

Gymnázium, Soběslav, Dr. Edvarda Beneše 449/II



Laboratorní cvičení z fyziky

Pohyb tělesa a tření

Autor: Mgr. Ivana Stefanová

Jméno souboru: Dynamika

Poslední úprava: 23. srpna 2016

Pohyb tělesa a tření

Obsah

Pracovní úkoly.....	1
Teorie.....	1
Protokol o měření.....	1
Příprava pracoviště.....	2
Pokyny k provádění měření.....	3
Upozornění.....	5
Soupiska pomůcek a materiálu.....	5

Pohyb tělesa a tření

Úkolem laboratorního cvičení je experimentální studium pohybu tělesa při působení vnějších sil. Větší pozornost je věnována třecí síle.

Pracovní úkoly

1. Připravte si pracoviště a měřicí aparaturu dle pokynů níže.
2. Proveďte měření časové závislosti polohy tělesa a jeho rychlosti při pohybu po vodorovné podložce.
3. Vyhodnocením naměřených dat určete koeficient tření mezi tělesem a podložkou.
4. Opakujte měření a vyhodnocení pro podložky s různým povrchem.
5. Pro vybranou podložku studujte vliv velikosti tažné síly na koeficient tření.
6. Pro vybranou podložku studujte vliv hmotnosti tělesa na koeficient tření.

Teorie

Výklad dynamiky naleznete v učebnici *Fyzika pro gymnázia*, díl *Mechanika* autorů Bednařík, Široká, Bujok (kapitola 3 *Dynamika hmotného bodu a soustavy hmotných bodů*, o smykovém tření pojednává oddíl 3.9). Alternativou je Svobodův *Přehled středoškolské fyziky* (kapitola 2 *Mechanika*, smykovému tření se autor věnuje na str. 99 a 100). Komplexní rozbor odpovídající fyzikální situace provedl K. Bartuška ve *Sbírce řešených úloh z fyziky I* (úloha 75).

Protokol o měření

Skupina odevzdá jako výsledek své práce protokol o měření, může být zpracován (i odevzdán) elektronicky nebo ručně, volba je jenom na vás. U dokumentu nebude hodnocena jeho délka, ale správnost, jasnost a fyzikální argumentace. Protokol z tohoto cvičení by měl obsahovat:

- popis sil, které působí na zkoumané tažené těleso, a jejich složení ve výslednou sílu,
- graf časové závislosti polohy tělesa a jeho rychlosti¹, zrychlení určené z grafu jeho rychlosti, charakteristiku pohybu tělesa podle naměřených dat,
- hodnotu koeficientu tření² (vzorec, dosazované hodnoty³, odhad chyby výsledku),
- pro další zkoumané podložky stačí uvést zrychlení a určený koeficient tření,
- tabulku zrychlení a koeficientů tření pro jednu podložku při různé velikosti tažné síly (tj. při různých závažích zavěšených na vlákne), diskusi výsledků,

1 Vzhledem k rozsahu dat není nutno přikládat tabulku veškerých naměřených hodnot.

2 Pro zpracování protokolu budete opakovaně počítat koeficient tření. V tomto případě doporučuji provádět výpočty pomocí tabulkového procesoru (Microsoft Excel, LibreOffice/OpenOffice Calc, případně i GeoGebra), oproti ručnímu výpočtu s pomocí běžné kalkulačky si ušetříte práci a snížíte riziko chybného zadání údajů.

3 Pokud budete pro výpočty potřebovat i jiné hodnoty než přímo vyčtené z grafů, je třeba uvést, jakým způsobem byly získány.

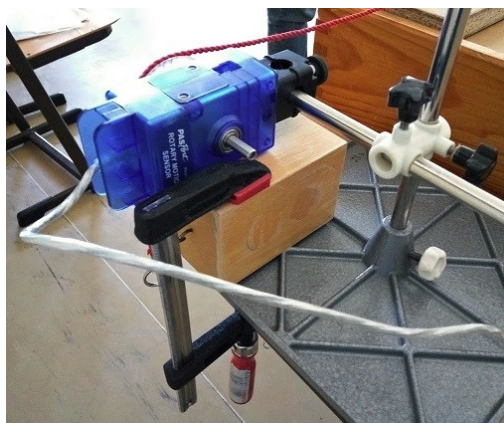
- obdobnou tabulku zrychlení a koeficientů tření při různé hmotnosti taženého tělesa (dosažené pomocí dodatečných závaží nebo spojením kvádrů), opět s diskusí výsledků,
- závěr obsahující celkové shrnutí získaných výsledků (soulad či nesoulad s teorií a jeho důvod, co bylo zanedbáno apod.).

Příprava pracoviště

Ze soupravy na studium tření si vyndejte podložky s různým povrchem a tři dřevěné hranoly jako tažená tělesa. Soupravu zakryjte víkem, bude vám nadále sloužit jako podstavec pro studovanou podložku. Jednu z podložek položte na víko. Na stojan umístěte příčník a na něj připevněte [rotační snímač PS-2120](#). Stojan umístěte na kraj lavice vedle podložky s podstavcem a upravte polohu jednotlivých prvků tak, aby natažené vlákno táhlo dřevěný hranol⁴ po podložce ve **vodorovném** směru přes největší kladku snímače a umožnilo volný pohyb závaží vedle lavice. Směr vlákna (tedy i pohyb hranolu a závaží) musí být kolmý k rotační ose snímače. Pro zvýšení stability upevněte stojan k lavici truhlářskou svěrkou a rotační snímač vhodně podložte⁵. Fotografie uspořádání experimentu bude patrně názornější než slovní popis.



Jedna z možností celkového uspořádání pracoviště pro měření koeficientu tření a detail upevnění rotačního snímače na stojan.



Připravte si [rozhraní Pasco PowerLink](#) a netbook s programem [Capstone](#). Položte je na lavici (případně druhou lavici) a propojte je navzájem USB kabelem. Rotační snímač připojte k rozhraní PowerLink. Uspořádejte si pracoviště tak, abyste měli dostatek volnosti pohybu okolo měřené podložky a nehrozilo náhodné zachycení či sražení některé části. Délka jednotlivých kabelů vám dává dostatečné možnosti. Počítač i PowerLink jsou napájeny pomocí síťových adaptérů. Zelená LED na rozhraní u připojeného snímače by měla indikovat jeho správné rozeznání a funkci.

Po zapnutí počítače vyčkejte na spuštění operačního systému a poté pomocí zástupce na ploše spusťte program Capstone. Tím je vaše pracoviště připraveno.

⁴ Vyberte hranol, který má stěny co nejrovnější a není nijak deformován.

⁵ Při zastavení pohybujícího se hranolu bude závaží působit na kladku poměrně velkou silou směrem dolů. Uchycení rotačního snímače na příčník stojanu není dostatečně masivní a došlo by k jeho posunutí. Proto je podložení nutné.

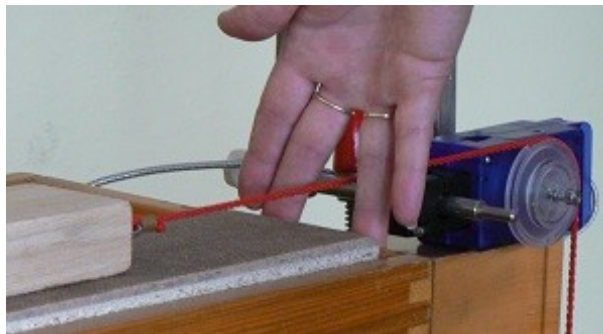
Pokyny k provádění měření

V programu Capstone otevřete soubor `tření.cap`, který je připraven pro tento experiment. To se provede pomocí položky v podmenu *Soubor* nebo pomocí standardního tlačítka. Tím je zajištěno následující nastavení:

- rotační snímač je nastaven na snímání lineární polohy a rychlosti pomocí největší kladky,
- vzorkování probíhá po 5 ms,
- dva připravené grafy pro prezentaci dat—časová závislost polohy a časová závislost okamžité rychlosti, přičemž v druhém grafu je data automaticky proložena přímkou, jejíž směrnice má význam průměrného zrychlení v měřeném úseku,
- ukládání dat je automaticky zahájeno i ukončeno v závislosti na průběhu experimentu (začátek je vázán na zjištění pohybu tělesa, konec na projetí dráhy odpovídající délce podložky).

Na úvodní stránce vyplňte údaje o vaší skupině a datu měření a uložte si její kopii do laboratorního deníku. Přepněte se na další stránku pracovního sešitu (*Měření polohy*).

Na úplný začátek podložky položte tažené těleso (dřevěný kvádr) svou největší stěnou dolů. Na háček zavěste vlákno a natáhněte jej přes největší kladku snímače. Na druhý konec vlákna zavěste vhodné závaží. Snažte se volit spíše menší závaží, ale takové, které dokáže uvést kvádr do pohybu⁶. Znovu zkontrolujte správnou polohu všech částí. První měření provádějte vždy za přítomnosti vyučujícího! **Připravte se** k bezpečnému zachycení kvádrů (až za koncem podložky těsně před rotačním snímačem). V programu Capstone spusťte měření pomocí tlačítka *Zaznamenat data*, data se však zatím nenačítají, protože rotační snímač nedetekuje žádný pohyb. Uvolněte kvádr a před snímačem jej **zachyťte**. Průběh pohybu by měl být zachycen v obou grafech a měření by mělo být automaticky ukončeno. Pokud se tak nestalo, zastavte měření



tlačítkem *Ukončit*. Po každém měření zkontrolujte *Zachycení pohybujícího se kvádrů za koncem měřené podložky.* stav celého pracoviště⁷ a případné nedostatky odstraňte. Nevydařené měření ihned opakujte.

Výsledkem měření jsou dva grafy. První (na stránce *Měření polohy*) zachycuje průběh polohy tělesa v čase, druhý (na stránce *Měření rychlosti*) pak časovou závislost okamžité rychlosti tělesa. Navíc je z dat okamžité rychlosti vypočtena přímkou „nejlepší shody“ a zakreslena do grafu. Pokud přímkou zapíšeme ve směnicovém tvaru $y = m \cdot t + b$, pak směrnice m má fyzikální význam průměrného zrychlení (vypočtené hodnoty koeficientů m i b jsou uvedeny v rámečku zároveň s chybou jejich určení). Při znalosti hmotnosti závaží i taženého kvádrů a běžných fyzikálních konstant je pak možné

⁶ Za takových podmínek je čas potřebný k překonání délky podložky větší. Při měření získáme více bodů a tím i větší přesnost určeného zrychlení.

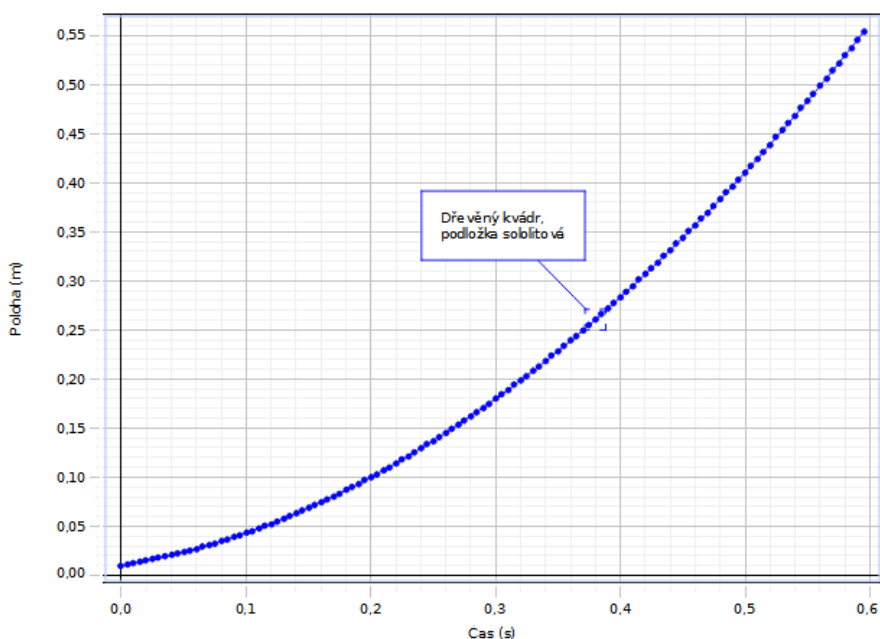
⁷ Mohlo dojít k posunutí či uvolnění některé části nebo snímače apod.

určit sílu smykového tření a pro kombinaci materiálu podložky a kvádru také koeficient tohoto tření.

Grafy je možné vhodně upravit (změnit rozsah souřadnicových os, přidat popisek aj.), k čemuž slouží nástroje na liště, která se objeví po kliknutí do oblasti grafu (viz obrázek). Také je možné změnit barvu vykreslené závislosti, pro asistenci můžete požádat vyučujícího. Na stránce *Měření rychlosti* si do editačního pole můžete pro přehlednost vložit další pomocné informace a obě stránky s grafy si zkopírujete do laboratorního deníku.

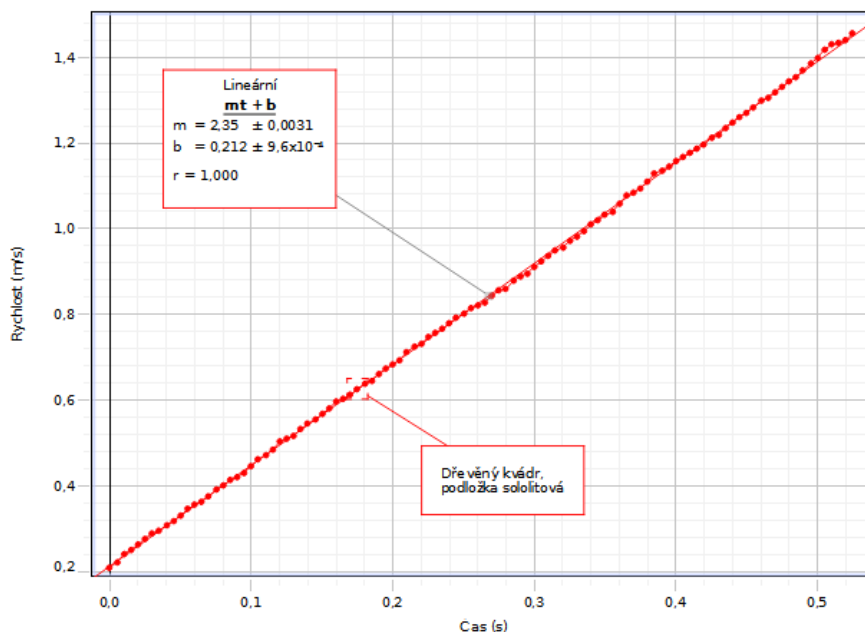


Časová závislost polohy tělesa



Příklad naměřených závislostí polohy tělesa (nahore) a jeho rychlosti (dole).

Časová závislost rychlosti tělesa



Určení koeficientu tření proved'te shodným postupem pro celkem tři či čtyři podložky s různým povrchem. Je možné, že bude potřeba volit jiné závaží pro realizaci tažné síly. Podmínky pokusu si zaznamenávejte do editačního pole, pro další zpracování stačí do laboratorního deníku kopírovat pouze kopie stránky *Měření rychlosti*.

Pro podložku „střední drsnosti“ proved'te měření při třech různých hmotnostech tažného závaží. Postupujte přitom od nejlehčího závaží, které dokáže uvést těleso do pohybu, a přidávejte vždy po cca 50 g.

Pro tutéž podložku podložku proved'te měření, kdy vybraný kvádr postupně zatížíte dodatečnou hmotností. Jednoduše to lze provést například spojením s jedním a dvěma dalšími dřevěnými hranoly pomocí lepicí pásky nebo vložením závaží do otvorů v dřevěném hranolu. Zvolte takové tažné závaží, které budete moci použít pro všechna měření této sady.

Na závěr si uložte soubor s provedeným experimentem (který budete odevzdávat jako doklad o provedeném měření) a také nezapomeňte na export laboratorního deníku s podklady pro zpracování protokolu o měření.

Upozornění



Žáci jsou povinni dodržovat veškerá bezpečnostní pravidla, se kterými byli seznámeni v úvodní hodině. Při práci dbají pokynů vyučujícího a chovají se tak, aby zabránili jakékoliv újmě na zdraví i na svěřeném materiálu. Zvláštní pozornost věnujte zachycení pohybujícího se tělesa a stabilitě stojanu se snímačem! Uvědomte si prosím, že zvláště počítače a elektronická zařízení jsou z hlediska rozpočtu školy poměrně nákladné položky, které by měly sloužit jako učební pomůcky i pro vaše spolužáky a následovníky.

Soupiska pomůcek a materiálu

- počítač (netbook) s programem Capstone, napájecí adaptér,
- rozhraní PowerLink PS-2001, napájecí adaptér, USB kabel,
- rotační snímač polohy PS-2120,
- souprava pro studium tření, ohebné vlákno (cca 90 cm),
- stojan s potřebným příslušenstvím, podložení snímače pro zvýšení stability, truhlářská svěrka pro zajištění,
- sada různých závaží,
- lepicí páska, nůžky,
- měřítko (svinovací metr), digitální váhy.