

KOLOIDIKA – PRECHODKYŇA A PLATNÁ SÚČASŤ NANOVIED

prof. RNDr. Klára Tkáčová, DrSc.

Kavečianska cesta 17, 040 01 Košice

Vážené dámy, vážení páni, milí priatelia!

Vedecké semináre z príležitosti životného jubilea sú vyjadrením pozornosti, ktorou sa mladší kolegovia lúčia s tým, ktorý odchádza z ich kruhu.

Aj keď spoločne s Pasteurom vyznávam, že pocta vede nemá byť preukazovaná jednému človeku, som aj hlboko vďačná organizátorom: ÚGt SAV i TU Košice- pracoviskám, kde som pôsobila takmer 50 rokov.

Je to najmä preto, že prezentované prednášky dokázali, že:

- výskum jemnodisperzných sústav, ktorému som sa venovala od počiatkov môjho pôsobenia naďalej úspešne pokračuje,
- výsledky výskumu majú význam pre úpravu a spracovanie nerastov a pre ochranu životného prostredia,
- základným prostriedkom pre riešenie spomínanej problematiky je aplikácia prírodných vied.

Zároveň pociťujem melanchóliu: mnohí z mojich bývalých kolegov už nie sú s nami. Je to dávno zosnulý riaditeľ ústavu Ing. Vincent Mihalík, CSc., ktorý mal veľkú zásluhu na tom, že som v r. 1969 nastúpila na vtedajší Ústav vlastností hornín a významnou mierou sa podieľal na mojom rozhodnutí venovať sa mechanochémii. Je mi žiaľ za Irenkou Hocmanovou a za Braňom Mišušom, ktorých metodický prínos k nášmu spoločnému výskumu bol neoceniteľný. Nedá mi nespomenúť pri tejto príležitosti nedávnu stratu dlhoročného kolegu a priateľa prof. Stanislava Kmeťa, ktorý ma pred 47 rokmi ako prvý privítal na Katedre úpravníctva Baníckej fakulty.

Povzbudením v týchto chvíľach je aktívna účasť nášho spoločného učiteľa prof. Dr. Ing. Františka Špaldona, DrSc. Oprávňuje nás dúfať v priazeň prírody - uchovať zdravie a mladistvé myslenie navzdor plynúcemu času.

Program našej konferencie svedčí o tom, že cesta od štúdia stability úpravníckych suspenzií po nanomateriály je dlhá. Vyznačuje sa však vnútornou logikou. Základným motívom väčšiny prác, ktoré odzneli na našom stretnutí sú zmeny vlastností skúmaných látok pri ich prechode z makroštruktúry do štruktúr mikro- a nanometrických rozmerov.

Zmeny, spojené s takýmto prechodom, sa stali ústredným problémom viacerých odvetví prírodných a technických vied. Ich exaktné riešenie je spojené s rozvojom experimentálnej techniky a s intuíciou vedeckých osobností.

Experimentálne podmienky pre formovanie koloidiky ako exaktnej vedy sa vytvorili v r. 1903 keď Zsigmondy a Siedentopf skonštruovali ultramikroskop s rozlišovacou schopnosťou do 1 nm. Jeho aplikácia pre skúmanie disperzných systémov ukázala, že prechod z mikro- do atomárnych rozmerov nie je plynulý. Mnohé vlastnosti (napr. absorpcia svetla, elektrická vodivosť, rozpustnosť) sa menia v závislosti od stupňa disperzity. Niektoré závislosti vykazujú extrémny priebeh, iné majú tvar hyperboly s ohybom pri hornej či dolnej hranici submikroskopických rozmerov.

Wilhelm Ostwald, ktorý sa počiatkom minulého storočia významne zaslúžil o usporiadanie modernej chémie podľa odborov zaviedol v r. 1906 klasifikáciu disperzných sústav podľa veľkosti disperzných častíc (stupňa disperzity). Dospel k prevratnému záveru, že koloidný stav je stavom všeobecným: nezávisí od chemického zloženia ani od skupenstva látky. Je zvláštnym prípadom disperzného stavu hmoty, vyznačujúcej sa mimoriadne veľkým fázovým rozhraním. Táto definícia v skutočnosti zahŕňa fázové koloidy, akými sú napr. sóly, gély, emulzie, a peny. Koncentrácia nevysýtených kohéznych síl na rozhraní fáz je zdrojom povrchovej energie a príčinou ich termodynamickej nestálosti. Pretože povrch je hlavnou charakteristikou heterogénnych disperzií, dolná hranica rozmeru disperzných častíc je teoreticky daná rozmerom takého zoskupenia atómov, v ktorom je možné odlišiť atómy na povrchu od atómov v objeme konglomerátu. V závislosti od tesnosti a spôsobu usporiadania stavebných častíc je dolná hranica koloidných rozmerov 1 až 5 nm.

Bližšie poznanie štruktúry a vlastností prírodných a umelých vysokomolekulárnych látok v 30-tych rokoch minulého storočia umožnilo rozšíriť predmet koloidiky o molekulárne koloidy. Na rozdiel od fázových koloidov sú to homogénne, termodynamicky stále sústavy. S fázovými koloidmi ich spájajú niektoré osobitosti, vyplývajúce z rozmeru makromolekúl. Vysokomolekulárny roztok vykazuje koloidné vlastnosti, keď aspoň jeden z rozmerov makromolekuly sa nachádza v rozmedzí 1 – 1000 nm a žiadny jej rozmer neprevýši 1000 nm.

V súlade s uvedeným vývojom modernú koloidnú chémiu definujeme ako vedu, ktorá pojednáva o disperzných sústavách, obsahujúcich častice, ktorých rozmery sú v určitých (zvolených) hraniciach a o hmotných systémoch, obsahujúcich takéto častice alebo štruktúry z nich vytvorené. Pretože vlastnosti heterogénnych vysokodisperzných sústav úzko súvisia s vlastnosťami fázových rozhraní, je nutné zahrnúť do koloidnej chémie tiež fyzikálnu chémiu fázových rozhraní. Názov koloidná chémie už nevystihuje rozsah tohoto vedného odboru a používa sa len preto že je vžitý.

Prvým krokom pri definovaní miesta koloidiky v nanovedách je porovnanie rozmedzia veľkosti častíc. Zatiaľ čo horná hranica koloidných rozmerov sa môže meniť v závislosti od aktuálneho systému, hranica 1 nm, deliaca koloidné dimenzie od atomárnych, je dôležitá, pretože vo svete atómov platia zákony kvantovej mechaniky.

Za ideového strojcu nanotechnológie sa považuje jeden z najväčších teoretických fyzikov Richard Feynman. V prednáške s názvom "Tam dole je spústa miesta" už v r. 1955 rozvinul víziu budúcej miniaturizácie počítačov a strojov do atomárnych rozmerov. Svoju víziu však podoprel kvantovomechanickými a termodynamickými výpočtami, čím dal vedecky fundovaný podnet pre búrlivý rozvoj nanoelektroniky, spintroniky a ďalších odvetví funkčnej nanotechnológie.

Nebývalý rozvoj experimentálnej techniky a simulačných metód po roku 1980 vytvorili podmienky pre zápis a spracovanie informácie na atomárnej úrovni. K rozvíjajúcim sa oblastiam patrí postsilikónová elektronika.

Platné miesto koloidiky nachádzame u nanopartikulátov a materiálov s vysokým pomerom povrchu k objemu. K týmto radíme anorganické a organické disperzie a povlaky a pórovité materiály, ktoré tvoria východiskové systémy a v mnohých prípadoch aj produkty modernej nanotechnológie.

Príprava nanoštruktúr je principiálne totožná s postupmi prípravy koloidných disperzií:

Je to kondenzácia z plynnej, či kvapalnej fázy, pri ktorých sa molekuly či atómy zhlukujú do nanodisperzií, alebo pokrývajú tuhé povrchy povlakmi o rozmere malého počtu atómových vrstiev (bottom up approach).

Druhý spôsob je zdobňovanie makrotelies na nanometrické bloky (sculpt from bulk approach). Klasické postupy ultrajemného mletia sa pokusne nahrádzajú mechanochemickou syntézou. K novším postupom patrí tiež litografia, parciálne vylúhovanie, alebo selektívne odparenie niektorej komponenty za vzniku pórovitých útvarov s veľkou hodnotou povrchu k objemu.

Poznanie osobitostí vysokodisperzných sústav našlo široké uplatnenie v rôznych odvetviach priemyslu 20. storočia. K najčastejšie uvádzaným príkladom patrí príprava sorbentov, keramický, kozmetický, papiernický a farmaceutický priemysel, priemysel farbív a umelých hmôt.

Je pravdepodobné, že prienik nanotechnológie do spomínaných odvetví prebiehal nebadane, v rámci inovačných snáh: zdokonalením a rozšírením postupov prípravy nanopartikulátov (práškov, disperzií, či tenkých vrstiev) a dokonalejšou kontrolou vývoja štruktúry v procese konsolidácie. Príkladom sú mikroporézne sorbenty a molekulárne sítá. Ich aplikácia v laboratóriu, priemysle a ochrane životného prostredia bola známa desaťročia pred rozvojom nanotechnológie.

K novorozvíjajúcim sa odvetviám nanotechnológie radíme pórovité materiály, spôsobilé pre adsorpciu, uskladnenie a riadenú desorpciu plyných energetických nosičov, akými sú vodík a metán (energetické konzervy). Riadená syntéza nanočastíc našla uplatnenie aj pri príprave novej generácie katalyzátorov s vysokou selektivitou a účinnosťou.

Významnou oblasťou nanotechnológie sú hutné polykryštalické materiály s rozmerom zŕn menším ako 100 nm. Dramatické zmeny ich fyzikálnych vlastností sa neraz dosahujú pri veľkosti zŕn blízkych dolnej hranici koloidnej dimenzie. Ich spôsobilosť pre špecifické uplatnenie v danej aplikačnej sfére je podmienené riadenou syntézou, ktorá je zárukou definovaného zloženia a čistoty požadovanej zlúčeniny. Rovnako dôležitým stupňom prípravy takýchto materiálov “šitých na mieru” je kontrola vývoja štruktúry v procese konsolidácie. Zosúladenie zrnitosti nanoparticulátu s požadovanou nanoštruktúrou konsolidovaného produktu tvorí dôležitú súčasť stratégie prípravy technologicky vyspelých materiálov, vyznačujúcich sa novými, či zlepšenými mechanickými, elektrickými, magnetickými alebo optickými vlastnosťami. Dôležitými vedomostnými zdrojmi takejto stratégie je fyzika tuhých látok a preparačná chémia zohľadňujúca aj moderné poznatky o tuhofázových reakciách.

Spoločnou oblasťou pôsobnosti koloidiky, biofyziky a molekulárnej biológie sú biologické molekuly a systémy, vyznačujúce sa radom vlastností, ktoré ich uspôsobujú pre nanotechnologické aplikácie. Podobne ako anorganické materiály a syntetické polyméry aj bielkoviny, dezoxi- a ribonukleinové kyseliny nachádzajú uplatnenie ako disperzie, povlaky, materiály s veľkou plochou povrchu a funkčné nanoštruktúry. K aktuálnym problémom súčasnosti patrí využitie mechanizmu prenosu informácie v živých organizmoch pre konštrukciu DNA počítača a DNA automatov. Konštrukcia DNA počítača je perspektívnou cestou realizácie Feynmanových vízií. DNA automaty sú nádejným prostriedkom lekárskej diagnostiky a nanochirurgie. Ich potenciálny rozvoj je vďačnou témou vedecko-fantastickej literatúry.

Z prezentovaného stručného prehľadu je zrejmé, že nanotechnológia musí čerpať z nesmierne širokého vedomostného základu, ktorého komponenty sa menia v závislosti od konkrétneho odvetvia a riešeného problému.

Čo dodať na záver?

Podujatia, akým je dnešné, zvyčajne končia prognostickými úvahami – dobre mienenými radami jubilanta nasledovníkom. Ja sa však budem riadiť slovami básnika Ghalila Gibrána, ktorý vo svojom diele Prorok varuje:

Vaše deti nie sú vašimi deťmi...
Prichádzajú cez vás, ale nie od vás...
Môžete im dať svoju lásku, ale nie svoje myšlienky,
lebo oni majú svoje vlastné myšlienky.
Môžete vytvoriť domov ich telám,
ale nie ich dušiam, lebo ich duše
prebývajú v dome zajtrajška,
ktorý vy nemôžete navštíviť ani vo svojich snoch.