

# Otázky ke státní závěrečné zkoušce

## Nanotechnologie

(bakalářské studium)

Katedra experimentální fyziky

Univerzita Palackého v Olomouci

### 1. Fyzika (KEF/SZZF)

1. Kinematika a dynamika hmotného bodu. Newtonovy pohybové zákony. Práce, energie, zákon zachování mechanické energie. Lagrangeův a Hamiltonův formalismus. Mechanika soustavy hmotných bodů. Mechanika tuhého tělesa. Všeobecná gravitace.
2. Mechanika tekutin. Volné netlumené a tlumené harmonické kmity. Nucené harmonické kmity. Stojaté vlny.
3. Základní poznatky molekulové fyziky, stav soustavy, pravděpodobnost rovnovážného stavu, rovnovážný děj, děje vratné a nevratné. Vnitřní energie soustavy, děje v ideálním plynu, stavová rovnice, měrná a molární tepelná kapacita.
4. Základní poznatky kinetické teorie plynů, základní rovnice pro tlak plynu, vztah mezi teplotou a kinetickou energií soustavy. Maxwellův zákon o rozdělení rychlostí molekul v plynu, rozdělovací funkce, Maxwell-Boltzmanovy statistiky. Termodynamické zákony, pojem entropie. Transport tepla vedením, prouděním a radiací. Základy kinetické teorie kapalin a pevných látek.
5. Elektrostatické pole ve vakuu a v dielektriku, elektrostatická indukce. Potenciál elektrostatického pole, nenabitý vodič v elektrostatickém poli. Kapacita vodičů, kondenzátory.
6. Stacionární elektrické pole. Rovnice spojitosti elektrického proudu, Kirchhoffovy zákony a jejich užití při řešení elektrických sítí. Ustálený elektrický proud v kovových vodičích, polovodičích, elektrolytech, plynech a ve vakuu.
7. Stacionární magnetické pole, Biotův-Savartův-Laplaceův zákon, Lorentzova síla. Síly působící v magnetickém poli na nabitou částici a vodič s proudem.
8. Nestacionární elektromagnetické pole, Faradayův zákon elektromagnetické indukce, vlastní a vzájemná indukce. Střídavé proudy, řešení obvodů s ideálními prvky  $R$ ,  $L$ ,  $C$ . Elektromagnetické kmity a vlny.
9. Maxwellova teorie nestacionárního elektromagnetického pole, aplikace teorie na zvláštní typy polí (elektrostatické, magnetostatické, stacionární, kvazistacionární, nestacionární), pole oscilujícího dipólu a elektromagnetické vlny, šíření vln v neomezených prostředích: bezztrátovém, ztrátovém a elektricky anizotropním, vlny na rozhraní a Kirchhoffova teorie ohybu. Zákony zachování elektromagnetického pole.
10. Zákony geometrické optiky, paprskové zobrazování, lom a odraz světla a jejich využití, základní typy optických systémů, optické přístroje.
11. Fyzikální podstata, vznik a šíření optického záření, vlnová rovnice, rovinná a sférická postupná vlna. Vlastnosti a klasifikace optických prostředí, disperze, absorpce a rozptyl světla. Popis a vlastnosti polarizovaného světla.
12. Šíření světla v anizotropním prostředí, klasifikace anizotropních materiálů a jejich využití. Interference a koherence světla, popis, realizace a využití dvousvazkové a mnohosvazkové interference. Difrakce světla, metody popisu, Fresnelova a Fraunhoferova teorie difrakce, vlnová teorie zobrazování, princip optické holografie. Korpuskulárně-vlnový dualismus světla a látky, kvantové generátory světla (lasery). Základní nelineární optické jevy.

13. Kvantové představy ve fyzice – Stern-Gerlachův experiment, dvouštěbinový experiment. Matematický aparát nerelativistické kvantové mechaniky – vektor stavu, Hilbertův prostor stavů. Operátory fyzikálních veličin – princip korespondence. Dirackova závorková symbolika. Relace neurčitosti. Teorie reprezentací. Vlnová funkce. Časová a bezčasová Schroedingerova rovnice.
14. Jednoduché 1d modely – nekonečně a konečně hluboká potenciálová jáma, harmonický oscilátor. Algebraické řešení harmonického oscilátoru – kreační a anihilační operátory. Tunelový jev, koeficienty odrazu a průchodu.
15. Kvantová mechanika ve 3D – Laplaceův operátor, operátor impulsmomentu a úhlová část Laplaceova operátoru, vlastní funkce úhlové části Laplaceova operátoru, řešení radiální části Laplaceova operátoru pro jednoduché 3D modely – sférická ne/konečně hluboká potenciálová jáma, izotropní harmonický oscilátor, atom vodíku. Spin. Pauliho rovnice.
16. Přibližné metody kvantové mechaniky – stacionární ne/degenerované (lineární harmonický oscilátor v homogenním poli, anharmonický oscilátor, Starkův efekt) případy. Jemná struktura spektra atomu vodíku, Zeemanův jev. Variační metoda pro atom helia. WKB aproximace – aplikace na rozpad  $\alpha$  částice.
17. Elektromagnetické záření. Atomový obal, modely atomu. Kvantování elektronových drah. Atomy s více elektrony, zářivé jevy v atomovém obalu.
18. Jádro atomu, složení, vlastnosti, modely. Radioaktivní rozpad. Jaderné procesy a energetika. Ionizující záření. Dozimetrie. Elementární částice, interakce, zákony zachování.
19. Teorie relativity, Lorentzova transformace a její důsledky. Vektory a tenzory v Minkowského prostoročase. Relativistická dynamika částice. Úvod do obecné teorie relativity.

## 2. Základy nanotechnologií (KEF/SZZZN)

1. Definice nanotechnologií, základní poznatky, třídění nanostruktur. Fyzikální jevy v nanosvětě, důvody odlišného chování. Mechanické vlastnosti nanostruktur. Elektrické vlastnosti nanostruktur.
2. Nanočástice (definice, charakterizace velikosti, rovnovážné tvary, Wulfovo kritérium, vnitřní struktura a její fluktuace), nanodráty (definice, elektrické vlastnosti, nanovlákná) a nanovrstvy (definice, vlastnosti). Uhlíkové nanostruktury (hybridizace, krystalické objemové formy uhlíku, fulereny, fullerity, fulleridy, grafen, uhlíkové nanotrubičky). Nanofluidy, ferrofluidy (definice, aplikace) a koloidní krystaly.
3. Metody syntézy nanočástic (růst nanočástic, fyzikální metody přípravy – kondenzace, ablace, pyrolýza, termolýza, chemické metody přípravy – redukce solí, sol-gel, speciální metody přípravy, řízení velikostní distribuce a morfologie částic, stabilizace a pasivace částic, příprava dutých nanočástic), nanodrátů (VLS syntéza, šablonové metody), nanovrstev (metody přípravy - spin coating, dip coating, napařování, naprašování, CVD, MBE, ALD) a uhlíkových nanostruktur (přípravy grafenu, nanotrubiček, fullerenu).
4. Aplikace nanočástic (katalyzátory, fotokatalyzátory, využití optických vlastností, fluorescenční značky, využití magnetických vlastností). Aplikace nanodrátů, nanovláken a uhlíkových nanostruktur (elektrické, mechanické, pohybové, tepelné).
5. Fyzikální techniky tvorby nanostruktur: litografie světelná, elektronová, iontové a atomové svazky, techniky založené na mikroskopii skenující sondou, laserová ablace, mikrokontaktní tisk.
6. Samouspořádání (princip, interakce), šablonová SA, tvorba samouspořádaných vrstev a jejich aplikace.
7. Optické vlastnosti nanostrukturálních materiálů, nanopigmenty. Nanomateriály pro uchování energie, palivové články. Nanokrystalické oxidy kovů jako plynové senzory. Nanomateriály ve fotoelektrochemických aplikacích.
8. Základy nanoelektroniky (MOSFET a problémy při zmenšování, nanoarchitektura, speciální hradla, RTD, QCA). Polovodičové nanočástice.
9. Biomagnetické a magnetické separační a purifikační procesy s využitím nanočástic. Kontrastní látky pro MRI. Využití magnetických i nemagnetických nanomateriálů v medicíně.
10. Využití magnetických nanočástic v léčbě nádorových onemocnění (hypertermie). Antimikrobiální účinky nanočástic. Magnetické nosiče. Zdravotní a ekologické dopady nanotechnologií.

### 3. Základy nanofotoniky (KEF/SZZZF)

1. Planární a radiální vlnovody a jejich vlastnosti, disperzní rovnice, módová struktura. Vazby mezi módy jako nástroj vytváření fotonických prvků.
2. Vlákňové a objemové fotonické prvky - děliče, izolátory, atenuátory, modulátory. Polovodičové optické prvky - diody, lasery.
3. Lasery - principy, struktura, typy, režimy činnosti. Optické rezonátory.
4. Nelineární jevy v optice - systematizace nelineárních jevů, generace druhé harmonické, parametrické procesy, Kerrovska nelinearita, Ramanův rozptyl, fázová konjugace, solitony.
5. Nelineární jevy ve fotonických strukturách, vliv lokalizace optického pole. Klasický a kvantový popis nelineárních jevů mezoskopických systémů. Periodické pólování nelineárních materiálů.
6. Spontánní sestupná frekvenční konverze v moderních fotonických strukturách. Generace fotonových párů, kvantová provázanost fotonových párů.
7. Statistické vlastnosti světla o nízkých intenzitách. Generace stlačeného světla v moderních fotonických strukturách. Homodynamní detektor. Základní vlastnosti detektorů světla.
8. Polovodičové lasery a laserové diody. Ultrakrátké pulsy jako nástroj moderního fotonického zpracování informace. Elektrooptické a akustooptické jevy při tvarování ultrakrátkých optických impulsů. Diagnostika ultrakrátkých impulsů.
9. Detekce jednotlivých fotonů. Vnitřní a vnější fotoelektrický jev. Fotodiody PIN a lavinové, Fotonásobiče. Maticové detektory, CCD kamery, intenzifikované CCD kamery, EMCCD kamery. Metody čítání počtu fotonů.

## 4. Přístrojová fyzika pro nanotechnologie (KEF/SZZFN)

1. Struktura měřicího řetězce; převodníky fyzikálních veličin (charakteristiky), zpracování signálů z detektorů, zesilování a úprava signálů, analýza.
2. Senzory mechanických, tepelných, elektrických a magnetických veličin, chemické senzory.
3. Detektory optického záření, detektory ionizujícího záření
4. Inteligentní senzory.
5. Nanosenzorika, principy využití nanočástic a nanoobjektů.
6. Konstrukce měřicích a testovacích systémů; číslicové měřicí systémy, měřicí software.
7. Vakuová technika, měření a získávání vakua; Kryogenní technika, měření a získávání nízkých teplot, supravodivost, supratekutost.
8. Vysokoteplotní a vysokotlaká technika.
9. Využití ionizujícího záření ve výzkumu a v průmyslu.
10. Moderní měřicí systémy nanosvěta