

Otázky ke státní závěrečné zkoušce
pro obor

OPTIKA A OPTOELEKTRONIKA

katedra optiky PřF UP v Olomouci

červen 2000

GARANTI FINÁLNÍCH PŘEDMĚTŮ

KNO	Všeobecné znalosti	Prof. RNDr. Zdeněk Hradil, CSc.
FL	Kvantová a nelineární optika	Prof. RNDr. Jan Peřina, DrSc.
OZI	Fyzika laserů	Doc. RNDr. Richard Horák, CSc.
OE	Optické zpracování informací	RNDr. Jaroslav Kvapil, CSc.
OSP	Optoelektronika	RNDr. Karel Vojtěchovský
	Optické systémy a přístroje	Doc. Dr. RNDr. Zdeněk Bouchal

Všeobecné znalosti

Geometrická optika a optická měření

1. Paprsková optika. Šíření paprsku hranolem, planparalelní deskou a optickými vlákny. Zobrazení zrcadly a čočkami. Základní optické přístroje: lupa, mikroskop, dalekohled, refraktometr.
2. Metody měření parametrů optických prvků. Měření indexu lomu, tvarových parametrů čoček, poloměru křivosti, tloušťek a průměru.
3. Metody měření parametrů optických soustav a optických subjektivních přístrojů. Měření ohniskové vzdálenosti, apertury, zorného pole, průměru vstupní a výstupní pupily a rozlišovací meze.

Energetická optika

4. Radiometrie a fotometrie. Základní radiometrické a fotometrické veličiny a jejich vztahy. Jednotky radiometrických a fotometrických veličin, fotometrická měření. Základy detekce a dozimetrie ionizujícího záření.

Skalární vlnová optika a její aplikace

5. Huygensův princip, Fresnelova–Kirchhoffova formulace, Fresnelova aproximace, Fraunhoferova aproximace. Difrakce světla. Rozdělení difrakčních jevů, Fraunhoferova difrakce světla na štěrbině, kruhovém otvoru a optické mřížce.
6. Interference světla. Podmínky vytváření interferenčního obrazce, dvousvazková a vícesvazková interference a jejich využití.
7. Základní typy interferometrů a jejich využití pro měření a kontrolu parametrů a kvality funkčních ploch prvků a členů optických soustav.
8. Optická holografie. Princip holografie, typy hologramů, holografické optické prvky, holografické mřížky, holografická interferometrie.
9. Fourierovská optika. Přenosová funkce. Optické zpracování informace v koherentním světle. Prostorové filtry, typy procesorů.

Elektromagnetická optika

10. Elektromagnetická optika. Maxwellovy rovnice, podmínky na rozhraní, dielektrická prostředí. Vlnová rovnice, rozklad do rovinných vln. Fázová rychlost, index lomu optických prostředí, disperze.
11. Optické jevy na rozhraní optických prostředí. Odraznost, propustnost a absorpce dielektrik, změna fáze. Fresnelovy vzorce.
12. Polarizace světla. Charakteristika polarizačních stavů světla, Jonesův vektor. Vytváření polarizovaného světla–polarizace rozptylem, odrazem, lomem, dvojlomem a selektivní absorpcí. Anizotropní prostředí. Polarizační optické prvky, optická aktivita.
13. Vedení světla ve vláknových vlnovodech. Typy vláken. Vedení světla v planárních dielektrických vlnovodech. Typy vlnovodů. Navázání optického výkonu do vlnovodu.

Optoelektronika

14. Krystalová struktura, metody studia struktury pevných látek. Dynamika krystalové mřížce, specifická tepla, fonony.
15. Pohyb elektronů v pevné látce, Schrödingerova rovnice, metody řešení, pásová teorie pevných látek. Transportní jevy, Boltzmannova rovnice, Ohmův zákon, Hallův jev.
16. Optické vlastnosti pevných látek a metody jejich studia. Fyzikální principy zdrojů optického záření, základní typy zdrojů pro UV a IČ oblast spektra.
17. Fyzikální principy selektivních a neselektivních detektorů záření, základní fyzikální parametry detektorů pro jejich hodnocení. Fyzikální principy optoelektronických zobrazovacích, komunikačních, měřicích a automatizačních systémů.

