

19. ročník, úloha III. E ... a jsou tu zase hody! (8 bodů; průměr 5,90; řešilo 41 studentů)

V Černvíře je veselo, všichni tancují, baví se, ale hlavně pijí alkoholické nápoje. Ne však každý se chce co nejdříve opít. Mezi místními stárky je jeden, kterému jde zejména o vědecký výzkum. Po vypití dvou litrů levného stolního vína ho napadlo, že by mohl zjistit, kolik toho alkoholu do sebe vlastně dostal. Nebyl ovšem v natolik střízlivém stavu, aby experiment zrealizoval. Zkuste to tedy vy!

Změřte, jaký je hmotnostní podíl alkoholu obsažený v levném stolním víně, a výsledek porovnejte s hodnotou na obalu.

Našel Jarda Trnka na internetu a vzpomněl si při tom na jednoho z organizátorů.

Zamyšlení nad zaslánými protokoly

Tato úloha byla mezi řešiteli zjevně oblíbená, a proto se objevila i celá řada postupů vypracování. Snad nejčastějším byla destilace, tj. ohřát víno na teplotu přibližně 78°C, nechat odpařit ethanol, následně ho zachytit na nějakém chladiči a zvážit. Tato metoda naráží na nedokonalost destilace (spolu s ethanolem se odpařuje i voda, naopak ne všechn ethanol zkondenzuje apod.). Jen několik řešitelů napadlo nezabývat se destilátem, ale naopak zvážit to, co po destilaci z vína zbude. Zde už je problém jen množství odpařené vody a to se dá poměrně jednoduše zjistit (viz náš postup). Tato metoda dávala výsledky s chybou v řádu procent, u některých řešitelů s nedokonalou aparaturou i desítky procent.

Druhou nejpoužívanější metodou bylo měření hustoty vína. Pokud předpokládáme, že víno je jen směs vody a ethanolu, můžeme z hustoty určit množství ethanolu. Zřejmým omezením této metody je zanedbání ostatních složek ve víně, což v závislosti na druhu použitého vína může vést k větším nebo menším nepřesnostem (někteří řešitelé zjistili, že jejich víno má větší hustotu než voda, nelze se pak divit, že výsledek byl chybný). Pro tuto metodu je asi ideální testovat bílé suché mladé víno, které má nejmenší podíl cukru. *Lukáš Drápal* zjistil, že podíl cukru ve víně je asi 1/9 podílu ethanolu, tento údaj se dal použít pro přibližnou korekci. *Marek Pechal* zkombinoval tuto metodu s destilací a zjistil tak množství přísad poměrně přesně. Celkově byla metoda měření hustoty nejjednodušší a nejpřesnější, i když byla zatížena systematickou chybou.

Několik řešitelů se pokoušelo o složité titrační postupy, které vesměs vedly k naprosto chybným množstvím ethanolu. Důvody jsou asi komplikované. I když budeme předpokládat, že titrační postup byl proveden precizně, pořád nelze vyloučit reakce titrační směsi s ostatními složkami vína. Objevily se ovšem i kurióznější postupy měření. Někteří řešitelé se pokoušeli víno zapálit (bohužel nebo právě možná našťástí neúspěšně). Bylo by možné určit podíl ethanolu tak, že by se experimentálně zjistilo, při jakém podílu ethanolu směs voda-alkohol ještě hoří, a poté přidáváním čistého lihu obohatit víno natolik, že by vzplálo. *Lukáš Drápal* měřil podíl ethanolu na základě ohřívání vína v kalorimetru, což při použití dobrého zdroje tepla vede k poměrně vysoké přesnosti. Na závěr bychom rádi upozornili na některé bludy, které se v řešeních objevily. Gymnazisté z Boskovic se domnívají, že ve víně dochází k disociaci složek podle hustoty, a tudíž ve svrchních vrstvách vína je více alkoholu než ve spodních. Kdyby tomu tak skutečně bylo, nebylo by možné např. skládovat víno v sudech, protože posledních pár skleniček ze sudu by bylo smrtelných.

Několik řešitelů projevilo obavy o vliv obsahu methanolu ve víně. Jak známo methanol je prudký jed a i v malých dávkách může způsobit oslepnutí a smrt. Komerčně vyráběné lihoviny obvykle obsahují okolo 0,015 % obsahu methanolu, takže jeho vliv je možné s klidem zanedbat. Posledním často zmiňovaným efektem je fakt, že při mísení kapalin neplatí přesně zákon sčítání

objemů. To je sice pravda, ale opět jde o velmi okrajový efekt. Zmíněné bludy zde neuvádíme proto, aby se všichni mohli od srdce zasmát některým řešitelům. Jednou z nejdůležitějších schopností v experimentální fyzice je správné určení různých aproximací. Pokud tedy nějaký řešitel např. zanedbal obsah cukru a dalších látek ve víně, ale přitom bral zákon sčítání objemů jako nepřesný, pak se dopustil vskutku chybné úvahy.

Pracovní postup a výsledky měření

Pro určení podílu alkoholu ve víně jsme zvolili vylepšenou destilační metodu. Víno budeme ohřívat ve vodní lázni tak dlouho, až jeho teplota překročí teplotu varu ethanolu, a poté změníme, kolik roztoku nám zbylo. To, co se z roztoku odpařilo, není jen ethanol, ale i spousta vody. Abychom zjistili, kolik se jí odpařilo, vložíme do nádoby s vínem ještě menší baňku s vodou a změníme, kolik vody se z ní během ohřívání odpařilo. Zde předpokládáme, že vypařování vody a ethanolu jsou dva nezávislé děje a rovněž že vypařování vody nezávisí na podílu ethanolu ani jiných látek v roztoku. Jako měřicí pomůcky nám bude stačit šupléra na měření hloubky a teploměr na orientační určení teploty (teploměr není pro měření příliš podstatný, v zásadě bychom se bez něj mohli obejít). Značně zjednodušenou destilační soupravu lze snadno sestavit z několika hrnců a skleničky a ohřev zajistí kuchyňský sporák.

Celkem jsme provedli jedno pokusné a tři platná měření pokaždé s půl litrem krabicového bílého vína původem z Itálie (snad). V rámci dodržení základních pravidel bezpečnosti práce jsme se neodhodlali zkoumaný roztok ochutnat. Chyba v měření hladiny šuplérou je 0,1 mm, což se ve výsledku promítlo do chyby v určení podílu 0,5 objemových procent obsahu. Průměrná hodnota podílu alkoholu (bez korekce na odpařování vody) potom vyšla $w_1 = (16,1 \pm 0,5) \%$, hodnota korekce $w_{\text{kor}} = (5,2 \pm 0,5) \%$, což dává výslednou hodnotu podílu $w = (11,3 \pm 1,0) \%$. Podrobnější údaje z měření zde neuvádíme vzhledem k nízké reprodukovatelnosti experimentu.

Závěr

Úloha se dala s trochou fyzikální úvahy vyřešit jen s pravítkem a kuchyňským náčiním, popřípadě teploměrem. Výsledek je vcelku uspokojivý, hodnota uvedená na obalu (10 %) sice do naměřeného intervalu nespadá, ale vzhledem k původu vína je možné mít o přesnosti dané hodnoty oprávněně pochybnosti. Výsledná přesnost není jistě ideální, preciznějším měřením by se dala zmenšit až o řád. Důležité je, že měření není zatíženo žádnou výraznou systematickou chybou.

Michael Komm

michael@fykos.mff.cuni.cz