

## POČÁTKY HMOTNOSTNÍ SPEKTROMETRIE U NÁS: HMOTNOSTNÍ SPEKTROMETRIE V ÚSTAVU FYZIKÁLNÍ CHEMIE AKADEMIE VĚD (ČÁST I)

ZDENĚK HERMAN

Laboratoř Vladimíra Čermáka, Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského Akademie věd České republiky, Dolejškova 3, 182 23 Praha 8  
zdenek.herman@jh-inst.cas.cz

Ústav fyzikální chemie ČSAV byl prvním a po dlouhou dobu hlavním střediskem hmotnostní spektrometrie u nás. Příběh hmotnostní spektrometrie začíná počátkem padesátých let v okruhu žáků prof. Jaroslava Heyrovského (1890–1967) v ústavu fyzikální chemie University Karlovy a v Polarografickém ústavu. Prof. Heyrovský a jeho žák prof. Rudolf Brdička měli své mladé spolupracovníky fyzikální chemiky k tomu, aby svou samostatnou práci orientovali do nových vznikajících oborů chemie. Se založením Československé akademie věd v r. 1952 vznikla i Laboratoř fyzikální chemie ČSAV (rozšířená od r. 1955 na Ústav fyzikální chemie ČSAV) a vedením byl pověřen prof. Rudolf Brdička (1906–1970). Čtyři mladí pracovníci tohoto ústavu, Vladimír Čermák (1920–1980), Vladimír Hanuš (1923–2009), Josef Cabicar (1923–1998) a Čestmír Jech (1925–2002) zde začali s konstrukcí prvního hmotnostního spektrometru v zemi. Všichni právě dokončili aspiranturu (1949–52) a získali nový titul CSc.\*, tři z nich jako fyzikální chemici, Čestmír Jech se připojil jako radiofyzik od prof. Běhouňka. Všichni patřili do generace, která byla ovlivněna uzavřením vysokých škol za války, a Karlovu Universitu mohli začít studovat až jako více než dvacetiletí. Tento návrat do školních lavic v dospělém věku vyžadoval jistě značnou motivaci a bezpochyby právě proto z této generace vzešlo tolik významných vědců.

Konstrukce velkého vakuového přístroje nebyla lehkým úkolem v poválečné nedostatkové době a v zemi, která byla po r. 1948 ve značné izolaci od dění v západní Evropě. Na všechno bylo třeba shánět složitě materiál, jak mechanické, tak vakuové části i elektroniku (velkou část zdrojů tvořil německý kořistný materiál) bylo třeba zhotovit vlastními silami, s přispěním ústavního skláře a mechanika Karla Traspeho.

