

Periodická soustava prvků: úspěchy i omyly

Vladimír Karpenko

The periodic system of elements: successes and failures. The article deals with the priority of Mendeleev in arranging the elements and formulating a general conclusion – the periodic law. The periodic system of elements was a product of centuries old attempts to organize material, inorganic world. Not only Mendeleev but many scientists before and after publication of the table failed in their search for new elements, what has resulted in numerous erroneous discoveries. They belong inherently to the history; a few examples are given in this contribution.

Keywords: chemical element • periodic table • law of octaves • dvi-manganese • Ar-Rāzī • Newlands • Meyer • Mendeleev • Heyrovský

Periodická soustava prvků byla výsledkem badatelského úsilí mnoha generací, které se snažily vnést systém do anorganického světa. Od raných počátků ve starověku tato snaha zprvu vyvrcholila v díle arabského lékaře a alchymisty ar-Rāzīho (kol. 865– kol. 925), jehož systém minerálních látek byl používán ještě koncem 17. století. Následující vývoj, definice chemického prvku, atomová teorie, vedl ke kvalitativní změně, když se objevily pokusy o uspořádání prvků. Vyvrcholily v díle Dimitrije Ivanoviče Mendělejeva (1834–1907) a Julia Lothara Meyera (1830–1895), kteří nezávisle na sobě publikovali roku 1869 periodickou tabulku prvků v podobě blízké dnešní. Priorita Mendělejeva je na místě, protože pokročil nejdále a zformuloval periodický zákon. Také on se však někdy zmýlil, jako mnoho dalších vědců. Současně s existujícími prvky je i dlouhý seznam mylných objevů.

1. Rané pokusy o klasifikaci látek

„Připouští se, že oba pánové Mendělejev a Lothar Meyer odvedli dobrou práci v rozpracování periodického zákona, ale toto uznání nepředpokládá v žádném případě, že by některý z těchto vynikajících chemiků byl prvním objevitelem dotčeného zákona.“ Citát pochází z předmluvy útlé knížky, v níž Angličan John Alexander Reina Newlands (1837–1898) shrnul všechny své publikace z let 1863 až 1878, na jejichž základě dovozoval, že priorita náleží jemu.¹ Pokusme se vysledovat, kdo by tedy

¹ J. A. R. NEWLANDS. *On the Discovery of the Periodic Law*. London, E. & F. N. Spon, 1884.

měl být oním pravým objevitelem, jestliže jméno tohoto Angličana asi většina lidí dnes ani nezná.

Všeobecně se uznává, že tím, kdo sestavil tabulku prvků a zformuloval periodický zákon, byl ruský učenec Dimitrij Ivanovič Mendělejev (1834–1907). Datováno je to rokem 1869, ovšem vidíme, že ještě po patnácti letech měl odpůrce. Je vhodné zastavit se u tohoto objevu v širších souvislostech, protože periodická tabulka byla ve skutečnosti vyvrcholením snah celých generací. K tomu, aby mohla vůbec vzniknout, byly potřebné chemické prvky, jejich dostatečný počet, a také jasná představa o tom, co to vlastně prvek je. Na první pohled je i nezavěšenosti patrné, že periodický systém je určité, záměrné uspořádání prvků podle nějakého kritéria. Produkt něčeho, co je do značné míry vrozenou vlastností člověka – snaha po uspořádání věcí a jevů. Po této stopě se pokusme vydat.

Hledání pořádku tak nalézáme v bádání na chemické bázi dávno před tím, než se vůbec objevil pojem „chemický prvek“, a první známky této snahy se objevily již ve starověku, kde sumersko-asyrský slovník ze 7. stol. př. n. l. je dílem vsutku ojedinelým. Některé minerály, které mají některou vlastnost společnou, jsou seřazeny zhruba podle tvrdosti.² Prioritu v poměrně dokonalé klasifikaci můžeme připisat alchymistům, kteří sice měli jen omezený výběr prvků, sedm kovů³ a síru, ovšem znali již řadu sloučenin a některé z nich běžně připravovali. Potřeba systému byla na místě a v arabském světě ho vytvořil lékař, alchymista a náboženský myslitel Peršan Abū Bakr Muhammad ibn Zakarīja ar-Rāzī (kol. 865– kol. 925), jenž uspořádal všechny tehdy známé látky do tří základních skupin, do skupiny látek rostlinných, živočišných a minerálních. Učinil tak ve svém díle *Kitāb al-Asrār* (Kniha tajemství),⁴ ze kterého se právě poslední skupina ukázala být mimořádně úspěšnou – jako Rāzīho systém látek⁵ se přednášel na univerzitách a uváděl v odborné literatuře ještě ve druhé polovině 17. století.⁶ V téže době se v arabském světě objevilo více pokusů,

