




Experiment P-6






TŘECÍ SÍLA







CÍL EXPERIMENTU

-  Studium vztahu mezi třecí a normálovou silou a koeficientem tření.
-  Sledování změn třecí síly při použití různých povrchů hmotností tělesa.
-  Výpočet součinitelů tření (klidové, smykové) při těchto měnících se podmínkách.

MODULY A SENZORY

-  PC + program NeuLog™
-  USB modul USB – 200 
-  senzor síly NUL – 211 

POMŮCKY

-  dřevěný kvádr s drsným a hladkým povrchem a háčkem
-  nit délky 20 cm
-  závaží o hmotnosti 1 000 g
-  závaží o hmotnosti 500 g

Poznámka: Uvedené položky jsou součástí sady pomůcek NeuLog MEC-KIT.

ÚVOD

Třecí síla vzniká na styčné ploše obou těles, která jsou v přímém styku, při pohybu jednoho tělesa po povrchu druhého tělesa nebo při uvádění tělesa z klidu do pohybu. Třecí síla směřuje vždy proti směru pohybu tělesa. Její směr je rovnoběžný s povrchem, proto brání relativnímu pohybu obou těles. Třecí síla je závislá na drsnosti povrchu těles a na velikosti normálové (tlakové) síly kolmé k podložce. Třecí sílu lze vyjádřit vzorcem:

$$F_t = f \cdot F_n$$



Nachází-li se těleso na vodorovném povrchu a nepůsobí-li na něj v kolmém směru žádné další síly, pak se normálová síla rovná tíhové síle, tedy:

$$F_t = f \cdot mg$$

Součinitel tření je poměr mezi třecí a normálovou silou. Součinitel tření nemá jednotku, jelikož je výsledkem podílu dvou sil. Třecí síla závisí na hmotnosti tělesa (část normálové síly), ale součinitel tření již na hmotnosti tělesa nezávisí. Závisí pouze na vlastnostech styčných ploch (kvalita, drsnost).

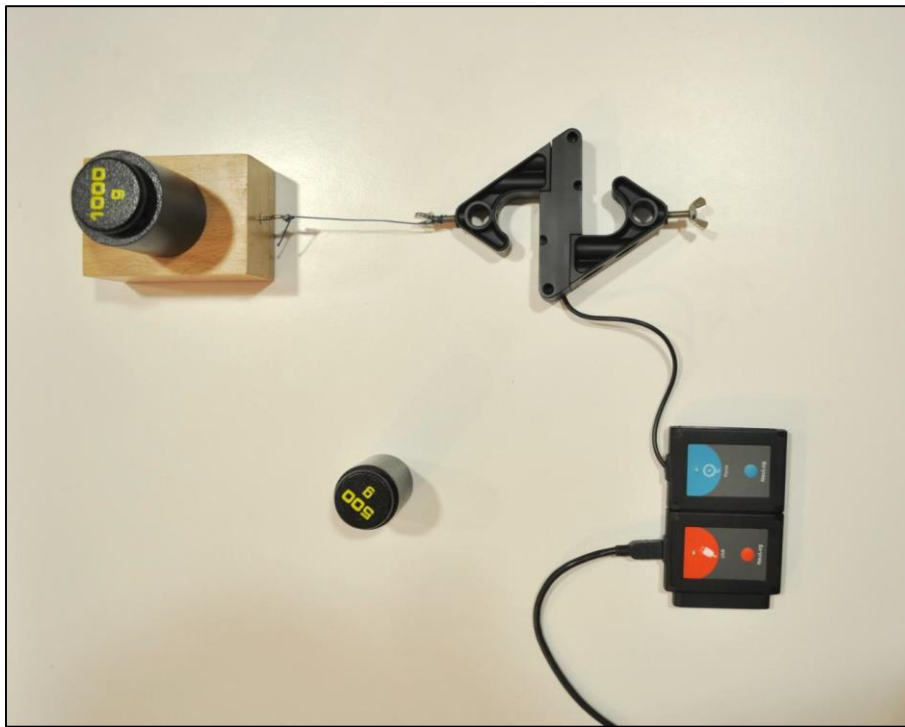
Nachází-li se těleso v klidu, pak velikost síly potřebné k uvedení tělesa do pohybu je obvykle větší než síly nutné k udržení tělesa v pohybu. Z tohoto důvodu jsou součinitelé klidového a smykového tření různé. Součinitel klidového tření je vypočítán z maximální hodnoty klidové třecí síly (moment, kdy je uvedeno těleso z klidu do pohybu). Součinitel smykového tření je vypočítán z konstantní třecí síly při pohybu tělesa.

