

KVANTOVÁ MECHANIKA I. (2014/2015)

QM-I-1

0. ORGANIZAČNÍ POZEV: St 9⁰⁰ - 10³⁰ P }
+ 10⁴⁰ - 12¹⁰ Cv } většinou
Čt 10⁴⁰ - 12¹⁰ P }

Já: kontaktní informace .. viz web

Zápočet: cvičení ... DÚ = 50b ; kncem semestru písemka = 50b
zápočet $\geq 50b$ bez zkouškového příkladu ≥ 75
tričko s QM tematikou $\geq 90b$

Literatura:

- 1) Pavel Cejnar : A Condensed Course of QM ; Karolinum 2013
- 2) J. Formánek : Úvod do kvant. teorie (Academia 1983, 2004)
- 3) L. E. Ballentine : QM a Modern Development } Moderní přístup
J. J. Sakurai : Modern QM
- 4) L. D. Landau, E. M. Lifschitz : QM Nonrelativistic Theory } klasické
Cohen-Tannoudji, Diu, Laloe : Q.M.

Doporučené doplňkové přednášky:

Pavel Krtouš : NTMF036: Interpretace kvant. mechaniky
.. každé 2 roky .. Letos Čt 8:10 - 10:30

Karel Hofek : NTMF061: Teor. grup a její aplikace ve fyz.
Letos Pá 8:10 - 11:20

5) S. Flügge : Practical QM

Cvícení } J. Pišút, V. Čer Galisky, Karnakov, Kogan : Exploring QM
(2013 Oxford) Collection of 700+ Solv. Prob.
+ příklady v jiných učebnicích

Diskuse "co znáte z úvodu do QM"?

základní "postuláty", neurčitost, rovinná vlna, L^2, L_z, LHO, H
jáma SR, kontinuita (a pravd. interpret.), spin, ...

"co znáte z matematiky?"

mat. statistika?

LVP + skal. součin, Fce Q -proměnné, zákl. integ. a difro ← předpoklad
teorie FFT + řady, distribuce, \mathcal{H} -prostor, L^2, \mathcal{X}^2 ← učebním úvod (minimalistický)

I. ÚVODNÍ POZNÁMKY

doporučená interpretace QM:

"Set up and calculate"

(dehrofting Solid State Phys)

N. D. Mermin, Phys. Today Apr. 1989

mylně ~~připisováno~~ připisováno Feynmanovi

+ BBT ?? 9.

základní asp Plán přednášky:

- základní formalismus a mat. aparát QM pragmatický přístup. Exakt mat. "fouky" vědy, odlišná hmatatelnost
- Příklady konkrétní syst. (~~sada ves~~)
 - částice se spinem
 - bodová částice ~~na~~ v 1D a 3D ... odvození ze symetrie Příklad moderního ^{přístupu} budování teorie
- základní řešitelné modely v 1D a 3D smysl práce fyzika black-box heavy calcul X simple model
- časový vývoj sophistic. použití čas. záv/nězáb. přístupu problémy souvzpos. částí spektra
- Úvod do teorie rozptylu základní modely a příkl. jejich aplikace
- Částice v Mg. poli

NTMF 067 .. Kvantová mechanika II (příští semestr)

přibližné metody, vícečásticové systémy, matice hustoty a otevřené systémy,

Základní aspekty QM chování

- diskrétní charakter (některých veličin, které jsou v klas. mechanice spojité)

Planckova konstanta $\hbar = \begin{cases} 1.05 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \\ 0.66 \text{ eV} \cdot \text{fs} \end{cases}$

→ rozměr jako Moment hybnosti .. ~~pro~~ $L^2 = \vec{x} \times \vec{p}$

Akce $S = \int L dt$ ($= \int p dq - Et$)

Hamilton čas. nezáv. V Mupertuis princip

kvantováni ELMG-pole
 \rightarrow tedy dělat nebudeme

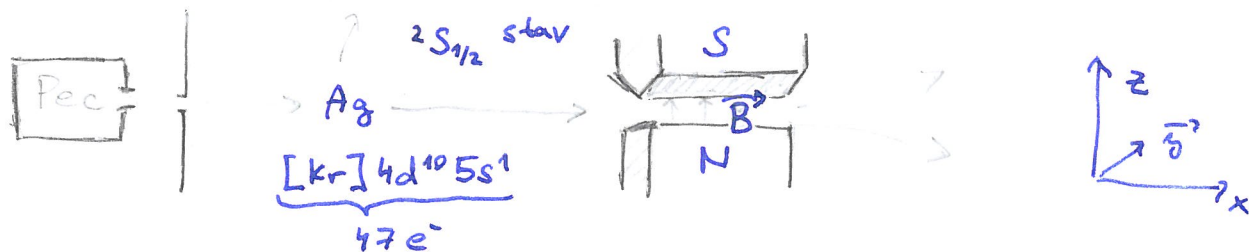
1900 Planck (záření čer. tělesa) 1905 Einstein (fotoefekt)

