

## VÝUKA CHEMIE

### TEPLOMĚR, TLAKOVÝ HRNEC A ŠKOLA

PETRA ANDRÝSKOVÁ a HANA CÍDLOVÁ

Katedra chemie, Pedagogická fakulta Masarykovy univerzity, Poříčí 7, 603 00 Brno  
cidlova@centrum.cz

Došlo 12.12.05, přijato 5.3.06.

Klíčová slova: didaktika chemie, studentský vědomostní test

#### Úvod

Je známo, že je obtížné dosáhnout v přírodovědném vzdělávání takového stavu, aby žáci a studenti dokázali svoje vědomosti získané ve škole také využít v praxi v nemodelových situacích, tj. takových, ke kterým nezískali ve škole algoritmus řešení.

Charakterizováním schopnosti studentů středních škol aplikovat své vědomosti na reálné situace se zabývá např. práce J. Reguliho<sup>1</sup>. Reguli upozorňuje na vznik tzv. „naivních teorií“. Jsou to neúplné, izolované teorie vznikající v myšlenkách žáků, často obsahující řadu mylných představ. Jsou obvykle velmi trvanlivé a při dalším studiu nebo v dalším životě jen obtížně napravitelné.

Problematika schopnosti prakticky aplikovat vědomosti získané ve škole nás zajímala na úrovni studentů gymnázia a vysokoškolských studentů učitelství chemie. Výzkum byl proveden pomocí testování.

#### Provedení testování

##### V ý b ě r r e s p o n d e n t ů

Respondenti byli vybíráni na základě dostupnosti – jednalo se o studijní skupiny studentů ze spolupracujících pracovišť. V rámci studijních skupin šlo pak víceméně o totální výběr – testy byly zadány v rámci povinné výuky všem přítomným studentům. Testování se zúčastnilo 125 respondentů v následujícím složení:

- vzorek G (25 respondentů) – studenti gymnázia,
- vzorek V (100 respondentů) – vysokoškolští studenti učitelství chemie.

Je zřejmé, že vzorky respondentů vybrané tímto způsobem nejsou reprezentativní. Dá se však očekávat, že:

- vzorek G (jedna třída) byl různorodější co se týká

studijních předpokladů, zájmu o studium, zájmu o různé vyučovací předměty; naopak byl homogenní, pokud jde o vyučující,

- vzorek V (6 studijních skupin ze tří vysokých škol) naopak obsahoval respondenty vybrané na základě zájmu o studium učitelství chemie, na základě přijímací zkoušky a pak také na základě studijních výsledků (jednalo se vesměs o studenty vyšších ročníků). Všichni respondenti vzorku V prošli vysokoškolskou výukou obecné chemie (která především by je měla naučit přemýšlet o souvislostech v chemii a aplikovat získané vědomosti na chemické problematiky) a přibližně dvě třetiny z nich absolvovaly vysokoškolskou výuku fyzikální chemie. Jednotlivé skupiny respondentů vzorku V však byly vzdělávány různými vyučujícími.

##### Podmínky testování

Respondenti v naší práci na testování nebyli upozorněni předem. Při práci nesměli používat žádnou literaturu kromě periodické tabulky. Pracovali samostatně pod dozorem vyučujícího, doba řešení celého testu (přibližně 45 položek) byla omezena na 60 minut.

Naopak Reguli<sup>1</sup> ke své práci využil výsledky Korespondenčního semináře z chemie. V jeho případě respondenti mohli využít jakékoli informační zdroje včetně diskuse se svými vyučujícími, doba na vypracování odpovědí prakticky nebyla omezená.

##### V ý b ě r u č i v a p r o t e s t o v á n í, u s p o ř á d á n í t e s t u

Schopnost aplikovat své vědomosti a znalosti na reálné situace byla zkoumána pomocí testu. Pro testování byly vybrány otázky z učebnic chemie pro základní školy a běžné reálné situace. Kromě aplikačních úloh test obsahoval tzv. kontrolní otázky (nebyly počítány do celkového skóre), které měly sledovat, zda student zná učivo potřebné k vyřešení příslušné aplikační úlohy.

