

FIȘA DISCIPLINEI

Detectori, dozimetrie și radioprotecție

Anul universitar 2025

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	Fizică
1.5. Ciclul de studii	Licență
1.6. Programul de studii / Calificarea	Fizică Medicală
1.7. Forma de învățământ	Cu frecvență

2. Date despre disciplină

2.1. Denumirea disciplinei	Detectori, dozimetrie și radioprotecție			Codul disciplinei	FLR3604		
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	III	2.5. Semestrul	VI	2.6. Tipul de evaluare	E	2.7. Regimul disciplinei	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	48	din care: 3.5. curs	24	3.6 seminar/laborator	24
Distribuția fondului de timp pentru studiul individual (SI) și activități de autoinstruire (AI)					ore
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe (AI)					38
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate și pe teren					12
Pregătire seminare/ laboratoare/ proiecte, teme, referate, portofolii și eseuri					16
Tutoriat (consiliere profesională)					4
Examinări					2
Alte activități					-
3.7. Total ore studiu individual (SI) și activități de autoinstruire (AI)				72	
3.8. Total ore pe semestru				120	
3.9. Numărul de credite				5	

4. Precondiții (acolo unde este cazul)

4.1. de curriculum	Disciplinele care trebuie promovate pentru ca să fie studiat cu succes cursul de "Detectori, Dozimetrie și Radioprotecție" sunt: "Fizica Nucleară", "Electricitate și magnetism", "Mecanică cuantică", "Fizica atomului și moleculei", "Electronică".
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	<p>Sală de seminar cu tablă în laborator. La seminarii se rezolvă probleme de tehnică nucleară privind prelucrarea semnalelor detectorilor, calculul a ecranelor de protecție și a dozelor de radiații, analiza spectrelor și caracteristicilor radioizotopilor, aplicații medicale, etc..</p> <p>Dotarea - laborator de Fizica Nucleului, autorizat ca Unitate Nucleară nivel II de către CNCAN București cu Autorizația pentru desfășurarea de activități în domeniul nuclear Nr. IO 023/2009 și Autorizație Sanitară, echipat cu aparatură de măsurare a proprietăților radiației nucleare, de toate tipurile și surse de radiații standard, GAMMA Chamber cu sursă de Co-60 pentru iradiere γ și inclusiv surse izotopice de neutroni pentru activarea izotopilor folosiți în medicina nucleară. La lucrările practice studenții învață să măsoare fluxuri de diferite tipuri de radiații, prin spectroscopie gamma, beta sau alfa, utilizând spectrometre cu semiconductori GeHp, detectori PIPS pentru radiație alfa, sau scintilatori cu cristale de NaI(Tl) sau plastici.</p> <p>Laboratorul este echipat cu aparate de măsură, dozimetre portabile de radiații tip Gammarad (fabr,Ro) și tip FH 40G-L pentru radiații gamma și X, echipat și cu sondă externă detectoare de neutroni cu BF3, tip FHT 752, (fabricație Thermo Scientific-Ge), module NIM și montaje, detectori, majoritatea achiziționate în anul 2001 de la Firma Leybold, Germania, și din 2007 de la Canberra Int.Ltd. Laboratorul este echipat și cu două calculatoare performante ce rulează softurile de analizor multicanal Genie 2000 și softul de preluare digitală a spectrelor gamma și beta, plus accesul al baze de date nucleare.</p>

6.1. Competențele specifice acumulate¹

Competențe profesionale/esențiale	<p>C1. Identificarea și utilizarea adecvată a principalelor legi și principii fizice într-un context dat.</p> <p>C2. Utilizarea de pachete software pentru analiza și prelucrarea de date.</p> <p>C3. Efectuarea experimentelor de fizică, biofizică, fizică medicală și evaluarea rezultatelor pe baza modelelor teoretice.</p> <p>C4. Utilizarea de pachete software pentru analiza și prelucrarea datelor experimentale în vederea optimizării diagnosticului și tratamentului medical.</p> <p>C5. Interpretarea informațiilor cu caracter fizico-medical și transmiterea lor într-o formă coerentă și accesibilă.</p> <p>C6. Participarea în echipe interdisciplinare (medici, fizicieni, biologici, chimiști) pentru stabilirea diagnosticului și tratamentului adecvat.</p>
Competențe transversale	<p>CT1. Realizarea sarcinilor profesionale în mod eficient și responsabil cu respectarea legislației deontologiei specifice domeniului sub asistență calificată.</p> <p>CT2. Aplicarea tehnicilor de muncă eficientă în echipă multidisciplinară pe diverse paliere ierarhice.</p> <p>CT3. Utilizarea eficientă a surselor informaționale și a resurselor de comunicare și formare profesională asistată, atât în limba română, cât și într-o limbă de circulație internațională.</p>

¹ Se poate opta pentru competențe sau pentru rezultatele învățării, respectiv pentru ambele. În cazul în care se alege o singură variantă, se va șterge tabelul aferent celeilalte opțiuni, iar opțiunea păstrată va fi numerotată cu 6.

