

VÝUKA CHEMIE

VÝVOJ CHEMICKÉHO VZDĚLÁVÁNÍ V SOUVISLOSTI S ROZVOJEM CHEMIE JAKO VĚDY

JINDŘICH HELLBERG a MARTIN BÍLEK

Katedra chemie, Pedagogická fakulta, Univerzita Hradec
Králové, V. Nejedlého 573, 500 03 Hradec Králové, e-mail:
martin.bilek@uhk.cz

Došlo dne 3.III.2000

Obsah

1. Úvod
2. Počátky chemie a formování jejího významu v procesu vzdělávání
3. Počátky výuky chemie a první učebnice chemie
4. Úloha experimentální metody při formování didaktiky chemie v Německu
5. Vznik didaktiky chemie jako vědního oboru
6. Vývoj chemického vzdělávání ve Francii
7. Vývoj chemického vzdělávání v Anglii
8. Vývoj chemického vzdělávání v USA
9. Vývoj chemického vzdělávání v Rusku
10. Závěr

1. Úvod

Rozhodující roli při formování didaktiky chemie jako vědní disciplíny sehrál stejně jako v chemii Baconův systém metod vědeckého poznávání a zvláště jeho základní komponenty – experimentální metoda a tzv. vědecká indukce. Zakladatelé didaktiky chemie (popř. metodiky chemie nebo pedagogiky chemie), za které lze považovat R. Arendta, F. Wilbranda a E. Armstronga, tento metodologický přístup využili jako teoretické východisko při koncipování nového oboru. V historickém vývoji pak docházelo a dochází k tvorbě didaktických soustav na jedné straně preferujících vědeckou dedukci, analogicky k axiomaticky pojatým didaktickým soustavám matematiky a na druhé straně didaktických soustav založených na základních metodologických nástrojích chemického poznávání, tj. na prostém a řízeném pozorování a na reálném experimentu. Mezi oběma krajnostmi vznikají rozpory, které přetrvávají ve světovém měřítku až do dnešní doby.

Vývoj chemie jako vědy dal vznik didaktice chemie a ovlivňuje ji stejně tak jako rozvoj pedagogické teorie a praxe. Analýza historických souvislostí přispívá k objasnění vzájemných vztahů, specifikaci terminologie a orientaci vědecko-výzkumné činnosti v rámci didaktiky chemie, jako samostatného interdisciplinárního vědního oboru.

2. Počátky chemie a formování jejího významu v procesu vzdělávání

Počátky chemie je nutno hledat ve staré Číně, v Indii, v Egyptě a v Řecku. Od samého začátku se chemie vyvíjela jako praktická lidská činnost, spojená zejména s rozvojem metalurgie, barvířství, výroby keramiky, lékařství atp. a s pokusem o vysvětlení příslušných jevů. Chemie jako věda vznikala z alchymie až na přelomu XVI. a XVII. století. Společným rysem chemie a alchymie je pozorování přírodních jevů, které se však liší v podmínkách, za nichž je pozorování realizováno. Alchymici pozorují vliv přírodních proměnných parametrů působících na přírodní jevy, např. vliv slunečních penetrací. Chemik si naopak vytváří podmínky a zkoumá jejich vliv na přírodní jevy a přitom mnohonásobně, je-li to nutné, opakuje příslušné experimenty. Zásadní rozdíl v pojmání skutečnosti vyplývá ze záměny scholastické logiky novějšími filozofickými názory, jejichž tvůrci byli především Giordano Bruno a Francis Bacon. Podle F. Bacona je cílem vědy poznání zákonů přírody a jejich použití pro dobro člověka. K uskutečnění tohoto požadavku vytvořil novou metodologii, jejíž principy lze vyjádřit takto:

- 1) zkušenost je zdrojem a kritériem poznání,
- 2) zkušenost musí vyplývat z logické analýzy přírodního jevu,
- 3) k analýze experimentálních výsledků je nutno využívat metody indukce.

Bacon vyložil uvedené metodologické názory v díle *Novum Organum* v roce 1610 a nesporně tak ovlivnil i proces utváření chemie jako vědy. Za prvního skutečného chemika je možno pokládat Roberta Boyla. Je tvůrcem korpuskulární teorie stavby látek, čímž dochází k určité renezanci starořeckého demokritovského atomismu. Současníkem F. Bacona i R. Boyla je český filozof a pedagog J. A. Komenský, mající ucelený názor na význam přírodních věd v procesu vzdělávání mladého pokolení. J. A. Komenský byl v určitém slova smyslu žákem F. Bacona, jako velkého propagátora vědecké indukce, která sehrála významnou roli ve formování chemické vědecké soustavy a později poznamenala i proces utváření chemických didaktických soustav. J. A. Komenského lze pokládat i za tvůrce metodik výuky přírodovědným předmětům. Tvrdí, že je nezbytné vytvořit u mladého člověka schopnost chápání jevů a jejich podstaty za současného rozvíjení jeho paměti a dovednosti používat jak rozum, tak i ruce. Roli učitele spatřuje především ve schopnosti objevovat v žácích jejich předpoklady pro příslušné činnosti. Proti tehdy panujícímu dogmatickému učení předkládá učení na základě důkazu s využitím všech smyslů a s požadavkem na uplatnění snahy pochopit podstatu věci. Z nalezené korespondence vyplývá, že J. A. Komenský udržoval styky s R. Boylem. R. Boyle vysoce cenil J. A. Komenského jako jedinečného vykladače Campanely a jako toho, jenž ho podnítl k pochybnostem o správnosti aristotelovských názorů na pojetí hmoty.

3. Počátky výuky chemie a první učebnice chemie

Za skutečnou první učebnici chemie lze pokládat Demerihovo *Kurz chemie* z roku 1697. Tato učebnice se dočkala třinácti vydání, poslední z r. 1756. Kniha byla přeložena do řady jazyků, a byla využívána i v českých zemích. M. Demeri chápe chemii jako demonstrační vědu a za základ všech úvah pokládá chemický experiment. V popisu struktury látek se opírá o názory R. Boyla.

