**fișa disciplinei**

**1. Date despre program**

|  |  |
| --- | --- |
| 1.1 Instituția de învățământ superior/ | Universitatea Națională de Știință și Tehnologie POLITEHNICA din București/ |
| 1.2 Facultatea | **Facultatea de inginerie aerospațială** |
| 1.3 Departamentul | **Ingineria sistemelor aeronautice si management aeronautic „Nicolae Tipei”** |
| 1.4 Domeniul de studii universitare | Inginerie aerospațială |
| 1.5 Programul de studii universitare | Echipamente si instalații de aviație |
| 1.6 Ciclul de studii universitare | Licență |
| 1.7 Limba de predare | Română |
| 1.8 Locația geografică de desfășurare a studiilor | București |

**2. Date despre disciplină**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2.1 Denumirea disciplinei/ Cours title  (ro)  (en) | | | **Tehnologia fabricației aparatelor de bord**  **Avionics manufacturing technology** | | | | | | | |
| 2.2 Titularul activităților de curs | | | | | Valentin PANĂ | | | | | |
| 2.3 Titularul activităților de laborator | | | | | Valentin PANĂ | | | | | |
| 2.4 Anul de studiu | 4 | 2.5 Semestrul | | II | | 2.6. Tipul de evaluare | V | | 2.7 Statutul disciplinei | Ob |
| 2.8 Categoria formativă | | DS | | 2.9 Codul disciplinei | | | | UPB.09.S.08.O.014 | | |

**3. Timpul total** (ore pe semestru al activităților didactice

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 3.1 Număr de ore pe săptămână | 3 | | Din care: 3.2 curs | | 2 | 3.3 laborator | 1 |
| 3.4 Total ore din planul de învățământ | 56 | | Din care: 3.5 curs/ | | 28 | 3.6 laborator | 14 |
| Distribuția fondului de timp | | | | | | | ore |
| Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe. Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate Pregătire proiect, teme, referate, portofolii și eseuri | | | | | | | 40 |
| Tutorat | | | | | | | 14 |
| Examinări | | | | | | | 4 |
| Alte activități (dacă există): | | | | | | |  |
| **3.7 Total ore studiu individual** | | **58** | |
| 3.8 Total ore pe semestru | | **100** | |
| 3.9 Numărul de credite | | **4** | |

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

|  |  |
| --- | --- |
| 4.1 de curriculum | Parcurgerea următoarelor discipline: Construcția aparatelor de bord, Elemente de calcul al aparatelor de bord, Echipamente de bord și navigație aeriană, Tehnologia materialelor, Dispozitive și circuite electronice. |
| 4.2 de rezultate ale învățării | Cunoașterea aprofundată a următoarelor domenii: Algebra, Analiza, Limbaje avansate de programare, Mecanica, Fizică. |

**5. Condiții necesare pentru desfășurarea optimă a activităților didactice** (acolo unde este cazul)/

|  |  |
| --- | --- |
| 5.1 de desfășurare a cursului | Cursul se va desfășura într-o sală dotată cu videoproiector și computer. |
| 5.2 de desfășurare a laboratorului | Laboratorul se va desfășura într-o sală cu dotare specifică, care trebuie să includă rețea de calcul necesara lucrului asistat la modelarea și proiectarea proceselor tehnologice specifice în realizarea aparatelor de bord. Software utilizat MATLAB. |

**6. Obiectiv general**

Această disciplină se studiază în cadrul domeniului INGINERIE AEROSPATIALA /specializarea ECHIPAMENTE SI INSTALATII DE BORD și își propune să familiarizeze studenții cu principalele abordări, modele și teorii explicative ale domeniului, utilizate în rezolvarea de aplicații practice și probleme, cu relevanță pentru stimularea procesului de învățare la studenți.

