

Meno:

Trieda:

Laboratórne cvičenie
Videomeranie pohybu bungee skokana

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, 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

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

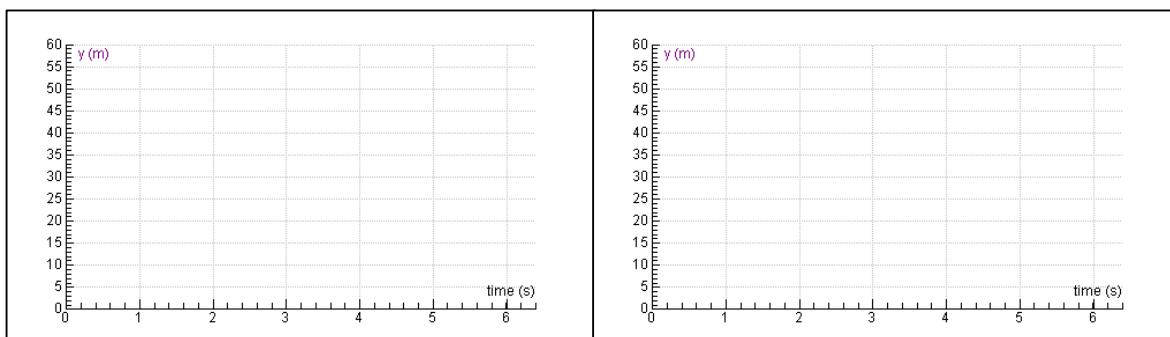
Keďže $mg = k\Delta l$, je príčinou kmitania oscilátora sila, ktorej priemet do osi y je $F = -ky$. Sila, ktorá spôsobí kmitanie je priamo úmerná y a je namierená proti smeru výchylky.

Postup videomerania:

1. Otvorte aktivitu “**bungee**“. V tejto aktivite budete skúmať, ako sa mení poloha skokana počas jeho pohybu.
2. Pred začatím si videoklip prehrajte. Popíšte pohyb skokana.
3. Súradnicové osi a potrebné grafy sú už pripravené. Stlačením pravého tlačidla myši a kliknutím na ponuku *AXES (Zobraz/Osi)* si ich môžete zviditeľniť. Všimnite si, kde má súradnicová sústava počiatok a aké je škálovanie súradnicových osí.
4. Ešte pred začatím merania sa pokúste predpovedať priebeh závislosti. Svoju predpoveď zakreslite do pripraveného obrázka:

PREDPOVEĎ

VÝSLEDOK



5. Stlačením zeleného tlačidla na hornej lište spustíte meranie. Klikaním myšou vždy na rovnaký bod pohybujúceho sa skokana postupne označujte jeho polohy. (Pre presnejšie snímanie polohy skokana si okno videoklipu zväčšíte na celú plochu obrazovky.)
6. Na obrazovke sa zobrazí graf závislosti polohy skokana na čase. Porovnajzte výsledok merania s vašou predpoveďou a zaznamenajte ho do pripraveného grafu.

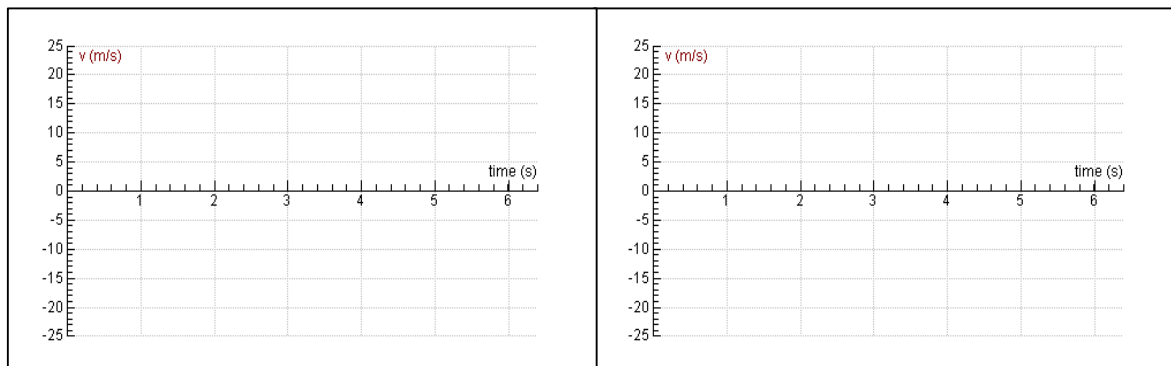
Analýza merania:

Aktivita 1: Ako sa mení poloha bungee skokana počas pádu?