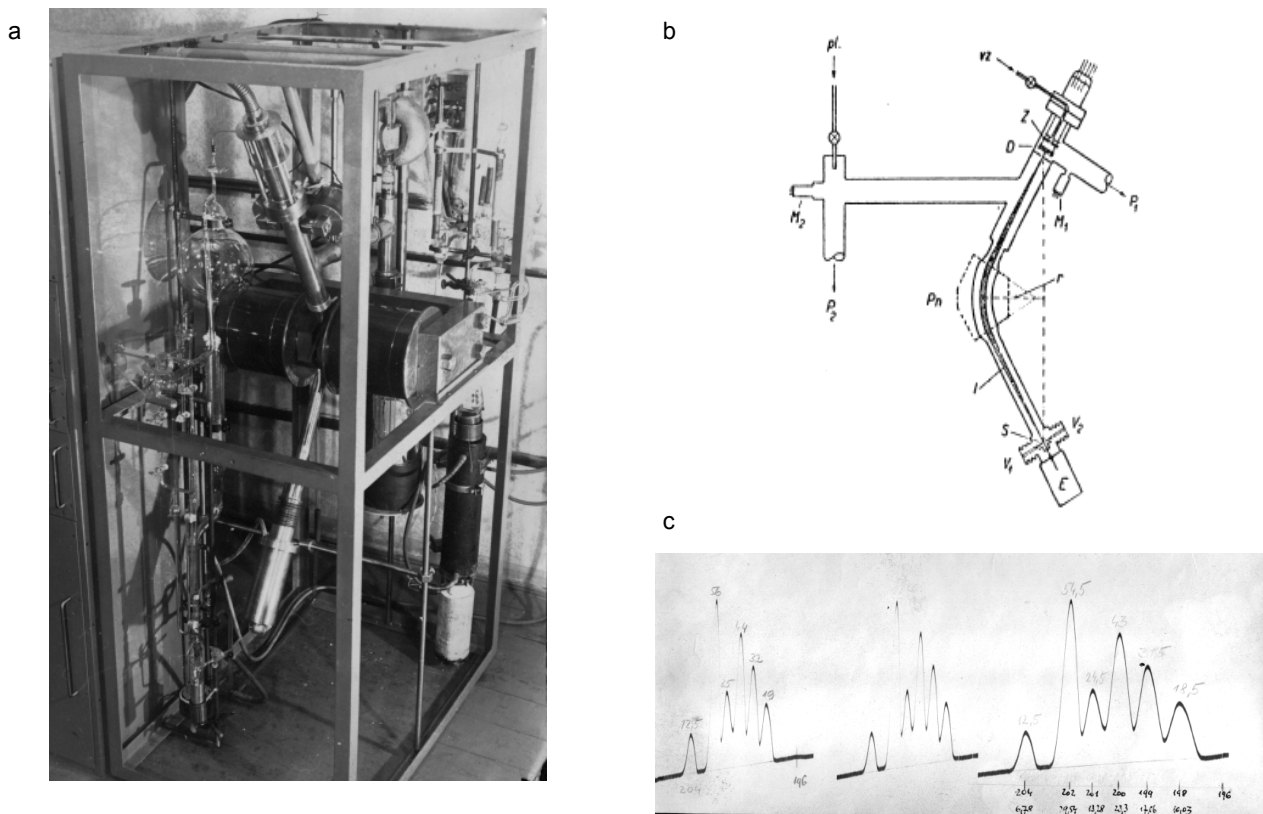
Nicméně po dvou letech byl přístroj uveden do chodu, první spektrum rtuti v prosinci 1953 zaznamenáno ještě pomocí polarografické metody galvanometru a fotografické kazety.

Byl to magnetický přístroj Nierova typu s jednoduchou fokusací a 60° magnetickým polem o polooměru 152 mm (cit.<sup>1</sup>, obr. 1). Přístroj byl čerpaný prastarou kovovou difúzní pumpou Leybold (rtuťová pumpa s čerpací rychlostí pouhých 15 l s<sup>-1</sup>), která byla spojena se skleněnou vymrazovačkou, chlazenou směsí tuhého oxidu uhličitého s alkoholem. Stroj měl měděnou trubici, olovem těsněný Nierův zdroj, napouštěcí systém a ostatní části přístroje byly skleněné, jak ostatně tehdy bývalo zvykem. Konstrukce prvního přístroje v zemi byla mimořádným počinem, který byl v r. 1954 oceněn udělením Státní ceny.

