

Meno:

Trieda:

Laboratórne cvičenie
Modelovanie pohybu bungee skokana pomocou závažia a gumy

Úlohy:

1. Zistiť závislosť polohy, rýchlosti a zrýchlenia od času pri páde závažia zavesenom na gumenom vlákne.
2. Zistiť závislosť výslednej sily pôsobiacej na závažie počas jeho pádu od času a od polohy.
3. Overiť zákon zachovania mechanickej energie

Pomôcky: systém COACH, merací panel COACHLABII, senzor polohy, senzor sily, závažie hmotnosti 0,5kg, gumené vlákno dĺžky 13cm

Fyzikálny princíp:

Pri pohybe bungee skokana pozorujeme dva druhy pohybov, a to voľný pád a kmitavý pohyb. Pre teleso, ktoré padá voľným pádom platí:

$$\begin{aligned}a &= g \\v &= gt \\y &= \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2y}{g}} \\v^2 &= g^2 \cdot \frac{2y}{g} = 2gy\end{aligned}$$

Pre okamžitú výchylku kmitavého pohybu platí $y = y_m \sin \omega t$. Okamžitá výchylka sa periodicky mení podľa funkcie sínus.

Pre rýchlosť kmitavého pohybu platí $v = \omega y_m \cos \omega t$.

Pre zrýchlenie kmitavého pohybu platí $a = -\omega^2 y$. Zrýchlenie kmitavého pohybu je priamo úmerné okamžitej výchylke a v každom okamihu má opačný smer.

Pre veľkosť sily pružnosti platí vzťah $F_p = k\Delta l$, kde k je vlastnosť pružiny (vlákna) a nazýva sa

tuhosť pružiny; $k = \frac{F_p}{\Delta l}$ a Δl je predĺženie vlákna.

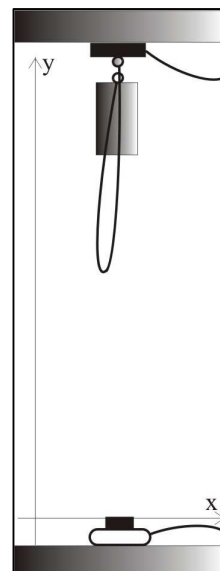
Pri okamžitej výchylke y pôsobí na oscilátor celková sila veľkosti

$$F = F_G - F_p = mg - k(\Delta l + y)$$

Keďže $mg = k\Delta l$, je príčinou kmitania oscilátora sila, ktorej priemet do osi y je $F = -ky$. Sila, ktorá spôsobí kmitanie je priamo úmerná y a je namierená proti smeru výchylky.

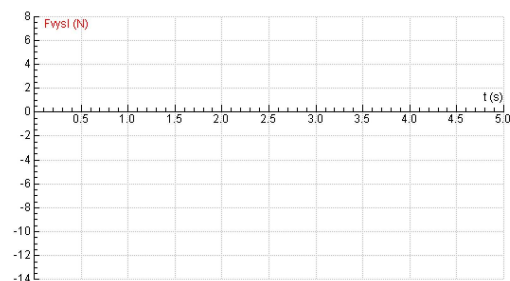
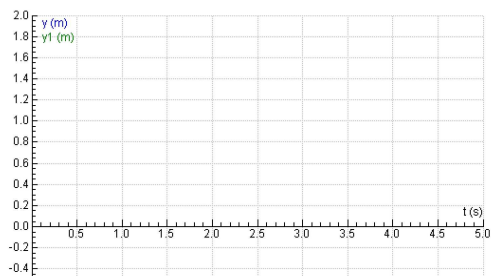
Postup merania:

