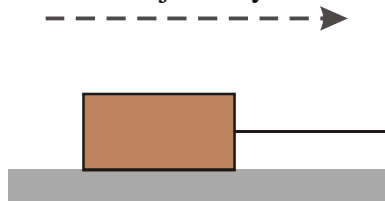


### 1.3.10 Třecí síla i

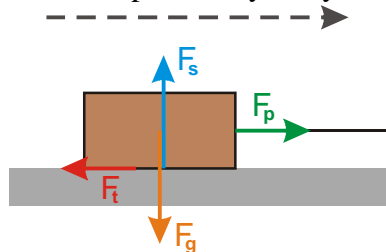
**Předpoklady:** 010307

**Pomůcky:** kvádrík, Vernier siloměr, LABQuset mini, souprava na tření

**Př. 1:** Na obrázku je zachyceno tažení kvádru po stole. Jaké síly na kvádr působí?



Na kvádr působí čtyři síly:



gravitační síla  $F_g$   
síla stolu  $F_s$  (stejně velká jako síla  $F_g$ )  
síla  $F_p$  provázku, za který táhneme  
třecí síla  $F_t$  stolu, která kvádr brzdí

**Př. 2:** Najdi a zviditelni partnerskou sílu k třecí síle, kterou působí stůl na kvádr v předchozím příkladu.

Třecí silou působí na kvádr stůl  $\Rightarrow$  její partnerskou silou musí být stejně velká doprava působící síla kvádr na stůl  $\Rightarrow$  je jasné, proč nejsou její důsledky vidět (stůl je těžký a síla s ním nepohne).

Zviditelnění: mezi kvádr a stůl dáme papír (je poměrně lehký)  $\Rightarrow$  papír se dá do pohybu ve stejném směru jako kvádr.

**Př. 3:** Najdi situace, ve kterých působí tření. Na čem velikost třecí síly závisí?

Situací, ve kterých působí tření je mnoho:

- šoupáme skřín,
- třeme ruce o sebe,
- auto brzdí,
- kloužeme se po podlaze,
- jezdíme na saních,
- ...

Tření zřejmě závisí na:

- povrchu předmětů, které se třou,
- rychlosti pohybu,
- hmotnosti předmětu,
- velikosti třecích ploch.

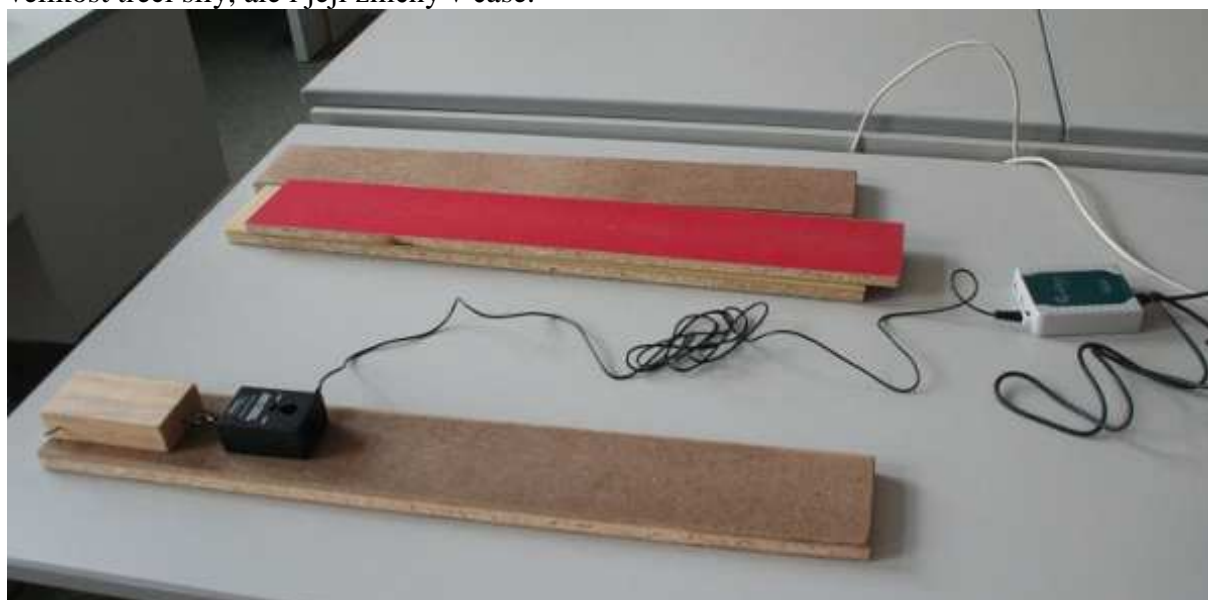
Vše, co jsme uvedli v řešení předchozího příkladu, jako příčiny různé velikosti třecí síly vypadá rozumně, ale naší povinností je si i rozumně znějící nápady ověřovat. Zejména, když máme k dispozici siloměr, kterým se dá velikost síly změřit.