6.2. Rezultatele învățării

Cunoștințe	Studentul cunoaște: Terminologia și tehnici de bază în domeniul radioprotecției și dozimetriei pentru a putea efectua măsurători relevante în domeniu, planuri de tratament optime și eficiente. Legislația în vigoare.
Aptitudini	Studentul este capabil să efectueze măsurători dozimetrice conform legislației în vigoare / protocoalelor specifice domeniului / instituției, efectuarea calculelor relevante privind radioprotecția (doza primită, timpul maxim de expunere, grosimea ecranelor de protecție, etc.).
Responsabilități și autonomie	Studentul are capacitatea de a lucra independent pentru a efectua planuri de tratament și măsurători dozimetrice, de a efectua calcule referitoare la mărimile operaționale folosite în radioprotecție.

7. Obiectivele disciplinei (reieșind din grila competențelor acumulate)

7.1 Obiectivul general al disciplinei	<ul style="list-style-type: none">• Pregătirea studentului pentru însușirea metodelor experimentale privind determinarea mărimilor caracteristice radiațiilor nucleare.• Se studiază proprietățile fundamentale și detecția particulelor ce constituie radiația nucleară: α, β, γ și neutroni.• Se prezintă mecanismele producerii semnalelor în detectorii de radiații nucleare, tipurile și clasificarea lor, precum și metodele de măsurare a radiațiilor nucleare și prelucrarea semnalelor în vederea trasării spectrelor. În continuare se prezintă mărimile și unitățile de măsură dozimetrice, metodele de măsurare a dozelor, tipuri de dozimetre, stabilirea izodozelor la iradierile din oncologie și calculul ecranelor de protecție.
7.2 Obiectivele specifice	<ul style="list-style-type: none">• Prin însușirea acestor noțiuni studenții vor fi capabili să înțeleagă și să aprofundeze domenii ca: "Detecția și măsurarea radiației nucleare", "Dozimetria radiațiilor", "Medicina Nucleară", "Radioprotecția", în general toate legate de fizica radiațiilor și medicina nucleară.• Totodată, ei vor aprofunda metodele de măsurare a radiațiilor α, β, γ și a neutronilor, determinarea unor parametri nucleari ca: activitatea sursei, măsurarea intensității radiației emise, corecțiile și absorbția radiațiilor în substanță și aplicațiile în medicina nucleară și la calculul ecranelor de protecție.• După absolvirea cursului studenții rămân cu cunoștințe privind măsurarea radiațiilor nucleare menționate mai sus, dozimetria radiațiilor, radioprotecția bolnavilor și spectroscopia nucleară a radiațiilor.

8. Conținuturi

8.1 Curs- prezența FACULTATIVĂ	Metode de predare	Observații (*Bibliografie obligatorie, **Bibliografie pentru aprofundare)
<p>Teoria interacției radiației cu substanța: Clasificarea radiațiilor nucleare;</p> <p>1.1.Interacția radiației electromagnetice cu substanța; 1.2.Atenuarea fascicolului γ; 1.3.Procese de interacție a radiației electromagnetice cu substanța: împrăștierea coerentă, efectul fotoelectric, efectul Compton, generarea de perechi, reacții nucleare fotoinduse. 1.4.Importanța relativă a celor trei procese principale de interacție a fotonilor cu substanța. 1.5.Transferul și absorbția de energie.</p>	<p>Oral la tablă, videoproiecție power-point</p>	<p>[1]*: 25-45; [2]*: 37-58;</p> <p>[3]**: 47-53; [4]**: 173-201</p>
<p>Teoria interacției radiației cu substanța:</p> <p>2.1. Interacția particulelor încărcate grele: 2.1.1. Pierderea de energie; puterea de stopare masică; formula Bethe-Block; 2.1.2. Parcursul particulelor încărcate; legi de scalare. 2.2. Interacția particulelor încărcate ușoare: 2.2.1. Pierderea de energie a electronilor prin ciocnire și prin radiație; 2.2.2. Aproximația încetinirii continue. 2.3. Interacția neutronilor cu substanța: 2.3.1. Clasificarea neutronilor după energie; 2.3.2. Interacția neutronilor lenți; 2.3.3. Interacția neutronilor rapizi.</p>	<p>Oral la tablă, videoproiecție power-point</p>	<p>[1]*: 11-29; [1]*:47-53; [2]*: 59-71;</p> <p>[3]**: 30-47 [3]**:53-56; [4]**: 109-133 [4]**:139-155 [4]**:215-232;</p>
<p>Statistica măsurătorilor și predicția erorilor:</p> <p>3.1. Caracterizarea datelor experimentale: valoarea medie experimentală, deviația, rezidualul, dispersia; 3.2. Modele statistice folosite în metrologia radiațiilor: 3.2.1. Distribuția binomială, distribuția Poisson, distribuția Gauss; 3.2.2. Aplicații: Verificarea unui sistem de numărare; estimarea preciziei unei singure măsurători. 3.3. Propagarea erorilor. Aplicații: Optimizarea timpilor de măsură, activitatea minim detectabilă.</p>	<p>Oral la tablă, videoproiecție power-point</p>	<p>[3]*: 65-104; [3]*:807-808;</p>
<p>Deteția radiației nucleare (I) :</p> <p>4.1. Caracteristicile generale ale detectorilor. 4.2. Detectori bazați pe colectarea ionilor în gaze: 4.2.1. Principii de funcționare; mișcarea electronilor și ionilor în gaze; difuzia și recombinația; 4.2.2. Camerele de ionizare: regimul diferențial și forma impulsurilor în regim diferențial; camere de ionizare cu grilă; regimul integral; limitarea statistică. 4.2.3.Alte domenii de funcționare a detectorilor cu gaz - contorul proporțional: alegerea geometriei; coeficientul de multiplicare; forma impulsurilor; rezoluția energetică. 4.2.4. Alte domenii de funcționare a detectorilor cu gaz - contorul Geiger-Muller.</p>	<p>Oral la tablă, videoproiecție power-point, ilustrare cu material didactic</p>	<p>[1]*: 56-81; [1]*:141-145;</p> <p>[3]**: 131-141; [3]**: 149-158 [3]**: 159-169 [3]**: 208-209; [4]**: 241-251;</p>

