

# Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě  
Univerzity Karlovy

- posudek vedoucího       posudek oponenta  
 bakalářské práce       diplomové práce

Autor/ka: Marek Kuchař  
Název práce: Klasický a kvantový model popisující 1D dynamiku volného elektronu v ponderomotorickém potenciálu optické zánějové vlny  
Studijní program a obor: Fyzika (FP)  
Rok odevzdání: 2022

Jméno a tituly vedoucího/opponenta: Tomáš Chlouba, Ph.D.  
Pracoviště: Friedrich-Alexander University Erlangen-Nurnberg, Chair of Laserphysics  
Kontaktní e-mail: tomas.chlouba@fau.de

## Odborná úroveň práce:

- vynikající    velmi dobrá    průměrná    podprůměrná    nevyhovující

## Věcné chyby:

- téměř žádné    vzhledem k rozsahu přiměřený počet    méně podstatné četné    závažné

## Výsledky:

- originální    původní i převzaté    netriviální kompilace    citované z literatury    opsané

## Rozsah práce:

- veliký    standardní    dostatečný    nedostatečný

## Grafická, jazyková a formální úroveň:

- vynikající    velmi dobrá    průměrná    podprůměrná    nevyhovující

## Tiskové chyby:

- téměř žádné    vzhledem k rozsahu a tématu přiměřený počet    četné

## Celková úroveň práce:

- vynikající    velmi dobrá    průměrná    podprůměrná    nevyhovující

### **Slovní vyjádření, komentáře a připomínky vedoucího/opponenta:**

Práce se zabývá matematickým analytickým řešením a modelováním interakce nerelativistických volných elektronů s pohybující se světelnou mřížkou generovanou dvěma laserovými svazky – také známé jako Kapitza-Diracův jev.

Tato oblast je v současné době velmi relevantní, jelikož pokrok v technologii elektronových mikroskopů dovoluje využívat interakci volných elektronů se světelnými poli k řadě fundamentálních experimentů, například živé zobrazování propagace plasmonů, entanglement mezi elektrony a fotony, zkoumání hranice mezi kvantovým a klasickým světlem, qubity na bázi volných elektronů nebo urychlování částic. Konkrétně Kapitza-Diracův jev byl v nedávné době experimentálně realizován jako korektor fázových ploch elektronového svazku (velmi podobně jako spatial light modulátor pro světlo), což je mimojiné důležitý krok k dosažení diffraction-limited zobrazování v elektronových mikroskopech. Dále je s pomocí K-D jevu teoreticky možné dosáhnout generace zeptosekundových pulsů.

Student tuto interakci rozebírá z několika úhlů za různých aproximací. Řeší pohybové rovnice v klasickém a semiklasickém případě, v synchroním a asynchroním případě, v limitách slabého a silného pole. To vše čistě analyticky. Přesto je práce psaná velmi jasně a přehledně, jednotlivé kroky jsou odůvodněny z matematického i fyzikálního hlediska. Výsledky jsou prezentovány především formou 2D grafů vývoje elektronového spektra, což je přímo měřitelná veličina.

Práce je mírně nadstandardního rozsahu, hlavní část popisuje analytické řešení problému, menší část se věnuje jednoduchému modelování v Mathematice, vše je úzce propojeno s experimentem s realistickými parametry.

K práci nemám žádné vážné výtky, snad krom toho, že není psána v anglickém jazyce, což znemožňuje její širší využití v mezinárodních skupinách zabývajících se touto problematikou. Práci vřele doporučuji k obhajobě.

### **Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:**

Část práce je věnovaná případu, kdy amplituda pole je nedostatečná k udržení elektronu v rámci jedné oscilační periody. Je spektrum elektronů po interakci (s odhlédnutím od samotné amplitudy modulace) nějak kvalitativně odlišné od případu silné interakce?

Časový vývoj spektra (Obr. 3.1 a 3.4) se nezdá, že by se choval „kvantovaně“ jako Obr. 3.5 pro periodický potenciál. To je pro mě částečně překvapivé, je tomu skutečně tak nebo je to patologie aproximací? Vypadalo by tak spektrum po interakci s dvěma ultrakrátkými few-cycle pulsy?

Chování periodické fokusace v asynchroním případě je zajímavé a zřejmě měřitelné. Jak souvisí perioda fokusace s mírou asymetrie (off-setem grupové a elektronové rychlosti) a jak s amplitudou pole?

**Práci** doporučuji nedoporučujiuznat jako diplomovou/bakalářskou.**Navrhuji hodnocení stupněm:** výborně  velmi dobře  dobře  neprospěl/a

Místo, datum a podpis vedoucího/opponenta:

2.6.2022

Erlangen