

Zákon zachování mechanické energie

Co se děje při jízdě z kopce?

Obsah

Úvod	2	Příprava úlohy (praktická příprava)	9
Cíle	2	Postup práce	9
Teoretický úvod	3	Nastavení HW a SW	9
Motivace studentů	4	Příprava měření	9
Doporučený postup	4	Vlastní měření (záznam dat)	9
Příprava úlohy	4	Analýza naměřených dat	9
Materiály pro studenty	5	Pracovní list učitele	11
Záznam dat	5	Slovníček pojmů	11
Analýza dat	6	Teoretická příprava úlohy	12
Syntéza a závěr	6	Vizualizace naměřených dat	12
Hodnocení	6	Vyhodnocení naměřených dat	13
Internetové odkazy a další zdroje	6	Závěr	13
Pracovní návod	7	Pracovní list studenta	15
Zadání úlohy	7	Slovníček pojmů	15
Pomůcky	7	Teoretická příprava úlohy	16
Bezpečnost práce	8	Vizualizace naměřených dat	16
Teoretický úvod	8	Vyhodnocení naměřených dat	17
		Závěr	18

 **Zařazení do výuky**

Experiment je vhodné zařadit v rámci učiva o dynamice pohybu. Energie hmotného tělesa.

 **Časová náročnost**

Dvě hodiny (2 × 45 minut)

Úvod

V tomto laboratorním cvičení studenti ověří platnost zákona zachování mechanické energie (ZZE). Během experimentu budou měřit polohu a rychlost pohybujícího se auta na nakloněné rovině. Z naměřených dat vyvodí závěr o platnosti ZZE.

Cíle

Studenti by měli zvládnout:

- používat motion senzor k objasnění pojmu mechanická energie,
- číst a analyzovat data z grafů,
- měřit pozici a rychlost pohybujícího se auta,
- z grafů určit potenciální, kinetickou a celkovou energii,
- na základě daných dat ověřit platnost ZZE.

Teoretický úvod

Při všech mechanických dějích se mění potenciální energie v kinetickou a naopak, přičemž celková mechanická energie je konstantní, tedy

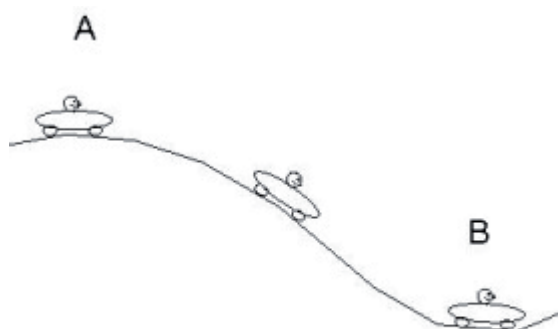
$$E = E_k + E_p = \text{konstanta},$$

kde E_k je kinetická energie a E_p je energie potenciální.

Uvedený závěr se nazývá **zákon zachování mechanické energie**.

Platí pro izolovanou soustavu těles, tj. soustavu těles, na kterou nepůsobí žádné vnější síly.

Zákon zachování mechanické energie vyjadřuje, že v izolované soustavě těles nemůže energie sama od sebe vznikat ani zanikat, ale může se jen měnit jeden druh energie v jiný. Tento zákon je zvláštním případem obecného zákona zachování energie, kdy se zanedbává především přeměna mechanické energie na tepelnou energii vznikající třením, např. při pohybu těles po sobě, nebo při pohybu těles látkovým prostředím, atp.



Obrázek 1

V bodě A má auto nulovou rychlost a jeho kinetická energie je nulová. Celková mechanická energie je dána jen potenciální energií $E_c = E_p = mgh$. Po rozjetí dochází ke změně jednotlivých energií. Úbytek potenciální energie auta se rovná přírůstku jeho kinetické energie, přičemž celková mechanická energie je stále rovna počáteční energii. V bodě B má auto maximální kinetickou energii a potenciální energie je nulová. Celková mechanická energie je tedy dána jen kinetickou energií $E_c = E_k = mv^2/2$.