V r. 1732 zpracoval rozsáhlou učebnici chemie H. Boerhaave, nazvanou *Elementa Chemiae*. Toto dílo sloužilo po dlouhou dobu jako model tvorby učebnic chemie v celé tehdejší Evropě. V r. 1739 vzniklo v Čechách tzv. *Dispensarium Medico-Pharmaceuticum Pragense*, jako základní příručka lékařů a lékárníků.

Charakteristickým rysem učebnic chemie vydaných od druhé poloviny XVII. století, jako např. Magnerova *Elementa Chemiae*, Baumeho *Chimie experimentalle et raisonnée* z r. 1673, Wenzlovo *Lehre der Verwandtschaft der Körper* z r. 1677, podobně jako Raffova *Naturgeschichte für Kinder* z r. 1781, byla aplikace flogistonové hypotézy na výklad chemických dějů. Poznamenejme, že nešlo o učebnice v pravém smyslu, ale spíše to byly knihy popisující tehdejší stav poznání v oblasti chemie a jako takové byly používány ve výuce chemie v nově vytvořených Grammar Schools v Anglii a Collège ve Francii. Rozsah zprostředkovaných vědomostí v těchto školách byl malý, protože žáci byli především vzděláváni jako příští úředníci pro tehdy, zejména v Anglii, se rozvíjející průmysl. Podobně tomu bylo v Belgii, v Holandsku a ve Francii. Chemie jako předmět výuky našel své místo až na školách vysokých. Již koncem XVIII. stol. je vyučováno chemii na univerzitě v Oxfordu, kde vznikly první vědecké laboratoře, které byly záhy využívány i pro pedagogický proces. V Moskvě zakládá M. V. Lomonosov na univerzitě první fyzikálně-chemickou laboratoř. Lékařská fakulta Univerzity Karlovy v Praze přijímá v r. 1746 rozhodnutí o zavedení fyziky a chemie do učebních plánů pro studenty medicíny. V téže době se přednáší chemie v německém Halle. Ve Francii byla poprvé zavedena výuka chemie v Jardin du Roi. A to již delší dobu existovaly instituce, v nichž se pěstovala chemická věda, od r. 1657 např. Academia del Climenti ve Florencii, Královská Akademie věd v Londýně od r. 1662, Académie des sciences v Paříži od r. 1666. Od r. 1770 funguje v Berlíně Akademie der Wissenschaften a v Peterburgu Rossijskaja Akademie Nauk. Poznamenejme však, že všechny uvedené instituce měly charakter malých společností. V r. 1792 se ujímá pedagogické činnosti v tzv. Magisterské akademii v anglickém Manchesteru J. Dalton, pro chemii jedna z nejvýraznějších osobností.

Konec XVIII. a začátek XIX. století znamená pro chemii novou vývojovou etapu. Dochází k popisování a systematizování vědeckých pozorování a to nejenom statických procesů, ale zejména jejich dynamiky, vývoje a pohybu. Statická přírodověda je nahrazována postupně přírodní vědou dynamickou. V této etapě vývoje chemie lze zaznamenat celou řadu nových objevů:

1. Upevnění pojmu chemický prvek, a to v souvislosti s objevem celé řady prvků.
2. Rozpracování atomové a molekulové teorie.
3. Kvantifikace vztahů v základních chemických jevech.

4. Pokus o aplikaci atomové a molekulové teorie k objasnění kvalitativních vlastností látek.
5. První pokusy klasifikovat anorganické látky.
6. Pokus o systematizaci organických sloučenin.

Pro toto vývojové období je rovněž charakteristický růst chemického průmyslu: jde o výrobu barviv, farmaceutických preparátů a prvních látek pro využití v zemědělství. K rozvoji chemického průmyslu dochází především v Německu a teprve později v ostatních částech světa. Potřeba rozvoje chemického průmyslu stimulovala vývoj chemických výzkumů a pro tuto oblast se zvýšila i potřeba chemického vzdělávání. Zatímco k rozvoji chemického průmyslu docházelo zejména v Německu, teoretická chemie se začala záhy rozvíjet i díky slovanickým vědcům, především D. I. Mendělejeva. Výsledkem těchto vědeckých snah je systematizace popisného materiálu a rozvoj schopností formulovat vědecké hypotézy, což ve svých důsledcích vede k prohloubení teoretických základů chemie. Vznikají nové učebnice chemie, založené na:

- 1) empirickém učení o prvcích,
- 2) atomové teorii,
- 3) principu dualismu,
- 4) unitární teorii,
- 5) atomové a molekulové teorii.

Příkladem učebnice, založené na prvním principu může být *Traité élémentaire de chimie*, jejíž autorem je Antoine-Laurent Lavoisier. Učebnice vyšla poprvé v r. 1789. Vysvětluje nesprávnost flogistonové teorie, a co je pro nás zejména důležité, obsahuje i některé názory chemicko-didaktické. Autor uvádí, že chemie je složena z faktů, které tvoří samu náplň chemie, z pojmů, které jsou jejich odrazem, a ze slov, která je vyjadřují. Proto A. L. Lavoisier zdůrazňuje význam odborné nomenklatury, která by se měla stát součástí didaktické soustavy. Jeho didaktické názory lze shrnout následovně:

- 1) nikdy nepostupovat jinak než od známého k neznámému,
- 2) nikdy nevytvářet závěry jinak, než na základě pozorování nebo experimentování,
- 3) fakty a zákony uspořádat tak, že se začne od nejjednodušších.

Zajímavá je jistě i struktura učebnice: teplo, skupenské stavy, molekulová teorie, atmosféra, kyslík – air vital, síra, fosfor, uhlík, termochemické výpočty, látky organické. A. L. Lavoisier zavádí pojem oxidace a kyselost, a formuluje zákon zachování hmotnosti. Většina učebnic chemie celého XIX. století a dokonce začátku XX. století kopíruje strukturu vypracovanou Lavoisierem.