**Př. 4:** Navrhni přesný postup, jak ověřit, že velikost třecí síly závisí na povrchu předmětů, které se třou.

Vezmeme předmět (například kvádr ze dřeva) a potáhneme ho stejnou rychlostí, po stejné stěně po různých površích a budeme měřit třecí sílu.

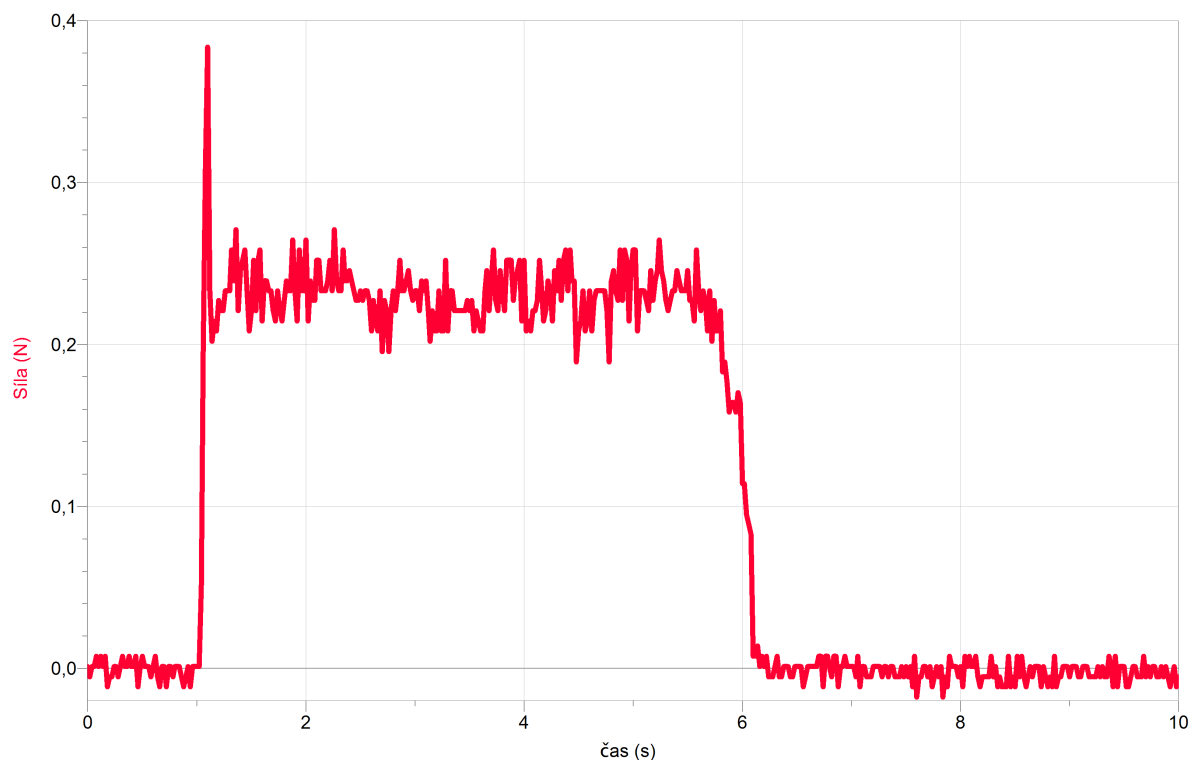
**Pedagogická poznámka:** Pokud žáci výslovně neřeknou, že vše kromě povrchů se nesmí měnit, dělám hlupáka a schválně tahám jiný kvádr, po jiné stěně, jinou rychlostí, ....

