

Úloha III.5 ... Čajíček

6 bodů; průměr 2,55; řešilo 71 studentů

Změřte účinnost rychlovarné konvice při ohřevu vody z 20 °C na 60 °C. (Pokud nebudete mít k dispozici teploměr daného rozsahu, změřte pro jiné teploty, nezapomeňte je však uvést.) Účinnost je poměr mezi teplem odevzdaným vodě v konvici a dodanou elektrickou energií. Údaje o příkonu konvice hledejte na ní.



Teorie

Jak bylo uvedeno v zadání, účinnost určíme jako podíl tepla odevzdaného vodě v konvici a dodané elektrické energie

$$\eta = \frac{Q}{E}.$$

To znamená, že účinnost je poměr mezi tzv. užitečnou prací, která slouží požadovanému účelu (v tomto případě ohřev vody), a prací (tj. elektrickou energií), která je dána příkonem konvice a je nutná na celkový provoz. Užitečná práce, tedy dodané teplo, je

$$Q = mc(t_2 - t_1),$$

kde c je měrná tepelná kapacita, pro vodu má hodnotu $4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$. Celková elektrická energie, kterou konvice odebere ze sítě za čas ohřevu τ , je

$$E = P_o \tau,$$

kde P_o značí příkon konvice, který bývá uveden výrobcem na štítku na konvici. Účinnost potom vypočítáme podle vzorce

$$\eta = \frac{mc(t_2 - t_1)}{P_o \tau}.$$

Ten nám říká, že pokud chceme účinnost konvice určit experimentálně, musíme změřit hmotnost vody v konvici, změnu její teploty a čas, za který tato změna nastane.

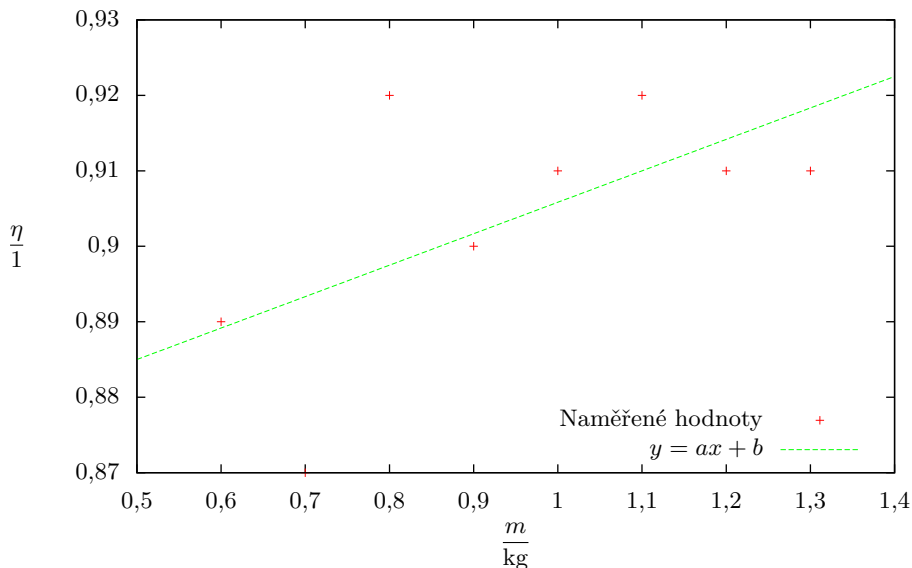
Postup

K experimentu byl použit digitální teploměr, který má čidlo umístěné na dlouhém tenkém drátku. Toto čidlo zaznamenává okolní teplotu každých 35 s za doprovodu světelného signálu (bliknutí červené kontrolky). Hodnota teploty zobrazené na displeji se po jednom měření změní maximálně o cca 20 °C, proto pro měření většího teplotního rozdílu během krátkého časového intervalu je třeba počkat alespoň na druhé měření teploty, tj. 70 s.

Do varné konvice o příkonu v rozmezí 2000 W – 2400 W jsme pomocí digitálních vah odvážili 800 g vody o teplotě přibližně 20 °C. Hmotnostní ztráty při přelévání do konvice považujeme za zanedbatelné. Poté jsme čidlo teploměru ponořili do vody tak, aby se nedotýkalo dna ani stěny a víko konvice jsme zavřeli. Počkali jsme na první světelný signál teploměru, zaznamenali zobrazenou teplotu vody, konvici zapnuli a zároveň pro kontrolu zapnuli i stopky. Po celkové třetí světelném signálu (tzn. 70 s od začátku ohřívání) jsme konvici spolu se stopkami vypnuli. Abychom mohli přesně určit, o kolik stupňů se teplota vody zvětšila, počkali jsme na čtvrtý signál a nově zobrazenou teplotu zapsali. Po dobu všech čtyř signálů bylo víko konvice zavřené, takže nedocházelo k příliš velkým teplotním ztrátám. Celé měření jsme opakovali pro několik

různých hmotností vody, abychom zjistili, zda je účinnost ovlivněna množstvím kapaliny v konvici (předpokládáme, že taková závislost existuje kvůli následující úvaze: na ohřátí konvice (ne vody) je také třeba jisté teplo. Při vyšším objemu vody se poměr tohoto tepla vůči teplu dodanému vodě stává menším, což znamená, že účinnost by měla růst). Mezi jednotlivými měřeními jsme konvici vždy vypláchli studenou vodou, aby byly výsledky minimálně zkreslené.

Poznámka. Nezáleží na tom, zda měříme čas, po který dlouho trvá ohřev vody mezi dvěma předem danými teplotami (jak bylo uvedeno v zadání), nebo měříme rozdíl teplot v předem daném časové intervalu, jak jsme kvůli praktickému provedení měřili my.



Obr. 1: Závislost účinnosti na hmotnosti

Odhad chyby

Chybu měření vah jsme odhadli na 1 g, chybu teploměru na 0,1 °C a chybu časového intervalu kontrolky na teploměru (pomocí které jsme odměřili čas ohřevu) na 1 s. Vzhledem k tomu, že jsou všechny veličiny zatíženy pouze malou relativní chybou, můžeme při výpočtu chyby účinnosti využít zákon o sčítání malých relativních chyb. To znamená, že při násobení a také při dělení naměřených veličin určíme relativní chybu vypočítané veličiny jako součet relativních chyb naměřených veličin.

Výsledky měření

Průměrná účinnost varné konvice pro $P_0 = 2000 \text{ W}$ je

$$\eta = (90 \pm 2) \%,$$

Tabulka 1: Naměřené a vypočtené hodnoty

Měření	m [kg]	t_1 [°C]	t_2 [°C]	τ [s]	η pro $P_o = 2000$ W [-]	η pro $P_o = 2400$ W [-]
1	0,6	22,6	72,0	70	$0,89 \pm 0,02$	$0,74 \pm 0,01$
2	0,7	22,4	64,0	70	$0,87 \pm 0,02$	$0,72 \pm 0,01$
3	0,8	22,5	60,9	70	$0,92 \pm 0,02$	$0,76 \pm 0,02$
4	0,9	22,6	56,0	70	$0,90 \pm 0,02$	$0,75 \pm 0,01$
5	1,0	22,2	52,8	70	$0,91 \pm 0,02$	$0,76 \pm 0,01$
6	1,1	22,4	50,4	70	$0,92 \pm 0,02$	$0,77 \pm 0,02$
7	1,2	22,7	48,1	70	$0,91 \pm 0,02$	$0,76 \pm 0,01$
8	1,3	22,6	46,1	70	$0,91 \pm 0,02$	$0,76 \pm 0,01$

pro $P_o = 2400$ W vychází

$$\eta = (75 \pm 1) \%$$

Dostali jsme dvě hodnoty účinnosti, které nám určují rozmezí, ve kterém se účinnost konvice nachází. Tím, jak výrobce udává široký rozptyl příkonu konvice, se z našeho poměrně velmi přesného měření stává měření velmi nepřesné. Naměřená účinnost konvice se nachází v rozmezí

$$\eta = (74-92) \%$$

Ještě zkusme prozkoumat již dříve zmíněnou možnost závislosti účinnosti na hmotnosti ohřívané vody.

Pro příkon 2000 W jsme sestrojili graf závislosti účinnosti na hmotnosti. V grafu 1 můžeme vidět mírný vzestup hodnot účinnosti s rostoucí hmotností vody. Nicméně tento vzestup není tolik zřetelný, tudíž účinnost na hmotnosti nejspíš výrazně nezávisí.

Diskuze

Experimentálně jsme určili účinnost rychlovarné konvice. Použitá metodika (digitální měřidla, čidlo teploměru na tenkém drátku umožňujícím úplné zavření víka konvice a tím omezení ztrát tepla) nám umožnila nepřímou změřit účinnost s poměrně velkou přesností (relativní odchylka pouze 2%). Bohužel ale kvůli širokému rozptylu možného příkonu konvice, který jsme nemohli ovlivnit, se i výsledná účinnost konvice nachází v širokém rozpětí. Nepodařilo se nám významně prokázat závislost účinnosti ohřevu na hmotnosti. Pokud nějaká taková závislost existuje, byla v našem experimentu překryta příliš velkou chybou měření, kvůli které nemůžeme s dostatečnou jistotou její existenci potvrdit ani vyvrátit.

Poznámky k došlým řešením

S výpočtem účinnosti jste si téměř všichni bez problémů poradili. Přesto jsme bohužel často nemohli dát více bodů. Toto je experimentální úloha, která vyžaduje měření. Důležité je tedy zapsat postup, jaký jste zvolili (tak, aby podle něj mohl být pokus kýmkoli jiným zopakován),

a samozřejmě měření několikrát opakovat. Pokud toto ve vašem řešení chybělo, nebylo bodové ohodnocení příliš vysoké.

Veronika Dočkalová
verca@vyfuk.mff.cuni.cz

Korespondenční seminář Výfuk je organizován studenty 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/>.