1. Otvorte aktivitu “bungee_ zavazie“. V tejto aktivite budete skúmať, ako sa mení poloha závažia počas jeho pohybu, resp. sila, ktorá pôsobí na závažie počas jeho pohybu. Pokiaľ aktivitu nemáte pripravenú, pripojte na vstup 5 meracieho panela COACHLAB II ultrazvukový senzor polohy, resp. na vstup 1 senzor sily a zobrazte príslušné časové závislosti meraných veličín. Dobu merania nastavte na 5 s.
2. Pomôcky zostavte podľa schémy (obr.). Závažie zavesíte na senzor sily. Senzor polohy je počas merania umiestnený dole pod závažím.
3. Hodnoty polohy závažia y pretransformujte tak, aby vzťažný bod bol umiestnený v mieste, odkiaľ bolo závažie pustené y_1 .
4. Senzor sily meria silu, ktorou na neho pôsobíme. Na senzor sily najskôr zavesíte len gumené vlákno a vynulujete ho. Ak naňho zavesíme závažie, senzor sily meria silu, ktorou pôsobí na vlákno a teda prostredníctvom vlákna na senzor. Podľa zákona akcie a reakcie je sila, ktorou pôsobí vlákno na závažie rovnako veľká. To znamená, že senzor sily sníma veľkosť sily, ktorou pôsobí vlákno na závažie, t.j. silu pružnosti vlákna F_1 . Výsledná sila pôsobiaca na závažie je súčtom sily pružnosti vlákna a tiažovej sily F_{vysl} .
5. Ešte pred začatím merania sa pokúste predpovedať priebeh závislosti Polohy a výslednej pôsobiacej sily od času. Svoju predpoveď zakreslite do pripraveného obrázka:

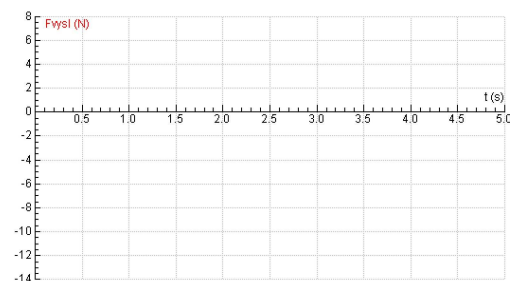
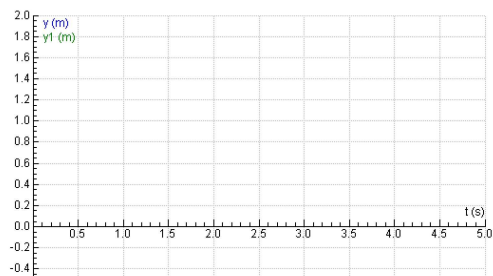


Obr. Zostava experimentu

PREDPOVEĎ



VÝSLEDOK



6. Spustíte meranie a súčasne pustíte závaží. Na obrazovke sa zobrazí graf závislosti polohy závažia od času a výslednej sily pôsobiacej na závaží od času. Porovnajte výsledok merania s vašou predpoveďou a zaznamenajte ho do pripraveného grafu.

Analýza merania:

Aktivita 2-1: Ako sa mení poloha bungee závažia počas pádu?

1. Ako dlho trval nasnímaný pohyb?
2. Aká bola poloha závažia v čase $t=0s$?
3. Aké druhy pohybov vykonával závaží počas svojho pádu?
4. Aká je maximálna hĺbka, do ktorej sa závaží počas svojho pohybu dostalo?
5. Graf závislosti polohy od času získaný meraním fitujte vhodnou funkciou pomocou ponuky ANALYSE/FUNCTION-FIT (*Spracuj/Analyzuj/Fitovanie funkciou*). Zapište typ funkcie a hodnoty všetkých konštánt. Fitovaný graf vložíme k pôvodnému grafu pomocou ponuky ADD GRAPH (Pridať graf).

$y=$

$a=$

$b=$

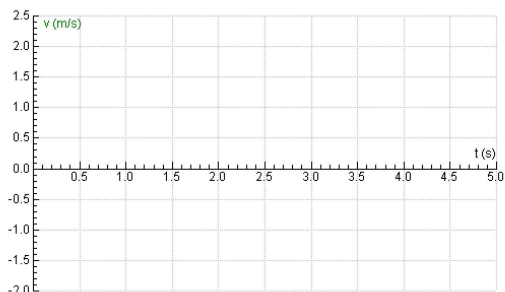
$c=$

$d=$

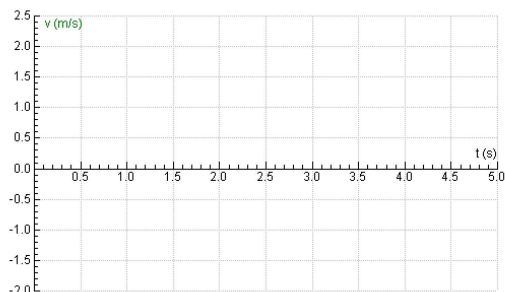
6. Čo viete povedať o rýchlosti pohybu závažia? Ako sa menila počas pohybu závažia?

