

# OKRUHY SZZ PRO Bc. APLIKOVANÉ NANOTECHNOLOGIE – PLATNÉ OD ŘÍJNA 2023

*Státní závěrečná zkouška z oboru je ústní. Předmětem zkoušky je prověření základních teoretických znalostí z obou oborů, tedy fyziky a chemie, praktických znalostí z oblasti nanotechnologií a schopnost jejich aplikace na jednoduchých příkladech.*

*Každému studentovi budou zadány z uvedených okruhů dvě hlavní otázky (1 otázka z okruhu I, druhá otázka z okruhu II), přičemž student má nárok na minimálně 20 minut času k přípravě na zkoušku. Členové komise mohou k doplnění představy o vědomostech studenta během zkoušení položit v rámci uvedených okruhů doplňující dílčí otázky menšího rozsahu, na které již student odpovídá bez přípravy.*

**1. Obhajoba bakalářské práce.**

**2. Ústní SZZ se skládá ze dvou okruhů:**

**I. OKRUH** navazuje na předměty teoretického základu: Mechanika, Termika a molekulová fyzika, Elektřina a magnetismus, Kmity a vlny. Optika, Atomová a jaderná fyzika, Úvod do nanotechnologií a nanomateriálů, Fyzika a fyzikální chemie materiálů a nanomateriálů, Obecná chemie, Vakuová fyzika a technika.

**II. OKRUH** je z okruhu předmětů profilujícího základu a dalších povinných kurzů: Instrumentální analýza pro nanotechnology, Anorganická chemie I, Organická chemie I, Fyzikální vlastnosti tenkých vrstev, Charakterizace materiálů I a II, Fyzikální metody depozice, Principy a technologie nanovlákněných struktur, Biomateriály, Kompozitní a nanokompozitní materiály a jejich využití, Výrobní technologie, Metody přípravy nanomateriálů a nanostrukturovaných materiálů, Počítačový design nanomateriálů.

## **I. OKRUH:**

### **Mechanika:**

1) Pohybové zákony, formulace. Inerciální a neinerciální vztažné soustavy, Galileiho transformace, setrvačné síly (v nerotující i rotující vztažné soustavě); Pohyb částic v poli centrální síly, matematická formulace problému, důsledky, příklady centrálního silového působení.

2) Práce síly, potenciál síly, potenciální a kinetická energie, potenciálové a konzervativní síly, zákon zachování mechanické energie a jeho souvislost s pohybovými zákony.

3) Impulzové věty (věta hybnosti a momentu hybnosti), zákony zachování hybnosti a momentu hybnosti v soustavách částic a pro tuhé těleso. Aplikace na jednoduché mechanické soustavy.

4) Základní pojmy a zákony mechaniky kontinua (Pascalův zákon, Archimédův zákon, stacionární proudění, rovnice kontinuity, Bernoulliho rovnice).

### **Termika a molekulová fyzika:**

- 1) Základní pojmy termodynamiky, termodynamická soustava, stav termodynamické rovnováhy, vratné a nevratné termodynamické děje. První termodynamický zákon, obecné znění a důsledky. Aplikace na termodynamické děje s ideálním plynem.
- 2) Carnotův cyklus a jeho účinnost, práce plynu. Význam pro zavedení termodynamické teploty a entropie. Druhý termodynamický princip a jeho matematická formulace. Zavedení entropie v termodynamice, její vlastnosti a statistická interpretace.
- 3) Ideální plyn, definice, Maxwellovo rozdělení, střední kvadratická rychlost, vnitřní energie ideálních plynů, klasické tepelné kapacity ideálních plynů, srovnání s experimentálními. Odvození tlaku plynu z mikroskopických představ. Stavové rovnice ideálního plynu.