Potom se ale Dr. Cabicar vrátil ke své práci v oblasti difuze a irreversibilní termodynamiky (po několika letech odešel na jadernou fakultu ČVUT) a Dr. Jech ke své radiofyzice a radiochemii, u spektrometru zůstali ti dva, kteří do konstrukce přinesli největší vklad, V. Čermák a V. Hanuš (obr. 2). Oba věděli, že vlastní konstrukci a další vývoj metody budou muset zabezpečit zkušeným elektrotechnikem a zkušeným mechanikem. V obou případech měli velmi šťastnou ruku: v polovině padesátých let se ke skupině připojil Ing. Miroslav Pacák (1911–1988) a pan Josef Protiva (1914–2004). Ing. Pacák, krátce poté docent ČVUT, kde přednášel slaboproudou elektrotechniku a měřicí techniku, byl neobyčejně zkušený elektronik, jehož specialitou byly stabilizátory a měření malých proudů, přesně to, co hmotnostní spektrometrie potřebovala. Nikdy se nespokojil se známými postupy, ale stále vymýšlel nové metody řešení obvodů a především dovedl postavit elektronické obvody přesně podle požadavků, které mu chemici stanovili. Jeho činnost se v šedesátých letech rozšířila i do fyzikálního ústavu na univerzitě v Bonnu, do skupiny kolem příštího nositele Nobelovy ceny prof. Wolfganga Paula (m.j. otce kvadrupolového analyzátoru), kde si jeho elektronické invence neobyčejně vážili a kde jeho přístroje zanechaly vysoce respektovanou českou stopu. Po mnoha letech, v dubnu r. 1970, jsem měl v Bonnu seminář a v seminární místnosti ústavu mi hrdě ukázali obrázek Josefa Lady: Rvačka v hospodě s textem „1. Physikalisches Institut durch die Augen von Herrn Doz. M. Pacák angesehen“.

O zlatých rukou pana Protivy bylo už řečeno hodně: byl to zcela výjimečný jemný mechanik, pro něhož žádná práce nebyla nemožná, byť to byla veleúzká štěrbina, nebo molekulová tryska sestavená z desítek tenkých folií, nebo

\* K obhajobě kandidátské práce Dr. V. Hanuše se vztahuje tato příhoda: kandidátská práce z oblasti kinetikých polarografických proudů udělala na komisi jak rozsahem, tak kvalitou velký dojem, proto komise Hanušovi navrhla, aby práci poněkud rozšířil a podal ji jako práci doktorskou. Stal by se tak vůbec prvním doktorem věd v ČSR. Dr. Hanuš však tuto nabídku odmítl s tím, že nepovažuje za morální použít stejné nebo podobné výsledky k získání dvou titulů, a až do smrti zůstal kandidátem věd.



Obr. 1. Hmotnostní spektrometr Nierova typu v Ústavu fyzikální chemie ČSAV v r. 1957 (a); záznam jednoho z prvních spekter z prosince 1953 (b) a schema přístroje (c)

jemná hodinářská oprava. Iontové zdroje, analyzátory energie, zpomalovací čočky, postavené jeho rukama, pracovaly na mnoha místech ve světě v laboratořích kolegů, kteří takové štěstí na mechanika neměli. Pan Protiva přišel do ústavu z elektronických dílen Čs. rozhlasu a po několika letech přivedl z těchto dílen i mladšího mechanika Antonína Popeláka. Koncem r. 1955 začal v laboratoři pracovat na své diplomové práci končící student fyzikální chemie a můj kolega v ročníku Zdeněk Dolejšek. Námětem jeho diplomky bylo dokončení konstrukce malého hmotnostního analyzátoru Dempsterova typu, t.j. magnetického hmotníku s odklonem paprsku  $180^\circ$  v poli permanentního magnetu. Z. Dolejšek přístroj dovedl do funkční formy a v r. 1957 obhájil diplomovou práci s tímto námětem. Malý přístroj s rozlišovací schopností okolo 50–60 hm. j. sloužil pak po úpravách řadu let ještě Janě Novákové ke studiu katalytických procesů pomocí izotopové výměny.

Koncem padesátých let byly u nás ve stavbě ještě jiné hmotnostní spektrometry. Fungující magnetický stroj s jednoduchou fokusací postavil v tehdejším VÚVETu Ing. Ondráček, do laboratoře docházel někdy ostravský Ing. Monuš, který usiloval o stavbu průletového spektrometru Bennettova typu pro analýzu důlních plynů, ale pokud vím, přístroj nikdy pořádně nefungoval.

