikla strmšia naklonená rovina, na ktorej sa bude pohybovať vozíček s väčším zrýchlením.
3. Opakujte experiment, ak je potrebné dovtedy, kým nezískate „pekné“ grafy. Grafy si vytlačte.

### Úloha 3:

Rozličnými metódami, opísanými v teoretickom princípe určte veľkosť zrýchlenia rovnomerne zrýchleného pohybu vozíčka.

#### Teoretický princíp:

- Určenie priemerného zrýchlenia pomocou definičného vzťahu a grafu závislosti rýchlosti od času

Priemerné zrýchlenie na určitom úseku trajektórie možno vypočítať ako podiel zmeny polohy  $\Delta v$  a prislúchajúceho časového intervalu  $\Delta t$ :

$$a_p = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Zvolíme si dva body na grafe závislosti rýchlosti od času, odčítame pomocou funkcie scan ich súradnice a zapíšeme do pripravenej tabuľky:

	$v/m/s$	$t/s$
Bod 1		
Bod 2		

a vypočítame priemerné zrýchlenie:

$\Delta v / m.s^{-1}$	
$\Delta t / s$	
$a_p = \frac{\Delta v}{\Delta t} / m.s^{-2}$	

- **Priemerné zrýchlenie ako smernica grafu závislosti rýchlosti od času**

Pri rovnomerne zrýchlenom pohybe je grafom závislosti rýchlosti od času rastúca lineárna funkcia.

Ako sme mohli pozorovať pri meraní, rovnomerne zrýchlený pohyb s väčším zrýchlením „kreslí“ graf závislosti rýchlosti od času ako polpriamku, ktorá je strmšia a opačne, rovnomerne zrýchlený pohyb s menším zrýchlením menej strmú.

Matematicky lineárna funkcia je určená rovnicou:

$$y = kx + q, \text{ kde } k, q \in R$$

Reálne číslo  $k$  v rovnici predstavuje tzv. smernicu priamky, v našom prípade polpriamky a platí, že:

$k = \tan \alpha$ , kde  $\alpha$  je uhol, ktorý zvierá polpriamka s kladným smerom vodorovnej osi  $x$

Teda smernica  $k$  kvantitatívne určuje sklon polpriamky voči vodorovnej osi. Znamienko tejto smernice určuje, či polpriamka je rastúca alebo klesajúca.

Ak túto teóriu aplikujeme na naše fyzikálne meranie závislosti rýchlosti  $v$  od času  $t$ , polpriamku tejto závislosti matematicky opisuje rovnica

$$v = at + v_0,$$

kde  $a$  je zrýchlenie objektu a  $v_0$  je začiatočná rýchlosť objektu.

Ak porovnáme rovnicu lineárnej funkcie s rovnicou závislosti rýchlosti od času, vidíme, že smernicou v tomto prípade je zrýchlenie  $a$ , pričom hodnota tohto čísla udáva veľkosť zrýchlenia, znamienko udáva smer zrýchlenia.

Smernicu priamky, grafu závislosti rýchlosti od času v programe IP Coach nám umožňuje zistiť funkcia „analyse“ (Spracovať/analyzovať), „function-fit“ (fitovanie funkciou).

### **Postup k úlohe 3:**

1. Pomocou grafu závislosti  $v$  od  $t$  v prvej úlohe určte priemerné zrýchlenie oboma spôsobmi uvedenými v teoretickom princípe pre aspoň jeden prípad rovnomerne zrýchleného pohybu.
2. Určte priemerné zrýchlenie aj pomocou funkcie scan z grafov zrýchlenia.
3. Využite k tomu pripravené tabuľky :

### **Rovnomerne zrýchlený pohyb s menším zrýchlením:**

- a) Pomocou funkcie „scan“ z grafu zrýchlenia:  $a = \dots\dots m \cdot s^{-2}$
- b) Pomocou funkcie „scan“ z grafu rýchlosti:

	v/m/s	t/s
Bod 1		
Bod 2		

$\Delta v / m.s^{-1}$	
$\Delta t / s$	
$a_p = \frac{\Delta v}{\Delta t} / m.s^{-2}$	

c) Pomocou funkcie „analyse“ (spracovať/analyzovať), „function-fit“ (fitovanie funkciou) z grafu rýchlosti:  $a = \dots\dots m \cdot s^{-2}$

**Rovnomerne zrýchlený pohyb s väčším zrýchlením:**

a) Pomocou funkcie „scan“ (prezeranie) z grafu zrýchlenia:  $a = \dots\dots m \cdot s^{-2}$

b) Pomocou funkcie „scan“ (prezeranie) z grafu rýchlosti:

	v/m/s	t/s
Bod 1		
Bod 2		

$\Delta v / m.s^{-1}$	
$\Delta t / s$	
$a_p = \frac{\Delta v}{\Delta t} / m.s^{-2}$	

c) Pomocou funkcie „analyse“ (spracovať/analyzovať), „function-fit“ (fitovanie funkciou) z grafu rýchlosti:  $a = \dots\dots m \cdot s^{-2}$

**Odpovedzte na nasledujúce otázky:**

1. Aké sú hodnoty veľkosti zrýchlenia určené z grafu rýchlosti? Aká je veľkosť zrýchlenia určená z grafu závislosti zrýchlenia od času?
2. Zhodujú sa tieto tri hodnoty? Vysvetlite prípadné rozdiely v hodnotách zrýchlenia.
3. Priemerné zrýchlenie má kladnú alebo zápornú hodnotu? Zhoduje sa to s vašou predpoveďou?

**Úloha 4:**

Pomocou funkcie „analyse“ (*spracovať/analyzovať*), „function-fit“ (*fitovanie funkciou*) fitujte grafy závislosti polohy, rýchlosti a zrýchlenia od času vhodnou funkciou a odhadnite fyzikálny význam konštánt vo fitovaných funkciách.

**Postup k úlohe 4:**

1. Fitujte vhodnou funkciou z ponuky programu Coach grafy závislosti  $x = x(t)$ ,  $v = v(t)$  a  $a = a(t)$ .
2. V prípade každej fitovanej funkcie si zapíšte konštanty a skupinovú diskusiu hľadajte vzťahy medzi týmito konštantami.

(Využite pritom poznatky z predchádzajúcich meraní, napríklad že smernica grafu  $v = v(t)$  je hodnota zrýchlenia, ktorú si môžete porovnať s hodnotou pomocou funkcie scan (prezeranie). Skúmajte, či sa konštanty určené pre funkciu  $x = x(t)$  nezhodujú s hodnotou zrýchlenia alebo nejakým jeho násobkom).

**Odpovedzte na nasledujúce otázky:**

1. Zapíšte matematické predpisy závislostí  $x = x(t)$ ,  $v = v(t)$  a  $a = a(t)$  zistené pomocou funkcie „function – fit“ (*fitovanie funkciou*). O aké matematické závislosti ide (konštantná, lineárna, kvadratická)?
2. Porovnajte hodnoty konštánt začiatkovej rýchlosti  $v_0$  a zrýchlenia a určené pomocou grafu rýchlosti  $v = v(t)$  a pomocou grafu polohy  $x = x(t)$ .