

# Měření Heisenbergovy relace neurčitosti

M. Hajný, J. Vinklárek, Š. Meister

ČVUT - Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

me@martinhajny.me, jakub.vinklarek@seznam.cz, meistepa@gmail.com

## Abstrakt

Cílem naší práce bylo experimentálně ověřit Heisenbergovu relaci neurčitosti. Pomocí laseru a štěrbinu jsme na senzoru vytvořili difrakční obrazec, který jsme následovně analyzovali v programovacím jazyce python. Naměřená data po numerickém zintegrování potvrdila Heisenbergovu teorii.

## 1 Úvod

Kvantová fyzika se zabývá částicemi v mikrosvětě. Ty se velmi často chovají zcela kontraintuitivně a proto je nutné teorie ověřovat s ještě větší důkladností, než na poli klasické, newtoniánské, mechaniky. Náš tým dostal za úkol ověřit tzv. Heisenbergův princip neurčitosti. Ten tvrdí, že není možné zároveň, s dokonalou přesností, určit některé dvojice vlastností. Snad nejnázornější a nejjednodušší na vysvětlení je dvojice poloha-hybnost. Tedy, chceme-li precizně zjistit polohu částice, musíme použít dostatečně krátkou vlnovou délku, menší než poloměr částice. Pokud však částici takovýmto zářením zasáhneme, přirozeně změním její hybnost. Tím že jsme hybnost změnili již nemůžeme změřit její původní hodnotu. A naopak, pokud změříme přesně hybnost, nemůžeme přesně určit polohu.

## 2 Metodika měření

Jedním ze základních principů kvantové fyziky je tzv. dualita. Říká, že částice se mohou chovat jako vlny a zároveň že vlny se mohou chovat jako částice. Umístíme-li mezi laser a senzor štěrbinu, vytvoří se na senzoru tzv. difrakční obrazec. A právě pomocí něj budeme dokazovat Heisenbergův princip neurčitosti. Aparaturu, která je vyfocena na obrázku [1](#), jsme museli doplnit o čočku s ohniskovou vzdáleností +100 mm, která difrakční obrazec zaostřila do detektoru. Protože náš detektor byl přesycen, museli jsme snížit množství dopadajících fotonů umístěním dvou polarizačních filtrů s vzájemnou odchyklou polarizačních rovin o cca 80 stupňů.



Obrázek 1: Použitá aparatura na zachycení difrakčního obrazce. Komponenty zleva: laser, dvojice polarizačních filtrů pro snížení světelné intenzity laseru, štěrba, konvexní čočka s ohniskovou vzdáleností +100mm, fotonový CCD detektor.

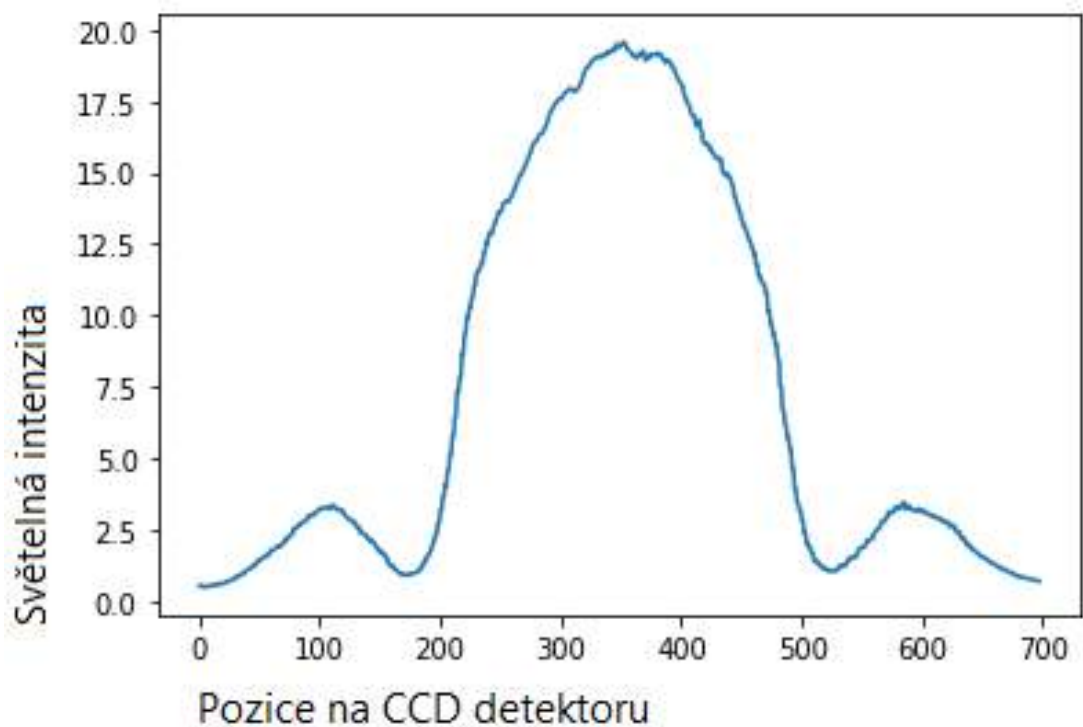
### 3 Numerická analýza difrakčního obrazce

Difrakční obrazec, který je na obrázku 2, byl zpracován programem v programovacím jazyce python. Ten sečetl světelnou intenzitu v každém sloupci pixelů a vytvořil graf, který je na obrázku 3.