Já sám jsem přišel do oddělení hmotnostní spektrometrie v srpnu r. 1957 po absolvování matematicko-fyzikální fakulty UK, obor chemie, specializace fyzikální chemie a radiochemie. Má diplomová práce byla ještě z oblasti radiochemie u prof. F. Běhounka. Od spolužáka Zdenka Dolejška jsem se dozvěděl, že k hmotníku shání ještě někoho z mladých absolventů fyzikální chemie. Domluvil jsem si proto někdy v červnu 1957 schůzku, abych se představil a pozeptal na okolnosti další spolupráce. Zastal jsem ve sklepní laboratoři pozdě odpoledne jen Dr. Čermáka. Řekl mi bez okolků, abych mu pomohl u stroje a že během toho můžeme mluvit. Práci, kterou se zabýval, bylo stanovení nečistot v neonu – náplni neonek z Tesly, které nějak nefungovaly. Během mých prvních hodin u hmotníku se mne Dr. Čermák na ledacos vyptal a nabídku k nástupu do laboratoře (v té době umístěnku do ČSAV, jinam než na umístěnku absolvent nastoupit nemohl) jsem po skončení studií dostal. Nastoupilo nás tehdy v roce 1957 do oddělení ve funkci „inženýra – asistenta“ s čistým platem 960 Kč měsíčně hned několik: Zdeněk Dolejšek a já, Ing. Pacák přivedl svého bývalého studenta Ladislava Hládku (1933), vzácnou elektronickou posilu a kolegu naší generace. Ve stejné době nastoupil ještě do ústavu sklář Josef Šaněk (1930).



Obr. 2. Zakladatelé hmotnostní spektrometrie u nás: RNDr. Vladimír Hanuš, CSc. (1923–2009) a RNDr. Vladimír Čermák, DrSc. (1920–1980)

Celý Ústav fyzikální chemie ČSAV byl v té době stěsnán v několika místnostech chemických ústavů University Karlovy na Albertově. Hmotníku byla k dispozici velká, temná místnost v suterénu s klenutým stropem a okny u stropu. Do místnosti se museli stěsnat všichni ze skupiny, včetně první laborantky Jitky Fleischhansové-Jegorové, jen Ing. Pacák měl k dispozici koutek v jiné místnosti v přízemí.

Rok 1957 byl pro ústav velmi důležitý, protože se mohl přestěhovat ze stísněných prostor univerzitních ústavů na Albertově do budovy zrušeného Úřadu pro věci církevní v Máchově ulici. Budovu jsme sice několik let sdíleli s Fyzikálním ústavem ČSAV, jemuž patřilo několik pater, ale místa bylo podstatně více. Hmotník se stěhoval jako poslední až v prosinci roku 1957 do místnosti ve 3. patře na podium, vyztužené dvěma kolejnicemi. Po odstěhování hmotníku zůstala ve sklepní místnosti Albertova pod stojnami obrovská kaluž rtuť. V Máchově ulici v místnosti se strojem jsme seděli se Zdeňkem Dolejškem a laborantkou Jitkou Jegorovou, „šéfové“ Hanuš a Čermák sdíleli úzkou „nudli“ vedle. Časem se prostor ještě zvětšil, po odstěhování fyziků a nárůstu přístrojového vybavení.

Zpočátku – na podzim ještě na Albertově – jsme pracovali všichni společně. Hmotník byl používán k řešení speciálních analytických úkolů zvenčí, jako byla analýza vzácných plynů pro jejich výrobce Moravské chemické závody, analýza znečištění ve vzácných plynech, analýza vzorků s  $^{15}\text{N}$  po izotopických experimentech biologů a biochemiků, analýza poměru izotopů Ar pro geology, nebo první organické analýzy, jako byla analýza methylovaných příměsí v kaprolaktamu pro Moravské chemické závody<sup>2,3</sup>. Postupně vznikal ale vlastní, čistě hmotnostně spektrometrický program. Od počátku bylo zvykem sledovat všechny publikace z oblasti hmotnostní spektrometrie (tehdy to ještě šlo), psát si o separáty a ty nebo fotokopie prací z časopisů ukládat do knihovničky laboratoře. Po létech se tento soubor rozrostl na tisíce prací. Rok 1957 byl i v tomto ohledu dost zlomový: vyšla kniha Fielda a Franklina „Electron Impact Phenomena“. Field, Franklin a Lampe publikovali první práce o reakcích iontů

