

**Mgr. studium**  
**Tematické okruhy pro povinný předmět:**  
**12KELLE KVANTOVÁ ELEKTRONIKA A LASERY**  
**(Obor: Laserová technika a elektronika)**

Témata např. z předmětů:

*Kvantová mechanika (02KVANT), Kvantová elektronika (12KVEN, Fyzika laserů (12FLA)*

1. **Popis kvantových soustav** pomocí Diracova formalizmu, vlnové funkce a abstraktní stavové vektory, základní axiomatika kvantové teorie, pravděpodobnostní interpretace, lineární hermitovské operátory, základy operátorové algebry, problém vlastních hodnot a vlastních čísel, diskrétní a spojité spektrum, Heisenbergův princip neurčitosti.
2. **Čisté a smíšené stavy**, popis čistých a smíšených stavů pomocí projektorů a statistického operátoru,
3. **Statistický operátor** a jeho vlastnosti, příklady: statistický operátor dvojhladinového prostředí, Blochův vektor, statistický operátor systému ve stavu termodynamické rovnováhy, koherentního stavu, ideálního laseru, kvantová Liouvillova rovnice. Měření na čistých a smíšených stavech. Redukovaný statistický operátor.
4. **Dynamický vývoj kvantové soustavy**, evoluční operátor, Schrödingerův, Heisenbergův a Diracův (interakční) formalismus popisu vývoje. Heisenbergova pohybová rovnice, Schrödingerova rovnice v interakčním obraze.
5. **Stacionární a nestacionární poruchová teorie**. Feynmanův diagram. Řád poruchového rozvoje. Amplituda pravděpodobnosti přechodu a pravděpodobnost přechodu. Porucha působící v konečném časovém intervalu, konstantní a harmonická porucha. Použitelnost poruchového rozvoje.
6. **Poloklasická teorie** interakce kvantové soustavy s klasickým polem. Bohrova frekvence přechodu, absorpce a emise optického záření atomem.
7. **Kvantový lineární harmonický oscilátor**, kreační a anihilační operátory, operátor počtu kvant, uspořádání bozonových operátorů.
8. **Kvantování elektromagnetického pole**, operátor počtu fotonů, základy kvantové elektrodynamiky, Casimirův efekt, Fockovy a koherentní stavy elektromagnetického pole a jejich vlastnosti. Jednomódový a mnohomódový popis.
9. **Hamiltonián atomu a nabitě částice** v elektromagnetickém poli, nerelativistické přiblížení. Interakční hamiltoniány.
10. **Kvantový popis optického záření**, reprezentace kvantových stavů světla ve fázovém prostoru, Wignerova,  $P$  a  $Q$  kvazidistribuční funkce, Glauber – Sudarshanova  $P$  reprezentace statistického operátoru. Kvantové charakteristické funkce.
11. **Stavy kvantovaného optického pole**, Fockův stav, koherentní stav, rovnovážné a tepelné záření, vlastnosti.
12. **Základy kvantové teorie tlumení**, Heisenbergův-Langevinův přístup, přístup řídicí rovnice, markovovská aproximace, obecná tlumená kvantová soustava, Pauliho řídicí rovnice, tlumený kvantový lineární harmonický oscilátor, Langevinovy síly a jejich korelace.
13. **Poloklasická teorie interakce rezonančního záření s prostředím**, odezva rezonančního prostředí, dvouhladinová aproximace kvantové soustavy, soustava ve vnějším klasickém poli, rovnice pro polarizaci a inverzi populace hladin dvouhladinového prostředí v poloklasickém přiblížení.

14. **Šíření stacionárních signálů** v rámci poloklasického popisu v rezonančním prostředí, teorie disperze rezonančního prostředí, susceptibilita dvouhladinového rezonančního prostředí, zesílení signálu a jeho saturace.
15. **Poloklasický popis šíření optických impulzů** v rezonančním prostředí, signál s pomalu proměnnou amplitudou a fází, rovnice pro signál bez rozladění a fázové modulace, vliv doby trvání impulzu na charakter jeho šíření rezonančním prostředím.
16. **Nekoherentní šíření impulzů**, zesílení a absorpce kvazistacionárního záření při šíření rezonančním prostředím, koherentní šíření impulzů a související jevy: samoindukovaná propustnost, fotonové echo, optická nutace.
17. **Aproximace rychlostních rovnic**. Dynamika laseru v aproximaci rychlostních rovnic, rychlostní rovnice, stacionární řešení, výstupní charakteristika laseru.
18. **Přechodový režim laseru**, linearizace rychlostních rovnic, analytické řešení rychlostních rovnic pro Q-spínaný laser, spínání ziskem, laser bez rezonátoru, zesílená spontánní emise.
19. **Kvantový popis laseru**, kvazidistribuční a charakteristické funkce, uspořádání operátorů, časový vývoj kvazidistribuční funkce, Fokkerova-Planckova rovnice a její řešení pro tlumený harmonický oscilátor a pro tříhladinové prostředí, popis aktivního prostředí laseru.
20. **Fokkerova-Planckova rovnice pro laserový systém**, Langevinovy rovnice, adiabatická eliminace atomových proměnných, linearizace driftového členu, Fokkerova-Planckova rovnice pro Van der Polův oscilátor a její řešení.