

## UČNI NAČRT PREDMETA / COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	SEPARACIJSKI PROCESI
<b>Course Title:</b>	SEPARATION PROCESSES

Študijski program in stopnja Study Programme and Level	Študijska smer Study Field	Letnik Academic Year	Semester Semester
UŠP Kemijsko inženirstvo, 1. stopnja	/	3.	6.
USP Chemical Engineering, 1 <sup>st</sup> Cycle	/	3 <sup>rd</sup>	6 <sup>th</sup>

**Vrsta predmeta / Course Type:**

obvezni / Mandatory

**Univerzitetna koda predmeta / University Course Code:**

IN134

Predavanja Lectures	Seminar Seminar	Vaje Tutorial	Klinične vaje Work	Druge oblike študija	Samost. delo Individual Work	ECTS
60	15	/	/	/	75	5

**Nosilec predmeta /  
Lecturer:**

prof. dr. Aleš Podgornik / Dr. Aleš Podgornik, Full Professor

**Jeziki / Languages:**

<b>Predavanja / Lectures:</b>	slovenski / Slovenian
<b>Vaje / Tutorial:</b>	/

**Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:**

Študent oz. kandidat mora imeti predmet opredeljen kot študijsko obveznost.

**Prerequisites:**

The course has to be assigned to the student.

**Vsebina:**

Razumevanje termodinamskih zakonov štirih osnovnih dvofaznih sistemov, ki nastopajo v industriji: trdno-plin, tekoče-plin (para), tekoče-tekoče in tekoče-trdno.  
Razumevanje osnovnih mehanizmov prenosa snovi med dvema fazama: stacionarna difuzija, stacionarna difuzija s kemijsko reakcijo, ekvimolarna protidifuzija, nestacionarna difuzija v polneskončni medij in nestacionarna difuzija v medij končnih dimenzij. Kvantitativna obravnava snovnih tokov med fazama. Zapis masnih in toplotnih bilanc. Koncept diferencialnega in stopenjskega kontakta.  
Obravnava tipičnih predstavnikov ravnotežij in specifičnih snovnih transportov v dvofaznih

**Content (Syllabus outline):**

Understanding the thermodynamic laws of four basic two-phase systems which can be found in industry: solid-gas, liquid-gas (vapour), liquid-liquid and liquid-solid. Understanding the fundamental mechanisms of mass transfer between two phases: stationary diffusion, stationary diffusion with a chemical reaction, equimolar counter-diffusion, transient diffusion into a half-infinite medium and transient diffusion into a medium of finite dimensions. Ability to formulate mass and energy balances. Learning about typical equilibrium cases and specific mass transports in two-phase systems: drying, distillation, absorption, extraction, crystallization and other selected classical

sistemih : sušenje, destilacija, absorpcija, ekstrakcija, kristalizacija ter ostalih izbranih klasičnih in novejših separacijskih procesov kot: membranske separacije, adsorpcija, visokotlačne tehnologije. Obravnava enostavnih in kompleksnih neidealnih večkomponentnih separacijskih sistemov. Izračuni dimenzij aparatov za dano kapaciteto oziroma pri dani kapaciteti izračun dimenzij. V nadgradnji znanj termodinamike in transportnih pojavov določitev potrebnega časa za separacijo in s kombinacijo potrebnega časa snovnega transporta med fazama in masne bilance utrjevanje osvojenega znanja z računanjem dimenzij separatorjev.

processes and some novel separation processes such as: membrane separations, adsorption, high-pressure technologies. Learning about simple as well as complex multicomponent separation systems. Dimensioning of equipment for target production capacity using mass balances. By upgrading thermodynamic and transport phenomena knowledge for calculation of required separation time.

#### Temeljna literatura in viri / Readings:

- J. D. Seader, E. J. Henley, Separation Process Principles, Second Edition, John Wiley & Sons Inc., 2006, 800 pages (50 %).
- W. L. McCabe, J. C. Smith, P. Harriott, Unit Operations of Chemical Engineering, 6<sup>th</sup> Ed., McGraw-Hill, 2001 1152 pages.

#### Cilji in kompetence:

Cilji predmeta so, da študentje povežejo do te stopnje pridobljena relevantna znanja, da osvojijo osnovne zakonitosti separacijskih procesov in da osvojena znanja uporabijo pri analizi in načrtovanju separatorjev oziroma separacijskih procesov.

Predmet predstavlja zaključni del kemijsko inženirskega študija, v katerem študent poveže znanja masnih in toplotnih bilanc, faznega ravnotežja in transportnih pojavov; znanja, ki omogočajo načrtovanje oziroma analizo separacijskih naprav.

Metoda dela vključuje:

- inženirsko nastavitev problema
- matematični zapis
- reševanje matematičnega zapisa
- preverjanje dobljenega rezultata.

Nivoji dela zajemajo produkt, opremo in proces z upoštevanjem energetske ekoloških vidikov, ki pripeljejo do smiselnih ekonomskih rešitev. Na podlagi matematičnega zapisa za posamezen separacijski proces pridobi matematični model, ki omogoča analizo parametrske občutljivosti, rezultat v

#### Objectives and Competences:

The objective is to acquire relevant knowledge of fundamental characteristics of separation processes and applying this knowledge in the analysis and design of separation equipment and separation processes. Course represents important part of chemical engineering study by combining knowledge of mass and heat balances, phase equilibrium and transport phenomena – all needed for design and analysis of separation equipment.

The course contains:

- problem definition
- mathematical formulation
- solution of the mathematical problem
- model verification

Parameter related to product, equipment and the entire process are analysed considering energy and ecological aspects, both leading to sustainable economic solutions. On the basis of mathematical formulation for a specific separation process, a mathematical model is developed, which allows analysis of parametric sensitivity. The result leads to estimation of time needed for mass transfer between phases

naslednji delovni fazi vodi do časa potrebnega za prenos snovi med fazama, oziroma čas separacije faz. Na osnovi eksaktno pridobljenih osnovnih informacij študent pristopi k načrtovanju separacijskega procesa oziroma k dimenzioniranju za ta proces primerne aparata. Vsaka od delovnih nalog zahteva pridobitev in razvoj specifičnih kompetenc, ki vodijo k formiranju kompetentnega in kompetitivnega kemijskega inženirja.

or phase separation. Based on the selected literature information, design of separation process and required equipment is performed. Each task requires acquirement and further elaboration of specific skills resulting in competent and competitive chemical engineer.

### **Predvideni študijski rezultati:**

#### Znanje in razumevanje

Študent je po osvojitvi znanj tega predmeta sposoben obravnavati prehod surovine do produkta skozi separacijski proces, izbrati primerno opremo in določiti procesne pogoje. Za enostavne primere je sposoben pripraviti matematični algoritem, ki omogoča analizo parametrske občutljivosti. Primerjava adiabatskih procesov pri sušenju, ravnotežni destilaciji, kristalizaciji omogoča refleksijo znotraj primerljivih problemov. Primerjava oblik tokov, čepastega toka s popolnim povratnim mešanjem, prečnega, razvija integralno sliko o dogajanjih v aparatih.

#### Uporaba

Pri analizi obstoječih separatorjev v industriji študent uveljavlja kvantitativne metode za optimizacijo, kar je značilno za procesno inženirstvo, pri načrtovanju separacijskih procesov za nove produkte pa sledi konceptu produktnega inženirstva, v katerem mora začeti osvajati znanja za prenos dosežkov iz laboratorija v pilotske in industrijske dimenzije.

#### Refleksija

Na osnovi primerjav med reakcijskimi in separacijskimi procesi spoznava vlogo transportnih pojavov, kemijskega in faznega ravnotežja, toplotnih in masnih bilanc ter specifično vlogo reakcijske kinetike. Na podlagi pridobljenih znanj in strokovne ter znanstvene literature študent pristopa k reševanju realnih industrijskih problemov, da

### **Intended Learning Outcomes:**

#### Knowledge and Comprehension

After course is completed a student is able to analyse product flow throughout the separation process, to selecting appropriate equipment and to determine process parameters. For simple cases is able to develop mathematical algorithm enabling parameter sensitivity analysis. Comparison of adiabatic processes of drying, flash distillation and crystallization allows analysis of similar processes. Incorporating understanding of different flow profiles (such as e.g. plug flow with mixing) provides a comprehensive understating of phenomena occurring inside separation equipment.

#### Application

Through analysis of existing industrial separation equipment, student introduces quantitative methods for process optimization, operation typical for process engineering during design of separation processes of novel products. Alternatively, student is following product engineering concepts which provide guidelines for transfer from laboratory to industrial scale.

#### Analysis

Based on parallels between reaction and separation processes student realizes role and importance of transport phenomena, chemical and phase equilibrium, mass and heat balances together with specific role of chemical kinetics. Combining acquired knowledge with literature data and scientific literature enables students their implementation in solving real-life

osvojena faktografska znanja obogati z aplikativnimi in išče izzive za doseganje inovativnih znanj.	industrial challenges as well as adopting theoretical knowledge with application skills that results in innovative solutions.
<b>Prenosljive spretnosti</b> V povezavi s predmetom Reakcijsko inženirstvo je usposobljen kvantitativno obravnavati linijo prehoda reaktantov v produkte, tako z vidika reakcijskih kot separacijskih procesov. Na podlagi pridobljenih znanj in strokovne literature rešuje naloge in se seznanja z izdelovanjem projektov.	<b>Skill-transference Ability</b> Together with the knowledge from other courses of chemical engineering student is able to perform quantitative analysis of substrate transformation into the products including both, reactive and separation aspects. Student is also trained to combine literature data, knowledge and personal skills to solve specific tasks and for project preparation.

**Metode poučevanja in učenja:**

Predavanja, seminarji.

**Learning and Teaching Methods:**

Lectures, seminars.

**Načini ocenjevanja:**

Seminarska naloga, pisni in ustni izpit.

Delež (v %) /  
Weight (in %)

**Assessment:**

Seminar, written and oral exam

**Reference nosilca / Lecturer's references:**

Smrekar, Vida, Smrekar, Franc, Štrancar, Aleš, **Podgornik, Aleš**. Single step plasmid DNA purification using methacrylate monolith bearing combination of ion-exchange and hydrophobic groups. *J. chromatogr., A*, 2013, vol. 1276, str. 58-64, doi: [10.1016/j.chroma.2012.12.029](https://doi.org/10.1016/j.chroma.2012.12.029).

Smrekar, Vida, **Podgornik, Aleš**, Lendero Krajnc, Nika, Smrekar, Franc, Krajnc, Peter, Štrancar, Aleš. Characterisation of grafted weak anion-exchange methacrylate monoliths. *J. chromatogr., A*, 2008, vol. 1207, iss. 1/2, str. 84-93. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chroma.2008.08.027>, doi: [10.1016/j.chroma.2008.08.027](https://doi.org/10.1016/j.chroma.2008.08.027). [COBISS.SI-ID [12459542](https://www.cobiss.si/id/12459542)],

Brne, Peter, **Podgornik, Aleš**, Benčina, Katja, Gabor, Boštjan, Štrancar, Aleš, Peterka, Matjaž. Fast and efficient separation of immunoglobulin M from immunoglobulin G using short monolithic columns. *J. chromatogr., A*, 2007, issue 1, vol. 1144, str. 120-125. [COBISS.SI-ID [3395192](https://www.cobiss.si/id/3395192)]