V r. 1809 zpracoval J. Dalton učebnici nazvanou *A New System of Chemical Philosophy*. V této knize se Daltonovi podařilo spojit pojem atomu s kvantitativními vztahy v chemických reakcích. Zavádí se pojem atomová hmotnost. Struktura jeho učebnice je následující: nauka o teple, skupenské stavy a chemická syntéza.

Za zmínku stojí i Berzeliova učebnice z r. 1823, založená na třetím principu. Jde o rozsáhlé pětisvazkové kompendium nazvané *Lehrbuch der Chemie*, v němž autor uvedl hodnoty některých jím stanovených atomových hmotností prvků. Autor se rovněž věnuje problematice afinity mezi prvky s ohledem na jejich chemické chování. Dualistickou teorii využívá k dělení látek na važitelné a nevažitelné, jako je např. světlo, elektřina, magnetismus apod.

Na unitární teorii je založena učebnice K. F. Gerhardta *Traité de chimie*. Pochází z r. 1848.

Na atomově-molekulové teorii je založena učebnice italského chemika S. Cannizzara *Koncept kurzu teoretické chemie*, uvedený na tzv. Faradayovských přednáškách v Janově a v Londýně. S. Cannizzaro klade důraz na rozvoj intelektuálních dovedností studenta v průběhu jeho studia. Zdůrazňuje chápání teorií a hypotéz, které je nutno vysvětlovat pomocí atomové teorie, a ne za použití indukce.

4. Úloha experimentální metody při formování didaktiky chemie v Německu

Ve druhé polovině XIX. století sehrál důležitou roli jak pro chemii jako vědu, tak pro její didaktiku Justus Liebig. Poprvé zavedl tzv. experimentální metodu jako didaktickou, a tím převedl těžiště výuky z přednášek do laboratorních cvičení. Této problematice věnoval řadu svých prací¹⁻⁵. Jako první v historii vyučování chemii zavedl pojem cíle. Pochopil význam chemie pro všeobecné vzdělání. Podle něho chemie pomáhá rozvíjet intelektuální a manuální schopnosti, a to pomocí řízeného procesu pozorování a experimentování. Experimentální metoda je jím pojímána tak, že s její pomocí je možné seznámit studenty se základními chemickými zákony, s vlastnostmi látek a jejich praktickým použitím. Podle J. Liebiga připomíná výuka chemie studium cizího jazyka. Je třeba znát slova, jejich zapisování, gramatická pravidla a určitý algoritmus jejich praktického používání. Slova, jako např. chlor nebo rtuť, je vždy nutno spojovat s jejich podstatnou vlastností. Zdroj poznávání vlastností látek je chemický experiment. Je však nutno mít na paměti, že nejde jenom o poznávání vnější stránky věci, ale i o poznávání její podstaty. Tomu slouží teoretické vědomosti. Lze tedy říci, že podle J. Liebiga se v přednáškách má student naučit abecedě vědy a má být uveden do laboratorní činnosti. Jedině v laboratoři se však naučí číst „knihu přírody“.

Chemie jako vyučovací předmět všeobecně vzdělávací školy jen velmi pomalu hledala a získávala své místo v učebních plánech škol tehdejší Evropy. Podle Britské královské komise se v letech 1864–1868 chemii vyučovalo jen ve 128 školách. Komise doporučila zavedení chemie jako všeobecně vzdělávacího předmětu do všech škol, a to s jednou týdenní vyučovací hodinou. Současně doporučila experimentální metodu jako jedinou vhodnou pro výuku chemie.

Sedmdesátá léta XIX. století jsou velmi významná pro rozvoj, zejména teoretické chemie. Tento vývoj je spjat se jmény dvou významných chemiků, a to D. I. Mendělejeva a W. Ostwalda.

D. I. Mendělejev je objevitelem periodického zákona a periodické soustavy prvků⁷. Z čistě didaktických hledisek je periodický systém prvků i významnou heuristickou pomůckou, která sehrála důležitou roli ve vývoji didaktiky chemie. Z analýzy základního Mendělejevova díla vyplývá, že podobnou strukturu jako *Osnovy chemii*⁷, mají i jiné učebnice chemie, a to zejména německých a polských autorů. Rovněž české učebnice byly výrazně poznamenány Mendělejevovým vlivem. Jako příklad uveďme učebnice Šafaříkovy a Votočkovy⁸⁻⁹.

V rozpracování koncepce vysokoškolské výuky fyzikální chemie sehrál nezastupitelnou roli velký německý chemik Wilhelm Ostwald, který zastával názor, že chemie se nutně musí opírat o výsledky reálného experimentu. V tomto ohledu

se jeho názory shodují s Liebigovými. Ve své knize¹⁰ W. Ostwald praví: *Věda se musí opírat toliko o reálná fakta, přičemž reálná je toliko naše vlastní zkušenost.*

Pro potřeby elementárního chemického vzdělávání napsal W. Ostwald příručku¹¹, vydanou poprvé v r. 1910. Kniha byla přeložena do mnoha jazyků, též do češtiny a sehrála významnou úlohu v rozšíření chemických vědomostí v širokých lidových vrstvách. Zajímavá je její forma. Je napsána jako scénář s otázkami, které klade žák a na které mu odpovídá učitel.

W. Ostwald byl přesvědčen, že je možno vybudovat racionální strukturu obsahu vyučování chemii. Doporučuje zavést jen omezený, poměrně malý počet sloučenin a pomocí nich ukázat význam obecných chemických zákonů a pravidel. V učebnici uplatnil princip jednoty všeobecně teoretického a faktografického učebního materiálu. Jeho pedagogická koncepce vychází z následujících předpokladů:

- teoretická zobecnění je nutno dělat na vhodných místech didaktické struktury,
- obecné pojmy je nutno používat v dalších kapitolách výuky chemie tak, aby se upevňovaly,
- pojmy je třeba koncipovat tak, aby se postupně rozvíjely s rozšiřováním učební látky.