Scopul general al disciplinei este însușirea și aprofundarea cunoștințelor privind tehnologiile de fabricație ale aparatelor de bord, ca suport pentru proiectarea, realizarea și testarea acestor echipamente în cadrul aplicațiilor aerospațiale. Studenții vor înțelege etapele parcurse în realizarea echipamentelor de bord și modul în care diferitele tehnologii (mecanice, electronice, micro-electromecanice) contribuie la obținerea unor dispozitive fiabile și performante. Disciplina abordează atât aspecte de concepție (proiectare, integrare de sistem) cât și de execuție (materiale, procese de fabricație, control de calitate), oferind viitorilor ingineri o viziune completă asupra ciclului de viață al aparatelor de bord.

Elemente importante în atingerea acestui scop:

* **Înțelegerea fundamentelor teoretice** ale tehnologiilor de fabricație a aparatelor de bord, incluzând elemente de mecanică fină, electronică și microtehnologii, necesare pentru conceperea și realizarea echipamentelor de bord.
* **Cunoașterea și clasificarea tehnologiilor de producție** utilizate în construcția aparatelor de bord, de la prelucrări mecanice clasice la tehnici moderne de microprelucrare (pentru senzori MEMS – sisteme micro-electro-mecanice), cu evidențierea principiilor de funcționare și a domeniilor de aplicabilitate ale fiecărei tehnologii.
* **Capacitatea de analiză a performanțelor și constrângerilor de fabricație,** prin evaluarea criteriilor de selecție a materialelor și proceselor în funcție de cerințele de precizie, fiabilitate și greutate specifice avionicii; înțelegerea modului în care parametrii tehnologici influențează calitatea și caracteristicile funcționale ale aparatelor de bord.
* **Aplicarea metodelor de modelare și simulare numerică** în proiectarea tehnologică, prin dezvoltarea de modele matematice pentru procese de fabricație sau componente (de exemplu, simularea comportării unui senzor inerțial MEMS în mediul MATLAB/Simulink), în vederea optimizării acestor procese înaintea implementării practice.
* **Integrarea soluțiilor obținute** în sistemele aviatice complexe, prin abordarea aparatelor de bord ca părți ale unui ansamblu integrat de avionică: studenții vor înțelege cum se realizează asamblarea și interconectarea componentelor hardware (mecanice și electronice) și cum se asigură compatibilitatea dintre ele din punct de vedere constructiv și funcțional.
* **Dezvoltarea abilităților de proiectare inginerească** în contextul fabricației aparatelor de bord, incluzând: selectarea tipului optim de senzor sau dispozitiv pentru o anumită aplicație, alegerea materialelor și a tehnologiei de execuție potrivite, elaborarea planurilor de operații și identificarea metodelor de testare și calibrare post-fabricație.
* **În cadrul laboratorului**, accentul este pus pe aplicarea practică a cunoștințelor prin realizarea unui proiect de fabricație pentru un aparat de bord. Studenții vor parcurge etapele de definire a cerințelor și proiectare preliminară a componentelor (de exemplu, proiectarea unei capsule aneroid pentru un altimetru), vor alege tehnologiile de fabricație adecvate și vor întocmi planul de operații pentru obținerea dispozitivului respectiv. Se folosesc instrumente asistate de calculator (ex: MATLAB) pentru modelarea unor procese sau a comportării dispozitivelor, iar rezultatele simulate sunt analizate statistic în vederea validării soluțiilor tehnice propuse. Acest demers practic consolidează legătura dintre teorie și aplicație, pregătind studenții să facă față provocărilor reale din industria de avionică.

**7. Rezultatele învățării**

|  |  |
| --- | --- |
| **Cunoștințe** | * **Enumeră** principalele categorii de tehnologii de fabricație utilizate în realizarea aparatelor de bord (prelucrări mecanice de precizie, tehnologii de asamblare electronică, tehnici de microprelucrare MEMS etc.) și descrie caracteristicile generale ale fiecăreia. * **Identifică și explică etapele procesului de proiectare și fabricație a unui echipament de bord** (proiectare conceptuală, proiectare tehnologică, prototipare, testare, producție de serie, calibrare) și evidențiază importanța fiecărei etape în asigurarea calității produsului final. * **Explică rolul materialelor** în construcția aparatelor de bord și exemplifică tipurile de materiale utilizate (metalice, compozite, semiconductoare etc.), precizând criteriile de selecție a acestora în funcție de cerințele dispozitivului (rezistență mecanică, stabilitate termică, sensibilitate electromagnetică etc.). * **Clasifică principalele tehnologii de microprelucrare** folosite la fabricarea senzorilor inerțiali tip MEMS (cum ar fi litografia, depunerea de straturi subțiri, gravarea chimică sau fizică) și compară avantajele și limitările fiecărei tehnologii în contextul avionicii moderne. * **Enumeră metodele de testare și calibrare** folosite pentru verificarea aparatelor de bord (testarea funcțională a instrumentelor de cabină, calibrarea senzorilor de navigație, încercări de vibrații și șoc, teste de mediu etc.) și explică importanța acestor metode în asigurarea fiabilității și acurateței echipamentelor. * **Identifică și descrie** principiile și metodele de bază ale ingineriei aerospațiale. * **Analizează și explică** rezultate teoretice și experimentale, documentație tehnică , fenomene și procese din domeniul aerospațial. |
| **Abilități** | * **Identifică soluții** tehnologice adecvate pentru fabricarea unui anumit aparat de bord, ținând cont de cerințele de proiectare și constrângerile impuse (precizie, greutate, mediu de operare, costuri). * **Aplică instrumente software de modelare și simulare** pentru a reproduce aspecte ale procesului de fabricație sau ale funcționării unui dispozitiv de bord * **Propune un plan de fabricație pentru un aparat de bord,** stabilind succesiunea operațiilor tehnologice (plan de operații) și resursele necesare, precum și măsuri de control al calității în fiecare etapă. * **Dezvoltă** și documentează **scheme de asamblare și integrare** pentru componente mecanice și electronice ale unui echipament de bord, utilizând cunoștințele despre interfețele fizice și compatibilitatea materialelor * Formulează concluzii și puncte de vedere privind **alegerea materialelor și tehnologiilor** de fabricație într-un context dat * **Anticipează** etapele necesare pentru **prototiparea și testarea** unui aparat de bord nou, elaborând un plan care include atât realizarea prototipului cât și definirea procedurilor de verificare (teste de laborator, calibrare inițială, evaluarea erorilor) * **Adaptează procesele tehnologice** standard în funcție de cerințe speciale sau limitări impuse de designul aparatului de bord * Interpretează corect rezultatele testelor și măsurătorilor efectuate pe prototipurile de aparate de bord, identificând eventualele **defecțiuni de fabricație sau erori de asamblare** și propune măsuri de remediere. * **Operează cu principii și metode de bază** din domeniu și le asociază cu reprezentări grafice specifice domeniului ingineriei aerospațiale. * **Aplică** principii și metode de bază din tehnologiile digitale și rezolvă probleme de complexitate medie asociate reprezentărilor grafice, bazelor de date, modelării și simulării, specifice ingineriei aerospațiale. * **Selectează și aplică** concepte, principii și metode de bază din domeniu pentru calcule specifice unor aplicații aerospațiale. * **Selectează și aplică** criterii, principii și metode de evaluare pentru identificarea, modelarea și experimentarea fenomenelor și proceselor specifice ingineriei aerospațiale, analizează și interpretează rezultatele obținute. * **Elaborează** proiecte profesionale de complexitate medie prin selectarea, combinarea și utilizarea de concepte, principii, metodologii și tehnologii din domeniu. * **Utilizează** cunoștințelor din disciplinele fundamentale ale ingineriei în efectuarea de calcule, demonstrații și aplicații, pentru rezolvarea de sarcini specifice ingineriei aerospațiale. * **Utilizează** programe de calcul comerciale și a tehnologiilor digitale pentru rezolvarea de sarcini specifice ingineriei aerospațiale, în general, și a celor specifice analizei și proiectării echipamentelor de dirijare, navigație și comandă a aeronavelor, în particular. * **Modelează și** **analizează** dinamica aeronavelor, proiectează sistemele de comandă a zborului, a echipamentelor de stabilizare și reglare automată de la bordul aeronavelor. * **Utilizează și evaluează** performanțele aparatelor de bord și a echipamentelor electrice și hidraulice ale aeronavelor. * **Întreține și inspectează** sistemele și echipamentele de avionică, efectuează diagnoza defectelor și dă soluții de reparare a acestora. * **Selectează, combină și utilizează** cunoștințele, principiile și metodele din științele de bază ale domeniului inginerie aerospațială și asocierea acestora cu scheme funcționale și reprezentări grafice-desen tehnic pentru rezolvarea de sarcini specifice ingineriei aerospațiale si de sistem. |
| **Responsabilitate și autonomie** | * **Selectează și utilizează surse bibliografice relevante** din domeniul ingineriei aerospațiale și al tehnologiilor de fabricație, demonstrând discernământ în evaluarea calității informațiilor. * **Respectă principiile de etică academică,** citând corect sursele de documentare utilizate și demonstrând integritate în realizarea proiectelor și lucrărilor practice. * **Demonstrează autonomie și inițiativă** în realizarea de lucrări științifice sau proiecte practice originale în domeniul aparatelor de bord, implicându-se activ în documentare, experimentare și optimizare a soluțiilor tehnice propuse. * **Demonstrează receptivitate** pentru contexte noi de învățare și flexibilitate la progresul tehnologic din domeniul fabricației aparatelor de bord. * **Cooperează eficient cu colegii** și cu cadrele didactice în desfășurarea activităților de echipă, contribuind la un climat constructiv și împărtășind cunoștințe și experiențe pentru rezolvarea sarcinilor comune. * Demonstrează **capacitate de organizare autonomă** a timpului și a resurselor de învățare, atât în pregătirea individuală, cât și în gestionarea unei situații-problemă. * **Manifestă responsabilitate socială** prin implicarea activă în viața socială studențească/implicare în evenimentele din comunitatea academică. * Promovează **soluții inovatoare și sustenabile** în domeniul fabricației echipamentelor de bord (cum ar fi utilizarea unor materiale ecologice sau optimizarea proceselor pentru reducerea deșeurilor), contribuind astfel la îmbunătățirea calității vieții și la protecția mediului înconjurător. * Conștientizează valoarea contribuției sale în calitate de inginer în **dezvoltarea de tehnologii de fabricație avansate**, identificând oportunități de aplicare a acestora pentru rezolvarea unor probleme practice din industrie și societate * **Aplică principii de etică/deontologie profesională în analiza impactului tehnologic al soluțiilor propuse** în domeniul aparatelor de zbor asupra mediului înconjurător. Programe de conversie a tehnologiilor militare la aplicații civile. * **Analizează și interpretează oportunități de afaceri și de dezvoltare antreprenorială** în sectorul producției de echipamente aerospațiale * **Demonstrează abilități de management** al situațiilor din viața reală gestionând atent timpul aferent fiecărei activități. * **Selectează** și utilizează surse bibliografice specifice domeniului ingineriei aerospațiale. * **Demonstrează autonomie** în învățare pe problematici specifice domeniului ingineriei aerospațiale. * **Execută responsabil sarcinile profesionale**, cu respectarea valorilor și eticii profesionale, în condiții de autonomie restrânsă și asistență calificată, pe baza documentării, raționamentului logic, convergent și divergent, aplicabilității practice, evaluării, autoevaluării și deciziei optime. * **Realizează activități** și desfășoară roluri specifice muncii în echipă pe diferite responsabilități și distribuie de sarcini pentru nivelurile subordonate, pe baza comunicării și dialogului, cooperării, atitudinii pozitive și respectului fată de ceilalți, recunoașterii diversității și multiculturalității, utilizării feed-back-ului pentru îmbunătățirea activității proprii, spiritului de inițiativă și conștientizării limitărilor impuse de echipa de conducere. * **Autoevaluează** obiectiv nevoia de formare profesională continuă și deschiderea către învățarea pe tot parcursul vieții, precum și utilizarea eficientă a abilităților lingvistice, a cunoștințelor de tehnologia informației și a comunicării pentru dezvoltarea personală și profesională, în scopul inserției pe piața muncii și al adaptării la dinamica cerințelor acesteia |

**8. Metode de predare**

Pornindu-se de la analiza caracteristicilor de învățare ale studenților și de la nevoile lor specifice, procesul de predare pentru disciplina Tehnologia fabricației aparatelor de bord valorifică metode didactice centrate pe student, care stimulează implicarea activă, descoperirea, colaborarea și aplicabilitatea practică.

Se utilizează o combinație echilibrată de metode expozitive (prelegere, expunere) și metode interactive-conversative, precum învățarea prin descoperire, modelarea matematică și simularea, completate de metode bazate pe acțiune: exerciții, activități practice și rezolvarea de probleme tehnice.

În cadrul activității de la curs:

Se vor desfășura prelegeri interactive, susținute cu ajutorul unor prezentări PowerPoint ilustrate cu imagini, grafice, diagrame și animații pentru facilitarea înțelegerii conceptelor abstracte;

Fiecare curs debutează cu o recapitulare a temelor abordate anterior, subliniind legăturile dintre conceptele deja prezentate și relevanța practică a noțiunilor noi, astfel încât acumularea cunoștințelor să se realizeze progresiv și coerent.

Se utilizează materiale multimedia demonstrative – videoclipuri scurte, animații și simulări – care ilustrează funcționarea aparatelor de bord și etapele unor procese tehnologice (de exemplu, animații care arată cum se gravează un senzor MEMS sau cum se asamblează un instrument de bord mecanic), pentru a oferi studenților o perspectivă concretă asupra aplicării teoriei.

Exemplele și studiile de caz sunt prezentate secvențial, sub forma unor demonstrații ale fluxului tehnologic, invitând studenții să participe activ la completarea acestora.

În activitatea de laborator:

Studenții lucrează individual și în echipe, realizând modelări și simulări asistate de calculator legate de procesele tehnologice sau de comportarea aparatelor de bord. Se folosesc medii software specializate pentru proiectare si simulare.

Se vor rezolva sarcini tehnice, proiecte și studii de caz bazate pe scenarii reale sau simulate;

Va fi încurajată autoevaluarea și reflecția critică, prin discutarea în grup a rezultatelor obținute și prin analiza comparativă a soluțiilor implementate.

Pentru a asigura participarea activă și progresul fiecărui student:

Se va monitoriza ritmul de asimilare a cunoștințelor și se vor oferi sesiuni de clarificare și sprijin în cazul identificării unor rămâneri în urmă.

Studenții vor fi încurajați să aleagă teme de lucru personalizate (în cadrul laboratoarelor), în funcție de interesele proprii sau domeniul de aplicație vizat.

Se vor exersa constant abilitățile de ascultare activă și comunicare asertivă, prin lucrul în echipă, dezbateri aplicate și construirea feedbackului constructiv.

Această abordare didactică urmărește să creeze un climat favorabil învățării prin descoperire, în care fiecare student este sprijinit în construcția unui parcurs propriu de învățare, bazat pe înțelegere profundă, aplicabilitate practică și autonomie profesională.