V tomto experimentu použijeme senzor síly ke zkoumání třecí síly při různých povrchích styčných ploch a hmotnostech těles.

POSTUP

Příprava experimentu

1. Uspořádání experimentu je znázorněno na obrázku.



2. Na pracovní desku stolu položte dřevěný kvádr tak, aby byl jeho drsný povrch v kontaktu se stolem.
3. Pomocí nití spojte háček kvádru s háčkem senzoru síly. Jejich vzdálenost je přibližně 10 cm.
4. Na kvádr postavte závaží o hmotnosti 1 kg (1 000 g). Později hmotnost závaží zvětšíte, abyste mohli sledovat různé typy třecích sil.

Nastavení senzoru



5. Modul USB – 200  připojte pomocí kabelu k PC.
6. K modulu USB – 200 připojte senzor síly  .

Poznámka:



Následující funkce programu jsou vysvětleny jen v krátkosti, a proto před zahájením experimentu doporučujeme seznámit se s programovými funkcemi NeuLog™ popsány v uživatelské příručce.

7. Spustěte program NeuLog™ a zkontrolujte, zda je senzor síly identifikován.

Nastavení

8. V liště programu klikněte na ikonu *Pokus s připojením*  .
9. V *Okno modulu* klikněte na ikonu *Nastavení modulu*  .




10. Na záložce *Volby* klikněte na ikonu měření síly v tahu  a vyberte rozsah *10 N*.
11. Klikněte na ikonu *Nastavení pokusu*  a nastavte *Délka trvání pokusu* – 5 sekund, *Vzorkování* – 50 za sekundu.

Testování a měření

Poznámka:


Orientace senzoru síly je velmi důležitá. V průběhu celého experimentu držte senzor síly ve stejné poloze. Před každým měřením proveďte kalibraci senzoru síly.

12. **Kalibrace:** Senzor síly držte ve správné poloze (na stole) a po dobu 3 sekund tiskněte tlačítko na senzoru síly.

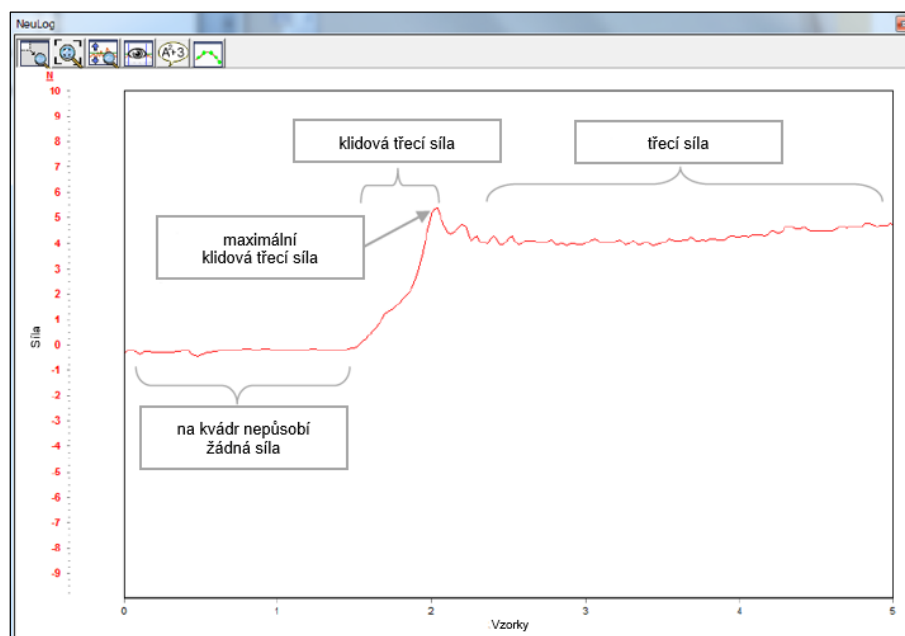
Alternativním řešením je klepnutí na ikonu *Kalibrace*  v *Okno modulu* na záložce *Volby*.

13. Spust'te měření kliknutím na ikonu *Spustit pokus*  v liště programu.

14. Uchopte senzor síly, který stále leží na stole, a pomalu začněte táhnout kvádr ve vodorovném směru. Při překonání určité síly se začne kvádr pohybovat. Kvádrem pohybujte přibližně stejnou rychlostí až do konce měření. Doba, po kterou se zvětšuje působící síla, by měla trvat přibližně jednu sekundu. Měření opakujte, dokud nezískáte hladký průběh grafu.