Přestože test po úpravách obsahoval především polytomické položky s výběrem odpovědi, obsahoval také několik položek s odpovědí volnou. V tomto článku předkládáme vyhodnocení odpovědí na dvě aplikační úlohy s volnou odpovědí, které se ukázaly být velmi obtížné. Znění těchto aplikačních úloh bylo následující:

1. Žákovi byla položena otázka: *Proč se teploměry v polárních oblastech neplní rtutí, ale obarveným ethanolem?*

Žák odpověděl: *Důvodem je, že rtuť zamrzá již při teplotě přibližně  $-39\text{ }^{\circ}\text{C}$ , zatímco líh při teplotě podstatně nižší ( $-114\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).*

Údaje v odpovědi žáka jsou správné, ale odpověď je neúplná. Dokončete ji.

2. Žákovi byla položena otázka: *Proč se v tlakovém hrnci uvaří maso mnohem dříve než v obyčejném hrnci?* Žák odpověděl: *V tlakovém hrnci je tlak větší než normální atmosférický, proto v něm voda vře při vyšší teplotě než v hrnci normálním a maso se tak dříve uvaří.*

Odpověď žáka je neúplná. Co nejpřesněji ji dokončete.

První úloha se ptá na uplatnění znalostí o teplotní roztažnosti látek. Většina látek mění svůj objem při změnách teploty mnohem méně ve skupenství pevném než ve skupenství kapalném. Pokud tedy náplň teploměru zamrzne, jsou posuny její hladiny na stupnici tak malé, že se téměř nedají pozorovat okem a takový teploměr je pro běžné použití nevhodný.

Toto vysvětlení je poměrně složité a od žáků na základní škole se neočekává (otázka „*Proč se teploměry v polárních oblastech neplní rtuť, ale obarveným ethanolem?*“ byla převzata z literatury<sup>2</sup>). Již středoškolské vzdělání však stačí na dokončení odpovědi; otázka na teplotní roztažnost byla zařazena jako kontrolní. Zajímalo nás, jaká část respondentů ze středních až vysokých škol překročí stereotyp základní školy a odpověď správně dokončí.

Druhá úloha je otázkou z oblasti chemické kinetiky. Správná odpověď vyžaduje vysvětlení, že podstatou vaření masa je (kromě jiného) chemická přeměna některých složek, která probíhá při dostatečně vysoké teplotě. Při zvýšení teploty varu se zvýší teplota, při níž probíhají potřebné chemické děje v mase, tím se tyto děje (jako každá chemická reakce) urychlí a tím se zkrátí doba potřebná k uvaření masa.

Tato úloha byla vymyšlená, převzatá z běžného života. Obtížná část odpovědi na otázku „*Proč se v tlakovém hrnci uvaří maso mnohem dříve než v obyčejném hrnci?*“ týkající se souvislosti teploty varu s vnějším tlakem a s tenzí par je v zadání úlohy vysvětlena ústy „žáka“. Pochopení, že podstatné procesy probíhající v mase při jeho vaření mají kromě jiného i chemickou podstatu, by mělo být výsledkem studia učebnice<sup>3</sup> pro základní školu; souvislost rychlosti chemických reakcí s teplotou je uvedena v předchozím díle<sup>2</sup>. Oba tyto požadavky na vědomosti byly zařazeny do kontrolních otázek.

#### Kontrolní otázka k aplikační úloze č. 1:

- Při změně teploty se objem pevných látek ve srovnání s kapalinami obvykle mění:
  - méně
  - stejně
  - více
  - nelze říci

#### Kontrolní otázky k aplikační úloze č. 2:

- Principem (ne cílem) vaření je:
  - vytvoření chutné směsi potravin
  - změna skupenství potravin

- fyzikální a chemická přeměna potravin
  - zvýšení teploty potravin
- Zvýšením teploty se chemická reakce:
    - zrychlí
    - zpomalí
    - někdy zrychlí a někdy zpomalí
    - nedojde ke změně

#### Způsob vyhodnocení testu

Při vyhodnocování nás zajímal také vztah mezi odpovědí na aplikační úlohy ve srovnání s odpovědí na kontrolní otázky. Mohly v principu nastat čtyři případy, které jsou v následujícím textu označeny zkratkami AA, AN, NA, NN. V komentářích zanedbáváme případy, kdy se respondent spletl při zápise do odpovědního archu.

**AA Správná odpověď na kontrolní otázku i na aplikační úlohu.** Respondent měl (nebo uhadl) potřebnou znalost a odvodil (nebo uhadl, resp. si např. ze školy pamatoval) správnou odpověď na aplikační úlohu.

