

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

František Běhounek

Od rádia 226 k řízeným jaderným reakcím

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 17 (1972), No. 2, 82--88

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/138525>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1972

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

OD RÁDIA 226 K ŘÍZENÝM JADERNÝM REAKCÍM

FRANTIŠEK BĚHOUNEK, Praha

„V 30. letech považovalo mnoho lidí výzkum atomového jádra za tak abstraktní a tak odtržený od života, že byly vysloveny pochybnosti, zda je prospěšné financovat jej i třeba jen na skromné základně.“

Akademik Nikolaj Bogoljubov
(v závěrečném hodnocení IV. mezinárodní konference o mírovém využívání atomové energie, Ženeva 16. 9. 1971)

Přes všechny obdivuhodné objevy o struktuře hmoty odehrávalo se studium radioaktivity po dlouhá léta jen jako velmi podřadná kapitola na okraji fyzikálního a chemického základního výzkumu. Na celém světě bylo jen několik pracovišť, věnovaných výhradně fyzikálnímu a chemickému výzkumu radioaktivity. Jejich typickým reprezentantem byla *Laboratoire Curie* v Paříži, vedená spoluobjevitelkou rádia 226, dvojnásobnou laureátkou Nobelovy ceny, MARIÍ SKŁODOWSKOU-CURIEOVOU. *Laboratoire Curie* měla dva pavilóny, větší a menší. Ve větším pavilónu byly laboratoře fyzikální a chemické, menší měl v podzemí silný roztok chloridu radnatého a speciální aparaturu na odčerpávání a kondenzování radonu ($Rn-222$); ve zvýšeném přízemí byly laboratoře používané jen občas a pro speciální práce. Celý tento malý pavilón byl totiž prosycen stopami radonu, unikajícího při jeho kondenzaci do skleněných kapilár, takže v jeho laboratořích nebylo možno instalovat měřicí přístroje pro příliš vysoké spontánní pozadí.

Už v době autorova prvního pobytu v *Laboratoire Curie* (1920—1922) považovalo se kondenzování $Rn-222$ za zdravotně rizikovou práci a bylo proto honorováno částkou 50 franků za každé čerpání. To byla v tehdejší době pro chudého stážistu lákavá příležitost k mimořádnému výdělku. Vždyť v těch nejskromnějších studentských hospůdkách Latinské čtvrti se dostalo polední menu už za 2,75 franků! Zajímavé je, že rizikost přípravy radonových kapilár nebyla tehdy hodnocena z hlediska možné inhalace $Rn-222$, které zastáváme dnes, ale z titulu popálenin prstů, jemuž se při sebe větší opatrnosti pracovník neubráníl.

Výzkum radioaktivity byl ve 20. letech samozřejmě extrapolací předchozích objevů. V popředí stála genetická souvislost jednotlivých přírodních radionuklidů (ale toho pojmenování se nepoužívalo), jejich izolace a koncentrace a výzkum jejich záření. Základní stavba atomového jádra se už rýsovala, hlavně po objevech RUTHERFORDOVÝCH, který už také uveřejnil (1919) výsledky prvního umělého zásahu do atomových jader lehkých prvků pomocí částic alfa. Některé z nich dokonce vedly k uvolnění malé části jaderné energie v podobě kinetické energie protonů, vyražených částicemi alfa

z atomového jádra. Elementární částice znali tehdy fyzikové jen dvě, proton a záporný elektron. Až do objevu neutronu (1931) působilo proto potíže vysvětlit rozdíl mezi hmotovým číslem a kladným nábojem atomového jádra. Elektrony, jejichž rozměr byl definován podle zákonů klasické fyziky, se prostě do jádra nevešly. A tak se raději tato záhada přecházela mlčením, i když existence částic beta jasně prokazovala přítomnost záporných elektronů v atomovém jádře.

Přístrojové vybavení *Laboratoire Curie* a pracovišť jí podobných se skládalo z elektrostatických elektrometrů, ionizačních komor různých typů, Wilsonovy mlžné komory a magnetického spektrografu. Přístroje pro speciální výzkum, jako byla např. tlaková ionizační komora pro studium Braggovy křivky, vyráběl v podzemní dílně mechanik s jedním učedníkem — bydlel také v mansardách hlavního pavilónu. Měl často velkou svízele rozluštit načmáranou skicu, kterou mu přinesl mladý vědecký pracovník, a domluvit se s ním o skutečné podobě přístroje. Zdrojem stálého vysokého napětí, které potřebovaly ionizační komory, bylo několik sad sestávajících z šesti set malých olovených akumulátorů, jejichž údržba byla stálým pramenem útrap pro mechanikova pomocníka.