<p>Deteția radiației nucleare (II): detectori cu semiconductori:</p> <p>5.1. Structura în benzi a cristalelor, purtătorii de sarcină, semiconductori intrinseci și dopați, centre de recombinare și capcane, jonctiunea n-p în polarizare inversă;</p> <p>5.2. Variante constructive a detectorilor cu semiconductori: detectori cu jonctiune np obținuta prin difuzie, cu strat barieră la suprafață, detectori de tip NIP, detectori pentru măsurători dE/dx;</p> <p>5.3. Forma impulsurilor în cazul detectorilor de tip NIP, și în cazul jonctiunilor np.</p> <p>5.4. Rezoluția energetică.</p>	<p>Oral la tablă, videoproiecție power-point</p>	<p>[1]*: 107-140; [1]*: 149-150;</p> <p>[3]**: 365-378; [3]**: 415-424;</p>
<p>Deteția radiației nucleare (III): detectori cu scintilație:</p> <p>6.1. Caracteristicile unui scintilator;</p> <p>6.2. Principiul de conversie a radiației nucleare în semnal electric;</p> <p>6.3. Scintilatori organici (ZnS(Ag), NaI(Tl), CsI(Tl), cristale pure de NaI), și anorganici (cristale organice pure, scintilatori organici lichizi și gazoși, scintilatori plastici);</p> <p>6.4. Fotomultiplicatorul;</p> <p>6.5. Forma impulsurilor pentru detectorii cu scintilație;</p> <p>6.6. Limitarea statistică.</p>	<p>Oral la tablă, videoproiecție power-point, ilustrare cu material didactic</p>	<p>[1]*: 82-101; [1]*: 145-149; [4]*: 252-262;</p> <p>[3]**: 223-257; [3]**: 275-283;</p>
<p>Lanțul spectrometric.</p> <p>7.1. Preamplificatori: preamplificatorul sensibil la sarcină, modelarea impulsurilor (modelarea CR, RC și CR-(RC)ⁿ);</p> <p>7.2. Amplificatori: stabilitatea amplificării - reacția de negativare;</p> <p>7.3. Analizorii de amplitudine: discriminatori integrali, discriminatori diferențiali; analizorul mono-canal și multi-canal;</p> <p>7.4. Conversia analog-digital</p>	<p>Oral la tablă, videoproiecție power-point</p>	<p>[1]*: 165-183;</p> <p>[3]**: 625-641; [5]**: 308-314.</p>
<p>Principii și concepte de bază a dozimetriei:</p> <p>8.1. Caracterizarea câmpului de radiații; mărimi bazate pe numărul particulelor și mărimi bazate pe energia particulelor;</p> <p>8.2. Ecuația fundamentală a dozimetriei; Echilibrul particulelor încărcate;</p> <p>8.3. Mărimi și unități dozimetrice:</p> <p>8.3.1. KERMA și doza absorbită;</p> <p>8.3.2. Expunerea;</p> <p>8.3.3. Doza echivalentă;</p> <p>8.3.4. Doza efectivă;</p>	<p>Oral la tablă, videoproiecție power-point</p>	<p>[2]*: 28-35 [3]*: 56-64 [4]*: 361-363; [4]*: 387-388;</p>
<p>9. Principiul de calcul a mărimilor dozimetrice:</p> <p>9.1. Relația între mărimile dozimetrice și cele ce caracterizează câmpul de radiații, interacția radiației cu substanța și geometria de iradiere;</p> <p>9.2. Sursa radioactivă punctuală; ansamble de surse punctuale (sursa radioactivă circulară, liniară și pătura sferică infinit de subțire);</p> <p>9.3. Modelarea surselor radioactive de interes practic; surse radioactive extinse în spațiu: sursa superficială plană, sursa volumică cilindrică, sursa volumică sferică;</p> <p>9.4. Ecranarea radiațiilor electromagnetice. Principiul de calcul a grosimii ecranelor de protecție. Aplicații.</p>	<p>Oral la tablă, videoproiecție power-point</p>	<p>[2]*: 220-245 [2]*: 282-291 [6]*: 118-130</p> <p>[4]**: 379-383 [4]**: 475-482</p>
<p>10. Metode de măsurare a dozelor (I): Dozimetria prin ionizare. Teoria cavităților:</p> <p>10.1. Camere de ionizare la echilibru electronic; aplicație: camera de ionizare deschisă, ca; Tipuri și regimuri de funcționare deosebite: camera de ionizare în regim de impulsuri, camerele condensator; utilizarea contoarelor Geiger-Muller în determinarea dozelor; surse de eroare în determinarea dozelor.</p> <p>10.2. Camera cu pereți echivalenți aer; camere de ionizare în condiții Bragg-Gray; dezvoltarea teoriei generale a cavității (teoria Spencer-Attix, teoria Burlin);</p>	<p>Oral la tablă, videoproiecție power-point</p>	<p>[2]*: 101-135. [4]*: 365-370</p>

<p>10.3. Aplicații de interes practic: determinarea dozei absorbite în condiții Bragg-Gray, pentru toate cazurile întâlnite în practică.</p>		
<p>11. Metode de măsurare a dozelor (II): Dozimetria calorimetrică, chimică și fotografică: 11.1. Dozimetria calorimetrică: calorimetrul izoterm, metoda adiabatică, metoda staționară; calorimetrul diferențial; 11.2. Dozimetria chimică: principii, randamentul radiochimic, metoda de calcul a dozei absorbite, dozimetrul Fricke; 11.3. Dozimetria fotografică: principii și aplicații.</p>	<p>Oral la tablă, videoproiecție power-point</p>	<p>[2]*: 145-166 [7]*: 153-208</p>
<p>12. Iradierea internă, marimi speciale pentru radioprotecție și legislație: 12.1. Principii. Metoda convenită pentru evaluarea iradierii interne (modelul sistemului cu compartimente); concentrațiile radioactive limită; doza maxim admisă și limite de doza; 12.2. Marimi speciale pentru radioprotecție: echivalentul dozei colective, echivalentul dozei efectiv angajate, echivalentul dozei efective ambientale H^*; 12.3. Iradierea naturală, iradierea datorată surselor artificiale; Limita anuală de incorporare (LAI); 12.4. Legislația CNCAN; Legislația privind principiile Radioprotecției: Legea nr.111/1996(r), H.G., Reglementări CNCAN privind: Monitorarea și expunerea individuală, Sisteme dozimetrice, Autorizarea unităților nucleare.</p>	<p>Oral la tablă, videoproiecție power-point</p>	<p>[2]*: 266-281 [4]*: 452-456 Site http://www.cncan.ro * Legea 111/1996 (r) Monitorul Oficial. *</p>
<p>Bibliografie: [1] O. Cozar, Detectori de radiații, Spectroscopie gama, p. Ed. Presa Universitară, Cluj-Napoca, p. 11-45, 56-101, 107-136, 120-126, 140-150, 165-183, (2007) [2] M. Oncescu, I. Panaitescu, Dozimetria și ecranarea radiație X și gamma, pp.37-71, 101-134, 28-35, 67-71, 85-99, 145-166, 168-216, 220-264, 266-281, Ed. Academiei Române, București, 1992 [3] G. F. Knoll, "Radiation detection and measurement - 4th ed.", John Wiley & Sons, Inc., (2010), ISBN: 978-0-470-13148-0 (hardback) [4] J.E. Turner, "Atoms, Radiation, and Radiation Protection - 3rd ed.", WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim (2007) [5] M. Ion-Mihai, G. Vlăducă, SPECTROSCOPIE NUCLEARĂ-carte de laborator- Ed. Fac. de Fizică, Univ. București, (1984) [6] G. Damian, "Surse de radiații nucleare", Casa cartii de știință, Cluj-Napoca, 2005. [7] C. Cosma, Radonul și si mediul inconjurator, Ed.Dacia, p. 153-208 Cluj-Napoca (1996)</p>		
<p>8.2 Seminar- prezența OBLIGATORIE, în proporție de minim 75%</p>	<p>Metode de predare</p>	<p>Observații(2 ore/la 2 sapt.), bibliogr.</p>
<p>1. Măsurarea și calculul activității surselor radioactive. Interacția radiației cu substanța. Probleme.</p>	<p>Rezolvări de Probleme la tablă</p>	<p>[8]: p.18-34; 37-48; [9]: 57-73;</p>

2. Metrologia radiatiilor (I). Statistica masuratorilor. Probleme	Rezolvări de Probleme la tablă	[10]: 126-148
3. Metrologia radiatiilor (II). Optimizarea timpilor de masura. Probleme	Rezolvări de Probleme la tablă	[10]: 148-163,
4. Metrologia radiatiilor (III). Detectorsi de radiatii: eficienta detectorului, numarul si amplitudinea impulsurilor. Probleme	Rezolvări de Probleme la tablă	[10]: 71-126 [11]: 116-131;
4. Dozimetria radiatiilor (I). Marimile dozimetrice - Intensitatea radiatiei provenita de la diferite surse (punctiforme, filiforme, extinse in spatiu). Aplicatii in practica. Probleme	Rezolvări de Probleme la tablă	[10]: 220-264 [11]: 32-52;
5. Dozimetria radiatiilor (II) Calculul dozelor in cazul iradierii externe. Calculul grosimii ecranelor de protectie, ecranarea radiatiei X de frânare. Probleme	Rezolvări de Probleme la tablă	[10]: 282-293 [11]:63-89
7. Radioprotectia personalului, regulamente, teste CNCAN din Normele de radioprotectie și Legea nr.111/2006	Referate și teste	Teste site CNCAN.ro
Bibliografie: [8] G. Damian, "Surse de radiatii nucleare", Ed. Casa cărții de Știință, Cluj-Napoca (2005) [9] E. Borcea, O.G. Dului, "Aplicațiile radiatiilor nucleare: exemple practice", Ed. Tehnică, București (1997) [10] A. Berinde et. al., "Probleme rezolvate de tehnica nucleara", Ed. Tehnică, Bucuresti (1974) [11] Tatiana Angelescu et.al., "177 Probleme rezolvate de dozimetrie si radioprotectie", Editura Universitatii din Bucuresti, Bucuresti (2005).		
8.3 Laborator- prezența OBLIGATORIE în proporție de 90%, nu se recuperează.	Metode de predare	Observații (2 ore/la 2 sapt.), bibliogr.
1. Verificarea unui sistem nuclear de numărare. Activitatea minim detectabilă.	Efectuarea de experiențe	Referat [13,14]
2. Caracteristica de numărare și determinarea timpului mort a detectorului Geiger-Muller.	Efectuarea de experiențe	Referat [13,14]
3. Determinarea perioadei de înjumătățire al unui element sintetic radioactiv și identificarea acestuia prin spectrometrie γ .	Efectuarea de experiențe	Referat [15,16]
4. Determinarea schemei de dezintegrare a nucleului aur-198 prin spectrometrie γ .	Efectuarea de experiențe	Referat [15,16]
5. Dozimetria radiatiei γ . Verificarea legii pătratelor inverse și determinarea activității unei surse de cobalt-60.	Efectuarea de experiențe	Referat [15,16]
6. Dozimetria radiatiei β . Parcursul radiatiilor β în țesuturi moi și determinarea energiei particulelor.	Efectuarea de experiențe	Referat [15,16,17]

