

# Pokyny a tematické okruhy k magisterským státním závěrečným zkouškám oboru **VODÍKOVÉ A MEMBRÁNOVÉ TECHNOLOGIE**

Státní závěrečná zkouška se skládá ze dvou částí:

- 1) Obhajoba diplomové práce
  - prezentace v rozsahu 10 minut připravená např. v MS PowerPointu
  - diskuze – dotazy členů komise, objasnění připomínek oponenta a školitele DP
- 2) Ústní zkouška ze tří povinných a jednoho povinně-volitelného státnicového předmětu
  1. Fyzikálně chemické základy membránových procesů
  2. Membránové technologie
  3. Navrhování procesů
  - 4a. Vodíkové procesy pro skladování a konverzi energie
  - 4b. Syntéza a charakterizace membránových materiálů

## **1. Fyzikálně chemické základy membránových procesů**

1. Základy termodynamiky otevřených, uzavřených a izolovaných systémů
2. Výpočet rovnovážného složení v plynných, kapalných a heterogenních soustavách – využití membrán k ovlivnění průběhu reakce
3. Základy elektrochemie – elektrodový potenciál, přepětí, Faradayův zákon
4. Bilanční rovnice, rovnice kontinuity složky, definice koncentrací, rychlostí a hustot toku hmoty
5. Membránové rovnováhy I – (osmotická rovnováha, reverzní osmóza, Donnanova rovnováha, kapalinový potenciál, příklady a využití)
6. Membránové rovnováhy II – adsorpční rovnováhy v mikroporézních systémech (IAST, kapilární kondenzace)
7. Difuze v jednosložkových a vícesložkových systémech, volná difuze, Fickův zákon, metody stanovení
8. Difuze v membránách - neporézní materiály. Mechanismy transportu v porézních a mikroporézních látkách
9. Transportní děje v roztocích elektrolytů (difuze, migrace a konvekce, druhy elektrod a článků, děje na povrchu elektrod, Donnanův potenciál, potenciál kapalinového rozhraní)
10. Permeační a sorpční vlastnosti polymerních membrán, využití v průmyslu, porovnání s jinými průmyslově používanými metodami
11. Povrchové a adsorpční děje při membránových procesech
12. Děje v neporézních membránách (aplikace na separace plynů, separace par, pervaporace)
13. Děje v porézních membránách (aplikace na mikro-, ultra- a nanofiltrace, membránová destilace)
14. Děje při elektromembránových procesech (aplikace na různé typy dialýz, elektrodialýza)

## **2. Membránové technologie**

1. Výroba chloru a hydroxidů alkalických kovů
2. Elektromembránové procesy ve výrobě pitné vody
3. Tlakové membránové procesy ve výrobě pitné vody
4. Elektromembránové procesy pro výrobu elektrické energie

5. Membránové procesy pro separaci plyných směsí
6. Energetické sítě a vodíková ekonomika (problémy, výhody)
7. Membránové procesy ve zpracování odpadů
8. Membránové procesy v potravinářské technologii
9. Výroba oxidačních činidel elektromembránovými procesy
10. Membránové bioreaktory

### **3. Navrhování procesů**

1. Hmotnostní a enthalpické bilance složitěho chemického procesu
2. Simulace složitěho chemického procesu, struktura univerzálních simulačních programů
3. Návrh chemického procesu: reaktor-separátor-tepelný výměník
4. Výběr chemického reaktoru, reakční schéma, výkon reaktoru
5. Modely chemických reaktorů
6. Separáční procesy pro dělení homogenních směsí (rektifikace, absorpce, extrakce, membránové separátory)
7. Separáční procesy pro dělení heterogenních směsí (filtrace, cyklony, usazovány)
8. Návrh reaktoru a separáčního zařízení
9. Využití tepla v chemických procesech, výměníky tepla, jejich soustavy

### **4a. Vodíkové procesy pro skladování a konverzi energie**

1. Principy výroby vodíku z fosilních paliv (rozdělení dle surovin, popis jednotlivých technologických procesů)
2. Principy čištění vodíku (kontaminanty ve vodíku, možnosti čištění, podmínky čištění)
3. Základní pojmy v elektrolýze vody (elektrochemická reakce, elektroda, elektrolyty, typy elektrochemických reaktorů, elektrodové separátory)
4. Základní vztahy v elektrolýze vody (proudová hustota, Faradayův zákon, přepětí, Nernstova rovnice, teoretické napětí na cele, vliv teploty/tlaku)
5. Výroba vodíku alkalickou elektrolýzou vody (popis technologie, materiály, pracovní podmínky)
6. Základní komponenty elektrolytické cely. Konstrukce svazkového elektrolyzéro. (přiváděče/sběrače proudu, membrána, elektrody a jejich složení (katalyzátor + pojivo), monopolární vs. bipolární zapojení elektrolyzéro)
7. Výroba vodíku PEM elektrolýzou vody (popis technologie, materiály, pracovní podmínky)
8. Výroba vodíku vysokoteplotní elektrolýzou vody (popis technologie, materiály, pracovní podmínky)
9. Koncept vodíkové ekonomiky (zdroje  $H_2$ , bezpečnost při výrobě a používání  $H_2$ , možnosti uskladnění  $H_2$ , možnosti využití  $H_2$ )
10. Palivové články (dělení, principy, separátory, katalyzátory)

### **4b. Syntéza a charakterizace membránových materiálů**

1. Polymery pro průmyslovou výrobu membrán. Nároky na jejich vlastnosti a zpracovatelnost. Základní polymery pro přípravu membrán pro separaci plyných směsí a jejich obecná chemická struktura

2. Postupy přípravy polymerních porézních a neporézních membrán. Klíčové parametry ovlivňující syntézu a kvalitu připravených membrán
3. Postupy přípravy kompozitních membrán (mixed matrix membranes) Klíčové parametry ovlivňující syntézu a kvalitu připravených membrán
4. Syntéza mikroporézních anorganických membrán – metoda sol-gel, hydrotermální syntéza
5. Syntéza a příprava uhlíkatých membrán. Postupy post-syntézní modifikace velikosti pórů
6. Metody příprav porézních anorganických membrán a materiálů pro aplikace v MF, UF
7. Permeační metody pro charakterizaci membrán. Aplikace pro plynné směsi, výhody a nevýhody jednotlivých metod
8. Metody charakterizace porézních membrán I – Rtůvová porometrie, metoda adsorpce a desorpce plynu
9. Metody charakterizace porézních membrán II - metody charakterizace průtočných pórů, permoporometrie, termoporometrie, metoda vytlačování kapaliny, metoda bublinkového testu, modifikovaná metoda bublinkového testu, retenční měření
10. Měníče iontů jako vstupní materiál pro syntézu iontově selektivních membrán - rozdělení podle polarit, typy a klasifikace funkčních skupin
11. Heterogenní vs. homogenní membrány – způsoby přípravy, vlastnosti a preferenční oblasti použití
12. Perfluorované kationselektivní membrány - vztah mezi vnitřní strukturou a vlastnostmi, typy podle struktury molekuly a funkční skupiny, faktory limitující jejich použití
13. Chemická stabilita iontově selektivních membrán, degradační mechanismy
14. Iontově výměnná kapacita a iontová vodivost iontově selektivních membrán - vysvětlení pojmů, způsoby stanovení