s molekulami, věděli jsme o starší práci Talrozeho (1952) o tvorbě „neklasického“ iontu  $\text{CH}_5^+$ , byli jsme plni diskusí o kvazi-rovnovážné teorii hmotnostních spekter, pocházející ze skupiny Henryho Eyringa (Henry Rosenstock 1952), Meyerson s Rylanderem publikovali velmi zásadní práci o přesmyku iontů toluenu na sedmičlenný kruh tropyliu  $\text{C}_7\text{H}_7^+$  (cit.<sup>4</sup>). Byla to právě tato práce, která Hanuše a Čermáka inspirovala nejprve ke studiu spekter substituovaných alkylthiofenů a k návrhu analogického přesmyku iontů z pětičlenného kruhu na šestičlenný kruh se zabudovanou nejvnitřnější skupinou CH (cit.<sup>5</sup>), později Hanuše a Dolejška k řadě prací o přesmyku řady ionizovaných isomerů  $\text{C}_7\text{H}_8$  na tropyliový ion<sup>6</sup>.

Naše práce v laboratoři se začala specializovat. Zdeňek Dolejšek více spolupracoval s Hanušem a oba se čím dále tím více zabývali hmotnostními spektry organických látek a přesmyky iontů, Čermák a já jsme se zabývali od konce 50. let srážkovými procesy mezi ionty a molekulami. Přestavěli jsme proto přístroj tak, že jsme prostor iontového zdroje diferenciallyně čerpali silnější pumpou. Byla to skleněná rtuťová difuzní pumpa o čerpací rychlosti asi  $60 \text{ l s}^{-1}$ , „majstrštyk“ ústavních sklářů, spojená se skleněnou vymrazovačkou, chlazenou kapalným dusíkem. Pro sledování reakcí s alkalickými kovy jsme později neváhali ještě jednou trubici navrtat, aby se do prostoru iontového zdroje dala přes skleněný zábrus nasunout pícka. Také jednoduchý elektronkový zesilovač iontových proudů byl nahrazen zesilovačem na principu vibračního kondenzátoru. Zesílení iontových proudů pomocí násobiče bylo ještě v nedohlednu. Přístroj rozhodně nepůsobil příliš elegantně, původní měděná trubice s mosaznými přírubami a olověným těsněním byla zašlá, kromě cínových spojů kovových částí jsme některé netěsnosti opravovali také černým piceinem. V polovině šedesátých let navštívil laboratoř jeden z čelních amerických spektrometristů, Vernon Dibeler, starší laskavý pán, jehož jsme velmi obdivovali, protože pod jeho vedením začaly v National Bureau of Standards fotoionizační experimenty. Podíval se úkosem na náš záplatovaný stroj a řekl jenom: „Hm, tak na tomhle vy děláte ty své experimenty.“ V měření na jediném stroji jsme se pravidelně po několika měsících střídali. Posledním společným podnikem všech byla stavba dvou speciálních spektrometrů pro přesné stanovení deuteria ve vodíku v oblasti přirozených koncentrací, tak zvaných „vodíkáčů“ v r. 1960. Tehdy přišlo Ministerstvo chemického průmyslu s požadavkem na zhotovení dvou speciálních hmotnostních spektrometrů pro přesné určení deuteria v přírodních koncentracích. Účel této zakázky si ani nepamatují, ale v kompenzaci za jejich zhotovení jsme měli dostat vakuovou pájecí pec (o finančním vyrovnání nebyla v té době řeč). Taková pec byla našim ideálem, protože by umožnila v našich konstrukcích nahradit „měkké“ cínové spoje daleko kvalitnějším „tvrdým“ vakuovým pájením mědi. Oba stroje s permanentním magnetem, současným záznamem  $m/z$  2 ( $\text{H}_2^+$ ) a  $m/z$  3 ( $\text{HD}^+$ ) s řádově odlišnými citlivostmi, speciálními zdroji a vlastní vyvinutou elektronikou jsme během roku postavili a odladili<sup>7</sup>. Ukázalo se, že jejich přesnost (0,3 % v oblasti přírodních koncentrací deuteria)

