

Specializace **Materiálová chemie**

Státní závěrečná zkouška sestává ze tří povinných předmětů, přičemž první z nich je povinný pro všechny specializace studijního programu Chemie.

- Metody chemického výzkumu
- Metody studia struktury a vlastností materiálů
- Příprava a vlastnosti materiálů

Zkouška klade důraz na důkladné porozumění souvislostem a poznatkům získaným absolvováním povinných a povinně volitelných kurzů magisterského studia, přihlédnuto je ke specializaci kandidáta, dané zaměřením jeho diplomové práce. Rámcové okruhy témat ke státní závěrečné zkoušce jsou uvedeny níže. Součástí státní závěrečné zkoušky je též obhajoba diplomové práce, při níž má uchazeč prokázat schopnost prezentovat získané výsledky a orientovat se v problematice specializované oblasti i širší disciplíny na současné odborné úrovni. Obhajoba diplomové práce má formu ústní prezentace, během níž uchazeč seznámí komisi a posluchače s tématem a cíli práce, řešenými problémy, použitými metodami a získanými výsledky. Odpovídá na připomínky a dotazy obsažené v posudcích vedoucího a oponenta práce a reaguje na dotazy vznesené v průběhu diskuse.

Okruhy otázek:

1. Metody chemického výzkumu

Metody založené na absorpci gama záření. Moessbauerova spektroskopie, bezdrazová jaderná rezonanční absorpce, isotopový posun, kvadrupolové štěpení, magnetické dipolové štěpení. Metody založené na absorpci elektronů. Hmotnostní spektrometrie, metody ionizace nárazem elektronů, chemická ionizace, elektropray, hmotnostní separace a detekce iontů, hmotnostní spektrum, fragmentace iontů, metastabilní ionty. Metody založené na difrakci elektronů, neutronů a rentgenového záření (difrakční metody). Symetrie krystalů, trojrozměrné mřížky a krystalografické soustavy, primitivní buňka, 14 Bravaisových mřížek, 32 krystalografických tříd, trojrozměrné prostorové grupy, difrakce rentgenového záření, difrakce na souboru rovin, přímá a reciproká mřížka, Ewaldova konstrukce, interference, Laueho a Braggova metoda. Zdroje a detektory rentgenového záření, difraktometry. Fázový problém, Pattersonovské a přímé metody, upřesňování modelu, R-faktory, metoda nejmenších čtverců. Krystalografické databáze. Metody založené na absorpci rentgenového a ultrafialového záření a na absorpci elektronů (fotoelektronová XPS, ESCA a Augerova spektroskopie, rentgenová fluorescenční analýza). Metody založené na absorpci ultrafialového a viditelného záření (elektronová spektroskopie). Absorpce UV a VIS záření, Franckův-Condonův princip, luminiscence, fluorescence, fosforescence, Jablonského diagram, vyhasínání luminiscence, typy přechodů, typy excitace, instrumentace pro fluorescenční spektrometrii, elektronová spektra komplexních sloučenin, absorpční spektra komplexů v UV a VIS oblasti, typy elektronových přechodů, výběrová pravidla, intenzity a pološířky d-d-pásů, spin-orbitální interakce, Tanabeho a Suganovy diagramy. Metody založené na absorpci infračerveného a mikrovlnného záření (spektra rotační, vibrační a rotačně-vibrační). Symetrické vlastnosti molekul, prvky a operace symetrie, základní pojmy teorie grup. Molekulová vibrační spektroskopie, harmonický a anharmonický oscilátor, energie vibračních hladin, translační, rotační a vibrační stupně volnosti, vibrační kvantová čísla, typy normálních vibrací, přechody mezi energetickými hladinami, výběrová pravidla, valenční a deformační vibrace. Interpretace vibračních spekter, empirická pravidla, charakteristické frekvence, princip normální souřadnicové analýzy. Mikrovlnná spektroskopie. Molekuly v elektrickém poli světelné vlny (Rayleighův a Ramanův rozptyl, Ramanova spektroskopie, anisotropie polarizovatelnosti, depolarizace, Stokesovy a antistokesovy přechody). Molekuly v elektrickém poli (permitivita dielektrika, polarizovatelnost, indukovaná a orientační polarizace, indukovaný a permanentní elektrický dipólový moment, měření dipolových momentů, mezimolekulární interakce). Přechod světla látkami (lom světla, index lomu a molární refrakce, Snellův zákon, měření indexu lomu, vliv elektrického pole, Kerrův efekt. Optická aktivita, specifická otáčivost, Cottonův efekt, optická rotační disperse, cirkulární dichroismus. Optická otáčivost a struktura, oktantové pravidlo). Molekuly v magnetickém poli (magnetická indukce, magnetizace, permanentní magnetický dipólový moment, anizotropie magnetické susceptibility, diamagnetika, paramagnetika a ferromagnetika, Curieův a Curie-Weissův zákon, spin-orbitální interakce, jednomolekulové magnety). Metody založené na absorpci mikrovlnného a radiofrekvenčního záření látkami v magnetickém poli (elektronová paramagnetická a nukleární magnetická rezonanční spektroskopie). EPR spektroskopie, podmínka resonance, Landého g-faktor, hyperjemné štěpení. NMR spektroskopie, jaderný spin, magnetogyrický poměr, Larmorova frekvence, stínící konstanta, diamagnetické a paramagnetické stínění, Ramseyův vzorec, parametry ovlivňující stínící konstantu, normální a inverzní halogenová závislost, nefelauxetická a spektrochemická řada, chemický posun, korelace chemických posunů, magnetická anisotropie, chemická ekvivalence a symetrie molekul, dipolární interakce, NMR spektroskopie v pevné fázi, skalární interakce, vlivy na interakční konstantu, relaxace, relaxační časy T_1 a T_2 , relaxační mechanismy, dynamická NMR spektroskopie, chemická výměna. Metody s indukčně vázaným plazmatem. Atomizace, ionizace, stimulovaná emise, instrumentace, laserová ablace, spojení ICP-MS. Metody termické analýzy. Základní metody termické analýzy (TGA, DTA, DSC, simultánní termická analýza). Rozšířená termická analýza (TG-FTIR-MS). Tepelné zpracování materiálů, křivky chlazení,

kalorimetrické metody stanovení tepla fázových přeměn a tepelné kapacity materiálů. Fázové přeměny 1. a 2. řádu. Separční metody. Plynová chromatografie (instrumentace, způsoby dávkování vzorku, kolony, složení stacionárních fází, typy detektorů, retenční charakteristiky, retenční čas, redukovaný a mrtvý čas, kapacitní poměr), van Deemterova rovnice, kvalitativní a kvantitativní analýza, spojení GC-MS. Kapalinová chromatografie, princip separace, kolonová chromatografie, vysokoúčinná kapalinová chromatografie. Instrumentace, částicové a monolitické stacionární fáze, separační mechanismy, charakterizace kolon a retenční charakteristiky (retenční čas, retenční faktor, rozlišení, účinnost, selektivita). Kapilární elektroforéza (elektroforéza, elektroosmóza, elektroforetická pohyblivost, elektroforetický tok, pufr, instrumentace, účinnost separace, izotachoforéza, Kohlrauschova regulační funkce, samozaostřovací efekt, spojení CE-MS). Elektroanalytické metody. Redox, elektroda a elektrodový potenciál, Fermiho energie, elektrochemický článek, potenciometrie, ISE a pH elektroda, polarizace elektrody, přepětí. Potenciostatické/galvanostatické techniky, stacionární a nestacionární voltametrie, metody založené na úplné elektrolýze, senzor, biosenzor, nanosenzor.

Literatura:

- Atkins, P. W. *Physical Chemistry*. 6th ed. Oxford University Press, 1998. 1014 s. ISBN 0-19-850101-3.
- Atkins, P. W., de Paula, J. *Fyzikální chemie*. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2013. 944 s. ISBN 9788070808306.
- Rankin, D. W. H., Mitzel, N., Morrison, C. *Structural Methods in Molecular Inorganic Chemistry*. Wiley, 2013. ISBN: 978-0-470-97278-6
- Bruce, D. W., O'Hare, D., Walton, R. I. *Local Structural Characterisation*. John Wiley & Sons, 2014. ISBN: 1-118-68192-4
- Bruce, D. W., O'Hare, D., Walton, R. I. *Structure from Diffraction Methods*. John Wiley & Sons, 2014. ISBN:9781119953227
- Bruce, D. W., O'Hare, D., Walton, R. I. *Multi Length-Scale Characterisation*. John Wiley & Sons, 2014. ISBN-13: 978-1119953197
- Nakamoto, K. *Infrared and Raman Spectra of Inorganic and Coordination Compounds, Applications in Coordination, Organometallic, and Bioinorganic Chemistry*. John Wiley & Sons, 2009. ISBN 0470405872.
- Colthup, N. B., L. H. Daly, S. E. Wiberley. *Introduction to infrared and Raman spectroscopy*. Third edition. San Diego: Academic Press, 1990. ISBN 978-0121825546.
- Snyder, L. R., Kirkland, J. J., Dolan, J. W. *Introduction to Modern Liquid Chromatography*. John Wiley & Sons, 2009.
- Kalous, V. a kol. *Metody chemického výzkumu*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1987.
- Kratochvíl, B., Jenšovský, L. *Úvod do krystalochemie*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1987.
- Holba, V. *Fyzikálno-chemické vlastnosti atomů a molekul*. 1. vyd. Bratislava, Slovenské pedagogické nakladatel'stvo, 1980.
- Exner, O. *Struktura a fyzikální vlastnosti organických sloučenin*. 1. vyd. Praha, SNTL, 1985.
- Barker, J. *Mass spectrometry: analytical chemistry by open learning*. Edited by David J. Ando. 2nd ed. Chichester: John Wiley & Sons, 1998. ISBN 0-471-96764-5.
- Toužín, J., Černík, M. *Vibrační spektroskopie molekul a krystalů*. Praha, Státní pedagogické nakladatelství, 1980.
- Ebsworth, E. A. V., Rankin, D. W. H., Cradock, S. *Structural methods in inorganic chemistry*. 2nd ed., Boca Raton, Fla. CRC Press, 1991.
- Gaisford, S., Kett, V. & Haines, P. (Eds.) *Principles Of Thermal Analysis And Calorimetry*. RSC, 2016. 2nd ed. , ISBN 13: 9781782620518, ISBN 10: 1782620516
- Skoog, D. A., *Analytická chemie*. VŠCHT, 2019, ISBN 978-80-7592-043-0

- Wang, J. *Analytical Electrochemistry*. 2nd ed. Wiley-VCH Publishers, 2000. ISBN 0-471-28272-3.
- Scholtz, F. *Electroanalytical Methods*. 2nd ed. Springer Heidelberg, 2010. ISBN: 978-3-642-02914-1.
- Barek J., Štulík K., Opekar F. *Elektroanalytická chemie*. UK Praha, 2005. ISBN 80-246-1146-5.
- Foret, F., Křivánková, L., Boček, P. *Capillary Zone Electrophoresis*. VCH, Weinheim, Germany, 1993.

2. Metody studia struktury a vlastností materiálů

Experimentální metody:

Optická mikroskopie (mikroskop, zobrazovací metody, polarizované světlo, diferenciální interferenční kontrast, fázový kontrast, barevná metalografie). Metody přípravy vzorků pro optickou mikroskopii (broušení, leštění, chemické úpravy, elektrochemické metody). Elektronová mikroskopie. Interakce elektronového svazku s materiály. Mechanismy rozptylu (nepružný, pružný, emise elektronů ze vzorku, sekundární a odražené elektrony). SEM (REM), charakteristika, tvorba obrazu, kontrast (chemický, topografický). Zobrazovací režimy, detektory signálů, požadavky na vzorky, příprava vzorků, využití SEM. TEM, charakteristika, tvorba obrazu, difrakční konstanta, rozptylový a difrakční kontrast, difrakční obrazce a jejich interpretace, příprava vzorků pro TEM, využití. Elektronová tomografie. Mikroskopie rastrující sondy (SPM). Obecná charakteristika metod, rozdělení podle druhu interakce (STM, AFM, SNOM, MFM). Rastrovací tunelová mikroskopie (STM). Mikroskopie atomových sil (AFM), princip a využití. Strukturní rentgenografie. Vznik a vlastnosti rentgenového záření, interakce rentgenového záření s pevnou látkou. Absorpce rentgenového záření a její využití. Využití difrakce rentgenového záření ke studiu struktury, Braggova rovnice. Difrakce na krystalové mřížce – Laueho a Braggova metoda. Základy teorie rentgenové difrakce. Fyzikální podstata jevu - atom jako rozptylové centrum. Základní metody studia mono- a polykrystalických materiálů. Základní strukturní typy anorganických sloučenin, sc, ccp (fcc), hcp, bcc, CsCl, NaCl, diamant, sfalerit, wurzit, fluorit, NiAs, rutil, SiO₂, BiF₃, ReO₃, perovskit, spinel, korund, Paulingova pravidla. Maloúhlový rozptyl rentgenového záření (SAXS). Optická emisní spektroskopie (OES). OES s buzením v plazmatu (ICP, DCP). Elektronová mikroanalýza. Princip, detekce záření. Elektronová mikrosonda. Energiově disperzní analýza (EDA), vlnově disperzní analýza (WDA). Příprava vzorků, metody kvalitativní mikroanalýzy. Rentgenová fluorescenční analýza. Metody analýzy povrchu. Všeobecný princip Augerovy elektronové spektroskopie (AES), SIMS, LEED, XPS, APS, RBS. Princip a využití. Charakterizace nanočástic metodou dynamického rozptylu světla (DLS). Vysokoteplotní hmotnostní spektrometrie. ICP-MS. Mössbauerova spektroskopie. Nukleární magnetická rezonanční spektroskopie. Termická analýza (křivky chladnutí, DTA, DSC). Rozšířená termická analýza (TG, TFIR, MS, dilatometrie, atd.). Stanovení porosity, fyzisorpce, adsorpční/desorpční izotermy plynů, typy isotherem, hystereze, Langmuirova rovnice, metoda BET, Kelvinova rovnice, distribuce velikosti pórů, BJH model. Rtuťová porosimetrie. Zkoušky mechanických vlastností. Zkoušky tvrdosti. Statické (tahem, tlakem) a dynamické (rázové a cyklické, Wöhlerova křivka, mez únavy) zkoušky. Nízkoteplotní a vysokoteplotní (creep) zkoušky. Křehký a houževnatý lom, koncentrace napětí. Korozní zkoušky.

Teoretické metody:

Elektronová struktura materiálů. Schroedingerova rovnice. Drudeho model elektronového plynu, elektrická a tepelná vodivost elektronového plynu, Sommerfeldův model, Fermiho koule, hustota stavů, elektrony v periodickém potenciálu, pásová struktura, Fermiho plocha. Kmity krystalové mřížky. Klasický popis harmonického krystalu, akustické a optické fonony interakce fononů s elmag. polem, polaritony. Elementy kvantového popisu, Debyeho model. Diferenciální podmínka fázové rovnováhy, integrální podmínka fázové rovnováhy. Souvislosti mezi fázovými, fyzikálními a mechanickými

vlastnostmi. Fázové pravidlo a stabilita fází. Termodynamický popis tuhých roztoků a intermediálních (intermetalických) fází. Semiempirické (CALPHAD) a Ab-initio výpočty typu fázových diagramů. Statistická termodynamika. Postuláty statistické termodynamiky. Populace stavu, konfigurace systému a její váha. Boltzmannovo rozdělení. Partiční funkce (příspěvky, vztah k termodynamickým veličinám a chemické rovnováze). Statistická termodynamika reálného plynu (párové potenciály), kapalin (buňková teorie) a ideálního krystalu. Chemická kinetika. Difúzí řízené kinetické procesy.

3. Příprava a vlastnosti materiálů

Základní typy krystalových mřížek kovů. Těsné uspořádání. Elektronová struktura kovů. Slitiny. Monokrystalické a polykrystalické kovové materiály. Nanokrystalické kovové materiály a nanočástice kovů a jejich slitin. Nekrystalické kovové materiály (kovová skla). Intermetalické sloučeniny. Tenké kovové filmy. Kovové kompozity. Prášková metalurgie. Vlastnosti kovů a slitin, strukturální defekty v kovech, jejich vliv na mechanické vlastnosti. Difúze a migrace poruch krystalové mříže (bodové poruchy, dislokace, vrstevné chyby, domény, hranice zrn a fází). Mechanické vlastnosti (elastická a plastická deformace, moduly pružnosti, pracovní diagram, zpevnění). Elektrické vlastnosti (pásová struktura, vodič, polovodič, izolant, vliv teploty, příměsí a sloučenin na odpor/vodivost, supravodivost). Magnetické vlastnosti (magnetický moment atomu, druhy magnetismu, hysterezní křivka). Optické vlastnosti (odrazivost, pohltivost, propustnost, luminiscence, barva). Tepelné vlastnosti (tepelná kapacita, tepelná vodivost). Korozní vlastnosti (poločlánek, článek elektromotorické napětí, potenciál elektrody, polarizace, přepětí, proudová hustota, rychlost koroze, druhy koroze). Difúze. Fázové diagramy kovů (význam Gibbsovy energie fáze pro fázový diagram a její složky, stabilní a metastabilní fázová rovnováha, typy fázových diagramů). Difúzní a bezdifúzní fázové transformace (vznik a růst nové fáze, krystalizace v soustavách s eutektikem, precipitační rozpad). Metody přípravy čistých kovů a jejich slitin (sorpční, extrakční a destilační rafinační procesy, transportní reakce, rozdělovací rovnováha a zonální čištění). Elektrochemická příprava kovů a jejich slitin. Značení čistoty kovů. Metody přípravy monokrystalů. Metody přípravy nanočástic kovů a jejich slitin a nanokrystalických materiálů. Metody přípravy tenkých kovových filmů (difúzní procesy, depoziční procesy - elektrochemický, plazmatický, PVD, CVD, speciální techniky). Slinuté materiály. Technologie přípravy kovových materiálů (krystalizace, kontinuální a diskontinuální technologie, tváření, odlévání, obrábění, povrchové úpravy). Železné slitiny. Fázový diagram Fe-C. Struktura a tepelné zpracování ocele (perlitická, bainitická a martenzitická přeměna, TTT a CCT diagram). Základní typy železných slitin (oceli a litiny, třídy materiálů). Základní typy neželezných kovů a jejich slitiny. Lehké kovy (Al, Ti, Mg). Kovy s nízkou (Pb, Zn, Sn, pájky), střední (Cu, Ni) a vysokou (Ti) teplotou tání.

Základní metody přípravy anorganických materiálů. Redukční metody, spalovací metody, sol-gelové metody, srážecí reakce, atd. Reakce v tuhém stavu a jejich kinetika. Syntéza spinelu, Kirkendallův poměr, nukleace a růst, samopropagující reakce, karbothermální redukce, pyrolýza polymerů. Mechanochemická syntéza. Syntéza za asistence mikrovlnného záření. Vysokotlaké metody syntézy, diamantová cela, detonační reakce, syntéza diamantů a další tvrdých látek. Syntéza v plynné fázi a heterogenním prostředí, aerosolové pyrolytické metody, fullereny a uhlíkové nanotrubičky, přenosová činidla v plynné fázi. Syntéza z prekurzorů, reakce v taveninách a iontových solích, syntéza v iontových kapalinách. Sol-gelové metody, citrátová metoda, prekurzory, hydrolýza, kondenzace, sušení, kalcinace, sintrování, aerogely, spin- a dip-coating. Hydrotermální syntéza. Sonochemická syntéza. Syntéza porézních materiálů. Zeolity, primární a sekundární stavební jednotky, sodalitová klec, porozita, katalýza. Aluminofosfáty. MOF a COF struktury, retikulární chemie. Mesoporézní materiály, tenzidy, micely, supramolekulární templátování, mezoporézní silika. Vrstevnaté materiály, interkalace, grafit, grafen, fosforečnany zirkoničité, vrstevnaté podvojně hydroxidy. Nukleace, růst monokrystalů, kritický poloměr jádérka, Czochralski, Verneuil, Bridgman, zonální tavba, hydrotermální syntéza. Syntéza tenkých filmů (CVD, ALD, PVD, MBE). Anodická oxidace, porézní alumina, porézní křemík, spin-and dip-coating. Vlastnosti nanočástic, efekty povrchu a elektronové struktury, termodynamické vlastnosti povrchu a jádra, reaktivita. Aplikace nanočástic. Metody syntézy nanočástic. Bottom-up & top-down, syntéza z plynné fáze, pyrolýza, redukční syntéza z prekurzorů, sol-gel, práškové metody.

Charakteristické vlastnosti makromolekulárních látek. Střední molekulová hmotnost, polymerizační stupeň, distribuční křivka, metody měření molekulových hmotností polymerů. Termodynamické a strukturně funkční podmínky vzniku makromolekul. Konfigurace a konformace polymerů. Základní charakteristiky stupňových a řetězových polymerizací. Odlišnosti a příklady typických zástupců polymerizačních reakcí. Polykondenzace. Technické polymery: polyestery, polyamidy, fenol-, močovino- a melamino-formaldehydové pryskyřice, polysiloxany. Termoplasty a termosety. Termické chování polymerů, teplota skelného přechodu, fyzikální a skupenské stavy, viskoelastičita. Technické polymery připravované polyadici: polyurethany, epoxidové pryskyřice. Radikálové polymerizace: mechanismus, iniciace, propagace, terminace, přenosové reakce, inhibitory a retardéry, kinetika radikálové polymerizace, gelový efekt, kopolymerizace. Způsoby provádění řetězových polymerizací: bloková, roztoková, suspenzní a emulzní polymerizace. Kationtová a aniontová polymerizace: iniciátory, růst řetězce, terminace a přenos, živé polymery, iontové kopolymerizace. Koordinační stereospecifické polymerizace, Ziegler-Nattovy katalyzátory. Polymery připravované řetězovou polymerizací: polyethylen, polypropylen, polystyren, polyvinylchlorid, polytetrafluoroethylen, polyvinylalkohol, polyvinylacetát, polymethylmethakrylát, (postup výroby, vlastnosti a aplikace). Kopolymery: butadien-styrenový kaučuk, butadienakrylonitrilový kaučuk, houževnatý polystyren, kopolymery styren-akrylonitril, ABS, (postup výroby, vlastnosti a aplikace). Přírodní polymery: polysacharidy: celulóza, škrob, hemicelulosa, lignin, přírodní kaučuk, gutaperča. Speciální polymery, tepelně odolné polymery, elektrovedivé polymery, polymery využívané v lékařství, dendrimery, perspektiva využití polymerů. Mechanické vlastnosti polymerů a metody jejich stanovení.

Literatura:

- SCHUBERT, U. a HÜSING, N. Synthesis of Inorganic Materials. Weinheim: Wiley-VCH, 2000. 396 s. ISBN 3-527-29550-X.
- MÜLLER, U. Inorganic Structural Chemistry. 2. vyd. John Wiley & Sons., 1993. ISBN 0-471-93717-7.
- INTERRANTE, L. V. a HAMPDEN-SMITH, M. J. Chemistry of Advanced Materials, An Overview. New York: Wiley-VCH, 1998. ISBN 0-471-18590-6.
- BRUCE, D. W. a O'HARE, D. Inorganic Materials. Chichester: John Wiley & Sons, 1997. ISBN 0-471-96036-5.
- YANAGIDA, H., KUNIHITO, K., MIYAYAMA, M. a YAMADA, H. The Chemistry of Ceramics. : John Wiley & Sons, 1996. ISBN 0-471-96733-5.
- WEST, A. R. Basic Solid State Chemistry. Second Edition. Chichester: John Wiley & Sons, 1999. ISBN 0-471-987565-5.
- WELLER, M. Inorganic Materials Chemistry. Oxford, UK: Oxford University Press, 1994. ISBN 0-19-855799-X.
- CALLISTER, W. D. Fundamentals of materials science and engineering: an interactive e.text. 5th ed. New York: John Wiley & Sons, 2001. ISBN 0-471-39551-X.
- PROKOPOVÁ, I. Makromolekulární chemie, VSCHT Praha, 2004. ISBN: 8070805544.
- ELIAS, H.-G. Macromolecules. Weinheim: Wiley-VCH, 2008. ISBN 978-3-527-31174.
- BOUBLÍK, T. Statistická termodynamika. Vyd. 1. Praha: Academia, 1996. ISBN 80-200-0566-8.
- GILLESPIE, R. J. a POPELIER, P. L. A. Chemical bonding and molecular geometry: From Lewis to Electron Densities. Edited by Petr C. Ford. Oxford: Oxford University Press, 2001. ISBN 0-19-510496-X.
- ZELEWSKY, A. von. Stereochemistry of coordination compounds. Chichester: John Wiley & Sons, 1995. ISBN 0-471-95057-2.
- BRÉCHIGNAC, C., HOUDY, P. a LAHMANI, M. Nanomaterials and nanochemistry. Berlin: Springer, 2007. ISBN 978-3-540-72992-1.
- PORTER, D. A. Phase Transformations in Metal and Alloys. New York: Van Nostrand Reinhol, 1981. ISBN 0-442-30439-0.

- ZANGWILL, A. Physics at surfaces. 1st pub. Cambridge: Cambridge University Press, 1988. ISBN 0-521-34752-1.
- MASEL, R. I. Chemical kinetics and catalysis. New York: John Wiley & Sons, 2002. ISBN 0-471-24197-0.
- HOVORKA, F. Technologie chemických látek. Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 2005. ISBN 80-7080-588-9.
- MLEZIVA, J. Polymery - výroba, struktura, vlastnosti a použití. 1. vyd. Praha: Sobotáles, 1993. ISBN 80-901570-4-1.
- VŘEŠŤÁL, J. a OTYEPKA, M. Statistická termodynamika, stručný úvod, MU: Brno, 2004. ISBN 80-210-3372-X.
- SMART, L. a MOORE, E. Solid state chemistry: an introduction. 2. vyd. London: Chapman & Hall, 1995. ISBN 0748740686.
- WHITE, M. A. Properties of Materials. Oxford University Press, NY, 1999. ISBN 0-19-511331-4.
- BARRETT, C. S. Struktura kovů: krystalografické metody, principy a údaje. 1. vyd. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd, 1959.
- SAUNDERS, N. a MIODOWNIK, P. A. Calphad: calculation of phase diagrams: a comprehensive guide. Oxford: Pergamon, 1998. ISBN 0-08-042129-6.
- SMALLMAN, R.E. Moderní nauka o kovech. 1. vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1964.
- KUCHAR, J. a DRÁPALA, J. Metalurgie čistých kovů: metody rafinace čistých látek. 1. vyd. Košice: Nadácia R. Kammela, 2000. ISBN 80-7099-471-1.
- ČÍHAL, V. Korozivzdorné oceli a slitiny. Praha: Academia, 1999. ISBN 80-200-0671-0.
- BEDNÁŘ, B., FLEMR, V., KRATOCHVÍL, B. a kol. Nové materiály: Stručná informace o vlastnostech a použití. Praha: VŠCHT, 1991. ISBN 80-7080-098-4.
- INNOCENZI, P. The Sol to Gel Transition, Springer International Publishing, 2016. ISBN 978-3-319-39716-0.
- OZIN, G.A., ARSENAULT, A.C. a CADEMARTIRI, L. Nanochemistry: a chemical approach to nanomaterials. 2nd ed. Cambridge: RSC Publishing, 2009. ISBN 9781847558954
- CADEMARTIRI, L. a OZIN, G.A. Concepts of nanochemistry. Weinheim: Wiley-VCH, 2009. ISBN 9783527325979.