**9. Conținuturi**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **CURS** | | |
| **Capitolul** | **Conținutul** | **Nr. ore** |
| I | Caracteristici specifice în proiectarea și realizarea sistemelor de pe aeronavă.  **Organizarea procesului de proiectare și fabricație**.  Avionica digitală - Modelare și simulare.  Materiale utilizate în realizarea aparatelor de bord. | **14** |
| II | Materiale utilizate în realizarea structurilor microelectromecanice (MEMS) - caracteristici, comparații.  **Microprelucrări utilizate in realizarea dispozitivelor MEMS**.  Tehnologii utilizate în realizarea senzorilor inerțiali de tip MEMS.  Procese tehnologice utilizate în realizarea elementelor sensibile elastice.  Metode de testarea a aparatelor de bord. | **14** |
|  | **Total:** | **28** |
| **Bibliografie:**   1. **Pană V., Tehnologia fabricației aparatelor de bord – suport de curs (Seria EIA, 2025), material electronic disponibil pe platforma Moodle https://curs.upb.ro/2024/course/view.php?id=8398"** 2. **Cary R. Spitzer, Avionics Development and Implementation, CRC Press, 2007.** 3. **Allan Seabridge, Ian Moir, Design and Development of Aircraft Systems (Third Edition), Wiley, 2020.** 4. **Traian Demian, Mecanisme și elemente constructive de mecanică fină, Editura Didactică și Pedagogică, 1982** | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **LABORATOR** | | |
| **Nr. crt.** | **Conținutul** | **Nr. ore** |
| 1. | **Analiza caracteristicilor utilizate în proiectarea capsulelor (elemente elastice)** | 2 |
| 2. | **Analiza planului de operații pentru fabricația capsulelor** | 2 |
| 3. | **Modelarea senzorilor inerțiali MEMS considerând influența proceselor tehnologice** | 4 |
| 4. | **Analiza statistică a datelor experimentale** | 2 |
| 5. | **Analiza erorilor de fabricație în funcție de procesele tehnologice** | 4 |
|  | **Total:** | **14** |
| **Bibliografie:**   1. **Pană V., Tehnologia fabricației aparatelor de bord – suport de curs (Seria EIA, 2025), material electronic disponibil pe platforma Moodle https://curs.upb.ro/2024/course/view.php?id=8398"** 2. **Traian Demian, Mecanisme și elemente constructive de mecanică fină, Editura Didactică și Pedagogică, 1982** 3. **Volker Kempe, Inertial MEMS: Principles and Practice, Cambridge University Press, 2011** | | |

**10. Evaluare**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Tip activitate | 10.1 Criterii de evaluare | 10.2 Metode de evaluare | 10.3 Pondere din nota finală |
| 10.4 Curs | Rezolvarea subiectelor de colocviu | Colocviu scris | 20% |
| - Înțelegerea etapelor și proceselor tehnologice implicate în realizarea aparatelor de bord  - Capacitatea de a explica relația între performanțele funcționale ale unui aparat de bord și caracteristicile impuse prin procesul tehnologic  - Redarea corectă a etapelor de fabricație pentru elemente structurale sensibile  -Utilizarea corectă a terminologiei tehnice specifice fabricării echipamentelor de bord. |  |  |
| 10.5 Laborator | - Aplicare metodelor de analiză a elementelor elastice utilizate în capsulele aparatelor de bord;  - Identifică și justifică etapele procesului tehnologic;  - Modelează comportamentul senzorilor inerțiali MEMS, ținând cont de influența variațiilor apărute în fabricație;  - Utilizează metode statistice de bază (dispersie, deviație standard, histograme) pentru analiza datelor experimentale;  - Analiza erorilor de fabricație și identificarea posibilelor cauze tehnologice;  - Elaborarea documentația tehnologice specifică unui subansamblu din cadrul unui aparat de bord;  - Simulează comportamentului unui traductor (capsulă, senzor MEMS). | Evaluare laborator si alte notari | 60%  20% |
| Aplicarea corectă a metodelor numerice în analiza semnalelor senzorilor inerțiali; |  |  |
| 10.6 Condiții de promovare | | | |
| Obținerea a 50% din punctajul total. | | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Data completării | Titular de curs  SL Valentin PANA | Titular de aplicații  SL Valentin PANA |
|  |  |  |
|  |  |  |
| Data avizării în departament | Director de departament Prof. Teodor-Viorel CHELARU    \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | |
|  |  | |
| Data aprobării în Consiliul Facultății | Decan Prof. Daniel-Eugeniu CRUNTEANU | |