

## FIȘA DISCIPLINEI

*Fizica Reactorilor Nucleari*

Anul universitar 2028-2029

### 1. Date despre program

1.1. Instituția de învățământ superior	Universitatea Babeș-Bolyai, Cluj-Napoca
1.2. Facultatea	de Fizică
1.3. Departamentul	Fizică Biomoleculară
1.4. Domeniul de studii	Științe inginerești aplicate
1.5. Ciclul de studii	Licență
1.6. Programul de studii / Calificarea	Fizică Tehnologică
1.7. Forma de învățământ	Cu frecvență

### 2. Date despre disciplină

2.1. Denumirea disciplinei	Fizica Reactorilor Nucleari/Nuclear Reactor Physics	Codul disciplinei	FLR5711		
2.2. Titularul activităților de curs	Lect. Dr. Horia PAȘCA				
2.3. Titularul activităților de seminar	Lect. Dr. Horia PAȘCA				
2.4. Anul de studiu	VI	2.5. Semestrul	7	2.6. Tipul de evaluare	Examen
2.7. Regimul disciplinei	Obligatoriu	2.8. Tipul disciplinei	Disciplină de specializare (DS)		

### 3. Timpul total estimat (ore pe semestru al activităților didactice)

3.1. Număr de ore pe săptămână	4	din care: 3.2. curs	2	3.3. seminar/ laborator/ proiect	2
3.4. Total ore din planul de învățământ	56	din care: 3.5. curs	28	3.6 seminar/laborator	28
<b>Distribuția fondului de timp pentru studiul individual (SI) și activități de autoinstruire (AI)</b>					<b>ore</b>
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe (AI)					24
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate și pe teren					5
Pregătire seminare/ laboratoare/ proiecte, teme, referate, portofolii și eseuri					8
Tutoriat (consiliere profesională)					3
Examinări					2
Alte activități					-
<b>3.7. Total ore studiu individual (SI) și activități de autoinstruire (AI)</b>				<b>42</b>	
<b>3.8. Total ore pe semestru</b>				<b>98</b>	
<b>3.9. Numărul de credite</b>				<b>4</b>	

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

4.1. de curriculum	Disciplinele care trebuie promovate pentru ca să fie studiat cu succes cursul sunt: "Fizica Nucleară", "Detectori, Dozimetrie și Radioprotecție", "Mecanică cuantică", "Fizica atomului și molecule".
4.2. de competențe	Studentii trebuie să fie capabili să efectueze calcule utilizând adecvat principiile generale ale fizicii, cu un aparat matematic bazat pe rezolvarea ecuațiilor algebrice, a celor diferențiale omogene și a integralelor. Ei trebuie să cunoască conceptele de bază ale fizicii ca metode de bază în rezolvarea de probleme, pentru explicarea fenomenelor. Trebuie să știe filozofia calculatorului, programe de prelucrare de date, și modulele electronice, și să prezinte o stare bună de sănătate și abilități pentru a lucra în laborator cu surse radioactive.

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

5.1. de desfășurare a cursului	Sală de curs cu tablă (amfiteatru) și videoproiector cu calculator.
--------------------------------	---

	Cursul se predă clasic efectuând calcule pe tablă, este ilustrat cu material didactic (prezentări PowerPoint, detectori, componente electronice), cu grafice și imagini, prin experimente frontale.
5.2. de desfășurare a seminarului/ laboratorului	Sală de seminar cu tablă în laborator și sală de calculatoare dotată cu softuri specific. La seminarii se rezolvă probleme specifice de reactor nucleari sau se fac simulări.

### 6.1. Competențele dobândite în urma absolvirii programului de studii (se preiau din planul de învățământ)<sup>1</sup>

Competențe profesionale	
Codul competenței	Competență
CP1	Utilizarea adecvată a fundamentelor teoretice ale științelor ingineresti aplicate <i>Adequate use of the theoretical fundamentals of applied engineering sciences</i>
CP4	Utilizarea aparaturii standard de laborator de cercetare sau industriale pentru efectuarea de experimente de cercetare <i>Use of research or industrial standard laboratory equipment for experimental research activities</i>
CP5	Utilizarea pentru activități de producție, expertiză și monitorizare a fundamentelor fizicii tehnologice, a metodelor și instrumentelor specifice <i>Use of the fundamentals, methods, and instruments specific to engineering physics for production, assessment, and monitoring activities</i>
Competențe transversale	
Codul competenței	Competență
CT2	Identificarea rolurilor și a responsabilităților într-o echipă și aplicarea de tehnici de relaționare și muncă eficientă în cadrul echipei <i>Identification of team roles and responsibilities and implementation of relational methods and effective work within a team.</i>
CT3	Identificarea oportunităților de formare continuă și valorificarea eficientă a resurselor și a tehnicilor de învățare pentru propria dezvoltare <i>Identification of continuing training opportunities and effective use of learning resources and techniques for self development</i>