Uveďme, že Ostwaldovy didaktické názory nesporně ovlivnily didaktické myšlení ve všech vyvinutých zemích tehdejšího světa. Z filozofického hlediska je W. Ostwald představitelem neopozitivistické školy, tzv. empiriokriticizmu. U nás byl nejvýznamnějším chemikem tohoto zaměření první profesor teoretické chemie na ČVUT v Praze František Wald. Pokusil se o vytvoření originální soustavy základů chemie.

V následujícím období vznikají v Evropě dvě odlišné koncepce výuky chemie. První do značné míry koresponduje s chemickým vědeckým systémem. Představuje v jistém slova smyslu jeho miniaturizaci. Zdůrazňuje význam dedukce v poznávacím procesu a v mnohém vychází z Mendělejevových didaktických představ. Druhá koncepce více odpovídá názorům Ostwaldovým a nezírá se vědecké indukce. V dalším vývojovém období lze zaznamenat vzájemně se ovlivňování, popř. pronikání obou těchto koncepcí. To vedlo ke vzniku různých obměn chemických didaktických systémů. Metodické názory se často rodily spolu s novými chemickými objevy, což mělo za následek, že velcí chemici se často zajímali o problémy výuky chemie. Didaktiku chemie však ještě nebylo možno pokládat za i jen relativně samostatnou vědní disciplínu.

5. Vznik didaktiky chemie jako vědního oboru

Prvním vědcem, který vypracoval základy didaktiky chemie byl profesor polytechniky a gymnázia v Lipsku Rudolf Arendt. Ač byl především chemikem, měl značné vědomosti z pedagogiky a psychologie. Z pozice uvědomělého „herbartovce“ uznával výchovnou funkci výuky chemie. Jako první přímo vyhledával v chemickém obsahu výchovné elementy. Své pedagogické názory publikoval v r. 1894 v Lipsku¹². Pro výuku chemie zdůrazňuje význam induktivní logiky. Byl přesvědčen o tom, že všechny chemické zákony jsou v podstatě dílem induktivního myšlení. Pro výuku chemie uznává následující formy práce jako optimální:

- hromadění faktů a abstraktních pojmů,

- b) uvědomělé hledání příčin studovaných jevů,
c) vyvozování zákonů cestou indukce.

R. Arendt je prvním chemikem, který hovoří o zásadním rozdílu mezi vědeckým a didaktickým systémem chemie. Výuka chemie má, podle něho, začínat blízkými fakty a pojmy a ne obecnými teoriemi. Je vyznavačem podobných principů jako před ním J. A. Komenský. Samostatná, experimentální cvičení jsou integrální součástí výuky chemie. To vyjádřil názorně ve své knize *Technik der Experimentalchemie*¹³. Nedoporučuje zavádět v úvodním elementárním kurzu chemickou symboliku a názvosloví. Chemické zákony je nutno vyvozovat pomocí indukce, tj. analýzy a komparace faktů z pozorování. Faktografický materiál by měl být uspořádán tak, aby bylo možno na jeho základě postupně zavádět nové pojmy a chemické zákony. Na uvedených zásadách R. Arendt vypracoval svoji učebnici chemie¹⁴, v které však chybí skutečná chemická systematika.

Jiným významným německým chemikem byl F. Wilbrand. Také on se zabýval didaktikou chemie. Domníval se, že vyučování chemie by mělo do značné míry imitovat vědecká bádání. Nejdůležitější funkcí výuky chemie je podle něho příprava žáka na samostatnou intelektuální práci. Není proto významné uvádět příliš rozsáhlý soubor faktů, ale východiskem má být vhodný soubor problémových, zejména experimentálních úloh, umožňujících provádět hlubokou analýzu chemických jevů, která přivádí poznávající subjekt k formulování nejpravděpodobnějšího průběhu chemické reakce. Tento předpoklad vyžaduje ověření, a to induktivní cestou bádání. Ve svém díle¹⁵ se o tom vyjadřuje následovně: *Mým cílem je naučit induktivně myslet, hledat a zdůvodňovat příčinné vztahy, jakož i seznámit žáky s experimentálními metodami a konečně naučit je opatrnosti ve vztahu k vyslovování závěrů*. Protože uspořádání učební látky je u F. Wilbranda podřízeno badatelské metodě, tvrdí, že není nutno vycházet od prvků ke sloučeninám, ale přímo naopak. Žák by měl napřed studovat vlastnosti sloučeniny, např. chloridu sodného a teprve pak vlastnosti prvků chloru a sodíku.

Některé názory R. Arendta a F. Wilbranda našly ohlas nejen v Německu, ale např. i v Anglii a do značné míry i ve Spojených státech. Následovníky R. Arendta a F. Wilbranda byli H. Löwenhardt¹⁶, K. Winderlich¹⁷ a zejména pak K. Scheid¹⁸, kteří působili v období po první světové válce. Typickým představitelem tohoto období je v německé didaktice chemie K. Scheid¹⁸. Podle jeho názorů by se výuka chemie měla dít v následujících etapách:

- pro žáky 10–13leté společná výuka integrované přírodovědy, jejíž součástí je i chemie; hlavním cílem je naučit žáky pozorovat přírodní jevy,
- pak následuje první, tzv. propedeutický stupeň výuky chemie; tento stupeň lze též označit jako metodický,
- systematický cyklus výuky chemie.

I když jsou jednotlivé etapy chemického vzdělávání v Scheidově pojetí poznamenány nadměrou faktografií, je jejich základem nácvik přesného pozorování, experimentování a uvážování.

J. Liebig, W. Ostwald, R. Arendt, F. Wilbrand a K. Scheid vytvořili základy teorie a praxe vyučování chemii. Současné německé didaktické soustavy chemie představují pokračování domácí tradice z let 1875–1925. Existuje zde celá řada souborů učebnic pro oba stupně sekundární školy. U nás je nejznámější a do češtiny přeložený soubor¹⁹ *Elemente I a Elemente II*.