1. Ako dlho trval nasnímaný pohyb?
 2. Aká bola poloha skokana v čase $t=0s$?
 3. Aké druhy pohybov vykonával skokan počas svojho pádu?
 4. Aká je maximálna hĺbka, do ktorej sa skokan počas svojho pohybu dostal?
 5. Graf závislosti polohy od času získaný meraním fitujte vhodnou funkciou pomocou ponuky ANALYSE/FUNCTION-FIT (*Spracuj/Analyzuj/Fitovanie funkciou*). Zapíšte 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 skokana? Ako sa menila počas pohybu skokana?
 7. Do pripraveného obrázka zakreslite predpokladanú závislosť $v(t)$:

PREDPOVEĎ

VÝSLEDOK



Aktivita 2: Ako sa mení rýchlosť bungee skokana 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 skokana počas jeho pohybu?
2. Kedy bola rýchlosť skokana najvyššia? V akej polohe sa vtedy nachádzal skokan? Akým zrýchlením sa vyznačoval skokan v tomto okamihu?

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

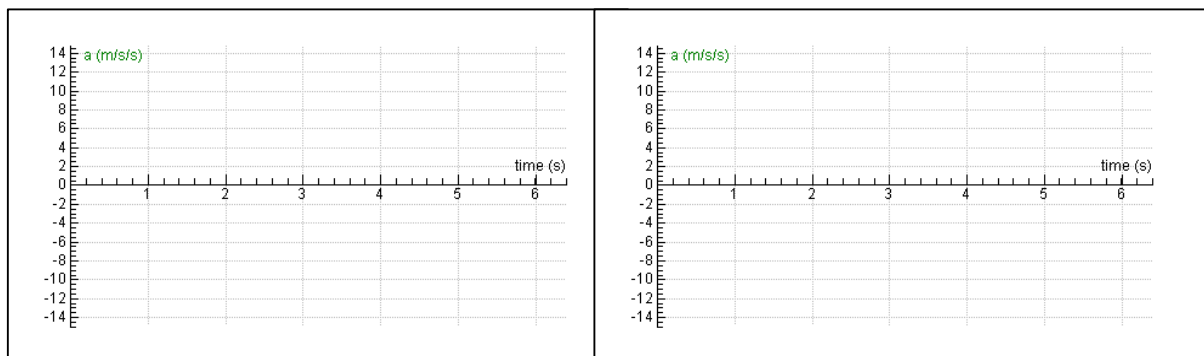
3. Kedy bola rýchlosť skokana nulová? V akej polohe sa vtedy nachádzal skokan? Akým zrýchlením sa vyznačoval skokan v tomto okamihu?

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

4. Ako bude podľa Vás vyzerat' graf zrýchlenia od času bungee skokana? Do pripraveného obrázka zakreslite svoju predpoveď:

PREDPOVEĎ

VÝSLEDOK



Aktivita 3: Ako sa mení zrýchlenie bungee skokana počas pádu?