Měření třecí síly klasickým siloměrem není příliš pohodlné. My využijeme počítačové čidlo - siloměr, který měří velikost síly i tisíckrát za sekundu. Budeme tak moci sledovat nejen velikost třecí síly, ale i její změny v čase.



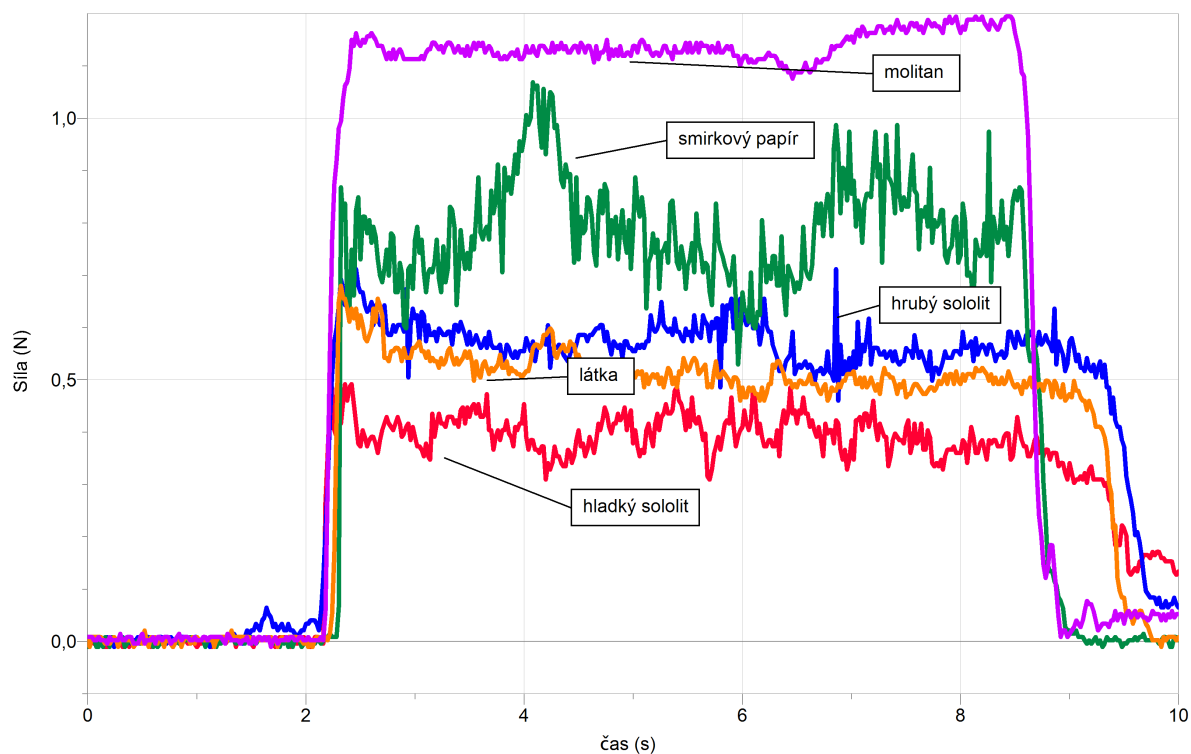
**Pedagogická poznámka:** V hodině vše měřím naživo.

**Př. 5:** Prohlédni graf třecí síly naměřené při tahání kvádru po desce stolu. Co důležitého nám říká o třecí síle?



Třecí síla není pořád stejně velká. Mění se, kolísá okolo nějaké hodnoty.

**Př. 6:** Prostuduj výsledky měření třecí síly při tažení kvádru po různých površích. Závise velikost třecí síly na druhu povrchu?

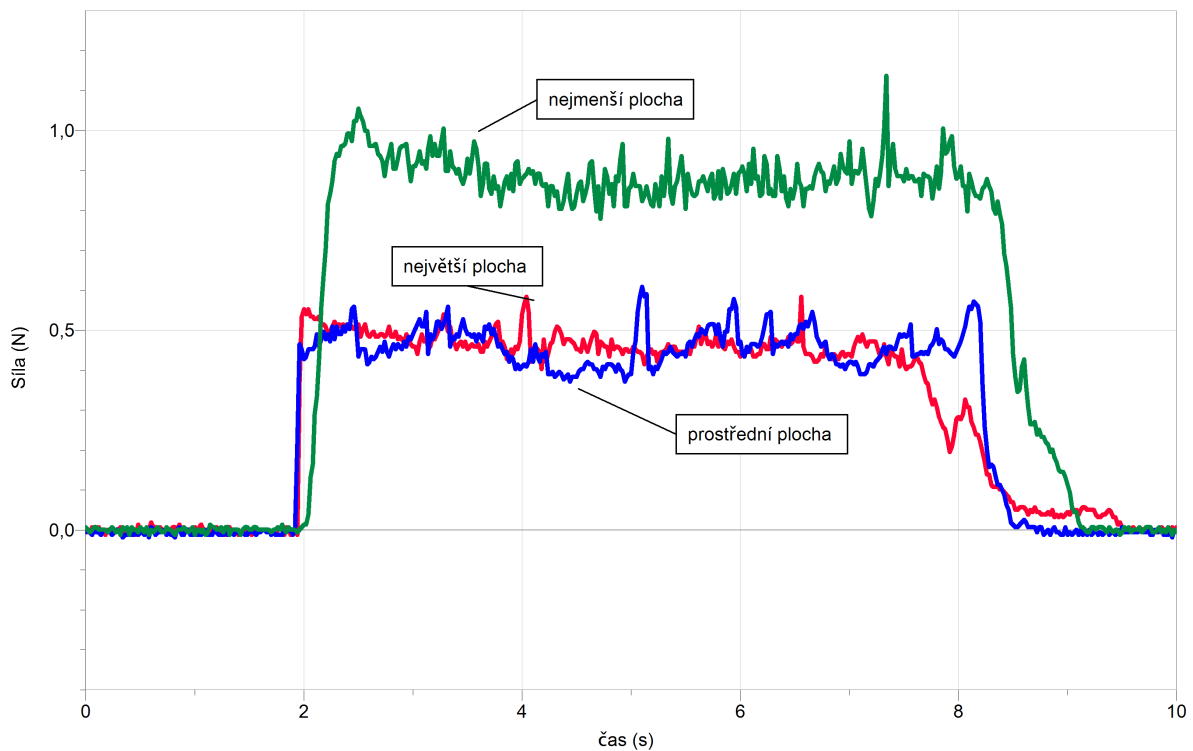


Na různých površích jsme naměřili velmi rozdílné hodnoty, třetí ačkoliv jsme vždy tahali stejný kvádr, stejnou rychlostí po stejné stěně (ploše)  $\Rightarrow$  velikost třecí síly závisí na površích, které se třou.

**Př. 7:** Navrhni přesný postup jak změřit, zda velikost třecí síly závisí na velikosti třecích ploch.

Budeme tahat stále stejný kvádr stále stejnou rychlostí po stále stejném podložce po různých stěnách (různě velkých plochách).

