

## INFORMATICĂ CUANTICĂ

### 1. Date despre disciplină/modul

|                                  |                                               |                 |                                |                                 |              |
|----------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------|
| Facultatea                       | Calculatoare, Informatică și Microelectronică |                 |                                |                                 |              |
| Departamentul                    | Microelectronica și inginerie biomedicală     |                 |                                |                                 |              |
| Ciclul de studii                 | Ciclul II, Studii superioare de master        |                 |                                |                                 |              |
| Programul de studii              | Ingineria software                            |                 |                                |                                 |              |
| Anul de studii                   | Semestrul                                     | Tip de evaluare | Categoria formativă            | Categoria de opționalitate      | Credite ECTS |
| Anul I (învățământ cu frecvență) | II                                            | E               | F – unite de curs fundamentală | O - unitate de curs obligatorie | 5            |

### 2. Timpul total estimat

| Total ore în planul de învățământ |     | Din care        |          |                   |                               |                     |
|-----------------------------------|-----|-----------------|----------|-------------------|-------------------------------|---------------------|
|                                   |     | Ore auditoriale |          | Lucrul individual |                               |                     |
|                                   |     | Curs            | Practice | Proiect de an     | Studiul materialului teoretic | Pregătire aplicații |
| Învățământ cu frecvență           | 150 | 20              | 20       | -                 | 60                            | 50                  |

### 3. Precondiții de acces la disciplină/modul

|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Conform planului de învățământ | Accesul la această disciplină este condiționat de parcurgerea disciplinelor premergătoare stabilite în planul de învățământ, care asigură cunoștințele de bază necesare în domenii precum: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Fizica</b> (noțiuni fundamentale de mecanică cuantică);</li> <li>• <b>Matematică aplicată</b> (algebră liniară, calcul matricial, statistici);</li> <li>• <b>Informatică și structuri de date</b> (conceptul de algoritmi, structuri de date, programare avansată).</li> </ul> |
| Conform competențelor          | Studentii trebuie să demonstreze: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitatea de a înțelege și aplica conceptele fundamentale de fizică cuantică și algebră liniară.</li> <li>• Competențe în programare, cu accent pe algoritmi și optimizarea codului.</li> <li>• Cunoștințe de bază despre arhitecturile sistemelor informatice și principiile acestora.</li> <li>• Aptitudini de analiză și rezolvare a problemelor în contexte interdisciplinare.</li> </ul>                                            |

### 4. Condiții de desfășurare a procesului educațional pentru

|          |                                                                                                                                                      |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Curs     | Sală dotată cu proiector, internet și platforme online. Resurse actualizate, simulatoare cuantice, prelegeri interactive cu exemple practice.        |
| Practice | Laborator echipat cu calculatoare și software pentru simulare cuantică. Acces la ghiduri, seturi de probleme și evaluare prin rezultate și feedback. |

### 5. Competențe specifice acumulate

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Competențe profesionale | <p><b>CPM3 - Elaborarea și proiectarea arhitecturii SI</b><br/>Implică proiectarea tehnologiilor și arhitecturilor inovative, cum ar fi calculatoarele cuantice non-von Neumann, și selectarea echipamentelor corespunzătoare.</p> <p><b>CPM4 - Monitorizarea tendințelor tehnologice</b><br/>Valorizarea și explorarea noilor tendințe tehnologice în calculul cuantic, demonstrând capacitatea de a analiza și a formula soluții strategice.</p> <p><b>CPM5 - Proiectarea și dezvoltarea aplicațiilor</b><br/>Dezvoltarea aplicațiilor bazate pe calcul cuantic, selecția algoritmilor optimi și participarea la activități de dezvoltare și testare.</p> <p><b>CPM6 - Schimbarea suportului</b><br/>Integrarea aplicațiilor de calcul cuantic în infrastructura existentă și adaptarea acestora pentru actualizări funcționale.</p> <p><b>CPM7 - Furnizarea de servicii</b><br/>Stabilirea programului operațional pentru infrastructura bazată pe calculatoare cuantice, gestionarea costurilor și resurselor.</p> <p><b>CPM9 - Îmbunătățirea proceselor</b><br/>Implementarea inovațiilor și îmbunătățirilor bazate pe calcul cuantic pentru creșterea competitivității și eficienței.</p> |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Competențe transversale</b> | <p><b>CTM1 - Autonomie și responsabilitate</b><br/> Studentii vor învăța să execute sarcini complexe în domeniul calculului cuantic, demonstrând autonomie și responsabilitate în activitățile lor profesionale. Acest aspect este relevant mai ales pentru subiecte precum dezvoltarea aplicațiilor cuantice și proiectarea sistemelor non-von Neumann.</p> <p><b>CTM2 - Interacțiune socială</b><br/> Dezvoltarea abilităților de colaborare în echipă pentru proiecte de cercetare sau implementare a tehnologiilor cuantice. Subiectele precum algoritmi cuantici și aplicațiile acestora necesită implicarea în echipe interdisciplinare.</p> <p><b>CTM3 - Dezvoltare profesională și personală</b><br/> Îmbunătățirea continuă a cunoștințelor legate de calculul cuantic, analiza critică a tendințelor tehnologice și previzionarea nevoilor de formare în acest domeniu. Această competență este susținută de temele despre monitorizarea progreselor și perspectiva calculatoarelor cuantice.</p> |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 6. Obiectivele disciplinei/modulului

|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Obiectivul general</b>    | Dobândirea de cunoștințe fundamentale și avansate privind calculul cuantic, arhitecturile de calcul non-von Neumann și utilizarea algoritmilor cuantici pentru rezolvarea problemelor complexe, în scopul formării competențelor necesare proiectării, dezvoltării și aplicării soluțiilor inovatoare bazate pe tehnologiile cuantice.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Obiectivele specifice</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Analizarea arhitecturilor de calcul non-von Neumann, cu accent pe diferențele fundamentale dintre calculul clasic și cel cuantic.</li> <li>Înțelegerea conceptelor de bază ale fizicii cuantice necesare pentru modelarea și implementarea qubiților și algoritmilor cuantici.</li> <li>Dezvoltarea competențelor de proiectare și optimizare a algoritmilor cuantici pentru probleme precum căutarea în baze de date sau factorizarea numerelor.</li> <li>Explorarea funcționării și utilizării practice a calculatoarelor cuantice, incluzând simulările și implementările software.</li> <li>Identificarea aplicațiilor practice ale calculului cuantic în diverse domenii, cum ar fi criptografia, optimizarea și inteligența artificială.</li> <li>Evaluarea tendințelor tehnologice și a progreselor recente în domeniul calculului cuantic, cu accent pe perspectivele viitoare ale acestui domeniu.</li> <li>Dezvoltarea competențelor de analiză critică și formulare a soluțiilor strategice pentru integrarea tehnologiilor cuantice în infrastructurile existente.</li> </ul> |

## 7. Conținutul disciplinei/modulului

| Tematica activităților didactice                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Numărul de ore          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | învățământ cu frecvență |
| <b>Tematica cursurilor</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |
| <b>T1. Introducere. Calculatoare cu arhitectură non-von Neumann</b><br>Dispozitive clasice și cuantice. Algoritmi: clase ale complexității lor. Paradoxuri ale mecanicii cuantice - „Pisica lui Schrödinger”.                                                                                                                                                                                                                    | 2                       |
| <b>T2. Qubit-uri: proprietăți și descrierea matematică a stărilor</b><br>Bits și qubits. Un qubit într-un spațiu vectorial Hilbert de stări. Coerența cuantică a vectorilor de stare.                                                                                                                                                                                                                                            | 4                       |
| <b>T3. Principiile de construcție și funcționare a unui computer cuantic ideal</b><br>Calculator cuantic ideal. Calculator cuantic - calculator digital cu control analogic. Informații clasice și cuantice într-un sistem cuantic. Cum se realizează un algoritm cuantic? Seturi universale de operații elementare. Oscilația Rabi între stările qubit și operațiile cu un qubit. Cubit controlat prin tranziții Raman de tip L | 2                       |
| <b>T4. Stări mixte și învrăjbite ale sistemelor cuantice</b><br>Stări mixte ale sistemelor cuantice. Stări mixte ale subsistemelor cuantice. Stări întrepătrunse ale sistemelor cuantice. Transformări ale stărilor întrepătrunse. Întrepătrunderea în stările mixte ale sistemelor compozite. Metode experimentale de obținere a stărilor întrepătrunse.                                                                        | 2                       |
| <b>T5. Probleme de măsurare a stării qubitului</b><br>Măsurarea stării qubitului. Tomografia stării qubitului. Algoritmi cuantici. Algoritmi cuantici pentru factorizarea numerelor și căutarea în baze de date. Algoritm pentru teleportarea unei stări cuantice necunoscute. Modelarea sistemelor cuantice pe un calculator cuantic. Modelarea dinamicii sistemelor cuantice pe un calculator cuantic.                         | 2                       |
| <b>T6. Algoritmi cuantici</b><br>Algoritmi cuantici pentru factorizarea numerelor și căutarea în baze de date. Algoritm pentru teleportarea unei stări cuantice necunoscute. Modelarea sistemelor cuantice pe un                                                                                                                                                                                                                 | 2                       |

| Tematica activităților didactice                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Numărul de ore          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | învățământ cu frecvență |
| calculator cuantic. Modelarea dinamicii sistemelor cuantice pe un calculator cuantic.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |
| <b>T7. Procese de decoerentizare a stărilor qubit și calculatoare cuantice</b><br>Decoerentizarea stărilor sistemelor cuantice. Decoerentizarea de fază a unui qubit. Operatorul de decoerentizare a unui qubit. Teoria microscopică a procesului de decoerență de amplitudine. Decoerența de fază și de amplitudine a unui qubit de spin într-un câmp clasic aleatoriu. Decoerența datorată interacțiunilor inter-qubit: haos cuantic. Decoerența datorată erorilor de control ale qubiturilor. Decoerentizarea qubiților în sistemele cu mai multe niveluri. Decoerența în operațiile cuantice.. Dependența ratei de decoerență de numărul de qubits dintr-un calculator       | 2                       |
| <b>T8. Metode de depășire a efectelor de decoerență în calculatoarele cuantice</b><br>Codarea informației și corectarea erorilor în canalul clasic. Cod cuantic cu trei qubituri. Corecția erorilor de fază. Calcule cuantice rezistente la interferențe. Stări fără decoerență ale unui calculator cuantic. Qubit-uri rezistente la decoerență. Metode de prevenire a erorilor: efectul Zeno cuantic. Metode dinamice de suprimare a decoerenței. Corectarea cuantică a erorilor prin măsurare continuă slabă și feedback. Calcule cuantice topologice rezistente la interferențe cu privire la posibilitatea aplicării combinate a diferitelor metode de corectare a erorilor. | 2                       |
| <b>T9. Căutarea modalităților de realizare a calculatoarelor cuantice: studii experimentale.</b><br>Calculatoare cuantice: realizare și perspective. Despre conținutul și structura cursului modern de mecanică cuantică.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 4                       |
| <b>Total curs:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>20</b>               |
| <b>Tematica lucrărilor practice</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |
| <b>LP1.</b> Sistem criogenic pentru qubit-uri supraconductori                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 4                       |
| <b>LP2.</b> Contactul Josephsonian ca un sistem cuantic cu două niveluri                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 4                       |
| <b>LP3.</b> Depunerea de magnetron a jonctiuni Josephson                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 8                       |
| <b>LP4.</b> Investigarea spectrelor de transmisie a peliculelor subțiri                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 4                       |
| <b>Total lucrări practice:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>20</b>               |

## 8. Referințe bibliografice

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Principale</b>   | <p>1.A. Sidorenko (Editor). Functional Nanostructures and Metamaterials for Superconducting Spintronics. Springer, 2018, 279 pages. ISBN 978-3-319-90481-8 <a href="https://www.springer.com/gp/book/9783319904801">https://www.springer.com/gp/book/9783319904801</a></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 (ОБЗОРЫ 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). Introduction to solid state physics (8th ed.). New Jersey: Wiley. p. 680. ISBN 978-0-471-41526-8. OCLC 820453856</p> <p>5. Nielsen M A, Chuang I L Quantum Computation and Quantum Information (Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2000)</p> <p>6. Ландау Л Д, Лифшиц Е М Квантовая механика: Нерелятивистская теория (М.: Физматгиз, 1963)</p> <p>7. Schrödinger E Naturwissenschaften 23 807 (1935)</p> <p>8. Einstein A, Podolsky B, Rosen N Phys. Rev. 47 777 (1935)</p> <p>9. Клышко Д Н Фотоны и нелинейная оптика (М.: Наука, 1980)</p> <p>10. Mandel L, Wolf E Optical Coherence and Quantum Optics (Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1995) (Перевод на русский язык: Мандель Л, Вольф Э Оптическая когерентность и квантовая оптика (М.: Физмат лит, 2000))</p> <p>11. Grover L, in Proc. of the 28th Annual ACM Symp. on Theory of Computation (New York: ACM Press, 1996) p. 212</p> <p>12. Манин Ю И Вычислимое и невычислимое (М.: Сов. радио, 1980)</p> <p>13. Хомицкий Д. В. Физические основы методов управления спиновой плотностью в наноструктурах спинтроники: Учебно-методическое пособие. Издательство: Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 2011. - 94с</p> |
| <b>Suplimentare</b> | <p>1. Anatolie S. Sidorenko, Horst Hahn and Vladimir Krasnov. Frontiers of nanoelectronics: intrinsic Josephson effect and prospects of superconducting spintronics. Beilstein J. Nanotechnol. 2023, 14, 79–82. <a href="https://doi.org/10.3762/bjnano.14.9">https://doi.org/10.3762/bjnano.14.9</a></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>3. Bruno P. Quantum transport in nanostructures: a panorama. Lecture course: winter semester, 2003/2004 <a href="http://www1.mpihalle.mpg.de/~bruno/lectures/quantum_transport/quantum_transport.html">http://www1.mpihalle.mpg.de/~bruno/lectures/quantum_transport/quantum_transport.html</a></p> <p>5. Levy P.M. Transport in solids. Doctoral level course. Orsay, March 2005 - <a href="http://ebookbrowse.com/transport-course-2005-5-ppt-d14201864">http://ebookbrowse.com/transport-course-2005-5-ppt-d14201864</a></p> <p>5. Альбер Ферт. Нобелевская лекция по физике – 2007: Происхождение, развитие и перспективы спинтроники. Успехи Физических Наук, том 178, №12, 1336-1348, 2008. DOI: 10.3367/UFNr.0178.200812f.1336</p> <p>6. Michael Tinkham. Introduction to Superconductivity. (2nd edition) McGraw Hill, 1996, 454p</p> |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### 9. Utilizarea IA generativă

|                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Permisivitatea de utilizare</b> | <p>Utilizarea IA generative în cadrul temelor și proiectelor este permisă, cu condiția ca studenții să respecte următoarele reguli:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>IA generativă poate fi utilizată pentru generarea de idei, structuri de text sau cod, dar toate materialele generate trebuie să fie revizuite și ajustate de către student pentru a se asigura că acestea corespund cerințelor academice.</li> <li>Orice utilizare a IA generative trebuie să fie declarată în secțiunea de apendice a fiecărei lucrări, folosind fraza: "În timpul pregătirii acestei lucrări, autorul a utilizat [NUME INSTRUMENT / SERVICIU] în scopul [MOTIV]. După utilizarea acestui instrument/serviciu, autorul a revizuit și editat conținutul după cum a fost necesar și își asumă întreaga responsabilitate pentru conținutul lucrării."</li> </ul> |
| <b>Restricții de utilizare</b>     | <p>Studenții nu trebuie să considere IA generativă ca o sursă de încredere pentru informații, deoarece nu oferă referințe clare sau surse documentate.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nu este permisă citarea directă a conținutului generat de IA în lucrările academice ca și cum ar fi sursă primară.</li> <li>Activitățile în care este interzis utilizarea IA generativă sunt specificare de profesor și sunt de regulă evaluări intermediare și finale sau care nu presupun activități de dezvoltare a competențelor profesionale.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

### 10. 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 practice. Obținerea notei minime de „5” la fiecare dintre atestări și lucrări practice. |      |         |                   |              |        |

### 11. Criterii de evaluare

| Activitate                   | Componente evaluare                     | Metodă de evaluare, criterii de evaluare                                                                                 | Pondere în nota finală a activității | Ponderea în evaluarea disciplinei |
|------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Evaluare periodică I</b>  | Conținut teoretic Teme 1-4              | Test electronic pe platforma else.fcim.utm.md                                                                            | 100%                                 | 15%                               |
| <b>Evaluare periodică II</b> | Conținut teoretic Teme 5-9              | Test electronic pe platforma else.fcim.utm.md                                                                            | 100%                                 | 15%                               |
| <b>Evaluare curentă</b>      | Participare, lucrări practice, rapoarte | Participarea la activități, calitatea și acuratețea realizării lucrărilor practice, pregătirea și susținerea rapoartelor | 100%                                 | 15%                               |
| <b>Studiul individual</b>    | Prezentarea proiectului de cercetare    | Prezentare orală/discurs la tema proiectului în fața colegilor; evaluarea coerenței, clarității și documentării          | 100%                                 | 15%                               |
| <b>Evaluarea finală</b>      | Conținut teoretic și practic            | Test electronic pe platforma else.fcim.utm.md                                                                            | 100%                                 | 40%                               |