² Je z knihovny asyrského panovníka Aššurbanipala (668–626 př. n. l.). Například je zde série „modrý kámen“, snad lapis lazuli, „tvrdý modrý kámen“, soudí se na tyrkys, a „velmi tvrdý modrý kámen“, zřejmě safír. Podobně jsou do trojice seřazeny „bílý kameny“, křemenný písek, živec a chalcedon (R. CAMPBELL THOMPSON. *A Survey of the Chemistry of Assyria in the Seventh Century B. C. Ambix*, 1, 1937/1938, s. 3–16).

³ Historie pohledu na tyto kovy a na vývoj jejich přiřazení planetám viz V. KARPENKO. *Systems of Metals in Alchemy. Ambix*, 50, 2003, s. 208–230.

⁴ J. RUSKA. *Ar-Rāzī's Buch Geheimnis der Geheimnisse*. Berlin, Springer, 1937, kap. VI.

⁵ Jen jméno bylo polatinštělé, obvykle Rhazes, Razes.

⁶ Jeho podoba v latinské verzi z přelomu 13. a 14. století viz W. R. NEWMAN. *The Summa Perfectionis of Pseudo-Geber. A Critical Edition, Translation, and Study*. Leiden, Brill, 1991, s. 111 a dále.

často na bázi chemicko-mineralogické, ale žádný z nich nedoznal rozšíření, protože některé jen vyjmenovávaly různé látky a nanejvýš vyčleňovaly sérii kovů.⁷

Někteří odborníci dnes zastávají názor, že Rāziho systém byl až do vytvoření periodické tabulky v předchemické době nejdokonalejší. Možná, že je to nadsázka, ale nikoli velká, i když v tomto systému nebyla například rtuť zařazena mezi kovy, ale mezi „duchy“.⁸ Všechny látky rozdělil Rāzī do šesti základních skupin; kovy byly jednou z nich. Tento systém odpovídal tehdejší úrovni znalostí a jeho dlouhá životnost dokazuje, že základní myšlenka uspořádání byla dobrá. Překážkou dalšího vývoje bylo, že alchymisté lpěli na spojení kovů s planetami, a protože se počet zmíněných nebeských těles neměnil, zůstával stejný i počet uznávaných kovů, třebaže v renesanci byly známy a používány antimon, bismut a zinek, který byl znám dokonce ještě dříve.

2. Definice prvku, atom a raný pokus o třídění

Byla tu však zárodečná myšlenka, že i z pohledu rudimentární chemie je možné klasifikovat neživý svět. Jeho poznávání pokračovalo, zvláště dramaticky pak přibližně od poloviny 18. století, kdy přibývalo objevů skutečných chemických prvků; jejich definice ale chyběla. Na její první podobě má rozhodující podíl Antoine-Laurent Lavoisier (1743–1794), jenž ve svém významném díle o základech chemie⁹ uvedl skupinu látek, kterou nazval „jednoduché substance“ a napsal o ní, že je to „poslední bod, kterého je naše analýza schopna dosáhnout, ...“, takže v tabulce jsou „všechny látky, ve které jsme schopni, podle mého názoru, zredukovat těla¹⁰ rozkladem.“ Pojem „jednoduchá substance“¹¹ se později změnil v „chemický prvek“, myšlenka nerozložitelnosti zůstala, jen pozdější objev jaderných přeměn ukázal, že nemusí jít o totální a věčnou neměnnost. Lavoisier uvedl v tabulce „jednoduchých substancí“ sedmáct položek a můžeme konstatovat, že jeho systém zůstal v zásadě

⁷ M. ULLMANN. *Die Natur- und Geheimwissenschaften im Islam*. Leiden, Brill, 1972.

⁸ Byly to látky, které se snadno vypařují nebo sublimují, takže sem kromě rtuti patřil *sal ammoniac* (salmiak, chlorid amonný, NH_4Cl), sloučeniny arsenu, a síra. Té rozlišoval Rāzī pět druhů; jak se dnes ukazuje, byly to preparáty různé čistoty, takže například „černá síra“ byla kontaminována asfaltem.