### **Elektřina a magnetismus:**

- 1) Základní pojmy a zákony elektrostatiky ve vakuu – Coulombův zákon, princip superpozice, intenzita elektrostatického pole, Gaussova věta, potenciál elektrostatického pole, vzájemný vztah mezi intenzitou a potenciálem elektrostatického pole, konzervativnost elektrostatického pole.
- 2) Stacionární magnetické pole buzené ve vakuu, Ampérův zákon, Biotův-Savartův zákon a jeho aplikace na jednoduchou fyzikální soustavu.
- 3) Pohyb elektricky nabitých částic v homogenním elektrickém a magnetickém poli.
- 4) Faradayův zákon elektromagnetické indukce, matematická formulace, aplikace.

### **Kmity a vlny. Optika:**

- 1) Kmity netlumené, tlumené a vynucené harmonickou silou, rezonance, pohybové rovnice a jejich řešení.
- 2) Huygensův-Fresnelův princip. Vlnová rovnice a její řešení (rovinná a kulová vlna).
- 3) Fermatův princip a jeho aplikace při výkladu odrazu a lomu světla.
- 4) Interference světla, skládání koherentních a nekoherentních vln, podmínky pro interferenční maxima a minima (Youngův pokus nebo tenká vrstva).

### **Atomová a jaderná fyzika:**

- 1) Fotoelektrický a Comptonův jev, selhání klasické fyziky, korpuskulární interpretace experimentů. Rozptyl elektronu na dvouštěrbíně (Davisson-Germerův pokus) - vlnové vlastnosti částic, De Broglieho vlnová délka.
- 2) Původ radioaktivity, zákon radioaktivního rozpadu, typy radioaktivních rozpadů.
- 3) Modely atomů – spektra atomů, Franckův-Hertzův experiment, Bohrovy postuláty.

### **Úvod do nanotechnologií a nanomateriálů:**

- 1) Vliv nanorozměrů na fyzikální a chemické vlastnosti materiálů.
- 2) Typy nanomateriálů a metody jejich přípravy, stručný přehled.
- 3) Příprava funkčních nanostruktur metodami supramolekulární a interkalační chemie.

### **Fyzika a fyzikální chemie materiálů a nanomateriálů:**

- 1) Fázové rovnováhy: v jednosložkových systémech, Gibbsův zákon fází, Clapeyronova rovnice, ClausiovaClapeyronova rovnice, rovnováhy s-l, l-g, s-g, s-s, l-l; fázové diagramy vícesložkových soustav.
- 2) Tepelné vlastnosti pevných látek – (kmity, fonony, difúze); (V této otázce má student pohovořit o tepelném pohybu atomů v krystalických pevných látkách a jeho souvislostech se strukturou a vazbami a důsledky tepelného pohybu atomů v krystalech na frekvence kmitů a difúzi).
- 3) Změny fyzikálních a fyzikálně-chemických vlastností materiálů s rozměrem, přechod od makro- k nano-rozměrům a příčiny těchto změn. (Zde student/ka má možnost pohovořit o změnách vlastností látek při přechodu k nanorozměrům a uvést příčiny těchto změn z pohledu vazeb a elektronových struktur).

### **Obecná chemie:**

- 1) Struktura molekul. Chemická vazba a její polarita. Lewisova teorie chemické vazby, VSEPR, hybridizace.
- 2) Chemické rovnováhy. Aktivita. Rovnovážná konstanta a standardní reakční Gibbsova energie. Le Chatelierův princip.
- 3) Reakční kinetika. Mezimolekulové srážky, rychlost reakcí, rychlostní rovnice, řád reakce. Reakce prvního řádu, poločas.

### **Vakuová fyzika a technika:**

- 1) Metody získávání nízkých tlaků, typy vývěv.
- 2) Metody měření nízkých a parciálních tlaků.
- 3) Stavební prvky vakuových soustav a netěsnosti.

## II. OKRUH

### Anorganická chemie I:

- 1) Chemie vodíku a kyslíku: el. konfigurace, principy reaktivity, sloučeniny, příprava  $H_2$ ,  $O_2$  a výroba  $H_2$ ,  $O_2$ ,  $H_2O_2$ , hydridů Na, Pt; Halogeny: el. konfigurace, reaktivita, příprava a výroba HF, HCl,  $Cl_2$ , kyselost HX kyselin ve srovnání s oxokyselinami halogenů.
- 2) Chalkogeny: el. konfigurace, reaktivita, sloučeniny, příprava  $H_2S$ , oxidů, výroba  $H_2SO_4$ .
- 3) Alkalické kovy, kovy alkalických zemin: el. konfigurace, reaktivita s  $H_2$ ,  $O_2$ ,  $N_2$ , emisní spektra, výroba Na, NaOH, CaO,  $Ca(OH)_2$ .
- 4) Prvky 11. skupiny – el. konfigurace, reaktivita, těžba a použití Cu, Ag, Au a jejich sloučenin.

### Organická chemie I:

- 1) Struktura organických sloučenin.
- 2) Typy organických reakcí, reakční mechanismy.
- 3) Organická chemie v moderní společnosti.
- 4) Organické sloučeniny v přírodě.

### Fyzikální vlastnosti tenkých vrstev:

- 1) definice a ve správných souvislostech použití termínů: tenká vrstva, homoepitaxe, heteroepitaxe, polykrystalická vrstva, misfit, multivrstva.
- 2) Vysvětlení existence různých růstových módů tenkých vrstev (S-K, V-W, FvdM).
- 3) Metody měření tloušťek vrstev (včetně základních fyzikálních principů).
- 4) Objasnění (na příkladech) využití vlastností tenkých vrstev oproti objemovým materiálům (například u vlastností optických, elektrických, a jiných...).

### Fyzikální metody depozice:

- 1) Vakuové napařování; Napařování, princip metody, DC, RF napařování, magnetrony, reaktivní napařování, pulzní napařování.
- 2) Doutnavý výboj, interakce plazmatu se stěnami, DC, RF výboj; Diagnostika plazmatu, Langmuirova sonda, OES, QMS, další druhy výbojů (MW, obloukový výboj).
- 3) Další depoziční techniky, laserová ablace, ablace elektronovým svazkem, anodická oxidace, vrstvy Langmuir-Blodgettové.
- 4) Metody měření depoziční rychlosti, měření parametrů plazmatu, QCM, tvorba masky, AFM, mechanické profilometry.

### **Charakterizace materiálů I a II:**

- 1) Metody analýzy materiálů a povrchů využívající elektronů (vyjmenujte metody - minimálně 3, popište jejich principy a definujte jejich možnosti).
- 2) Metody analýzy materiálů a povrchů využívající fotony (vyjmenujte metody - minimálně 3, popište jejich principy a definujte jejich možnosti).
- 3) Metody analýzy materiálů a povrchů využívající iontů (vyjmenujte metody - minimálně 3, popište jejich principy a definujte jejich možnosti).
- 4) Metody vhodné pro analýzy povrchů (vyjmenujte metody - minimálně 3, popište jejich principy a definujte jejich možnosti).

### **Výrobní technologie:**

- 1) Výroba kovů.
- 2) Vlastnosti kovových a nekovových materiálů včetně slitin a metody jejich zkoušení.
- 3) Metody výrob z kovových i nekovových materiálů.

### **Principy, technologie a využití nanovlákněných struktur:**

- 1) Princip elektrostatického zvláknění z jehly. Základní uspořádání experimentu. Parametry ovlivňující proces zvláknění.
- 2) Princip bezjehlového elektrospinningu. Parametry procesu. Výhody proti jehlovému uspořádání.
- 3) Další možnosti přípravy nanovlákněných materiálů. Metody bez elektrického pole (dloužení, syntéza šablonou, odstředivé zvláknění). Zvláknění s použitím střídavého proudu.
- 4) Možnosti funkcionalizace nanovlákněných membrán. Úpravy povrchu před funkcionalizací. Jednokrokový nebo vícekrokový způsob funkcionalizace a jejich výhody a nevýhody. Stabilizace vzniklého nanokompozitu.

### **Instrumentální analýza pro nanotechnology:**

- 1) Optické metody, atomová emisní spektrometrie: Charakteristiky elektromagnetického záření, vztah mezi energií a vlnovou délkou, vznik a charakter atomových spekter. Základní části spektrometru, buzení spekter (plamen, plazmové zdroje, ICP). Typické aplikace.
- 2) Atomová absorpční spektrometrie: Zákony popisující absorpci záření, vznik atomového absorpčního spektra. Základní části atomového absorpčního spektrometru. Zdroje záření, absorbující prostředí. Hlavní techniky AAS (plamenová, grafitová kyveta). Typické aplikace.
- 3) Molekulová absorpční spektrometrie, spektrofotometrie: Zákony popisující absorpci záření, vznik a charakter molekulových spekter. Experimentální uspořádání ve spektrofotometrii, metody kvantitativní analýzy (sestrojení kalibrační křivky a vyhodnocení měření).

### **Počítačový design nanomateriálů:**

- 1) Princip metody „Molekulární dynamika“, a některý z probíraných integračních algoritmů (Verletův algoritmus, Rychlostní Verletův algoritmus).
- 2) Možnosti výpočtu a regulace teploty a tlaku simulovaného částicového systému.
- 3) Vysvětlení pojmu empirické silové pole (force field), popis jednotlivých bond a non-bond interakční členů, včetně jejich možných matematických vyjádření. Vysvětlení (v daném kontextu) pojmu “atomový typ” (atom force field type). Popis možností získávání parametrů empirického silového pole (příslušné konstanty, parciální el. náboje).
- 4) Uvedení příkladů energetických, či prostorových charakteristik nasimulovaných molekulárních systémů (mezimolekulární vazebná energie, gyrační poloměr, radiální distribuční funkce, ...), vysvětlení těchto charakteristik, resp. popis jejich výpočtu.

### **Kompozitní a nanokompozitní materiály a jejich využití:**

- 1) Význam vytváření kompozitů. Příklady kompozitních materiálů.
- 2) Kompozitní materiály s nanočásticemi kovů a jejich oxidů. Příprava a využití.
- 3) Kompozity s přírodními materiály. Příprava, výhody těchto materiálů.

### **Biomateriály:**

- 1) Biomateriály pro aplikace v medicíně (vysvětlit základní požadavky na vlastnosti biomateriálů a rozvést na 2 příkladech - např. kovové, keramické, polymerní biomateriály, hydrogely, nanovláčkové materiály).
- 2) Principy interakce buněk, tkání a biomakromolekul s materiály (vysvětlení základních principů interakce a s ní souvisejících požadovaných vlastností materiálů - např. problematika adhezivních a anti-adhezivních povrchů, vliv nano(mikro)strukturace, toxicita, tvorba biofilmů, metody studia biokompatibility).
- 3) Metody studia biomateriálů (zaměření se na povrchově analytické metody, metody studia interakce buněk a biomakromolekul, metody pro stanovení fyzikálně-chemických vlastností).
- 4) Nanosystémy a nanomateriály pro cílenou dopravu léčiv a zobrazovací metody (obecně popsat principy a cíle využití nanosystémů/nanomateriálů v těchto aplikacích a podrobněji rozvést na 2 příkladech z následujícího přehledu: nanočástice kovů, polovodičů, polymerní nanočástice, samoskladné nanosystémy, biomimetické systémy, přírodní polymery).

### **Metody přípravy nanomateriálů a nanostrukturovaných materiálů:**

- 1) Chemické metody přípravy nanomateriálů, dělení, příprava nano- (0D), jednodimenzionálních nanostruktur (1D), nanodrátky, nanotrubičky, příprava dvoudimenzionálních nanostruktur (2D).
- 2) Přípravy nanostrukturovaných povrchů, aktivace povrchů substrátů (fyzikální, chemické, fyzikálně-chemické), chemické metody deposice nanočástic a chemické modifikace povrchů, chemická roubování povrchů, reverzibilně přepínatelné povrchy.