15. Grafický výsledek pokusu můžete zvětšit kliknutím na ikonu *Optimalizace zvětšení*  v okně grafu nebo umístěním kurzoru myši do bodu nad grafem a vybráním celého grafu.

16. Váš graf by měl být podobný následujícímu grafu.



17. Graf uložte.

18. Senzor síly měří odpor kvádrů proti pohybu neboli třecí sílu. Na začátku grafu je třecí síla nulová, jelikož se kvádr nepohybuje. Na kvádr nepůsobí žádná síla.

V okamžiku působení tahové síly na kvádr klade kvádr proti směru pohybu odpor a nepohybuje se. V tomto okamžiku je velikost třecí síly rovna velikosti tahové síly a vzniká klidové (statické) tření.


Velikost klidové třecí síly nadále roste do určité maximální hodnoty, ze které lze vypočítat součinitel klidového tření podle vzorce:

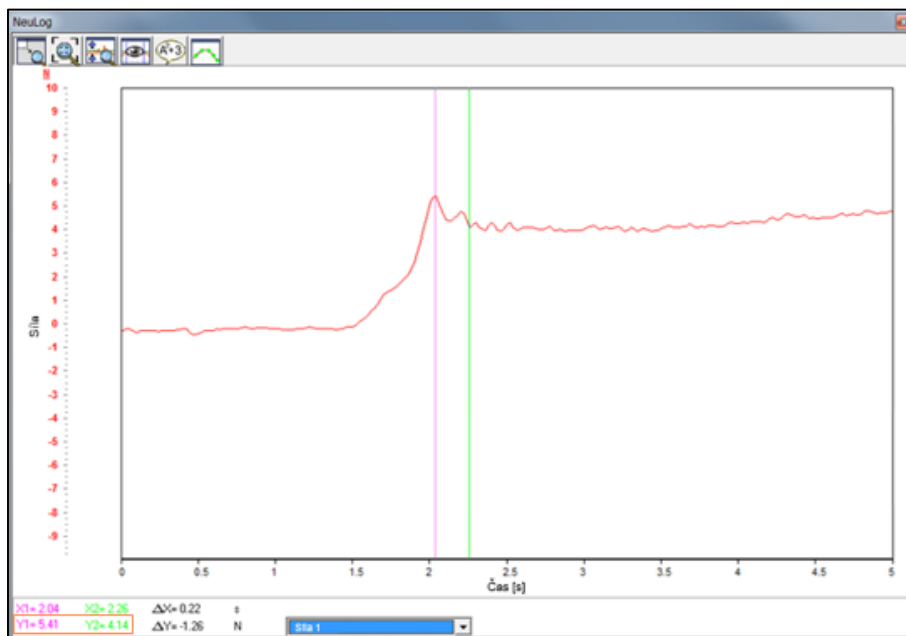
$$F_t = f_0 \cdot mg$$

Překročením maximální hodnoty klidové třecí síly se začne kvádr pohybovat ve směru působící tahové síly, velikost třecí síly se zmenšuje na konstantní hodnotu. Z této hodnoty lze vypočítat součinitel smykového tření podle vzorce:

$$F_t = f \cdot mg$$

19. Doporučujeme opakovat každé měření třikrát.

20. V každém měření klikněte na ikonu *Zobrazit kurzory* . Jeden kurzor nastavte do bodu maximální klidové třecí síly a druhý do bodu, ve kterém nabývá třecí síla konstantní hodnoty.



21. Ve vzorovém experimentu je maximální klidová třecí síla rovna 5,41 N. Tuto hodnotu dosadíte do vzorce $F_t = f_0 \cdot mg$ a vypočítejte součinitel klidového tření.

Třecí síla při pohybu kvádru je 4,14 N. Tuto hodnotu dosadíte do vzorce $F_t = f \cdot mg$ a vypočítejte součinitel smykového tření.

V našem měření je celková hmotnost tělesa $m = 1,24 \text{ kg}$ a $g = 9,8 \text{ ms}^{-2}$.