7. Do pripraveného obrázka zakreslite predpokladanú závislosť $v(t)$:

PREDPOVEĎ



VÝSLEDOK



Aktivita 2-1: Ako sa mení rýchlosť bungee závažia počas pádu?

Z fitovaného grafu závislosti polohy na čase vytvorte graf závislosti **rýchlosti na čase $v(t)$** pomocou funkcie *PROCESS/ DERIVATIVE* (*Spracuj/Analyzuj/Derivácia*). Táto funkcia vypočíta hodnotu priemernej rýchlosti z dvoch po sebe nasledujúcich hodnôt polohy a času y_1, t_1, y_2, t_2 ; t.j.: $v = \frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{y_2 - y_1}{t_2 - t_1}$. Graf $v(t)$ vložte do niektorého z voľných

okien. Kliknite pravým tlačidlom myši a zobrazte voľbu *CREATE/EDIT DIAGRAM* (*Upraviť graf*). Upravte rozsah osí tak, aby ste videli celý priebeh závislosti $v(t)$.

1. Ako sa menila rýchlosť závažia počas jeho pohybu?

2. Kedy bola rýchlosť závažia najvyššia? V akej polohe sa vtedy nachádzalo závažie? Akým zrýchlením sa vyznačovalo závažie v tomto okamihu?

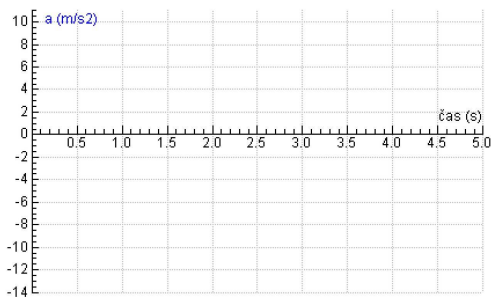
$$v = v_{\max} : \quad t = \quad y = \quad a =$$

3. Kedy bola rýchlosť závažia nulová? V akej polohe sa vtedy nachádzal závažie? Akým zrýchlením sa vyznačovalo závažie v tomto okamihu?

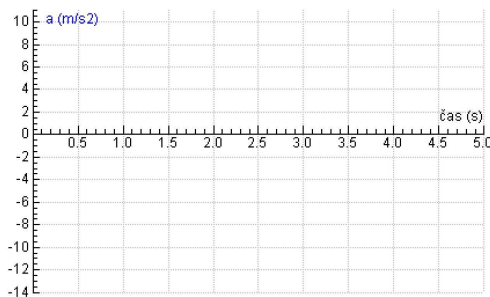
$$v = 0 : \quad t = \quad y = \quad a =$$

4. Ako bude podľa Vás vyzeráť graf zrýchlenia od času bungee závažia? Do pripraveného obrázka zakreslite svoju predpoveď:

PREDPOVEĎ



VÝSLEDOK



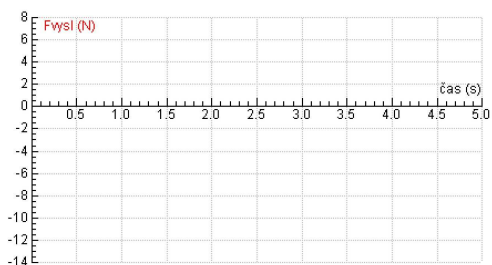
Aktivita 2-3: Ako sa mení zrýchlenie bungee závažia počas pádu?

Z grafu závislosti rýchlosti od času vytvorte graf závislosti zrýchlenia od času $a(t)$ pomocou funkcie. V hornom paneli kliknite na ikonu *DISPLAY DIAGRAM* (*Spracuj/Analyzuj/Derivácia*). Táto funkcia vypočíta hodnotu priemerného zrýchlenia z dvoch po sebe nasledujúcich hodnôt rýchlosti a času v_1, t_1, v_2, t_2 ; t.j.: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$. Graf $v(t)$ vložte do niektorého z voľných okien.

