

# Otázky ke státní závěrečné zkoušce

## Nanotechnologie

(magisterské studium)

Katedra experimentální fyziky

Univerzita Palackého v Olomouci

### 1. Nanotechnologie (KEF/SZZM1)

1. Stavba a struktura pevných látek, krystalové struktury, symetrie mřížky, elementární buňka. Kohezní energie, popis typických krystalů (inertních plynů, solí, polovodičů, kovů).
2. Studium prostorového uspořádání krystalu pomocí rozptylu rentgenového záření. Reciproká mřížka, Brillouinova zóna, Braggův zákon rozptylu, indexy krystalových rovin.
3. Popis dynamiky krystalové mřížky, podélné/příčné, akustické/optické fonony. Tepelné vlastnosti mřížky.
4. Kovy, model volných elektronů, Fermiho-Diracovo rozdělení, Fermiho energie, chemický potenciál, tepelné a elektrické vlastnosti kovů, Fermiho plochy.
5. Polovodiče, energetická pásová struktura, Blochův teorém, Schrödingerova rovnice v jednoelektronovém přiblížení, kvazičástice elektron a díra. Přímý/nepřímý zakázaný pás. Vlastní/příměsová vodivost.
6. Fyzikálně-chemické metody přípravy nanostrukturních materiálů, fyzikální syntetické parametry ovlivňující tvorbu nanostrukturních materiálů, možnosti kontrolování fyzikálních vlastností nanostrukturních materiálů intrinsickými a vnějšími faktory.
7. Kvantové jámy, dráty a tečky, velikostní jevy, vodivostní elektrony a dimenzionalita, Fermiho plyn a hustota stavů, potenciálové jámy a jejich aplikace pro popis vlastností kvantových nanostruktur, hustota stavů kvantových nanostruktur s ohledem na dimenzionalitu.
8. Jednoelektronové tunelování, Coulombova blokáda a schodiště, supravodivost a kvantové struktury.
9. Nanoelektronika (omezení současné elektroniky, problémy nanoelektroniky, vybrané koncepty – molekulární elektronika, rezonanční tunelování, kvantové celulární automaty, jednoelektronová zařízení, memristor)
10. Mikro- a nanosystémové technologie (definice, materiály, ukázky senzorů, SAW, MOEMS, RF MEMS, nosník jako MEMS, mikrofluidika, NEMS aktuátory a senzory, NEMS logické prvky)

## 2. Metody studia nanostruktur (KEF/SZZM2)

1. RTG prášková difrakce, elektronová a neutronová difrakce, nukleární magnetická rezonance, Mössbauerova spektroskopie.
2. Termická analýza, měření specifického povrchu, dynamický rozptyl světla.
3. Vibrační spektroskopie, Ramanův rozptyl
4. Fourierova transformace a její využití
5. Vzorkování a kvantování signálů, modulace signálů, základy teorie informace
6. Rezonátorová optika, módy rezonátoru, Fabryův-Perotův etalon, modová struktura laseru, výběr módu, transport laserových svazků, tvarování příčného profilu. Výpočet stability sférického rezonátoru.
7. Generace femtosekundových impulsů, femtosekundový zesilovač, cavity dumping, generace druhé a třetí harmonické, bílého kontinua, optický parametrický zesilovač, autofokusace, periodicky pólované materiály.
8. Generace fotonových páru typu I a II, aplikace. Detekce jednotlivých fotonů. Interference čtvrtého řádu. Chování fotonu na děliči svazku, jednofotonová interference.
9. Polarizace světla, generace, úprava a detekce polarizovaného světla, depolarizace.
10. Základy optické spektroskopie, disperzní a difrakční spektrometry, monochromátory.
11. Detektory světla, měření pomocí osciloskopu, spektrální analyzátor signálu, elektronika pro měření synchronních událostí.
12. Klasická interferometrie s volnými svazky, Machův-Zehnderův a Michelsonův interferometr. Interferometrie v bílém světle. Vizibilita, vztah spektra a autokorelační funkce.
13. Měření posunutí tuhého tělesa s využitím pole koherenční zrnitosti, měření složek tenzoru malé deformace.

