

Měř, počítej a měř znovu

Václav Piskač¹, Gymnázium tř. Kpt. Jaroše, Brno

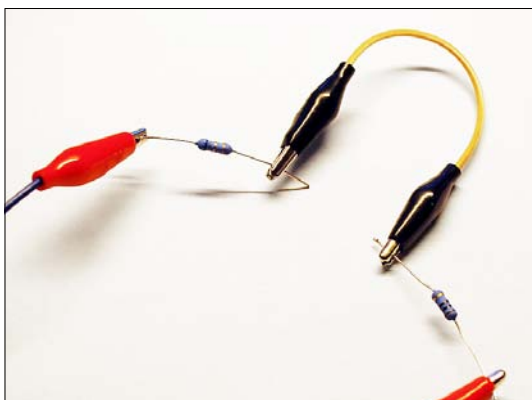
Při výuce fyziky je nutno experimentovat i počítat úlohy. Mnoho let s úspěchem používám v hodinách úlohy založené na změřených nebo odhadnutých veličinách. Poslední dobou se snažím tuto metodu doplňovat tak, aby výsledky výpočtů bylo možno zkontrolovat dalším měřením. Tento článek obsahuje několik námětů, které lze snadno zapojit do výuky.

1 Spojování rezistorů

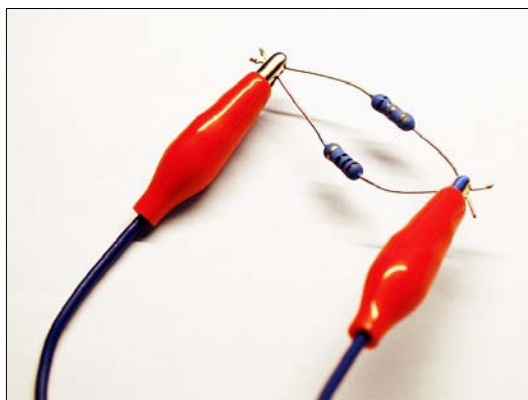
Po teoretickém odvození výsledného odporu sériového zapojení nastává okamžik ověření – digitálním ohmmetrem změříme odpor dvou rezistorů (pokud možno s rozdílnými odpory) a spočítáme jejich výsledný odpor. Zapojíme rezistory sériově a změříme celkový odpor – výsledek vychází s přesností pod 1 %.

Podobně postupujeme i při paralelním zapojení. Zde je efekt metody umocněn tím, že z výpočtu vyjde zdánlivě nesmyslně malý odpor (např. pro paralelní zapojení 1000 Ω a 470 Ω je výsledný odpor 320 Ω). Kontrola měřením přesvědčí všechny, že „vzoreček“ skutečně funguje.

Měření lze rozšířit z demonstračního na frontální. Skupiny žáků měří vlastní dvojice rezistorů, všechny skupiny ověřují, jestli vztah platí. Ze žakovského vybavení stačí málo – digitální ohmmetr a spojovací vodiče + hrst rezistorů různých odporů.



Obr. 1 – sériové propojení rezistorů

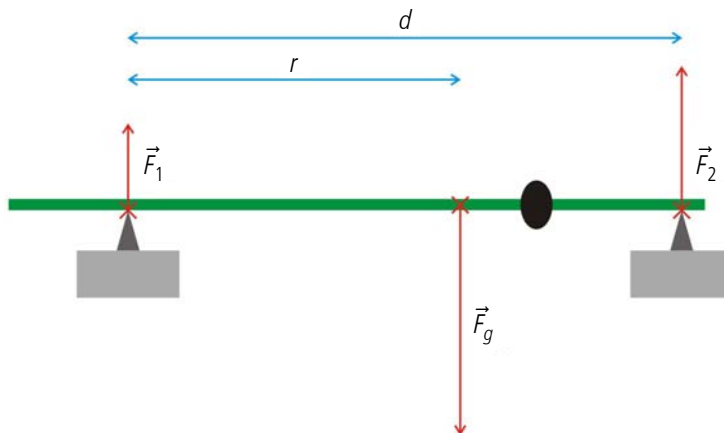


Obr. 2 – paralelní zapojení rezistorů

2 Rozklad síly do dvojice rovnoběžných sil

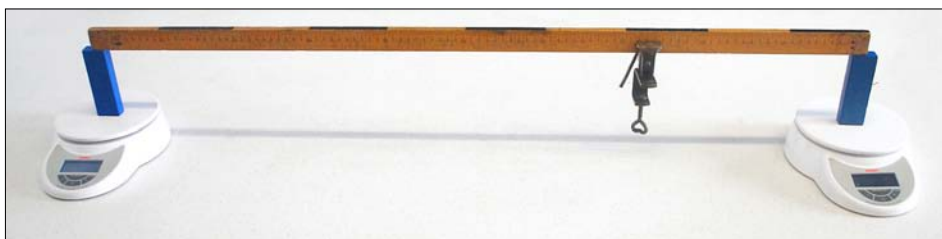
Pro ověření vztahu pro rozklad síly do dvou rovnoběžných složek lze použít dvojici digitálních kuchyňských vah, dva malé dřevěné hranolky, metrové dřevěné pravítko a malý svěrák. Svěrák uchytíme na pravítko, na váhy položíme hranolky a váhy vytáruji (tj. vynulujeme ukazatel). Pravítko položíme na váhy a odečteme hodnoty, které ukazují displeje.

Z naměřených „hmotností“ spočítáme polohu těžiště soustavy pravítko – svěrák. Ověření spočítané hodnoty je dramatické – podepřeme pravítko ve spočítané poloze prstem. Pokud byl výpočet správný, zůstane ve stabilní poloze.

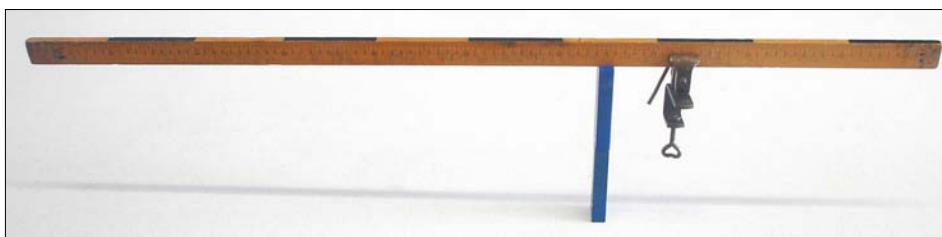


Obr. 3 – rozbor situace

¹ vaclav.piskac@seznam.cz



Obr. 4 – vstupní experiment

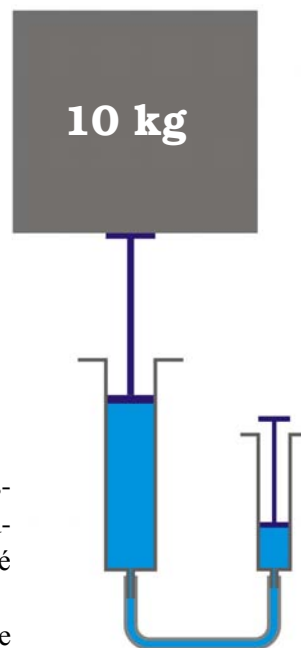


Obr. 5 – ověření

3 Hydraulický lis

Lis je tvořen dvojicí injekčních stříkaček propojených hadičkou. Hadičky jsou na tryskách stříkaček zajištěny pomocí tenkých drátků. Celek je naplněn vodou. Změříme průměry pístů obou stříkaček a odhadneme sílu, kterou dokáže palec stlačovat píst malé stříkačky.