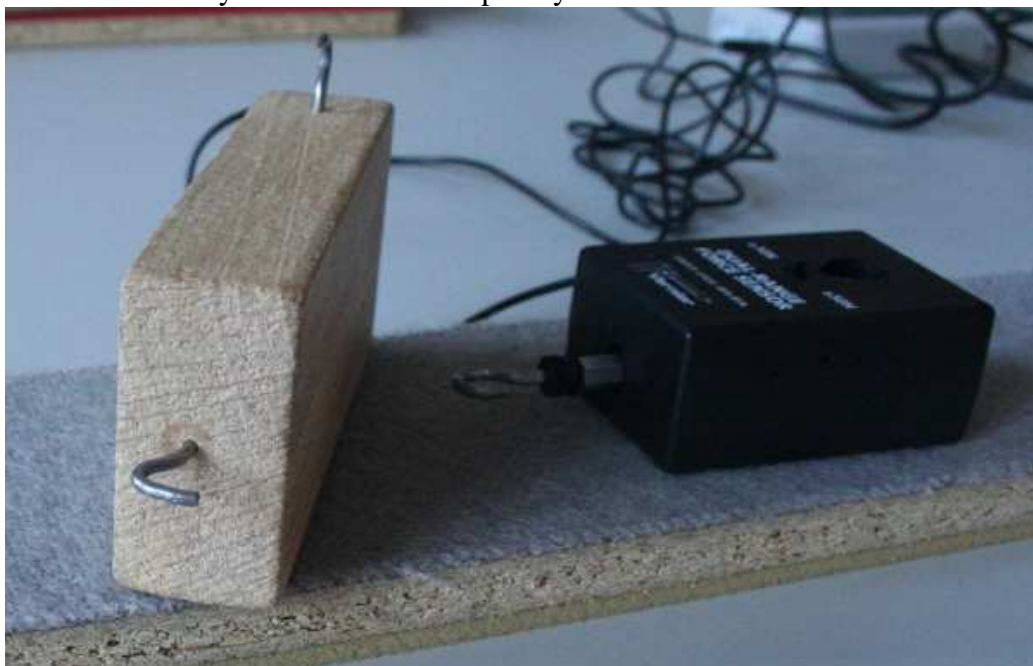
**Př. 8:** V grafu jsou zachyceny výsledky měření závislosti třecí síly na velikosti třecí plochy. Záviseí velikost tření na velikosti třecí plochy?



Výsledky jsou rozporné:

- při tření na největší a střední ploše je třecí síla stejná,
- velikost třecí síly při tření na nejmenší ploše je zřetelně větší.

**Př. 9:** Prohlédni si kvádr zblízka a rozhodni, zda naměřené výsledky znamenají, že velikosti třecí síly závisí na velikosti plochy.



Stěny dřevěného kvádrů nejsou stejné. Dvě větší plochy jsou řezané po vláknech, nejmenší plocha je řezaná kolmo na vlákna, je tedy daleko hrubší než dvě zbývající  $\Rightarrow$  větší tření při pohybu po nejmenší ploše není způsobeno menší velikostí plochy, ale jiným typem povrchu.

**Pedagogická poznámka:** Předchozí příklad vznikl náhodou. Souprava pro měření tření je totiž opravdu vyrobená špatně a dřevěné hranoly mají různou úpravu stěn. Této skutečnosti jsem si nevšiml dokud jsem nenaměřil graf z příkladu 8 a nezačal před žáky rychle přemýšlet, kde se stala chyba. Došlo mně to naštěstí docela rychle a ještě jsem stihl rozeslat kvádry po třídě, kde na to přišla i řada žáků.

**Př. 10:** Navrhni přesný postup jak změřit, zda velikost třecí síly závisí:

a) rychlosti pohybu

b) na hmotnosti předmětu.

a) rychlosti pohybu

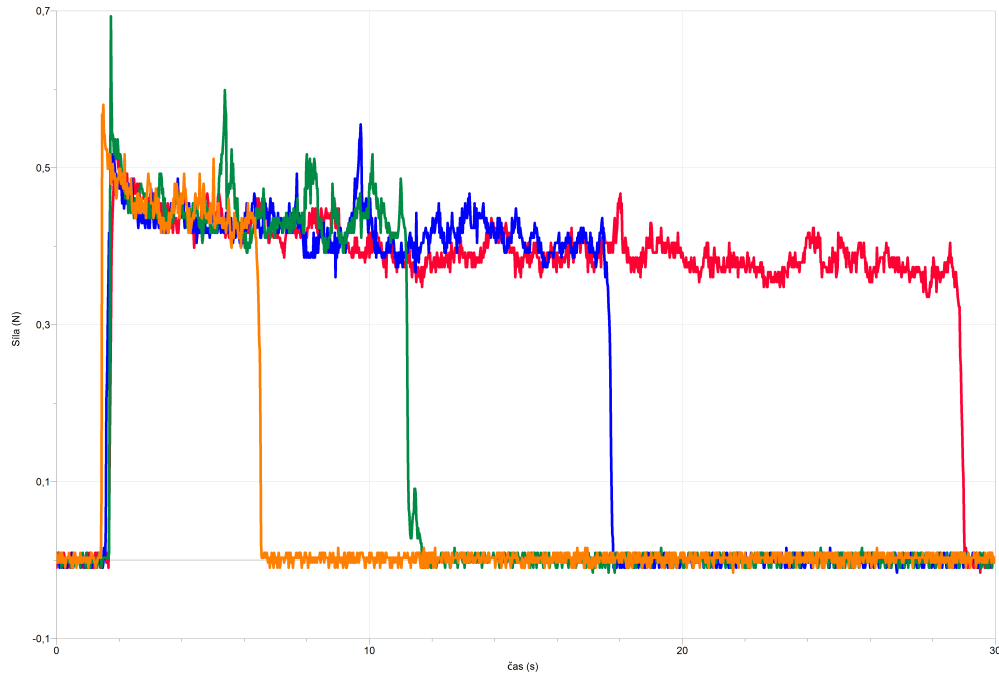
Budeme tahat stále stejný kvádr po stále stejné podložce po stále stejné stěně různými rychlostmi.

b) na hmotnosti předmětu

Budeme tahat po stále stejné podložce po stále stejné stěně stále stejnou rychlostí různý počet kvádrů naložených na sobě.

**Př. 11:** Na obrázku jsou výsledky měření závislosti velikosti třecí síly na rychlosti pohybu. Závisí velikost třecí síly na rychlosti pohybu? Přiřaď k jednotlivým barvám grafů

odpovídající rychlosti (nejmenší, malá, střední, největší).



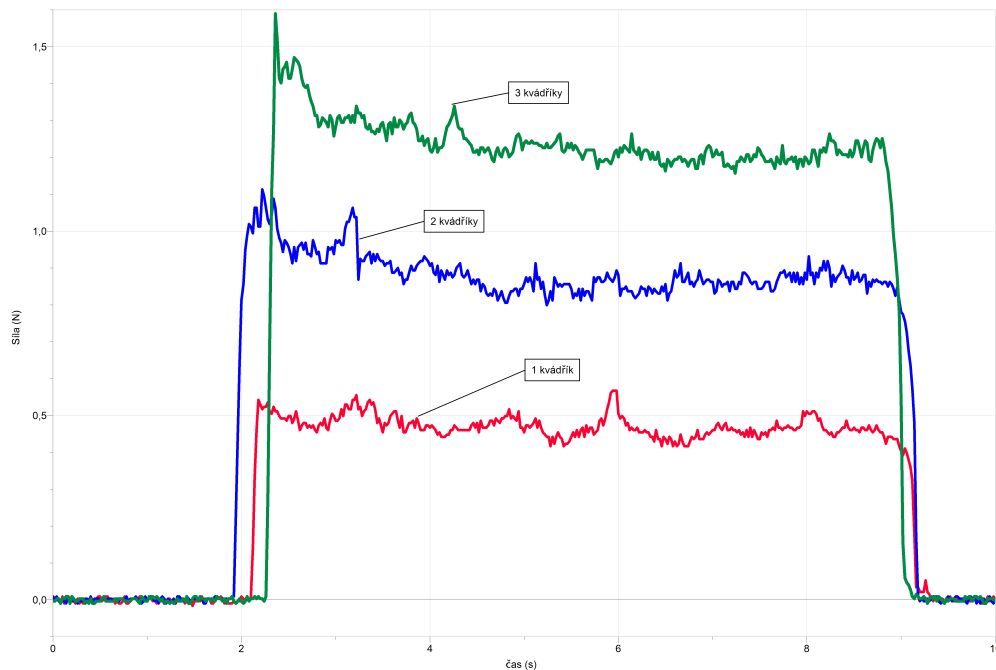
Průměrné velikosti třecí síly ve všech případech kolísají okolo stejné hodnoty  $\Rightarrow$  velikost třecí síly pro běžné hodnoty rychlostí na rychlosti nezávisí.

