Universitatea Naţională de Ştiinţă şi Tehnologie Politehnica Bucureşti

Facultatea de Electronică, Telecomunicaţii şi

Tehnologia Informaţiei

FIŞA DISCIPLINEI

1. Date despre program

1.1 Instituţia de învăţământ superior	**Universitatea Naţională de Ştiinţă şi Tehnologie Politehnica Bucureşti**
1.2 Facultatea	**Electronică, Telecomunicaţii şi Tehnologia Informaţiei**
1.3 Departamentul	**Telecomunicaţii**
1.4 Domeniul de studii	Inginerie Electronică, Telecomunicaţii şi Tehnologii Informaţionale
1.5 Ciclul de studii	Licenţă
1.6 Specializarea	Tehnologii şi Sisteme de Telecomunicaţii

2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei (ro) (en)				Antene şi propagare Antennas and Propagation			
2.2 Titularul activităţilor de curs				Prof. Dr. Alina Badescu			
2.3 Titularul activităţilor de seminar / laborator				Prof. Dr. Alina Badescu			
2.4 Anul de studiu	4	2.5 Semestrul	1	2.6. Tipul de evaluare	E	2.7 Regimul disciplinei	Ob
2.8 Tipul disciplinei		S	2.9 Codul disciplinei	04.S.07.O.205		2.10 Tipul de notare	Nota

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

3.1 Număr de ore pe săptămână	3	Din care: 3.2 curs	2	3.3 seminar/laborator	1
3.4 Total ore din planul de învăţământ	42	Din care: 3.5 curs	28	3.6 seminar/laborator	14
Distribuţia fondului de timp:					ore
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie şi notiţe Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate Pregătire seminarii/ laboratoare/proiecte, teme, referate, portofolii şi eseuri					31
Tutorat					0
Examinări					2
Alte activităţi (dacă există):					0

3.7 Total ore studiu individual	33.00
3.8 Total ore pe semestru	75
3.9 Numărul de credite	3

4. Precondiţii (acolo unde este cazul)

4.1 de curriculum	Microunde Analiză matematică
4.2 de rezultate ale învăţării	Cunoştinţe generale de moduri de propagare, calcul vectorial, sisteme de coordonate.

5. Condiţii necesare pentru desfăşurarea optimă a activităţilor didactice (acolo unde este cazul)

5.1 Curs	Sala cu videoproiector

5.2 Seminar/ Laborator/Proiect	Prezenţa obligatorie la laboratoare (conform Regulamentului privind organizarea şi desfăşurarea procesului de învăţământ universitar de licenţă în Universitatea POLITEHNICA din Bucureşti)

6. Obiectiv general *(Se referă la intenţiile profesorilor pentru studenţi, la ceea ce studenţii vor fi învăţaţi în timpul cursului. Oferă o orientare cu privire la locul cursului în cadrul domeniului ştiinţific abordat, precum şi la rolul pe care acesta îl are în cadrul specializării studiate. Vor fi descrise de o manieră generală tematicile abordate, justificarea includerii cursului în planul de învăţământ al specializării studiate etc.)*

Disciplina asigură studenţilor o pregătire temeinică în domeniul antenelor şi a propagarii undelor radio, precum şi al cunoaşterii principiilor şi metodelor de bază utilizate la analiza antenelor.
Mai exact, obiectivele asigurate de disciplină se referă la prezentarea principiilor fundamentale ale teoriei antenelor şi aplicarea lor la analiza şi caracterizarea acestora. Parametrii fundamentali ai antenelor. Prezentarea şi evidenţierea caracteristicilor diverselor tipuri de antene (antene filare, antene microstrip, antene apertura, antene cu reflector, sisteme de antene). Elemente de propagare a undelor radio.

7. Competenţe *(Capacitatea dovedită de a utiliza cunoştinţe, aptitudini şi abilităţi personale, sociale şi/sau metodologice în situaţii de muncă sau de studiu şi pentru dezvoltarea profesională şi personală. Reflectă cerinţele angajatorilor.)*

Specifice	Aplicarea cunoştinţele generale şi specifice teoriei antenelor în diverse proiecte. Posibilitatea stabilirii fezabilităţii unei soluţii pe baza criteriilor de performanţă însuşite. Înţelegerea particularităţilor diverselor tipuri de aplicaţii şi impactul condiţiilor concrete de operare asupra performanţelor antenelor.
Transversale (generale)	Analiza metodică a problemelor întâlnite în activitate, identificând elementele pentru care există soluţii consacrate.

8. Rezultatele învăţării *(Sunt enunţuri sintetice referitoare la ceea ce un student va fi capabil să facă sau să demonstreze la finalizarea unui curs. Rezultatele învăţării reflectă realizările studentului şi mai puţin intenţiile profesorului. Rezultatele învăţării informează studenţii despre ceea ce se aşteaptă de la ei din punct de vedere al performanţei, pentru a obţine notele şi creditele dorite. Sunt definite în termeni concreţi, folosind verbe similare exemplelor de mai jos şi indică ceea ce se va urmări prin evaluare. Rezultatele învăţării vor fi astfel redactate încât să fie evidenţiată clar relaţia faţă de competenţele definite la punctul 7.)*

Cunoştinţe	*Rezultatul asimilării de informaţii prin învăţare. Cunoştinţele reprezintă ansamblul de fapte, principii, teorii şi practici legate de un anumit domeniu de muncă sau de studiu. Pot fi teoretice şi/sau faptice.* **Rezultatele învăţării ale cursului „Antene şi Propagare", în termeni de cunoştinţe, includ:** 1. Principiile fundamentale ale antenelor – tipuri de antene, parametri caracteristici (câştig, directivitate, impedanţă, polarizare, eficienţă etc.). 2. Propagarea undelor electromagnetice – modele de propagare, efectele mediului asupra propagării (reflexie, difracţie, atenuare, dispersie etc.). 3. Teoria radiaţiei electromagnetice – ecuaţiile lui Maxwell aplicate în analiza antenelor şi a propagării. 4. Caracteristicile şi performanţele diferitelor tipuri de antene – antene dipol, Yagi-Uda, patch, parabolice, log-periodice etc. 5. Metode de analiză şi proiectare a antenelor – tehnici de modelare şi simulare a radiaţiei antenelor. 6. Sisteme de antene – reţele de antene, reţele fazate şi efecte de interferenţă. 7. Interacţiunea antenelor cu mediul – efectele terenului, clădirilor, condiţiilor atmosferice şi ionosferei asupra propagării. 8. Aplicaţii practice ale antenelor – comunicaţii terestre şi prin satelit, radar, IoT, 5G etc.
Aptitudini	*Capacitatea de a aplica cunoştinţe şi de a utiliza know-how pentru a duce la îndeplinire sarcini şi a rezolva probleme. Aptitudinile sunt descrise ca fiind cognitive (implicând utilizarea gândirii logice, intuitive şi creative) sau practice (implicând dexteritate manuală şi utilizarea de metode, materiale, unelte şi instrumente).* **Rezultatele învăţării ale cursului „Antene şi Propagare", în termeni de abilităţi, includ:** 1. Analiza şi interpretarea parametrilor antenelor – calcularea şi interpretarea câştigului, impedanţei, directivităţii, lăţimii de bandă etc. 2. Selectarea şi proiectarea antenelor – alegerea tipului de antenă adecvat pentru diverse aplicaţii de comunicaţii. 3. Simularea şi modelarea antenelor – utilizarea programelor de simulare (de ex., HFSS, CST, MATLAB) pentru analiza performanţelor antenelor. 4. Măsurarea şi testarea antenelor – utilizarea echipamentelor precum analizorul de reţea, camera anecoică şi analizorul de spectru în frecvenţă. 5. Evaluarea propagării undelor electromagnetice – aplicarea modelelor de propagare pentru estimarea performanţei unei legături radio. 6. Diagnosticarea şi optimizarea performanţelor antenelor – identificarea problemelor şi ajustarea caracteristicilor pentru maximizarea eficienţei. 7. Implementarea sistemelor de antene – integrarea antenelor în sisteme de comunicaţii, radar, satelit sau IoT. 8. Interpretarea efectelor mediului asupra propagării – analiza impactului obstacolelor, condiţiilor atmosferice şi ionosferei asupra transmisiunilor radio.

Responsabilitate și autonomie	*Capacitatea cursantului de a aplica în mod autonom și responsabil cunoștințele și aptitudinile sale.* **Rezultatele învăţării ale cursului „Antene şi Propagare", în termeni de Responsabilitate şi Autonomie, includ:** 1. Capacitatea de a lua decizii informate în selectarea, proiectarea și implementarea antenelor și sistemelor de comunicații, ținând cont de cerințele tehnice și de constrângerile de mediu. 2. Asumarea responsabilității pentru performanța sistemelor de antene prin evaluarea și optimizarea acestora, în conformitate cu standardele și reglementările tehnice. 3. Autonomie în utilizarea și configurarea echipamentelor de măsurare și testare, precum analizorul de rețea, analizorul de spectru în frecvență și camera anecoică. 4. Capacitatea de a identifica și rezolva probleme tehnice legate de propagarea semnalului și eficiența antenelor, propunând soluții adecvate. 5. Desfășurarea activității în mod independent în cercetare și inovare, cu accent pe dezvoltarea de noi modele de antene și pe îmbunătățirea tehnicilor de propagare. 6. Lucru în echipă și colaborare interdisciplinară, contribuind la proiectarea și implementarea tehnologiilor avansate de comunicații.

9. Metode de predare *(Se vor avea în vedere metode care să asigure predarea centrată pe student. Se va descrie modul în care se asigură participarea studenților la stabilirea propriului parcurs de învățare, cum se identifică eventualele rămâneri în urmă și ce măsuri remediale se adoptă în astfel de cazuri.)*

Predarea (definiţii, demonstraţii, proprietăţi) principalelor concepte teoretice se realizează prin metoda clasică (tabla). Pentru a facilita înţelegerea fenomenelor fizice, unele proprietăţi/caracteristici sunt prezentate cu ajutorul proiectorului, incluzând demonstraţii privind funcţiile de comunicaţii.
Metodele de comunicare orală utilizate sunt metoda expozitivă şi metoda problematizării.
Materialele de curs sunt disponibile în format electronic, la faţa locului.

10. Conţinuturi

CURS		
Capitolul	**Conţinutul**	**Nr. ore**
1	1. Noţiuni introductive 1.1. Tipuri de antene 1.2. Mecanismul radiaţie 1.3. Distribuţia curentului într-o antenă filară	2

2	2. Parametrii fundamentali ai antenelor 2.1. Caracteristica de radiaţie, tipuri de caracteristici şi diagrame de radiaţie 2.2. Lobii caracteristicii de radiaţie 2.3. Regiunile câmpului 2.4. Intensitatea radiaţiei 2.5. Directivitatea antenei 2.6. Câştigul antenei 2.7. Randamentul. Randamentul antenei 2.7.2. Randamentul lobilor 2.7.3. Randamentul de polarizare 2.7.4. Randamentul de radiaţie 2.7.5. Randamentul de deschidere (apertură) 2.8. Unghiul de deschidere al lobului 2.9. Polarizarea antenei 2.10. Impedanţa de intrare a antenei 2.11. Lungimea efectivă vectorială a antenei 2.12. Suprafaţa efectivă 2.12.1. Suprafaţa de împrăştiere 2.12.2. Suprafaţa de pierderi 2.12.3. Suprafaţa de captare 2.13. Legătura dintre directivitatea maximă şi suprafaţa efectivă 2.14. Temperatura antenei	4
3	3. Funcţiile potenţial vector şi integralele radiaţiei 3.1. Funcţia potenţial vector magnetic 3.2. Funcţia potenţial vector electric	2

4	**4. Antene filare** **4.1.** Câmpul electric radiat de un dipol infinitesimal **4.1.1.** Rezistența de radiație **4.1.2.** Directivitatea **4.1.3.** Determinarea regiunilor câmpului **4.2.** Dipol de lungime finită **4.2.1.** Distribuția curentului de-a lungul antenei **4.2.2.** Câmpul radiat **4.2.3.** Intensitatea radiaţiei **4.2.4.** Rezistența de radiație **4.2.5.** Rezistența de intrare **4.2.6.** Efectul distanţei nenule dintre borne **4.3.** Parametrii dipolului de jumătate de lungime de undă **4.4.** Dipol infinitesimal deasupra unui plan conductor perfect infinit **4.4.1.** Teoria imaginii **4.4.2.** Dipol electric vertical **4.4.2.1.** Câmpul de zonă îndepărtată (far-field) **4.4.2.2.** Puterea radiată, intensitatea radiaţiei, directivitatea şi rezistența de radiație **4.4.3.** Dipol electric orizontal **4.4.3.1.** Câmpul de zonă îndepărtată (far-field) **4.4.3.2.** Puterea radiată, intensitatea radiaţiei, directivitatea şi rezistența de radiație **4.5.** Efectul solului asupra caracteristicii de radiație a antenei **4.5.1.** Dipol vertical **4.5.2.** Dipol orizontal	6
5	5. Antene bucla (loop) 5.1. Cadru circular infinitesimal. Câmpul radiat 5.1.1. Rezistența de radiație 5.1.2. Directivitatea 5.2. Cadru pătrat	1
6	6. Antene broadband şi miniaturizarea antenelor 6.1. Antena biconică 6.2. Dipolul cilindric 6.3. Antene log-periodice	2
7	7. Sisteme de antene 7.1. Sistem cu două elemente. Sistem uniform de N antene liniare 7.2. Sistem de antene planare 7.3. Sistem uniform circular de N antene	2
8	8. Antene tipărite 8.1. Patch dreptunghiular microstrip. Modelul liniei de transmisie 8.2. Antena planară inversată în formă de F (PIFA) 8.3. Antene chip ceramice	2

9	9. Rețele fazate pentru 5G, radar și satelit 9.1. Fronturi de fază și orientarea fasciculului (beamsteering); configurații de rețea 9.2. Formarea digitală a fasciculului (Digital Beamforming) 9.3. Formarea RF/analogică a fasciculului (RF/Analog Beamforming) 9.4. Formarea hibridă a fasciculului (Hybrid Beamforming) 9.5. Câmp apropiat/îndepărtat și ponderare (tapers) 9.5.1. Efectul distanței dintre elemente 9.5.2. Efectul unghiului de scanare	2
10	10. Antene cu apertură 10.1. Antene horn (pâlnie) 10.2. Antene cu reflector	2
11	11. Propagarea undelor radio 11.1. Propagarea în spațiu liber. Atenuare. Buget de legătură 11.2. Propagarea prin ionosferă 11.2.1. Indicele de refracție 11.3. Antene pentru navigație prin satelit 11.4. Antene pentru comunicații prin satelit	3
	Total:	28

Bibliografie:

1. A.Badescu- Note de curs. Disponibil pe Moodle.
2. E. Nicolau, “Antene şi propagare”, Ed. “Didactică şi Pedagogică”, Bucureşti, 1982.
3. C. Balanis, “AntennaTheory – analysis and design”, John Wiley&Sons, 1997/2005.

LABORATOR

Nr. crt.	Conținutul	Nr. ore
1	Laborator 1 Matlab: Parametrii fundamentali ai caracteristicii de radiație	2
2	Laborator 2 Matlab: Dipolul în jumătate de lungime de undă	2
3	Laborator 3 Matlab: Dipolul electric infinitezimal deasupra unui plan infinit perfect conductor	2
4	Laborator 4 Matlab: Șir liniar uniform de N antene izotrope	2
5	Laborator 5 NEC: simularea unui sistem de antene –partea I	2
6	Laborator 6 NEC: simularea unui sistem de antene –partea II	2
7	Laborator 7 Colocviu final de laborator	2
	Total:	14

Bibliografie:

11. Evaluare

Tip activitate	11.1 Criterii de evaluare	11.2 Metode de evaluare	11.3 Pondere din nota finală
11.4 Curs	Cunoaşterea conceptelor teoretice de bază Cunoaşterea aplicării teoriei la probleme specifice Analiza critică şi compararea tehnicilor şi a modelelor teoretice	Sesiune programată de examen. Subiectele acoperă întregul plan de învăţământ al disciplinei, realizând o sinteză comparativă a conţinutului teoretic parcurs în cadrul cursului şi explicând tiparele de aplicare în exerciţii.	40