⁹ A.-L. LAVOISIER. *Traité élémentaire de Chimie*. Paris, 1789, na začátku části II.

¹⁰ Jako „tělo“ se původně v alchymii běžně označovaly kovy, postupně se význam pojmu rozšířil obecně na sloučeniny.

¹¹ V orig. *Substances simples*; podrobná analýza viz R. SIEGFRIED. Lavoisier's Table of Simple Substances: Its Origin and Interpretation. *Ambix*, 29, 1982, s. 29 – 48.

podobný Rāziho dělení, jen s prvky. Jsou zde čtyři základní skupiny, jednou z nich kovy,¹² které jsou seřazeny abecedně. Sotva to bylo možné jinak.

Pokrok mohl nastat až poté, kdy chemie začala uvažovat v rámci konkrétnější představy atomů (i když je nikdo neviděl) a také jejich atomové váhy.¹³ Tento významný průlom do poznávání hmoty byl dílem Angličana Johna Daltona (1766–1844), který s ním poprvé seznámil vědeckou veřejnost roku 1803 na přednášce v Manchesteru.¹⁴ Teprve zavedením atomových vah se objevilo exaktní kritérium, podle něhož bylo možné řadit chemické prvky. Když se vědci v rámci kongresu v Karlsruhe roku 1860 dohodli na konvenci a atomové váhy byly vztahovány k vodíku, padla i poslední překážka – rozdíl v dosavadních hodnotách.¹⁵

Cesta pokusů o uspořádání chemických prvků byla otevřena a vydala se po ní v šedesátých letech 19. století řada vědců. Tato historie je dnes zpracována; zmiňme se proto jen o některých postavách a o momentech tohoto vývoje.¹⁶ Dříve než se budeme zabývat tímto klíčovým obdobím, uveďme jistou přehledu k němu, totiž práci německého chemika Johanna Wolfganga Döbereinera (1780–1849), který už roku 1811 vyslovil přesvědčení o možnosti klasifikace prvků,¹⁷ což byl názor hodný pozornosti, uvážíme-li dobu, kdy byl vysloven. Následně, když již byly k dispozici přesnější atomové váhy a navíc bylo objeveno několik dalších prvků, uvedl Döbereiner roku 1829 svoje „triády“, trojice prvků s podobnými chemickými vlastnostmi, seřazené podle rostoucí atomové váhy. Navrhl jich pět, například Li-Na-K, Cl-Br-I, ale někdy se zmýlil, třeba v trojici Mn-Cr-Fe. Ve třech dalších triádách dokonce vynechal prostřední prvek, o němž soudil, že ještě není znám. I zde se zmýlil, když navrhl například trojice B-?-Si nebo Be-?-Al.¹⁸ Rozhodně to však byl průkopnický

¹² V první jsou vzdušné plyny, ale také *lumière* a *calorique*, když světlo a teplo byly považovány za hmotné substance, další skupinou jsou látky tvořící kyseliny (o nich se předpokládalo, že všechny obsahují kyslík), dále kovy a konečně skupina minerálů, které elementární podstatu nemají (např. křída).

¹³ V tomto textu budeme používat dobové názvosloví.

¹⁴ B. JAFFE. *Crucibles: The Story of Chemistry*. New York, Dover, 1976, kap. VII.

¹⁵ Na kongresu bylo dohodnuto, že „váha poloviny molekuly vodíku“ je rovna jedné. Současně se definitivně prosadily představy molekul (H. M. LEICESTER. *The Historical Background of Chemistry*. New York, Dover, 1971, kap. XX.

¹⁶ Připomínáme dva z uznávaných titulů: J. W. VAN SPRONSEN. *The Periodic System of Chemical Elements. A History of the First Hundred Years*. Amsterdam, Elsevier, 1969; E. R. SCERRI. *The Periodic Table: Its Story and Significance*. Oxford, Oxford University Press, 2007.

¹⁷ J. W. DÖBEREINER. *Lehrbuch der allgemeinen Chemie*. Jena, 1811–1812.

¹⁸ A. J. IHDE. *The Development of Modern Chemistry*. New York, Dover, 1984, s. 236.

čin, který poněkud rozvádíme, abychom naznačili, že pro další sestavování prvků měli vědci určité „prefabrikáty“. Není však sdostatek prostudováno, jak dalece se tyto informace rozšířily ve vědecké komunitě.

