

Okruhy pro ústní část Státní závěrečné zkoušky

SP N401 Chemické inženýrství a bioinženýrství, od akad. roku 2024/25

Garant studijního programu: prof. Ing. Miroslav Šoóš, Ph.D.

Státní závěrečná zkouška se skládá z obhajoby diplomové práce a ústní části. V ústní části SZZ se prověří znalosti studenta tím, že student odpovídá na otázky členů zkušební komise ze čtyř z uvedených šesti tematických okruhů v souladu se schválenou akreditací magisterského studijního programu.

Seznam tematických okruhů

- 1. Difuzní separační procesy** (vychází z předmětu *Základy sdílení hmoty*)
- 2. Hydromechanické procesy** (vychází z předmětu *Hydromechanické procesy*)
- 3. Chemické a procesní inženýrství** (vychází z předmětů *Chemické inženýrství III, Procesní a systémové inženýrství*)
- 4. Matematika pro chemické inženýry** (vychází z předmětu *Matematika pro chemické inženýry*)
- 5. Reaktorové a bioreaktorové inženýrství** (vychází z předmětů *Inženýrství chemických reaktorů, Bioinženýrské metody*)
- 6. Tepelné procesy** (vychází z předmětu *Tepelné procesy*)

Náplň tematických okruhů

1. Difuzní separační procesy

(garanti: prof. Moucha, doc. Rejl)

1. Vytváření dvoufázového systému.
2. Grafické a numerické určení rovnovážných hodnot v systému kapalina-pára.
3. Rovnovážný stupeň – bilanční rovnice a jejich grafická interpretace, výpočty rovnovážného dělení ve vícesložkových směsích.
4. Rovnice difuze – difuzní a konvektivní tok.
5. Přestup a prostup složky – koeficienty přestupu a odpory v jednotlivých fázích.
6. Difuze s chemickou reakcí – pomalé, rychlé a okamžité reakce. Popis difuze s chemickou reakcí.
7. Termodifuze.
8. Neustálená difuze – kartézské, cylindrické a sférické souřadnice.
9. Turbulentní difuze.

2. Hydromechanické procesy

(garanti: doc. Jahoda, doc. Slouka)

1. Fyzikální vlastnosti tekutin a jejich měření (hustota, viskozita, povrchové napětí), newtonovské a ne-newtonovské kapaliny.
2. Hydrostatický tlak, velikost hydrostatické síly působící na rovinné plochy, principy měření tlaku.
3. Rovnice kontinuity pro prostorové proudění – odvození.
4. Pohybová rovnice ideální tekutiny: Eulerova rovnice (3D) – odvození.
5. Doba výtoku kapaliny z nádoby úzkým otvorem.
6. Proudění skutečné tekutiny: význam členů Navierovy-Stokesovy rovnice, měření rychlostního pole.
7. Ustálený laminární tok kapaliny mezi dvěma rovnoběžnými stacionárními stěnami: úprava členů Navierovy-Stokesovy rovnice pro směr x , definice okrajových podmínek, rychlostní profil – řešení.
8. Numerické řešení ustáleného laminárního toku kapaliny v potrubí kruhového průřezu, definice okrajových podmínek: Hagenova-Poiseuilleova rovnice.
9. Doprava kapalin čerpadly, rozdělení čerpadel, charakteristika čerpadla a potrubí, maximální sací výška, řazení čerpadel, regulace průtoku, kavitace.
10. Rovnováha sil působících na kulovou částici při usazování v gravitačním poli, grafická závislost součinitele odporu na Reynoldsově kritériu pro kulové částice. Modifikace rovnováhy sil působících na kulovou částici při usazování v gravitačním poli v přítomnosti odstředivé síly.

3. Chemické a procesní inženýrství

(garanti: prof. Štěpánek, prof. Šoóš, dr. Kohout)

1. Krystalizace – fázová rovnováha, přesycení roztoku, kinetika nukleace a růstu krystalů. Populační bilance průtočného ideálně promíchávaného krystalizéru (MSMPR).
2. Sypké hmoty – bilance sil ve statické vrstvě sypké hmoty, podmínky toku sypké hmoty.
3. Mechanismus a kinetika aglomerace částic, populační bilance pro aglomeraci.
4. Mechanismus a kinetika zjemňování (mletí) částic, mlecí funkce, populační bilance pro mletí.
5. Princip rozprašovacího sušení, látková a entalpická bilance na úrovni procesu a částice.
6. Adsorpce – rovnováha, látková bilance adsorpční kolony, způsoby regenerace adsorbentu.
7. Materiálová a entalpická bilance základních jednotkových operací (mísič, dělič, potrubí, čerpadlo, výměník tepla), stupně volnosti – definice a jejich využití, kolonové separační aparáty (rektifikace, absorpce, extrakce) a metody jejich řešení (short-cut a rigorózní metody).

8. Dělení vícesložkových směsí, identifikace recyklových proudů a minimalizace jejich počtu (algoritmus M a L).
9. Návrh reakčního uzlu pro kinetiku n -tého řádu s následnou separací produktů a recyklací nezreagovaných reaktantů, vícenásobné ustálené stavy.
10. Základní typy optimalizačních postupů a jejich aplikace
11. Syntéza sítě tepelných výměníků – Pinch-point metody.

4. Matematika pro chemické inženýry

(garanti: prof. Schreiber, dr. Isoz, dr. Haidl)

1. Maticové rovnice, inverzní matice, vlastní čísla a vlastní vektory matice, zobecněné vlastní vektory.
2. Řešení soustavy lineárních algebraických rovnic.
3. Řešení soustav nelineárních rovnic – Newtonova metoda. Implicitní funkce jedné a více proměnných.
4. Numerické řešení obyčejných diferenciálních rovnic, počáteční úloha, Eulerova metoda, Rungeovy-Kuttovy metody, víceukrokové metody, Richardsonova extrapolace.
5. Numerické řešení obyčejných diferenciálních rovnic, okrajová úloha, metoda střelby.
6. Dynamické systémy – vektorové pole, trajektorie soustavy, stacionární stavy, fázový portrét.
7. Soustavy lineárních diferenciálních rovnic s konstantními koeficienty. Řešení lineárních soustav pomocí vlastních čísel, vlastních vektorů a zobecněných vlastních vektorů, fázové portréty lineárních soustav v R^2 .
8. Soustavy nelineárních diferenciálních rovnic – linearizace v okolí stacionárního stavu, klasifikace a stabilita stacionárních stavů nelineárních soustav v R^2 , periodická řešení rovinných systémů; uzavřené, homoklinické a heteroklinické trajektorie.

5. Reaktorové a bioreaktorové inženýrství

(garanti: prof. Kočí, doc. Grof, dr. Lindner)

1. Reakční kinetika, mechanismy heterogenních katalytických reakcí. Vyhodnocení kinetiky z experimentálních dat. Stechiometrie, konverze, rozsah reakce. Reakční entalpie.
2. Reakční rovnováha. Závislost rovnovážné konstanty na teplotě a tlaku. Optimalizace výtěžku produktu (vliv provozních parametrů – např. teplota, tlak, doba zdržení, typ reaktoru na konverzi a selektivitu).
3. Přestup hmoty a tepla v heterogenních reagujících systémech. Thieleův modul. Faktor účinnosti.
4. Látkové a entalpické bilance ideálních typů reaktorů (vsádkový, průtočný ideálně míchaný, trubkový s pístovým tokem). Kaskáda průtočných reaktorů.

5. Matematický a inženýrský popis dalších typů reaktorů (trubkový s axiální disperzí, membránový, mikroreaktor).
6. Distribuce dob prodlení v průtočných zařízeních – distribuční funkce, hustota pravděpodobnosti. Metoda vzruchu a odezvy. Aplikace na ideální a reálné průtočné reaktory a jejich kombinace.
7. Kinetika enzymových reakcí – rovnice Michaelise a Mentenové, inhibice a inaktivace enzymu.
8. Imobilizované enzymy, vliv vnějšího a vnitřního transportu na průběh enzymové reakce.
9. Empirická stechiometrie růstu, bilancování prvků, výtěžnost, růstová křivka biomasy, Monodova kinetika, logistická křivka, látkové bilance biomasy a limitujícího substrátu ve vsádkovém bioreaktoru.
10. Matematický popis různých typů bioreaktorů: chemostat (optimální produktivita, vymytí), chemostat s recyklem, polovsádkový fermentor.

6. Tepelné procesy

(garanti: prof. Přibyl, doc. Zubov)

1. Vedení tepla, Fourierův zákon. Fourierova rovnice a její odvození pro obecný kontrolní objem, definice okrajové podmínky. Biotovo číslo. Ustálené vedení v tyči kruhového průřezu.
2. Transport tepla žebrovaným povrchem, tenkovrstvá aproximace, tepelná účinnost žebra.
3. Ustálené vedení tepla ve více dimenzích a neustálené vedení tepla.
4. Kombinovaný transport tepla vedením a konvekcí. Odvození Fourierovy-Kirchhoffovy rovnice pro obecný kontrolní objem.
5. Transport tepla při pístovém toku – deska pohybující se zónami s různým teplotním režimem.
6. Nusseltovo číslo, kvalitativní popis vstupní a vyvinuté oblasti při laminárním proudění v trubce. Vyjádření Nusseltova kritéria ve vstupní oblasti, asymptotické řešení.
7. Transport tepla při obtékání koule, plíživé obtékání. Teplotní a rychlostní podvrstva, Prandtlovo číslo.
8. Volná konvekce, objemová teplotní roztažnost, Boussinesquova aproximace. Grashofovo číslo.
9. Transport tepla při varu, fáze varu, var v systému s netekoucí tekutinou.
10. Transport tepla při kondenzaci par, filmová kondenzace na vertikální stěně.
11. Transport tepla při proudění v turbulentní oblasti, fluktuace teploty, zprůměrněná Fourierova-Kirchhoffova rovnice, konstitutivní rovnice pro tok tepla turbulencí.
12. Sálání, Stefanův-Boltzmannův zákon, absolutně černé těleso, sdílení tepla při sálání mezi absolutně černými povrchy, view faktor.