

## FIȘA DISCIPLINEI

### 1. Date despre program

1.1 Instituția de învățământ superior	Universitatea Babeș–Bolyai, Cluj–Napoca
1.2 Facultatea	Chimie și Inginerie Chimică
1.3 Departamentul	Inginerie Chimică
1.4 Domeniul de studii	Inginerie Chimică
1.5 Ciclul de studii	Licență
1.6 Programul de studiu / Calificarea	Ingineria și informatica proceselor chimice și biochimice / inginer

### 2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei	<b>Conducerea evoluată a proceselor CLR2381</b>						
2.2 Titularul activităților de curs	Prof. dr. ing. Cristea Vasile Mircea						
2.3 Titularul activităților de seminar	Prof. dr. ing. Cristea Vasile Mircea						
2.4 Anul de studiu	IV	2.5 Semestrul	8	2.6. Tipul de evaluare	E	2.7 Regimul disciplinei	O

### 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	2
3.4 Total ore din planul de învățământ	56	Din care: 3.5 curs	28	3.6 seminar/laborator	28
Distribuția fondului de timp:					ore
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe					30
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate și pe teren					12
Pregătire seminarii/laboratoare, teme, referate, portofolii și eseuri					21
Tutoriat					3
Examinări					3
3.7 Total ore studiu individual	69				
3.8 Total ore pe semestru	125				
3.9 Numărul de credite	5				

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

4.1 de curriculum	• Nu este cazul
4.2 de competențe	• Noțiuni de bază de automatizarea proceselor chimice

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

5.1 De desfășurare a cursului	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Studenții se vor prezenta la cursuri și seminarii cu telefoanele mobile închise</li> <li>• Nu se acceptă întârzierea studenților la curs</li> </ul>
5.2 De desfășurare a seminarului	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Termenul predării temelor este stabilit de titularul de seminar de comun acord cu studenții. Nu se acceptă cererile de amânare decât pe motive obiectiv întemeiate.</li> <li>• Pentru predarea cu întârziere a temelor, acestea vor fi depunctate cu 0.5 pct./săptămână de întârziere</li> <li>• Nu se acceptă întârzierea studenților la seminar</li> </ul>

## 6. Competențele specifice acumulate

Competențe profesionale	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificarea și utilizarea adecvată a limbajului, conceptelor, abordărilor, teoriilor, modelelor și metodelor elementare pentru: monitorizarea procesului, automatizarea clasică și cea bazată pe sisteme de calcul a proceselor (bio)chimice</li> <li>Evaluarea și analiza performanțelor sistemelor de automatizare (traductoare, elemente de execuție, reglatoare, sisteme de protecție) și monitorizare (software și hardware) în ansamblul integrat proces-sistem de monitorizare/automatizare, în scopul identificării de soluții pentru îmbunătățirea performanțelor acestora</li> <li>Implementarea de soluții hardware/software pentru probleme tipice și elementare de îmbunătățire a sistemelor de monitorizare și automatizare procese (îmbunătățirea/introducerea de sisteme de măsură, reglare, monitorizare, prelucrare de date on/off-line)</li> <li>Capacitatea de a înțelege principiile funcționării și de a utiliza instrumentația de măsură și reglare automată pentru conducerea evoluată a sistemului chimic</li> <li>Conceperea structurii sistemului de reglare și conducerea unui proces chimic pe baza culegerii și analizei critice a datelor, în vederea îmbunătățirii performanțelor acestuia, cu respectarea normelor legale de siguranță în funcționarea instalațiilor și a reglementărilor privind protecția mediului și dezvoltarea durabilă</li> <li>Capacitatea de a aplica cunoștințele cu caracter interdisciplinar, utilizând tehnologiile informatice, pentru simularea și conducerea evoluată a proceselor</li> </ul>
Competențe transversale	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comunicarea și argumentarea ideilor și a punctelor de vedere proprii, în mod clar și concis, utilizând moduri de comunicare bazate pe tehnologiile informatice convenționale și neconvenționale</li> <li>Capacitatea de a manifesta inițiativă în analiza și rezolvarea problemelor specifice sistemelor chimice, industriale și de laborator</li> <li>Informarea și documentarea permanentă în domeniul său de activitate în limba română și într-o limbă de circulație internațională, cu utilizarea metodelor moderne de informare și comunicare</li> </ul>

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

7.1 Obiectivul general al disciplinei	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dobândirea cunoștințelor necesare pentru înțelegerea funcționării, operarea și proiectarea sistemelor de reglare automata evoluată destinate conducerii proceselor chimice de laborator și industriale</li> </ul>
7.2 Obiectivele specifice	<ul style="list-style-type: none"> <li>Să dezvolte capacitatea de a analiza oportunitatea, a propune și a aplica tehnici de reglare multivariabile, predictive, bazate pe modele matematice în automatizarea, optimizarea și luarea de decizii pentru conducerea proceselor chimice</li> <li>Să înțeleagă și să utilizeze tehnici de reglare automată evoluată pentru aplicațiile din ingineria de proces</li> </ul>

## 8. Conținuturi

8.1 Curs	Metode de predare	Observații
8.1.1. Metode evaluate de analiză a controlabilității și observabilității. Metode directe bazate pe matricile A, B,	Prelegerea, Explicația, Conversația,	Materiale folosite: prezentări PowerPoint,

C, D, și metode bazate pe forma jordaniană. <i>Concepte de bază, cuvinte-cheie:</i> controlabilitate și observabilitate a stărilor/ieșirilor, vectori liniar independenți, realizare modală, forma jordaniană.	Exemplificarea, Problematizarea, Dezbateră	Matlab și Toolboxes pentru exemplificări - aplicații
8.1.2. Interacțiunea buclor de reglare și proiectarea buclor de reglare decuplate. <i>Concepte de bază, cuvinte-cheie:</i> interacțiune, reglare descentralizată/multivariabilă, element de decuplare.	Prelegerea, Explicația, Conversația, Exemplificarea, Problematizarea, Dezbateră	Materiale folosite: prezentări PowerPoint, Matlab și Toolboxes pentru exemplificări - aplicații
8.1.3. Matricea amplificărilor relative. <i>Concepte de bază, cuvinte-cheie:</i> interacțiune minimă, împerecherea buclor de reglare descentralizate, regim staționar.	Prelegerea, Explicația, Conversația, Exemplificarea, Problematizarea, Dezbateră	Materiale folosite: prezentări PowerPoint, Matlab și Toolboxes pentru exemplificări - aplicații
8.1.4. Măsurile specifice de evaluare a controlabilității intrare-ieșire. <i>Concepte de bază, cuvinte-cheie:</i> zerouri în semiplanul drept, matricea amplificării relative de performanță, matricea amplificării în buclă închisă a perturbațiilor, diagrame Bode.	Prelegerea, Explicația, Conversația, Exemplificarea, Problematizarea, Dezbateră	Materiale folosite: prezentări PowerPoint, Matlab și Toolboxes pentru exemplificări - aplicații
8.1.5. Algoritmi de conducere numerică: PID numeric de poziție și viteză, algoritmul Dead-beat, algoritmul Dahlin. Sisteme de prevenire a fenomenului de integral wind-up. <i>Concepte de bază, cuvinte-cheie:</i> PID discret de poziție și viteză, integral wind-up, ringing, răspuns minimal (dead-beat), realizabilitate fizică.	Prelegerea, Explicația, Conversația, Exemplificarea, Problematizarea, Dezbateră	Materiale folosite: prezentări PowerPoint, Matlab și Toolboxes pentru exemplificări - aplicații
8.1.6. Reglarea cu model intern cu un grad de libertate, cazurile procesului cu/fără zerouri în apropierea axei imaginare și cazul cu zerouri în semiplanul drept. <i>Concepte de bază, cuvinte-cheie:</i> reglare bazată pe model, algoritm proiectare regulator, alocare poli.	Prelegerea, Explicația, Conversația, Exemplificarea, Problematizarea, Dezbateră	Materiale folosite: prezentări PowerPoint, Matlab și Toolboxes pentru exemplificări - aplicații
8.1.7. Reglarea cu model intern cu două grade de libertate, cazurile procesului cu/fără zerouri în apropierea axei imaginare și cazul cu zerouri în semiplanul drept. <i>Concepte de bază, cuvinte-cheie:</i> răspuns la prescriere/perturbație, algoritm proiectare regulator.	Prelegerea, Explicația, Conversația, Exemplificarea, Problematizarea, Dezbateră	Materiale folosite: prezentări PowerPoint, Matlab și Toolboxes pentru exemplificări - aplicații
8.1.8. Sisteme de reglare predictivă după model (RPM) liniare: predicția. <i>Concepte de bază, cuvinte-cheie:</i> model de răspuns la semnal Dirac și treaptă unitară, convoluție, model în spațiul stărilor, reglare cu orizont reluat, orizont de comandă, orizont de predicție.	Prelegerea, Explicația, Conversația, Exemplificarea, Problematizarea, Dezbateră	Materiale folosite: prezentări PowerPoint, Matlab și Toolboxes pentru exemplificări - aplicații
8.1.9. Sisteme de reglare RPM liniare: optimizarea cu restricții. Acordarea regulatorului RPM. <i>Concepte de bază, cuvinte-cheie:</i> funcție obiectiv, programare liniară, programare pătratică, soluție explicită, matrici de ponderare comenzi și ieșiri.	Prelegerea, Explicația, Conversația, Exemplificarea, Problematizarea, Dezbateră	Materiale folosite: prezentări PowerPoint, Matlab și Toolboxes pentru exemplificări - aplicații
8.1.10. Sisteme de reglare RPM neliniare. Condiții de asigurare a stabilității RPM liniară și neliniară. RPM adaptiv și ierarhizate. <i>Concepte de bază, cuvinte-cheie:</i> modele continue/discontinue, liniarizare, metode secvențiale și simultane de programare neliniară, contracție, restricții	Prelegerea, Explicația, Conversația, Exemplificarea, Problematizarea, Dezbateră	Materiale folosite: prezentări PowerPoint, Matlab și Toolboxes pentru exemplificări