byla lepší než u nejlepších komerčních strojů té doby od firmy Atlas. Pak se však ukázalo, že na ministerstvu se vyměnili úředníci, nikdo o zakázce po roce nevěděl a nikdo o stroje neměl zájem, takže nám oba přístroje zůstaly v laboratoři. Pec jsme však měli a používali a na „vodíkáče“ nějaký čas jezdil měřit balneolog Dr. Konopáč, který se na nich pokoušel hledat pomoci rozdílů v koncentracích deuteria spojení mezi minerálními prameny karlovarské a teplické oblasti.

Značnou posilou pro laboratoř a zvláště pro organickou hmotnostní spektrometrii Hanuše a Dolejška se stal rok 1962, kdy do naší laboratoře Akademie konečně zakoupila první komerční hmotnostní spektrometr. Byl to ruský přístroj pro chemickou analýzu MCH 1303 leningradského závodu SKB (Specialní konstrukční byro Akademie věd, Leningrad). V té době už bylo v zemi několik strojů sovětské proveniencí pro izotopickou nebo chemickou analýzu (např. od konce 50. let v bohatším Ústavu jaderného výzkumu nebo v některých průmyslových podnicích), ale publikací odtud vycházelo velmi málo, pokud stroje vůbec fungovaly.

Tento náš „Ivan“ (jak byl stroj okamžitě pokřtěn, aby se odlišil od původního „Dědka“) byl magnetický stroj s jednoduchou fokusací, velkým poloměrem a rozlišovací schopností nad 600 hm. j. (Vláďa Hanuš z něj ovšem dokázal vytáhnout mnohem více, s hrdotí ukazoval rozlišené hmotnosti iontů  $C_3H_7^+$  a  $C_2H_3O^+$ , což vyžadovalo rozlišovací schopnost okolo 1200 hm. j.), celokovový s horizontální trubici, se rtuťovými difuzními pumpami a typickými uzavíracími ventily používanými SKB, s kovovým napouštěcím systémem a s kombinovanou lampovou a polovodičovou elektronikou, nad jejíž komplikovanou koncepcí doc. Pacák trochu kroutil hlavou. Uvést do chodu jej přijeli dva bodři montéři z Leningradu. Na samém počátku jej proslavily dvě pozoruhodnosti. Za prvé, přístroj přišel v bednách s místem určením „Čechoslovackaja sovětskaja socialističeskaja republika“, jak si odesílatelé vysvětlili zkratku ČSSR. Za druhé, montéři měli na počátku velké problémy s předvakuum, až do okamžiku, kdy nakonec otevřeli kovový předvakuový reservoár a odstranili z něj listek z leningradského metra. Nicméně byl to další fungující stroj, který Hanuš během doby dále upravil chytrým zavedením napouštění malých množství pevných organických látek ze zahříváné kapiláry přímo do zdroje a nahrazením klasického detektoru vlastním detektorem typu Bernhard-Schütze, z dílny velkého přítele laboratoře, berlínského prof. F. Bernharda. A tím se také uvolnilo na „Dědkovi“, jehož jsme mohli teď s Čermákem používat a představovat podle libosti.

Instalace „Ivana“ vedla i k dalším novinkám: prof. Šorm, ředitel ÚOCHB ČSAV, poslal k nám do laboratoře na dlouhodobé zaškolení v hmotnostní spektrometrii Dr. Ladislava Dolejše a jeho spolupracovníci. Jeho cílem bylo koupit pro potřeby ÚOCHB hmotník a Dr. Dolejš měl být zakladatelem této skupiny. Láďa Dolejš byl vynikající syntetický organik a jedna z ozdob Šormova ústavu v oblasti přírodních látek, vrstevník Hanušův a prostě prima člověk po všech stránkách. S Hanušem pak začali