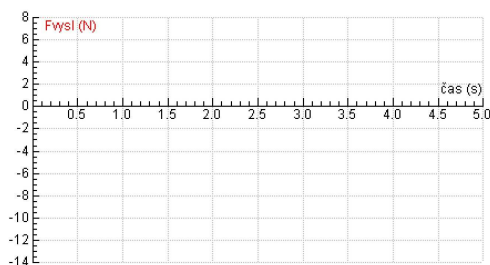
Kliknite pravým tlačidlom myši a zobrazte voľbu *CREATE/EDIT DIAGRAM* (*Upraviť graf*). Upravte rozsah osí tak, aby ste videli celý priebeh závislosti $a(t)$.

1. Ako sa menilo zrýchlenie závažia počas jeho pohybu?
2. Čo viete povedať o výslednej sile pôsobiacej počas pohybu na závažia?
3. Do pripraveného obrázka zakreslite svoju predpoveď o priebehu výslednej sily pôsobiacej na závažie počas jeho pohybu. Predpokladajte, že jeho hmotnosť je 0,5 kg.

PREDPOVEĎ



VÝSLEDOK



4. Vytvorte graf závislosti výslednej sily pôsobiacej na závažia počas pádu, ak poznáte hmotnosť závažia. Porovnajτε výsledok s grafom získaným meraním pomocou senzora sily.

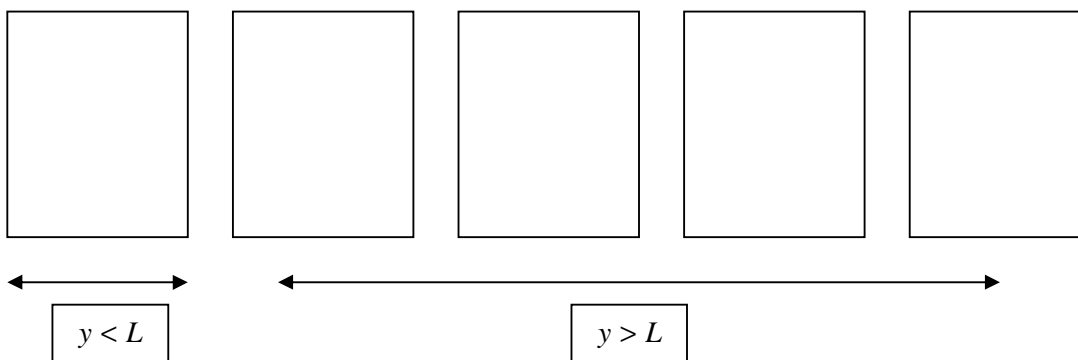
Aktivita 2-4: Aké sily pôsobia na bungee závažia počas pádu?

5. Z akých zložiek pozostáva výsledná sila pôsobiaca na závažia počas jeho pohybu. Dĺžka vlákna je L .

$$y < L : \quad \vec{F} =$$

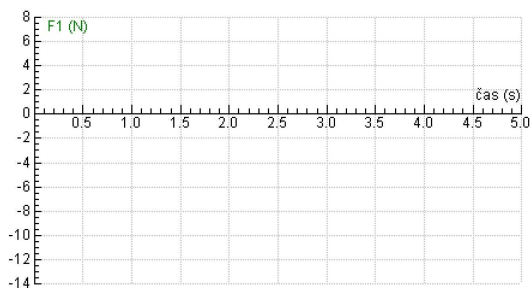
$$y > L : \quad \vec{F} =$$

6. Pre každú časť pádu závažia znázornite sily, ktoré naňho v danom okamihu pôsobia. Dĺžky vektorov odpovedajú veľkostiam pôsobiacich síl.