### 3. Nanomateriály (KEF/SZZM3, volitelné)

1. Magnetické vlastnosti nanostrukturních materiálů, základní magnetické fyzikální děje v nanosvětě (jednodoménovost, superparamagnetismus, jev kolektivních magnetických excitací), magnetické mezičásticové interakce.
2. Organické a molekulární magnety; jev obří magnetorezistance, základy spintroniky, základní spintronické součástky (spinová chlopeň).
3. Oxidy železa, jejich klasifikace a základní fyzikálněchemické vlastnosti, aplikace nanoobjektů oxidů železa v technických a medicínských oblastech a pro čištění životního prostředí, nanočástice nulamocného železa a sloučenin se železem ve vysokovalenčním stavu – vlastnosti a aplikace.
4. Uhlíkové nanostruktury (fuleren, grafen, nanotrubičky), jejich příprava, vlastnosti a modifikace (např. grafan, grafenoxid).
5. Nanokrystaly polovodičů, kovů a oxidu kovů, koloidy, kvantové tečky a tenké filmy.
6. Metody syntézy nanomateriálů.
7. Fáze v kovových soustavách (krystalizace, fázové diagramy, rovnovážné diagramy železo-uhlík, tepelné zpracování).
8. Plasty, skla, slinuté materiály, kompozity.
9. Mechanické vlastnosti materiálů. Zkoušky mechanických vlastností. Fraktografie. Metalografie.

## 4. Nanofotonika (KEF/SZZM4, volitelné)

1. Jednomódové vlnovody a jejich vlastnosti, disperzní rovnice, módová struktura, vazba mezi módy.
2. Optické vlastnosti tenkých vrstev, způsoby jejich přípravy, maticová metoda výpočtu parametrů soustav tenkých vrstev, příklady použití (antireflektování, periodické soustavy tenkých vrstev).
3. Maxwellovy rovnice v nelineárním prostředí, nelineární susceptibilita, nelineární jevy 2. a 3. řádu, anharmonický oscilátor jako model nelineárního prostředí. Generace druhé harmonické, sfázování nelineárního procesu, parametrické procesy.
4. Ramanův a Brillouinův rozptyl, čtyřvlnové směšování, Kerrův jev, optická bistabilita, nelineární absorpce. Nelineární optické časově rozlišené jevy, autoindukovaná transparence, solitony.
5. Spontánní sestupná frekvenční konverze jako příklad parametrického procesu. Generace fotonových párů, kvantová provázanost fotonových párů. Současné fotonické zdroje fotonových párů.
6. Kvantování elektromagnetického pole, pojem fotonu, kvantové fluktuace optických polí, stlačené stavy. Statistické vlastnosti světla o nízkých intenzitách.
7. Lasery a laserové diody, princip fungování a konstrukce, režimy činnosti. Generace pulzního laserového záření a diagnostika optických pulzů.
8. Detekce jednotlivých fotonů. Vnitřní a vnější fotoelektrický jev. Fotodiody PIN a lavinové diody, fotonásobiče.
9. Maticové detektory. Vědecké CCD kamery. Intenzifikované CCD kamery. EMCCD kamery.
10. Popis interakce světla s látkou, Maxwellovy rovnice a materiálové vztahy, optické konstanty, vlnová rovnice.
11. Popis absorpce látky pomocí komplexních materiálových veličin, Kramersovy-Kronigovy disperzní relace.
12. Anizotropie, zavedení tenzorových veličin, Fresnelova rovnice, indexový elipsoid, indexová plocha, jednoosé a dvouosé optické materiály.

## 5. Bionanotechnologie (KEF/SZZM5, volitelné)

1. Biologické nanostruktury (biomakromolekuly - nukleové kyseliny, proteiny, lipidy, polysacharidy, látky produkované imunitním systémem, produkty biomineralizace)
2. Environmentální a zdravotní rizika nanomateriálů, proces hodnocení rizik nanomateriálů, parametry nanomateriálů podílející se na jejich nebezpečnosti, základy epidemiologie nanomateriálů, hodnocení kvality životního a pracovního prostředí.
3. Nanoetika, legislativa vztahující se k nanomateriálům a životnímu prostředí, princip předběžné opatrnosti.
4. Nanotoxikologie: terminologie, toxikokinetika, biotransformace látek, expozice, toxikologicky významné parametry.
5. Nanotoxikologie: testy toxicity (in vitro, in vivo), příklady toxického působení (př. mutagenita, oxidativní stres aj.). Problematické aspekty testování toxicity nanomateriálů.
6. Biologické membrány, membránový transport, příjem a zpracování informace membránami.
7. Imunitní systém (imunogeny, protilátky, cytokiny), kinetika imunitní odpovědi.
8. Nanočástice a nanomateriály pro biomedicínské aplikace (složení, vlastnosti, povrchové modifikace).
9. Bioaplikace nanočástic in-vitro a in-vivo (biomagnetické separace, cílený transport léčiv, hypertermie, MRI).