s analýzou a určováním struktury přírodních látek, zvláště alkaloidů. Myslím si, že v té době vznikla u nás skutečná hmotnostní spektrometrie organických látek, obor, který právě ve světě začal bujet. Odtud se počíná Hanušova práce, které se pak věnoval celý zbytek života a kterou označoval jako „objasňování struktury organických a bioorganických látek metodami hmotnostní spektrometrie“. Se Zdeňkem Dolejškem se věnoval ještě interpretaci spekter adamantanů<sup>8</sup> a řady terminálních substituovaných acetylenů (pentynů – oktynů)<sup>9</sup>, až do Dolejškova odjezdu k Fredu Lossingovi do Kanady v r. 1964. Hanušova hlavní pozornost se však soustřeďovala na vztah struktury molekul a monomolekulové disociace iontů, včetně přesmyků iontů – oblast, v níž byl vysoce respektován po celém světě. Dlouhá řada asi sedmdesáti prací vycházela z jeho spolupráce s Láďou Dolejšem<sup>10</sup>, Karlem Machem<sup>11</sup>, Jirkou Míterou a řadou organiků, biologů, a lékařů. Týkala se uplatnění hmotnostní spektrometrie v organické chemii, biochemii, biologii, medicíně, forenzní medicíně a řadě dalších oborů<sup>10,11</sup>. Když byla u nás založena v r. 1972 Dr. Chundelou laboratoř pro sledování dopingu ve sportu, pomáhal Vladimír Hanuš spolu se Zdeňkem Dolejškem a s technickým příspěvkem Ládi Hládky v jejím zavedení. Hanušova účast v okamžitém a úspěšném řešení případů otrav zachránila řadu životů. Čestmír Jech o něm jednou po právu napsal: „jeho práce bohatě naplnila a překonala požadavky společenské užitečnosti“. Podrobný popis toho, co Vláďa Hanuš za ta léta udělal, nemohu dost dobře poskytnout. Měl jsem svůj program, a třebaže Vláďa někdy přišel předvést nebo prodiskutovat nějaký nový mechanismus, který vyplynul z jeho práce, v paměti mi utkvěly spíše různé příhody. Třeba případ zdravotní sestry, která se otrávil a nebylo jasno čím. Vláďa dostal jen vzorek metabolitu, ale zorganizoval – zatímco sestra ležela v komatu – během několika hodin analýzu hmotníkem a NMR a ještě téhož dne poskytl nemocnici informaci o tom, co to nejspíše bylo, a zásadně přispěl k záchraně jejího života. Nebo přísně tajný případ, kdy mu v absolutním utajení tři pánové, jeden z nich v uniformě s pistolí na boku, osobně přinesli vzorek bílého prášku, který „šňupala“ manželka nějakého vysokého partajního činovníka. Vláďovi netrvalo ani moc dlouho, aby přišel na to, že manželka „šňupala“ – cukr. Měl bych ještě poznamenat, že – co vím – Vláďa vždycky trval na tom, že zákazníci za analýzy nebudou nic platit, protože „poskytovat bezplatný servis společnosti je povinností pracovníků Akademie věd“.

Dalším významným mezníkem v Hanušově práci se stal rok 1973. Toho roku získal za výhodných podmínek od japonské firmy JEOL hmotnostní spektrometr JMS-D100. Konečně tady byl přístroj s dvojitou fokusací a rozlišovací schopností nad 10 000 hm. j. a také s počítačovým datovým systémem, sice ne nejmodernějším, ale zařízením, které představovalo značné zjednodušení a zrychlení práce (Vláďa Hanuš ovšem choval k tomuto „hučáku“ – jak si datový systém s hlučnými ventilátory překlátil – dlouho nedůvěru a luštil raději fotozáznamy spekter ručně). Téhož roku začíná Hanušova plodná spolupráce s mladým studentem Františkem Turečkem<sup>12</sup>, která trvala

