

Státní závěrečné zkoušky a obhajoby bakalářských prací ve studijním programu Nano a mikrotechnologie v chemickém inženýrství

1. Průběh státní závěrečné zkoušky (SZZ) bakalářského studijního programu "Nano a mikrotechnologie v chemickém inženýrství" se řídí aktuálně platným "Studijním a zkušebním řádem Vysoké školy chemicko-technologické v Praze".
2. Místo konání státní závěrečné zkoušky a obhajoby bakalářských prací rozpis studentů bude zveřejněn nejpozději 2 týdny před konáním SZZ a obhajob.
3. Státní závěrečná zkouška (SZZ) bakalářského studijního programu "Nano a mikrotechnologie v chemickém inženýrství" se skládá z obhajoby bakalářské práce a ústní části SZZ.
4. Pro prezentaci výsledků bakalářské práce bude mít student k dispozici 10 minut, poté bude následovat diskuse k bakalářské práci a po ní ústní část SZZ. Prezentaci student zaměří především na uvedení cílů práce, stručný popis prostředků, metod a postupů použitých k dosažení cílů práce, přehled dosažených výsledků, jejich popis, charakterizaci a diskusi a na formulování závěrů vyplývajících z dosažených výsledků a závěrů o splnění zadání bakalářské práce. Dále následuje přečtení posudku vedoucího práce a student odpoví na otázky či připomínky z tohoto posudku a na otázky položené členy komise.
5. Při ústní části státní závěrečné zkoušky odpovídá student na otázky ze tří tematických okruhů (TO). Tyto tři tematické okruhy si studenti zvolí v souladu se zaměřením bakalářské práce z celkem pěti možných volitelných (V) okruhů.
6. Po ukončení ústní části SZZ následuje neveřejné hodnocení studenta komisí. Po uzavření klasifikace oznámí předseda komise výsledek obhajoby bakalářské práce, výsledek státní zkoušky a celkový výsledek studia studentovi.

Seznam povinných a volitelných tematických okruhů pro SZZ

Č. TO		Název tematického okruhu	Ústav
1	V	Matematika	446
2	V	Fyzika tenkých vrstev a nanomateriálů	444
3	V	Fyzikální a koloidní chemie	403
4	V	Analytické metody pro nanotechnologie	402
5	V	Chemické inženýrství disperzních systémů	409

Popis tematických okruhů

Matematika (vychází z předmětů B413001 Matematika A, B413002 Matematika B, B413003 Aplikovaná statistika)

1. Definice derivace. Geometrický a fyzikální význam derivace. Parciální derivace a jejich geometrický význam, gradient funkce. Parciální derivace složené funkce. Derivace ve směru.
2. Newtonova a Riemannova definice určitého integrálu. Geometrické a fyzikální aplikace určitého integrálu. Věta o střední hodnotě integrálního počtu.
3. Diferenciální rovnice zejména 1. řádu, základní pojmy. Metoda separace proměnných. Lineární diferenciální rovnice 1. řádu, metoda variace konstanty.
4. Lineární diferenciální rovnice 2. řádu s konstantními koeficienty a speciální pravou stranou. Soustavy dvou diferenciálních rovnic 1. řádu. Model „Dravec-kořist“.
5. Matice, maticová algebra. Lineární závislost a nezávislost skupiny vektorů. Hodnota matice. Soustavy lineárních algebraických rovnic.
6. Determinant matice a jeho vztah k hodnotě matice. Inverzní matice – existence a metody výpočtu.
7. Funkce dvou proměnných a její graf, vrstevnice grafu funkce. Lokální extrémy funkce dvou proměnných a jejich určování, stacionární a sedlové body.
8. Implicitně zadané funkce, jejich existence a derivace.
9. Rovinné a prostorové křivky, tečný vektor. Vektorové pole. Křivkový integrál vektorového pole a jeho nezávislost na integrační cestě. Potenciál.
10. Dvojný integrál a jeho geometrický význam. Věta o substituci a Fubiniho věta. Laplaceův integrál.
11. Střední hodnota a rozptyl rozdělení náhodné veličiny. Bodový a intervalový odhad parametru rozdělení, speciálně střední hodnoty a rozptylu. Nejlepší nestranný bodový odhad.
12. Lineární regresní model a jeho předpoklady. Regresní funkce. Pás spolehlivosti a predikční pás. Koeficient determinace.

2 Fyzika tenkých vrstev a nanomateriálů (vychází z předmětů B444003 Fyzika I, B444004 Fyzika II, B444010 Technologie a vlastnosti tenkých vrstev, tenkovrstvé sensory)

- 1. Základy vlnové a geometrické optiky.** Odraz a lom světla, disperze světla. Interference a ohyb světla, optické mřížky, antireflexní vrstvy. Rozlišovací schopnost optických přístrojů. Zobrazování pomocí zrcadel a tenkých čoček, lupa, mikroskop.
- 2. Elektrostatické pole.** Intenzita a potenciál elektrostatického pole, elektrický dipól, polarizace dielektrika. Kapacita kondenzátoru. Pohyb částice v homogenním elektrickém poli.
- 3. Stejnoseměrné a střídavé proudy.** Ohmův zákon, rezistivita, konduktivita, pohyblivost nosičů náboje. Jouleův zákon, Kirchhoffovy zákony. Impedance, fázové posunutí, sériový rezonanční obvod RLC. Výkon a energie stejnosměrného a střídavého proudu. Měření elektrických odporů a impedancí.
- 4. Magnetické pole.** Magnetická indukce, silové účinky magnetického pole na pohybující se nabitou částici, hmotnostní spektroskop, Hallův jev. Magnetické vlastnosti látek.
- 5. Interakce záření a hmoty, Základy kvantové mechaniky.** Elektromagnetické vlnění a jeho vlastnosti. Záření černého tělesa, Stefanův-Boltzmannův zákon. Fotoelektrický jev. Rentgenové záření, difrakce rentgenového záření na krystalech, časově nezávislá Schrödingerova rovnice, vlnová funkce, vlastní hodnoty energie, kvantové uvěznění, tunelový jev.
- 6. Základy fyziky pevných látek a fyziky polovodičů.** Kovalentní krystal, kovový krystal, "krystal" vodivých polymerů. Pásový diagram pevné látky, souvislost podoby pásového diagramu s elektrickými a optickými vlastnostmi materiálů, pásový diagram "bulkových" a nanostrukturovaných materiálů. Vlastní a nevlastní polovodič, generace nosičů náboje.
- 7. Vakuum.** Střední volná dráha, monovrstva, rozdělení (hrubé, střední, vysoké, ultravysoké). Viskózní tok, Knudsenův tok, molekulární tok. Typy vývěv – možnosti použití, možnosti měření vakua, vakuové systémy (olejové – bezolejové vakuum). Hmotová spektrometrie.
- 8. Lasery a laserové depoziční techniky.** Spontánní a stimulovaná emise, absorpce, populace a inverzní populace. Základní principy laseru, vlastnosti laserového záření, rozdělení a typy laserů, základní typy laserů a jejich uspořádání a vlastnosti (rubínový laser, neodymový laser, barvivový laser, polovodičový laser, excimerový laser). Interakce laserového záření s hmotou, laserové depoziční technologie (PLD, LIFT, MAPLE, MAPLE-DW).
- 9. Inkoustový tisk.** Piezoelektrický jev, základní vztahy. Princip inkoustového tisku (tisk kontinuální a Drop-on-Demand), termální a piezoelektrické inkoustové tiskárny, využití inkoustového tisku při přípravě mikrostruktur (technologie, aplikace).
- 10. PVD a CVD techniky.** Napařování, naprašování, MOCVD, PACVD, MWCVD, hotfilament CVD – principy, možnosti použití, naprašování (DC, RF, MF), reaktivní naprašování, napařování anorganických x organických látek, epitaxní vrstva, MBE, RHEED, výběr prekurzorů pro CVD, mechanismy růstu vrstev.
- 11. Diagnostika tenkých vrstev.** SEM, TEM, AFM, FIB, profilometrie, konfokální mikroskopie, elipsometrie, spektrometrie, elektrofyzikální měření (rezistivita, koncentrace a typ nosičů náboje).
- 12. Polovodičové plynové senzory.** Princip detekce, definice stejnosměrné citlivosti, materiál pro aktivní vrstvy, architektura senzoru, režimy a metodiky měření, užití chemických senzorů (porovnání s klasickými analyzátoři).
- 13. Piezoelektrické senzory.** Princip detekce, piezoelektrické materiály (chemické složení, morfologie). Krystalový rezonátor (náhradní elektrický obvod, sériová a paralelní rezonanční frekvence). Využití krystalového rezonátoru pro detekci plynů (Sauerbreyho rovnice, používané sorbenty).

3 Fyzikální a koloidní chemie (vychází z předmětů B403003 Fyzikální chemie I, B403012 Fyzikální chemie povrchů a koloidních soustav, B403013 Fyzikální chemie mikrosvěta)

1. **Klasická termodynamika.** Zákony termodynamiky, teplo, práce, vnitřní energie, entalpie, entropie, Gibbsova energie.
2. **Statistická termodynamika.** Interpretace teploty, ekvipartiční princip, Boltzmannova pravděpodobnost a Boltzmanova rovnice pro entropii.
3. **Chemická kinetika.** Reakční rychlost, kinetická rovnice, řád reakce, integrace jednoduchých kinetických rovnic, poločas reakce. Závislost na teplotě. Reakční mechanismy a jejich zjednodušení.
4. **Chemické rovnováhy.** Standardní stavy, chemický potenciál, rovnovážná konstanta, rovnováhy v roztocích elektrolytů (pH, pufrý, málo rozpustné soli). Galvanické články.
5. **Kinetická teorie plynů.** Předpoklady teorie. Maxwelllovo–Boltzmannovo rozdělení rychlostí, střední volná dráha, Knudsenova efuze a difuze.
- 6, **Fázové rovnováhy.** Fázový diagram čisté látky, stavové rovnice, Hildebrandova a Floryho–Hugginsova teorie. Spinodální dekompozice.
7. **Povrchové jevy.** Mezifázové napětí, kohezní a adhezní práce, povrchová deprese a elevace, Laplaceova-Youngova rovnice, rozestírání.
8. **Adsorpce, nabitě povrchy.** Adsorpční izotermy. Elektrická dvojvrstva, stínění náboje v roztocích (kvalitativně).
9. **Polymery.** Ideální řetězec. Řetězec polymeru v dobrém, špatném a theta rozpouštědle.
10. **Transportní vlastnosti.** Difuze (Fickovy zákony, difuzní koeficient). Iontová vodivost (konduktivita, molární vodivost, pohyblivost iontu). Vztah mezi oběma jevy (Einsteinova rovnice).
11. **Membrány, koligativní vlastnosti.** Osmóza, kryoskopie, ebulioskopie.

4 Analytické metody pro nanotechnologie (vychází z předmětů B402003 Analytická chemie A, B402004 Analytická chemie B, B402008 Laboratoř charakterizace nano a mikrosystémů)

Výběr vhodných technik (včetně nezbytných experimentálních podmínek a instrumentace) z níže uvedených pro daný příklad z praxe včetně popisu celého analytického procesu (od odběru vzorku po zpracování naměřených dat) zahrnujícího dle potřeby kvalitativní, speciální, nebo kvantitativní analýzu včetně vysvětlení principu vybraných technik.

1. Odměrná a vážková analýza
2. Potenciometrie, konduktometrie, voltametrie a coulometrie
3. Plynová a kapalinová chromatografie, gelová a kapilární elektroforéza včetně způsobů detekce
4. Atomová absorpční, emisní a rentgenová fluorescenční spektrometrie
5. Molekulová spektrometrie v UV a IČ oblasti, NMR, MS
6. Chirální techniky (polarimetrie, ECD, VCD, ROA)
7. Povrchové techniky (ESCA, SIMS, TEM, SEM, SPM) včetně možnosti analýzy hloubkového profilu

5 Chemické inženýrství disperzních systémů (vychází z předmětů B409001 Chemické inženýrství I a B409012 Disperzní systémy I)

- 1. Tok tekutin.** Bernoulliho rovnice pro potrubí bez čerpadla i se zařazeným čerpadlem. Disipace energie, laminární a turbulentní proudění, příkon a výkon čerpadla, maximální sací výška. Charakteristika potrubí a odstředivého čerpadla. Podstata Newtonova zákona pro viskozitu na molekulární úrovni.
- 2. Sdílení tepla** vedením, prouděním a radiací. Fourierův zákon a vedení tepla vícevrstvou stěnou. Podstata vedení tepla na molekulární úrovni. Newtonův ochlazovací zákon a součinitel přestupu tepla. Profil teploty při prostupu tepla stěnou. Součinitel prostupu tepla a odpor proti prostupu tepla.
- 3. Destilace.** Fázová rovnováha kapalina-pára. Principy mžikové a vsádkové destilace a jejich matematický popis. Grafické řešení mžikové destilace a znázornění vsádkové destilace v isobarických rovnovážných diagramech. Představa rovnovážného stupně.
- 4. Sušení pevných látek:** vlastnosti vlhkého vzduchu, entalpický diagram vlhkého vzduchu, přestup hmoty, vlhký teploměr. Materiálová a entalpická bilance vsádkové sušárny, doba sušení. Materiálová a entalpická bilance kontinuální protiproudé sušárny a kaloriferu.
- 5. Reaktory.** Reakční rychlost, rozsah reakce, konverze složky, rychlostní a rovnovážná konstanta. Závislost reakční rychlosti na teplotě. Materiálové bilance vsádkového reaktoru, průtočného ideálně promíchávaného reaktoru a trubkového reaktoru. Porovnání řešení těchto reaktorů pro nevratnou reakci prvního řádu.
- 6. Disperzní systémy.** Klasifikace (emulze, mlha, pěna, polymery, aerosoly, suspenze, ...). Distribuce velikosti částic a metody jejího měření. Volba metody v závislosti na měřeném systému. Statistická charakterizace distribuce velikosti částic. Problémy se vzorkováním částic, příčiny segregace.
- 7. Silové interakce** v částicových disperzích (např. aerosoly a emulze): van der Waalsovy, elektrostatické a osmotické interakce, kapalně můstky. DLVO teorie silových interakcí. Interakce malých aerosolových částic se stěnami nádoby. Srovnání interakčních sil a energií.
- 8. Sedimentace.** Síly působící na izolovanou sedimentující částici. Součinitel odporu a jeho závislost na Reynoldsově kritériu. Výpočet rychlosti sedimentace, Archimédovo kritérium. Limity platnosti makroskopického popisu usazování. Korekce na klouzání (slip factor) pro sedimentující sub-mikronové částice. Podstata Brownova pohybu částic. Sedimentace suspenze částic.
- 9. Dynamické chování disperzí.** Dynamika jednoduché monodisperzní koagulace. Ostwaldovo zrání. Gibbsova teorie nukleace. Kelvinova rovnice. Podmínky stability disperze. Přehled metod přípravy mikro- a nanočástic.
- 10. Systémy voda-olej-surfaktant.** Fázové diagramy. HLB (Hydrophile-Lipophile Balance) číslo surfaktantů, klasifikace surfaktantů. Volba surfaktantu pro přípravu emulzí olej-ve-vodě a voda-v-oleji. Stabilita emulzí, vliv viskozity. Metody přípravy emulzí fázovou inverzí nebo ve smykovém poli (Rayleighova nestabilita).
- 11. Pěny a porézní materiály.** Pěnové materiály s otevřenými a uzavřenými celami a jejich příprava. Youngova-Laplaceova rovnice. Stavová rovnice pěny. Stabilita pěn s plynem dispergovaným v kapalině. Tepelně-izolační vlastnosti pěnových materiálů. Charakterizace porézních materiálů (porozita, měrný povrch, distribuce velikosti pórů, transportní vlastnosti – adsorpce a difuze).