

## Nová vlna miniaturizace nás nemine

Pokrok se nadá zastavit a věci se mění. To jsou obecně uznávané poučky, které se každodenně obráží v našem životě. Nové věci se objevují, zatímco řada dříve velice užitečných předmětů prostě zapadla v propadlišti dějin. Z těch druhých namátkou jmenujme logaritmické pravítko, psací stroj, či kopírovací papír. Ty prostě zmizely a lze je nalézt ještě tak v literatuře či ve stolec zarytých staromilců. Mezi těmi předměty, které rovněž již prakticky neexistují jsou elektronky, které jsme též někdy nazývali lampami, protože jejich podoba se žárovkami byla zcela zřejmá. Dodnes vzpomínám na zkoušku z elektroniky na VŠCHT, k níž jsem se musel pracně všechny ty diody a triody a já už nevím ještě jaké -ody a jejich elektrody a mřížky pečlivě naučit, abych uspěl. Kde je jim dneska konec? Kdo ještě ví, jak pracovaly! Radiové přijímače v domácnostech se honosily názvy jako osmilampovka a to už bylo skutečně něco! První úspěšný počítač ENIAC jich měl v roce 1946 dokonce 18 000. Pak přišel koncem čtyřicátých let minulého století tranzistor a lampám hbitě odzvonilo. Kdosi spočítal, že kdyby se dnešní mobilní telefon měl sestavit z elektronek, byl by velký asi tak jako Washingtonův monument ve Washingtonu, D.C. Bylo by asi směšné nazývat jej mobilním. Tranzistor způsobil, že se rozměry elektronických zařízení zmenšily o několik řádů a i „obyčejný“ kapesní počítač, do něhož si zaznamenáváme telefonní čísla, schůzky, a vyřizujeme cestou tramvají e-mail, jsou mnohonásobně výkonnější než jejich netranzistoroví předchůdci, kteří zabírali celé místnosti. Pomineme-li skutečnost, že nám všechny tyto moderní „hračky“ významnou měrou zpřijemňují život, pak tato mikroelektronická revoluce vedla ke vzniku průmyslového odvětví, jež má obrovský dopad na celosvětovou ekonomiku.

Miniaturizace elektroniky se projevila i v chemii. Přístroje jako infračervené či hmotové spektrometry zabíraly ještě v sedmdesátých letech značnou část místnosti a jejich výstup byl registrován na poněkud kuriózním papíře s nalepenou vrstvou křídly. V dnešním mikroelektronickém světě tyto přístroje zabírají malou část pracovního stolu a lze je vcelku snadno přemístit z místa na místo, i když to ještě někdy vyžaduje určité úsilí. Mnohdy je počítač, který tyto aparáty řídí, větší než samotný přístroj.

Přístroje, jež poskytují chemické a biochemické informace, jsou mimořádně důležitým pomocníkem, neboť prakticky celá společenská produkce na nich nějakým způsobem závisí. Chemická analýza je běžným prostředkem stanovení klinické diagnózy, procesy v chemickém průmyslu jakož i životní prostředí jsou nepřetržitě monitorovány s použitím často plně automatických přístrojů. A to není ani snad třeba zmiňovat výzkum, který se bez chemických informací získávaných prostřednictvím přístrojů prostě neobejde. Jak rostou požadavky na počet analýz a rychlost zpětného předávání infor-

mací, jsou potřeba přístroje výkonnější leč současně i menší. Zdá se však, že přístrojová technika, tak jak ji známe na počátku 21. století, už do značné míry vyčerpala možnosti dalšího současného zrychlování a zmenšování při použití tradičních přístupů.

Jak již bylo řečeno, v současné době roste počet objektů, jež mají být podrobeny zkoumání i jejich komplexnost. Dobrým, a dnes by se dalo již říci klasickým příkladem, je dešifrování lidského genetického kódu (genom). Jedná se vpravdě o velmi složitý výzkum, od něhož se očekává enormní pokrok v lékařství. Jeho první část, rozluštění lidského genomu, se po 12 letech celosvětového úsilí stalo skutečností. Ve skutečnosti, znalost genetického kódu je teprve počátek, protože teprve ovládnutí oblasti proteinů (proteom), které jsou v DNA z části zakódovány, může významně přispět k předcházení i cílenému léčení mnoha nemocí. A tady se opět dostáváme do oblasti obrovského počtu analýz, jež budou muset být provedeny, abychom vnesli světlo do světa proteinů, z nichž jsme stvořeni. Strádné odhady soudí, že v našem těle je jich na 100 000 a v současné době známe funkci sotva jedné čtvrtiny z nich. K čemu jsou dobré ty ostatní, zůstává zatím záhadou. Vyřešit ji s dnešními přístroji a postupy se zdá být velice obtížné a kvalitativní změna je více než potřebná.

Zdá se, že oním žádoucím „skokem“ bude používání mikrofluidních systémů, tedy miniaturizace ne nepodobná oné, jež elektronika prošla před zhruba padesáti lety. Tato paralela je velice slibná, neboť může významným způsobem zrychlit celý nový vývoj. Co jsou to vlastně ta mikrofluidní zařízení. Dnes v podstatě nic jiného než známé laboratorní postupy prováděné ve velmi miniaturizovaném měřítku. Nicméně pro budoucnost se této technice také někdy říká laboratoř na čipu či mikroskopický totální analytický systém ( $\mu$ TAS). Tak na příklad lze dnes separovat látky v kanálku s průřezem několika set čtverečních mikrometrů a délce několika centimetrů, jež je vyleptán do skleněné destičky podobné podložnímu sklíčku používanému v optickém mikroskopu, přičemž všechny operace, jež vyžadují průtok kapaliny jako je dávkování vzorku či vlastní separace, jsou řízeny prostými změnami napětí na elektrodách vložených do jednotlivých vstupů k mikrokanálům. Až potud se zdá celá záležitost být snadnou. Jak je tomu však ve skutečnosti? Obsluhujeme-li tradiční přístroj, používáme většinou ruce či poměrně jednoduché mechanické prostředky. To ovšem není možné v zařízeních, kde jednotlivé prvky mají rozměr pouhých několika mikrometrů a pojednávané objemy o velikosti nano- a pikolitru ( $10^{-12}$ – $10^{-15}$  l). Takže například dávkování vzorku injekční stříkačkou je nereálné. Přitom pro sestavení kompletního  $\mu$ TAS bude zapotřebí zabudovat celou řadu prvků, jež známe z dnešního makrosvětla, jako jsou ventily, kolony, absorbéry, směšovače,

reaktory a mnohé další, které však nelze prostě miniaturizovat. Řešení k některým z nich jsou již alespoň z části známa, o jiných se začíná uvažovat. Problémem, řeklo by se triviálním, je na příklad míšení látek z různých proudů. Tok v kanálcích je totiž laminární a k převodu hmoty dochází pouze difuzí, která je ovšem velice pomalá. I když je tato oblast velice mladá, bylo již dosaženo pozoruhodných a velice slibných výsledků. Elektrochromatografická separace dosažená za několik milisekund, či paralelní elektroforetická separace 96 vzorků na kruhovém čipu s průměrem menším než 10 cm jsou jistě impresivní příklady. První komerční zařízení, které dokáže ve velmi krátké době separovat nukleové kyseliny ve dvanácti paralelních kanálech vyleptaných ve skle o rozměru 2,5 × 2,5 cm, bylo v roce 1999 uvedeno na trh firmou Agilent Technologies. Podstatnou výhodou těchto čipů je nejenom malý rozměr, ale i potenciálně nízká cena a tudíž jejich jednorázové použití.

Kam tato technika může vést v blízké či vzdálenější budoucnosti? Mikrolaboratoře budou významnými pomocníky při výzkumu vesmíru a počítá se s nimi na příklad v misi k Titanu

a jiným tělesům naší sluneční soustavy. Změní se také tradiční logika chemické laboratoře. Zatímco dnes se nosí vzorky do laboratoře, nebude v budoucnu problémem přenést laboratoř na čipu ke vzorkům. Levné senzory specificky detegující přítomnost nežádoucích látek v ovzduší či ve vodě bude možné nasadit masově. Podobně již existují představy o zařízení ve velikosti náramkových hodinek, které bude nepřetržitě monitorovat stav organismu a předávat tyto informace do centrálního počítače. Ten po jejich vyhodnocení a případném nalezení abnormalit navrhne okamžitě řešení v podobě odpočinku, léčení, či jiné akce nasměrované k navrácení zpět do požadovaného optimálního stavu. Zní to jako sci-fi? První úspěšné experimenty, i když se značně zjednodušenými zařízeními, byly již popsány. Takže podobně jako se první primitivní tranzistorový rozhlasový přijímač změnil v dnešní superkomputery, lze očekávat, že i druhá vlna miniaturizace, jež se tentokrát bytostně dotýká chemie, změni v blízké budoucnosti od základu přístupy k chemické analýze.

František Švec