

MUZEJNÍ DIDAKTIKA A PŘÍPRAVA UČITELŮ PŘÍRODOVĚDNÝCH PŘEDMĚTŮ

Jiří Rychtera – Martin Bílek
Pedagogická fakulta, Univerzita Hradec Králové
jiri.rychtera@uhk.cz; martin.bilek@uhk.cz

1 Úvod

„Je zřejmé, že odpovědnost učitele za výsledky výchovné a vzdělávací aktivity není zdaleka jen otázkou jeho pedagogické a odborné přípravy, ale také schopnosti orientovat se v mnoha záležitostech, které přesahují jeho aprobační obor. Nesporné je, že příprava budoucích občanů vyžaduje i celkovou kultivaci životního obzoru a náhled na pohyb soudobé společnosti“ (Slavíková, 2003).

Současné školství provází řada změn souvisejících především s kurikulární přestavbou. Smyslem této přestavby je mj. „podpora komplexních přístupů k realizaci vzdělávacího obsahu, včetně možnosti jejich vhodného propojování, a předpokládá volbu různých vzdělávacích postupů, odlišných metod, forem výuky a využití všech podpůrných opatření ve shodě s individuálními potřebami žáků“ (RVP, 2007). Jeví se logické, že dopady zmiňované přestavby je nezbytné promítnout i do organizace učitelské přípravy.

Není náhodou, že přes veškeré snahy o inovace tvoří základ tzv. didaktického systému učiva, které lze historicky přiřazovat ke jménům badatelů žijících v průběhu devatenáctého a počátkem dvacátého století. To ukazuje na významné postavení historicky orientovaných poznatků ve výuce. Je možno si klást otázku proč tomu tak musí být i v 21. století, kdy se prohlubují odlišnosti mezi obsahovou i rozsahovou stránkou systému didaktického a vědeckého. První příčina spočívá v základní vlastnosti učících se subjektů. Mladý učící se organismus nemůže začít jinak než od počátku, od jednoduchého, od elementů tvořících základy, na nichž může teprve budovat struktury nadstavbové. Příčina druhá již není tak evidentní a spočívá v principu historické podmíněnosti společenských procesů, přírodních jevů i materiálních prostředků, na nichž lze vystopovat vlivy evoluce, vlivy nesmírně významné pro principiální pochopení těchto fenoménů. Znamená to ovšem, že podporu výuky (především její stránku materiální), úzce korespondující s vytvářením konkrétních představových struktur, související i s pozitivní motivací žáků a zabezpečující aplikativní stránku učiva, je nutné hledat i mimo školní výuku, mimo školní kabinety a prostory, např. v zařízeních, která jsou pro účely vzdělávání záměrně zřizována. Mezi taková zařízení lze počítat např. muzea, experimentária, technické herny případně podobně koncipovaná zařízení, mající charakter sbírek různých předmětů či pomůcek k experimentování určitého druhu, v nichž je zpravidla inkorporován i již zmiňovaný historický aspekt, a která představují významný, a často málo využívaný gnoseologický potenciál. Budeme je v našem příspěvku uvádět pod souborným názvem muzea. V uvedeném kontextu se nabízí hned několik otázek: Proč jsou tato zařízení tak málo využívána přes nesporný přínos poznávací? Jsou učitelé v rámci svého pregraduálního studia dostatečně připravováni na tyto formy vzdělávání? Co tyto formy představují pro žáky a jsou dostatečně zpracovány metodické postupy?

2 Cíle učitelské přípravy

Výše formulované otázky mají svoje kořeny, příčiny i důsledky v pojetí cílů vzdělávání. Častým omylem laické veřejnosti je představa o vzdělávání jako pouhém přenášení informací z příslušné vědní disciplíny, v některých případech navíc obohacené o aplikativní stránku interpretované skutečnosti. Tento systém výuky by vyhovoval takovým koncepcím učitelské přípravy, ve kterých by např. učitel chemie byl především chemikem, přičemž konkrétní míru znalostí z chemie nelze v tomto případě jednoznačně určit, stejně jako nelze jednoznačně

konstatovat, že existuje přímá úměrnost mezi efektivitou výuky chemii a sumou znalostí náležejících do vědeckého systému chemie. K vysvětlení této myšlenky postačí nahlédnutí do učebnice nebo standardu pro základní školu. Učitel však musí znát především velmi dobře základní poznatky a didaktickou strukturu učiva, ostatní nadstavbové poznatky z chemie se stávají zpravidla nevyužívanou složkou jeho paměťových struktur. Pařízek (1992) k tomuto problému píše: „Vzájemný vztah vědy a vzdělání, pokud je mylně pochopen, je provázen i neshodami a střety. Ty se projevují v nespokojenosti se školními učebnicemi i s vyučováním: vyučování založené na vědě chápané jako suma poznatků není pro mnoho žáků lákavé, protože je zastrašuje spoustou poznatků a někdy jejich malou srozumitelností, za osvojením jednotlivin zaniká syntéza, mnoho vědomostí se rychle vytrácí a četní absolventi škol nedovedou vysvětlit jednoduché přírodní a společenské děje, neumějí řešit praktické problémy vědeckými metodami snad i proto, že ve vyučování se často postupuje deduktivně s oporou o definice.“

Vztah pedagogiky, chemie a didaktiky chemie řešil např. Pachmann (1981). V průvodním textu k uvedené problematice uvádí: „Při výuce chemie nemá jít pouze o to, aby si žáci osvojovali určité soustavy poznatků o chemických látkách a dějích a o jejich praktickém využívání, ale i o to, aby si osvojovali základy samotných pracovních metod – činností, jimiž se chemické poznatky zjišťují. Aby se naučili nejen znát, ale i poznávat, nejen sbírat, přezkušovat a třídít poznatky, ale i nalézat problémy, přemýšlet o nich a vytvářet hypotézy možných řešení, řešení experimentálně prověřovat a výsledky kriticky hodnotit.“

Ještě výstižněji vyjadřují cíle a smysl vzdělávání Hejný a Kuřina (2000). „Smysl vzdělávání však nevidíme v této transmisi, v tomto přenosu (myslí se pouhý přenos poznatků – pozn. autorů). Smysl vzdělávání vidíme v kultivaci žáka, zvláště pak v kultivaci jeho duševního světa. **Přitom nejde prioritně o to, aby žák ovládal určitou sumu poznatků či informací, ale o to, aby rozuměl světu, aby dokázal řešit problémy, s nimiž přijde do styku, aby uměl vyhledávat a hodnotit informace, aby měl vybavení pro svůj další rozvoj.**“

Z uvedeného rozboru a na základě analýzy citovaných myšlenek lze konstatovat, že cíle vzdělávání spočívají především v rozvoji osobnosti žáka. V rozvoji psychických a psychosomatických součástí jeho osobnosti a učivo je v nejvýraznějším období jeho vývoje (období školní docházky) mj. prostředkem tohoto rozvoje. Je nezbytné poznamenat, že zde máme na mysli školní docházku všeobecně vzdělávacího charakteru v úrovni základní školy, případně nižších ročníků všeobecně-vzdělávací školy střední.

V souladu s mottem tohoto příspěvku a uváděnou analýzou cílů vzdělávání by ve vzdělávacích programech fakult připravujících učitele kromě pedagogicko-psychologických, didaktických a odborných disciplín měly sehrávat významnou roli i takové disciplíny, které zabezpečují učitelům předpoklad orientovat se v mnoha záležitostech, které přesahují jeho aprobační obor, umožňují mu celkovou kultivaci životního obzoru a podporují vytváření náhledu na pohyb soudobé společnosti (viz motto) a také disciplíny, které jsou podporou tvorby takových učitelových dovedností zabezpečujících předpoklady k naplňování komplexního rozvoje žákovy osobnosti. Dle Hejného a Kuřiny (2000): „...aby poznávající subjekt rozuměl světu, aby dokázal řešit problémy, s nimiž přijde do styku, aby uměl vyhledávat a hodnotit informace, aby měl vybavení pro svůj další rozvoj.“ Uváděné požadavky lze podporovat mj. také prostřednictvím výuky historicky orientovaných disciplín příslušného zaměření případně využíváním progresivnějších forem výuky s interaktivní podporou poznávání tak, jak to nabízejí např. některá muzea.

3 Funkce historicky orientovaných disciplín ve výuce přírodovědným předmětům

Vstupní rozbor cílů učitelské přípravy představuje ve své podstatě potvrzení místa historických disciplín v učebních plánech. Proto si všichni studující učitelského studia zapisují „Dějiny pedagogiky“, studující učitelství s aprobací např. chemie předmět „Historie

chemie“ apod. Do rámce předmětu „Historie chemie“ je vzhledem k charakteru studia inkorporována i historie výuky chemii. Podobně tomu je i u jiných, přírodovědně orientovaných předmětů učitelské specializace.

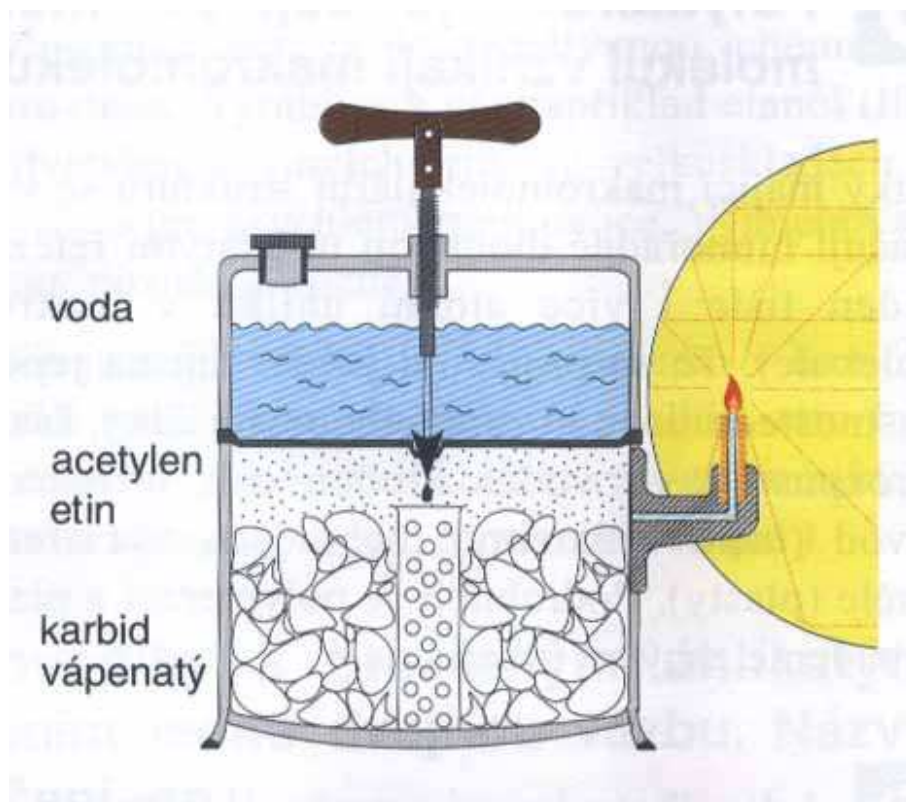
Současně s vymezením místa se však nabízí potvrzení funkce těchto disciplín pro učitele a přeneseně pro samotné poznávající subjekty, na které budou takto připravováni učitelé působit. Vzhledem k našemu zaměření budeme demonstrovat jednotlivé příklady na ukázkách z historie chemie a to z historie samotné vědní disciplíny, případně z historie výuky chemii.

3.1 Motivace výuky přírodovědným předmětům

Pod pojmem motivace rozumíme takovou součást vyučovacího procesu, která plní energetizující a regulační funkci žákovy poznávání. Žák tak prostřednictvím motivu získává energii pro efektivní poznávání a současně je jeho poznávání motivem řízeno a regulováno. Motivy žákovy poznávání mohou mít různý charakter, od chemického experimentu až po prezentaci přírodovědných paradox, včetně historicky orientovaných motivů. Historie přírodních věd nabízí velké množství námětů jako jsou zajímavé životní příběhy některých badatelů, principy jednoduchých přístrojů a zařízení, důsledky významných experimentů pro další vývoj poznávání procesů a jevů i popisy atraktivních objevů, že i tak rozmanité spektrum formujících se osobností, jakou školní třída představuje, najde kousek poezie v tak rigorózní a exaktní vědní disciplíně jako je např. chemie. Pro ilustraci uvedeme jeden konkrétní příklad z nepřeberného množství nabízených možností.

3.1.1 „Karbidka“

K historii lampy „karbidky“ nebo tzv. „acetylenové lampy“ lze podle publikace „Kronika techniky“ (Paturi, 1993) uvést, že na jejím zrodu se podílel především Friedrich Wöhler, který syntetizoval v roce 1862 karbid vápníku, jehož hydrolýzou pak dostal plynný acetylen. K lampě přímo je v publikaci (Paturi, 1993) uvedeno: „Acetylen se stal důležitým v mnoha směrech. Jako plyn do přenosných lamp, např. lamp na jízdní kolech, je vytvářen přímo v lampě z karbidu vápníku“. V téže publikaci se dále uvádí: „...1892. Po zjištění Friedricha Wöhlera (→1862), že acetylen hoří jasným plamenem, začal tento plyn vyrábět pro osvětlovací účely ve velkém měřítku Thomas L. Wilson v USA (obrázek acetylenové lampy pro jízdní kolo, kolem r. 1923).“ Tolik tedy z hlediska didaktického „suché“ konstatování o „karbidce“, které by většinu žáků pravděpodobně nezaujalo – letopočtů ve spojení se jmény a objevy poznali už mnoho. Je-li však k dispozici ukázka lampy z muzejních sbírek (žák si ji může osahat případně vyzkoušet její funkci) nebo alespoň žákovi prezentujeme její obraz doplněný schématem, nabízí se tolik zajímavých problémů a často přímých dotazů od žáků. Jak lampa svítí? Proč svítí? Proč svítí acetylenový plamen? Jak dlouho může lampa svítit? Co znamená „kape mu na karbid“? apod. Žáci myšlenkově pronikají do principů dějů, učí se myslet a co je zde prioritní, poznávají se zájmem, s přirozenou lehkostí a bez nadměrného volního úsilí. Takových příkladů najdeme v historii chemie celou řadu: příběh amerického vynálezce Goodyeara (1839) a jeho objevu vulkanizace, příběh dynamitu spojeného se jménem Nobela (1867) a „Nobelových cen míru“, objev Wichterleho (1956 resp. 1958) hydrofilního gelu na výrobu kontaktních čoček atp.



Obr. 1 Schéma acetylénové lampy

3.2 Historické aspekty v procesu zpřístupňování učiva

Východiskem k rozboru problematiky vlivu historických poznatků na proces efektivního poznávání mohou být slova J. A. Komenského, který v (Komenský, 1874) píše: „*Učitel uč, ne kolik sám umí učit, než kolik žák může chápati.*“ Výklad uvedené citace s sebou přináší myšlenky, které vedou k samotným principům vyučování. Základním aspektem interpretace učiva musí být především jeho srozumitelnost a její zabezpečení pro poznávání i jednoduchých zákonitostí přírodovědných disciplín. V době, kdy spektrum vědeckých poznatků se pohybuje na hranicích pochopitelnosti i pro myšlenkově vyspělou část populace, je velmi náročné tento princip beze zbytku naplňovat právě ve školních podmínkách. Významnou roli zde sehrávají procesy, které chápeme jako procesy tzv. myšlenkového zpřístupňování učiva. Spočívají v přibližování a zjednodušování pojmů, jevů a principů takovým způsobem, aby byly tyto kategorie srozumitelné poznávajícím subjektům dané věkové skupiny. Zpřístupňování učiva zabezpečujeme prostřednictvím obrazů, schémat, přírodnin, experimentů, modelů apod. a významnou roli v tomto zpřístupňování sehrávají právě historické aspekty a historické posloupnosti. Řada složitějších zařízení (vysoká pec, počítač, rozhlasový přijímač apod.) byla na počátku vývoje podstatně jednodušší a tedy i srozumitelnější. Konkretizujme uváděné myšlenky na příkladě zpřístupňování grafického zobrazení.

3.2.1 Proces zpřístupňování pojmu graf

Uvedená analýza myšlenkových procesů žáků rozdílných věkových kategorií naznačuje, že pochopení zákonitostí souvisejících se vztahy nezávisle proměnná - závisle proměnná nebo se vztahem čára grafu - přírodovědný děj podmiňuje buď myšlenkově vyspělého jedince nebo **vytvoření konkrétního základu k myšlenkovým operacím.**

Myšlenka vytvoření konkrétních představových struktur, vytvoření základu pro vizualizaci grafu a tím vytvoření předpokladu pro pochopení zákonitostí grafického zobrazování žáky s

málo vyvinutým pojmově logickým myšlením, nás inspirovala k vymezení uvedených předpokladů a jejich následnému řešení:

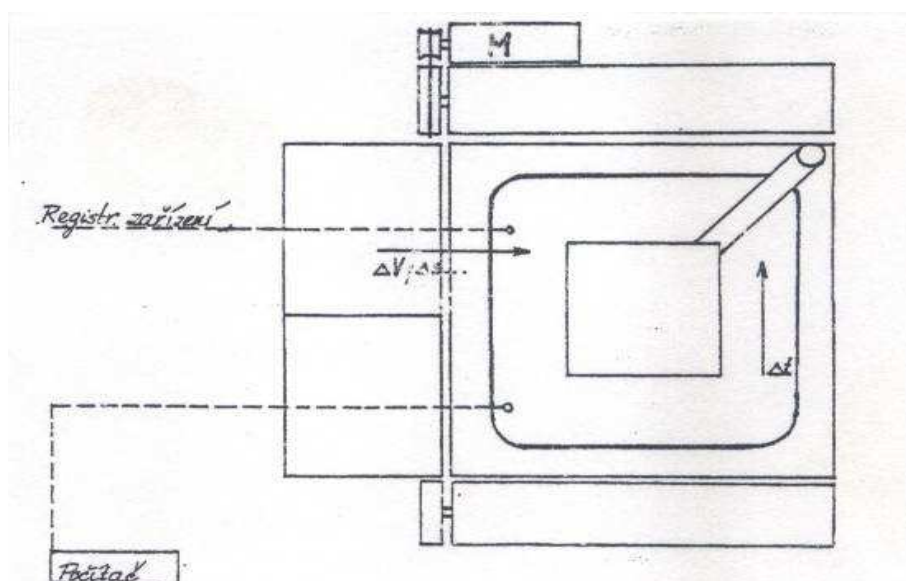
- 1) najít konkrétní, obrazně názorný zdroj informací (objekt, model, obraz) pro vybudování představových struktur o závislosti průběhu přírodovědných dějů na čase, tj. strukturovat čas jako podmínku děje (čas jako nezávisle proměnnou),
- 2) v tomtéž smyslu najít konkrétní zdroj informací pro pochopení vztahu nezávisle a závisle proměnná a vztahu čára grafu – přírodovědný děj,
- 3) vytvořené principy následně modifikovat k obecným představám o grafu a jeho využití (počítačové zpracování).

Praktické řešení těchto předpokladů představovalo konkrétní naplnění vymezených organizačních procesů nezbytných pro uskutečnění vizualizace takovými prostředky, které jeví úzkou souvislost s problematikou grafického zobrazování.

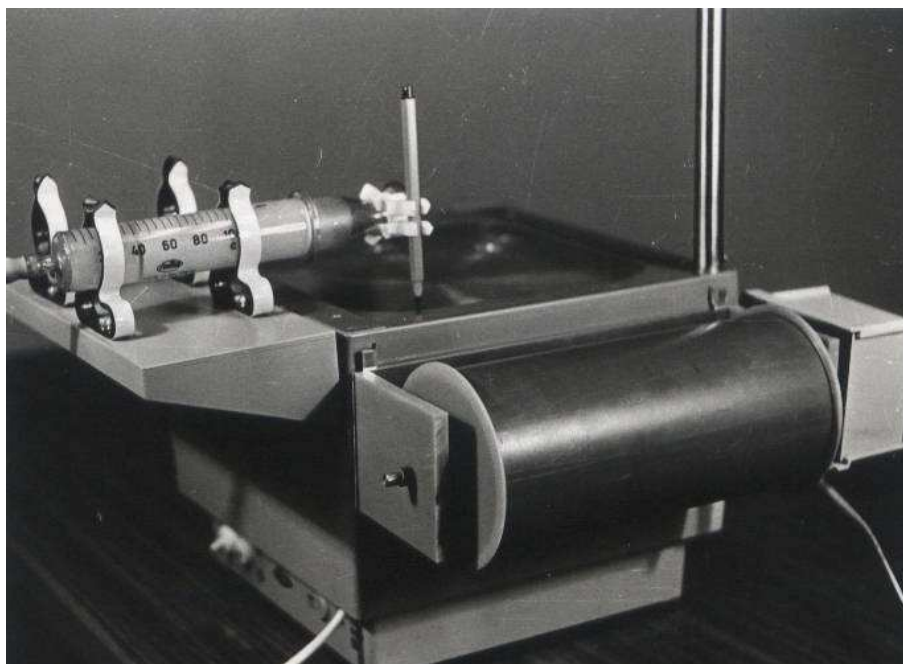
Podmínka č. 1 najít konkrétní, obrazně-názorný zdroj informací pro vybudování představových struktur o závislosti průběhu přírodovědných dějů na čase byla řešena vytvořením modelu zapisovače, kde časová složka probíhajícího přírodovědného děje je "vnášena" do grafického záznamu motorovým posuvem pásu papíru nebo fólie, sloužícího k vytvoření záznamu průběhu celého experimentu. Protože se jedná o **model** zapisovače je vlastním modelováním zdůrazněna časová závislost jako prioritní, podstatná vlastnost. Pro zvýšení efektivity celého procesu byl na model zapisovače upraven zpětný projektor, který efekt procesu zpřístupňování modelem zvyšuje o efekt související s využitím technických prostředků.

Využití popisovaného zařízení v kombinaci s vhodně uspořádaným přírodovědným experimentem umožňuje vytvoření grafického záznamu tohoto experimentu a tím i naplnění podmínek zpřístupňování vztahu čára grafu – přírodovědný děj a vztahů nezávisle a závisle proměnných veličin, jak jsou vymezeny v podmínce druhé.

Uspořádáním do tzv. "historické posloupnosti" ve smyslu **kvalitativní experiment - kvantitativní experiment – grafický záznam (mechanický) – grafický záznam (počítačem)** je možno dosáhnout vytvoření konkrétního základu souvisejícího s praktickými aplikacemi grafického zobrazování. Uvedená posloupnost slouží k objasnění principů tvorby počítačového záznamu experimentálních dat a naznačuje další možnosti využití vytvořeného grafu pro podrobnější rozbor děje, případně jeho další zpracování.



Obr. 2 Schéma modelu zapisovače adaptovaného na zpětný projektor



Obr. 3 Foto funkčního modelu zapisovače z r. 1975

3.3 Historické aspekty jako prostředek vědeckého poznávání

Historie vědních disciplín obsahuje řady důkazů, že např. sledování kvantitativního aspektu chemického děje bylo příčinou nového objevu nebo bylo potvrzením vyslovených hypotéz. Z důvodů dalšího zaměření řešené problematiky se budeme zabývat příklady z chemie plynů, které mají svoje počátky v tzv. „pneumatické chemii“.

3.3.1 Historie výzkumu plynů

Výzkum plyných látek byl vždy problematický. Vyžadoval vzhledem k jejich vlastnostem zcela specifická technická zařízení a neobvyklé metody práce. Každá i malá nedokonalost znamenala zpravidla neúspěch. Z těchto důvodů si budeme při rozboru všimnat především technických prostředků, dále použité metodiky a jejich vlivu na výsledky výzkumu.

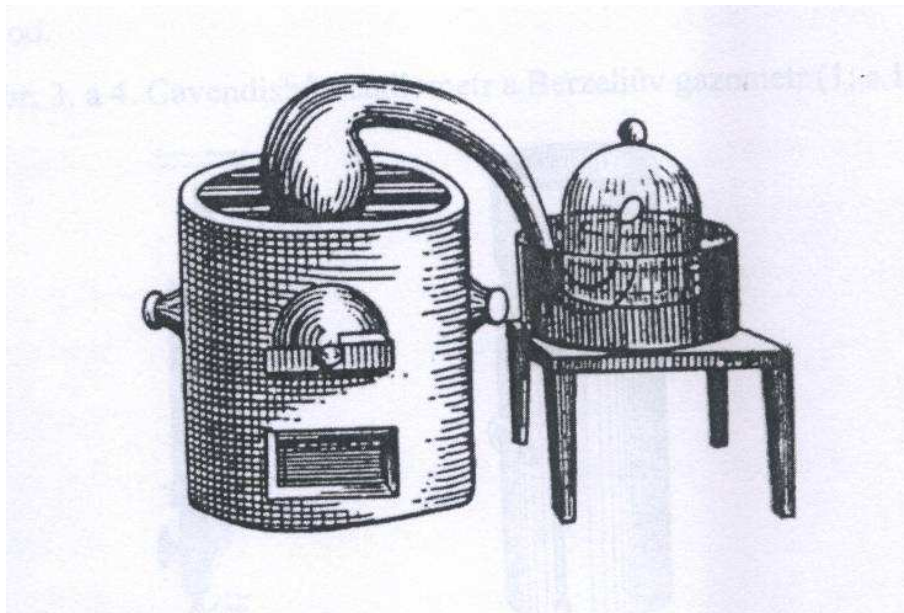
Prvním pro nás významným badatelem, který v r. 1723 zdokonalil Boyleův způsob jímání plynů nad kapalinu byl anglický botanik Hales. Sestrojil tzv. "pneumatickou vanu", ve které zachycoval připravované plyny nad vodní hladinou a měřil jejich množství. O významu metody píše v předmluvě ke svému dílu "Rostlinná statika": „Nejpravděpodobnější cestou proniknutí do podstaty těch částí světa, která spadají do sféry našeho pozorování jsou počet, váha a míra" (Bykov, 1983). Přestože Halesova měření nevedla k objevu nových plynů (Hales považoval měřené plyny za vzduch znečištěný různými látkami), objev nové experimentální metody představoval nezbytný technický předpoklad pro další výzkumy.

Stanovování změn hmotnosti spolu s měřením objemu vznikajících plynů přivedlo Josepha Blacka v r. 1757 k popisu procesů probíhajících při experimentech s vápencem (při jeho zahřívání a opětném srážení). Black tak objevil nejen plyn odlišný od vzduchu, ale dokázal i důležitý poznatek, že plyny jsou možnou součástí pevných látek.

Rozpustnost tohoto plynu ve vodě a jeho hustotu, což jsou významné veličiny pro identifikaci plynů, ověřil v r. 1766 Cavendisch. Potvrdil také, že se jedná o plyn, který vzniká při hoření uhlí. Při dalších výzkumech objevil Cavendisch v r. 1766 vodík a v r. 1778 ve skleněné kouli vybavené dvěma elektrodami pro uskutečnění elektrického výboje připravil z vodíku a kyslíku vodu.

Pristley v r. 1774 objevil kyslík, stanovil, že se jedná o plyn, který se ve vodě nerozpouští a který se spotřebovává při dýchání a při spalování. Záměnou vody za rtuť v pneumatické vaně dosáhl inertnosti kapalinového uzávěru vůči jímáným plynům a mohl tak popsat ještě amoniak, chlorovodík, oxid dusný a dusičitý, sulfan a dusík.

Lavoisier začal používat v daleko větší míře skleněných aparatur a společně s důsledným využíváním kvantitativního aspektu experimentování vedly jeho objevy následně až k vyvrácení flogistonové teorie.



Obr. 4 Schéma aparatury na jímání plynů A. L. Lavoisiera

Základ objevů Berzelia lze spatřovat mj. také v dokonalejším technickém vybavení používaném při kvantitativních analýzách, ale i v možnosti využívání elektrického proudu.

Uvedená historická posloupnost významných objevů z dob počátků chemie není uváděna pro pouhou prezentaci významných historických objevů, ale především jako ukázka významu kvantitativního aspektu chemického experimentu pro globální popis zkoumaného děje. Z uvedeného výčtu je patrné, že důsledné sledování kvantitativní stránky chemických procesů vede v první řadě k objevování nové kvality (J. Black – změna hmotnosti vápence při zahřívání – hledání příčin úbytku – objev nového plynu apod.).

Důsledkem nahromaděné nově poznané kvality jsou pak zpravidla objevy vztahů a principů mezi těmito látkami vedoucí k formulaci obecných zákonitostí a zákonů souvisejících úzce s využitím poznání. (Důkazem tohoto závěru jsou vytvořené obecné principy prověřovaných dějů např. princip rozkladu uhličitánů na oxid kovu a oxid uhličitý, ale i vyvrácení flogistonové teorie a formulace nové oxidační teorie, které byly vytvořeny jako důsledek následné precizace vytvořených poznatkových struktur).

Rozbor historického vývoje poznatků o plynech dokumentuje některé významné vývojové aspekty:

- a) Společně s rozvojem technických prostředků a technologií dochází k významnému posunu úrovně badatelské činnosti a tedy k objevování nových, zpravidla dílčích poznatků o zkoumaném ději.
- b) Pro globální popis děje má značný význam i sledování a analýza kvantitativních změn, jež jsou zpravidla podmínkou objevování nové kvality a případně podmínkou vytváření vyšších informačních struktur (vztahů, principů a aplikací).

c) V souladu se zásadami skepticismu je možno konstatovat, že žádný technický prostředek není tak dokonalý, aby se nedal zlepšovat.

Ve smyslu těchto závěrů je pochopitelné, proč v následné historii experimentálních činností s plynou fází se začaly objevovat a zkoušet nové technické prostředky jako jsou plynové byrety, Müllerovy plynojemy a celoskleněné injekční stříkačky.

3.4 Muzejní sbírky jako prostředek poznávání

Historický aspekt různé úrovně lze vnímat i v zařízeních, která jsme v úvodu tohoto příspěvku souborně zahrnuli pod pojem muzeum. Samotný pojem „Muzeum“, tedy ústav shromažďující, uchovávající a trvale vystavující sbírky předmětů jistého druhu“ (Klimeš, 1981), je pravděpodobně odvozen z řecké mytologie od slova „Músai“. Músai byly dcery Dia a bohyně paměti Mnemosyné, „byly prý vševědoucí a např. slova veršů či písní diktovaly umělcům tak zblízka - že pak vznikla představa, že jim polibkem na čelo vdechovaly nápady a tvůrčí elán“ (Músai, 2008). Budeme-li volně manipulovat uvedeným pojmem „muzeum“ mohlo by se jednat o místo dobrých nápadů, místo vyvolávající tvůrčí aktivity, což takové sbírky zpravidla představují a z obsahu pojmu podle (Klimeš, 1981), je možné anticipovat, že se jedná zpravidla o sbírky vytvořené s vysokou mírou profesionality, sbírky s atributy úplnosti, neopakovatelnosti, běžné nedostupnosti a specifičnosti informací, které z nich lze účelově získávat. Jak jsme již v úvodu uvedli, mají muzea výrazný poznávací potenciál, a z toho důvodu je nezbytné jejich návštěvu organizovat cílevědomě, s plným využitím teoretických zásad platných pro efektivní poznávání, např. zásad uplatňovaných při organizaci odborných exkurzí. Muzea současnosti jsou stejně jako ostatní vzdělávací instituce výrazně ovlivňována společenským vývojem. Jejich přeměna ze statických sbírek sloužících pouze k „prohlížení“, ve sbírky využívající vrozenou dětskou aktivitu zaslouží významné pozornosti školských zařízení. Interaktivita dnes představuje jeden z nejefektivnějších postupů při manipulaci s informacemi a při jejich následném získávání a uchovávání v paměťových strukturách („Interaktivní – umožňující vzájemnou komunikaci, tj. přímý vstup do činnosti stroje nebo programu“ (Interaktivita, 2008). Není třeba zvláště zdůrazňovat, že interaktivní přístupy charakterizuje spoluúčast celého spektra smyslů na poznávací činnosti a spolu se zabezpečováním fixace získaných informací prostřednictvím různých typů zpětnovazebních prostředků se stávají muzea místem vzdělanosti především pro školní mládež.



Obr. 5 Ukázka z návštěvy „Experimentária“ v Kodani

Literatura

1. SLAVÍKOVÁ, L.: Předmluva. In: *Profesní etika učitelství*. Praha: Univerzita Karlova – Pedagogická fakulta, 2003.
2. KLIMEŠ, L.: *Slovník cizích slov*. Praha: SPN, 1981.
3. BOYLE, R.: *Works I*. London, 1930, s. 157.
4. BYKOV, T. V. a kol.: *Stanovljenje chimii kak nauky*. Moskva: Izdatelstvo Nauka, 1983.
5. KOMENSKÝ, J. A.: *Didaktika velká*. Brno, 1948.
6. LOMONOSOV, M. V.: *Matematičeskaja chimia: „Polnoje sobranie sočinenij“* Moskva: Izdatelstvo AN, 1950.
7. HELLBERG, J.: Matematizace chemie. *Přír. Věd. Šk.*, 25, 1974 – 75, č. 2, s. 61.
8. LIEBIG, J.: *Chemische Briefe*. Heidelberg, 1878.
9. HELLBERG, J., BÍLEK, M.: Vývoj chemického vzdělávání v souvislosti s rozvojem chemie jako vědy. *Chemické listy*, 94 (22), 2000, s. 1125 – 1131.
10. HELLBERG, J.: *Vývoj chemie jako vyučovacího předmětu vysoké a všeobecně vzdělávací školy*. Hradec Králové: PdF, 1978.
11. MENDELEJEV, D. I.: *Osnovy chimii*. Petersburg, 1869 – 1871.
12. OSTWALD, W.: *Schule der Chemie*. Leipzig, 1910.
13. PAŘÍZEK, V.: Obsah školního vyučování a věda. *Pedagogika*, roč. XLII, č. 1, 1992.
14. PACHMANN, E., HOFMANN, V.: *Obecná didaktika chemie*. Praha: SPN, 1981.
15. HEJNÝ, M., KUŘINA, F.: Tři světy Karla Poppera a vzdělávací proces. *Pedagogika*, roč. XLX, 2000, s. 38.
16. PATURI, R. F.: *Kronika techniky*. Praha: Fortuna Print, 1993.
17. KOMENSKÝ, J., A.: *Didaktika analytická*. Praha: Nakl. Fr. A. Urbánek, 1874.
18. SCHMIDT, M.: Der Kolbenprober. *Naturwissenschaftliche Monatshefte*, 1931, Heft 3, S. 2.
19. RVP. [online] Dostupné na WWW: http://www.rvp.cz/soubor/RVPZV_2007-07.pdf [cit. 19. 12. 2008]
20. Interaktivita. [online] Dostupné na WWW: <http://slovník-cizich-slov.abz.cz/web.php/slovo/interaktivni> [cit. 20. 12. 2008]
21. Músai. [online] Dostupné na WWW: http://cs.wikipedia.org/wiki/Pol%C3%ADb%C3%ADla_ho_M%C3%BAza [cit. 21. 12. 2008]