7. Determinarea curentului de ionizare produs de substanțe α , β radioactive, etalonarea camerei de ionizare.	Efectuarea de experiențe	Referat [15,16,17]
--	--------------------------	--------------------

Bibliografie

- [12] Al. Berinde, și al. Probleme Rezolvate de Tehnică Nucleară, Ed. Tehnică, București (1972)
- [13] F.Fodor, V. Znamirovski, O. Cozar, Lucrări practice de fizica atomului, nucleului și moleculei, Univ. B-B. Cluj, (1973)
- [14] C. Cosma, F. Koch, Lucrări practice de fizică atomică și nucleară, Univ. B-B. Cluj (1985)
- [15] M. Ion-Mihai, G. Vlăducă, SPECTROSCOPIE NUCLEARĂ-carte de laborator- Ed. Fac. de Fizică, Univ. București, (1984)
- [16] O. Cozar, L. Daraban, C. Cosma, V. Chis, Detecția radiațiilor și spectroscopie nucleară, Ed. Univ. B-B, Cluj-Napoca (1996)
- [17] V. Znamirovski, O. Cozar, C. Cosma, T. Fiat, LUCRĂRI PRACTICE de interacțiuni nucleare și metode experimentale în fizică nucleară, Ed. UBB Cluj, (1983)

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

Conținutul disciplinei este în concordanță cu ceea ce se studiază în alte centre universitare din țară (Facultatea de Fizică a Universității București) și străinătate (Vrije Universiteit Brussel, Fac de Safe). Pentru adaptarea la cerințele impuse de piața de muncă, conținutul disciplinei a fost armonizat cu cerințele impuse de specificul învățământului universitar, al institutelor de cercetare și al mediului de afaceri.

10. Evaluare

Tip activitate	10.1 Criterii de evaluare	10.2 metode de evaluare	10.3 Pondere din nota finală
10.4 Curs	Descrierea detectorilor și instalațiilor	Examen scris cu 3 teme teoretice și o problemă	45 %
	Noțiuni de dozimetrie, mărimi și unități.		
10.5 Seminar / Laborator	Rezolvări de probleme	Probleme cu aplicație practică de determinare a unor parametri sau mărimi dozimetrice	35 %
	Efectuarea de experiențe: Spectroscopie gamma și beta și dozimetrie	Prezentare de referate cu rezultatele experiențelor	
			1 verificare pe parcurs = 20%

10.6 Standard minim de performanță: Studentul trebuie să cunoască formulele de bază din dozimetrie, și spectroscopie, experimentele importante de detecție a radiațiilor nucleare, determinarea unor mărimi specifice; să cunoască metodele de dozimetrie pentru toate tipurile de radiație și prelucrarea rezultatelor de radioprotecție.

Studentul nu poate participa la examen dacă nu are nota minimă 5 la seminar, respectiv laborator.

11. Etichete ODD (Obiective de Dezvoltare Durabilă / Sustainable Development Goals)²



Eticheta generală pentru Dezvoltare durabilă

Data completării:
17.03.2025

Semnătura titularului de curs

Semnătura titularului de seminar

Data avizării în departament:
16.04.2025

Semnătura directorului de departament

² Păstrați doar etichetele care, în conformitate cu [Procedura de aplicare a etichetelor ODD în procesul academic](#), se potrivesc disciplinei și ștergeți-le pe celelalte, inclusiv eticheta generală pentru Dezvoltare durabilă - dacă nu se aplică. Dacă nicio etichetă nu descrie disciplina, ștergeți-le pe toate și scrieți "Nu se aplică".