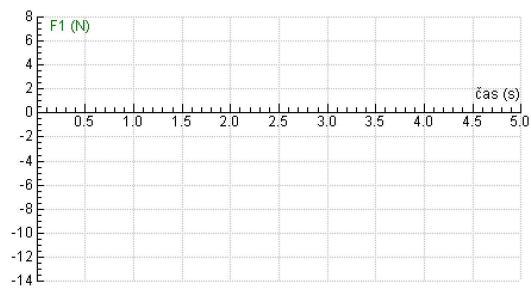


7. Do pripraveného obrázka zakreslite svoju predpoveď o časovom priebehu sily pružnosti pôsobiacej na závažie počas pádu.

PREDPOVEĎ



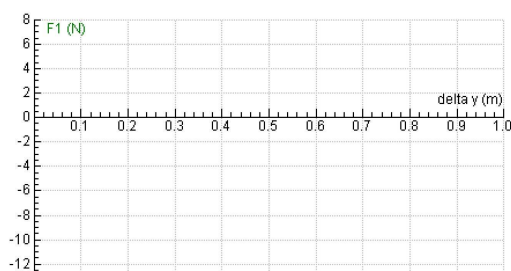
VÝSLEDOK



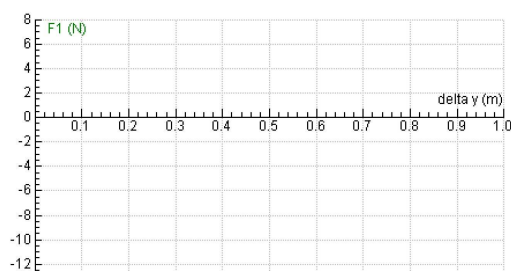
8. Vytvorte graf závislosti sily pružnosti, ktorou pôsobí vlákno na závažie od času $F_1 = f(t)$. Porovnajτε výsledok s vašou predpoveďou.

9. Keď závažie dosiahne maximálnu vzdialenosť, vtedy pôsobí vlákno na závažia najväčšou silou, ktorá môže dosiahnuť niekoľko násobkov jeho tiaže. Táto sila spôsobuje tzv. preťaženie závažia, ktoré sa vyjadruje v násobkoch zrýchlenia. Určte preťaženie závažia.
10. Do pripraveného obrázka zakreslite svoju predpoveď o grafe závislosti sily pružnosti od predĺženia vlákna.

PREDPOVEĎ



VÝSLEDOK



11. Vytvorte graf závislosti sily pružnosti od predĺženia vlákna. Dĺžka vlákna je približne 13cm. Porovnajτε výsledok s vašou predpoveďou.

Aktivita 2-5 Overenie zákona zachovania mechanickej energie

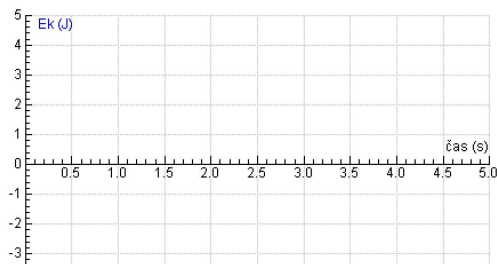
Uvážte, akými energiami sa vyznačuje sústava závažie-vlákno-Zem počas pádu závažia. Vzťažná sústava má počiatok v mieste, odkiaľ závažie padá. Kladný smer osi y smeruje nadol. Nulovú hladinu potenciálnej energie tiažovej sústavy zvolíme v mieste, odkiaľ závažie padá.

1. Akými energiami sa vyznačuje sústava závažie-vlákno-Zem v polohe $y=0$? Vyjadrite celkovú mechanickú energiu.
2. Akými energiami sa vyznačuje sústava závažie-vlákno-Zem v polohe $0 < y \leq L$? Vyjadrite celkovú mechanickú energiu.
3. Akými energiami sa vyznačuje sústava závažie-vlákno-Zem v polohe $L < y < y_{\max}$? Vyjadrite celkovú mechanickú energiu.
4. Akými energiami sa vyznačuje sústava závažie-vlákno-Zem v polohe $y = y_{\max}$? Vyjadrite celkovú mechanickú energiu.
5. Pokúste sa sformulovať, aká je bezpečná hĺbka pádu závažia? Od čoho závisí táto hĺbka?