3. Pokusy o klasifikaci prvků do roku 1869

Po delší pauze, v šedesátých letech, byla již situace chemického bádání taková, že bylo jen otázkou času, kdy v sestavování prvků někdo uspěje. Z těchto pokusů připomeňme „telurický šroub“, model ve skutečnosti trojrozměrný, který navrhl francouzský geolog a mineralog Alexandre Emile Béguyer de Chancourtois (1820–1886) v roce 1862. Systém se neujal také pro nesnadnou konstrukci a zůstal v podstatě nepovšimnut.¹⁹ Ale i v této méně obvyklé podobě se rýsovaly některé souvislosti mezi prvky, nutno však přiznat, že se hledaly obtížněji.

Jinou, sice správnou, ale rovněž neúspěšnou verzí byl model, s nímž roku 1867 vystoupil Gustavus Detlef Hinrichs (1836–1923). Jeho systém má hvězdicovou podobu, v níž jsou na jednotlivých paprscích vycházejících ze společného středu vždy řady podobných prvků, opět klasické: Li-Na-K, N-P-As-Sb-Bi, atd. Ani tato podoba se neujala, a když se Hinrichs pokusil o dva roky později o tabelární formu, bylo již pozdě.²⁰

Dospíváme k učenci, jenž posloužil úvodním citátem. John Newlands, syn anglického otce a italské matky, který jistou dobu bojoval v Garibaldiho armádě, zanechal řadu publikací naznačujících jeho postup při sestavování prvků.²¹ Nutno přiznat, že původně vycházel z nesprávných atomových vah některých prvků, což se odrazilo na jeho závěrech. Navíc, protože neznal novější představu, vycházel dlouho z „chemických ekvivalentů“.²² Ve své první práci z února 1863 rozdělil Newlands prvky do jedenácti skupin na základě příbuznosti.²³ Tento systém měl četné nedostatky, například osmium bylo ve skupině s dusíkem, čtvrtá skupina shrnula nesourodou směs: Mg, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd. Newlands se sice dále věnoval ekvivalentům, ale vzal v úvahu přesnější atomové váhy a jeho publikace vyvrcholily

¹⁹ VAN SPRONSEN, 1969, c. d., s. 97.

²⁰ Tamtéž, s. 116.

²¹ Tamtéž, s. 102 a dále.

²² Ty se odvozovaly poměrně složitě ze slučovacích poměrů prvků, tedy z jejich mocností, a vedly často ke konfúzním údajům, kdy bylo pro jeden prvek uváděno více různých ekvivalentů (LEICESTER, 1971, c. d., s. 159).

²³ J. A. R. NEWLANDS. On the Relation among the Equivalentents. *Chemical News*, VII, 1863, s. 70–75.

roku 1865 krátkou zprávou, v níž ohlásil „Zákon oktáv“.²⁴ Především právě touto prací hájil svou prioritu objevu periodického zákona.

Shrneme – zákon oktáv, skutečnost, že se analogické prvky opakují na osmém místě, jsou-li řazeny podle rostoucí atomové váhy, platí jen v prvních dvou periodách dnešní tabulky. Navíc, některé prvky zařazoval Newlands i nadále nesprávně,²⁵ kromě toho jich měl v první verzi tabulky jen dvacet čtyři,²⁶ ač jich bylo známo více. Přes tyto výhrady nutno tomuto vědci přiznat určitý přínos, když například vynechal místa pro některé budoucí prvky, ale nestačí to zdaleka na uznání priority, které ještě roku 1884 požadoval.

4. Tři protagonisté periodického systému

Na definitivním formování periodické tabulky se podíleli především tři vědci. Profesor oxfordské univerzity William Odling (1829–1921) navrhl již roku 1864 klasifikaci chemických prvků nezávisle na Newlandsovi.²⁷ Významné je, že nepochyboval o existenci obecné zákonitosti panující v tomto systému, ale dále v těchto úvahách nepokročil. Zato do něj zahrnul 51 ze 60 tehdy známých prvků, seřadil je podle rostoucí atomové váhy, a kde to bylo namístě, učinil výjimku z tohoto pravidla, takže byl první, kdo prohodil pořadí teluru a jodu.²⁸ Odling také v tabulce jako první jasně odlišil hlavní a vedlejší skupiny prvků, čímž se periodičnost jejich uspořádání

²⁴ TÝŽ. On the Law of Octaves. *Chemical News*, XII, 1865, s. 83.