6. Vývoj chemického vzdělávání ve Francii

Zajímavé je sledovat vývoj didaktických idejí ve Francii. Tato země ovlivnila vývoj školství v celé řadě zemí. Výuka chemie je ve Francii těsně vázána na výuku fyziky. Chemie jako věda i její výuka je pokládána za integrální součást tzv. fyzikálních věd a jejich výuky. Lze zaznamenat určitý vliv německé metodické školy, jak je to patrné např. z úvodních slov učebních osnov chemie²⁰: *Cílem fyziky a chemie je uvedení žáka do experimentální metody, aniž by byl přetěžován nadměrným množstvím faktografické učební látky*. Je zdůrazňován význam myšlenkových cvičení, rozvoj pozorovacích dovedností, formulování závěrů a jejich verifikování pomocí experimentu. Velká pozornost je věnována dovednostem učitele demonstrovat reálné experimenty a podávat jejich výklad. Poměrně málo místa je věnováno teoretickému učivu. Tak např. periodický zákon je jen součástí tzv. četby, tedy jako nepovinné učivo.

Pro francouzskou školu je typický princip koncentristu. Na úrovni prvního cyklu je výuka chemie spojená s fyzikou. Toto pojetí se podobá německému wilbrandovskému a má tedy propedeutický charakter. K tradičním učebnicím patřily příručky Faucherovy²¹. V šedesátých letech se objevila řada nových učebnic chemie. Jde např. o sérii učebnic chemie J. Cessaca a M. Treherna²²⁻²³, H. Joyala²⁴, K. Dreyfusa a C. Donadiniho²⁵ a jiné. V osmdesátých a devadesátých letech byly vydány nové učebnice. Např. v r. 1989 byly u Nathana vydány učebnice I. E. De Colognyho a kol.²⁶ a v r. 1993 A. Tomasina a C. Lorrina²⁷, v nichž je proti klasickému pojetí zdůrazněna motivace, např. v 2. ročníku lycea praktickými pracemi z agrochemie.

Z hlediska výuky chemie je ve Francii na základní škole typickou formou práce samostatná činnost žáků, spojená s řešením jednoduchých, často experimentálních, úloh na měření, např. objemů kapalin a plynů. Naopak na lyceálním stupni jde zejména o přednášky s demonstračními pokusy. Malá pozornost je věnována systematickému prověřování žákovských vědomostí. I když francouzský racionalismus a tradicionalismus a priori odmítá cizí vlivy, v posledních desetiletích nelze vyloučit výrazné vlivy zejména amerických didaktických systémů.

7. Vývoj chemického vzdělávání v Anglii

Velmi zajímavý je vývoj chemie jako vědy a předmětu výuky v Anglii. Anglie značnou měrou přispěla k rozvoji chemické vědy. Vždyť J. Dalton, M. Faraday, H. Moseley, T. Huxley, G. Stokes byli Britové. Když v letech 1900–1904 probíhá první školní reforma, působí v Královské edukační komisi v oddělení přírodních věd řada významných anglických chemiků. Jde o zavedení chemie jako předmětu do všeobecně vzdělávacích škol. Chemie se stává ve všeobecně vzdělávací škole výběrovým, tj. fakultativním předmětem, laboratorní práce nejsou přitom povinné. Někteří členové komise, např. W. Thomson a W. Ramsey jsou toho názoru, že by se chemii mělo vyučovat již od prvního ročníku střední školy, tj. děti ve věku 11–12 let, a to proto, že „chemie, resp. přírodověda není obtížnější než aritmetika“. Chemie byla v Anglii prvním přírodovědným předmětem, který byl zaveden v rámci všeobecného vzdělávání a komise doporučovala zavedení

i aplikovaných přírodovědných disciplín, jako je agrochemie, aplikovaná mechanika apod.

Do konce XIX. století představovala výuka chemie na anglických středních školách v podstatě zredukovaný vysok školský kurz. První pokus o vytvoření na vědecké soustavě ne zcela závislé výuky chemie na střední škole pochází od E. Armstronga. E. Armstrong byl profesorem chemie různých vysokých škol v Anglii a nadšencem výuky přírodním vědám v podmínkách všeobecně vzdělávacích britských škol. Na základě poměrně komplikovaných didaktických výzkumů sestavil učební osnovy, které pak po dlouhá léta ověřoval a postupně zdokonaloval. O této své činnosti napsal zajímavé dílo *The Teaching of Scientific Method*, které vydal²⁸ v r. 1898. Uvádí, že význam přírodních věd a jejich vyučování spočívá především v jejich praktické hodnotě. Přírodovědné vyučování umožňuje, podle autora, specificky orientovaný rozvoj intelektu, čehož nelze dosáhnout ani literárním, ani čistě matematickým vzděláváním. Jde mu zejména o rozvoj schopností pozorovat, experimentovat a uvažovat. E. Armstrong využívá tzv. heuristickou metodu, tj. takový způsob výuky, při němž se žáci mohou relativně samostatně zmocňovat nových poznatků. Podle Armstronga věda vyžaduje absolutní svobodu myšlení, svobodu ducha zbavenou všech dogmat. Svoji metodu charakterizuje jako „obyčejný způsob vědeckého bádání“, realizovaný v podmínkách střední školy. Zdůrazňuje, že žák musí samostatně dospívat k objevování faktů. Heuristickou metodu obecně zformuloval již v r. 1897 H. Spencer²⁹. E. Armstrong ji zaktualizoval a aplikoval na výuku přírodním vědám, zejména chemii. Vyznačev heuristické metody se stal i jiný anglický didaktik chemie J. Smittels, který ve svém článku³⁰, zdůraznil význam dvou jejích charakteristik:

- 1) samostatné provádění experimentů žáky,
- 2) experiment je prostředkem objevování čehosi dosud neznámého.

Heuristickou metodu ve výuce chemii dále rozpracovali G. Fowles³¹ a D. Newbury³². Byla však předmětem kritiky předsedy Britské asociace přírodovědců B. Gregoryho^{33,34}.

V r. 1962 vznikl ve Velké Británii nově koncipovaný kurz výuky chemie, a to v tzv. Nuffieldově fondu³⁵. Tato soustava vychází z domácích armstrongovských tradic s nesporným vlivem didaktiky americké a německé. Je zde, pro anglosaské didaktické soustavy tak charakteristická, menší systematickosti, a to na úkor větší samostatnosti získávání poznatků samotnými poznávajícími subjekty, zvláště jedná-li se o experimentální činnosti. Později, zejména v sedmdesátých a osmdesátých letech prodělala didaktická soustava chemie vzniklá v Nuffieldově fondu značné proměny. Bylo odstoupeno od jednostranného aplikování heuristické metody a volnosti skladby jednotlivých tematických okruhů. Lze dokonce říci, že došlo k určitému obratu ve prospěch klasického pojetí. Jako reakce na to vznikl pracovní tým univerzity v Yorku, který pokračuje v rozvíjení britské didaktické soustavy chemie v armstrongovském duchu.

8. Vývoj chemického vzdělávání v USA

Nelze opomenout ani vývoj didaktických systémů chemie ve Spojených státech. Od poloviny XIX. století je zde typickou školou tzv. High School. Dodnes je univerzální všeobecně vzdělávací, byť značně diferencovanou střední školou. Má dva

stupně: nižší čtyřletou Junior High School a vyšší, tří nebo čtyřletou Senior High School.

Pojetí americké školy vychází zpočátku z filozofie pragmatismu a Thorndikovy teorie³⁶. Významnou osobností pragmatické pedagogiky je J. Dewey, který výrazně ovlivnil i utváření koncepce vyučování chemii v americké škole. J. Dewey pokládá pojmy a teorie za instrumenty, které pomáhají praktické činnosti a myšlení v procesu permanentní adaptace. Ve vyučování jde o povzbuzování zájmu o věc a o realizaci praktických žákovských činností. Tyto ideje jsou typické i pro navazující systémy, viz např. známé Taylorovo dílo³⁷, v němž autor nespátňuje jako hlavní úkol ovládnutí daného souboru konkrétních vědomostí, ale rozvoj člověka jako jedince. Kromě těchto idejí se v USA prosazoval i tzv. tradicionalismus, který požadoval neustálé zvyšování teoretické úrovně všech základních vyučovacích předmětů.

V USA existovaly následující typy koncepcí, jímž odpovídají i příslušné učebnice chemie:

1. Analogické s anglickými, včetně elementárního předmětu General Science.
2. Systematická koncepce, analogická s většinou koncepcí evropských.
3. Praktická, o níž G. I. Richardson³⁸ tvrdí, že je „vykradeným kurzem college“.

Američané s oblibou hodnotí vlastní historický vývoj školství a to z různých hledisek. Tak např. již v r. 1902 analyzuje A. Smith³⁹ v USA existující učebnice chemie a dělí je na:

- 1) heuristické, se značným důrazem na experiment, zejména na laboratorní žákovskou činnost; tyto učebnice, podle autora, odpovídají anglickým a byly zpracovány na základě armstrongovských východisek,
- 2) teoretické, které zdůrazňují význam zákonů, principů a chemické teorie,
- 3) historicko-systematické, zdůrazňující význam popisného materiálu.

Zajímavý je popis „americké cesty vyučovacích kurzů pro všechny“⁴⁰. Tato stať obsahuje kritiku stávajících učebnic a pojetí, jako pro žáky nezajímavých, obtížných, obsahujících nadměrnou faktografie, pojmů a teorií. V posledních 40–50 letech vzniklo v USA mnoho různých kurzů chemie, ale jenom některé z nich se dočkaly relativně delšího života. Podle reprezentanta učitelů chemie v UNESCO z konce 60. let F. Mayburyho byly v té době v 50–60 % amerických středních škol používány učebnice M. Bradburyho *Chemistry and You* z r. 1957, dále B. Yaffeho *New World of Chemistry* z r. 1955 a E. C. Weavera a L. C. Fosterova *Chemistry for Our Times*, též z r. 1955. Tyto učebnice se svojí strukturou příliš nelišily od většiny učebnic evropských.

Prudký rozvoj chemické vědy a techniky, zejména v posledních desetiletích, způsobil potřebu revize dosavadního způsobu výuky chemie. Jde zejména o taková témata jako základy termodynamiky, chemické kinetiky a z ní vyplývající teorie reakčních mechanismů. Právě tyto skutečnosti vedly k pokusům o vytvoření adekvátnějších didaktických systémů chemie, a to i pro všeobecně vzdělávací americkou střední školu. A tak v roce 1963 vznikají hned dvě konkurenční didaktické soustavy, a to CBA⁴¹ a Chem Study⁴² (CBA – Chemical Bond Approach Project, Chem Study neboli CHEMS – Chemistry and Experimental Science). Oba tyto systémy představují novou vývojovou etapu chemických didaktických soustav USA. Jde o systémy a k nim adekvátní učebnice určené

pro Senior High School. Jejich společným charakteristickým rysem je:

- 1) vysoká teoretická úroveň,
- 2) příkládání značného významu učivu o stavbě látek, struktuře a energetických změnách, jde tu o určitou reminiscenci názorů Ostwaldových,
- 3) zavedení elementů kvantové teorie, a to poprvé na úrovni střední všeobecně vzdělávací školy, jakož i o určité soustavy základních pojmů termodynamických, např. entropie (v systému CBA).

Přítom je dost značná pozornost věnována školnímu, zejména žákovskému experimentu s určitými aspekty metodologickými, např. uvedení metody „black box“ apod. Vývoj koncepcí chemického vzdělávání ovlivnil didaktiku chemie v celé řadě zemí, včetně tehdejšího Československa, kde v r. 1964 vzniká v rámci Chemické společnosti její sekce výuky chemie.

Poznamenejme, že nové americké didaktické systémy nebyly všemi, především učiteli, ale i některými didaktiky a chemiky, např. R. J. Gillespiem, přijaty jednoznačně pozitivně. Později vznikly nové, lze říci, že hybridní kurzy chemie a k nim příslušné učebnice, např. R. C. Smoota⁴³. Učebnice byla vydána u Merrill Publishing v Ohiu, první vydání v r. 1987. Tato učebnice je v běžném používání pro Senior High School doposud. Svoji koncepcí představuje hybrid klasické koncepce s některými „osvědčenými“ prvky uvedených experimentálně náročných didaktických systémů.

9. Vývoj chemického vzdělávání v Rusku

Významné je sledovat i vývoj výuky chemie v Rusku, neboť tato země spolu s Německem, Velkou Británií, Francií a USA nejvíce přispěla k rozvoji didaktiky chemie.

Věnovali jsme se již výraznému představiteli ruské chemie D. I. Mendělejevovi, a to zejména pro jeho nesporně originální přístup ke koncipování didaktické soustavy chemie, která získala v našich podmínkách díky velkému českému chemikovi B. Braunerovi záhy značný ohlas.

Velmi významnou osobností v oblasti organické chemie byl A. Butlerov, který je oprávněně pokládán, spolu s F. A. Kekulém, za tvůrce novodobé teorie stavby organických sloučenin. Tato teorie se stala východí při tvorbě učebnic organické chemie. Svědectví o tom podal v úvodu své učebnice organické chemie významný český chemik E. Votoček⁴⁴.

Na základě originálních idejí vznikla již v předrevolučním období řada zajímavých učebnic chemie. Prvním didaktikem chemie byl v Rusku Š. I. Sozonov. Jeho názory byly ovlivněny zahraničními didaktiky chemie, zejména R. Arendtem, F. Wilbrandem a E. Armstrongem, i když se snažil o originální, vlastní teoretický model výuky chemie, především na předrevoluční střední všeobecně vzdělávací škole. V r. 1923 byla v tehdejší sovětské škole zavedena tzv. komplexní metoda výuky. Byl zrušen systematický výklad základů jednotlivých přírodních věd a nahrazen „logikou obklopujícího nás světa“. Základním objektem studia se stala práce lidí, výroba a společnost. A protože nelze některá odvětví lidské činnosti vysvětlit bez znalostí základů chemie, byla jako předmět zařazena již do páté třídy všeobecně vzdělávací školy. Osnovy byly rozděleny do několika částí. V první části byl obsažen obecný název tématu a názvy jeho chemických částí. Druhou část

tvořilo chemicko-technologické učivo a v třetí části byl soupis příslušných laboratorních činností. Poslední čtvrtá část obsahovala teoretické informace, s nimiž je nezbytné seznámit žáky. Tak byly zpracovány osnovy pro všechny postupné ročníky. V r. 1927 byly tyto osnovy podrobeny kritice, poněvadž prý postrádaly hlavní polytechnickou linii. K splnění uvedené funkce byli žáci přinuceni vykonávat příslušné manuální činnosti. Uvedme jako příklady tematiku 5. ročníku – Ekonomická pětiletka našeho závodu a 6. ročníku – Rekonstrukce národního hospodářství v rámci pětiletého plánu. Škola se měla stát centrem organizujícím společenskou činnost dětí. Místo předmětů nastoupily brigády, buňky apod. Chemii se vyučovalo pomocí speciálních pracovních sešitů, klasické učebnice neexistovaly. Tato situace trvala až do r. 1932. Z rozhodnutí nejvyšších orgánů byly od r. 1933 stanoveny tzv. stacionární učebnice. Hlavním autorem učebnic se stal předrevoluční chemik a původně asistent Mendělejevův V. N. Věrchovskij, který společně s I. S. Goľdfarbem a L. N. Smorgovským napsali poměrně dobré a obsáhlé učebnice chemie pro tzv. sovětskou desetiletku^{45,46}. Ty byly používány až do padesátých let. Vedoucí teorií byl periodický zákon Mendělejevův a jeho systém prvků jako základní heuristická pomůcka. Následovala elementární systematická organická chemie, vycházející z Butlerovovy teorie stavby organických sloučenin. Šlo o návrat k tradiční ruské škole, s pokusy o aplikaci socialistické teorie výchovy. Připomeňme, že šlo o dobré učebnice, které byly přeloženy do celé řady jazyků. V dalším vývojovém období šedesátých a sedmdesátých let probíhá rovněž v tehdejší sovětské škole tzv. modernizační proces, týkající se jak obsahu, tak i metod a postupů výuky. Z tohoto období jsou známy učebnice Levčenkovy⁴⁷, Chodakovovy⁴⁸ a Cvětkovovy⁴⁹, které v různých modifikacích a zjednodušeníh přečkaly až do revolučních přeměn konce osmdesátých let. Devadesátá léta, poznamenaná snahou po demokratizaci ruské společnosti, neminula ani oblast školství. Byla obnovena gymnázia a lycea. Vedle státních škol se objevily školy soukromé a církevní a byly vydány nové řady učebnic⁵⁰⁻⁵², které navazují na ruské tradice a zároveň akceptují současné způsoby výuky chemie ve světě.

10. Závěr

V článku je podán přehled vývoje chemického vzdělávání v souvislosti s rozvojem chemické vědy ve významných zemích Evropy a v USA.

Vývoji chemie jako vědy a předmětu vyučování, včetně formování didaktiky chemie jako vědního oboru v českých zemích, by měla být věnována zvláštní samostatná pozornost. Proto na závěr uvedme jen to, že se v našich podmínkách prolínaly všechny proudy, o nichž jsme se zmiňovali v předchozích úvahách.

Inspirací pro vznik této studie byly také další práce ruského didaktika chemie L. N. Smorgonského. Za poskytnutí těchto materiálů patří dík členu-korespondentu APN L. N. Cvětkovovi.