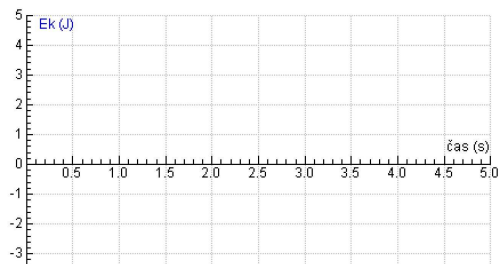
6. Prečo je hĺbka pádu pre závažiaa dôležitá?

7. Do pripraveného grafu obrázka zakreslite svoju predpoveď o časovej závislosti kinetickej energie, potenciálnej energie tiažovej, potenciálnej energie pružnosti a celkovej mechanickej energie sústavy závažie – vlákno – Zem

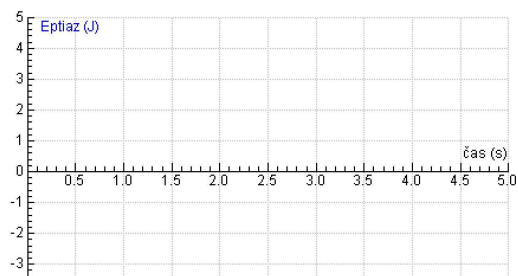
PREDPOVEĎ



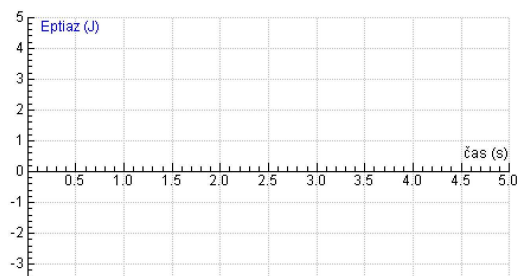
VÝSLEDOK



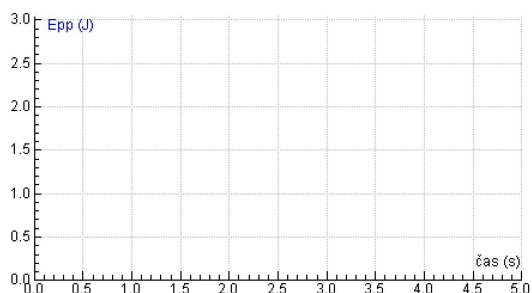
PREDPOVEĎ



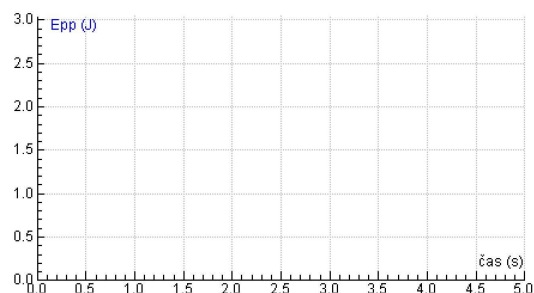
VÝSLEDOK



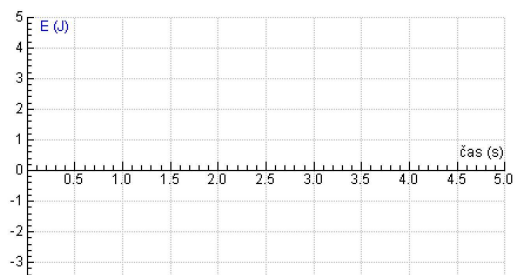
PREDPOVEĎ



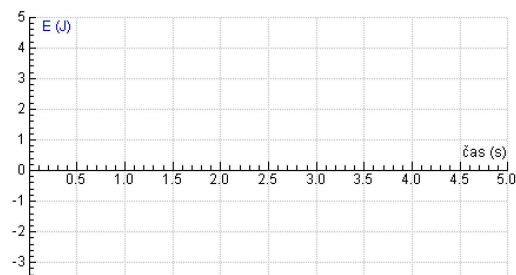
VÝSLEDOK



PREDPOVEĎ



VÝSLEDOK



8. Vytvorte graf závislosti kinetickej energie, potenciálnej energie tiažovej, potenciálnej energie pružnosti a celkovej mechanickej energie sústavy závažie – vlákno – Zem od času. Porovnajte výsledok s vašou predpoveďou.

Záver: