FIŞA DISCIPLINEI

1. Date despre program

1.1 Instituţia de învăţământ superior	**Academia Tehnică Militară „*Ferdinand I*”, Bucureşti**
1.2 Facultatea	**Sisteme Integrate de Armament, Geniu și Mecatronică**
1.3 Departamentul	**Ingineria sistemelor de armament și Mecatronică**
1.4 Domeniul de studii	**Inginerie de armament, rachete şi muniţii**
1.5 Ciclul de studii	**Licență**
1.6 Programe de studii / Calificări	***Armament, aparatură artileristică și sisteme de conducere a focului*** / *Ofițer inginer*
1.7 Forma de învățământ	**IF - Învățământ de zi, cu frecvență**
1.8 Codul disciplinei	**ARM.II.DS.02**

2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei	**Termodinamica sistemelor de armament, rachete şi muniţii**						
2.2 Titularul de curs	Gl.bg.(r) prof.dr.ing. Doru Gheorghe SAFTA – doru.safta@yahoo.com Col.prof.dr.ing. Liviu-Cristian MATACHE – liviu.matache@mta.ro						
2.3 Titularul activităţilor de seminar / laborator / proiect	Gl.bg.(r) prof.dr.ing. Doru Gheorghe SAFTA – doru.safta@yahoo.com Col.prof.dr.ing. Liviu-Cristian MATACHE – liviu.matache@mta.ro						
2.4 Anul de studiu	**II**	2.5 Semestrul	**3**	2.6 Tipul de evaluare	**E**	2.7 Regimul disciplinei	Obligatorie

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	**1/0**
3.4 Total ore din planul de învăţământ	**42**	din care: 3.5 curs	**28**	3.6 seminar / laborator	**14/0**
Distribuţia fondului de timp pentru studiul individual					70 ore
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie şi notițe					**20**
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate şi pe teren					**15**
Pregătire seminarii / laboratoare, teme, referate, portofolii şi eseuri					**15**
Tutoriat					**10**
Examinări					**10**
3.7 Total ore studiu individual	**70**				
3.8 Total ore pe semestru	**112**				
3.9 Numărul de credite	**4**				

4. Precondiții (acolo unde este cazul)

4.1 de curriculum	Analiză matematică I și II, Fizică I și Chimie
4.2 de competențe	*Capacitatea de a utiliza principiile fundamentale ale fizicii și chimiei, precum și metodele de calcul diferențial și integral, pentru analiza transformărilor termodinamice, efectuarea bilanțurilor energetice și rezolvarea problemelor simple privind proprietățile gazelor și transferul de căldură.*

5. Condiții (acolo unde este cazul)

5.1. de desfășurare a cursului	Orele de curs se vor desfășura în sălile de clasă alocate grupei. În condiții de risc pentru sănătate (de ex. pandemie), orele de curs se vor putea derula în sistem online. Cursul este predat folosind slide-uri în PowerPoint și tabla, fiind interactiv și completat de aplicații pe cazuri practice din domeniul ingineriei de armament, rachete si muniții. Cursul asigură predarea progresivă a noțiunilor de bază și a unor noțiuni speciale din domeniile termodinamicii clasice și termochimiei.
5.2. de desfășurare a seminarului / laboratorului /~~ proiectului~~	Orele de seminar se vor desfășura în săli de curs sau în laboratoare dedicate domeniului respectiv din cadrul departamentului. Pentru a înlesni formarea deprinderilor de calcul și fixarea noțiunilor teoretice, studenții vor rezolva la seminar și unele probleme și aplicații numerice. De asemenea, se vor prezenta unele lucrări de laborator și metode de testare importante pentru

	domeniul sistemelor de armament, rachete și muniții.

6. Competențele specifice acumulate

Competențe profesionale	C1 Analiza principiilor constructiv-funcționale ale sistemelor de armament, rachete, muniții și materialelor explozive; C2 Modelarea fenomenelor și proceselor specifice domeniului ingineriei sistemelor de armament, rachete, muniții și materiale explozive, precum și rezolvarea problemelor asociate prin aplicarea cunoștințelor, conceptelor și metodelor de bază din domeniu;
Competențe transversale	CT1 Executarea responsabilă a sarcinilor profesionale, cu respectarea valorilor și eticii profesiei de inginer, în condiții de autonomie restrânsă și asistență calificată, pe baza documentării, raționamentului logic, aplicabilității practice, evaluării, autoevaluării și deciziei optime CT2 Realizarea activităților și desfășurarea rolurilor specifice muncii în echipă pe diferite responsabilități, precum și distribuirea de sarcini pentru nivelurile subordonate, pe baza comunicării și dialogului, cooperării, atitudinii pozitive și respectului reciproc, utilizării feed-back-ului pentru îmbunătățirea activității proprii, spiritului de inițiativă și conștientizării limitelor impuse de echipa de conducere CT3 Autoevaluarea obiectivă a nevoii de formare profesională continuă și deschiderea către învățare 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
Rezultatele învățării	**Cunoștințe** - explică conceptele fundamentale ale termodinamicii cu aplicabilitate în domeniul sistemelor de armament, rachete, muniții și materiale explozive. - cunoaște noțiunile fundamentale ale termodinamicii. - descrie principiile termodinamice cunoscând mărimile ce intervin în cadrul acestora. - cunaște metodele de calcul (analitice, numerice, experimentale) utilizate în cadrul termodinamicii **Aptitudini** - aplică metode numerice și software specializat pentru determinarea compozițiilor de echilibru în cazul funcționării unui motor rachetă. - aplică principii, metode și utilizeaă echipamente specifice pentru măsurarea temperaturii și presiunii. - aplică metode pentru calculul entalpiei și entropiei absolute ale unor produși de reacție la anumite temperaturi, cu considerarea tranzițiilor de fază. - aplică metode pentru calculul constantelor de echilibru pentru reacțiile de disociere. **Responsabilitate și autonomie** - argumentează soluții ale compozițiilor de echilibru în cazul funcționării unui motor rachetă, în baza rezultatelor obținute din calcule și simulări. - propune modele și metode de calcul adaptate diferitelor tipuri de motoare rachetă. - evaluează critic corectitudinea și relevanța rezultatelor obținute, asumând responsabilitatea pentru interpretarea acestora în contexte practice.

7. Obiectivele disciplinei (reieșind din grila competențelor specifice acumulate)

7.1 Obiectivul general al disciplinei	• Însușirea și aprofundarea principiilor fundamentale ale termodinamicii, cu aplicații în domeniul ingineriei sistemelor de armament, rachete, muniții, materiale explozive precum și cunoașterea unor programe de calcul si medii de simulare numerica.
7.2 Obiectivele specifice	• Formarea deprinderilor de a rezolva probleme teoretice și aplicative din domeniul termodinamicii în vederea asimilării riguroase a disciplinelor tehnice de specialitate și abordării tehnologiilor avansate în domeniul specializării; • Rezolvarea unor probleme concrete și aplicații tipice sistemelor de armament, rachete, muniții și materiale explozive. • Utilizarea mediilor de programare specifice termodinamicii în vederea implementării metodelor numerice studiate.

8. Conținuturi

8.1 Curs	Metode de predare	Observații
1. Noțiuni fundamentale folosite de Termodinamica Tehnică **1.1.** Sistem termodinamic, stare termodinamică. Starea gazoasă – gaze perfecte,	*Prelegeri, discuții cu ilustrări*	

gaze reale, ecuații de stare. Legea lui Joule. Transformări simple. Coeficienți termomecanici (termoelastici) **1.2.**Variabile de stare, proprietățile funcțiilor de stare. Funcții de proces. Variabile extensive și intensive în sisteme termodinamice în care au loc reacții chimice. Principiul zero al termodinamicii.	*utilizând - PC si videoproiector*	**4**
2. Principiul I al Termodinamicii (Principiul Conservării Energiei) **2.1.** Schimburi de energie. Lucrul mecanic de proces, cantitatea de căldură și energia internă. Echivalența dintre lucrul mecanic și căldură. Formulări ale primului principiu al termodinamicii. Entalpia. **2.2.** Capacitatea calorică. Căldura latentă și schimbarea de fază. Transformări termodinamice reversibile pentru sisteme închise – izotermă, izocoră, izobară, adiabatică și politropă. Transformări reversibile în cazul sistemelor deschise. Ecuații calorice de stare.		**6**
3. Principiul al II-lea al Termodinamicii (Principiul Evoluției sau Creșterii Entropiei) **3.1.** Procese reversibile și ireversibile. Formulări ale principiului al II-lea al termodinamicii. Definirea entropiei. Relațiile lui Rudolf Clausius. Ecuația fundamentală a termodinamicii. Calculul variației de entropie. Interpretarea statistică a entropiei. **3.2.** Cicluri termodinamice – Carnot, Otto, Diesel, Brayton-Joule, Atkinson, Rankine, Stirling. Lucrul mecanic util. Randamentul termic. Exemplificări de motoare și instalații termice.		**8**
4. Principiul al III-lea al Termodinamicii (Principul lui Plank) **4.1.** Definirea principiului - Teorema lui Walter Nernst și Postulatul lui Max Plank.. Valoarea absolută a entropiei. Entropia configurațională reziduală. Entropia de formare standard. Variația entropiei în sisteme cu reacții chimice.		**2**
5. Potențiale termodinamice. Echilibrul sistemelor termodinamice **5.1.** Noțiunea de potențial. Potențialele Helmholtz şi Gibbs. Relațiile termodinamice ale lui Maxwell. Ecuațiile lui Gibbs. Exprimarea potențialului chimic în funcție de compoziția sistemului. **5.2.** Echilibrul termodinamic și transformările de fază. Legea fazelor a lui Gibbs. Elemente privind stabilitatea termodinamică a sistemelor.		**4**
6. **Transferul termic** **6.1.** Transferul de căldură – conducția, convecția și radiația termică. Transferul global de căldură prin pereți plani și cilindrici.		**4**
TOTAL ORE		**28**

Bibliografie

1. Bejan A., *Advanced Engineering Thermodynamics*, *Ed. III* , John Wiley & Sons, 2006
2. Bourceanu G., *Fundamentele termodinamicii chimice*, Ed. Tehnică, 2009
3. Gavriliuc R., *Elemente de termodinamică experimentală*, Ed. Matrix Rom, Bucureşti, 2005
4. Linan A., Wiliams W.A., *Fundamental aspects of combustion*, Oxford University Press, 1993
5. Marinescu M., Ganea I., Stanciu D., *Termogazodinamică*, Ed. AGIR, 2006
6. Moran M., Shapiro H., *Fundamentals of engineering thermodynamics*, New York, 1999
7. Safta D., *Termodinamica propulsiei şi elemente de dinamica zborului rachetei*, Ed. ATM, Bucureşti, 2004
8. Safta D., Ghizdavu V., Istode L., *Tehnologia sistemelor de propulsie aerospaţiale*, Ed. ATM, Bucureşti, 2008
9. Sutton G.P., *Rocket propulsion elements*, John Wiley & Sons, New York, 2002
10. Tomoaia - Cotisel M., Horovitz O., s.a., *Termodinamică chimică în aplicaţii numerice*, *diagrame şi teste*, Presa univ. Clujeana, 2008
11. Van Wylen G., *Fundamentals of classical thermodynamics*, John Wiley & Sons, New York, 1993
12. Vasile T., Safta D., Barbu C., *Termodinamica proceselor nestaționare*, Ed. ATM, București, 2005

8.2 Seminar / laborator / proiect	Metode de desfășurare	Observații
S1. Principii, metode și aparate folosite pentru măsurarea temperaturii și presiunii. Sisteme de achiziții de date pentru experimentele termodinamice.	*Laboratoarele se vor desfăşura pe baza indicațiilor de lucru din platformele de laborator disponibile în format electronic pe serverul de E-Learning aflat în laborator.*	**2**
S2. Determinarea experimentală a parametrilor critici și a curbei presiunii. Determinarea raportului capacităților calorice ale gazelor Cp/Cv.		**2**
S3. Calculul entalpiei și entropiei absolute ale unor produși de reacție la anumite temperaturi, cu considerarea tranzițiilor de fază. Calculul constantelor de echilibru pentru reacțiile de disociere. Modul de lucru cu Tabelele JANAF.		**2**

S4. Calculul compoziției chimice de echilibru și a parametrilor termodinamici ai amestecului produșilor de ardere în m.r.c.s. – cazurile amestecului omogen disociat și respectiv eterogen disociat. Coduri/ programe pentru calculul termochimic al motorului (ex. „*Chemical Equilibrium with Applications*" – CEA). Influența temperaturii și a presiunii asupra echilibrului chimic.		**4**
S5. Determinarea experimentală a caracteristicilor balistice ale pulberilor propulsive, utilizând bomba manometrică.		**2**
S6. Testarea motoarelor rachetă cu combustibil solid – măsurarea temperaturii structurii motorului, a presiunii în camera de ardere și în ajutaj, precum și a forței de tracțiune. Teste specifice pulberilor și combustibililor pentru rachete.		**2**
TOTAL ORE		**14**

Bibliografie

1. Stan M., *Probleme rezolvate de termodinamică,* Matrix Rom, Bucuresti, 2009;
2. Bourceanu G., *Fundamentele termodinamicii chimice*, Ed. Tehnică, 2009;
3. Gavriliuc R., *Elemente de termodinamică experimentală*, Ed. Matrix Rom, Bucureşti, 2005;
4. Linan A., Wiliams W.A., *Fundamental aspects of combustion*, Oxford University Press, 1993;
5. Marinescu M., Ganea I., Stanciu D., *Termogazodinamică*, Ed. AGIR, 2006;
6. Moran M., Shapiro H., *Fundamentals of engineering thermodynamics*, New York, 1999;
7. Boureanu G., *Thermodynamique Chimique,* Cours universitaire, Edition du 20 Octobre 2004;
8. Safta D., Ghizdavu V., Istode L., *Tehnologia sistemelor de propulsie aerospațiale*, Ed. ATM, Bucureşti, 2008;
9. T. Vasile, D. Safta, C. Barbu, *Elemente de termodinanmica şi gazodinamica sistemelor balistice*, Editura ATM, Bucureşti, 2008
10. R. S. Fry*, Solid Propellant Test Motor Scaling*, CPTR 73, Chemical Propulsion Information Agency, July 2001;
11. Tomoaia - Cotisel M., Horovitz O., s.a., *Termodinamică chimică în aplicații numerice*, *diagrame şi teste*, Presa univ. Clujeana, 2008;
12. S. Gordon, B.J. McBride, *Computer Program for Calculation of Complex Chemical Equilibrium Compositions and Applications*, I. Analysis, NASA Reference Publication 1311, October 1994;
13. V. Yang, T.B. Brill, W.Z. Ren, *Solid Propellant Chemistry, Combustion, and Motor Interior* Minea A. A., Tehnici de simulare a proceselor termogazodinamice, Matrix Rom, Bucuresti, 2010;
14. Vasile T., Safta D., Barbu C., *Termodinamica proceselor nestaționare*, Ed. ATM, București, 2005.
15. ***, PEx-5, *Încercare la presiune şi la tracţiune a produselor speciale pe bancul de foc*, Ed. 2, Rev. 0, Laborator de Testări Speciale – RLTS, S.C. Electromecanica Ploieşti S.A., 2008;
16. ***, STANAG 4400 / Ed. 1, *Derivation of Thermochemical Values for Interior Ballistic Calculation*, NATO Military Agency for Standardization, 3 June 1993

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

Disciplina a fost introdusă conform standardelor naționale din domeniul „*Științe inginerești*", domeniul de studii „*Inginerie de armament, rachete și muniții*".

10. Evaluare

<table>
<tr><th>Tip activitate</th><th>10.1 Criterii de evaluare</th><th>10.2 Metode de evaluare</th><th>10.3 Pondere din nota finală</th></tr>
<tr><td>Curs
Cunoașterea, înţelegerea conceptelor, teoriilor şi metodelor de bază ale termodinamicii și utilizarea lor adecvată în comunicarea profesională.</td><td rowspan="2">Evaluare continuă (EC)
• Rezolvarea corectă a cerințelor formulate în testele intermediare;
• Participarea activă la orele de seminar.

Evaluare sumativă (ES)
• Cunoașterea terminologiei, a noțiunilor și a principiilor specifice termodinamicii;
• Rezolvarea corectă a cerințelor formulate în lucrarea scrisă.</td><td rowspan="2">Evaluare continuă (EC)
Studentul este evaluat pe parcursul semestrului prin:
• intermediul a două forme de verificare date în timpul semestrului, în cadrul seminariilor sau separat de seminarii;
• activitatea la orele de seminar.
Formele de verificare intermediare sunt propuse și evaluate în timpul semestrului. Nota acordată la fiecare formă de verificare (NTI) se obține ca medie a punctajului acordat fiecărei cerințe. Pentru fiecare cerință se va acorda un punct din oficiu cu condiția ca acea cerință să fie abordată. Punctajul acordat la evaluarea continuă (EC) este cuprins in intervalul 0 – 10 puncte si se obține conform relației EC=0,8 x NTI + 0,1 x NL + 0,1 x NS.

Evaluare sumativă (ES)
Studentul este evaluat prin lucrare scrisă (examen) în sesiunea de examene aferentă semestrului 3, la data stabilită de comun acord cu grupa de studenți.
Lucrarea scrisă va consta în patru cerințe – de verificare a cunoştinţelor, deprinderilor şi abilităţilor. Nota acordată la examenul scris se obţine ca medie a punctajului acordat fiecărei cerințe. Pentru fiecare cerință se va acorda un punct din oficiu cu condiția ca acea cerință să fie abordată.
Condiţii obligatorii:
- Participarea la orele de seminar</td><td>E C – 40%
(80 % teste
10% seminar
10% laborator)

E S – 60%</td></tr>
<tr><td>Seminar/~~Laborator~~</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">Nota finală a disciplinei se calculează folosind relația: NFD = 0,6 x ES + 0,4 x EC

Observații:
În cazul în care pentru NFD calculat rezultă o valoare mai mică sau egală cu 2, nota finală a disciplinei va fi nota 3 (NFD = 3).
În caz de neprezentare la examen, nota finală a disciplinei va fi nota 0 (NFD=0).
În caz de fraudă (inclusiv tentativa), nota finală a disciplinei va fi nota 1 (NFD = 1).
În caz de predare a subiectului de examen, nota finală a disciplinei va fi nota 2 (NFD = 2).</td></tr>
</table>

***În caz de re-examinare*:**
- În caz de re-examinare pe motiv de disciplină nepromovată, se poate re-evalua doar componenta sumativă (**ESR**). Testele intermediare NU pot fi repetate, rezultatele obținute in timpul semestrului (**EC**) fiind menținute.
Nota finală a disciplinei la re-evaluare în acest caz se calculează folosind relația: NFD = 0,6 x ESR + 0,4 x EC

- În caz de re-examinare în vederea măririi notei, re-examinarea se face printr-o singură evaluare sumativă (ESR) care va avea pondere 100%: NFD = ESR

10.4 Standard minim de performanţă

***Cerinţe minime de promovare* (pentru nota 5):**
-Cunoașterea noțiunilor fundamentale privind sistemele termodinamice, parametrii de stare și transformările termodinamice.
-Aplicarea principiului I al termodinamicii pentru calcularea schimburilor de căldură, lucrului mecanic și variației energiei interne.
-Aplicarea principiului al II-lea al termodinamicii și calcularea variației entropiei în procese simple.
-Identificarea principalelor cicluri termodinamice și determinarea randamentului termic în cazuri elementare.
- Cunoașterea noțiunilor de echilibru termodinamic, potențiale termodinamice și transformări de fază.
- Aplicarea relațiilor fundamentale privind transferul de căldură prin conducție, convecție și radiație.
- Rezolvarea unor probleme simple de termodinamică și termochimie, inclusiv determinarea unor parametri termodinamici ai produșilor de reacție.

Studentul trebuie să obțină minim nota 5 atât la evaluarea continuă, cât și la evaluarea sumativă;
- Studentul trebuie să fie activ la orele de seminar.

Cele 4 unităţi de credit se acordă pentru promovarea disciplinei cu cel puţin nota 5,00 (NFD ≥ 5).

	Titular de curs	Titular de seminar/laborator
Data completării:	*Prof. dr.ing.* Gheorghe SAFTA	*Prof. dr.ing.* Gheorghe SAFTA
.....	*Col.prof. dr.ing.* Liviu-Cristian MATACHE	*Col.prof. dr.ing.* Liviu-Cristian MATACHE
	.....	.....

Data avizării în Departament A-1

Director Departament A-1
Col. prof. univ. dr. ing.
Marius-Valeriu MATEI-CÎRMACI
.....

Data avizării în Consiliul facultăţii A: