

 UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI	FIȘA DISCIPLINEI/MODULULUI			
			Ediția	1
			Revizia	0
			Pagina	1/5

MD-2045, CHIȘINĂU, STR. STUDENȚILOR, 9/7, TEL: 022 50-99-14 | FAX: 022 50-99-10, www.utm.md

INFORMATICA CUANTICA
Date despre disciplină/modul

Facultatea	Calculatoare, Informatica, Microelectronica				
Departamentul	Microelectronica și inginerie biomedicala				
Ciclul de studii	Studii superioare de master, ciclul II				
Programul de studii	Calculatoare și rețele informaționale				
Anul de studii	Semestrul	Tip de evaluare	Categoria formativă	Categoria de opționalitate	Credite ECTS
I (învățământ cu frecvență)	2	E	F – disciplină fundamentală	O - unitate de curs obligatorie	5

1. Timpul total estimat

Total ore în planul de învățământ	Din care				
	Ore auditoriale		Lucrul individual		
	Curs	<u>Laborator/seminar</u>	Proiect de cercetare	Studiul materialului teoretic	Pregătire aplicații
40	20	20	-	55	55

2. Precondiții de acces la disciplină/modul

Conform planului de învățământ	Module ale fizicii generale (termodinamica, electricitatea și magnetism, fizica cuantică), conceptele de bază ale fizicii cuantice, supraconductivității, magnetismul și ale matematicii superioare, materiale ale tehnicii electronice,
Conform competențelor	bazele electronicii supraconductoare, proprietățile magnetice și semiconductori .

3. Condiții de desfășurare a procesului educațional pentru

Curs	Auditoriu echipat cu: calculator, proiector, tabla interactivă. Curs, compendiu tipărit sau în formă electronică. Manuale, cărți în domeniu accesibile gratis în biblioteca UTM, în Internet. Acces gratis la Internet.
Laborator/seminar	Dotare cu: calculator, proiector, spectrometru, dispozitive și instalații de vid Surse de calibrare și testare Vor pregăti 4 lucrări de laborator din domeniu propuse de cadrul didactic.

4. Competențe specifice acumulate

Competențe profesionale	CPM1 Elaborarea și proiectarea arhitecturii CPM2 Monitorizarea tendințelor tehnologice. Inovație. Dezvoltarea durabilă CPM5 Îmbunătățirea proceselor
Competențe transversale	CTM1 Autonomie și responsabilitate CTM2 Interacțiune socială CTM3 Dezvoltare personală și profesională

5. Obiectivele disciplinei/modulului

Obiectivul general	Cunoașterea principiilor fizice de funcționare a calculatoarelor cu arhitectură non-von Neumann - calculatoare cuantice și principiile calculului cuantic.
Obiectivele specifice	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cunoașterea principiilor de funcționare ale calculatoare cuantice, biți și qubiți. ➤ Cunoașterea conceptelor fizice care stau la baza qubiților. Decoerența de fază și amplitudine a qubitului. ➤ Cunoașterea principiilor fizice, care asigură funcționarea de computer cu arhitectura ne von Neumann. ➤ Cunoașterea efectelor există în sisteme cuantice, stările mixte și încurcate ale sistemelor cuantice ➤ Cunoașterea aplicațiilor calculului cuantic.

6. Conținutul disciplinei/modulului

Tematica activităților didactice	Numărul de ore
	învățământ cu frecvență
Tematica prelegerilor	
Tema 1. Introducere. Calculatoare cu arhitectură non-von Neumann 1.1. Dispozitive clasice și cuantice. 1.2. Algoritmi: clase ale complexității lor. 1.3. Paradoxuri ale mecanicii cuantice - „Pisica lui Schrödinger”.	2
Tema 2. Qubit-uri: proprietăți și descrierea matematică a stărilor (5) 2.1. Bits și qubits. 2.2. Un qubit într-un spațiu vectorial Hilbert de stări. 2.3. Coerența cuantică a vectorilor de stare.	4
Tema 3. Principiile de construcție și funcționare a unui computer cuantic ideal (10). 3.1. Calculator cuantic ideal. 3.2. Calculator cuantic - calculator digital cu control analogic. 3.3. Informații clasice și cuantice într-un sistem cuantic. 3.4. Cum se realizează un algoritm cuantic? 3.5. Seturi universale de operații elementare. 3.6. Oscilația Rabi între stările qubit și operațiile cu un qubit. 3.7. Cubit controlat prin tranziții Raman de tip L.	2
Tema 4. Stări mixte și învrăjbite ale sistemelor cuantice (15). 4.1. Stări mixte ale sistemelor cuantice. 4.2. Stări mixte ale subsistemelor cuantice. 4.3. Stări întrepătrunse ale sistemelor cuantice. 4.4. Transformări ale stărilor întrepătrunse. 4.5. Întrepătrunderea în stările mixte ale sistemelor compozite. 4.6. Metode experimentale de obținere a stărilor întrepătrunse.	2
Tema 5. Probleme de măsurare a stării qubitului (18). 5.1. Măsurarea stării qubitului. 5.2. Tomografia stării qubitului. 6. Algoritmi cuantici (20). 6.1. Algoritmi cuantici pentru factorizarea numerelor și căutarea în baze de date. 6.2. Algoritm pentru teleportarea unei stări cuantice necunoscute. 6.3. Modelarea sistemelor cuantice pe un calculator cuantic. 6.4. Modelarea dinamicii sistemelor cuantice pe un calculator cuantic.	2
Tema 6. Algoritmi cuantici (20). 6.1. Algoritmi cuantici pentru factorizarea numerelor și căutarea în baze de date. 6.2. Algoritm pentru teleportarea unei stări cuantice necunoscute. 6.3. Modelarea sistemelor cuantice pe un calculator cuantic. 6.4. Modelarea dinamicii sistemelor cuantice pe un calculator cuantic.	2

<p>Tema 7. Procese de decoerentizare a stărilor qubit și calculatoare cuantice (23). 7.1. Decoerentizarea stărilor sistemelor cuantice. 7.2. Decoerentizarea de fază a unui qubit. 7.3. Operatorul de decoerentizare a unui qubit. 7.4. Teoria microscopică a procesului de decoerență de amplitudine. 7.5. Decoerentiza de fază și de amplitudine a unui qubit de spin într-un câmp clasic aleatoriu. 7.6. Decoerentiza datorată interacțiunilor inter-qubit: haos cuantic. 7.7. Decoerentiza datorată erorilor de control ale qubiturilor. 7.8. Decoerentizarea qubiților în sistemele cu mai multe niveluri. 7.9. Decoerentiza în operațiile cuantice. 7.10. Dependența ratei de decoerență de numărul de qubits dintr-un calculator.</p>	2
<p>Tema 8. Metode de depășire a efectelor de decoerență în calculatoarele cuantice (30). 8.1. Codarea informației și corectarea erorilor în canalul clasic. 8.2. Cod cuantic cu trei qubituri. 8.3. Corecția erorilor de fază. 8.4. Calcule cuantice rezistente la interferențe. 8.5. Stări fără decoerență ale unui calculator cuantic . 8.6. Qubit-uri rezistente la decoerență . 8.7. Metode de prevenire a erorilor: efectul Zeno cuantic . 8.8. Metode dinamice de suprimare a decoerenței . 8.9. Corectarea cuantică a erorilor prin măsurare continuă slabă și feedback. 8.10. Calcule cuantice topologice rezistente la interferențe. 8.11. Cu privire la posibilitatea aplicării combinate a diferitelor metode de corectare a erorilor.</p>	2
<p>Tema 9. Căutarea modalităților de realizare a calculatoarelor cuantice: studii experimentale. 9.1. Calculatoare cuantice: realizare și perspective 9.2. Despre conținutul și structura cursului modern de mecanică cuantică.</p>	4
TOTAL, ore	20

Tematica lucrărilor de laborator	Numărul de ore
	învățământ cu frecvență
1. Sistem criogenic pentru qubit-uri supraconductori	4
2. Contactul Josephsonian ca un sistem cuantic cu două niveluri	4
3. Depunerea de magnetron a jonctiuni Josephson	4
4. Investigarea spectrelor de transmisie a peliculelor subțiri	8
Total lucrări practice, ore	20

Notă: Tematica seminarelor este flexibilă, pentru fiecare student, dar în limita nr de ore planificate.

7. Teme proiecte de cercetare

1. Paradoxul mecanicii cuantice - „Pisica lui Schrödinger”.
2. Cubita supraconductoare.
3. Stări încâlcite (entangled) ale sistemelor cuantice.
4. Stări mixte ale sistemelor cuantice - experimentul Stern-Gerlach.
5. Calculator cuantic - calculator digital cu control analogic.
6. Decoerentizarea stărilor sistemelor cuantice.
7. Decoerentizarea de fază a unui qubit.
8. Teoria microscopică a procesului de decoerență de amplitudine.
9. Decoerentiza de fază și amplitudine a qubitului de spin
10. Metode de depășire a efectelor de decoerență în calculatoarele cuantice
11. Corectarea erorilor de fază qubit.
12. Calcule rezistente la interferențe
13. Calcule cuantice rezistente la interferențe.

 UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI	FIȘA DISCIPLINEI/MODULULUI		
		Ediția	1
		Revizia	0
		Pagina	1/5

14. Qubit-uri rezistente la decoerență.

8. Referințe bibliografice

Principale	<p>1. A. Sidorenko (Editor). <i>Functional Nanostructures and Metamaterials for Superconducting Spintronics</i>. Springer, 2018, 279 pages. ISBN 978-3-319-90481-8 https://www.springer.com/gp/book/9783319904801</p> <p>2. К. А. Валиев. Квантовые компьютеры и квантовые вычисления. УФН, 2005, том 175, номер 1, с.3–39 DOI: 10.3367/UFNr.0175.200501a.0003 (ОБЗОРИ АКТУАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ).</p> <p>3. Соколов А.И. Элементы квантовой информатики: Учебное пособие. – СПб.: Издательство физического факультета СПбГУ, 2012. – 66 с.</p> <p>4. Kittel, Charles (2013). <i>Introduction to solid state physics</i> (8th ed.). New Jersey: Wiley. p. 680. ISBN 978-0-471-41526-8. OCLC 820453856</p> <p>5. Nielsen M A, Chuang I L <i>Quantum Computation and Quantum Information</i> (Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2000)</p> <p>6. Ландау Л Д, Лифшиц Е М <i>Квантовая механика: Нерелятивистская теория</i> (М.: Физматгиз, 1963)</p> <p>7. Schrödinger E <i>Naturwissenschaften</i> 23 807 (1935)</p> <p>8. Einstein A, Podolsky B, Rosen N <i>Phys. Rev.</i> 47 777 (1935)</p> <p>9. Клышко Д Н <i>Фотоны и нелинейная оптика</i> (М.: Наука, 1980)</p> <p>10. Mandel L, Wolf E <i>Optical Coherence and Quantum Optics</i> (Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1995) (Перевод на русский язык: Мандель Л, Вольф Э <i>Оптическая когерентность и квантовая оптика</i> (М.: Физмат лит, 2000)]</p> <p>11. Grover L, in <i>Proc. of the 28th Annual ACM Symp. on Theory of Computation</i> (New York: ACM Press, 1996) p. 212</p> <p>12. Манин Ю И <i>Вычислимое и невычислимое</i> (М.: Сов. радио, 1980)</p> <p>13. Хомицкий Д. В. <i>Физические основы методов управления спиновой плотностью в наноструктурах спинтроники: Учебно-методическое пособие</i>. Издательство: Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 2011. - 94с.</p>
Suplimentare	<p>1. Anatolie S. Sidorenko, Horst Hahn and Vladimir Krasnov. <i>Frontiers of nanoelectronics: intrinsic Josephson effect and prospects of superconducting spintronics</i>. <i>Beilstein J. Nanotechnol.</i> 2023, 14, 79–82. https://doi.org/10.3762/bjnano.14.9</p> <p>3. Bruno P. <i>Quantum transport in nanostructures: a panorama</i>. Lecture course: winter semester, 2003/2004 - http://www1.mpi-halle.mpg.de/~bruno/lectures/quantum_transport/quantum_transport.html</p> <p>5. Levy P.M. <i>Transport in solids</i>. Doctoral level course. Orsay, March 2005 - http://ebookbrowse.com/transport-course-2005-5-ppt-d14201864</p> <p>5. Альбер Ферт. Нобелевская лекция по физике – 2007: Происхождение, развитие и перспективы спинтроники. <i>Успехи Физических Наук</i>, том 178, №12, 1336-1348, 2008. DOI: 10.3367/UFNr.0178.200812f.1336</p> <p>6. Michael Tinkham. <i>Introduction to Superconductivity</i>. (2nd edition) McGraw Hill, 1996, 454p.</p>

 UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI	FIȘA DISCIPLINEI/MODULULUI			
			Ediția	1
			Revizia	0
			Pagina	1/5

9. Evaluare

Periodică		Curentă	Studiu individual	Proiect/teză	Examen
EP 1	EP 2				
15%	15%	15%	15%	-	40%

Standard minim de performanță

Prezența și activitatea la prelegeri și lucrări de laborator;

Obținerea notei minime de „5” la EP1, EP2, curentă și la studiu individual;

Obținerea notei minime de „5” la examen;