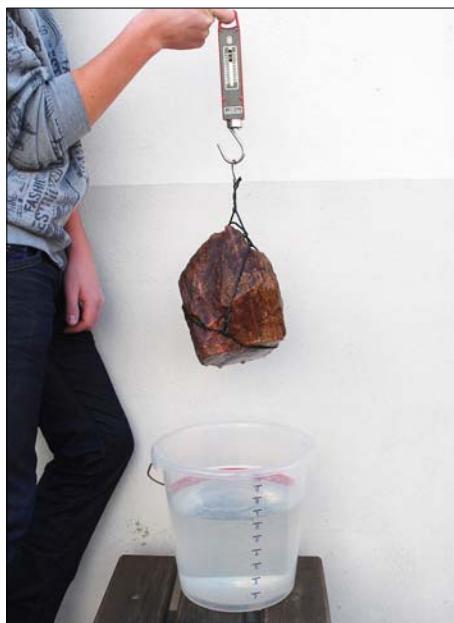
Výslednou hodnotu (která u mých dvou stříkaček vychází přes 120 N) ověříme pomocí odpovídající zátěže – můj „hydraulický lis“ bez problémů nadzdvihne 10 kg závaží.



Obr. 6 – schéma pokusu

4 Vztlaková síla

V kabinetě mám schovaný kbelík se stupnicí a kámen, který se do tohoto kbelíku vejde. Nejprve změříme objem kamene. Poté spočítáme, jak velká vztlaková síla působí na kámen ve vodě. Kámen zavěsíme na pružinové váhy a změříme změnu jeho tíhy při ponoření do vody – odpovídá spočítané vztlakové síle.



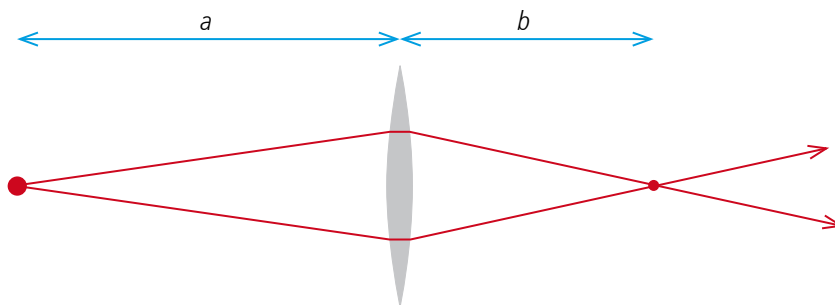
Obr. 7 – tíha „ve vzduchu“



Obr. 8 – tíha „ve vodě“

5 Ohnisko spojné čočky

Použijeme vysokosvítivou LED jako zdroj světla a vytvoříme na stínítku její obraz pomocí spojné čočky. Ze zobrazovací rovnice určíme polohu ohniska spojné čočky. Výsledek ověříme pomocí zobrazení vzdáleného předmětu – např. krajiny za oknem učebny. Tento předmět se zobrazuje prakticky do ohniska spojné čočky. Další variantou je vytvořit obraz Slunce – ten vzniká přímo v ohnisku.



Obr. 9 – schéma pokusu

6 Kondenzátory

Současné měřicí přístroje (používám MT-2510) umožňují měřit kapacitu až do desetin nanofaradu. Podobně jako u rezistorů lze změřit kapacitu dvou kondenzátorů, spočítat kapacitu sériového a paralelního zapojení a ověřit je měřením.

7 Hřebíkový koberec

Toto měření umožňuje z naměřených hodnot navrhnout hřebíkový koberec – desku osázenou hřebíky, na jejichž špičky se lze postavit bosým chodidlem. Jedná se o trochu delší odvození, jeho zařazení do výuky ponechávám na úvaze čtenářově.

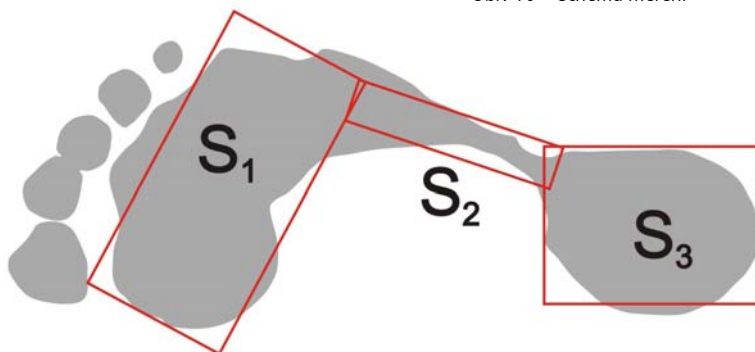
Do korkové zátky zapíchneme obyčejný hřebík. Zátku s hřebíkem položíme na misku digitálních kuchyňských vah a zatlačíme bosým chodidlem na špičku hřebíku. Tímto způsobem přibližně změříme, jak velkou silou můžeme působit chodidlem na jeden hřebík. Vycházejí hodnoty kolem 700 g, tj. síla 7 N. Člověk o hmotnosti 95 kg musí být podepřen alespoň $950 / 7 = 136$ hřebíky.

Dalším krokem je určení plochy, kterou se bosé chodidlo dotýká země. Jednou z metod je natřít plochu chodidla barvou a obtisknout na papír položený na zem (tento papír můžeme mít připravený předem). Plochu chodidla lze nahradit třemi obdélníky (pro odhad je to dostačující). U dospělého člověka vychází plocha jednoho chodidla na cca 140 cm^2 , hřebíkový koberec proto musí mít 1 hřebík na 2 cm^2 .

Závěrečným krokem je určení rozteče hřebíků na desce (označme ji z). Jsou dvě možnosti – hřebíky mohou tvořit čtvercovou nebo trojúhelníkovou síť. U čtvercové



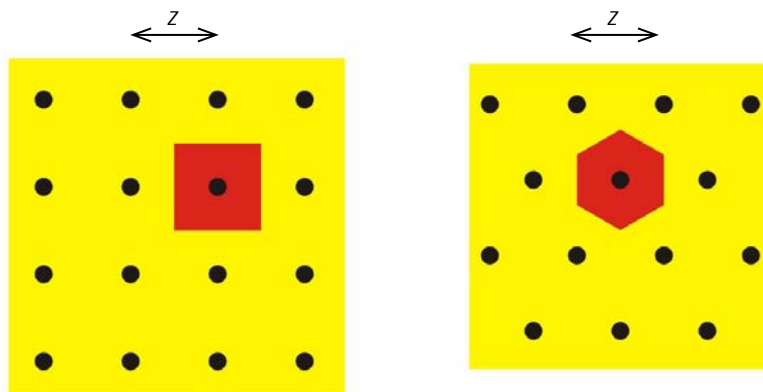
Obr. 10 – schéma měření



Obr. 11 – plocha nohy

sítě nese každý hřebík čtvercovou plochu odpovídající rozteči z , u trojúhelníkové sítě šestiúhelníkovou plochu, pro kterou platí $S = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot z^2$ (odvození ponechám na čtenáři).

Pro vzorového člověka musí mít deska se čtvercovou sítí hřebíků rozteč maximálně 1,4 cm, deska s trojúhelníkovou sítí maximálně 1,5 cm.



Obr. 12 – rozmístění hřebíků

Výpočty ověří skutečná hřebíková deska, přesněji řečeno studenti stojící na špičkách hřebíků. Osobně používám desku s trojúhelníkovou sítí hřebíků s roztečí 1 cm. Výpočet mohu potvrdit – první varianta desky, kterou jsem si vyrobil, měla trojúhelníkovou síť s roztečí 2 cm. Na tuto desku bylo možno usednout, ale stání bosýma nohama bylo příliš bolestivé.

Závěr

Výše popsané postupy shrnují dva důležité fyzikální postupy – teoretické výpočty a experimentální ověření výsledků výpočtů. Na svých třídách mám ověřeno, že efekt: „Ono to funguje!“ je extrémně účinný a zapojuje i méně pozorné žáky do výuky.

Metoda „Měř, počítej a měř znovu“ má jediné úskalí – učitel si musí připravit měření, která pěkně vycházejí. V případě odchylek překračujících několik desítek procent předpokládaného výsledku metoda ztrácí na půvabu.

Odkazy

[1] <<http://fyzikalnisuplik.websnadno.cz>> *Fyzikální šuplík* (česky), stránky autora zaměřené na výuku fyziky.