#### Rozdělení barev

Čím rychleji s kvádrem pohybujeme, tím kratší dobu se pohybuje a rychleji přestaneme tahat a siloměr začne měřit nulovou sílu  $\Rightarrow$

- červená barva: nejmenší rychlost,
- modrá barva: malá rychlost,
- střední rychlost: zelená barva,
- vysoká rychlost: oranžová barva.

**Př. 12:** Na obrázku jsou výsledky měření závislosti velikosti třecí síly na hmotnosti (počtu kvádrů položených na sobě). Závisí velikost třecí síly na hmotnosti předmětu?



Čím větší počet kvádrů jsme na sebe položili, tím větší třecí sílu jsme naměřili  $\Rightarrow$  velikost třecí síly závisí na hmotnosti předmětu.

Poslední závěr si ještě prověříme. Na obrázku je graf velikosti třecí síly při pohybu kvádrů po stole. Co je na grafu zajímavého?

Okolo 3 sekundy se třecí síla zvětšila.

Což je velice zajímavé, protože se nezměnila ani hmotnost kvádrů ani typ povrchu. Ve 3 sekundě experimentátor zatlačil na kvádr seshora prstem a přitlačil ho ke stolu. Který z předchozích závěrů se tím ukázal jako chybný?

Závěr, že velikost třecí síly závisí na hmotnosti. Hmotnost se nezměnila, ale třecí síla se (kvůli tlačení prstem) zvětšila  $\Rightarrow$  tření ve skutečnosti nezávisí na hmotnosti, ale na jiné veličině, která je s hmotností předmětu spojená ale může se změnit například i zatlačením prstem.

**Př. 13:** Najdi veličinu, na které závisí třecí síla na místo závislosti na hmotnosti předmětu.

Hledaná veličina:

- souvisí s hmotností předmětu (když jsme změnili hmotnost, měnila se třecí síla a tedy i tato veličina),
- může se změnit bez toho, že bychom změnili hmotnost tisknutím předmětu k ploše.

Takovou veličinou může být síla, kterou tlačí předmět na třecí plochu:

- když se změní hmotnost, změní se i síla, kterou tlačí předmět na podložku,
- když začneme tlačít do kvádrů prstem, síla, kterou tlačí předmět na podložku, se změní také.

**Domácí bádání:** Vezmi krabici (například od bot a vyzkoušej na kterém z povrchů, které máš doma k dispozici, se pohybuje s nejmenším třením, na kterém s největším). Jak budeš měření provádět, aby bylo přesvědčivé, i když nemáš k dispozici siloměr?

**Shrnutí:** Pokud ověřujeme, zda síla (nebo jiná veličina) závisí na nějaké veličině, všechno ostatní musíme nechat stejné a měnit pouze zkoumanou veličinu.