Dotace *Laboratoire Curie* byly velmi skromné, ačkoliv před 2. světovou válkou byla Francie bohatým koloniálním státem. Příčinu této skromné podpory výzkumu radioaktivity správně vystihl BOGOLJUBOV, jehož slova citujeme v úvodu tohoto článku. *Laboratoire Curie* si přivydělávala na své potřeby měřením radioaktivních preparátů, vyráběných pro léčebné účely. Mít „certifikát laboratoře Curie“ považovali výrobci těchto preparátů za velmi dobrou reklamu a byli ochotni za změření slušně zaplatit. Měření se dělo pomocí záření gama a srovnáním jeho intenzity s intenzitou záření gama rádiového etalonu (chloridu radnatého), jehož obsah Ra-226 byl určen s velkou přesností metodami analytické chemie.

Zařízení laboratoří bylo spartánské. I v pracovně samotné paní Curieové byly jen stoly a knihovny z obyčejného žlutě natřeného dřeva. Pracovna je dodnes pietně zachována v původním stavu. Korespondenci si vyřizovala paní Curieová sama, většinou rukopisně drobným úhledným písmem, na sekretářku se zmožila až koncem 20. let.

Zajímavým protějškem *Laboratoire Curie* byla soukromá vědecká laboratoř vévody MAURICE DE BROGLIE, jehož mladší bratr, princ LOUIS*), laureát Nobelovy ceny, je spoluzakladatelem vlnové mechaniky. *Laboratoř de Broglie*, umístěná ve starém rodinném pařížském paláci, se původně zabývala výzkumem záření X, ale později přešla na studium nové elementární částice, pozitronu — a podala přímý důkaz vzniku anihilačního záření gama — a výzkum struktury kosmického záření, zejména jeho elektrono-fotonových přesk.

V kolektivu vědeckých stážístů *Laboratoire Curie*, většinou mladých lidí ve stáří

*) Rodina de Broglieů přišla do Francie z Itálie a jejich původ se projevuje nejen v odlišné titulatuře, ale i výslovností (de Broj) jejich jména. V rodině měli převahu státníci a vojáci, jeden z de Broglieů, maršál, velel sboru, který za Marie Terezie okupoval Prahu. I Louis de Broglie zahájil svou životní dráhu jako důstojník francouzského válečného loďstva.

22 až 30 let, převládali cizinci a mezi nimi zase Slované, zejména Poláci, krajané paní Curie. Vykrytalizoval se z něho záhy malý mezinárodní kroužek složený z Jugoslávce (K. D. YOVANOVITSCH), Poláka (S. ROSEMBLUM), Čechoslováka (autora), Švýcara (J. D'ESPINE) a Francouze (G. FOURNIER). V r. 1925 se k němu připojil nováček, Francouz FRÉDÉRIC JOLIOT, soukromý asistent paní Curieové, jenž se stal později manželem její dcery a spolupracovnice Ireny. Dal přednost skromně placenému místu vědeckého pracovníka před daleko lépe honorovaným postavením inženýra luxemburských oceláren. Při své práci v laboratoři Curie rychle dokončil universitní studia a v krátké době potom předložil i svou doktorskou tezi (elektrochemie polonia).