Slovníček pojmů

ENERGIE

MECHANICKÁ ENERGIE

MECHANICKÁ PRÁCE

POTENCIÁLNÍ ENERGIE

KINETICKÁ ENERGIE

IZOLOVANÁ SOUSTAVA TĚLES

Přehled pomůcek

- PASPORT Xplorer
- 1 PASPORT Motion Senzor
- 1,2 m PASCO Track
- 1 GO Car
- metr
- *pracovní návod*
- *pracovní list*
- *ochranné pracovní pomůcky*

Potenciální energie

V obecnějším případě je potenciální energie tělesa důsledkem působení (a prostorového rozložení) ostatních těles, která na sebe působí gravitační silou. Potenciální energie je relativní, záleží na tom, vzhledem k čemu se vztahuje. Při výpočtech se nulová hladina potenciální energie volí buď v rovnovážné poloze, kde jsou příslušné síly v rovnováze, nebo v nekonečnu, kde je velikost příslušných sil na těleso nulová. Pro přeměnu energií ale na volbě nulové hladiny potenciální energie nezáleží, rozhodující je pouze změna této energie.

Kinetická energie

- Kinetická energie nemůže být nikdy záporná.
- Kinetická energie nezávisí na směru pohybu, ale pouze na velikosti rychlosti.
- Kinetická energie je závislá na volbě vztažné soustavy, protože na této volbě závisí také rychlost tělesa.
- Celková kinetická energie soustavy hmotných bodů je dána součtem kinetických energií jednotlivých hmotných bodů.

Seznámení s úlohou

Studentům je potřeba objasnit nastavení XPLORE Ru.

💡 Tip

K uvedení auta do pohybu použijte vystřelovací pružinu auta.

Motivace studentů

Zeptáme se studentů na význam slova energie. Zjistíme, které druhy energií znají.

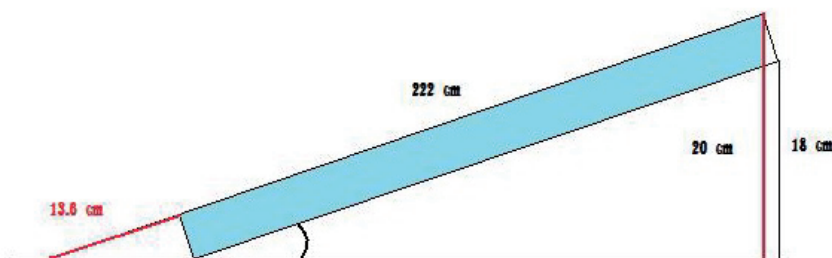
Objasníme přeměnu potenciální energie na kinetickou při volném pádu a dané poznatky aplikujeme na pohyb na nakloněné rovině.

Doporučený postup

1. Každá pracovní skupina obdrží „pracovní návod“ a každý student dostane „pracovní list“. Studenti si nejprve přečtou návod a teprve pak začnou s přípravou vlastního experimentu.
2. Dopoučujeme, aby každý člen pracovní skupiny dostal svůj specifický úkol. Pro čtyřčlennou skupinu například:
 - *student 1* – vedoucí týmu – ručí za to, že skupina bude při práci postupovat podle pracovního návodu,
 - *student 2* – koordinuje vyplňování pracovních listů a vyplněné pracovní listy vybírá (každý student si vyplňuje svůj pracovní list),
 - *student 3, 4* – mají na starosti sestavení/nastavení a obsluhu použitých přístrojů.

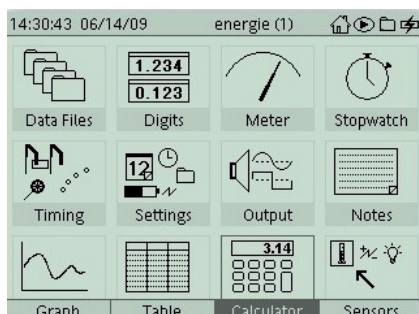
Příprava úlohy

Měření je nastaveno pro přesný sklon nakloněné roviny. Pokud byste chtěli změnit podmínky, musíte upravit kalkulační výpočet potenciální energie a dopočítat novou délku nakloněné roviny.

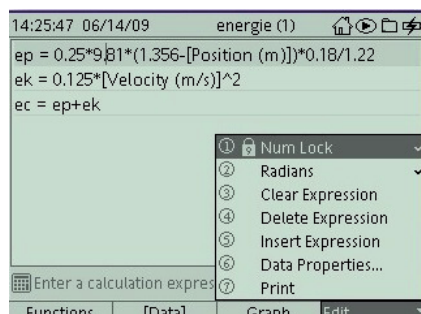


Obrázek 2

V základním menu stiskněte **F3** a vstupte do „calculator“. Zde se musí změnit tyto hodnoty na prvním řádku: 1,356 (hodnota dopočítané délky nakloněné roviny) a 0,18 (hodnota výšky spodní hrany nakloněné roviny). K pohybu použijte šipky.

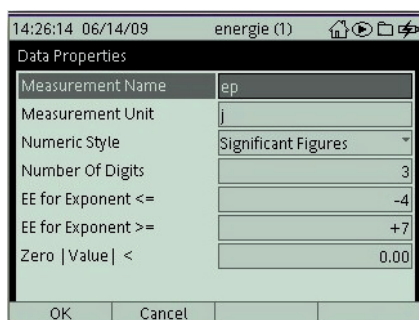


Obrázek 3



Obrázek 4

K upřesnění jednotek energií stiskněte **F4** (edit). Data properties: zde lze měnit jednotky.



Obrázek 5

Nechte studenty vyplnit (za domácí úkol nebo na začátku práce) slovníček v „pracovním listě“. Je nezbytné, aby studenti tyto části vypracovali před vlastní experimentální činností.

Zjistěte, jak studenti přípravnou část úlohy vypracovali.

Materiály pro studenty

„Pracovní návod“ postupně provede studenty („krok za krokem“) celou úlohou.

„Pracovní list“ slouží studentům k zaznamenání získaných dat, jejich analýze a pochopení.

Záznam dat

Postup při zaznamenávání dat je popsán v „pracovním listě“. Upozorněte studenty na to, že před vlastním započítáním měření je třeba úloze opravdu porozumět.

Analýza dat

Naměřená data použijí studenti k zodpovězení otázek v „pracovním listě“.

V učitelské verzi pracovního listu jsou uvedeny typické odpovědi studentů.

Syntéza a závěr

Poté, co studenti vyplní své „pracovní listy“, společně shrneme získané poznatky k vyslovení platnosti či neplatnosti ZZE v daném experimentu. Uvedeme, které skutečnosti mohly ovlivnit výsledek naměřených hodnot (tření, aj.).

Hodnocení

(Viz dříve uvedené cíle.)

- Sestavili a použili studenti laboratorní zařízení správně?
- Postupovali korektně podle pracovního postupu?
- Pochopili studenti ZZE?
- Vypracovali studenti správně své pracovní listy?
- Odečetli hodnoty energií z grafů správně?
- Jsou studenti schopni zdůvodnit případné rozpory v platnosti ZZE?

Internetové odkazy a další zdroje

Zákon zachování energie

http://cs.wikipedia.org/wiki/Zákon_zachování_energie

Potenciální energie

http://cs.wikipedia.org/wiki/Potenciální_energie

Kinetická energie

http://cs.wikipedia.org/wiki/Kinetická_energie

Literatura

E. Svoboda a kolektiv: Přehled středoškolské fyziky



Pasco zdroje

Na stránkách www.pasco.com a www.pasco.cz naleznete řadu dalších zdrojů.



FYZIKA

laboratorní cvičení č. 4

4

• FYZIKA

Zákon zachování mechanické energie (návod)

Zadání úlohy

Bude platit zákon zachování mechanické energie (ZZE) při pohybu auta na nakloněné rovině? Změní se celková mechanická energie? Ověřte platnost ZZE na základě naměřených hodnot.

Pomůcky

- PASPORT Xplorer
- 1 PASPORT Motion Senzor
- 1,2 m PASCO Track
- 1 GO Car
- metr
- *pracovní návod*
- *pracovní list*
- *ochranné pracovní pomůcky*

PRACOVNÍ NÁVOD



Bezpečnost práce

Pracujte pečlivě a v souladu s pracovním návodem. V laboratoři používejte laboratorní plášť a případně další pomůcky v souladu se správnou laboratorní praxí.

Teoretický úvod

Při všech mechanických dějích se mění potenciální energie v kinetickou a naopak, přičemž celková mechanická energie je konstantní, tedy

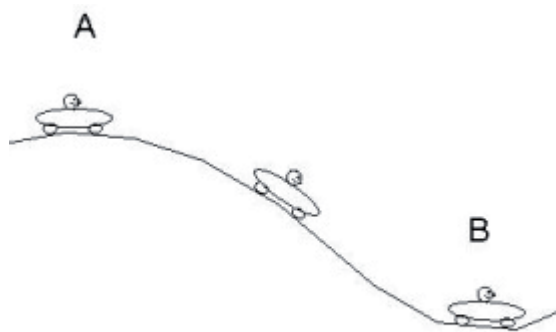
$$E = E_k + E_p = \text{konstanta},$$

kde E_k je kinetická energie a E_p je energie potenciální.

Uvedený závěr se nazývá **zákon zachování mechanické energie**.

Platí pro izolovanou soustavu těles, tj. soustavu těles, na kterou nepůsobí žádné vnější síly.

Zákon zachování mechanické energie vyjadřuje, že v izolované soustavě těles nemůže energie sama od sebe vznikat ani zanikat, ale může se jen měnit jeden druh energie v jiný. Tento zákon je zvláštním případem obecného zákona zachování energie, kdy se zanedbává především přeměna mechanické energie na tepelnou energii vznikající třením, např. při pohybu těles po sobě, nebo při pohybu těles látkovým prostředím, atp.



Obrázek 1

V bodě A má auto nulovou rychlost a jeho kinetická energie je nulová. Celková mechanická energie je dána jen potenciální energií $E_c = E_p = mgh$. Po rozjetí dochází ke změně jednotlivých energií. Úbytek potenciální energie auta se rovná přírůstku jeho kinetické energie, přičemž celková mechanická energie je stále rovna počáteční energii. V bodě B má auto maximální kinetickou energii a potenciální energie je nulová. Celková mechanická energie je tedy dána jen kinetickou energií $E_c = E_k = mv^2/2$.

Příprava úlohy (praktická příprava)

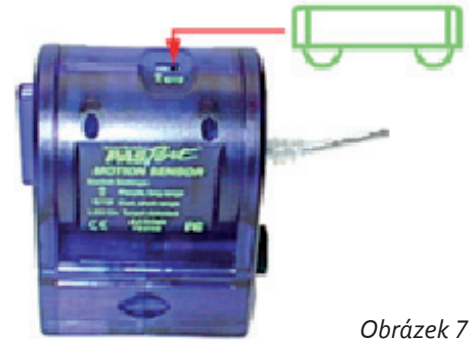
Nejprve zpracujte slovníček a teoretickou přípravu na „pracovním listě“ a teprve potom začněte pracovat v laboratoři.

Postup práce

Nastavení HW a SW

Nastavení GLX

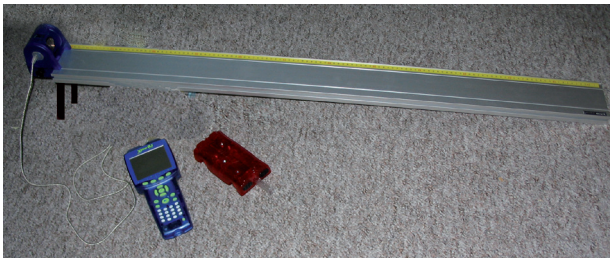
1. Zapněte GLX a otevřete soubor nazvaný „energie“. Měření je nastaveno s frekvencí 50 Hz. Na svislé ose se zobrazí pozice, na vodorovné ose čas.
2. Připojte senzor do libovolného portu.
3. Na senzoru zvolte ikonu vozičku (viz obr. 7).



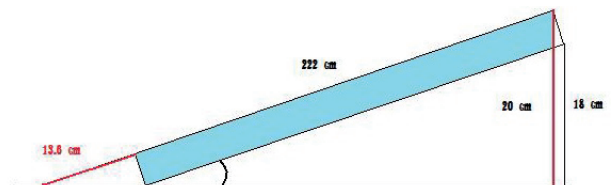
Obrázek 7

Příprava měření

1. Sestavte experiment podle obrázku.
2. Horní konec dráhy umístěte do výšky 18 cm (měřeno ke spodní hraně).



Obrázek 6



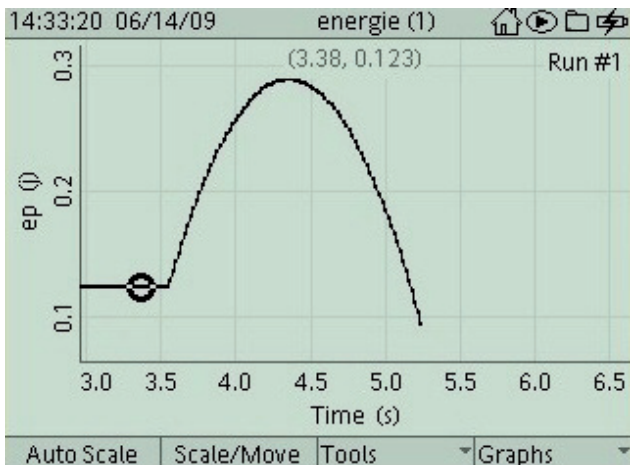
Obrázek 5

Vlastní měření (záznam dat)

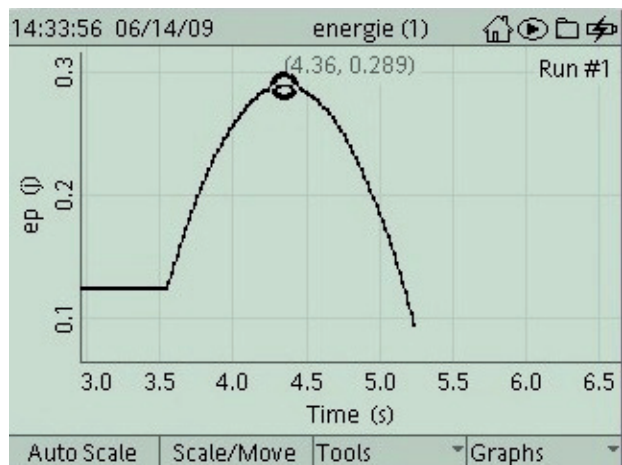
1. Postavte auto na dolní konec dráhy.
2. Stiskněte **Start** (▶) a začněte měřit.
3. Uvedte do pohybu auto. Použijte vystřelovací pružinu a odrazte auto od pevné překážky.
4. Odstraňte překážku a po návratu auta do výchozí pozice ukončete měření opětovným stiskem tlačítka **Start** (▶).

Analýza naměřených dat

1. Zobrazte postupně jednotlivé grafy. Stiskněte (✓) a pomocí šipek změňte hodnotu na svislé ose. Nejprve zobrazte graf potenciální energie (hodnota e_p).
2. Použijte šipky k pohybu po grafu a odečtěte počáteční (nenulovou hodnotu) a maximální hodnotu potenciální energie. Hodnoty zapište do tabulky.

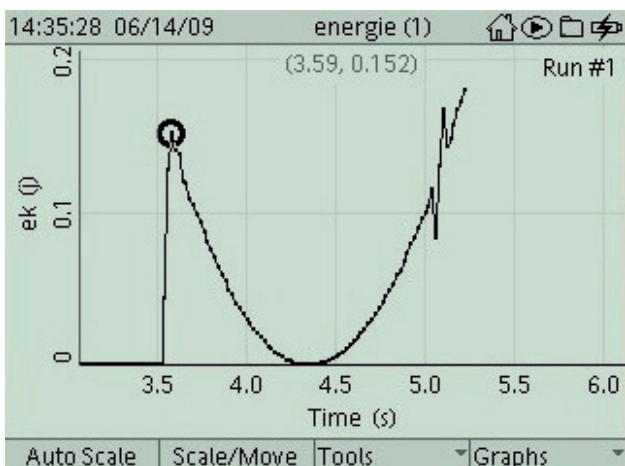


Obrázek 8

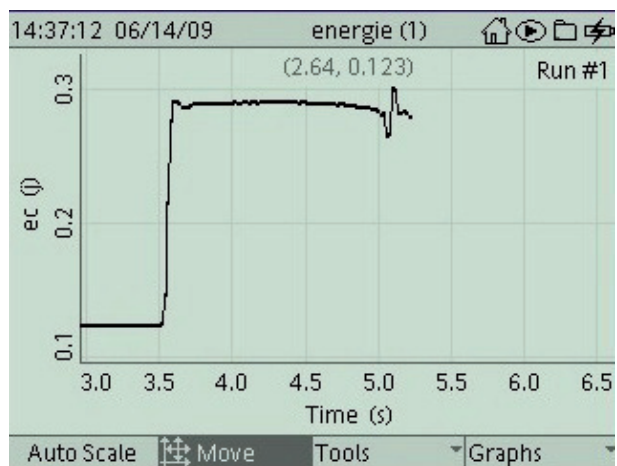


Obrázek 9

3. Opakujte postup a určete hodnotu maximální kinetické energie (hodnota e_k) a celkové mechanické energie (hodnota e_c).



Obrázek 10



Obrázek 11

Tip

K odečtení rozdílu naměřených hodnot použijte nástroje **Delta Tool** v nabídce nástrojů „Tools Menu“.

FYZIKA

laboratorní cvičení č. 4

4

• FYZIKA

**Zákon zachování mechanické energie
pracovní list (učitel)****Slovníček pojmů**

Použijte dostupné zdroje a najděte definice níže uvedených fyzikálních termínů.

**Mechanická energie:**

charakterizuje mechanický pohyb tělesa a vzájemné silové působení těles.

Kinetická energie:

kinetickou energii mají tělesa, která se vzhledem k dané vztažné soustavě pohybují; kinetická energie je skalár, který charakterizuje pohybový stav těles

$$E_k = mv^2/2.$$

Potenciální energie:

je skalární veličina, která charakterizuje vzájemné silové působení těles; závisí na vzájemné poloze těles nebo jejich jednotlivých částí

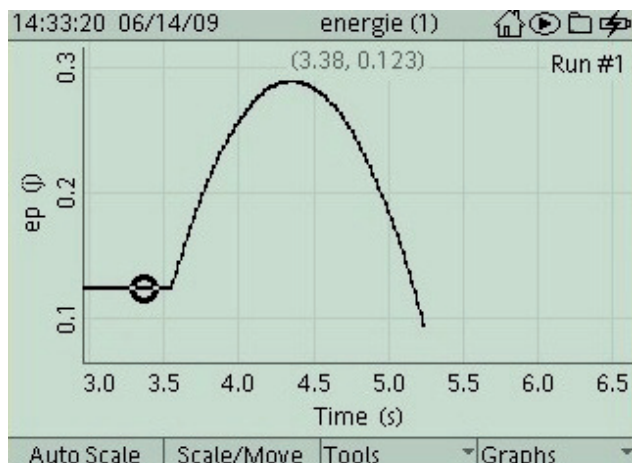
$$E_p = mgh.$$

Teoretická příprava úlohy

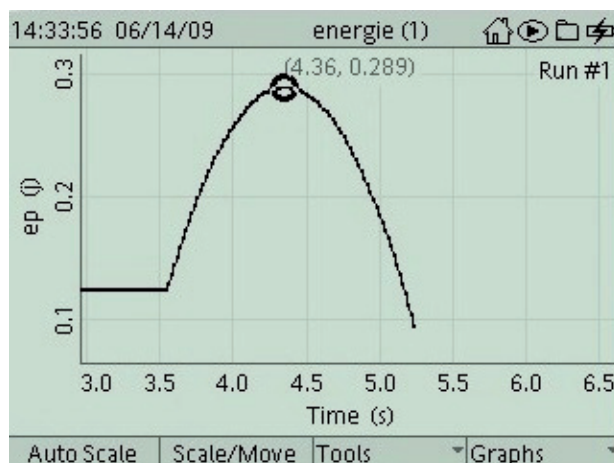
Hypotéza

Bude platit zákon zachování mechanické energie (ZZE) při pohybu auta na nakloněné rovině? Změní se celková mechanická energie? Ověřte platnost ZZE na základě naměřených hodnot.

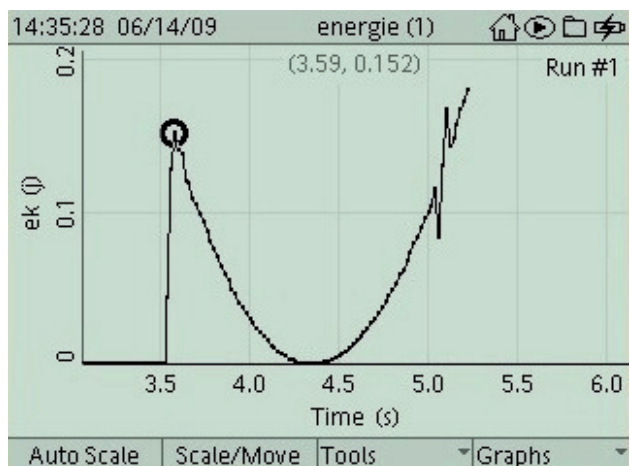
Vizualizace naměřených dat



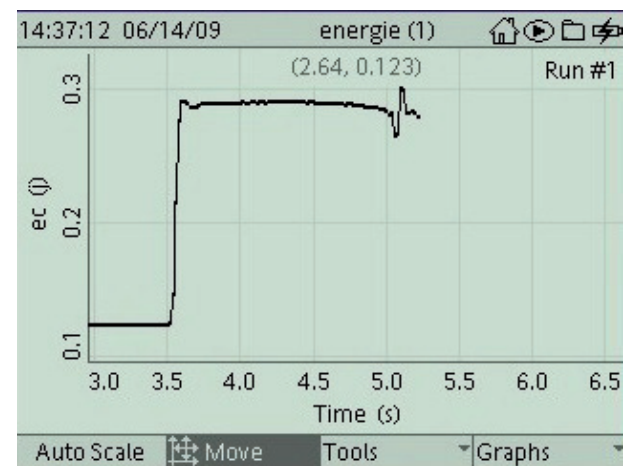
Obrázek 8



Obrázek 9

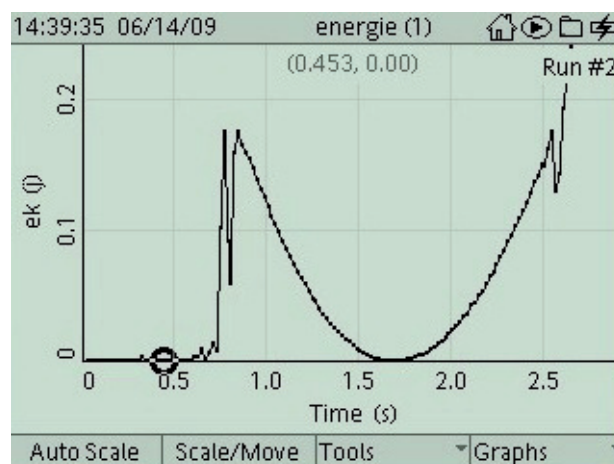


Obrázek 10



Obrázek 11

Pokud auta budou uvedena do pohybu rukou, může nastat situace, že ZZE nebude experimentálně ověřen. Vznikne velká chyba v měření počáteční hodnoty kinetické energie, proto maximální hodnotu odečtete z grafu při návratu do počáteční polohy.



Obrázek 12

Vyhodnocení naměřených dat

Naměřené hodnoty doplňte do následující tabulky:

počáteční hodnota E_{p0} [J]	0,123
maximální hodnota E_{p1} [J]	0,289
$E_p = E_{p1} - E_{p0}$ [J]	0,166
maximální hodnota E_k [J]	0,152
celková mechanická energie E_c [J]	0,289

Závěr

1. Jak se změnila celková mechanická energie?

Celková mechanická energie se nezměnila.

2. Jsou maximální hodnoty E_p a E_k stejné? (Zdůvodněte proč.)

Při uvedení auta do pohybu působíme nepatrnou odporovou silou, která je příčinou menší hodnoty kinetické energie. Pokud bychom měřili hodnotu kinetické energie při průjezdu počáteční polohou, byla by odchylka menší.

3. Platí zákon zachování mechanické energie?

Z naměřených dat lze usoudit, že platí ZZE.

Celková mechanická energie odpovídá maximální hodnotě potenciální energie. Od této hodnoty musíme opět odečíst počáteční hodnotu E_{p0} .

Odpovědi na otázky se mohou lišit.

Pracovní list studenta

skupina:.....

jméno:..... třída:..... datum:.....

Slovníček pojmů

Použijte dostupné zdroje a najděte definice níže uvedených fyzikálních termínů.

Mechanická energie:

Kinetická energie:

Potenciální energie:

Teoretická příprava úlohy

Hypotéza

Bude platit zákon zachování mechanické energie (ZZE) při pohybu auta na nakloněné rovině? Změní se celková mechanická energie? Ověřte platnost ZZE na základě naměřených hodnot.

Vizualizace naměřených dat

Vyhodnocení naměřených dat

Naměřené hodnoty doplňte do následující tabulky:

počáteční hodnota E_{p0} [J]	
maximální hodnota E_{p1} [J]	
$E_p = E_{p1} - E_{p0}$ [J]	
maximální hodnota E_k [J]	
celková mechanická energie E_c [J]	

Závěr

1. Jak se změnila celková mechanická energie?

2. Jsou maximální hodnoty E_p a E_k stejné? (Zdůvodněte proč.)

3. Platí zákon zachování mechanické energie?