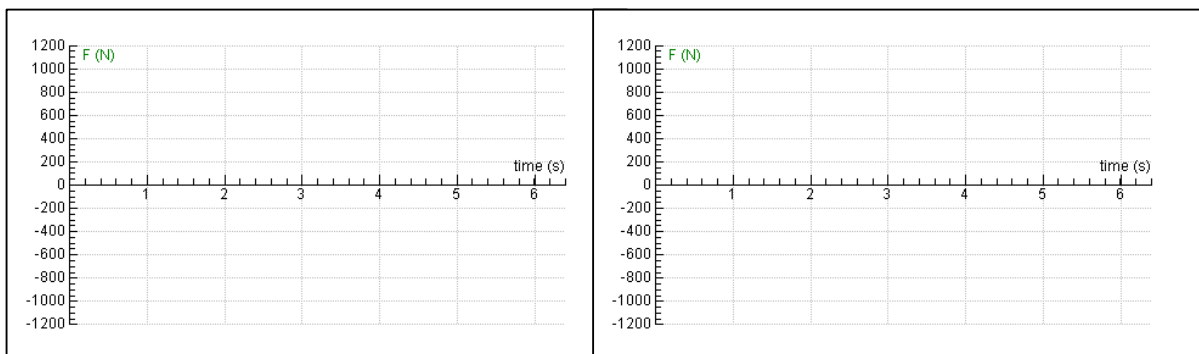
Z grafu závislosti rýchlosti od času vytvorte graf závislosti zrýchlenia od času $a(t)$ pomocou funkcie *DISPLAY DIAGRAM* (*Spracuj/Analyzuj/Derivácia*). Táto funkcia vypočíta hodnotu priemerného zrýchlenia z dvoch po sebe nasledujúcich hodnôt rýchlosti a času v_1, t_1, v_2, t_2 ; t.j.: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$. Graf $a(t)$ 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 skokana počas jeho pohybu?
2. Čo viete povedať o výslednej sile pôsobiacej počas pohybu na skokana?
3. Do pripraveného obrázka zakreslite svoju predpoveď o priebehu výslednej sily pôsobiacej na skokana počas jeho pohybu. Predpokladajte, že jeho hmotnosť je 70 kg.

PREDPOVEĎ

VÝSLEDOK



4. Vytvorte graf závislosti výslednej sily pôsobiacej na skokana počas pádu, ak jeho hmotnosť je 70kg. Porovnajcie výsledok s vašou predpoveďou.

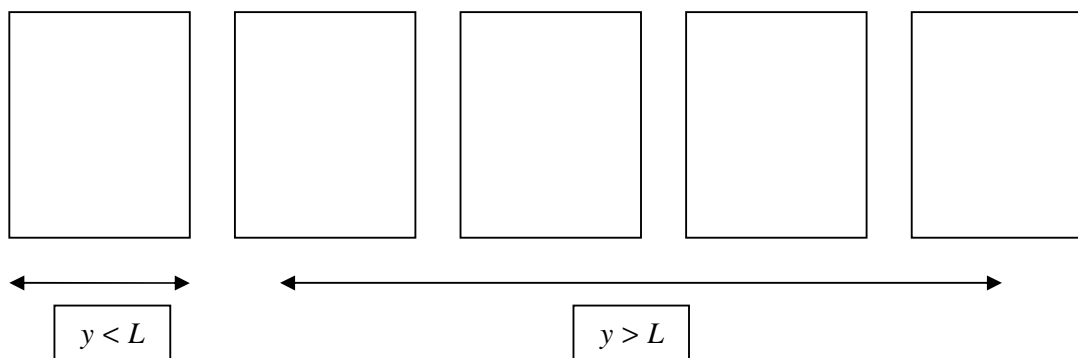
Aktivita 4: Aké sily pôsobia na bungee skokana počas pádu?

1. Z akých zložiek pozostáva výsledná sila pôsobiaca na skokana počas jeho pohybu. Dĺžka lana je L .

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

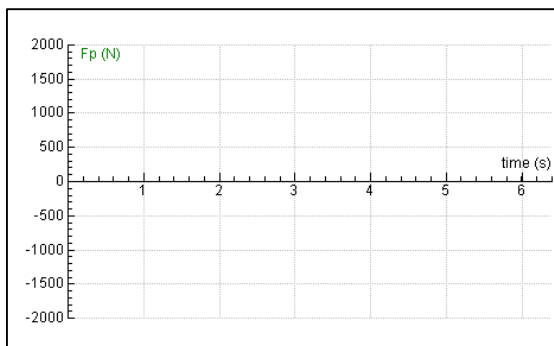
$$y > L : \quad \vec{F} =$$

2. Pre každú časť skokanovho pádu znázorníte sily, ktoré naňho v danom okamihu pôsobia. Dĺžky vektorov odpovedajú veľkostiam pôsobiacich síl.

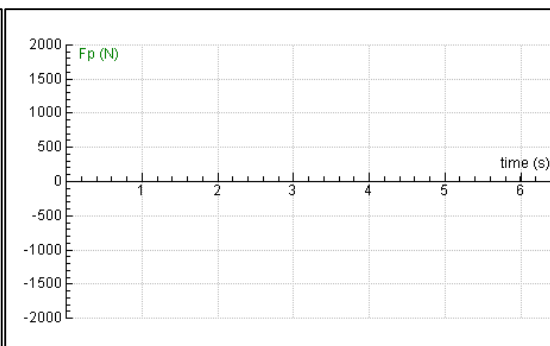


3. Do pripraveného obrázka zakreslite svoju predpoveď o časovom priebehu sily pružnosti pôsobiacej na skokana počas pádu.

PREDPOVEĎ

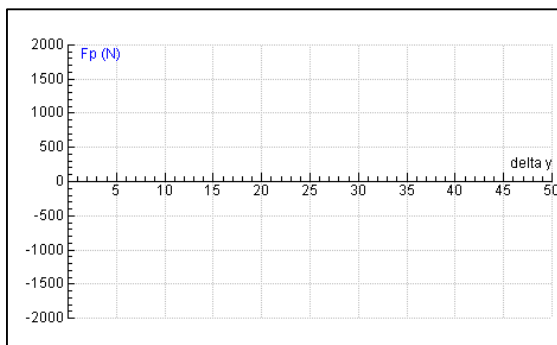


VÝSLEDOK

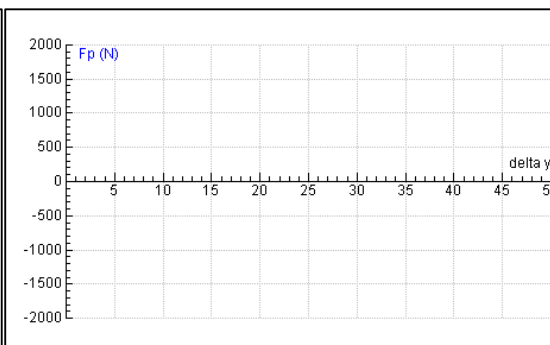


4. Vytvorte graf závislosti sily pružnosti, ktorou pôsobí lano na skokana od času $F_p = f(t)$. Porovnajte výsledok s vašou predpoveďou.
5. Keď skokan dosiahne maximálnu vzdialenosť, vtedy pôsobí lano na skokana najväčšou silou, ktorá môže dosiahnuť niekoľko násobkov jeho tiaže. Táto sila spôsobuje tzv. preťaženie skokana, ktoré sa vyjadruje v násobkoch zrýchlenia. Určte preťaženie skokana.
6. Do pripraveného obrázka zakreslite svoju predpoveď o grafe závislosti sily pružnosti od predĺženia lana.

PREDPOVEĎ



VÝSLEDOK



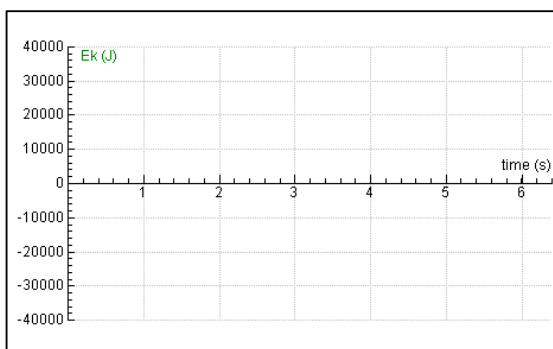
7. Vytvorte graf závislosti sily pružnosti od predĺženia lana. Dĺžka lana je približne 10m. Porovnajte výsledok s vašou predpoveďou.

Aktivita 5 Overenie zákona zachovania mechanickej energie

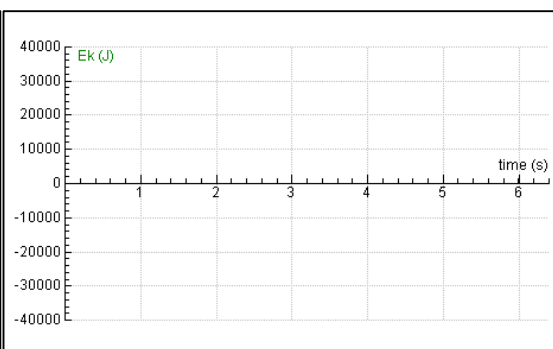
Uvážte, akými energiami sa vyznačuje sústava skokan-lano-Zem počas pádu skokana. Vzťažná sústava má počiatok v mieste, odkiaľ skokan skáče. Kladný smer osi y smeruje nadol. Nulovú hladinu potenciálnej energie ťažovej sústavy zvolíme v mieste, odkiaľ skokan skáče.

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

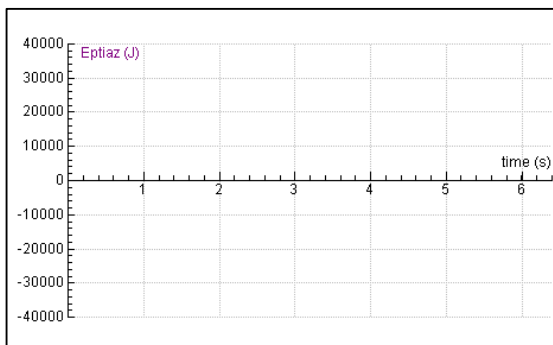
PREDPOVEĎ



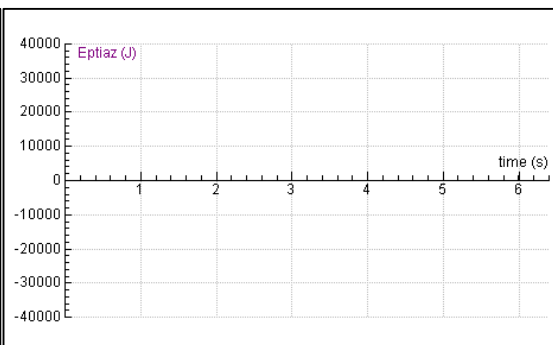
VÝSLEDOK



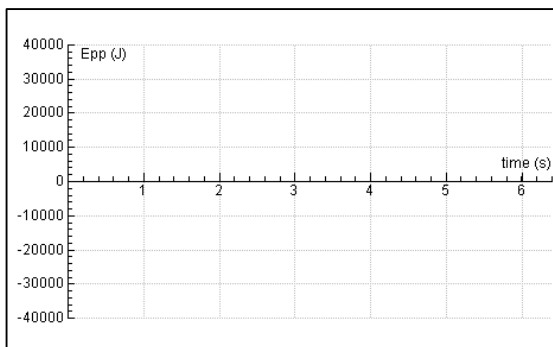
PREDPOVEĎ



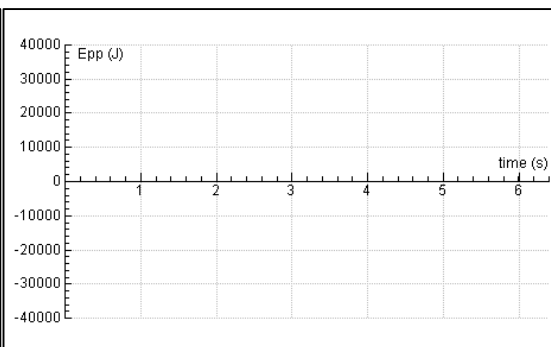
VÝSLEDOK



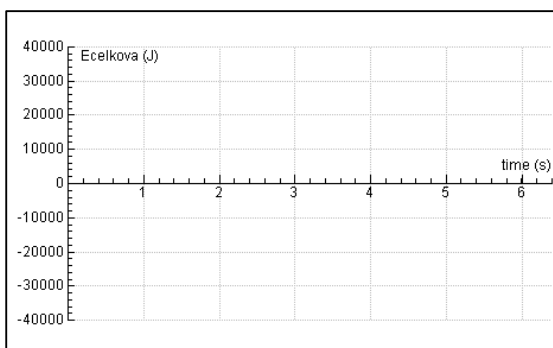
PREDPOVEĎ



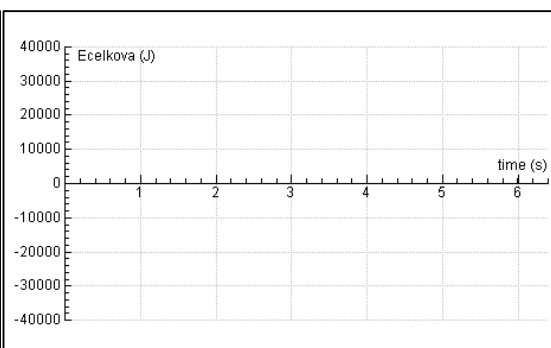
VÝSLEDOK



PREDPOVEĎ



VÝSLEDOK



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

Záver: