

## FIȘA DISCIPLINEI

### 1. Date despre program

1.1 Instituția de învățământ superior	Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
1.2 Facultatea	Automatica si Calculatoare
1.3 Departamentul	Calculatoare
1.4 Domeniul de studii	Calculatoare si Tehnologia Informatiei
1.5 Ciclul de studii	Licență
1.6 Programul de studii / Calificarea	Calculatoare si Tehnologia Informatiei
1.7 Forma de învățământ	IF – învățământ cu frecvență
1.8 Codul disciplinei	104.

### 2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei	<b>Bazele Informatiei Cuantice</b>				
2.2 Titularul de curs	CS1 Dr. Liviu Zarbo – liviu.zarbo@itim-cj.ro				
2.3 Titularul/Titularii activităților de seminar/laborator/proiect	CS Levente Mathe – levente.mathe@itim-cj.ro AC Larisa Pioras-Timbolmas – larisa.timbolmas@itim-cj.ro				
2.4 Anul de studiu	2	2.5 Semestrul	1	2.6 Tipul de evaluare ( E – examen, C – colocviu, V – verificare)	C
2.7 Regimul disciplinei	DF – fundamentală, DD – în domeniu, DS – de specialitate, DC – complementară				DFac
	DI – impusă, DO – opțională, DFac – facultativă				

### 3. Timpul total estimat

3.1 Număr de ore pe săptămână	3	din care:	Curs	2	Seminar	0	Laborator	1	Proiect	0
3.2 Număr de ore pe semestru	42	din care:	Curs	28	Seminar	0	Laborator	14	Proiect	0
3.3 Distribuția fondului de timp (ore pe semestru) pentru:										
(a) Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe										10
(b) Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platforme electronice de specialitate și pe teren										10
(c) Pregătire seminarii / laboratoare, teme, referate, portofolii și eseuri										10
(d) Tutoriat										0
(e) Examinări										3
(f) Alte activități:										0
3.4 Total ore studiu individual (suma (3.3(a)...3.3(f)))							33			
3.5 Total ore pe semestru (3.2+3.4)							75			
3.6 Numărul de credite							3			

### 4. Precondiții (acolo unde este cazul)

4.1 de curriculum	Algebra Liniara Analiza Matematica Programare Fizica
4.2 de competențe	

### 5. Condiții (acolo unde este cazul)

5.1. de desfășurare a cursului	
5.2. de desfășurare a seminarului / laboratorului / proiectului	

### 6. Competențele specifice acumulate

6.1 Competențe profesionale	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Cunostinte de baza de fizica generala la nivel de liceu, sau primul an de facultate: mecanica, electricitate si magnetism, optica</li> <li>•Cunostinte de baza de algebra liniara, calcul diferential si integral, la nivelul primului an de facultate.</li> <li>•Cunostinte de baza de programare, la nivelul primului an de facultate.</li> </ul>
6.2 Competențe transversale	

## 7. Obiectivele disciplinei

7.1 Obiectivul general al disciplinei	Dezvoltarea de competente si acumularea de cunostinte relevante pentru aplicatii in domeniul calculului cuantic si al comunicatiilor cuantice.
7.2 Obiectivele specifice	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dobandirea notiunilor de baza de calcul cuantic: qubiti, porti cuantice, circuite cuantice, algoritmi cuantici.</li> <li>2. Dobandirea unor deprinderi de baza necesare pentru dezvoltarea de algoritmi cuantici.</li> <li>3. Dobandirea unor notiuni de baza privind protocoalele de comunicatii cuantice.</li> </ol>

## 8. Conținuturi

8.1 Curs	Nr.ore	Metode de predare	Observații
1. Notiuni introductive. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducere istorica: de la calculatoare clasice la calculatoare cuantice.</li> <li>• Comportamentul dual al obiectelor cuantice.</li> <li>• Tunelarea cuantica.</li> <li>• Experimentul cu 2 fante</li> </ul>	2	Expunere la tablă, prezentare cu videoproiector, discuții pe marginea unor exemple, rezolvare probleme.	
2. Stari cuantice. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Notatie</li> <li>• Probabilitati</li> <li>• Reprezentarea matriceala si vectoriala a starilor cuantice</li> <li>• Qubiti</li> <li>• Stari pure si mixte.</li> </ul>	2		
3. Observabile cuantice si masuratori 1 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Observabile si operatori</li> <li>• Principiul lui Heisenberg</li> <li>• Masuratori proiective</li> <li>• Experimentul Stern-Gerlach</li> </ul>	2		
4. Observabile cuantice si masuratori 2. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Staric cuantice.</li> <li>• Observabile si operatori, matricea densitate.</li> <li>• Probabilitati, valori asteptate.</li> <li>• Masuratori partiale.</li> </ul>	2		
5. Qubiti. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemul cu doua nivele in laborator</li> <li>• Porti cuantice</li> <li>• Superpozitia si entanglarea qubitilor</li> <li>• Sfera Bloch.</li> </ul>	2		
6. Controlul qubitilor <ul style="list-style-type: none"> <li>• Precesia Larmor.</li> <li>• Oscilatii Rabi.</li> <li>• Principiul de functionare al portilor cuantice.</li> </ul>	2		
7. Aplicatii ale masuratorilor cuantice 1 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Imposibilitatea clonarii starilor cuantice</li> <li>• Teleportarea cuantica</li> <li>• Senzori cuantici</li> <li>• Tomografie cuantica</li> </ul>	2		
8. Aplicatii ale masuratorilor cuantice 2. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Generarea cuantica de numere aleatoare</li> <li>• Protocoale de comunicatii cuantice</li> </ul>	2		
9. Comunicatii cuantice <ul style="list-style-type: none"> <li>• Protocoale de comunicatii cuantice</li> <li>• Retele de comunicatii cuantice</li> </ul>	2		
10. Calcul cuantic si simulari cuantice <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipuri de calculatoare cuantice: digital si analog.</li> </ul>	2		

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conceptul de simulare cuantica.</li> <li>• Aplicatii ale simularilor cuantice.</li> </ul>			
11. Circuite cuantice si algoritmi <ul style="list-style-type: none"> <li>• Platforma Uranium</li> <li>• Utilizarea resurselor aflate online pentru calcul cuantic</li> </ul>	2		
12. Algoritmi cuantici 1 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Algoritmul Deutsch-Josza</li> <li>• Algoritmul Grover</li> </ul>	2		
13. Algoritmi cuantici 2 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Transformata Fourier cuantica</li> <li>• RSA si algoritmul lui Shor</li> </ul>	2		
14. Platforme fizice pentru calcul cuantic <ul style="list-style-type: none"> <li>• Qubiti supraconductori</li> <li>• Atomi reci</li> <li>• Capcane cu ioni.</li> </ul>	2		
Bibliografie ( <i>bibliografia minimală a disciplinei conținând cel puțin o lucrare bibliografică de referință a disciplinei, care există la dispoziția studenților într-un număr de exemplare corespunzător</i> ) <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Nielsen and Chuang, Quantum Computation and Quantum Information, Cambridge University Press (2010).</li> <li>2. Ioan Burda, Introduction to Quantum Computation, Universal Publishers (2005).</li> <li>3. David McIntyre, Quantum Mechanics: A Paradigms Approach, Pearson Addison-Wesley (2012).</li> <li>4. Cohen-Tannoudji, Quantum Mechanics, Wiley-VCH; 2nd edition (2019).</li> </ol>			
8.2 Aplicații (seminar/laborator/proiect)*	Nr.ore	Metode de predare	Observații
1. Vizualizarea operatiilor pe qubiti: sfera Bloch, porti cuantice simple (X, Y, Z, etc.), interferenta constructiva si distructiva (Quantum Odyssey)/	2	Lucrari efectuate in laborator: experimente cuantice cu fotoni, Operatii cu qubiti folosind platforma Uranium (TC-ITIM) si Quantum Odyssey.	
2. Circuite cuantice in Q. Odyssey: vectori, valori proprii, schimbare de baze.	2		
3. Generarea de entanglement in circuite cuantice (porti cuantice: CNOT, SWAP, Toffoli). Vizualizare in Q. Odyssey, design de algoritmi pe platforma Uranium.	2		
4. Evolutia temporala a bitilor cuantici si a cantitatilor fizice asociate acestora. Vizualizare in Python.	2		
5. Platforma de calcul TQ-ITIM: crearea de circuite cuantice pentru mai multi qubiti, operatii si masuratori cuantice	2		
6. Oracol cuantic, algoritmul lui Grover (Uranium, Q. Odyssey)	2		
7. Factorizarea numerelor intregi folosind algoritmul lui Shor.	2		
Bibliografie ( <i>bibliografia minimală pentru aplicații conținând cel puțin o lucrare bibliografică de referință a disciplinei care există la dispoziția studenților într-un număr de exemplare corespunzător</i> ) <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Nielsen and Chuang, Quantum Computation and Quantum Information, Cambridge University Press (2010).</li> <li>2. Ioan Burda, Introduction to Quantum Computation, Universal Publishers (2005).</li> <li>3. David McIntyre, Quantum Mechanics: A Paradigms Approach, Pearson Addison-Wesley (2012).</li> <li>4. Cohen-Tannoudji, Quantum Mechanics, Wiley-VCH; 2nd edition (2019).</li> </ol>			

\*Se vor preciza, după caz: tematica seminariilor, lucrările de laborator, tematica și etapele proiectului.

### 9. Coroborarea conținuturilor disciplinei cu așteptările reprezentanților comunității epistemice, asociațiilor profesionale și angajatorilor reprezentativi din domeniul aferent programului

--

### 10. Evaluare

Tip activitate	Criterii de evaluare	Metode de evaluare	Pondere din nota finală
Curs	Rezolvarea a 2 probleme și răspunsuri la un set de întrebări din teorie	Probă scrisă	60%
Seminar			

Laborator		Verificare pe parcurs prin teste de laborator	40%
Proiect			
<p>Standard minim de performanță:</p> <p>Cunoștințe minimale:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cunoașterea conceptelor: qubit, stare cuantica, observabila, masuratoare cuantica.</li> <li>• Cunoașterea conceptelor de superpoziție, interferența, entanglement.</li> </ul> <p>Competențe minimale:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sa poata preciza efectul unor porti cuantice pentru un singur qubit asupra unui sistem cu mai multi qubiti.</li> <li>• Sa poata preciza efectul portilor cuantice care creaza entanglement asupra unui sistem cu mai multi qubiti.</li> <li>• Sa poata construi circuite cuantice cu sisteme de pana la 3 qubiti.</li> <li>• Sa poata efectua un experiment in care sa demonstreze superpoziția starilor cuantice.</li> </ul> <p>Nivel cantitativ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Efectuarea tuturor lucrărilor de laborator</li> <li>• Notele la examen și laborator să fie minim 5.</li> </ul>			

Data completării:	Titulari	Titlu Prenume NUME	Semnătura
19.04.2021	Curs	Dr. Liviu Zarbo	
	Aplicații	Levente Mathe	
		Larisa Pioras - Timbolmas	

Data avizării în Consiliul Departamentului Calculatoare	Director Departament Calculatoare Prof.dr.ing. Rodica Potolea
Data aprobării în Consiliul Facultății Automatica si Calculatoare	Decan Prof.dr.ing. Liviu Miclea