

Úloha II.E ... Přímá úměrná konvice 8 bodů; průměr 4,51; řešilo 37 studentů

Filipa dlouho zajímalo, zda je doba, za kterou se voda v rychlovarné konvici uvaří, přímo úměrná hmotnosti vařené vody. Pomozte Filipovi a změřte časy, za které se uvaří voda o alespoň pěti různých hmotnostech. Dejte si pozor na to, aby počáteční teplota konvice i vody byla na začátku každého měření stejná.

Pak změřené údaje vynesete do grafu závislosti času vaření na hmotnosti vody¹. Platí-li mezi veličinami přímá úměra, měly by body alespoň přibližně „sedět“ na společné přímce. Zakreslete do grafu i tuto přímku a odpovězte nám na dvě otázky:

- (1) Proč není shoda úplně dokonalá? Co může ovlivnit přesnost měření?
- (2) Proč přímka neprochází počátkem grafu?

Teorie

V tomto experimentu nám půjde o potvrzení teorie ze zadání, která říká, že doba ohřevu vody je přímo úměrná ohřivanému objemu. To v podstatě znamená, že při měření by nám se zvětšujícím se objemem měla růst i doba ohřevu, a to tak, že kolikrát větší objem vody dáme hřát, tolikrát se nám prodlouží doba ohřívání.

Podívejme se na průběh celého pokusu. Naše konvice² o konstantním příkonu P a účinnosti η (předpokládejme, že kolísavost účinnosti je opravdu malá) má výkon $P\eta$, který slouží na ohřev vody tak, že za čas t^3 dodá vodě o hmotnosti m a měrné tepelné kapacitě $c = 4180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{°C}^{-1}$ teplo $Q = mc\Delta T$, kde ΔT je změna teploty vody. V našem případě se jedná o rozdíl teploty varu vody 100 °C a teploty vody, kterou do konvice nalijeme například z kohoutku. Platí tedy

$$P\eta t = mc\Delta T \quad \Rightarrow \quad t = m \frac{c\Delta T}{P\eta}.$$

Vidíme tedy, že čas ohřevu vody závisí na neměnných veličinách ve zlomku a skutečně se mění jen s proměnlivou hmotností.

Měření

K měření budeme potřebovat stopky, varnou konvici a odměrku či váhu na měření vody. Předtím, než začneme měřit, je dobré v konvici uvařit vodu jen tak „na zkoušku“, abychom dodrželi pravidlo, že konvice i voda budou vždy mít stejnou počáteční teplotu, je to časově méně náročné. Nebo můžeme také po každém měření počkat, až konvice vychladne, ale to nám zabere podstatně více času. Dáme si pozor na to, aby byla voda vždy stejně teplá či studená. Odměříme si minimálně pět vzorků různých hmotností (1 ml vody váží 1 g) a postupně je dáme vařit v rychlovarné konvici. Jakmile spustíme ohřívání, zapneme stopky a vypneme je, až když konvice cvakne či jinak naznačí, že voda dosáhla bodu varu. Toto zopakujeme u všech vzorků vody, které jsme si odměřili odměrkou či odvážili na vahách. Vaše výsledky se mohou lišit, záleží

¹Tím se myslí to, že na vodorovnou osu vynesete hmotnost vody a na svislou osu čas vaření. Nezapomeňte na pořádné označení os a vhodnou volbu jejich stupnic.

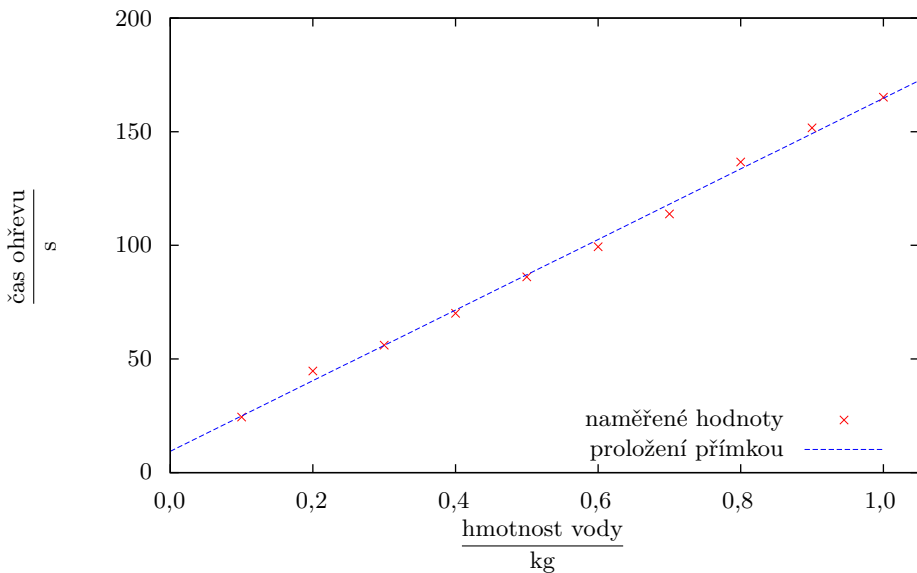
²Můžete použít i jiná topná tělesa, ale nejlepší jsou elektrická, protože ta mají víceméně konstantní příkon a výkon, u plynových či jiných zařízení může hodnota okamžitého příkonu a výkonu kolísat.

³Zde čas značíme malým písmenem, abychom ho odlišili od značení teploty T .

Tab. 1: Čas ohřevu pro danou hmotnost vody.

hmotnost vody [kg]	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
čas vaření [s]	24	44	56	70	86
hmotnost vody [kg]	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
čas vaření [s]	99	113	136	151	165

na počáteční teplotě vody z kohoutku, účinnosti a příkonu vaší konvice. Výsledky našeho pokusu jsou zaznamenány v tabulce 1 a závislost času ohřevu vody na její hmotnosti je vynesena v grafu 1.



Obr. 1: Závislost času ohřevu na hmotnosti uvařené vody.

Chyby měření, které nám mohly ovlivnit naše výstupní hodnoty, jsou skryté ve vlastnostech konvice. Uvolněné teplo, které ohřívalo vodu v konvici, také ohřálo konvici samotnou. Konvice musela vyprodukovat na topném tělese víc tepla, než bylo třeba k ohřátí vody, protože zároveň s vodou ohřívala samu sebe. Další energie z ohřevu přeměnila část ohřivané vody v páru. Aby voda změnila skupenství, musela jí konvice dodat další teplo. Topné těleso v konvici se také nejprve samo muselo ohřát na teplotu větší než $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, aby mohlo ohřát vodu, na což spotřebovala konvice také energii. Jelikož konvice není izolovaná soustava, probíhá i ohřívání okolního vzduchu, což je opět teplo navíc, které neohřívá vodu.

Právě tyto úniky tepla odpovídají velikostně energii, kterou by voda v konvici přijala za čas, ve kterém nám graf 1 protíná svislou osu.

Poznámky k došlým řešením

S naměřením a praktickým provedením úkolu jste si poradili skvěle. Všichni, kdo pochopili zadání, měli pěkně naměřené hodnoty. Problém nastal při teoretické části příkladu: mnohým z vás chyběla tabulka hodnot (ohodnocena dvěma body) či jste si pořádně nepřčetli zadání a v řešení jste vykreslili graf, který nebyl přímkou, ale lomená úsečka nebo daná přímka neležela mezi body, ale nad nebo pod nimi, prohodili jste osu x za osu y , místo hmotnosti jste vodu na ose x udávali v litrech apod. Někteří se dokonce snažili přímkou grafu nasměřovat do počátku soustavy souřadnic uměle, i když tudy procházet nikdy nebude. Takto jste ztratili asi nejvíce bodů. Proto prosím, *čtěte zadání*, mnohdy vám pořádné přečtení zadání pomůže víc, než si myslíte.

Celkem dost z vás se při zodpovídání otázek v zadání odkazovalo na chyby měření ovlivněné lidským faktorem (hlavně pomalý reakční čas člověka při měření času, špatně odvážená hmotnost/odměřený objem vody). Takové chyby sice v tomto experimentu nastaly, ale jejich vliv je mnohem menší než zmíněné tepelné úniky.

Zde mnozí z vás poukázali na skutečnost, že účinnost se v závislosti na ohříváním objemu mění (čím víc vody ohříváme, tím je konvice účinnější), což vlastně zahrnovalo odpověď na obě dvě podotázky zadání, protože účinnost konvice je závislá převážně na množství vytvořené přebytečné páry z vody a ohřevem okolí.

Pavla Trembulaková
pavlat@vyfuk.mff.cuni.cz

Korespondenční seminář Výfuk je organizován studenty a přáteli MFF UK. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci MFF UK a podporován Katedrou didaktiky fyziky MFF UK, jejími zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.
Pro zobrazení kopie této licence navštivte <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.