²⁵ I v nové kritické edici svého zákona oktáv: J. A. R. NEWLANDS. Extract from Report of Meeting of the Chemical Society, March 1, 1866. *Chemical News*, XIII, 1866, s. 113–115.

²⁶ Zajímavostí, a to nejen této tabulky, byla značka Di, označující prvek *didymium*, který objevil roku 1842 Švéd Carl Gustav Mosander (1797–1858). Jak se později ukázalo, byla to ve skutečnosti směs *praseodymu* a *neodymu*, které objevil Auer von Welsbach (1858–1929), jejichž existenci tušil také český chemik Bohuslav Brauner (1855–1935), ale *didymium* nedokázal rozdělit (E. M. WEEKS. *Discovery of the Elements*. 7. vyd. Easton, Pa, Journal of Chemical Education, 1968, kap. 16).

²⁷ VAN SPRONSEN, 1969, c. d., s. 112.

²⁸ Při řazení podle rostoucí atomové váhy (dnes Te 127,60, I 126,9045) by se jod nedostal mezi halogeny, což postrádalo logiku. Problém této dvojice prvků zaměstnával všechny, kdo se pokoušeli sestavit prvky, i Mendělejeva. Bohuslav Brauner usoudil, že telur je směsí dvou prvků, a druhý, o němž soudil, že ho roku 1889 izoloval, nazval *austrium* (*austriacum*). Byl to jeden z četných omylů v objevech prvků (podrobně o tomto omylu viz V. KARPENKO. The Discovery of Supposed New Elements: Two Centuries of Errors. *Ambix*, 27, 1980, s. 77–102. V této práci je také přehledná tabulka mylně objevených prvků s odkazy na původní práce).

stala ještě patrnější. Později, roku 1868, tento vědec publikoval další tabulku, kde ale byly nesprávně zařazeny přechodné kovy a také zlato. Navíc omezil počet prvků na 46, takže to byla horší varianta, než systém z roku 1864. Přesto je Odling považován za jednu z klíčových postav závěrečné fáze vzniku periodické soustavy.

K vyvrcholení pokusů došlo roku 1869, kdy nezávisle na sobě publikovali tabulku prvků Němec Julius Lothar Meyer (1830–1895), profesor polytechniky v Karlsruhe, a Dimitrij Ivanovič Mendělejev, profesor petrohradské univerzity. Nejprve k Meyerovi, jenž zůstal na pomyslné cílové pásce druhý. Pro detaily rozdílů mezi oběma tabulkami odkazujeme na van Spronsenovu monografii, kde jsou podrobně rozebrány.²⁹ Oba vědci se místy dopustili chyb, Meyer navíc nerozlišil hlavní a vedlejší skupiny, jako to učinil Odling. Je mimo diskusi, že oba vědci pracovali zcela nezávisle, což jen potvrzuje, že tehdy byl dostatek podkladů k sestavování systému prvků. V pozdějších polemikách o prioritě se Meyerovi stala, mimo jiné, osudnou věta konstatující, že jeho tabulka je v zásadě shodná s tou, kterou uvedl Mendělejev, když naznačil, že se objevila trochu dřív.³⁰

Periodická tabulka tak vstoupila do dějin pod Mendělejevovým jménem, a můžeme přiznat, že právem. V roce 1869 sestavil správně většinu prvků tehdy známých, podobně jako již Newlands vynechal místo pro chybějící.³¹ Ovšem v tomto případě předpověděl existenci tří prvků velmi přesně, když uvedl pravděpodobné hodnoty jejich fyzikálních vlastností a popsal chemické. Tyto předpovědi se naplnily s mimořádnou přesností, což Mendělejeva proslavilo. Jeho hlavním přínosem ale bylo, že na rozdíl od svých předchůdců jednoznačně formuloval vztahy mezi prvky v tabulce jako *periodický zákon*. Tím se uzavřela ve skutečnosti dlouhá a nikoli snadná cesta k úspěchu, jejímž cílem bylo zavedení systému v chemii. Ovšem rokem 1869 neskončila, což závěrem naznačíme.

5. Mylné dozvuky

Periodická tabulka nebyla zdaleka uzavřená; zůstala v ní volná místa pro prvky dosud neobjevené a také přetrvával, či spíš narůstal, problém jedné skupiny, totiž

²⁹ VAN SPRONSEN, 1969, c. d., s. 124 a dále.