terminale.		
8.1.11. Sisteme de reglare cu reacție după stare și cu observator de stare. <i>Concepte de bază, cuvinte-cheie:</i> forma normal controlabilă, proiectare bazată pe alocare poli, observator de stare, reglare cu reacție după stare cu observator de stare.	Prelegerea, Explicația, Conversația, Exemplificarea, Problematizarea, Dezbateră	Materiale folosite: prezentări PowerPoint, Matlab și Toolboxes pentru exemplificări - aplicații
8.1.12. Sisteme care utilizează logica fuzzy. <i>Concepte de bază, cuvinte-cheie:</i> funcții de apartenență, reguli, fuzzyficare, inferență logică, defuzzyficare, control.	Prelegerea, Explicația, Conversația, Exemplificarea, Problematizarea, Dezbateră	Materiale folosite: prezentări PowerPoint, Matlab și Toolboxes pentru exemplificări
8.1.13. Sisteme de reglare bazate pe rețele neuronale artificiale. <i>Concepte de bază, cuvinte-cheie:</i> modele cu rețele neuronale artificiale, reglare predictivă după model nelinară.	Prelegerea, Explicația, Conversația, Exemplificarea, Problematizarea, Dezbateră	Materiale folosite: prezentări PowerPoint, Matlab și Toolboxes pentru exemplificări
8.1.12. Studii de caz, reglarea bazată pe model a proceselor de cracare catalitică în strat fluidizat, distilare, carbonatare, uscare, calcinare, tratare a apelor uzate și neutralizare poluanți în ape curgătoare. <i>Concepte de bază, cuvinte-cheie:</i> procese industriale și de laborator, neliniaritate, inferență.	Prelegerea, Explicația, Conversația, Exemplificarea, Problematizarea, Dezbateră	Materiale folosite: prezentări PowerPoint, Matlab și Toolboxes pentru exemplificări

#### Bibliografie

1. V. Mircea Cristea, P. Serban Agachi, *Elemente de Teoria Sistemelor*, Ed. Risoprint, Cluj-Napoca, 2002.
2. P.S. Agachi, V.M. Cristea, *Basic Process Engineering Control*, Editura De Gruyter GmbH, Berlin, 2014.
3. George Stephanopoulos, *Chemical Process Control. An Introduction to Theory and Practice*. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, 1984.
4. Paul S. Agachi, Zoltan K. Nagy, Mircea V. Cristea, A. Imre-Lucaci, *Model Based Control. Case Studies in Process Engineering*, WILEY-VCH Verlag GmbH&Co. KGaA, Weinheim, 2006.
5. C. Brosilow, B. Joseph, *Techniques of Model Based Control*, Prentice Hall PTR, New Jersey, 2002.
6. K.J. Åström, P. Albertos, M. Blanke, A. Isidori, W. Schaufelberger, R. Sanz, *Control of Complex Systems*, Springer Verlag, 2001.
7. E. Sofron, N. Bizon, S. Ioniță, R. Răducu, *Sisteme de control fuzzy*, Ed. All Educational, București, 1998.

Nota: titlurile pot fi accesate la Biblioteca Departamentului de Inginerie Chimică, la filiala Facultății de Chimie și Inginerie Chimică a Bibliotecii Centrale Universitare "Lucian Blaga".

8.2 Seminar/laborator	Metode de predare	Observații
8.2.1. Recapitularea elementelor de baza pentru programarea in mediul Matlab. Introducere in Control System Toolbox (CST). Obiecte având reprezentare de sistem liniar și invariant în timp (LTI) de tip Transfer Function (TF). <i>Concepte de bază, cuvinte-cheie:</i> matrice, operații cu matrici, cicluri "for/while", utilizare instrucțiune „if”, trasare reprezentare grafică "plot", obiecte LTI funcție/matrice TF.	Metoda conversației, învățarea prin descoperire, studiu individual, elaborare de aplicații	<i>Obligațiile studentului:</i> lectura cursului, a bibliografiei aferente și recapitularea noțiunilor de programare Matlab.
8.2.2. Familiarizarea cu noțiunile de bază din CST. Obiecte de tip Zero-Pole-Gain (ZPK) și de tip State-Space (SS). <i>Concepte de bază, cuvinte-cheie:</i> reprezentare sisteme LTI ca funcție de transfer factorizată, zerouri-poli-amplificare (ZPK), și ca realizare în spațiul stărilor (SS).	Metoda conversației, învățarea prin descoperire, studiu individual, elaborare de aplicații	<i>Obligațiile studentului:</i> lectura cursului, a bibliografiei aferente și rezolvarea temei.



<p>8.2.3. Cunoașterea modului de conversie a diferitelor obiecte LTI din CST. Operații cu obiecte LTI. Analiza de controlabilitate și observabilitate cu ajutorul funcțiilor din CST.</p> <p><i>Concepte de bază, cuvinte-cheie:</i> operații de conectare serie, paralel, cu reacție; observabilitate, controlabilitate, răspuns la impuls și treaptă, trasare diagrame Bode, calcul vectori/valori proprii.</p>	<p>Metoda conversației, învățarea prin descoperire, studiu individual, elaborare de aplicații</p>	<p><i>Obligațiile studentului:</i> lectura cursului, a bibliografiei aferente și rezolvarea temei.</p>
<p>8.2.4. Implementarea în Simulink a modelului dinamic a Reactorului de Producere a Hexametilentetraminei (RPH), utilizat pentru studiul diferiților algoritmi de reglare.</p> <p><i>Concepte de bază, cuvinte-cheie:</i> Bilanț de masă pe componente, bilanț de căldură, amoniac, formaldehidă, sistem neliniar, multivariabil.</p>	<p>Metoda conversației, învățarea prin descoperire, studiu individual, elaborare de aplicații</p>	<p><i>Obligațiile studentului:</i> lectura cursului, a bibliografiei aferente și rezolvarea temei.</p>
<p>8.2.5. Aplicații de calcul a matricii amplificării relative. Liniarizare model RPH utilizând funcții specifice din Simulink. Calculul matricii amplificării relative pentru RPH.</p> <p><i>Concepte de bază, cuvinte-cheie:</i> interacțiune minimă, împerecherea buclelor de reglare descentralizate, regim staționar.</p>	<p>Metoda conversației, învățarea prin descoperire, studiu individual, elaborare de aplicații</p>	<p><i>Obligațiile studentului:</i> lectura cursului, a bibliografiei aferente și rezolvarea temei.</p>
<p>8.2.6. Aplicații pentru implementarea reglării PID discret de viteză și poziție pentru RPH (monovariabil, o buclă de reglare, și multivariabil, trei bucle de reglare). Acordarea reglatoarelor. Studiul interacțiunii între buclele de reglare.</p> <p><i>Concepte de bază, cuvinte-cheie:</i> acordare, interacțiune.</p>	<p>Metoda conversației, învățarea prin descoperire, studiu individual, elaborare de aplicații</p>	<p><i>Obligațiile studentului:</i> lectura cursului, a bibliografiei aferente și rezolvarea temei.</p>
<p>8.2.7. Aplicații pentru implementarea reglării PID cu aproximarea Tustin, pentru RPH (monovariabil, o buclă de reglare, și multivariabil, trei bucle de reglare). Acordarea reglatoarelor. Prevenirea efectului de integral wind-up.</p> <p><i>Concepte de bază, cuvinte-cheie:</i> PID cu aproximarea Tustin, integral wind-up, acordare.</p>	<p>Metoda conversației, învățarea prin descoperire, studiu individual, elaborare de aplicații</p>	<p><i>Obligațiile studentului:</i> lectura cursului, a bibliografiei aferente și rezolvarea temei.</p>
<p>8.2.8. Aplicații și implementare a reglării cu model intern pentru un proces liniar. Proiectarea și testarea prin simulare a regulatorului cu model intern.</p> <p><i>Concepte de bază, cuvinte-cheie:</i> acordare, răspuns la prescriere și la perturbație.</p>	<p>Metoda conversației, învățarea prin descoperire, studiu individual, elaborare de aplicații</p>	<p><i>Obligațiile studentului:</i> lectura cursului, a bibliografiei aferente și rezolvarea temei.</p>
<p>8.2.9. Însușirea terminologiei și a formalismului reglării predictive după model ce stă la baza Model Predictive Control Toolbox (MPCT). Cunoașterea interfeței GUI: Control and Estimation Tools Manager (CETM).</p> <p><i>Concepte de bază, cuvinte-cheie:</i> variabila slack, estimare, equal concern for relaxation.</p>	<p>Metoda conversației, învățarea prin descoperire, studiu individual, elaborare de aplicații</p>	<p><i>Obligațiile studentului:</i> lectura cursului, a bibliografiei aferente și rezolvarea temei.</p>
<p>8.2.10. Elaborare aplicație de reglare RPM, cu și fără restricții, a unui sistem de ordinul II, utilizând CETM dar și linia de comandă. Acordarea regulatorului RPM.</p>	<p>Metoda conversației, învățarea prin descoperire, studiu individual, elaborare</p>	<p><i>Obligațiile studentului:</i> lectura cursului, a bibliografiei aferente și rezolvarea temei.</p>