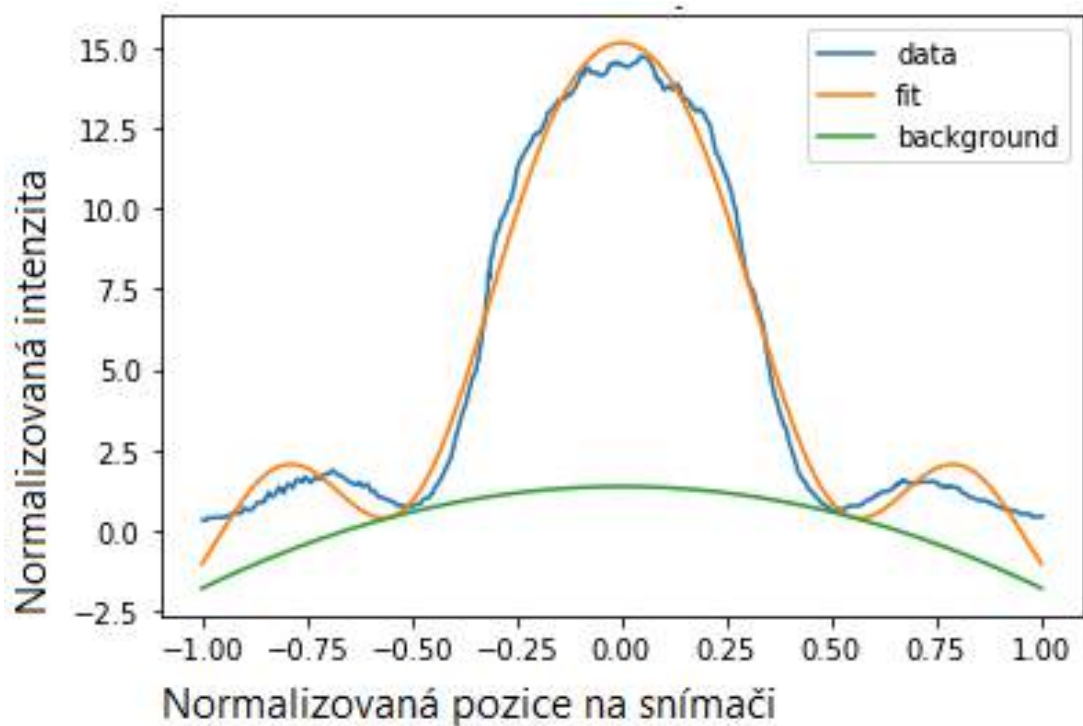


Obrázek 2: Difrakční obrazec na CCD detektoru.

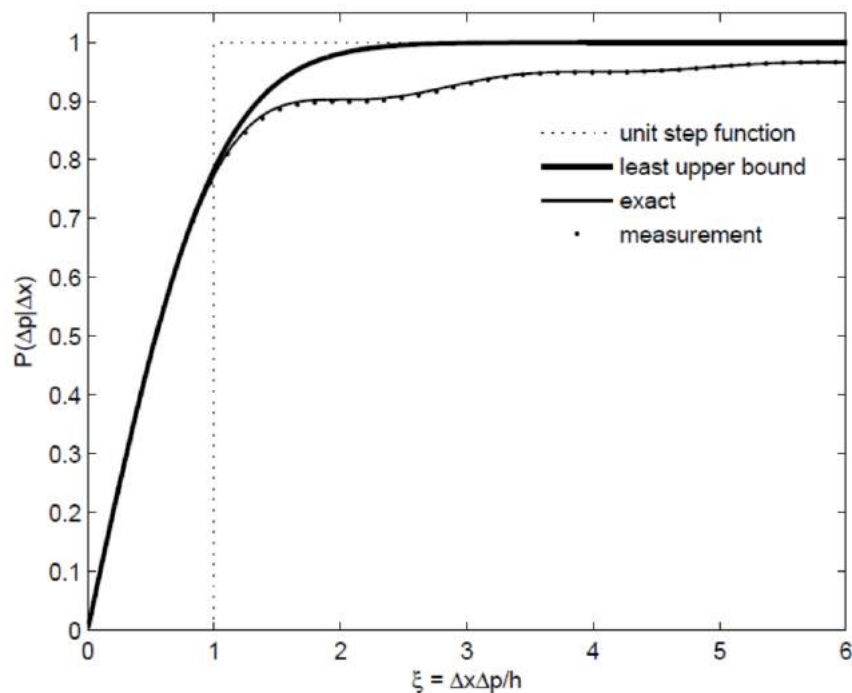
Graf bylo nejprve nutné oříznout a vycentrovat, aby při integraci nedošlo ke zkreslení. Původně jsme tuto úpravu neučinili a zkreslení bylo tak velké, že jsme překročili nerovnost Heisenbergovy relace. Z tohoto důvodu jsme program upravili a následně ořezávali ručně, čímž jsme data vylepšili a integrace pak proběhla podle očekávání. Následně jsme graf proložili fitovací funkcí, čímž jsme získali obrázek 4. Tento obrázek pak program integroval, čímž jsme získali závislost na obrázku 6. Tato závislost nám říká, s jakou pravděpodobností nalezneme události za Heisenbergovou hranicí. Její předpověď je vidět na obrázku 5.



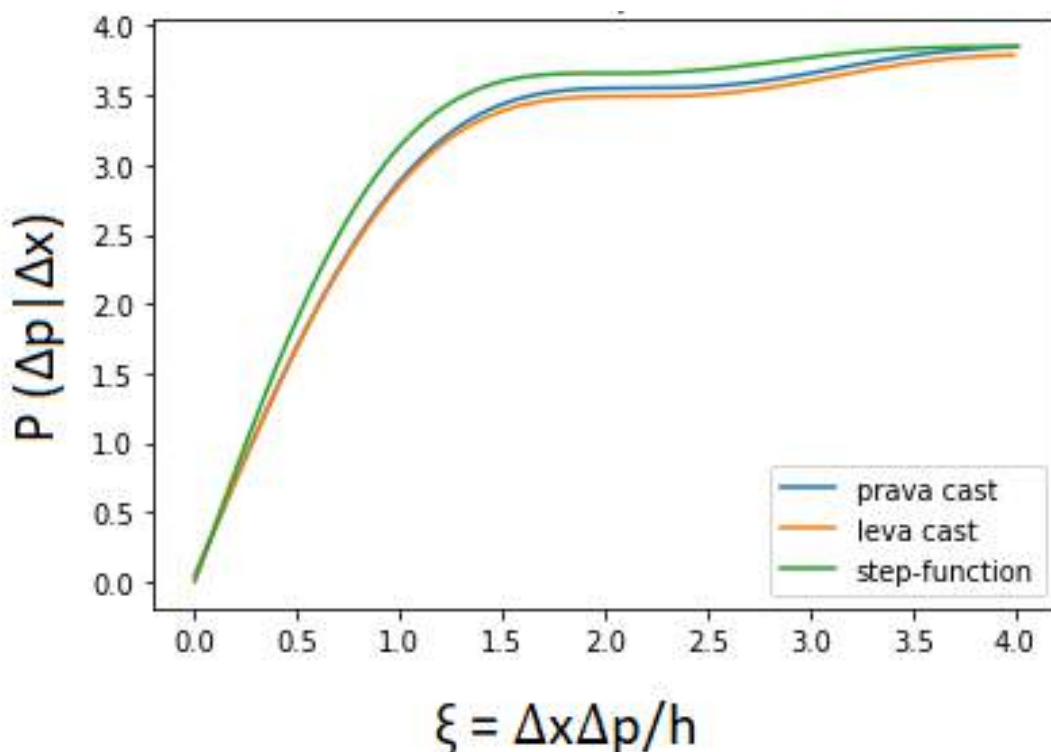
Obrázek 3: Graf sečtené světelné intenzity. V Heisenbergově relaci představuje pravděpodobnostní rozdělení hybnosti fotonů.



Obrázek 4: Proložená závislost fitovacích funkcí. Od závislosti bylo odečteno pozadí a oříznuté kraje pro jednodušší integraci.



Obrázek 5: Vypočtené pravděpodobnostní rozdělení z Heisenbergovy relace. Tečkovaná a line s názvem Unit step function znázorňuje Heisenbergovu nerovnost. Závislost s názvem Least upper bound znázorňuje hranici, za níž nelze jít dále s přesností měření. Poslední závislost představuje naměřená data. Zdroj [2].



Obrázek 6: Numericky integrovaná závislost z obrázku 4. Zelená funkce představuje Unit step function z grafu 5.

## 4 Shrnutí

Naměřili jsme závislost světelné intenzity na poloze, kterou jsme následně integrovali, abychom získali předpovězené pravděpodobnostní rozdělení podle obrázku 5. Naše práce byla velmi zajímavá a podnítila v nás spoustu zajímavých podnětů k budoucímu přemýšlení. Naše výsledky odpovídají tomu co předpověděl Werner Heisenberg.

## Poděkování

Chtěli bychom poděkovat fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské, za poskytnutí zázemí našemu výzkumu, pythonímu guru Tomášovi Zikmundovi za půlnoční opravy kódu. A hlavně Bětce za úžasnou podporu. A kafe.

## Reference

- [1] H.J. Greenberg. *A Simplified Introduction to L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X*. <http://www.ctan.org/tex-archive/help/Catalogue/entries/simplified-latex.html?action=/tex-archive/info/simplified-latex/>. 1999.
- [2] Winfrid Görlich, Ingo Hoffmann, and Thomas Schürmann *Single-slit diffraction and the heisenberg principle for position and momentum, 2008*.
- [3] Thomas Schürmann *A single particle uncertainty relation. 2003*.