Po dosazení $mg = (1,24 \cdot 9,8) \text{ N} \doteq 12,15 \text{ N}$

Hodnotu klidového (smykového) tření získáte vydělením hodnoty příslušné síly hodnotou mg .

povrch	hmotnost kvádru [kg]	hmotnost závaží [kg]	celková hmotnost [kg]	maximální klidová třecí síla [N]	součinitel klidového tření f_0	třecí síla při pohybu tělesa [N]	součinitel smykového tření f
drsny	0,24	1,00	1,24	5,41	0,45	4,14	0,34

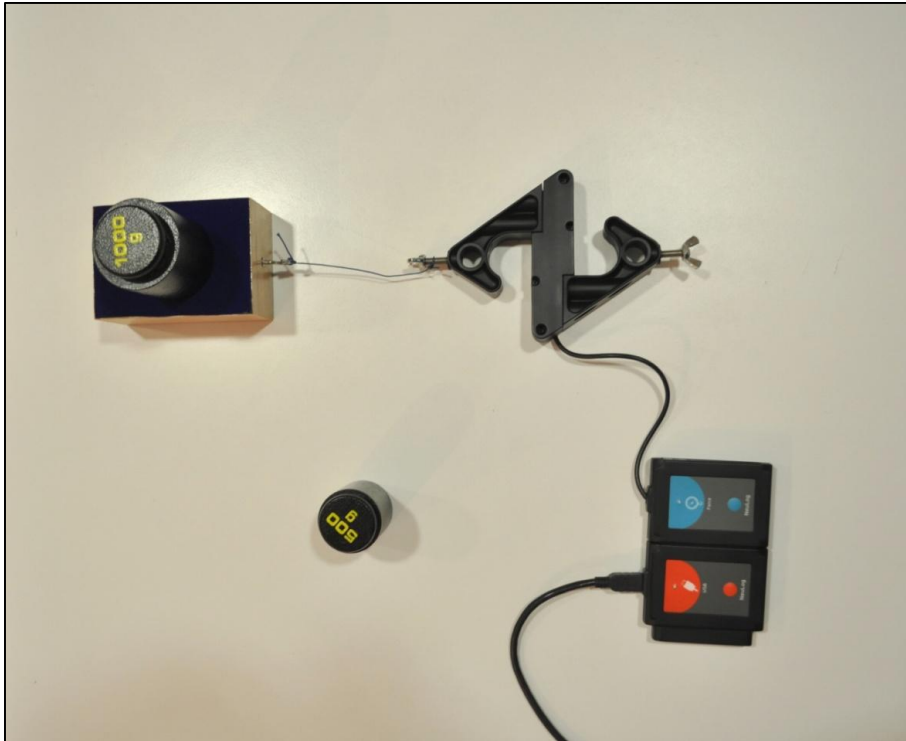
$$f_0 \doteq \frac{5,41}{12,15} \doteq 0,45$$

$$f \doteq \frac{4,14}{12,15} \doteq 0,34$$

22. Vyplňte první řádek tabulky naměřenými a vypočtenými hodnotami. Pokud měření opakujete, použijte průměrné hodnoty.

povrch	hmotnost kvádru [kg]	hmotnost závaží [kg]	celková hmotnost [kg]	maximální klidová třecí síla [N]	součinitel klidového tření f_0	třecí síla při pohybu tělesa [N]	součinitel smykového tření f
drsny		1,00					
hladký		1,00					
drsny		1,50					
hladký		1,50					

23. Kvádr otočte hladkou stranou na pracovní desku stolu a celý experiment opakujte. Bude se lišit třecí síla? Budou se lišit koeficienty tření?



24. Vyplňte druhý řádek tabulky naměřenými a vypočtenými hodnotami. Pokud měření opakujete, použijte průměrné hodnoty.
25. Na kvádr přidejte 500 g závaží a experiment opakujte pro oba povrchy kvádrů.
26. Vyplňte třetí a čtvrtý řádek tabulky naměřenými a vypočtenými hodnotami. Pokud měření opakujete, použijte průměrné hodnoty.

SOUHRNNÉ OTÁZKY

1. Porovnejte získané hodnoty:

- a) součinitele klidového a smykového tření v každém měření,
- b) součinitelů tření v závislosti na povrchu kvádru při použití závaží o hmotnosti 1 kg,
- c) součinitelů tření u kvádru s drsným povrchem při hmotnosti závaží 1 kg a 1,5 kg.

Rozdíly vysvětlete.

2. Zamyslete se, jak by vypadal náš svět bez tření. Jak by to ovlivnilo naši chůzi? Ovlivnilo by to skluz předmětu po zemi?