³⁰ Meyer napsal: „Die nachstehende Tabelle ist im Wesentlichen identisch mit der von Mendelejeff gegebenen“ (VAN SPRONSEN, 1969, c. d., s. 127).

³¹ Možná je vhodné korigovat jednu vědeckou legendu. Tradovalo se, že Mendělejev původně použil vizitky, na jejichž rubu napsal značky prvků, a dále postupoval jako se skládankou. V jeho archívu není žádný důkaz, a nezmínil se o tom ani později jeho syn (M. D. GORDIN. Paper Tools and Periodic Tables: Newlands and Mendeleev Draw Grids. *Ambix*, 65, 2018, s. 30–51).

inertních, dnes vzácných plynů, k jejichž objevům postupně docházelo.³² Mendělejev se k těmto prvkům stavěl zprvu odmítavě; měl pocit, že ohrožují celou koncepci periodické tabulky. Významnou úlohu, a to nejen v zařazení těchto prvků, ale i v dalších podrobnostech uspořádání tabulky sehrál Bohuslav Brauner, řadu let spolupracovník Mendělejeva, když mimo jiné upřesnil atomové váhy některých prvků.³³ Pochybnosti o platnosti periodické tabulky trvaly ještě dlouho po jejím uveřejnění.³⁴ Tyto polemiky skončily přibližně až ve druhé dekádě 20. století; na jeho počátku vstoupil do diskusí dost překvapivě Mendělejev, jenž navrhl existenci hned dvou prvků lehčích než vodík, přičemž je řadil k inertním plynům.

Zvláště jeden z nich vzbudil pozornost – totiž „světový éter“, jak ho původně nazval.³⁵ Usoudil, že právě tato substance by mohla souviset s elektromagnetickým zářením, s nímž měla mít společnou vlastnost – schopnost prostupovat veškerou hmotou. Nicméně muselo jít podle něj o látku hmotnou, nikoli, jak se tehdy někteří vědci domnívali, o nehmotnou.³⁶ Mendělejev o tom publikoval roku 1905,³⁷ přičemž ve své učebnici *Основы химии* dokonce rozvedl matematickou úvahu o hmotnosti éteru, v níž vycházel z rychlosti atomů vodíku, blízké 1550 m/s. Uvažoval přitom vesmírný prostor, kde by měl éter především být, tedy prostředí, jehož teplotu odhadoval na -80°C . Při tak optimistickém údaji mu rychlost pohybu částic éteru vyšla 2000 km/s, takže „pokud éter pokládáme za elementární plyn, podobný argonu, jeho atomová váha (přijímajíc $H = 1$) x není daleko od 0,000 001“.³⁸ Oba plyny lehčí než vodík později navrhl pojmenovat *newtonium* (éter) a *coronium*; jejich atomové váhy měly být $5,3 \cdot 10^{-11} \leq x \leq 0,17$, respektive 0,4. Éter,³⁹ newtonium, coronium, to

³² Helium 1868 ve slunečním spektru, v zemské atmosféře 1895, argon 1894, krypton, neon a radon roku 1898.

³³ Brauner věnoval třicet dvě ze svých publikací problémům periodické tabulky; zasloužil se rovněž o její prosazení v tuzemsku i v zahraničí (S. ŠTRBÁŇOVÁ. Nationalism and the Process of Reception and Appreciation of the Periodic System in Europe and the Czech Lands. In M. KAJI, H. KRAGH, G. PALLÓ (eds.). *Early Responses to the Periodic System*. Oxford, Oxford University Press, 2015, kap. 6).

³⁴ Podrobně VAN SPRONSEN, 1969, c. d., kap. 9.

³⁵ V orig. мировой эфир.

³⁶ Snad to byla vzdálená ozvěna pátého Aristotelova elementu, který nazval *aithér*, jenž měl být věčný a tvořit supralunární oblast. Čtyři elementy, voda, oheň, země a vzduch, schopné vzájemných proměn, měly být ve světě sublunárním, který je proto proměnný.

³⁷ D. MENDELEĚF. *An Attempt Towards a Chemical Conception of the Ether*. Přel. G. Kamensky. London, Longmans, Green & Co, 1904, s. 26.

³⁸ В. ХРАМОВ. Мировой эфир Менделеева. *Химия и жизнь*, 12, 1976, s. 32–33.

