

# Jak vyučovat kvantové mechanice?

Z. Hradil, Katedra optiky  
Přírodovědecká fakulta UP  
Olomouc



# Pedagogické problémy jako vedlejší produkt vědecké práce

Z. Hradil, J. Řeháček, *Uncertainty relations on the slit and Fisher information*, zasláno do Am. J. Phys.  
(po 1. kole recenzního řízení příznivý posudek !!!)

R. Müller, H. Wiesner, *Teaching quantum mechanics on a introductory level*, Am. J. Phys. 70 (2002) 200.

# **Přednáška Kvantová fyzika 4 + 2**

- 25 studentů (2003-2004)
- zimní semestr pro specializace
- Optika a optoelektronika
- Aplikovaná fyzika
- Biofyzika

**Cvičení:**

**Dr. Lukáš Richterek**

**Dr. Radim Filip**

# Doporučená literatura

*J. J. Sakurai, Modern Quantum Mechanics,  
Addison Wesley 1994.*

*J. Formánek, Úvod do kvantové teorie, Academia  
1983.*

*W. Greiner, Quantum Mechanics: An Introduction,  
Springer 1989.*

# Sylabus přednášky

**1. Experimenty, které stály u zrodu kvantové teorie.** *Fotoefekt, Comptonův rozptyl, Ritzův kombinační princip, Franck--Hertzův experiment, záření absolutně černého tělesa a Planckův zákon, Stern-Gerlachův experiment, difrakce a interference částic.*

**2. Stern-Gerlachův experiment jako formální základ pro budování kvantové teorie.** *Diracova symbolika pro popis bra a ket stavů, operátory a operace s nimi, maticové reprezentace, unitární ekvivalence, měření a jeho kvantový popis, pravděpodobnost a střední hodnota, relace úplnosti, kompatibilní a nekompatibilní měření, relace neurčitosti.*

**3. X-P reprezentace a vlnová funkce.** *Generátor translace, Heisenbergovy relace neurčitosti, gaussovský „vlnový balík“, kanonické komutační relace a jejich vztah ke klasickým Poissonovským závorkám.*

**4. Dynamika kvantových systémů.** *Hamiltonián jako generátor posunutí v čase, Schrödingerova rovnice pro stav a evoluční operátor, stacionární a nestacionární stavy, Schrödingerova a Heisenbergova reprezentace, částice v potenciálním poli.*

**5. Souvislost mezi klasickou a kvantovou teorií.** *Ehrenfestův teorém, rovnice kontinuity, obecné vlastnosti řešení Schrödingerovy rovnice, spojité a diskrétní spektrum, WKB aproximace.*

**6. Harmonický oscilátor.** *Diagonalizace hamiltoniánu v energetické reprezentaci, zavedení anihilačních a kreačních operátorů, operátor počtu částic, evoluce, koherentní stavy*

**7. Propagátor, Feynmanův drahový integrál, kalibrační transformace.** *Skalární a vektorový potenciál, interference indukovaná gravitačním polem, hamiltonián nabité částice v elmag. poli, Bohm-Ahronovův efekt..*

**8. Kvantový popis úhlového momentu.** *Grupa rotací, spinorová reprezentace, vlastní hodnoty a vlastní stavy impulsmomentu, Eulerovy úhly, ireducibilní reprezentace grupy rotací, orbitální úhlový moment (impulsmoment), kulové funkce jako  $x$ - $p$  reprezentace.*

**9. Symetrie.** *Degenerace, parita a výběrová pravidla, využití při řešení úloh kvantové mechaniky, atom vodíku.*

**10. Poruchová teorie.** Časově nezávislá porucha pro nedegenerované a degenerované spektrum, časově závislá poruchová teorie, Fermiho zlaté pravidlo.

**11. Identické částice v kvantové teorii.** Permutační symetrie, symetrické a antisymetrické stavy, Pauliho postulát o vztahu mezi spinem a statistikou, vlnová funkce dvou elektronů.

**12. Základní představy kvantování elektromagnetického pole.**