Ve vývoji studia radioaktivity a jaderné fyziky vůbec sehrála velmi důležitou a málo dosud doceněnou úlohu skutečnost, že lékaři záhy objevili v koncentrovaných preparátech Ra-226 nový účinný prostředek k potírání rakoviny. Lékaři měli vždy mnohem více peněz než fyzikové a mohli zaplatit velmi drahé radiové preparáty: připomeňme si, že v době největší konjunktury Ra-226 se platil jeho jediný gram závratnou částkou 125 000 \$. Toto využití rádia podnítilo jeho technologickou výrobu a oživilo znovu zašlou slávu Jáchymova. Fyzikové se později na výrobě Ra-226 přizívovali, i když mohli nárokovat jen mnohem nižší kvanta než lékaři, pro která by nebylo stálo za to technologickou výrobu rádia vyvíjet. V záření alfa jeho dceřiných produktů (Ra C' a Po-210) našli fyzikové velmi účinný prostředek k sondování atomových jader. Rutherford použil částic alfa z Ra C' (= Po-211) k prvnímu umělému zásahu do atomových jader lehkých prvků; Joliot se svou manželkou přiměli pomocí částic alfa Po-210 atomová jádra lehkých prvků k umělé radioaktivitě, spojené s vyzařováním pozitronů (1934) a E. FERMI se spolupracovníky získal z velmi silného preparátu radonu (kolem 800 mCi), poskytnutého lékaři, takové množství částic alfa, že stačily vyloučit z berylia dosti neutronů schopných vyvolat umělou radioaktivitu v celé řadě prvků, mezi nimiž byl i přírodní radioaktivní prvek, uran. S uranem se dostáváme k nové cestě za jadernou energií a k řízeným jaderným reakcím. Objevy jdou pak rychle za sebou: 1939 HAHN a STRASSMANN dokazují, že umělá radioaktivita Fermiho, vzbuzená v uranu neutrony, není pouhým oddrobením nukleonu, ale přímým rozštěpením atomového jádra uranu, uvolňujícím o dva řády vyšší energie než dosavadní umělé zásahy do atomových jader jiných prvků. O dva roky později už zjišťují v pařížské laboratoři (HALBAN JR., Joliot-Curie a KOWARSKI) a v USA (SZILLARD a spol.), že rozštěpené atomové jádro uranu uvolní současně několik neutronů schopných podnítit — za vhodných podmínek! — další štěpení nových atomových jader uranu. Podklady pro neřízené jaderné reakce (atomová puma) a řízené (jaderný reaktor) jsou už pevně položeny.

Souběžně s touto snahou připravit větší množství střel k účinnému sondování atomových jader a k výzkumu jejich struktury jde i vývoj umělých urychlovačů iontů. Dnes už trvá čtyři desítky let a na jeho počátku je skromný laboratorní kaskádní generátor protonů COCKCROFTA a WALTONA na 710 000 V v Cambridgi a na jeho — prozatímním! — konci obří urychlovač serpuchovský (SSSR), urychlující protony

pomocí elektromagnetu o průměru 1/2 km na energii 70 GeV. To však není poslední slovo ve vývoji obřích a velice nákladných urychlovačů: v USA se staví urychlovač s energetickým výkonem 200 a více GeV a v mezinárodním ústavu *CERN* u švýcarské Ženevy podobný přístroj na 300 GeV. Stavba takových obřích urychlovačů se dostala pro nadměrné náklady investiční i provozní (1 GeV přijde na 1 až 2 milióny dolarů a roční provozní náklady činí 10 až 15% nákladů investičních) počátkem 50. let do stadia určité stagnace. Fyzikům byla kladena otázka, zda jejich výzkum elementárních částic, prováděný obřimi urychlovači, skutečně přinese takové výsledky, které by oprávnily všechny vysoké náklady. SSSR neváhal s kladnou odpovědí a kapitalistické státy jej nakonec následovaly.

Skutečnost, že r. 1918 přešly uranové doly v Jáchymově do majetku Československé republiky, dala podnět k výzkumu radioaktivity i u nás. Až do té doby byly radiové preparáty, vyrobené v Jáchymově pro potřeby lékařů, měřeny na obsah Ra-226 ve Vídni, v *Institut für Radiumforschung*. Tento ústav, řízený profesorem STEFANEM MEYEREM, vznikl ze soukromého daru a byl pak převzat rakousko-uherským státem. Kromě servisní práce pro jáchymovské doly se zabýval podobnou tematikou jako *Laboratoire Curie*, tj. studiem přírodních radionuklidů a jejich záření. Z prestižních důvodů bylo nemyslitelné, aby samostatná Československá republika posílala nadále jáchymovské výrobky k měření do Vídně, a tak ministerstvo veřejných prací ČSR, do jehož správy Jáchymov přešel, zřídilo vlastní resortní ústav pode jménem *Státní radiologický ústav ČSR*. Pro ústav byla zbudována nástavba na sanatoriu v Podolí — jež bylo majetkem akciové společnosti — a ministerstvo veřejných prací z ní platilo nájem. Dekret o založení ústavu byl sice vydán již v r. 1919, avšak ústav zahájil činnost až teprve r. 1923 a to ještě jen v několika místnostech, jež pro něj sanatorium provizorně uprázdnilo. V nástavbě bylo potom 13 místností, převahou fyzikálních laboratoří, jejichž přístrojovým vybavením a vedením byl pověřen autor. Podle zakládacího dekretu měl ústav rozvinout bohatou činnost výzkumnou v oboru radioaktivity a jejich aplikací, ba dokonce i elektroniky, avšak k uskutečnění takového programu chyběly jak kádry, tak i peněžní prostředky. Ústav měl všeho všudy 8 zaměstnanců (4 vysokoškoláky RNDr, 2 laboranty, sekretářku a uklízečku) a jeho rozpočet byl s postupující hospodářskou krizí 1. republiky seškrtáván až na naprosto nezbytné minimum.