	Cunoaşterea parametrilor fundamentali ai antenelor Analiza unor antene simple Studiul sistemelor de antene Înţelegerea caracteristicilor diferitelor tipuri de aplicaţii şi a impactului condiţiilor de operare asupra performanţei antenelor concrete	Examenul oral de laborator Include o componentă teoretică şi o componentă practică. Componenta teoretică constă în răspunsul fiecărui student la un set separat de întrebări; componenta practică presupune determinarea parametrilor fundamentali ai antenelor.	30
11.5 Seminar/laborator/proiect	Bază teoretică şi documentaţie Claritatea explicaţiilor privind principiile antenelor Referinţe corecte la literatura ştiinţifică şi standardele relevante Justificarea tipului de antenă ales Proiectarea şi analiza antenei Corectitudinea calculului parametrilor antenei (câştig, directivitate, impedanţă, polarizare etc.) Utilizarea software-ului de simulare pentru analiza radiaţiei antenei Optimizarea proiectului în funcţie de aplicaţie	Evaluarea prin Raport Tehnic Studenţii trebuie să întocmească un raport scris care să includă fundamentele teoretice, calculele, simulările şi concluziile. Evaluarea se concentrează pe claritatea explicaţiilor, corectitudinea calculelor şi analiza rezultatelor. Evaluarea prin Simulare şi Modelare Numerică Se utilizează software specializat pentru proiectarea şi analiza antenelor. Profesorul evaluează acurateţea modelării şi interpretarea corectă a rezultatelor.	30
11.6 Condiţii de promovare			
Minim 50 puncte.			

12. Coroborarea conţinutului disciplinei cu aşteptările reprezentanţilor angajatorilor şi asociaţiilor profesionale reprezentative din domeniul aferent programului, precum şi cu stadiul actual al cunoaşterii în domeniul ştiinţific abordat şi practicile în instituţii de învăţământ superior din Spaţiul European al Învăţământului Superior (SEÎS)

Universitatea Naţională de Ştiinţă şi Tehnologie Politehnica Bucureşti

Facultatea de Electronică, Telecomunicaţii şi

Tehnologia Informaţiei

Dezvoltarea fără precedent a sistemelor de comunicaţii radio, a senzorilor şi sistemelor de detecţie wireless, precum şi a tehnologiilor de urmărire electromagnetică a făcut ca echipamentele radio să devină omniprezente. Structura oricărui sistem radio include cel puţin o antenă. Tendinţa de miniaturizare a echipamentelor şi cerinţa de eficienţă spectrală impun dezvoltarea de noi tipuri şi variante de antene. Industria are nevoie de ingineri calificaţi, specializaţi în domeniul radio, cu o bază solidă în antene şi modelarea canalelor radio, capabili să dezvolte produse şi servicii noi.

Planul de învăţământ al cursului răspunde cerinţelor actuale de dezvoltare şi progres, fiind în concordanţă cu serviciile economiei europene în domeniul Ingineriei Electronice şi Telecomunicaţiilor, precum şi cu programul de studii Tehnologia şi sistemele de telecomunicaţii (TST). În contextul avansului tehnologic actual, domeniile de aplicare a câmpurilor radiofrecvenţă sunt practic nelimitate, incluzând aplicaţii şi bunuri de consum (terminal mobil „smartphone”), domeniul medical (tratament, imagistică), militar (sisteme speciale de comunicaţii, sisteme radar integrate şi ghiduri de unde radio), securitate (sisteme de supraveghere), comunicaţii profesionale de înalt nivel şi altele.

Acest curs oferă absolvenţilor de licenţă competenţe în acord cu nevoile actuale, o pregătire tehnică şi ştiinţifică solidă, facilitând angajarea rapidă după absolvire. Această politică este în conformitate cu Universitatea Politehnica din Bucureşti, atât în ceea ce priveşte conţinutul şi structura cursului, cât şi în ceea ce priveşte competenţele şi deschiderea internaţională oferită absolvenţilor.

Data completării	Titular de curs	Titular(i) de aplicaţii
21.09.2026	Prof. Dr. Alina Badescu	Prof. Dr. Alina Badescu

Data avizării în departament	Director de departament
22.09.2026	Conf. Dr. Serban Georgica Obreja

Data aprobării în Consiliul Facultăţii	Decan
22.09.2026	Prof. Dr. Mihnea Udrea