**AN Správná odpověď na kontrolní otázku, ale nesprávná nebo chybějící odpověď na aplikační úlohu.** Respondent sice měl (nebo uhadl) potřebnou znalost, ale nedokázal ji využít k řešení aplikační úlohy.

**NA Nesprávná nebo chybějící odpověď na kontrolní otázku, ale správná odpověď na aplikační úlohu.** Respondent neměl potřebné znalosti a odpověď na aplikační úlohu buď uhadl, nebo si ji pamatoval.

**NN Nesprávná nebo chybějící odpověď na kontrolní otázku a nesprávná nebo chybějící odpověď na aplikační úlohu.** Respondent neměl znalosti ani nebyl schopen reprodukovat odpověď na aplikační úlohu.

#### Rozbor nesprávných a chybějících odpovědí

Některé nesprávné odpovědi se opakovaly v různých formulacích u řady respondentů. Tyto odpovědi shrnuje následující přehled a jsou označeny písmeny. Přehled neobsahuje doslovné znění odpovědí (s ohledem na jejich různé konkrétní formulace), ale vystihuje jejich podstatu. Opakující se nesprávné odpovědi jsou v přehledu klasifikovány podle<sup>1</sup> na odpovědi typu:

- *špatně* (respondent se pokouší odpovědět, ale odpověď je špatná),
- *mimo* (odpověď neodpovídá na položenou otázku),
- *opis* (respondent pouze jinými slovy opisuje zadání).

#### Aplikační úloha 1, odpovědi typu *špatně*

**A** *Rtuť při ztuhnutí zvětší svůj objem a teploměr praskne.*

Jedná se o velmi častou odpověď (poskytlí ji také absolventi odborného studia fyziky na PŘF UK v Praze<sup>4</sup>), zřejmě vycházející ze všeobecného povědomí o tom, že voda při tuhnutí svůj objem zvětšuje, takže předměty, ve kterých zamrzla voda, se mohou

roztrhat. S tímto faktem se lidé setkávají již od dětství, a to poměrně často. Většina z nich pravděpodobně ví, že se jedná o anomální vlastnost vody, zatímco rtuť se tento jev netýká, avšak zaběhnutý stereotyp je při řešení testu zřejmě silnější. Tento typ odpovědi by mohl patřit k tzv. „naivním teoriím“ podle<sup>1</sup>.

#### Aplikační úloha 1, odpovědi typu *mimo*

**B** *Různé otázky a komentáře týkající se atmosférického tlaku.*

Tento typ odpovědi poskytla především řada respondentů ze skupiny AN. Tito respondenti zřejmě ze svého středo- a vysokoškolského vzdělání vědí, že teplota tání/tuhnutí souvisí s vnějším tlakem. Chybí jim ovšem praktická představa o tom, jak je zmíněný vliv velký a jak moc může v přírodních podmínkách kolísat atmosférický tlak.

**C** *Barví se, protože čistý ethanol je bezbarvý a nebyl by vidět.*

Toto tvrzení je sice pravdivé, ale neodpovídá na položenou otázku.

**D** *Rtuť je toxická.* Tvrzení je sice pravdivé, ale neodpovídá na položenou otázku.

#### Aplikační úloha 1, odpovědi typu *opis*

**E** *Rtuť zamrzne a neukazuje teplotu, zatímco lůh ji ukazuje.*

Velmi častá odpověď, zřejmě mnohokrát slyšená a vyslovená na základní škole. Při dané formulaci aplikační úlohy č. 1 je však pouhým opisem „žákovy“ odpovědi.

**F** *V polárních oblastech bývá teplota i pod  $-39\text{ }^{\circ}\text{C}$ .*

Toto tvrzení je sice pravdivé, ale je víceméně nevyslovenou součástí zadání.

#### Aplikační úloha 1, ostatní odpovědi

**J** *Jiné.*

**N** *Bez odpovědi.*

#### Aplikační úloha 2, odpovědi typu *špatně*

**A** *Odpověď žáka pokládám za úplnou.* Tento typ odpovědi odporuje zadání.

**B** *Voda vře už při nižší teplotě, tedy dřív, proto je celková doba vaření kratší.*

Tento typ odpovědi je v přímém rozporu se zadáním, přesto je častý a poukazuje na stereotyp v myšlení. Zřejmě by tento typ odpovědi mohl patřit k tzv. „naivním teoriím“ podle<sup>1</sup>.

#### Aplikační úloha 2, odpovědi typu *mimo*

Tyto odpovědi byly originální, neopakovaly se u více respondentů.

#### Aplikační úloha 2, odpovědi typu *opis*

**C** *Různé parafráze „žákovy“ odpovědi.*

Pokud jde o správnost, je tento typ odpovědi srovnatelný s odpověďmi skupiny A. Pokud jde o uvažování respondenta, je tento případ poněkud horší, protože

respondent si neuvědomuje, že odpověď nezná, nebo to odmítá přiznat.

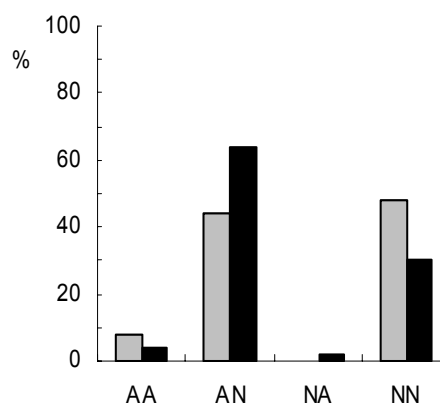
#### Aplikační úloha 2, ostatní odpovědi

**J** *Jiné.*

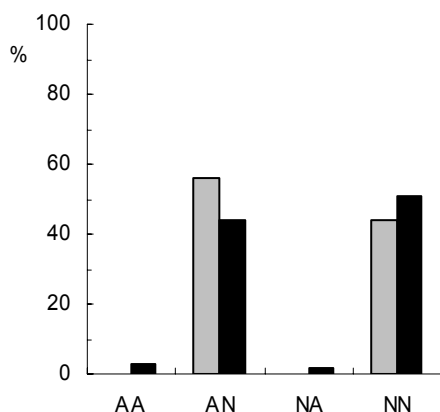
**N** *Bez odpovědi.*

### Diskuse

Během přípravy testů se ukázalo, že je velice obtížné bez osobní konzultace odlišit, kdy žák určitému jevu skutečně nerozumí a kdy se pouze nedokonale vyjadřuje. Na některé položky s volnou odpovědí (v původní verzi testu byly doslovně převzaty z učebnic<sup>2,3,5,6</sup> pro základní školu) totiž v některých případech neúplně odpovídali i vysokoškolské pedagogové, kteří byli požádáni o pomoc při posouzení objektivnosti testu<sup>4</sup>. U těch se však stěží dá očekávat skutečná neznalost. Jejich odpovědi i reakce při násled-



Obr. 1. Úspěšnost řešení úlohy 1 v procentech z celkového počtu respondentů ve vzorku G (25), resp. V (100); šedá – vzorek G, černá – vzorek V



Obr. 2. Úspěšnost řešení úlohy 2 v procentech z celkového počtu respondentů ve vzorku G (25), resp. V (100); šedá – vzorek G, černá – vzorek V

dující osobní diskusi poukazují spíše na zažité zkratky v myšlení, které následně mohou snížit kvalitu komunikace mezi učitelem a žákem („to snad dá rozum...“) a následně žákovi ztížit, případně i znemožnit porozumění. Pokud učitel část úvahy vynechává již při vysvětlování, nedá se očekávat, že by tuto část vyžadoval následně od žáků např. při zkoušení. Tak se může stát, že žák učivu vlastně neporozumí, ale domnívá se, že rozumí, protože učitel je spokojen (s neúplnou odpovědí). Domníváme se, že tento jev je v myšlení lidí poměrně častý, což koresponduje s výsledky testování (poměrně mnoho odpovědí ve skupině AN).

Z grafů na obr. 1, obr. 2 je patrné, že:

- obě aplikační úlohy byly pro respondenty velmi obtížné,
- mezi vzorkem respondentů V a G jsou mnohem menší rozdíly, než by se dalo na první pohled očekávat na základě odlišného vzdělání respondentů,
- u obou aplikačních úloh se ukázalo, že naprostá většina respondentů, kteří mají potřebné znalosti, není schopna správně odpovědět (slabá skupina AA, silná skupina AN),
- u obou aplikačních úloh se dá tušit vliv studia učitelství chemie na znalosti: u obou aplikačních úloh se totiž vyskytli respondenti vzorku V, kteří správně odpověděli na aplikační úlohu, aniž by k tomu měli potřebné znalosti; odpovědi tedy nemohli logicky odvodit a pravděpodobně jen reprodukovali odpověď, se kterou se při studiu setkali; tuto domněnku podporuje fakt, že do skupiny NA nespadol ani jeden student gymnázia ani u jedné aplikační úlohy,
- při řešení aplikační úlohy 1 byli studenti gymnázia poněkud úspěšnější než při řešení aplikační úlohy 2 a taktéž byli u aplikační úlohy 1 relativně úspěšnější než vysokoškolští studenti. Patrně by to mohlo souviset s tím, že otázka teplotní roztažnosti je učivem středoškolské fyziky, zatímco ve studijním programu učitelství chemie může snadno být opomenuta,
- výsledek získaný se vzorkem G u aplikační úlohy č. 2 (tlakový hrnec) nelze srovnávat se zjištěními Reguliho<sup>1</sup> (v jeho případě u obdobné otázky měli respondenti téměř 60% úspěšnost), protože se velmi podstatně lišily podmínky práce respondentů – viz Podmínky testování. Lišila se i formulace otázky – v práci<sup>1</sup> byla problematika rozložena na několik dílčích otázek, které respondenty částečně vedly ke správné odpovědi.

Pokud jde o rozbor nesprávných odpovědí, pro vyučující by mohly být zajímavé zejména špatné odpovědi těch respondentů, kteří měli potřebné znalosti k tomu, aby mohli odpovědět dobře.

#### Aplikační úloha 1

Ve vzorku G převládla odpověď B (*různé otázky a komentáře týkající se atmosférického tlaku*), u vzorku V mírně převažovala odpověď A (*rtuť při ztuhnutí zvětší svůj objem a teploměr praskne*), která byla ve vzorku G

také poměrně častá. Současně se jedná o velice častou odpověď ze skupiny NN. Je zřejmé, že při výuce o hustotě, teplotní roztažnosti a skupenských změnách by se mělo více zdůrazňovat, že chování vody je anomální a většina látek se chová opačně. Více k této problematice je diskutováno přímo v přehledu typických nesprávných odpovědí.

#### Aplikační úloha 2

Ve vzorku G zcela převládla odpověď A (*odpověď pokládám za úplnou*). Je zajímavé, že ve vzorku V tak neodpověděl žádný respondent.

Poměrně častá je odpověď B (*voda vře už při nižší teplotě, tedy dřív, proto je celková doba vaření kratší*), přestože (kromě toho, že je věcně špatná) je v přímém rozporu se zadáním.

Ve vzorku V je nejčastější odpověď C (a to jak ve skupině AN, tak NA), kdy respondent jen vlastními slovy převypráví zadání.

K rozboru nesprávných odpovědí podle Reguliho<sup>1</sup> bychom rády konstatovaly, že zařazení nesprávných odpovědí do některé ze skupin *špatně*, *mimo*, *opis* nám v některých případech připadalo problematické a nejednoznačné. Typickým příkladem je odpověď A u aplikační úlohy 2, kterou by kromě skupiny *špatně* bylo taktéž možno zařadit do skupiny *neodpověděl*.

#### Závěr

Práce uvádí pouze malou část výsledků získaných během testování. Neklade si za cíl podat kompletní zprávu o výsledcích testování, ale zaměřuje se jen na dvě zajímavé položky. Respondentů bylo poměrně málo a obě skupiny se podstatně lišily počtem respondentů. Výběr respondentů nebyl v rámci republiky reprezentativní a nebyl ani náhodný; byl omezen především ochotou škol spolupracovat na testování. Možnost zobecnění výsledků na populaci je tedy velmi omezená. Za přínos práce pokládáme především přehled nejčastějších nesprávných odpovědí, který by mohl upozornit vyučující na některé nedostatky v transformaci učiva do myslí žáků a tím by mohl napomoci k jejich odstranění. Další problémy, zmíněné v kapitole Diskuse, zamýšlíme prověřit na širším vzorku respondentů.

#### LITERATURA

1. Reguli J.: Chem. Listy 98, 201 (2004).
2. Beneš P., Pumpr V., Banýr J.: *Základy chemie 1 pro 2. stupeň základní školy, nižší ročníky víceletých gymnázií a střední školy*. 3. vyd. – dotisk. Fortuna, Praha 2004.
3. Beneš P., Pumpr V., Banýr J.: *Základy chemie 2 pro 2. stupeň základní školy, nižší ročníky víceletých gymnázií a střední školy*. 3. vyd. – dotisk. Fortuna, Praha 2003.
4. Cídlková H.: nepublikované výsledky.

5. Beneš P., Pumpr V., Banýr J.: *Základy chemie 1 – pracovní sešit*. Fortuna, Praha 1996.
6. Beneš P., Pumpr V., Banýr J.: *Základy chemie 2 – pracovní sešit*. Fortuna, Praha 1997.

**P. Andrýsková and H. Cídllová** (*Department of Chemistry, Pedagogical Faculty, Masaryk University, Brno*): **Thermometer, Pressure Cooker and School**

The ability to apply in practice the knowledge obtained in the subjects chemistry and physics was tested in groups of secondary school students and university students of chemistry teaching. The test results are discussed.

---

## RECENZE

---

George A. Olah, Alain Goeppert,  
G. K. Surya Prakash

### Beyond Oil and Gas: The Methanol Economy

Vydal Wiley-VCH, Weinheim 2006, stran 290  
ISBN 3-527-31275-7

Tématem recenzované knihy je jeden z možných postupů, který má umožnit lidstvu snížit jeho závislost na zásobách ropy, zemního plynu i uhlí a postupně se jí i zbavit. Tento koncept označovaný jako „Methanol Economy®“ – „methanolová ekonomika“ je, jak již název napovídá, založen na širokém použití methanolu jako média určeného ke skladování a přenosu energie získané z klasických i alternativních zdrojů.

Téměř polovina knihy se zabývá přehledem zdrojů energie, které jsou dostupné nebo by se mohly stát dostupnými v blízké budoucnosti. Tento přehled je poměrně vyčerpávající. V části týkající se fosilních paliv se neomezuje jen na ropu, zemní plyn a uhlí, ale věnuje se i v současnosti málo využívaným zdrojům jako jsou bituminózní písky a břidlice, methanové hydráty, apod. V části věnované obnovitelným zdrojům je popsán potenciál různých způsobů využití vodní, větrné, geotermální a solární energie, včetně energie biomasy. Přehled je uzavřen částí týkající se jaderné energie. Ve všech částech tohoto hrají klíčovou úlohu informace o kapacitě daného zdroje, jeho ekologické rizikovosti a o jeho potenciálu pro pokrytí potřeb kapalných nebo jiných paliv, vhodných pro dopravní sektor.

Z knihy je patrné, že autoři spatřují v „methanolové ekonomice“ alternativu k představě ekonomiky založené na vodíku, která má v současnosti masivní podporu zejména v USA. Proto je součástí knihy poměrně podrobný roz-

bor možností výroby vodíku, jeho využití jako sekundárního zdroje energie pro dopravu a v palivových článcích a problémů jeho skladování a přepravy.

Druhá polovina knihy je již věnována methanolu samotnému. Jsou zhodnoceny jeho fyzikální a chemické vlastnosti důležité pro jeho skladování, přepravu a použití jako sekundárního zdroje energie. Methanol je z těchto hledisek porovnán s fosilními palivy a s vodíkem. Zvláštní pozornost patří použití methanolu a jeho derivátů (např. dimethyletheru) jako automobilových paliv a použití methanolu jako přímého i nepřímého paliva pro palivové články. Autoři knihy vycházejí z představy, že „methanolovou ekonomiku“ by bylo možné nastartovat methanolem získaným z neobnovitelných zdrojů s tím, že dojde alespoň z části k postupnému přechodu na obnovitelné zdroje. Kapitola věnovaná výrobě methanolu proto zahrnuje především pestrou paletu možností jeho výroby z různých fosilních paliv a doplňuje ji možnými alternativními cestami z biomasy, bioplynu, vodních rostlin a řas, ale např. i částečnou recyklací CO<sub>2</sub> z atmosféry s využitím vysokého obsahu vodíku v zemním plynu. Využití methanolu pro petrochemické účely je rozebráno méně podrobně a je zaměřeno na popis procesů jeho konverze na olefiny a benzin.

Knihla představuje ucelený přehled zdrojů energie, které má lidstvo k dispozici a představuje koncept methanolu jako média pro skladování a konverzi energie z nejrůznějších zdrojů. Přehledný a snadno srozumitelný text je doplněn množstvím literárních odkazů na úže specializovanou literaturu. Lze proto předpokládat, že může splnit cíl, který autoři deklarují v předmluvě, tj. přitáhnout pozornost k methanolu a podpořit další rozvoj aktivit v této oblasti jeho použití.

Petr Zámostný