Za takových okolností nezbylo než zaměřit i výzkum na potřeby jáchymovských dolů, popř. na ně navazovat. Autor strávil v r. 1925 a 1926 řadu měsíců v Jáchymově za účelem vyšetření nejpříznivějších podmínek pro svedení termálního radioaktivního pramene (obsahoval Rn-222) z dolu *Svornost* do lázeňské čtvrti k léčebným účelům potrubím 3,5 km dlouhým. Při této příležitosti se zajímal o obsah radonu ve vzduchu v dolech a všech důlních vodách, o to, jak je radon vydechován skálou, obsahující matečnou horninu uranové rudy (smolince) a jak jej důlní voda roznáší do všech podzemních chodeb. Brzy nato zahájila vláda na základě těchto měření rozsáhlé a nákladné práce pro zlepšení důlní ventilace a snížení obsahu radonu, vdechovaného horníky. Dnes jsou výzkumy a jejich aplikace, jak je prováděl autor (a po něm dr.

V. SANTHOLZER, 2. fyzik *Státního radiologického ústavu*) před 45 lety, velmi aktuální v hlubinných uranových dolech USA. V té době se geofyzikové velmi zajímali o nízké vrstvy atmosféry, o jejich elektrické pole a elektrické náboje (ionizaci) a autor použil dlouhého pobytu v Jáchymově k výzkumu, jak dalece se tak silné radioaktivní podzemní prostředí uplatní ve volné atmosféře. Novou vlastní metodou zjišťoval obsah Rn-222 ve vzduchu, neboť se vědělo, že hlavním zdrojem ionizace nízké atmosféry jsou přírodní radionuklidy a záření gama zemské kůry, a kromě nich i záření kosmické, jehož výzkum byl tehdy ještě v hodně počátečním stadiu. Tyto práce vlastně už předjímaly dnešní velmi rozvíjenou výzkumnou tematiku znečištění životního prostředí člověka činností jaderných reaktorů a všech zařízení, jež s jadernou energetikou souvisí, uranovými doly počínaje a zpracováním ozářeného jaderného paliva konče.

Práce v Jáchymově vedla autora k extrapolaci daleko za hranice ČSR. V r. 1926 organizoval norský Aeroklub polární výpravu AMUNDSENOVU pomocí říditelné vzducholodi *Norge* a autorovi se podařilo jej zainteresovat na výzkumu atmosférické elektřiny a radioaktivity v polární oblasti. Byl pozván k účasti na výpravě, prováděl pak příslušná měření v základně výpravy (Kingsbay na Špicberkách, 79° s. z. š.), zatímco meteorolog výpravy F. MALMGREN měřil s jeho přístrojem elektrickou vodivost atmosféry při letu *Norge* z Kingsbay přes severní pól a celý zamrzlý arktický oceán na druhou stranu Země, na Aljašku.

Výsledky těchto polárních měření, uveřejněné v zahraničních vědeckých časopisech, daly podnět k tomu, že italský generál UMBERTO NOBILE, konstruktér vzducholodi *Norge* a spoluvatel Amundsenovy výpravy, pozval autora na svoji vlastní polární výpravu, uspořádanou o dva roky později (1928). I tentokrát použil Nobile vzducholodi své vlastní konstrukce (nazvané *Italia*) a plánoval poměrně rozsáhlý výzkum polární oblasti. Pro různé potíže technické a nepřízeň počasí podařilo se však tyto plány splnit jen zčásti. Autor měl tentokrát příležitost zúčastnit se přímo letu z Milána přes Německo a Norsko do Kingsbay a později z Kingsbay k břehům Grónska a přes severní pól do Kingsbay. Dosavadní měření rozšířil při tom o měření kosmického záření pomocí elektrometru s velmi nízkým vlastním ionizačním pozadím. V měření mohl pokračovat i po ztroskotání vzducholodi na zamrzlém polárním moři severovýchodně od Špicberků, neboť velmi robustně stavěný přístroj přečkal náraz na led celkem bez pohromy*).

