

Jak souvisí změny pohybu s působící silou?

Abychom předmět uvedli do pohybu (nebo obecně jeho pohybový stav změnili), musíme na něj působit silou. Co naměříme, pokud na siloměr zavěsíme závaží a budeme s ním pohybovat nahoru a dolů a) rychle, nebo pomalu, b) ve vodě, nebo ve vzduchu?

Pomůcky

- siloměr [Vernier DFS-BTA](#) a rozhraní pro připojení k PC
- tuba od šumivých tablet (Celaskon apod.)
- kamínky, šroubky nebo jiné závaží do tuby
- provázek
- pravítko
- vysoký odměrný válec, do kterého se vejde tuba od šumivých tablet



Úkoly

Odhad výsledků měření

Než měření provedete, přečtete si, jak bude probíhat – a odhadněte výsledky měření. Zkuste na papír načrtnout časovou závislost síly působící na háček siloměru během celého měření. Počáteční představy se možná budou lišit, zkuste vzájemnou diskusí dojít k jednomu společnému řešení.

Před druhým měřením budete moci svůj odhad na základě prvního měření upravit, budete-li chtít.

Příprava před měřením

1. To tuby od šumivých tablet dejte tolik kamínků nebo šroubků a maticek (nebo jiného závaží), aby se ve vodě potopila ke dnu.
2. Upevněte k tubě provázek, za který půjde zavěsit na siloměr.
3. Vložte tubu pověšenou za provázek na dno odměrného válce a nalijte do něj tolik vody, aby hladina sahala několik centimetrů pod okraj.
4. Tubu vytáhněte a osušte.
5. Siloměr přepněte na vyšší rozsah (do 50 N).
6. Připojte siloměr k počítači, spusťte program Vernier Logger Lite.
7. Nastavte frekvenci měření na 50 Hz, zaškrtněte *Nepřerušný sběr dat*.

Měření ve vzduchu

1. Siloměr dejte do svislé polohy háčkem dolů a vynulujte (*Experiment > Nulovat*).
2. Zavěste tubu na háček siloměru a spusťte měření. Začne se vykreslovat graf časové závislosti síly, kterou působí tuba na siloměr. Veškeré změny pohybu dělejte vždy tehdy, když graf dosáhne času 10 sekund, 20 sekund, 30 sekund a 40 sekund.



3. V čase 10 s po zahájení měření tubu během cca 1 sekundy přesuňte o cca 10 cm výše.
4. Počkejte znovu 10 sekund a v čase 20 s po zahájení měření přesuňte tubu o dalších 10 cm výše, ale pomalu (asi tak během 5 sekund).
5. V čase 30 s přesuňte tubu o 10 cm níže během cca 1 sekundy.
6. V čase 40 s přesuňte tubu o dalších 10 cm níže (přibližně zpět do výchozí pozice) během cca 5 sekund.
7. Zastavte měření a klikněte na *Experiment > Uchovat poslední měření*.
8. Porovnejte svůj odhad (graf, který jste nakreslili před měřením) s realitou. Pokud se v některých částech liší, pokuste se vysvětlit důvody.
9. Pokud jste si na základě experimentu opravili nebo upřesnili některé své chybné představy, můžete před druhým měřením (ve vodě) změnit svůj odhad časové závislosti síly, kterou bude tuba působit při pohybu vzhůru na siloměr.

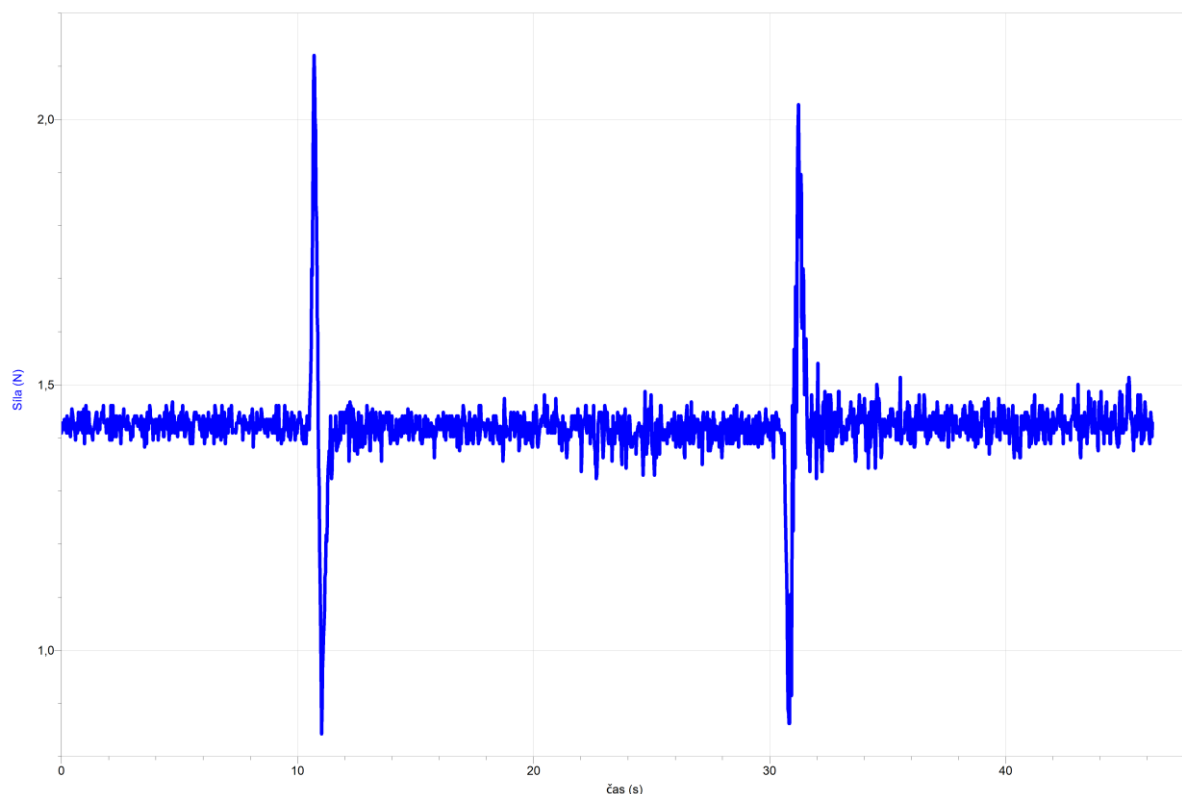
Měření ve vodě

1. Zavěste tubu na siloměr a ponořte na dno odměrného válce s vodou.
2. Spusťte měření.
3. Pomalým rovnoměrným pohybem vytahujte tubu nahoru, až ji úplně vytáhnete z vody. Pokračujte ještě asi 10 cm nad hladinu vody.
4. Zastavte měření a klikněte na *Experiment > Uchovat poslední měření*.
5. Porovnejte svůj odhad (graf, který jste nakreslili před měřením) s realitou. Pokud se v některých částech liší, pokuste se vysvětlit důvody.



Poznámky pro učitele

Typický graf z prvního měření (ve vzduchu) vypadá takto:



Jedním z cílů tohoto prvního experimentu je, aby se žáci naučili měnit polohu tuby pomalým rovnoměrným pohybem, protože to budou potřebovat ve druhém měření.

V čase 0 až 10 s působil siloměr na tubu konstantní silou – vyrovnával tíhovou sílu, aby tuba zůstala na místě a nepadala.

V čase 10 s byla tuba rychle vytažena nahoru o 10 cm. Aby zrychlila směrem vzhůru, musel siloměr krátkodobě zvýšit sílu. Aby tuba opět zpomalila a zastavila, musel siloměr sílu krátkodobě snížit.

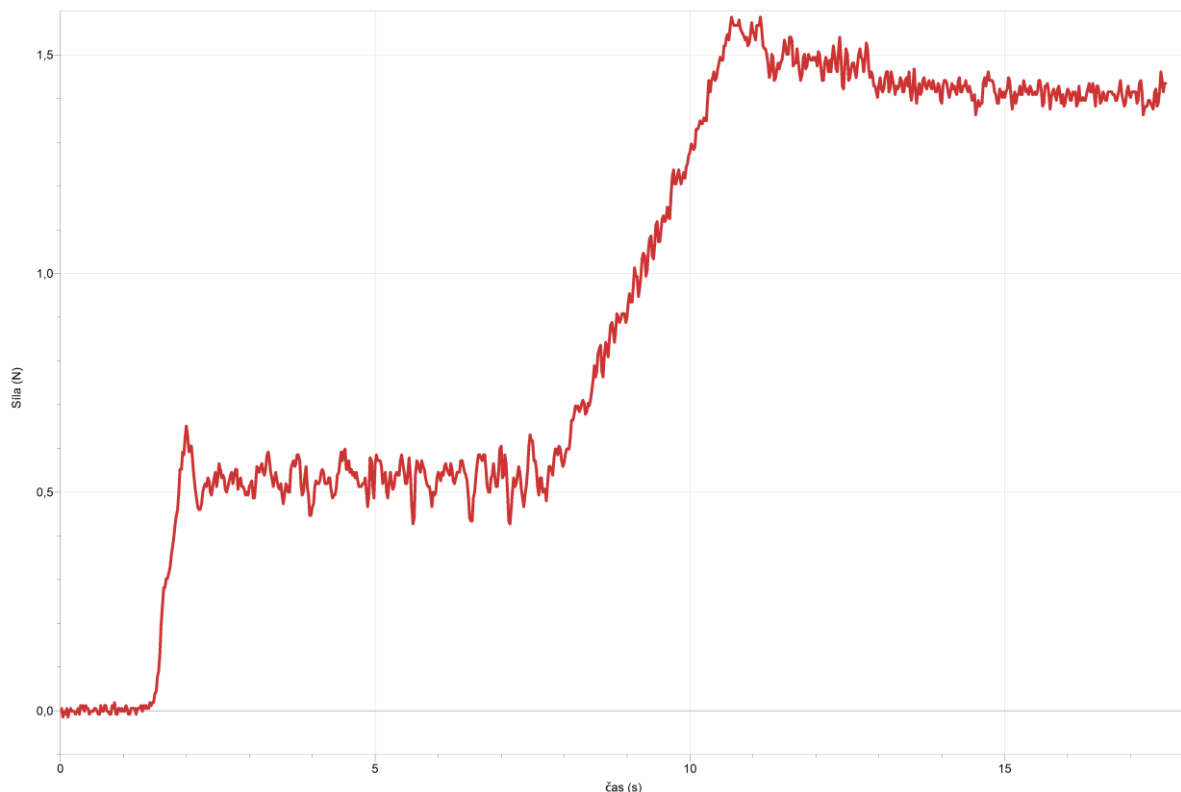
Poté až do času 20 s tuba nehnutě visela zavěšená na siloměru.

V čase 20 s začalo pomalé zvedání o dalších 10 cm výše. Protože bylo zvedání pomalé, siloměru stačila jen malá síla k uvedení do pohybu. Tato síla zanikla v „šumu“. Po ukončení pomalého rovnoměrného pohybu směrem vzhůru stačila opět neměřitelně malá síla, aby tubu zastavila. To proběhlo v čase okolo 25 s po zahájení měření.

V čase 30 s byla tuba přesunuta rychle o 10 cm níže. Graf vypadá podobně jako v čase 10 s, ale je zrcadlově převrácený.

V čase 40 s bylo zahájeno pomalé přesouvání o dalších 10 cm níže zpět do výchozí polohy. Síly jsou opět neměřitelné.

Typický graf z druhého měření (ve vodě) vypadá takto:



Nejprve asi sekundu provázek vůbec nebyl napnutý, tuba seděla na dně.

Poté siloměr začal tubu pomalým rovnoměrným pohybem zvedat vzhůru. Síla překonávající tíhovou sílu je asi 0,5 N, což je méně než 1,4 N na vzduchu. Důvodem je vztlaková síla vody působící na tubu.

Výška tuby tvaru válce byla 14,5 cm, průměr 2,8 cm. Tomu odpovídá při plném ponoření vztlaková síla $F_{vz} = V \cdot \rho \cdot g = \pi R^2 v \cdot \rho \cdot g = 0,87 \text{ N}$

Rozdíl působících sil ve vodě a na vzduchu je $1,4 \text{ N} - 0,5 \text{ N} = 0,9 \text{ N}$. To dobře odpovídá výpočtu vztlakové síly.

V čase 8 s po zahájení měření se tuba začala z vody vynořovat. Působila na ni stále menší vztlaková síla, až se v čase 11 s celá vynořila. Přechod mezi 8 s a 11 s je lineární.