### 6.2. Rezultatele învățării specifice programului de studii (se preiau din planul de învățământ)<sup>2</sup>

Rezultatele învățării vizate prin disciplină		
Codul competenței	Cunoștințe și înțelegere (Knowledge and understanding)	Abilități academice specifice (Specific academic skills)
CP1	Studentul/absolventul interpretează legi și principii ale științelor fundamentale ce stau la baza fenomenelor și aparatelor din domeniul de studii. / The student/graduate interprets laws and principles of fundamental sciences that underlie phenomena and devices in the field of study.	Studentul/absolventul utilizează metode fundamentale, explică, utilizează, combină, analizează noțiuni fundamentale din domeniul științelor fundamentale pentru a implementa, modela și simula fenomene și sisteme specifice domeniului studiat. / The student/graduate uses fundamental methods, explains, combines, and analyzes fundamental notions from the field of fundamental sciences in order to implement, model and simulate phenomena and systems specific to the studied field.
CP4	Studentul/absolventul descrie și integrează	Studentul/absolventul aplică metode

<sup>1</sup> Se vor prelua din Planul de învățământ al programului de studii acele competențe profesionale și/sau transversale la dezvoltarea cărora contribuie disciplina pentru care se elaborează fișa disciplinei. Pentru fiecare competență se va prelua întregul enunț, inclusiv codul competenței, cu formularea care apare în planul de învățământ, fără modificări. Dacă nu se preia nici o competență din oricare din cele două categorii, se șterge linia din tabel aferentă acelei categorii.

<sup>2</sup> Se menționează rezultatele învățării specifice programului de studiu la dezvoltarea cărora contribuie disciplina pentru care se elaborează fișa. Enunțurile, preluate fără modificări din Planul de învățământ în funcție de tipul disciplinei (DF/DS/DC) se trec în dreptul competenței asociate.

	cunoștințe specifice și interdisciplinare în activitatea profesională. / The student/graduate describes and integrates specific and interdisciplinary knowledge into their professional activity.	interdisciplinare adecvate pentru a rezolva probleme complexe, teoretice și practice; întocmește și prezintă rapoarte științifice respectând normele eticii în colectarea și redactarea rezultatelor. / The student/graduate applies appropriate interdisciplinary methods to solve complex theoretical and practical problems; prepares and presents scientific reports adhering to ethical norms in the collection and drafting of results.
<b>CP5</b>	Studentul/absolventul identifică și precizează informații științifice relevante și reglementări legislative specifice domeniului fizicii. / The student/graduate identifies and specifies relevant scientific information and legislative regulations specific to the field of physics.	Studentul/absolventul compară rezultatele teoretice din literatura de specialitate cu cele experimentale, integrând datele într-un raport sau proiect profesional. / The student/graduate compares theoretical results from specialized literature with experimental ones, integrating the data into a professional report or project.
<b>CT2</b>	Studentul/absolventul descrie sisteme fizice, utilizând teorii și instrumente specifice pentru caracterizarea acestora. / The student/graduate describes physical systems, using specific theories and instruments for their characterization.	Studentul/absolventul colectează și interpretează date rezultate din aplicarea metodelor științifice, integrând rezultatele obținute într-un cadru analitic. / The student/graduate collects and interprets data resulting from the application of scientific methods, integrating the obtained results into an analytical framework.
<b>CT3</b>	Studentul/absolventul identifică alternative optime de analiză pentru obținerea informațiilor relevante, făcând legătura cu principiile fundamentale ale fizicii. / The student/graduate identifies optimal analysis alternatives to obtain relevant information, linking them to the fundamental principles of physics.	Studentul/absolventul redactează și prezintă un raport științific sau profesional, respectând cerințele de etică și standardele de calitate. / The student/graduate drafts and presents a scientific or professional report, adhering to ethics requirements and quality standards.

## 7. Rezultatele învățării specifice disciplinei

<b>Cunoștințe și înțelegere (Knowledge and understanding)</b>	
1.	Studentul descrie procesul de fisiune nucleară indusă, identifică izotopii fisili și fertili relevanți pentru reactori ( $^{235}\text{U}$ , $^{238}\text{U}$ , $^{239}\text{Pu}$ , $^{233}\text{U}$ ) și explică distribuția fragmentelor de fisiune, energia eliberată și spectrul neutronilor prompti și întârziați.
2.	Studentul interpretează factorul de multiplicare efectiv $k_{\text{eff}}$ și formula celor patru factori ( $\eta$ , $f$ , $p$ , $\epsilon$ ), definește reactivitatea $\rho$ și clasifică un reactor ca subcritic, critic sau supracritic.
3.	Studentul explică ecuația de difuziune a neutronilor în aproximarea unui grup și a mai multor grupe energetice, descrie încetinirea (slowing-down), termalizarea și rolul moderatorului, reflectorului și absorbanților de control.
4.	Studentul identifică principalele tipuri de reactoare energetice (PWR, BWR, CANDU, RBMK, reactori rapizi, SMR), descrie ciclul combustibilului nuclear și principiile de bază ale securității nucleare (bariere multiple, defense-in-depth, otrăvuri xenon și samariu).
<b>Abilități academice specifice (Specific academic skills)</b>	
1.	Studentul rezolvă probleme cantitative referitoare la criticitate, calcule de reactivitate, dimensiuni critice ale unor geometrii simple (sferă, cilindru, paralelipiped) și utilizează ecuațiile cineticii punctuale pentru estimarea răspunsului tranzitor al reactorului la inserții de reactivitate.
2.	Studentul aplică ecuația de difuziune pentru a calcula distribuția fluxului neutronic în reactori omogeni și reflectați și estimează aplatizarea fluxului și factori de formă (peaking factors).
3.	Studentul evaluează coeficienții de reactivitate (Doppler, vid, temperatură moderator) și analizează implicațiile lor asupra stabilității și securității operaționale a reactorului.

## 8. Conținuturi

8.1 Curs	Metode de predare - învățare	Observații <sup>3</sup>
<p><b>Introducere. Fisiunea ca sursă de energie.</b> Privire generală asupra programului nuclear mondial. Recapitulare: structura nucleului, energia de legătură, curba B/A. Reacții nucleare. Fisiunea indusă: izotopi fisili (<math>^{235}\text{U}</math>, <math>^{239}\text{Pu}</math>, <math>^{233}\text{U}</math>) și fertili (<math>^{238}\text{U}</math>, <math>^{232}\text{Th}</math>). Distribuția fragmentelor de fisiune, energia eliberată (~200 MeV) și partiționarea ei. Spectrul neutronilor de fisiune (Watt). Neutroni prompti și întârziați; <math>\nu</math>, <math>\beta</math>.</p>	<p>Prelegere interactivă, expunere la tablă a derivărilor matematice, prezentare cu videoproiector a schemelor, graficelor și datelor experimentale, discuții și întrebări dirijate.</p>	<p>[L] 2.1–2.10, 3.7; [S] 1.1–1.6</p>
<p><b>Interacțiunea neutronilor cu materia.</b> Secțiuni eficiente microscopice și macroscopice (<math>\sigma</math>, <math>\Sigma</math>). Tipuri de reacții: scattering elastic/inelastic, captură radiativă, fisiune. Fluxul neutronic și rata de reacție. Atenuarea fluxului necolizionat. Dependența de energie: regiunea <math>1/v</math>, rezonanțele (formula Breit–Wigner), reacții cu prag.</p>	<p>Prelegere interactivă, expunere la tablă a derivărilor matematice, prezentare cu videoproiector a schemelor, graficelor și datelor experimentale, discuții și întrebări dirijate.</p>	<p>[L] 3.1–3.5; [S] 2.1–2.5</p>
<p><b>Încetinirea (slowing down) și termalizarea neutronilor.</b> Pierderea de energie în împrăștiere elastică: parametrul <math>\alpha</math>, decrementul logaritmic <math>\xi</math>. Numărul mediu de coliziuni pentru termalizare. Puterea de moderare <math>\xi\Sigma_s</math> și raportul de moderare <math>\xi\Sigma_s/\Sigma_a</math>. Densitatea de încetinire <math>q(E)</math>. Spectrul neutronilor: Maxwell-Boltzmann la termici, <math>1/E</math> în regiunea epitermică, spectru de fisiune la energii înalte.</p>	<p>Prelegere interactivă, expunere la tablă a derivărilor matematice, prezentare cu videoproiector a schemelor, graficelor și datelor experimentale, discuții și întrebări dirijate.</p>	<p>[L] 3.6, 5.10; [S] 2.5, 3.3–3.4</p>
<p><b>Medii infinite. Formula celor patru factori.</b> <math>k^\infty = \eta f p \epsilon</math>. Factorul de fisiune rapidă (<math>\epsilon</math>), probabilitatea de evitare a captură rezonantă (<math>p</math>), factorul de utilizare termică (<math>f</math>), <math>\eta</math>. Auto-protecția (self-shielding) la rezonanțe. Reactor finit: factorul de multiplicare efectiv <math>k_{\text{eff}} = k^\infty \cdot P_{\text{NL}}</math>. Reactivitatea <math>\rho = (k-1)/k</math>. Subcritic / critic / supracritic.</p>	<p>Prelegere interactivă, expunere la tablă a derivărilor matematice, prezentare cu videoproiector a schemelor, graficelor și datelor experimentale, discuții și întrebări dirijate.</p>	<p>[L] 6.1, 6.5; [S] 3.5–3.6, 4.4</p>
<p><b>Compoziția miezului unui reactor de putere.</b> Tipuri de reactori: PWR, BWR, CANDU/HWR, RBMK, AGR, GCR, LMFBR, SMR. Combustibil (<math>\text{UO}_2</math>, MOX, îmbogățire). Moderatori (<math>\text{H}_2\text{O}</math>, <math>\text{D}_2\text{O}</math>, grafit). Agenți de răcire. Geometria celulei (rețele, pin-pitch). Comparație rapide vs. termice.</p>	<p>Prelegere interactivă, expunere la tablă a derivărilor matematice, prezentare cu videoproiector a schemelor, graficelor și datelor experimentale, discuții și întrebări dirijate.</p>	<p>[L] 4.1–4.6; [S] 4.1–4.4</p>
<p><b>Difuziunea neutronilor I.</b> Legea lui Fick și aproximația de difuziune. Ecuația de continuitate. Ecuația de difuziune monoenergetică în regim staționar. Condiții la limită (vid, suprafață liberă, interfață, albedo). Lungimea de difuziune <math>L</math> și aria de difuziune <math>L^2</math>.</p>	<p>Prelegere interactivă, expunere la tablă a derivărilor matematice, prezentare cu videoproiector a schemelor, graficelor și datelor experimentale, discuții și întrebări dirijate.</p>	<p>[L] 5.1–5.6; [S] 6.1–6.4</p>
<p><b>Difuziunea neutronilor II — sisteme nemultiplicative.</b> Soluții ale ecuației de difuziune pentru sursă punctuală, sursă plană, sursă în volum. Geometrie plană, sferică, cilindrică. Validitatea aproximației de difuziune.</p>	<p>Prelegere interactivă, expunere la tablă a derivărilor matematice, prezentare cu videoproiector a schemelor, graficelor și datelor experimentale, discuții și întrebări dirijate.</p>	<p>[L] 5.7–5.10; [S] 6.3, 6.5–6.6</p>
<p><b>Teoria reactorului cu un grup energetic.</b> Ecuația reactorului cu un grup. Reactorul tip „slab”, paralelipiped, cilindru, sferă. Buckling geometric</p>	<p>Prelegere interactivă, expunere la tablă a derivărilor matematice, prezentare cu videoproiector a schemelor, graficelor și</p>	<p>[L] 6.1–6.4; [S] 6.7, 7.2–7.3</p>

<sup>3</sup> De exemplu aspecte organizatorice, recomandări pentru studenți, aspecte specifice legate de curs/seminar cum ar fi invitarea unor practicieni în domeniu etc.

Bg <sup>2</sup> și buckling material Bm <sup>2</sup> . Condiția de criticitate Bg <sup>2</sup> = Bm <sup>2</sup> . Dimensiuni critice și mase critice. Distribuția fluxului în reactori uniformi.	datelor experimentale, discuții și întrebări dirijate.	
<b>Reactori reflectați. Multigrup.</b> Avantajul reflectorului: economia reflectorului (reflector savings), aplatizarea fluxului. Aproximația cu două grupe energetice. Lungimea de migrare M <sup>2</sup> . Pierderea prin scurgere (leakage). Reactori heterogeni — calculul k <sup>∞</sup> pentru o celulă.	Prelegere interactivă, expunere la tablă a derivărilor matematice, prezentare cu videoproiector a schemelor, graficelor și datelor experimentale, discuții și întrebări dirijate.	[L] 5.9, 6.6–6.8; [S] 7.4–7.5
<b>Cinetica reactorilor.</b> Ecuațiile cineticii punctuale. Rolul neutronilor întârziați: fracția β, timpul de generare Λ. Ecuația lui Inhour. Perioada reactorului. Răspunsul la inserții step de reactivitate: salt prompt (prompt jump), criticitate promptă (ρ = β). Aplicații: rod drop, source jerk.	Prelegere interactivă, expunere la tablă a derivărilor matematice, prezentare cu videoproiector a schemelor, graficelor și datelor experimentale, discuții și întrebări dirijate.	[L] 7.1–7.2; [S] 5.1–5.6
<b>Controlul reactivității.</b> Bare de control. Eficacitatea (worth) unei bare de control. Bare parțial inserate; banca de bare. Otrăvuri solubile (acid boric — chemical shim). Otrăvuri arzătoare (burnable poisons). Curba de calibrare a barei de control.	Prelegere interactivă, expunere la tablă a derivărilor matematice, prezentare cu videoproiector a schemelor, graficelor și datelor experimentale, discuții și întrebări dirijate.	[L] 7.4; [S] 9.1–9.5
<b>Otrăvirea cu produși de fisiune.</b> Burn-up. Lanțul <sup>135</sup> I — <sup>135</sup> Xe; transitoriul de Xe după oprire („dead time”). Otrăvirea cu <sup>149</sup> Sm. Epuizarea combustibilului (fuel depletion); evoluția izotopilor fisili/fertili în timp; conversie și breeding. Inventarul de produși de fisiune și actinide.	Prelegere interactivă, expunere la tablă a derivărilor matematice, prezentare cu videoproiector a schemelor, graficelor și datelor experimentale, discuții și întrebări dirijate.	[L] 7.5–7.6; [S] 10.3–10.5
Termohidraulica reactorilor. Securitate nucleară. Sinteză. Distribuția puterii în miez și factori de formă. Transferul de căldură: conducție în pastila de combustibil, convecție la agentul de răcire, fierbere (DNB, CHF). Bariere multiple, defense-in-depth. Tranzitorii: LOCA, ATWS. Lecții din TMI, Cernobil, Fukushima. Recapitulare.	Prelegere interactivă, expunere la tablă a derivărilor matematice, prezentare cu videoproiector a schemelor, graficelor și datelor experimentale, discuții și întrebări dirijate.	[L] 8.1–8.5, 11.3, 11.7; [S] 8.1–8.4, 9.6
Bibliografie [L] Lamarsh, J. R., Baratta, A. J. — <i>Introduction to Nuclear Engineering</i> , 3rd ed., Prentice Hall, 2001 [S] Stacey, W. M. — <i>Fundamentals of Nuclear Reactor Physics</i> , Academic Press, 2007		
<b>8.2 Seminar / laborator</b>	<b>Metode de predare - învățare</b>	<b>Observații</b>
Calculul Q-valori, energii de legătură, randamente de fisiune. Estimarea energiei eliberate / kg <sup>235</sup> U vs. cărbune.	Rezolvare la tablă, problematizare, învățare prin descoperire dirijată, discuții pe variante de rezolvare.	Seminar
Probleme cu secțiuni eficiente: atenuarea fluxului, calculul Σ pentru amestecuri, rate de reacție. Probleme [L] 3.1–3.10 / [S] 2.1–2.8.	Rezolvare la tablă, problematizare, învățare prin descoperire dirijată, discuții pe variante de rezolvare.	Seminar
Calculul de moderare: ξ, numărul mediu de coliziuni pentru H, D, C, Be. Comparația puterilor de moderare. Probleme [L] 3.x, [S] 2.13–2.18.	Rezolvare la tablă, problematizare, învățare prin descoperire dirijată, discuții pe variante de rezolvare.	Seminar
Calculul k <sup>∞</sup> pentru un amestec U-natural / grafit. Influența îmbogățirii asupra factorilor η, f, p.	Demonstrarea algoritmului la videoproiector, lucru individual la calculator, învățare prin experiment numeric, validare comparativă a rezultatelor.	Laborator (Python/Mathematica)
Studiu comparativ al miezurilor PWR vs. CANDU vs. fast reactor: îmbogățire, inventar, putere specifică. Documentare tehnică (NRC, IAEA TECDOC).	Verificare scrisă, prezentarea și discutarea referatelor de laborator.	Seminar / referat
Probleme de difuziune: sursă plană într-un mediu infinit, lungime de difuziune pentru apă, grafit, beryllium. Probleme [L] 5.x.	Rezolvare la tablă, problematizare, învățare prin descoperire dirijată, discuții pe variante de rezolvare.	Seminar
Calculul dimensiunilor critice: sferă, cilindru, paralelipiped pentru un reactor cu un grup.	Demonstrarea algoritmului la videoproiector, lucru individual la calculator, învățare prin	Laborator (Mathematica)

Comparația masei critice $^{235}\text{U}$ vs. $^{239}\text{Pu}$ .	experiment numeric, validare comparativă a rezultatelor.	
Calculul cu două grupe energetice pentru un reactor reflectat. Estimarea reflector savings.	Demonstrarea algoritmului la videoprojector, lucru individual la calculator, învățare prin experiment numeric, validare comparativă a rezultatelor.	Laborator (Python)
Ecuția lui Inhour. Trasarea dependenței perioadă vs. reactivitate cu un grup și cu 6 grupe de neutroni întârziați.	Demonstrarea algoritmului la videoprojector, lucru individual la calculator, învățare prin experiment numeric, validare comparativă a rezultatelor.	Laborator (Python)
Probleme cu bare de control: worth integral și diferențial, calibrare. Concentrația de bor critică pentru un PWR.	Rezolvare la tablă, problematizare, învățare prin descoperire dirijată, discuții pe variante de rezolvare.	Seminar
Calculul coeficientului Doppler pentru $^{238}\text{U}$ ; coeficientul de vid pentru BWR și pentru un reactor rapid.	Rezolvare la tablă, problematizare, învățare prin descoperire dirijată, discuții pe variante de rezolvare.	Seminar
Simularea numerică a transitoriului de $^{135}\text{Xe}$ după oprire. Estimarea „dead time”-ului unui PWR.	Demonstrarea algoritmului la videoprojector, lucru individual la calculator, învățare prin experiment numeric, validare comparativă a rezultatelor.	Laborator (Python/Mathematica)
Probleme de sinteză. Recapitulare.		Seminar
<p>Bibliografie</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lamarsh, J. R., Baratta, A. J. — <i>Introduction to Nuclear Engineering</i>, 3rd ed., Prentice Hall, Upper Saddle River, 2001.</li> <li>2. Stacey, W. M. — <i>Fundamentals of Nuclear Reactor Physics</i>, Academic Press, 2007.</li> <li>3. Duderstadt, J. J., Hamilton, L. J. — <i>Nuclear Reactor Analysis</i>, John Wiley &amp; Sons, 1976.</li> <li>4. Stacey, W. M. — <i>Nuclear Reactor Physics</i>, 2nd ed., Wiley-VCH, 2007. (versiunea de licență/master)</li> <li>5. Bell, G. I., Glasstone, S. — <i>Nuclear Reactor Theory</i>, Van Nostrand Reinhold, 1970. (clasic) 6. IAEA Nuclear Energy Series — rapoarte tehnice (acces liber, <a href="https://www.iaea.org/publications">https://www.iaea.org/publications</a>)</li> </ol>		