až do Frantova odchodu do zahraničí v r. 1987. Do laboratoře pak přišel další výborný student organiky, Martin Smrčina, s nímž Hanuš spolupracoval několik let, zase až do doby jeho odchodu do USA. Strojový park organické spektrometrie byl dále rozhojněn v r. 1995, kdy ze Synthesie Pardubice přišel darem starší spektrometr s dvojitou fokusací VG 7070E (rok výroby 1984), který je dodnes používán Jiřím Kubištou ke studiu komplexů přechodových kovů v homogenní katalýze ve spolupráci s Dr. K. Machem. Po Martinovi Smrčinovi si Vláďa Hanuš přivedl z univerzity jako mladšího spolupracovníka Mirka Poláška. V r. 2000 nám pak německá firma na doporučení Helmuta Schwarze nabídla pouze za cenu odvozu starší hmotnostní spektrometr s dvojitou fokusací ZAB (podobný stroj už delší dobu fungoval v Ústavu organické chemie a biochemie AVČR), který byl uveden brzy do provozu.

Odborné působení Zdenka Dolejška se začalo odvíjet nezávisle od r. 1964. V r. 1963 obhájil kandidátskou práci na téma hmotnostní spektra alkyl-substituovaných acetylenů a r. 1964 odjel na dva roky jako Post-Doctoral Fellow do National Research Council v Ottawě do laboratoře Dr. F. Lossinga. Tam se věnoval celou dobu hmotnostní spektrometrii volných radikálů, hlavní náplní práce Freda Lossinga. Po návratu do ústavu převzal ruský spektrometr MI 1305, který ústavu věnoval jakýsi průmyslový podnik, jenž jej sice zakoupil, ale nikdy vlastně nepoužil a chtěl se jej co nejrychleji zbavit. Zdeněk přístroj přestavěl pro výzkum spektrometrie volných radikálů a nějaký čas jej takto používal, pak se věnoval otázkám ionizace molekul v elektrických polích, a nakonec spolupracoval řadu let s Dr. Janou Novákovou na problémech interakce volných radikálů s povrchy katalyzátorů<sup>13,14</sup>. Hlavním používaným přístrojem v tomto výzkumu byl též menší sovětský hmotník MCH 1302, jeden z přístrojů, které se postupně začaly

objevovat i v jiných odděleních ústavu a sloužily jako detekční přístroje v různých odvětvích fyzikálně-chemického výzkumu.

Za přečtení textu a připomínku některých událostí děkuji svým kolegům Zdenku Dolejškovi a Františku Turečkovi.

#### LITERATURA

1. Čermák V., Hanuš V., Pacák M.: *Slaboproudý obzor* 20, 603 (1959).
2. Čermák V.: *Chem. Prům.* 7, 8 (1957).
3. Čermák V., Hanuš V.: *Chem. Prům.* 34, 235 (1959).
4. Rylander P. N., Meyerson S., Grubb H. M.: *J. Am. Chem. Soc.* 79, 901 (1957).
5. Hanuš V., Čermák V.: *Collect. Czech. Chem. Commun.* 24, 1602 (1959).
6. Hanuš V.: *Nature* 184, 1796 (1959).
7. Čermák V., Hanuš V., Hládek L., Herman Z., Pacák M., Schulz L.: *Collect. Czech. Chem. Commun.* 27, 1633 (1962).
8. Dolejšek Z., Hála S., Hanuš V., Landa S.: *Collect. Czech. Chem. Commun.* 31, 435 (1966).
9. Dolejšek Z., Hanuš V., Vokáč K.: *Adv. Mass Spectrom.* 3, 503 (1964).
10. Dolejš L., Hanuš V.: *Tetrahedron* 23, 2997 (1967).
11. Mach K., Varga V., Hanuš V., Sedmera P.: *J. Organomet. Chem.* 415, 87 (1991).
12. Tureček F., Hanuš V.: *Mass Spectrom. Rev.* 3, 85 (1984).
13. Dolejšek Z., Nováková J.: *Can. J. Chem.* 59, 1824 (1981).
14. Mach K., Nováková J., Hanuš V., Dolejšek Z.: *Collect. Czech. Chem. Commun.* 51, 2675 (1986).