1913 Bohr (model atomu) ... 1914 Frank + Hertz $Hg + e \rightarrow Hg^* + e$
 4.9 eV

1922 Stern-Gerlach experiment

← k atomům se vrátíme příští semestr

prototyp kvantového měření DISKRÉTNÍ SYSTÉM
 rozebereme podrobněji:



energie .. dipól v MG poli

$$E = -\vec{\mu} \cdot \vec{B}$$

Bohr magneton

$$F_z = \frac{\partial}{\partial z} (\vec{\mu} \cdot \vec{B}) = \mu_z \cdot \frac{\partial B_z}{\partial z}$$

naměřené $\mu = \pm \frac{\hbar}{2} \frac{e}{2m_e}$

... odpovídá momentu hybnosti

$$S_z = \pm \frac{1}{2} \hbar$$

Nuclear spin nepřispívá $m_p \ll m_e$

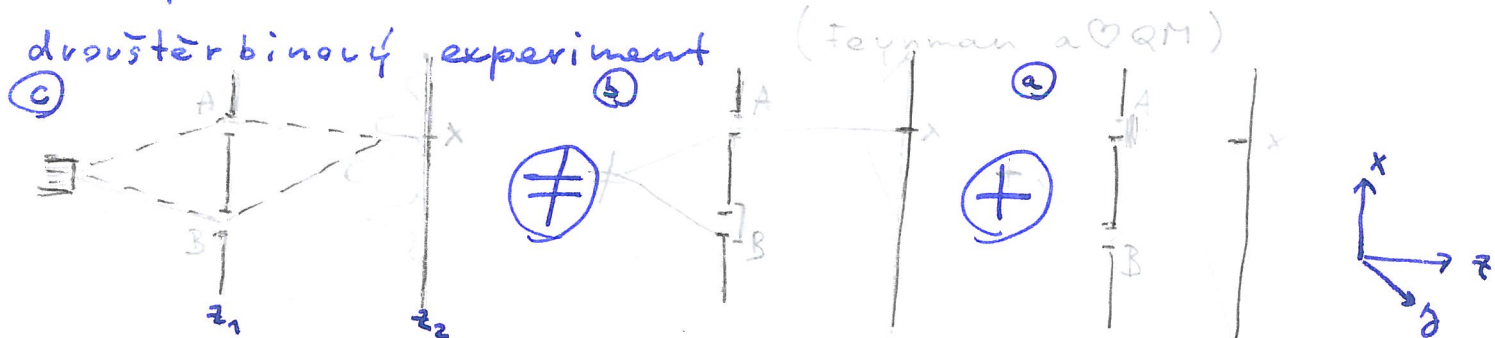
Poznámky: - prototyp měření ... spin ... měřený systém

prostorové souřadnice atomu-součást aparátu

- výsledek měření v rozporu s klas. představou ... diskřet. hodnoty

- budeme používat jako ideal. příklad později

• interference a difrakce



např. rychlé elektrony 50 keV ... rychl v

- lze chápat jako měření polohy x-j. z součástí měř. aparatury

→ příprava systému v $t_1 = z_1/v$
měření v $t_2 = z_2/v$

experiment (a) příprava ve stavu $\psi_B(t_1) \rightarrow \psi_B(t_2)$ nalozíme na stínítku

(b) $\psi_A(t_1) \rightarrow \psi_A(t_2)$

analogie s optikou (Youngův experiment. 1805)

→ signál na stínítku $|\psi_A|^2$; $|\psi_B|^2$

fáze je dána klas. akcí $S = \int_{t_0}^{t_2} p(q) dq$ podél dráhy částice

(upřesníme později ... WKB aproximace; dráhový integrál)

→ $\psi(x,t) = \sqrt{p(x,t)} e^{iS(x,t)/\hbar}$ pozorovatelnost interference $\Delta S \approx \hbar$

popis interference signál na stínítku $\sim |\psi|^2 = |\psi_A + \psi_B|^2$
v rozporu s klas. zákony pravděpodobnosti: $\neq |\psi_A|^2 + |\psi_B|^2$

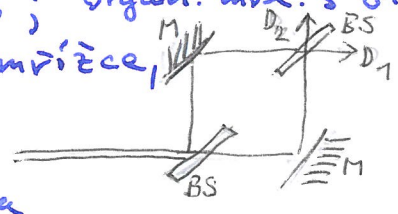
uhnově-část. dualismus ... elektron musel v nějakém smyslu
projit oběma štěrbinami, ale vždy pozorujeme celý elektron
→ podobné úvahy vedou k zdánlivým rozporům → viz MOTT

Experimentálně prověřeno: elektrony 1961; 1970^{lela}-individ. e⁻

1994-5 .. He₂, Na₂, I₂ 1999: C₆₀; organ. mol. s 810 Atomy: 2013

Podobné experimenty .. difrakce na mřížce,

Mach-Zehnderův interferometr



↑ dá se kladat
individ. molekuly

+ další nuance: delayed choice, kvant. guma

• statistický charakter

... individ. výsledky nepředpokládáme
→ velký soubor ano

... viz výše ... srovn. Stern-Gerlach

až na výjimky jen pravděpodobnosti ne jistota
(integrály pohybu)

• vliv měření na stav ... kolaps vln. funkce

... měření modifikuje časový vývoj ↗

detaillní rozbor viz ... Pavel Kratoch Interpretace QM NTMF036

(modely měření, kvantová guma, EPR, Bellovy nerovnosti)
teleportace...

DNES: zlatý věk kvantové technologie! (osobní výběr)

- experimenty testující fundament. základy
(dříve jen thought experiments)

- kvantové počítače, kryptografie, ...

- mnohočásticová fyzika: → "měření vln. fce"

• kompletní měření "state-to-state" rozptylu

• časově rozlišená dynamika ... femto & atto pulzy
Michael Chen, 1999

1997, 2001 Nobel • experimenty s extrémně chladnými plyny (dnes i molekuly)
... BEC, atom-laser, optical lattices, zastav. světlo, metrologie

• transportní jevy - formulace nerovnovážené stat. fyziky

• nanotechnologie .. kvantové stroje, využití biomol., STM
+ manipulace

Nobel 2010 • graphene, nanotrubičky, Q-hall jev

• vysokoteplotní supravod.

Nobel 86 (Chem) • "ab. initio" výpočty v Q-chemii, solid state, rozptyl

Nobel 1995 • jaderná a částicová fyzika

Nobel fyziky 2013