

SECȚIUNEA 13 – 4A**FIZICĂ APLICATĂ- Avansați**

Sala BN 134, ora 9⁰⁰

Comisia de examinare

Conf. dr. ing. Mihai STAFE - Președinte

Ș.l. dr. ing. Georgiana VASILE

Ș.l. dr. ing. Octavian DĂNILĂ

As. drd. Sebastian TOMA – Secretar

Student: Carla LUPU – (FSA Master IALA)

11.05.2019

9⁰⁰ – 9¹⁵

1. Caracterizarea detectorului QADRO-fm pentru măsurarea dozelor în fascicule pulsate de particule

Student: NIȚĂ Laura Anamaria, anul IV, Facultatea de Științe Aplicate, Universitatea Politehnica Din București

9¹⁵ – 9³⁰

2. Levitatorul acustic

Student: FLORICICĂ Miruna Claudia, anul II, PREDESCU Laurențiu Jan, Master TCSI, Facultatea de Științe Aplicate, Universitatea Politehnica din București

9³⁰ – 9⁴⁵

3. Adunarea pe un calculator cuantic

Student: SANDU Gabriela, anul IV, Facultatea de Științe Aplicate, Universitatea Politehnica din București

9⁴⁵ – 10⁰⁰

4. Efectul Hall în grafit

Student: NACU Flavia-Maria, anul II, Facultatea de Științe

Aplicate, Universitatea Politehnica din București

$10^{00} - 10^{15}$

5. Analiza influenței purității nanotuburilor de carbon asupra proprietăților de transport utilizând spectroscopia RMN

Student: SIMION Andreea, anul III, Facultatea de Fizică, Universitatea Babes-Bolyai, Cluj Napoca

$10^{15} - 10^{30}$

6. Simularea unei surse cuantice de stări corelate

Student: SIMION Dan Constantin, anul IV, Facultatea de Științe Aplicate, Universitatea Politehnica din București

$10^{30} - 10^{45}$

7. Testarea inegalității Bell-CHSH la diferiți parametri cu ajutorul unei surse de fotoni entangled

Student: DOSAN Vasile - Laurențiu, anul I, Facultatea de Științe Aplicate, Universitatea Politehnica din București

Caracterizarea detectorului QADRO-fm pentru măsurarea dozelor în fascicule pulsate de particule încărcate

Laura Anamaria Nița

anul IV, Facultatea de Științe Aplicate, Universitatea "Politehnica" București

Două proiecte de cercetare importante au fost inițiate în România ambele utilizând laseri de mare putere, CETAL 1PW, respectiv ELI-NP 10PW. Unul dintre scopurile principale ale ELI-NP este de a explora posibilitățile dezvoltării unor noi tehnici în protonoterapie utilizând fascicule laser accelerate. Este foarte probabil însă ca o parte din experimentele inițiale să fie îndreptate asupra îmbunătățirii înțelegerii radiobiologiei din cadrul terapiei cu protoni și a factorilor care influențează eficiența biologică relativă a fasciculului.

O problemă majoră a unor astfel de experimente este dozimetria fasciculului, în principal din cauza duratei extrem de scurte a pulsurilor laser. Fasciculele de protoni generate prin accelerare laser au o durată de ordinul câtorva nanosecunde, astfel că măsurătorile efectuate cu o camera de ionizare vor fi afectate de factori mari de corecție de recombinare. Măsurarea acestor factori prin metoda obișnuită (după cum se descrie, spre exemplu, în IAEA TRS 398) nu este o opțiune luând în considerare rata joasă de repetiție a pulsurilor (~ 0.1 Hz).

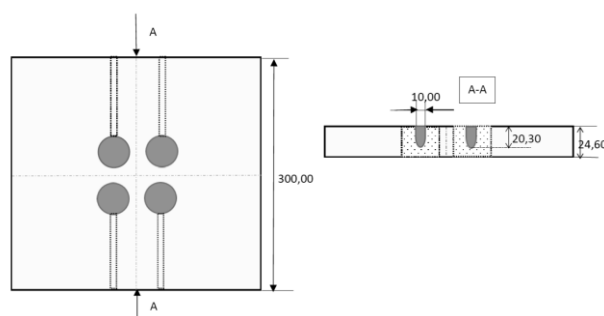


Fig. 1. Schemă a prototipului detectorului QADRO-fm alcătuit din patru camere de ionizare identice montate pe un cadru PMMA

Astfel, a fost dezvoltat prototipul detectorului QADRO-fm (Quad Array Detector Recombination factor measurement) a cărui schemă este ilustrată în Fig. 1 și care permite măsurarea dozei și a factorilor de corecție într-o singură expunere, păstrând validitatea formulelor clasice. În scopul determinării distanțelor optime între cele patru camere de ionizare a fost necesară analizarea influenței reciproce a acestora, lucru care s-a realizat prin efectuarea unor simulări FLUKA.

În cadrul lucrării vor fi prezentate rezultatele obținute în urma măsurării dozelor și factorilor de corecție la fasciculele de electroni de diferite energii și a măsurării dozei și energiei la fasciculul de protoni de 18MeV. Factorul de corecție de recombinare a fost determinat atât prin metoda clasică (măsurători succesive cu o singură camera de ionizare), cât și prin întrebuințarea detectorului QADRO-fm, rezultatele obținute urmând a fi discutate în lucrare.

BIBLIOGRAFIE

Radu A. Vasilache, Maria-Ana Popovici, Mihai Straticiuc, Mihai Radu, Andreea Groza – The Development of Novel Array Detector for Overcoming the Dosimetry Challenges of Measuring in Very Short Pulsed Charged Particle Beams

Maria-Ana Popovici, Radu A. Vasilach, Daniela Buzatu - A fluka study of crosstalk between measuring volumes in a 2d ion chamber array

Radu A. Vasilache, Maria-Ana Popovici, Mihai Straticiuc, Liviu Crăciun, Daniela Stroe, Mihai Radu - Characterisation of the QADRO detector response at proton and electron beam

LEVITATORUL ACUSTIC

Floricea Miruna-Claudia, Predescu Laurențiu-Jan

Facultatea de Științe Aplicate, Universitatea Politehnica din București

1. Tema centrală a lucrării

În această lucrare se prezintă principiul de funcționare și realizarea practică a unui levitator acustic cu ultrasunete, funcționând la frecvența de 40 kHz.

2. Scurt argument al alegerii temei

Ultrasunetele sunt unde sonore de frecvență mai mare de 20 kHz. Nu se pot auzi, dar fiind vibrații ale aerului, produc variația spațială și temporală a densității și implicit presiunii mediului de propagare. Lungimea de undă a ultrasunetelor este de ordinul cm. O categorie particulară de unde sonore sunt cele *staționare*, în care amplitudinea de oscilație a moleculelor din aer este modulată spațial, prezentând *noduri* și *ventre*. Nodurile sunt puncte de minimă amplitudine iar ventrele sunt puncte de maximă amplitudine. În noduri variația de presiune și densitate este minimă, iar în ventre este maximă. Levitatorul este un dispozitiv care realizează suspendarea în aer a unui corp de mici dimensiuni [1]. *Levitatorul acustic* folosește o undă staționară ultrasonoră, care poate genera presiunea acustică necesară. Deoarece corpul de inerție mică este ușor antrenat de variațiile de presiune, este supus unor forțe care îi determină echilibrul în punctele nodale (în absența gravitației) sau puțin sub ele (în câmp gravitațional). Într-un punct de echilibru stabil, greutatea corpului este echilibrată de rezultanta forțelor de presiune locale. Levitația acustică are aplicații interesante, prin faptul că asigură frecări mici ale corpului suspendat.

3. Scopul lucrării

Am urmărit obținerea unui montaj electro-acustic pentru realizarea practică a levitației și studierea efectelor unor parametri cum ar fi faza și amplitudinea undei sonore [2]. Unda staționară este produsă cu ajutorul unor mini-difuzoare montate pe două suporturi concave dispuse în opoziție. Suprafețele-suport, numite concentratoare acustice, au fost realizate prin imprimare 3D. Minidifuzoarele sunt alimentate prin intermediul unui amplificator de la un generator de semnal bi-canal, care permite controlul fazei și amplitudinii semnalelor. Semnalele electrice pot fi urmărite pe un osciloscop. Corpurile levitate sunt fragmente din materiale cu densitate mică.

4. Concluzii principale

Levitația acustică este posibilă în mai multe poziții distincte în spațiul dintre concentratoare și permite vizualizarea distanței internodale. Este posibilă levitarea simultană, în noduri diferite, a mai multor obiecte. Amplitudinea semnalului este corelată cu masa maximă levitată. Modificarea diferenței de fază între concentratoare permite controlul în timp real al poziției de echilibru stabil. Formele neregulate ale unor corpuri favorizează apariția unor forțe de presiune laterale necompensate, care duc la rotația rapidă a probelor. Nivelul sonor maxim a fost de 138 dB.

5. Bibliografie

- [1] Strauss, Stephen, "Look Ma, No Hands!", Technology Review, August/September 1988.
- [2] Xie, W.J. and B. Wei, "Parametric Study of Single-Axis Acoustic Levitation", Applied Physics Letters, 8/6/2001.

ADUNAREA PE UN CALCULATOR CUANTIC

Gabriela Sandu - Facultatea de Științe Aplicate, Universitatea Politehnica București

1 Tema centrală a lucrării

În această lucrare îmi propun să descriu și să analizez transformata cuantică Fourier [1] (QFT), care reprezintă o rutină cheie în implementarea unor algoritmi cuantici, e.g. algoritmul de factorizare Shor [2]. Se vor descrie de asemenea două metode de implementare a operației de adunare pe un simulator cuantic folosind librăria *Qiskit* [3], dezvoltată de IBM.

2 Scurt argument al alegerii temei

În ultimii ani, calculul cuantic a fost propulsat de la stadiul de concept teoretic la o alternativă într-adevăr tangibilă în domeniul computațional odată cu apariția simulatoarelor cuantice. Acestea reprezintă o modalitate foarte bună pentru analiza și testarea algoritmilor cuantici fără să fie nevoie să avem un calculator cuantic real la dispoziție. Mai mult de atât, platforma *IBM Q Experience*[3] împreună cu librăria *Qiskit* le oferă utilizatorilor posibilitatea de a se conecta și a-și executa programele pe dispozitivele lor cuantice. De aceea, am ales să dezvolt algoritmi pe care îi voi prezenta folosind această librărie în Python.

3 Scopul lucrării

Scopul principal al acestei lucrări este reprezentat de implementarea a doi algoritmi cuantici de adunare. Primul este similar cu cel clasic, în sensul utilizării aceluiași operații logice, iar al doilea exploatează avantajele unui calculator cuantic [4] i.e. *superpoziție, fază*.

4 Concluzii

Primul algoritm implementat, cel în care nu am utilizat transformata Fourier cuantică, deși este mai ușor de înțeles datorită felului în care am fost învățați să gândim atunci când vine vorba de calculatoare - *în zero sau unu*, nu este cel mai eficient deoarece nu face altceva decât să imite procesele efectuate de un calculator clasic doar că folosind porți logice cuantice. Așadar, am construit cel de-al doilea algoritm de adunare cu QFT, care exploatează principiile de funcționare ale unui calculator cuantic sau mai precis faptul că qubiții se pot afla într-o superpoziție de stări - *învățând astfel să gândim dincolo de 0 sau 1*.

Referințe

- [1] Bacon, D. CSE 599d-Quantum Computing The Quantum Fourier Transform and Jordan's Algorithm.
<https://courses.cs.washington.edu/courses/cse599d/06wi/lecturenotes9.pdf>
- [2] Bacon, D. CSE 599d-Quantum Computing Shor's Algorithm.
<https://courses.cs.washington.edu/courses/cse599d/06wi/lecturenotes11.pdf>
- [3] Cross, A. (2018). The IBM Q experience and QISKit open-source quantum computing software. In APS Meeting Abstracts.
- [4] Kaye, P., Laflamme, R., Mosca, M. (2007). An introduction to quantum computing. Oxford University Press.

EFFECTUL HALL ÎN GRAFIT

Nacu Flavia-Maria

Anul II, Facultatea de Științe Aplicate, Universitatea Politehnica din București

1. Tema centrală a lucrării

În această lucrare se prezintă o metodă experimentală de studiu a *efectului Hall în grafit* și se discută rezultatele obținute.

2. Scurt argument al alegerii temei

Edwin Hall a descoperit în 1879 efectul fizic ce îi poartă azi numele. Efectul Hall clasic constă în apariția unui câmp electric într-un material conductor sau semiconductor, dacă în material: 1) se produce conducția electrică, și 2) există un câmp magnetic. *Câmpul electric Hall* este perpendicular atât pe direcția curentului de conducție (numit "de injecție") cât și pe direcția câmpului magnetic. În configurația uzuală, curentul de injecție este de asemenea perpendicular pe câmpul magnetic. Câmpul electric Hall este determinabil prin măsurarea tensiunii electrice pe direcția acestuia (*tensiune Hall*). Efectul Hall clasic a fost mult studiat în metale și semiconductori, și mai puțin în alte medii: electroliți, gaze ionizate, sau grafit [1]. În anul 1980 o versiune cuantică a efectului Hall a fost pusă în evidență de Klaus von Klitzing (Nobel, 1985). *Efectul Hall cuantic* se produce în structurile conductoare cvasi-bidimensionale. Relativ recent (2005), grafena prezisă de Philip Russel Wallace (1947) a fost obținută de colectivul fizicienilor Konstantin Novoselov și Andre Geim (Nobel, 2010) și a început să fie cel mai studiat material bidimensional. Anul acesta, în jurnalul *Nature Physics*, au fost publicate rezultate neașteptate: efectul Hall cuantic se poate observa și în grafit [2]. În contextul interesului renăscut pentru grafit, am considerat că este de interes să realizăm un studiu propriu al efectului Hall clasic în acest material.

3. Scopul lucrării

Scopul acestei lucrări este realizarea unui montaj experimental pentru studiul efectului Hall în grafit, și determinarea unor cantități fizice specifice, cum ar fi tensiunea Hall, coeficientul Hall, și rezistivitatea Hall. Montajul a fost parțial realizat cu ajutorul unei imprimante 3D și folosește un câmp magnetic intens produs cu magneți permanenți NdFeB, și curenți de injecție de până la 5 A. Tensiunea Hall a fost măsurată cu precizie de 0,1 mV, folosind electrozi laterali pe toată lungimea probei de grafit (peste 50 cm). Datele au fost prelucrate cu programul OriginPro.

4. Concluzii principale

Am găsit că tensiunea Hall crește aproximativ liniar cu intensitatea curentului de injecție, în domeniul de valori studiate. O ușoară abatere parabolică se înregistrează la intensități mari, putând fi un efect al creșterii temperaturii probei de grafit, prin efect Joule. Ordinul de mărime al coeficientului Hall al grafitului a fost calculat și comentat.

5. Bibliografie

- [1] A Theory of the Hall Effect in Graphite, *Proceedings of the Royal Society of London, Series A, Mathematical and Physical Sciences*, Vol. 227, No. 1170 (Jan. 20, 1955), pp. 359-367.
- [2] Dimensional reduction, quantum Hall effect and layer parity in graphite films, *Nature Physics* (2019), DOI: 10.1038/s41567-019-0427-6.

Analiza influenței purității nanotuburilor de carbon asupra proprietăților de transport utilizând spectroscopia RMN

Andrea Simion, anul III, Facultatea de Fizică, Universitatea Babeș-Bolyai

1. Tema centrală a lucrării:

Se prezintă o metodă de a determina coeficienții de difuzie pentru nanotuburi de carbon de purități diferite prin spectroscopie RMN. Este prezentată o modalitate de a determina raza hidrodinamică, folosind un program scris în limbajul de programare Python, care are la bază ecuația Stokes-Einstein.

2. Scurt argument al alegerii temei:

S-a observat că nanotuburile de carbon au un comportament asemănător cu cel al țesutului uman. De aceea, există un potențial ridicat al utilizării acestora în aplicații bio-medicale^{[1],[2]}, dar nu numai. O astfel de aplicație ar fi transportul de substanțe prin intermediul nanotuburilor de carbon. Rezultatele existente până acum arată că există posibilitatea ca acestea să fie utilizate chiar și în tratarea cancerului. Totuși, mai e nevoie de studiu, deoarece nanotuburile de carbon se comportă foarte diferit în funcție de diametrul lor sau de concentrație, de modul în care sunt obținute și funcționalizate, etc.

3. Scopul lucrării:

Scopul lucrării este de a determina comportarea nanotuburilor de carbon în funcție de puritatea pe care o au. Acest lucru este important în primul rând pentru că ne dorim să obținem aplicații cât mai eficiente, iar în al doilea rând, purificarea probelor necesită timp, efort și investiții financiare și ar trebui să știm când merită să le purificăm și când nu. Lucrarea constă în determinarea coeficienților de difuzie al unor probe ce conțin nanotuburi de carbon de purități diferite în amestec cu apa, respectiv în amestec cu DMSO (Dimethyl sulfoxide). Pentru aceasta se utilizează spectroscopia RMN, mai exact tehnica ecoului stimulat. Apoi se folosesc aceste date obținute experimental, precum și ecuația Stokes-Einstein și se realizează un program cu ajutorul căruia se poate determina și raza hidrodinamică.

4. Concluzii:

Din rezultatele experimentale se observă că, între coeficienții de difuzie pentru probele ce conțin nanotuburi de carbon de purități diferite, în amestec cu apa, există diferențe foarte mici, neglijabile. Între coeficienții de difuzie pentru probele ce conțin nanotuburi de carbon de purități diferite, în amestec cu DMSO, există diferențe destul de mari. Aceasta înseamnă că puritatea nanotuburilor de carbon are o influență asupra transportului prin acestea în cazul unor substanțe cum e DMSO, dar nu contează în cazul altor substanțe, cum ar fi apa. Atunci, în funcție de substanța care urmează a fi transportată prin nanotuburile de carbon, trebuie făcute cercetări pentru a vedea dacă puritatea nanotuburilor are o influență asupra transportului prin ele sau nu. Razele hidrodinamice obținute sunt de ordinul 10^{-10} m.

5. Bibliografie:

[1] Xuelian Cheng, Jun Zhong, Jie Meng, Man Yang, Fumin Jia, Zhen Xu, Hua Kong and Haiyan Xu, "Characterization of multiwalled carbon nanotubes dispersing in water and association with biological effects", Journal of Nanomaterials, Volume 2011, Article ID 938491

[2] Vaibhav Rastogi, Pragya Yadav, Shiv Sankar Bhattacharya, Arun Kumar Mishra, Navneet Verma, Anurag Verma and Jayanta Kumar Pandit, "Carbon Nanotubes: An Emerging Drug Carrier for Targeting Cancer Cells", Journal of Drug Delivery, Volume 2014, Article ID 670815

SIMULAREA UNEI SURSE CUANTICE DE STĂRI CORELATE

Simion Dan-Constantin

Anul IV, Facultatea de Științe Aplicate, Universitatea Politehnica din București

1. Tema centrală a lucrării

În această lucrare se prezintă o metodă de obținere a stărilor cuantice corelate(entangled) cu scopul de a fi ulterior folosite în dispozitive de calcul cuantic.

2. Scurt argument al alegerii temei

În ultimul deceniu, fluxul de informații a crescut exponențial ceea ce a condus la necesitatea unui sistem de procesare cât mai eficient. La momentul actual, cel mai promițător proiect care-și propune să obțină un astfel de sistem este proiectarea unui calculator cuantic universal. La baza unui astfel de sistem stă sursa cuantică care produce unitățile de bază ale informației: qubiti. Qubitul, spre deosebire de analogul său clasic(bit-ul), oferă posibilitatea de a stoca mai multă informație prin corelarea stărilor binare, 0 sau 1, stări care, din punct de vedere fizic, pot reprezenta stări de polarizare a fotonilor, spin, sarcină electrică etc.

3. Scopul lucrării

Scopul acestei lucrări este simularea unei surse cuantice de stări corelate ale unor fotoni obținuți prin conversie parametrică spontană la trecerea unui laser printr-un cristal neliniar de ppKTP(periodically poled KTP).

4. Concluzii principale

La trecerea fascicului laser de 405nm prin cristalul de ppKTP, apare posibilitatea ca la un moment dat, fotonii să sufere fenomenul de conversie parametrică spontană rezultând astfel doi fotoni cu lungime de undă mai mare(810nm), corelați în starea de polarizare și impuls. Probabilitatea de conversie a fotonilor, precum și intensitatea emisiei lor depinde de unghiul dintre axa optică a cristalului și axa pompajului laser, tipul de pompaj laser, de dimensiunile cristalului, de periodicitatea poling-ului din cristal și de temperatura.

5. Bibliografie

- [1] Calculating Characteristics of Non-collinear phase-matching in Uniaxial and Biaxial Crystals - N. Boeuf, D. Branning, I. Chaperot, E. Dauler, S. Guérin, G. Jaeger, A. Muller, A. Migdall
- [2] Transverse correlation in optical spontaneous parametric down-conversion -Morton H. Rubin
Physical Review A Volume 54, Number 6,Dec.1996
- [3] Phase Matching In Spontaneous Parametric Down Conversion - Suman Karan, Shaurya Aarav, Homanga Bharadhwaj, Lavanya Taneja, Girish Kulkarni, Anand K Jha†
- [4] Modelling parametric down-conversion yielding spectrally pure photon pairs - Fabian Laudenbach, Hannes Hübel, Michael Hentschel, Philip Walther, Andreas Poppe

Testarea inegalității Bell – CHSH la diferiți parametri cu ajutorul unei surse de fotoni entangled

Laurențiu – Vasile Dosan

prof. coord. dr. Mona Mihăilescu, Alexandru Lupașcu

Facultatea de Științe Aplicate, Universitatea Politehnica București, anul I

Cuvinte cheie : optică cuantică aplicată, sursă fotoni entangled, inegalitatea lui Bell

1. Tema centrală a lucrării

În această lucrare voi descrie experimentele efectuate cu ajutorul unei surse de fotoni entangled [1], codul realizat pentru testarea inegalității Bell - CHSH și rezultatele obținute în urma efectuării unor schimbări de parametrii.

2. Scurt argument al alegerii temei

Inegalitatea lui Bell – CHSH (Clauser, Horne, Shimony, and Holt) [2] reprezintă un rezultat fundamental în fizica cuantică. Stările în care sunt implicate corelații cuantice sunt mai puternice decât orice corelație clasică. O condiție suficientă (dar nu necesară) ca o stare să fie corelată cuantic este ca aceasta să încalce inegalitatea Bell – CHSH. Un sistem clasic întotdeauna satisface relația $S \leq 2$, unde parametrul S poate fi calculat cu ajutorul unor elemente de statistică aplicate valorilor măsurate. Un sistem cuantic încalcă această inegalitate : $2 \leq S \leq 2\sqrt{2}$ [3].

3. Scopul lucrării

Pentru a determina parametrul S , măsurăm numărul de coincidențe pentru 16 perechi de unghiuri ale polarizorilor montați pe cele două brațe ale sursei de fotoni entangled [1]. Studiile vizează varierea acestor unghiuri față de cele unde S este maxim (valori ideale), varierea intensității fascicolului laser și a timpului de integrare prin menținerea unghiurilor la valorile ideale; parametrul S a fost calculat în toate cazurile, pornind de la datele experimentale. Pentru a analiza influențe ale fluctuației numărului de coincidențe asupra valorii S , am dezvoltat o aplicație C++, modificând numărul de coincidențe cu $\pm 10\%$ față de cele experimentale la unghiurile ideale.

4. Concluzii

În cazul sursei de fotoni entangled quED [1] din laborator, valoarea parametrului S este în intervalul $2 \leq S \leq 2\sqrt{2}$ pentru măsurători la unghiurile ideale. Aceste valori cresc odată cu creșterea intensității fascicolului laser, nu depind de timpul de integrare și au valori mai mici pentru măsurători efectuate la alte unghiuri decât cele 16 perechi ideale.

5. Bibliografie

[1] quED, A Science Kit for Quantum Physics. <https://www.qutools.com/qued/>

[2] J.Clauser *et al.*, Phys.Rev.Lett. **23**, 880 (1969)

[3] M.Fox, Quantum Optics – An Introduction, Oxford series master in Physics , p.304-308