³⁹ Éter byl přitažlivý; již roku 1898 ohlásil Američan C. F. Brush objev *etheria*, elementárního plynu, v zemské atmosféře, ale přes veškeré dlouhé úsilí ho nikdy nepřipravil.

byly jen některé z četných případů omylů v objevech prvků, jichž je asi dvakrát více, než objevů skutečných.⁴⁰

Výše jsme připomněli Braunerovo *austrium* (omylů stejně pojmenovaných bylo několik), skončeme ukázkou problémů s podskupinou VII. B moderní periodické tabulky, kde je mangan, technecium a rhenium. V roce 1869 tam byl pouze první z nich, takže vědci hledali *eka-mangan* a *dvi-mangan*, použijeme-li dobové názvosloví, které zavedl Mendělejev.

Eka-mangan se stal doslova kamenem úrazu; dlouho nikdo netušil, že jde o prvek radioaktivní, nestálý. Jen zmiňme, že tento prvek atomového čísla 43 ohlásil roku 1896 Prosper Barrière pod názvem *lucium*, roku 1908 to bylo *nipponium* Matasaka Ogawy (1865–1930). Nakonec uspěli v letech 1939/1940 Emilio Segrè (1905–1989) a Carlo Perrier (1886–1948).

Před tím však do zmíněné série chybějících prvků výrazně zasáhli němečtí vědci Ida Tackeová (1896–1978), Walter Noddack (1893–1960) a Otto Berg (1874–1939), kteří ohlásili roku 1925 objev hned dvou prvků, *masuria*, číslo 43, a *rhenia*, číslo 75.⁴¹ Jen druhý z nich byl skutečný, masurium byl omyl, který navíc vyvolal i nevěli nikoli vědeckou – někteří vědci pokládali název za nešťastný, shledávali v něm projev nacionalismu. Nebyli daleko od pravdy; později oba manželé inklinovali k nacismu, takže Walter Noddack, profesor univerzity ve Freiburgu, získal po obsazení Alsaska hitlerovským Německem pozici na štrasburské univerzitě.⁴² Během války byla vědecká produkce této dvojice téměř nulová, po válce stanuli dokonce před denacifikační komisí a následujících dvanáct let žili v Turecku. Ida Noddacková, jejíž hvězda zazářila koncem třicátých let,⁴³ se již nikdy nevrátila na výsluní. Je zajímavé, že na objevu *masuria* po léta trvala. Osud manželů Noddackových jen dokládá, že se věda neodehrává mimo společnost.

V téže době jako Noddackovi hledali *dvi-mangan* i další vědci: „Pro boha či čerta, vezměte si jednu všechny mé dopisy k ruce, udělejte si na čas volno, a odepíšte mi na všechny dotazy, jimiž Vás 2 měsíce zahrnuji!“ Dopis datovaný 19. září 1926 v Montrouge svědčí o netrpělivosti odesilatele, jímž byl profesor Jaroslav Heyrovský (1890–1967), proslulý elektrochemik, objevitel polarografie, adresátem pak profesor Václav Dolejšek (1895–1945; popraven za okupace), významný spektroskopista.

⁴⁰ Podrobně M. FONTANI, M. COSTA, M. V. ORNA. *The Lost Elements. The Periodic Table's Shadow Side*. Oxford, Oxford University Press, 2015.

⁴¹ Roku 1926 se Tackeová provdala za Waltera Noddacka a od té doby se psala Ida Noddack.

⁴² Ida Tackeová se narodila v Berlíně, ale rodinné kořeny sahaly do Východního Pruska, do oblasti Mazurských jezer. Podstatné bylo, že tam v srpnu 1914 německá armáda rozdrtila ruskou, v níž padlo přes 125 000 mužů, což měla na paměti při volbě názvu prvku.

⁴³ Dokonce byla třikrát navržena na Nobelovu cenu.

Spěch byl na místě, týkal se objevů prvků. Zde je další úryvek: „Dále se musí vyrukovat s 43, máte-li ji přesvědčivě nalezenou!“ Jak víme, v té době nemohl být tento prvek nalezen klasickými metodami. A konečně: „Trvám na tom, že musíme spektrum jak 43, tak 75 co nejdříve uveřejniti!“⁴⁴

Tito vědci se tedy domnívali, že objevili přinejmenším prvek 75, tehdy stále ještě dvi-mangan, i když zpráva o rheniu už byla publikována, navíc dokonce soudili na objev prvku 43 a dále se dopis zmiňuje o čísle 85, dnes astat. Netušili, že poslední dva prvky jsou mimo jejich technické možnosti, a publikovali jen objev dvi-manganu, který pokládali za téměř jistý.⁴⁵ Ještě o dva roky později tomu věřili,⁴⁶ aby v posledku přiznali neúspěch v publikaci konstatující absenci rhenia v solích manganu, v nichž nový prvek právě hledali, pomocí polarografie a spektroskopicky.⁴⁷

Periodická tabulka, z jejíž historie jsme uvedli pouhé epizody, dnes žije jinými tématy, především hledáním nových supertěžkých prvků a otázkou – kde končí?

Závěr

Tento text je pokusem naznačit, alespoň v základních rysech, dějiny jedné oblasti bádání v chemii a v předchemických oborech, též v alchymii, totiž snahu o uspořádání, o klasifikaci substancí anorganického světa. Již rudimentární chemická činnost, a také řemeslná, přinášela poznatky zprvu jen opravdu primitivní, ale i ty naznačovaly, že některé skupiny látek jsou si podobné, blízké. Podobný proces probíhal ve zkoumání minerálů a rud, takže obě oblasti nejednou postupovaly v bezděčné shodě. Pokusy o klasifikaci se objevovaly velmi dávno, dokonce ve starověku. Problémem předchemického období bylo nejen nepřehledné názvosloví, ale především absence pojmu prvek, neboť podstata hmoty byla vykládána jinak, v rámci dobových znalostí. I tak se však podařilo vypracovat poměrně zdařilý systém látek tehdy známých, který byl dlouho používán.

Na řadě těchto poznatků mohla stavět vznikající chemie; zásadní obrat nastal na přelomu 18. a 19. století. Nejen, že vstoupila do vědy představa chemického

⁴⁴ Za laskavé poskytnutí dopisu z rodinného archívu děkuji RNDr. Zdeňku Dolejškovi, CSc., z Ústavu fyzikální chemie AV ČR; podtržení v originálu.

⁴⁵ V. DOLEJŠEK, J. HEYROVSKÝ. The occurrence of dvi-manganese in manganese salts. *Nature*, 116, 1925, s. 782–783.

⁴⁶ V. DOLEJŠEK, J. HEYROVSKÝ. Über das Vorkommen von Dvimangan in Manganverbindungen. *Recueil des Travaux Chimiques des Pays-Bas*, 46, 1927, s. 748–755.

⁴⁷ J. HEYROVSKÝ. A sensitive polarographic test for the absence of rhenium in manganese salts. *Nature*, 135, 1935, s. 870–871.

prvku, poté také atomu, ale současně docházelo k četným objevům, takže nakonec bylo možné pokusit se o klasifikaci, přejít od sloučenin k prvkům. Hledání systému vyvrcholilo roku 1869 Mendělejevovou periodickou tabulkou prvků, a také obecným zákonem, který z ní vyplynul. Tento úspěch byl, jak je naznačeno, výsledkem velmi dlouhého vývoje.

Summary

The periodic system of elements was a product of centuries old attempts to organize material, inorganic world, as natural human aspiration to arrange the picture of surrounding environment. From the primitive classification in antiquity, the first peak was the system of mineral substances proposed by Arabic alchemist and physician Abū Bakr Muhammad ibn Zakarija ar-Rāzī (ca. 865 – cca. 925). In Europe his system remained in use until the end of the 17th century. Antoine-Laurent Lavoisier's proposal of the definition of chemical element as "simple substance", and subsequent John Dalton's (1766–1844) atomic theory allowed to advance to a higher level – to begin attempts at classification of elements. After several versions by Johann Wolfgang Döbereiner (1780–1849), Alexandre Emile Béguyer de Chancourtois (1820–1886), John Alexander Reina Newlands (1837–1898), and others, all not fully correct, in 1869 Dimitri Ivanovich Mendeleev (1834–1907) and independently Julius Lothar Meyer (1830–1895) published the table that is still in use. The priority of Mendeleev is rightly recognized, as he was able not only to arrange the elements, but also formulate general conclusion – the periodic law. Yet, not only he but many scientists before and after publication of the table failed in their search for new elements, what has resulted in numerous erroneous discoveries. They belong inherently to the history; a few examples are given as well.

Author's address:

Katedra filosofie a dějin přírodních věd PřF UK
Viničná 7, 128 00 Praha 2