Výsledky měření intenzity kosmického záření byly překvapující, poněvadž se prakticky neměnila (pokud vzducholod' letěla ve stejné výšce nad mořem) mezi Milánem až severním pólem. To odporovalo běžnému názoru, že zemské magnetické pole shrnuje nabitě částice kosmického záření k svým pólům a že tedy jeho intenzita, ionizačně měřená, bude větší v polárních oblastech než ve středních zemských pásmech. Proto také výsledky, uveřejněné autorem po návratu v několika zahraničních

*) Přístroj je dnes v Technickém museu v Praze, avšak bez okuláru, který od něho uštípl kleštěmi neznámý sběratel suvenýrů při dopravě přes Itálii do Prahy.

vědeckých časopisech, se setkaly s nedůvěrou, a to zejména doma, protože odedávna nikdo není prorokem ve své vlasti. O několik let později byly však potvrzeny, a to dvojnásobem, experimentálně i teoreticky. Američané zorganizovali s podporou *Carnegiova ústavu* rozsáhlou sérii měření kosmického záření tlakovou ionizační komorou na nejrůznějších zeměpisných šířkách a LEMAÎTRE a VALLARTA vypracovali teorii působení zemského magnetického pole na nabitě částice kosmického záření o různé energii. A tu se ukázalo, že zemské magnetické pole shrnuje částice nižších energií, jež se hlavně uplatňují ionizačně, v tak širokých proudech k svým pólům, že se jejich ionizační účinek prakticky nemění v celé rozsáhlé oblasti od 50. geomagnetické rovnoběžky až k pólu severnímu nebo jižnímu. Minimum intenzity kosmického záření existuje v oblasti geomagnetického rovníku. Autorovy výsledky byly tedy správné a přinesly vlastně první důkaz šířkového efektu magnetického pole na kosmické záření.

Mohutný rozvoj aplikované jaderné fyziky i chemie a jaderné technologie, probíhající ve světě od počátku 40. let a zaměřený jak vojensky, tak i mírově, přinesl velké změny u všech pokročilých států. Zakládaly se urychleně výzkumné laboratoře, ústavy a výrobní podniky zaměřené na tento nový vývoj a pojednou tu byl naprostý nedostatek kádrů obeznalých s prací s ionizujícím zářením. Vždyť jen samotný francouzský *Commissariat à l'Énergie atomique* zaměstnal v průběhu 10 let na 28 000 osob. Podobně tomu bylo ve Velké Británii, která začla rozvíjet jadernou energetiku v širokém měřítku, v USA i v Kanadě. SSSR, jenž instaloval první jadernou elektrárnu na světě (Obninsk, 1954), měl rozsáhlou spotřebu kádrů hlavně v široce rozvinutém jaderné energetickém výzkumu. Ani ČSSR nezůstala, díky sovětské podpoře a spolupráci, stranou tohoto světového vývoje. V r. 1955 byla zahájena v Řeži u Prahy rozsáhlá výstavba *Ústavu jaderného výzkumu*, který navazoval na *Laboratoř jaderné fyziky ČSAV*, umístěnou v Hostivaři a vybavenou kaskádním generátorem a magnetickými spektrografy. Hlavním programem této laboratoře byl výzkum atomového jádra pomocí jaderné spektroskopie. Ústav jaderného výzkumu má dnes na 1400 zaměstnanců.

Skromný *Státní radiologický ústav ČSR* se svými 8 zaměstnanci se rozrostl v *Ústav pro výzkum, výrobu a využití radioizotopů*, který má samostatnou budovu a více než 200 zaměstnanců. Ústav je přiřčen k *Československé komisi pro atomovou energii*, jež byla zřízena počátkem 60. let jednak pro zabezpečení a koordinaci mírové aplikace jaderné energie v ČSSR, jednak pro zastupování ČSSR v *Mezinárodní agentuře pro atomovou energii*, která vznikla v r. 1955 se sídlem ve Vídni a dnes sdružuje 103 států.