Concepte de bază, cuvinte-cheie: stabilitate, acordare: matrice de ponderare comenzi și ieșiri, restricții.	de aplicații	
8.2.11. Elaborare aplicație de reglare RPM a PRH, cu și fără restricții, utilizând CETM și linia de comandă. Implementare în Simulink. Acordarea regulatorului RPM mono și multi variabil. Concepte de bază, cuvinte-cheie: proces neliniar, bloc MPC Simulink, acordare, stabilitate.	Metoda conversației, învățarea prin descoperire, studiu individual, elaborare de aplicații	Obligațiile studentului: lectura cursului, a bibliografiei aferente și rezolvarea temei.
8.2.12. Aplicație de implementare a unui sistem de reglare cu reacție după stare. Concepte de bază, cuvinte-cheie: forma normal controlabilă, proiectare bazată pe alocare poli.	Metoda conversației, învățarea prin descoperire, studiu individual, elaborare de aplicații	Obligațiile studentului: lectura cursului, a bibliografiei aferente și rezolvarea temei.
8.2.13. Aplicații și demonstrație de implementare în Fuzzy Control Toolbox a unui sistem de control care utilizează logica fuzzy. Concepte de bază, cuvinte-cheie: funcții de apartenență, reguli, fuzzyficare, inferență logică, defuzzyficare.	Metoda conversației, învățarea prin descoperire, studiu individual, elaborare de aplicații	Obligațiile studentului: lectura cursului, a bibliografiei aferente și rezolvarea temei.
8.2.14. Aplicații și demonstrație de implementare a unei reglări RPM care utilizează un model bazat pe rețele neuronale artificiale. Concepte de bază, cuvinte-cheie: antrenare, rețea dinamică, model neliniar.	Metoda conversației, învățarea prin descoperire, studiu individual, elaborare de aplicații	Obligațiile studentului: lectura cursului, a bibliografiei aferente și rezolvarea temei.
<p><b>Bibliografie</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. V. Mircea Cristea, P. Serban Agachi, <i>Elemente de Teoria Sistemelor</i>, Ed. Risoprint, Cluj-Napoca, 2002.</li> <li>2. P.S. Agachi, V.M. Cristea, <i>Basic Process Engineering Control</i>, Editura De Gruyter GmbH, Berlin, 2014.</li> <li>3. George Stephanopoulos, <i>Chemical Process Control. An Introduction to Theory and Practice</i>. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, 1984.</li> <li>4. <i>Control System Toolbox</i>, Matlab, Documentation accompanying toolbox.</li> <li>5. <i>Model Predictive Control Toolbox</i>, Matlab, Documentation accompanying toolbox.</li> <li>6. <i>Fuzzy Logic Toolbox</i>, Matlab, Documentation accompanying toolbox.</li> </ol> <p>Nota: titlurile pot fi accesate la Biblioteca Departamentului de Inginerie Chimică, la filiala Facultății de Chimie și Inginerie Chimică a Bibliotecii Centrale Universitare "Lucian Blaga".</p>		

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

- În elaborarea conținutului disciplinei au fost consultate cadre didactice de la facultățile de inginerie chimică și chimie aplicată din centrele universitare București, Iași, Timișoara și Brașov
- La discuțiile privind competențele oferite au participat și si-au exprimat cerințele reprezentanți ai mediului economic de la unități industriale reprezentative.

## 10. Evaluare

Tip activitate	10.1 Criterii de evaluare	10.2 Metode de evaluare	10.3 Pondere din nota finală
----------------	---------------------------	-------------------------	------------------------------

10.4 Curs	Corectitudinea răspunsurilor – însușirea materiei predate, modul de gândire, corectitudinea și argumentarea soluțiilor la subiectele de examen	Examen scris – accesul la examen este condiționat prezentarea rezolvărilor la temele primite. Intenția de fraudă la examen se pedepsește cu eliminarea din examen. Frauda la examen se pedepsește prin exmatriculare conform regulamentului ECST al UBB	65%
10.5 Seminar/laborator	Corectitudinea răspunsurilor – însușirea și înțelegerea corectă a problematicii tratate la seminar; participarea activă la desfășurarea seminarului	Temele rezolvate se prezintă la proxima întâlnire de seminar	10%
	Calitatea temelor rezolvate		15%
10.6 Standard minim de performanță			
<ul style="list-style-type: none"><li>• Înțelegerea rolului, ariei de utilizare și a principiilor care stau la baza implementării unor sisteme de reglare evoluată</li><li>• Obținerea notei 5 (cinci) atât la evaluările legate de curs, seminar/laborator și rezolvările temelor primite</li></ul>			

Data completării

30.03.2015

Semnătura titularului de curs

Cristea V.M. ....

Semnătura titularului de seminar

Cristea V.M. ....

Data avizării în departament

.....

Semnătura directorului de departament

.....