LITERATURA

1. Liebig J.: *Chemische Briefe*. Leipzig u. Heidelberg 1878.
2. Liebig J.: *Reden und Abhandlungen*. Leipzig 1874.

3. Liebig J.: *Die Entwicklung der Ideen in der Naturwissenschaft*. München 1866.
4. Liebig J., Berzelius, J.: *Briefe 1831–1845*. München 1866.
5. Liebig J.: *Über das Studium der Naturwissenschaft*. München 1852.
6. Faraday M.: *The Chemical History of Candle*. London 1894.
7. Mendelejev D. I.: *Osnovy chimii*. Petersburg 1869–1871.
8. Šafařík P.: *Počátkové chemie*. Praha 1884.
9. Votoček E.: *Anorganická chemie*. Praha 1902.
10. Ostwald W.: *Grundzüge der anorganischen Chemie*. Leipzig 1900.
11. Ostwald W.: *Schule der Chemie*. Leipzig 1910.
12. Arendt R.: *Bildungselemente und erzieherischer Wert des Unterrichts an niederen und höheren Lehranstalten*. Verlag von L. Voss, Hamburg u. Leipzig 1894.
13. Arendt R.: *Technik der Experimentalchemie*. Verlag von L. Voss, Hamburg u. Leipzig 1910.
14. Arendt R.: *Anorganische Chemie in Grundzügen*. Verlag von L. Voss, Hamburg u. Leipzig 1894.
15. Wilbrand F.: *Leitfaden für methodischen Unterricht in der Chemie*. Leipzig 1870.
16. Lowenhardt H.: *Didaktik und Methodik des Chemieunterrichts*. Berlin 1920.
17. Winderlich K.: *Handbuch des Chemieunterrichts an höheren Schulen*. Breslau 1920.
18. Scheid K.: *Methodik des Chemieunterrichts*. Leipzig 1927.
19. Annam W. u. Koll.: *Elemente I, II*. Klett Verlag, Stuttgart 1990–1994.
20. *Guide des études, enseignement supérieur*. Paris 1934.
21. Faucher R.: *Chimie – Classes de seconde de mathématique et sciences expérimentales*. Librairie Hatier, Paris 1958.
22. Cessac J.: *Chimie classes secondes*. Librairie Hatier, Paris 1961.
23. Treherne M.: *Chimie de premier*. Librairie Hatier, Paris 1963.
24. Joyal H.: *Chimie, Classes Terminales*. C. D. T. Librairie Hatier, Paris 1967.
25. Dreyfus K., Donadini C.: *Chimie, cl. 2-me*. Librairie Hatier, Paris 1968.
26. De Cologny I. E.: *Chimie*. Nathan, Paris 1989.
27. Tomasino A., Lorrin C.: *Chimie*. Nathan, Paris 1993.
28. Armstrong E.: *The Teaching of Scientific Methods and Other Papers on Education*. London 1898.
29. Spencer L.: *Aids and Practice of Teaching Physical Science*. London 1912.
30. Smittels B.: *Nature* 69, 219 (1913).
31. Fowles J.: *Lecture Experiments in Chemistry*. London 1937.
32. Newbury M.: *The Teaching of Chemistry*. London 1934.
33. Gregory B.: *British Association Rapport*, str. 394. London 1919.
34. Gregory B.: *British Association, Rapport*, str. 267. London 1922.
35. Nyholm R. S., et al.: *Nuffield Science Teaching Projects*. Newgate Press Ltd., London 1967.
36. Kandel I. L.: *Philosophical Theories of American Education*, str. 25. New York 1958.
37. Taylor L. O.: *The American Secondary School*. New York 1960.
38. Richardson G. I.: *Science Teaching in Secondary School*, str. 10. New York 1957.
39. Brandwein W., Blackwood, P. E.: *A Book of the Methods. Teaching of High School Science*, str. 319. New York 1958.
40. Sidney R.: *J. Chem. Ed.* 33, 787 (1956).
41. Pimental G. C.: *CBA – Chemical Bond Approach Project*. Webster Division McGraw-Hill Book Co., New York 1963.
42. Seaborg G. T.: *CHEMSTUDY. Teachers Guide*. W. H. Freeman and Co., Cooperating Publishers, San Francisco 1963.
43. Smoot R. C.: *Chemistry – a Modern Course*. Merrill Publishing, Ohio 1987.
44. Votoček E.: *Organická chemie*. Čs. společnost chemická, Praha 1935.
45. Věrchofskij N. V.: *Nieorganičeskaja chimija dlja 7.–9. kl. SŠ. UČPEDGIZ, Moskva* 1937, 1946, 1947.
46. Věrchofskij N. V., Goldfarb, I. S., Smorgovskij, L. N.: *Učebnik organičeskoj chimii dlja 10. kl. SŠ. UČPEDGIZ, Moskva* 1947.
47. Levčenko V. V.: *Chimija, učebnik dlja SŠ. Pedagogika, Moskva* 1952.
48. Chodakov J. V., Epštejn, D., A.: *Nieorganičeskaja chimija, učebnik dlja 8. i 9. kl. SŠ. Pedagogika, Moskva* 1967.
49. Cvět'kov L. A.: *Organičeskaja chimija dlja 10. kl. SŠ. Pedagogika, Moskva* 1970.
50. Feldman F. G., Rudzitis, G. E.: *Chimija dlja 8.–11. kl. SŠ. Prosvěšćenie, Moskva* 1998.
51. Gabrieljan O. C.: *Chimija. BlikPljus-Sirin, Moskva* 1997.
52. Drofa M.: *Bolšoj spravočnik škol'nika 5.–11. kl. SŠ. Chimija, str. 855. Drofa, Moskva* 1998.

J. Hellberg and M. Bilek (*Department of Chemistry, Pedagogical Faculty, University of Hradec Králové*): **The Development of Chemical Education in Connection with the Development of Chemistry as a Science**

Historical relations of the development of chemistry as a science and a teaching subject on one hand and the formation of didactics of chemistry as an interdisciplinary science branch on the other are dealt with in the paper. The consequences are described of the formation of first chemistry textbooks and efforts at introducing chemistry as a general education subject at different levels of education systems. The analysis of chemical teaching in Germany, England, France, U.S.A. and Russia confirms the *raison d'être* of an independently developed science branch – didactics of chemistry.