Lasery

18. Rezonanční interakce záření a látky. Interakční hamiltonián atomu a záření, poruchová teorie, absorpce, spontánní a stimulovaná emise.
19. Popis laserů, podmínky generace. Význačné statistické, spektrální, dynamické a energetické vlastnosti laserového světla.
20. Rozdělení laserů z hlediska aktivní látky, buzení, rezonátorů a jejich charakteristiky.

Kvantová a statistická optika

21. Kvantová statistika, čistý a smíšený stav, matice hustoty, rozdělení Boseovo–Einsteinovo, Fermiovo–Diracovo, Boltzmannovo, Poissonovo.
22. Klasická teorie koherence, funkce vzájemné koherence, časová koherence, prostorová koherence, interferenční zákon pro částečně koherentní svazky, šíření částečně koherentního světla, Wienerova–Chinčinova věta, van Cittertova–Zernikeova věta, úplná koherence, částečná polarizace.
23. Fotopulsní statistika a korelační interferometrie, fotodetekční rovnice, fotopulsní rozdělení a jeho momenty, korelační funkce vyšších řádů, Hanbury Brownův–Twissův jev, shlukování fotonů.

Nelineární optika

24. Interakce elektromagnetického pole v nelineárním prostředí: Maxwellovy a vlnové rovnice v nelineárním prostředí, dielektrické susceptibility vyšších řádů a jejich vlastnosti, paměť nelineárního prostředí.
25. Nelineární optické jevy 2. řádu: optické parametrické procesy, generace 2. harmonické a subharmonické, frekvenční konverze, parametrická generace a zesilování, fázové sladění.
26. Nelineární jevy vyšších řádů: samofokuzace, Kerrův jev, vícefotonová absorpce a emise, Ramanův a Brillouinův rozptyl, čtyřvlnové směšování, fázová konjugace, optické solitony, optická bistabilita.

Kvantová a nelineární optika

1. Lineární integrální rovnice.
2. Formulace okrajových úloh matematické fyziky. Klasifikace parciálních diferenciálních rovnic 2. řádu. Klasická a slabá řešení parciálních diferenciálních rovnic.
3. Zobecněné funkce (distribuce). Fourierova a Laplaceova transformace zobecněných funkcí.
4. Parciální diferenciální rovnice hyperbolického typu.
5. Teorie potenciálu a eliptické parciální diferenciální rovnice.
6. Parciální diferenciální rovnice parabolického typu.
7. Grupy transformací a jejich reprezentace. Reprezentace kompaktních a lokálně kompaktních grup. Fourierovy řady, Fourierova, Laplaceova a Mellinova transformace.
8. Speciální funkce z hlediska teorie reprezentací (exponenciální, mocninná, goniometrické a hyperbolické funkce, Legendreovy polynomy, Besselovy funkce celočíselného indexu, funkce gama, funkce beta, konfluentní hypergeometrická funkce, Laguerreovy polynomy).
9. Spojitá rozdělení pravděpodobnosti - normální (gaussovské), exponenciální, rovnoměrné na intervalu - hustota, charakteristická funkce a momenty.
10. Diskrétní rozdělení pravděpodobnosti - binomické, geometrické (Boseovo-Einsteinovo), Poissonovo multinomické - elementární pravděpodobnosti, charakteristická funkce a momenty.
11. Diracovská formulace kvantové mechaniky (vlnová funkce a prostor stavů, operátory a pozorovatelné veličiny, reprezentace, relace neurčitosti, kvantové měření. Časový vývoj, Heisenbergova, Schrödingerova a Diracova reprezentace, bosony a fermiony).
12. Jednoduché kvantové systémy (volná částice, harmonický oscilátor, kreační a anihilační operátory, spin elektronu. Operátorová algebra, normální uspořádání).
13. Kvantování elektromagnetického pole (Maxwellovy rovnice, energie a impuls pole, rozklad vektorového potenciálu do rovinných vln a kvantování ve vakuu. Fotony, komutační relace, spektrální hustota energie a Planckův zákon).
14. Interakce záření s látkou (Hamiltonián atomu a záření, poruchová teorie, absorpce, spontánní a indukovaná emise záření).
15. Přímá a obrácená úloha spektroskopie a přehled metod, jimiž se řeší (tj. dedukce spektra z modelu látky a naopak).
16. Elektronová spektra atomů a molekul; vibrační a rotační spektra molekul.
17. Experimentální metody spektroskopie.
18. Kvantová teorie koherence, kvantové korelační funkce.
19. Koherentní stavy optického pole a jejich vlastnosti (posouvací operátor, reprezentace vektorů a operátorů, Glauberova-Sudarshanova reprezentace matice hustoty, q-c-číselná korespondence, kvazidistribuce a kvantová charakteristická funkce, generující funkce, stacionarita ve fázovém prostoru, uspořádání operátorů pole, zobecněné koherentní stavy, dvoufotonové /stlačené/ koherentní stavy, neklasické světlo, aplikace na světlo chaotické, laserové a jejich superpozici).
20. Kvantová statistika interakce záření s látkou (Heisenbergův-Langevinův popis, Schrödingerův popis, interakční popis, hlavní rovnice, zobecněná Fokkerova-Planckova rovnice, aplikace na kvantový tlumený harmonický oscilátor, interakce záření s atomy a reservoiry, rezonanční fluorescence, Rabiho oscilace, kolaps a oživení).
21. Fotonová statistika v náhodných a nelineárních prostředích (šíření náhodným prostředím, optické parametrické procesy, Ramanův a Brillouinův rozptyl, vícefotonová absorpce a emise, Kerrův jev, čtyřvlnové směšování).
22. Experimenty s neklasickým světlem; využití neklasického světla pro vysoce přesná měření, optické sdělování a spektroskopii.
23. Přechodové koherentní jevy (samoindukovaná transparence, fotonové echo, superradiance).

Fyzika laserů

1. Interakce záření a látky. Poloklasický popis. Kvantový popis. Kvantování elektromagnetického pole.
2. Poloklasická teorie laserů. Maxwellovy - Blochovy rovnice. Kinetické rovnice.
3. Kvantová teorie laserů. Heisenbergovy rovnice. Iterační metoda řešení, Van der Polova rovnice.
4. Podmínky generace. Existence prahu generace. Jednomódová generace. Mnohomódová generace. Mezimódová interakce. Řízení ztrát v laseru.
5. Význačné vlastnosti laserového světla. Směrnost generace. Monochromaticnost záření. Koherence. Vysoká intenzita. Dynamické vlastnosti.
6. Rozdělení laserů z hlediska aktivní látky, buzení, rezonátorů a jejich charakteristiky. Využití jednotlivých druhů laserů.
7. Generace velmi krátkých pulsů. Způsoby synchronizace módů.
8. Šíření pulsů v rezonančním prostředí. Auto-transparence. Fotonové echo. Sin-Gordonova rovnice. Solitony.
9. Šíření pulsů v nerezonančním prostředí. Kerrův jev. Časové a prostorové solitony.
10. Rezonátory využívající nelineárních optických jevů. Optická bistabilita. Typy optické bistability. Optické bistabilní prvky.
11. Strukturální jevy v laserovém poli. Fázová distorze. Vortexy, topologické solitony. Koherenční zrnitost.

Optické zpracování informací

1. Monolitické a hybridní optické integrované obvody.
2. Příprava integrovaných obvodů.
3. Planární vlnovody.
4. Vláknové vlnovody.
5. Vazba mezi vlnovody, vazební prvky.
6. Elektrooptické a akustooptické modulátory světla.
7. Filtrace vlnových délek (multiplexory, demultiplexory).
8. Zdroje a detektory světla pro integrovanou optiku.
9. Aplikace optických integrovaných obvodů.
10. Základní principy optického zpracování informace.
11. Vlastnosti Fourierovy transformace.
12. Realizace Fourierovy transformace pomocí čočky.
13. Procesory pro koherentní zpracování informace.
14. Prostorové filtry (amplitudové, fázové, komplexní).
15. Hybridní procesory.
16. Lineární prostorově proměnné zpracování informace.
17. Nelineární optické zpracování.
18. Digitální optické počítače (architektury, prvky).
19. Zpracování informace pomocí neuronových sítí.