Za tímto světovým trendem nezůstal pozadu ani vývoj detektorů ionizujícího záření. Elektronika zabezpečila používání počítačů záření v širokém rozsahu i analýzu tohoto záření pomocí spektrografů gama, jejichž vysokou rozlišovací schopnost umožnil vývoj polovodičů pevné fáze. Ten dodal také detektory ionizujícího záření založené na termoluminiscenci a radiofotoluminiscenci, podnícené ionizujícím zářením. Výzkum těchto jevů, zaměřených na dozimetrii ionizujícího záření, zdaleka ještě není ukončen. Poslední jeho fází je v nynější době stopová analýza, založená na

účinku těžkých nabitých částic na krystalickou mřížku dielektrik. Má rozsáhlé aplikační možnosti, mj. i v archeologii. Aplikace radionuklidů, umožněná jejich výrobou v jaderných reaktorech v široké paletě, se dnes uplatňuje v základním výzkumu nejrůznějších směrů, v lékařství, technice a průmyslu. Ra-226 jde teď do odpadů, kam bylo vytlačeno z lékařských ozařoven umělým radioizotopem, kobaltem 60, jehož záření gama je daleko intenzivnější a mnohem lépe šetří zdravou tkáň pacientovu.

Rozvinula se celá nová kapitola ochranné dozimetrie — ve které dnes pracuje i autor — kontrolující nejen přípustné dávky záření těch, kdo s ním pracují, ale i širokých mas obyvatelstva sídlícího v bližším i vzdálenějším okolí jaderného zařízení včetně jejich životního prostředí. Rozsáhlé testy jaderných zbraní ve vzduchu, prováděné v letech 1954—1958 a 1961 až 1962, vedly k ustavení mezinárodní politicko-vědecké komise Spojených národů pro účinky atomového záření (1956) při OSN. Její práce, rozvíjená v širokém světovém měřítku v dozimetrii a biologii ionizujícího záření, zvláště radionuklidů, vznikajících při štěpení atomových jader v jaderných pumách, vedla nakonec velmoci vyrábějící tento druh zbraní — s výjimkou Francie a Lidové čínské republiky — k podepsání Moskevské dohody (1963) o zastavení zkoušek ve vzduchu a později (1969) i k mezinárodní úmluvě o nerozšiřování jaderných zbraní.

Všechny tyto práce, jež koření ve skromném studiu radioaktivity, jak se provádělo ještě v 30. letech, zavedly dnes jadernou fyziku a chemii do oblasti, která se vyznačuje týmovou prací prováděnou početnými kádry pomocí velmi nákladných přístrojů. Jako jeden z dokladů jejího charakteru a jejích výsledků uveďme jen, že skromná Wilsonova mlžná komora, vyrobená ve vlastní mechanické dílně malého ústavu a stačící k studiu přírodního radioaktivního záření, ustoupila dnes bublinkové komoře, jejíž nynější největší reprezentant, francouzská *Mirabelle*, pracující u serpuchovského urychlovače, stála 5 miliónů dolarů a zaměstnává početný štáb více než 100 pracovníků. A jestliže počátkem 30. let znali fyzikové jen dvě elementární částice, proton a záporný elektron, poskytlo studium kosmického záření a interakce protonů urychlených na hodnoty GeV s hmotou na 200 elementárních částic dalších. V současné době se teoretikové snaží seřadit je podle určitých parametrů do skupin ne nepodobných těm, jež jsou podstatou Mendělejevova periodického systému prvků.

Ten, kdo pamatuje doby, kdy se s malými prostředky daly učinit velké objevy, neubrání se s akademikem KAPICOU, žákem Rutherfordovým, lítostivému povzdechu, že ty doby jsou nenávratně pryč. Byly to doby, kdy vědecký pracovník stačil číst ve třech řechách všechny původní články, které vyšly v jeho oboru a kdy tato četba jej často inspirovala k novým podnětům v jeho vlastní práci. Dnes je záplava informací tak nesmírná, že je odkázán, ať se mu to líbí nebo nelíbí, převahou na dokumentační rešerše. To však je, jak říká básník, jen „herbáře suchý list“, bledá náhražka zeleného stromu života.