## 9. Evaluare

Tip activitate	9.1 Criterii de evaluare <sup>4</sup>	9.2 Metode de evaluare <sup>5</sup>	9.3 Pondere din nota finală
9.4 Curs	Capacitatea de a formula și interpreta legile și principiile fundamentale ale fizicii reactorilor nucleari (fisiunea indusă, secțiuni eficiente, încetinirea neutronilor, factorul de multiplicare, criticitate, ecuația de difuziune, cinetică, feedback de reactivitate, otrăvire). Capacitatea de a deriva și utiliza relații cantitative pentru calcule de reactivitate, dimensiuni critice, distribuție a fluxului, perioadă a reactorului, coeficienți de temperatură. Înțelegerea funcționării principalelor tipuri de reactori energetici (PWR, BWR, CANDU, RBMK, reactori rapizi, SMR) și a principiilor de securitate nucleară.	<b>Examen scris final</b> — probleme cantitative (60%) și întrebări de teorie (40%), durată 2 ore, fără materiale ajutoare în afara unui formular de constante și date nucleare oferit de titular.	60 %
	Capacitatea de a aplica corect noțiunile parcurse în prima jumătate a semestrului (fizica nucleară aplicată reactorilor, secțiuni eficiente, moderare, difuziune nemultiplicativă) la rezolvarea de probleme noi.	<b>Test parțial scris</b> (săpt. 7) — 4–5 probleme, durată 90 min.	15 %

<sup>4</sup> Criteriile de evaluare trebuie să reflecte direct rezultatele învățării vizate la nivel de program de studii, respectiv la nivel de disciplină. Mai concret, se evaluează achizițiile de învățare menționate în rezultatele anticipate ale învățării.

<sup>5</sup> Se recomandă stabilirea atât a metodelor de evaluare finală, cât și a strategiei de evaluare pe parcurs.

9.5 Seminar/laborator	Rezolvarea individuală a problemelor propuse. Corectitudinea raționamentului fizic, a calculelor numerice și interpretarea rezultatelor. Participarea activă la discuții.	<b>Evaluare continuă</b> la seminar: prezență, rezolvare la tablă, teme de casă (3–4 seturi pe semestru).	10 %
	Capacitatea de a implementa algoritmi numerici simpli pentru probleme specifice de fizica reactorilor (calcul de $k_{\infty}$ , dimensiuni critice, transitoriu de Xe, ecuația Inhour). Calitatea referatelor de laborator: structură, prezentare a metodei, validare a rezultatelor, interpretare critică.	<b>Colocviu de laborator</b> (săpt. 14): prezentarea unui referat de laborator pe baza unui set de probleme computaționale rezolvate în Python sau Mathematica.	15 %
9.6 Standard minim de promovare			
<p>Studentul cunoaște și utilizează corect noțiunile fundamentale: definiția secțiunii eficace și a fluxului neutronic, formula celor patru factori (<math>k_{\infty} = \eta f p \epsilon</math>), definiția reactivității și a factorului de multiplicare efectiv, ecuația de difuziune monoenergetică în regim staționar, condiția de criticitate <math>Bg^2 = Bm^2</math>, rolul neutronilor întârziați în controlul reactorului, mecanismul Doppler ca feedback negativ. Studentul rezolvă o problemă cantitativă elementară de criticitate sau de calcul de reactivitate. Studentul descrie schematic structura și principiul de funcționare a unui reactor PWR.</p> <p><b>Condiții:</b> prezența la minimum 75 % din laboratoare, predarea referatului de laborator, nota minimă 5 la examenul final și nota finală ponderată <math>\geq 5,00</math>.</p>			

#### 10. Etichete ODD (Obiective de Dezvoltare Durabilă / Sustainable Development Goals)<sup>6</sup>

		Eticheta generală pentru Dezvoltare durabilă						
								
								
								Nu se aplică nici o etichetă
								

Data completării:

15 Apr. 2026

Semnătura titularului de curs

Lect. dr. Horia PAȘCA

Semnătura titularului de seminar

Lect. dr. Horia PAȘCA

Data avizării în departament:

Semnătura directorului de departament

<sup>6</sup> Selectați o singură etichetă, cea care, în conformitate cu [Procedura de aplicare a etichetelor ODD în procesul academic](#), se potrivește cel mai bine disciplinei. Dacă disciplina tratează tema dezvoltării durabile la modul general (de ex. prin prezentarea/introducerea cadrului general al dezvoltării durabile etc.) atunci se poate alocă eticheta generală de Dezvoltare Durabilă. Dacă niciuna dintre etichete nu descrie disciplina, selectați ultima opțiune: „Nu se aplică nici o etichetă”.