Optické systémy a přístroje

1. Šíření paprsků v nehomogenních izotropních prostředích. Maxwellovy rovnice v geometricko-optickém přiblížení, eikonálová rovnice, vektorová paprsková rovnice, kongruence paprsků.
2. Princip, vlastnosti a použití gradientních optických prvků.
3. Maticová optika. Maticová reprezentace optických prvků a kaskádních systémů. Stabilita periodických optických systémů.
4. Svazková optika. Svazková řešení vlnové rovnice. Šíření a transformace gaussovských svazků. Maticová reprezentace gaussovských svazků.
5. Optické zobrazení z hlediska geometrické optiky. Matematický model paprskového zobrazení a jeho vlastnosti. Základní parametry optické soustavy a jejich měření.
6. Průchod optických svazků sférickým rozhraním dielektrik. Coddingtonovy rovnice. Klasifikace a popis paprskových aberací. Stigmatické zobrazení sférickými a asférickými plochami. Návrh aplanačních optických prvků.
7. Fyzikální metody realizace optického zobrazení. Principy klasického, difraktivního, holografického a konjugačního (bezčočkového) zobrazení.
8. Optické zobrazení z hlediska vlnové optiky. Pupilová funkce abstraktního optického systému. Princip a použití apodizace. Metodika hodnocení optického zobrazení.
9. Metody výpočtu vlnových aberací. Zobrazovací funkce pro bodové zobrazení. Rozlišovací mez při zobrazení v částečně koherentním světle.
10. Paprskový a vlnový popis zobrazení plošného objektu optickým systémem. Použití Fourierovy transformace pro hodnocení optických systémů. Metody výpočtu a měření optické funkce přenosu. Funkce přenosu fáze a modulace a jejich fyzikální interpretace.
11. Metodika návrhu a toleranční analýzy optických zobrazovacích soustav. Princip optimalizace parametrů optického systému. Návrh, vlastnosti a parametry vizuálních optických soustav.
12. Princip a použití adaptivních optických soustav.
13. Šíření světla v anizotropních prostředích. Návrh dvojlomných optických prvků. Elektrooptická a akustooptická modulace světla, princip a použití.
14. Šíření optických pulzů disperzním prostředím. Transformace pulzů optickými systémy.
15. Návrh, výpočet a kreslení jenmomechanických uzlů. Vlivy narušující činnost přístrojů, omezení rušivých vlivů, vlivy technologie výroby.
16. Kinematické mechanismy, jejich vyšetřování, dimenzování.
17. Vedení otočná a přímá, kulová uložení, ložiska. Zařízení pro přenos pohybu - hřídele, spojky, třecí převody, ozubené převody.
18. Zařízení k ovládání pohybů, krokové mechanismy, vačky, podávací mechanismy, tlumící zařízení.
19. Dimenzování součástí mechanického systému, vyšetřování pevnosti a tuhosti. Metody experimentální mechaniky.
20. Počítačem podporované konstruování, vstupní a výstupní zařízení, formáty dat.
21. Optické členy přístrojů, zásady pro jejich konstrukci, kreslení a uložení v přístrojích.
22. Regulace a justáž optických a optickomechanických přístrojů, regulační prvky, justážní prvky a postupy.
23. Význam optických technologií. Mechanismus opracování křehkých hmot. Pomocné materiály v optické výrobě.
24. Výroba optických součástí - kinematiky strojů pro opracování, technologické parametry, technologický postup. Měření v optické výrobě.
25. Optické sklo, jeho optické a mechanické, chemické a jakostní parametry. Krystalické materiály a technická keramika .

Optoelektronika

1. Základní parametry polovodičových materiálů - struktura, pásové schéma, elektrické a optické vlastnosti, metody přípravy polovodičových monokrystalů.
2. Vlastní a nevlastní polovodič - el. a energetické charakteristiky, příměsové hladiny, využití, rozdíl ve fyzikálních vlastnostech.
3. Elektrické vlastnosti polovodičů - transportní rovnice, Hallův jev, rozptyl elektronů při transportu, měření elektrických charakteristik polovodičových materiálů.
4. Optické vlastnosti polovodičů a jejich měření - struktura absorpčního pásu, vliv příměsí, fonony, ovlivnění optických vlastností vnějšími poli.
5. Fotoelektrické vlastnosti polovodičů, detektory, solární články - vnější a vnitřní fotoefekt.
6. Statistika elektronů, vazby a volné elektrony, stupeň zaplnění jednotlivých hladin, statistika volných nositelů v polovodičích.
7. . Difúze nosičů náboje (Fickovy rovnice), p-n přechod, dioda, kontakt kov-polovodič, tranzistor, charakteristiky přechodů a metody jejich přípravy.
8. Kinetická Boltzmannova rovnice, relaxační doby, vodivost, rozptylové mechanismy.
9. Základní principy výroby polovodičových součástek - dioda, tranzistor, IQ, bipolární, unipolární, Schottky.
10. Využití polovodičů v optoelektronice - filtry, detektory, zdroje záření, nanoelektronika.
11. Základní principy technologie výroby polovodičových materiálů a struktur, charakteristiky vrstev.
12. Struktura pevných látek, krystalů a metody jejího studia - typy symetrií, Bravaisovy mříže, translační symetrie, reciproká mřížka, její definice a vlastnosti.
13. Dynamika krystalové mříže, specifická tepla, fonony - centrální a necentrální síly, fononové spektrum a jeho měření, vliv příměsí a defektů na fononové spektrum.
14. Pohyb elektronů v periodickém poli, Schrödingerova rovnice - metody řešení, pásová teorie pevných látek, jednoelektronová aproximace, selfkonsistentní potenciál.
15. Optické vlastnosti pevných látek, metody studia - spektroskopie, modulační techniky, tvar absorpční hrany, excitony, plasmony.
16. Metody studia povrchu pevných látek (SIMS,ESCA,LEED,EDAX...) - základní principy a citlivosti metod, použití.
17. Kvazičástice - fonony, polarony, magnony, excitony.
18. Fermiho plyn volných elektronů, statistika volných elektronů, degenerovaný polovodič.
19. Supravodivost - princip, využití.
20. Dielektrika a feroelektrika - obecné fyzikální vlastnosti, charakteristiky, vazby, struktura, elektrické, optické a magnetické vlastnosti.
21. Reciproká mřížka - důvod použití, vlastnosti, důsledky.
22. Vznik pásových schemat - jednotlivé typy, efektivní reciproká hmota, přímé a nepřímé přechody mezi pásy.
23. Defekty v pevných látkách - povrch, dislokace, příměsové atomy, skluzové roviny, vliv na fyzikální vlastnosti pevných látek.
24. Optoelektronický systém - složení, požadavky na jednotlivé části z hlediska optimální funkce - příklady použití a vlivu parametrů jednotlivých částí na funkci celku.
25. Zdroje záření - charakteristiky, třídění, využití, detaily konstrukce.
26. Detektory záření - charakteristiky, třídění, využití, detaily konstrukce.

27. Černé těleso, radiometr - fyzikální charakteristiky, realizace.
28. Přenosové charakteristiky atmosféry - vliv na využití v optoelektronice resp. ve sdělování.
29. Fotoelektrické jevy, selektivní detektory záření - charakteristiky, principy funkce, využití.
30. Metodika hodnocení detektorů z hlediska jejich obecných fyzikálních vlastností, definice a význam základních parametrů.
31. Časová konstanta detektoru a její vliv na přenos signálu, detekce periodických signálů.
32. Metody detekce slabých signálů, šum v optoelektronických systémech.
33. Aplikace optických a optoelektronických principů v konstrukci, výrobě a hodnocení vlastností polovodičových materiálů, struktur a prvků.
34. Šum v optoelektronických prvcích a systémech a jeho eliminace.
35. Optoelektronické systémy na měření posunutí a otočení - princip funkce, citlivosti, přesnosti.
36. Konstrukce disperzních a fourierovských spektrofotometrů - srovnání, výhody a nevýhody jednotlivých typů.
37. Elektronový mikroskop - typy, popis funkce a vlastností.
38. Naváděcí systémy, systémy a prvky pro detekci polohy - princip, funkce, citlivost.
39. Operační zesilovače, princip činnosti, invertující a neinvertující zapojení, příklady aplikačních zapojení.
40. Nelineární obvody s operačními zesilovači - tvarovače, funkční měniče, střídače, multiplexery a demultiplexery, AD a DA převodníky a jejich principy, vzorkovače signálu a Kotelnikovův teorém.
41. Stabilizované zdroje napětí a proudu s využitím operačních zesilovačů, činitel stabilizace.
42. Logické, kombinační a sekvenční obvody, definice hazardních stavů, číslicové komparátory, kodéry a dekodéry, čítače a registry.
43. Princip a funkce mikroprocesorů, typy sběrnic, přerušení a jejich význam. Příklady komunikace procesorů s periferními obvody a paměťmi.