Wydział Chemiczny
Politechnika Rzeszowska
im. Ignacego Łukasiewicza

# Kierunek:
# BIOTECHNOLOGIA

# Specjalność:
# *Inżynieria procesowa i bioprocesowa*

*Katedra Inżynierii Chemicznej i Procesowej*

# Obecny skład osobowy Katedry (2016):

prof. dr hab. inż. Dorota Antos - kier. Katedry
prof. dr hab. inż. Krzysztof Kaczmarski
dr hab. inż. Ireneusz Opaliński, prof. PRz
prof. dr hab. inż. Roman Petrus
dr hab. inż. Wojciech Piątkowski, prof. PRz
dr hab. inż. Mirosław Szukiewicz, prof. PRz
dr hab. inż. Wojciech Zapała, prof. PRz

dr inż. Roman Bochenek
dr inż. Marcin Chutkowski
dr inż. Renata Muca
dr inż. Wojciech Marek
dr inż. Izabela Poplewska
dr inż. Grzegorz Poplewski
mgr inż. Karolina Leś
mgr inż. Grzegorz Król

W oparciu o kadrę naukową Katedry Inżynierii Chemicznej i Procesowej Wydział Chemiczny uzyskał w 2007 roku prawa nadawania stopnia
doktora nauk technicznych
w dyscyplinie **Inżynieria chemiczna**

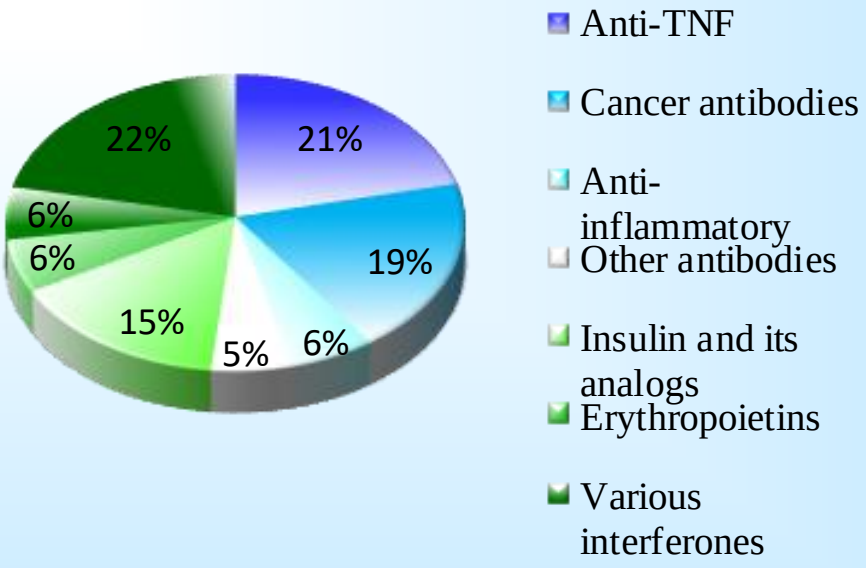
Absolwenci specjalności mają możliwość podnoszenia swoich kwalifikacji w ramach studiów doktoranckich (studia III stopnia)
w zakresie **Inżynierii chemicznej**

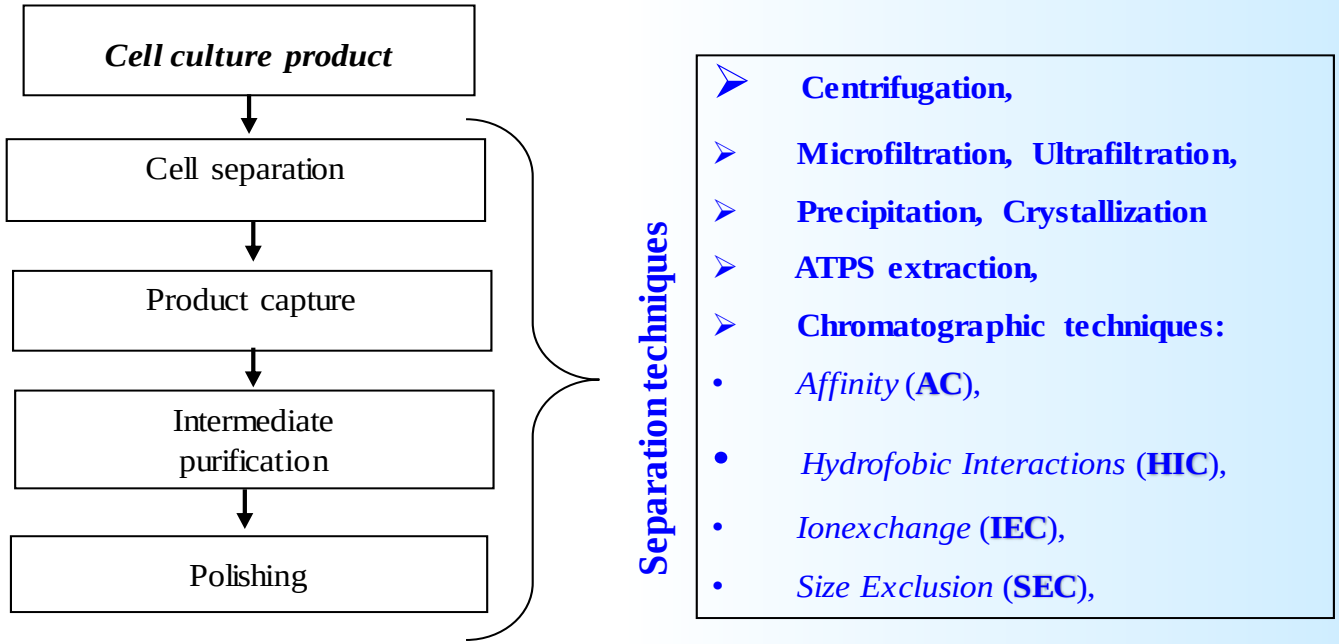
# *Co to jest „Downstream”?*

Wytwarzanie aktywnych biologicznie związków do zastosowania terapeutycznego zazwyczaj rozpoczyna się w zbiorniku do hodowli komórek - ten proces nazywa się segmentem „**Upstream**” całej technologii hodowli.

Produkt kluczowy musi być izolowany z pożywki fermentacyjnej. Izolacja i oczyszczenie produktu głównego nazywa się segmentem „**D**” całej technologii. Ze względu na złożoność mieszanin pofermentacyjnych izolacja pożądanego produktu wymaga wydajnych, technik separacyjnych. **Downstream** obejmuje zazwyczaj kilka szeregowych etapów oczyszczania, w tym wychwytywanie produktu z wieloskładnikowej mieszaniny, separację pośrednią oraz doczyszczenie produktu do czystości farmaceutycznej. Ze względu na zapotrzebowanie na duże dawki terapeutycznych biofarmaceutyków, a z drugiej strony ze względu na wysoki koszt procesów oczyszczania „**Downstream**” stanowi coraz większą część całkowitych kosztów produkcji, a także jest istotnym, krytycznym etapem na drodze do szybkiego opracowania i wprowadzenia na rynek nowych leków.

Zapotrzebowanie na wielkocząsteczkowe produkty biofarmaceutyczne, takie jak przeciwciała monoklonalne, koniugaty białkowe, cząsteczki VLP (virus like particles) itp., ma we współczesnym przemyśle farmaceutycznym i biotechnologicznym stałą tendencję wzrastającą. Białka są używane jako substancje czynne leków, jak również w zaawansowanej diagnostyce. Światowy rynek biofarmaceutyków i białek rekombinowanych osiągnął w 2014 r. około **180 mld USD** i szacuje się, że jego wartość wzrośnie do **300 mld USD** w 2020 r. Udział różnych typów białek w rynku został zilustrowany na rys.

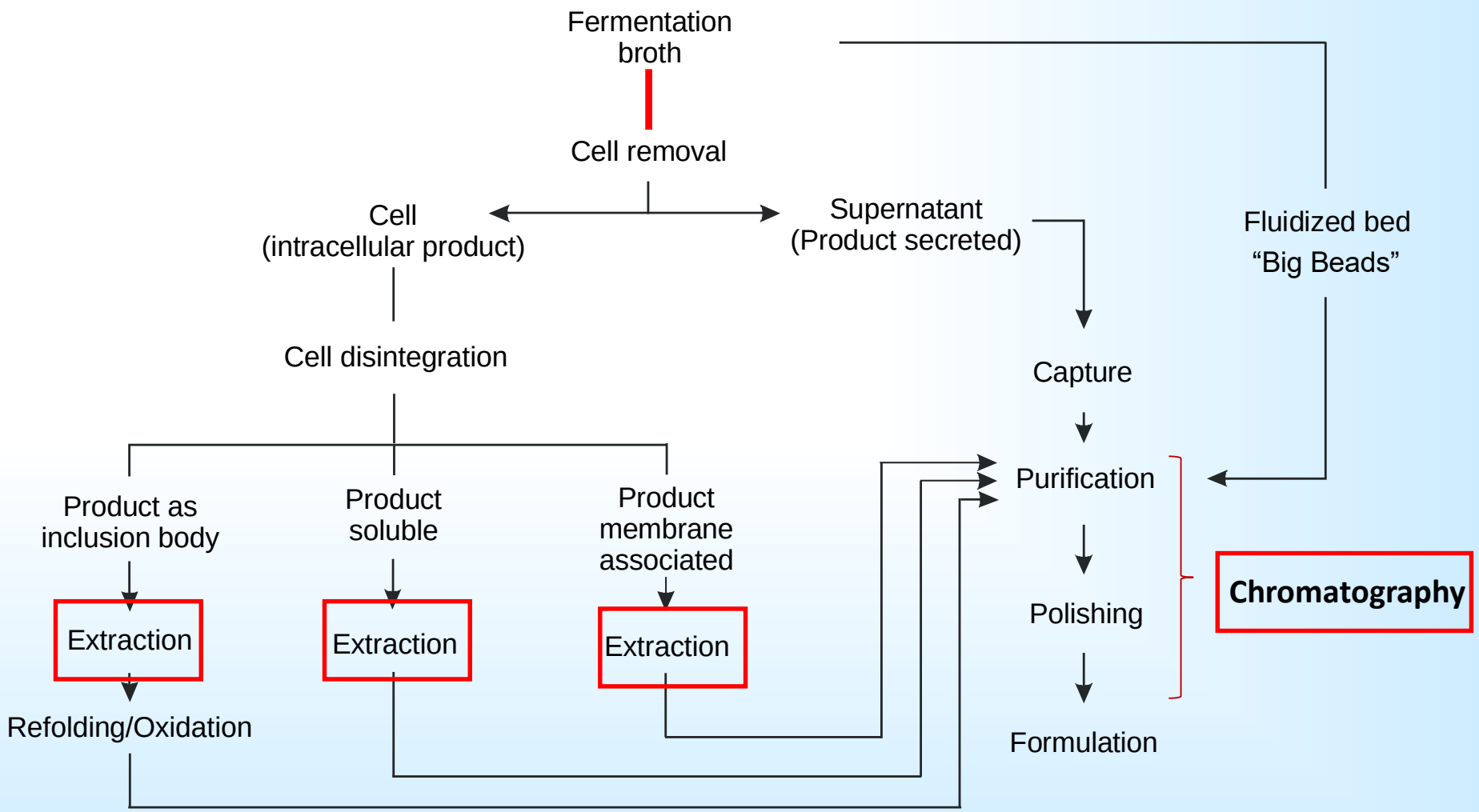





Dotychczas zatwierdzono około **650** leków białkowych na całym świecie, wśród których około **400** otrzymywanych jest za pomocą tzw. technologii rekombinacji. W celu uzyskania docelowego produktu o pożądanej czystości, wymagana jest duża liczba etapów oczyszczania (**Downstream**), co wymaga dużej energii i odczynników chemicznych (rys.). Proces oczyszczania stał się kluczową częścią biotechnologii. Technikami rozdzielania winny być łatwo adoptowane w operacjach na dużą skalę. Opracowano różne techniki rozdzielania, w tym: ekstrakcji, wytrącania, krystalizacji, procesów membranowych i chromatografii.

# Procesy „Downstream” dla białek

## Przykład



# *Produkcja czystych enacjomerów*

Większość nowych substancji małocząsteczkowych czynnych farmakologicznie zawiera centra chiralne, a według Global Industry Analysts (GIA) prawie 95% leków będzie związkami chiralnymi do roku 2020. GIA szacuje, że globalny rynek technologii chiralnych, który jest zdominowany przez aplikacje farmaceutyczne (ale także agrochemikaliów, aromatów i zapachów), osiągnie poziom 5,1 mld USD w roku 2017.

Ponieważ FDA wymaga od producentów leków zbadania właściwości (fizykochemicznych, farmakokinetycznych itp.) wszystkich enancjomerów / diastereomerów jako chiralnych leków w celu określenia ich indywidualnego bezpieczeństwa i skuteczności, rozwój skutecznych technologii syntezy chiralnej pozostaje głównym celem wielu badaczy akademickich i przemysłowych.

http://www.persistencemarketresearch.com/market-research/chiral-chemicals-market.asp

# *Co to jest Inżynieria bioprocesowa?*

***Inżynieria bioprocesowa*** jest integralną częścią ***Inżynierii Chemicznej i Procesowej*** wraz z :

- Inżynierią reaktorów chemicznych,

# ***Inżynieria chemiczna i procesowa***

Jest nauką techniczną, która wykorzystując metody i wiedzę z zakresu:

- **MATEMATYKI,**
- **INFORMATYKI,**
- **FIZYKI,**
- **CHEMII,**
- **BIOLOGII,**
- **Aparatury (mechaniki)**
- oraz **EKONOMII,**

zajmuje się procesami, w których ulegają zmianie składu i/lub właściwości materii, w wyniku przemian natury chemicznej, biochemicznej i fizykochemicznej.

# Co jest celem Inżynierii procesowej i bioprocesowej?

Celem **<u>inżynierii procesowej i bioprocesowej</u>**
jest stworzenie, na podstawie cyklów doświadczalnych w skali laboratotyjnej i analizy teoretycznej,
**ilościowego opisu** procesów,
w których zachodzi transformacja materii oraz energii.

**Opis ilościowy** procesu stanowi podstawę:

- przewidywania jak proces przebiega w innych warunkach,
- przenoszenia jego skali oraz optymalizacji,
- projektowania aparatury,
- właściwej jej eksploatacji i modernizacji,
- automatycznego sterowania instalacjami przemysłowymi w przemysłach:

➢ Chemicznym, farmaceutycznym, biotechnologicznym, przetwórstwie spożywczym, ochronie środowiska i wielu innych, pokrewnych dziedzinach.

W odróżnieniu od Technologii chemicznej, zadania **Inżynierii procesowej i bioprocesowej** mniej dotyczą receptury, tj. koncepcji chemicznej, a w większym stopniu technicznych problemów realizacji procesów.

W związku z tym Inżynierię procesową można uważać za czwarty **Dział techniki** po: budowlanym, mechanicznym i elektrycznym.

**Priorytetowymi kierunkami badawczymi Inżynierii Chemicznej, Procesowej i Bioprocesowej są obecnie:**

- Inżynieria reaktorów chemicznych,
- **Inżynieria bioprocesowa (biochemiczna),**
- Nanotechnologia,
- Intensyfikacja procesów, zaawansowane sterowanie procesami,
- **Nowoczesne, niekonwencjonalne metody rozdzielania mieszanin**,
- Odnawialne nośniki energii,
- Procesy i aparaty chemiczne w ochronie środowiska,
- Modelowanie i optymalizacja procesów.

# PRZEDMIOTY KIERUNKOWE
# NA KIERUNKU BIOTECHNOLOGIA – studia II stopnia
# – dla specjalności Inżynieria procesowa i bioprocesowa

http://wch.portal.prz.edu.pl/pl/studia/programy-studiow-i-karty-przedmi/tok2012/programy-studiow-w-j-polskim/

I dalej: cykl kształcenia 2017/2018; Biotechnologia;
**Specjalności na studiach Biotechnologia:**
**Stacjonarne I stopnia** lub **II stopnia**

**Ciekawsze przedmioty wybieralne:**

- Synteza antybiotyków *lub* Nowoczesne metody podawania leków,
- Biosensory *lub* Odnawialne źródła energii.

# Wyposażenie i aparatura badawcza Katedry Inżynierii Chemicznej i Procesowej

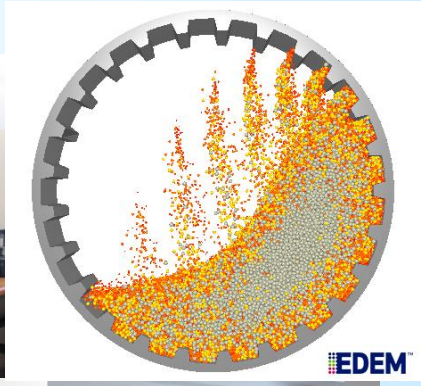
## Laboratorium zaawansowanych technik chromatograficznych

- chromatografy HPLC i UPLC,
- układ chromatograficzny SMB do chromatografii ciągłej białek,
- ekstraktor przeciwprądowy,
- zestaw do ultrafiltracji tangencjalnej,
- zestaw do filtracji prostopadłej białek).

# Wyposażenie i aparatura badawcza Katedry Inżynierii Chemicznej i Procesowej

## Laboratorium badawcze materiałów sypkich

- Tester własności przepływowych proszków,
- Laserowy analizator dyfrakcyjny,
- Młyn planetarny,
- Granulator talerzowy,
- Granulator fluidalny,
- Reometr obrotowy i komórka Jenike'go

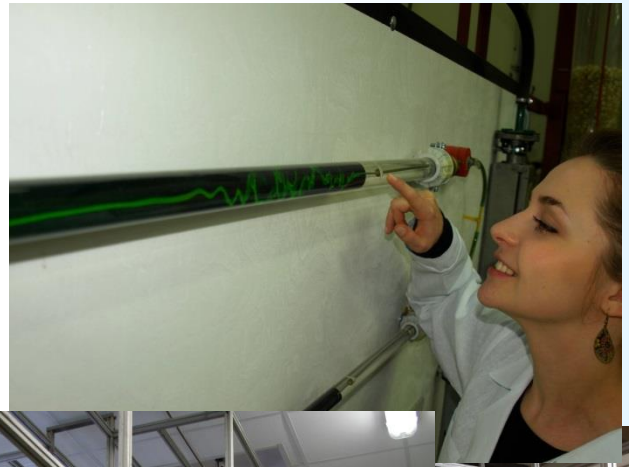


# Wyposażenie i aparatura badawcza Katedry Inżynierii Chemicznej i Procesowej

## Laboratoria dydaktyczne

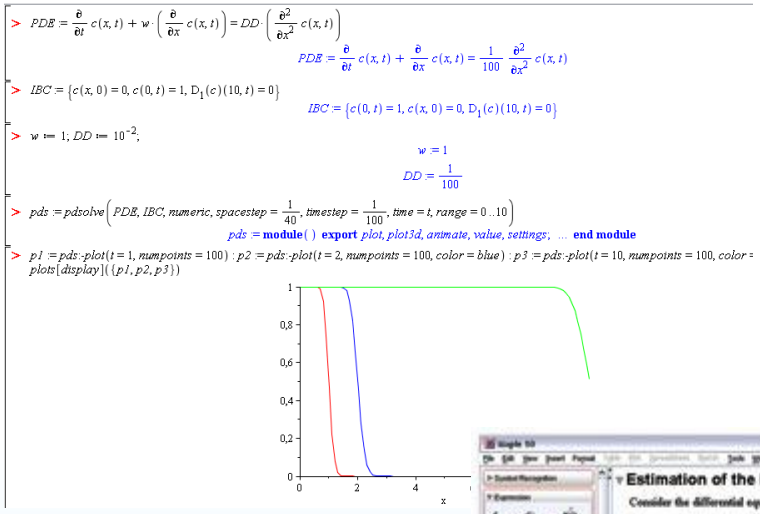
Stanowiska dydaktyczne do badań (m.in.):

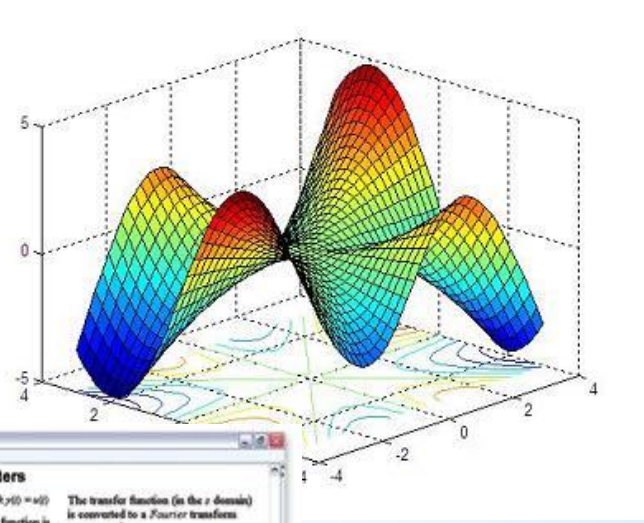
- oporów przepływu płynów,
- kinetyki suszenia,
- rektyfikacji okresowej,
- prędkości przepływu gazu,
- absorpcji fizycznej gazów,
- i wiele innych.

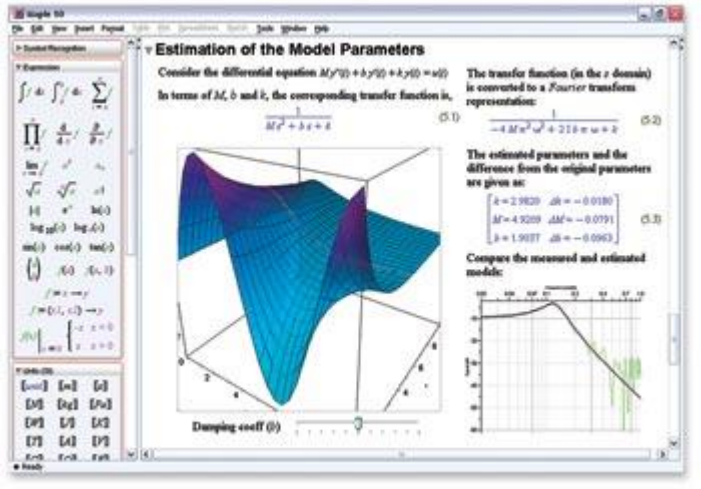


# Oprogramowanie komputerowe dostępne w Katedrze Inżynierii Chemicznej i Procesowej

## Pakiety matematyczne Maple i Matlab

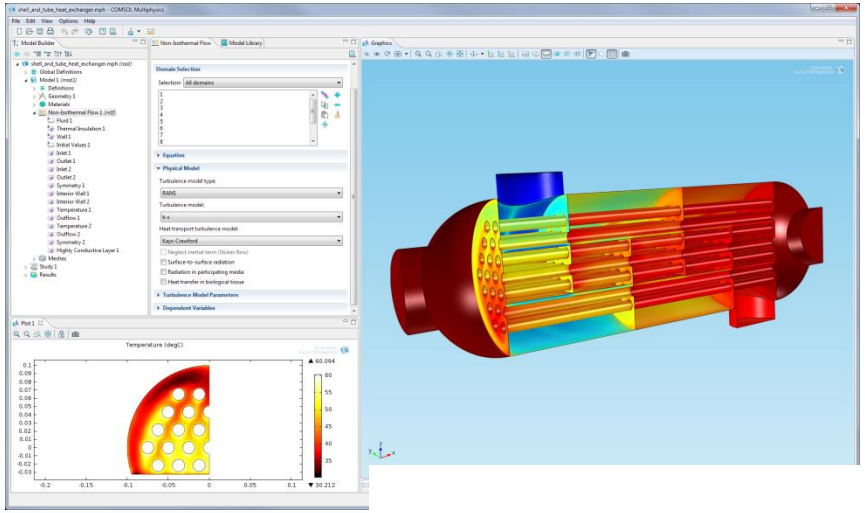


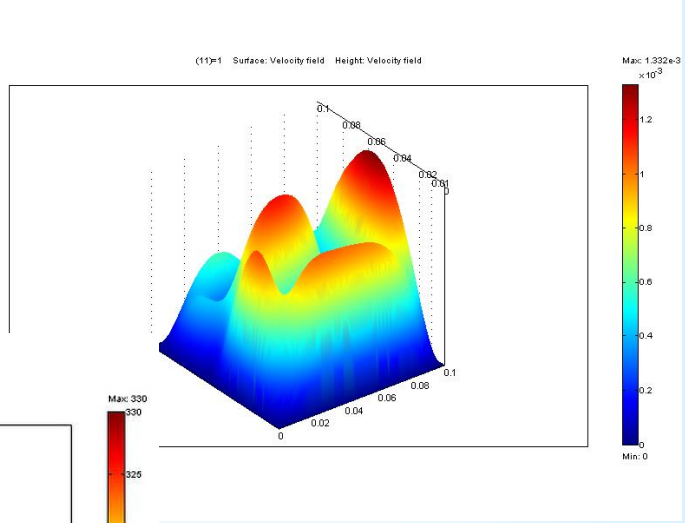



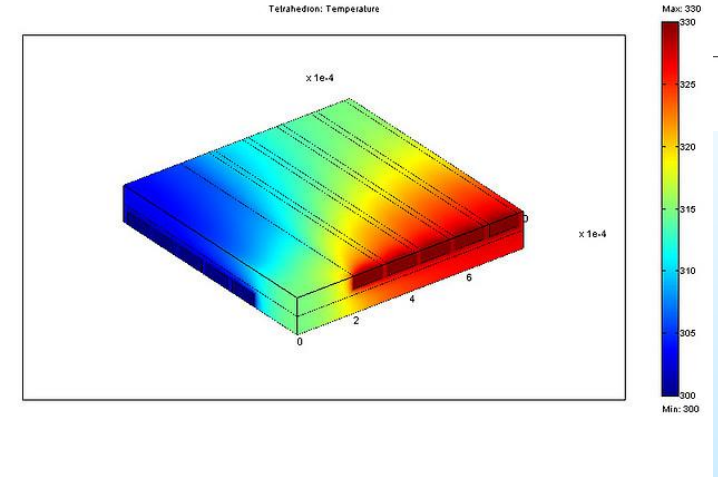



# Oprogramowanie komputerowe dostępne w Katedrze Inżynierii Chemicznej i Procesowej

## Pakiet COMSOL Multiphysics

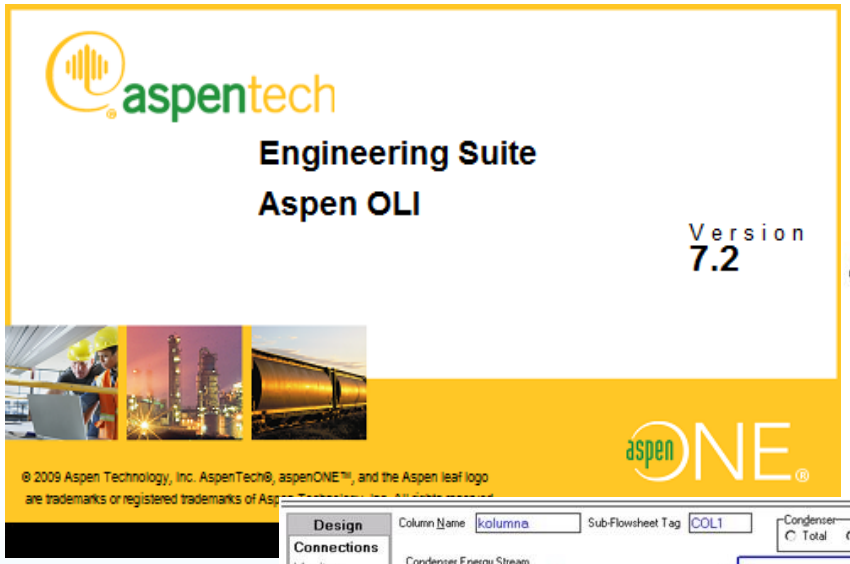


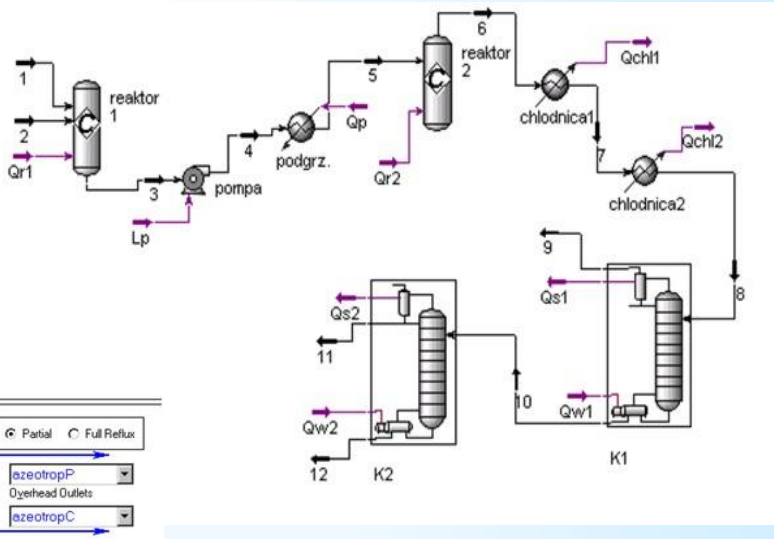


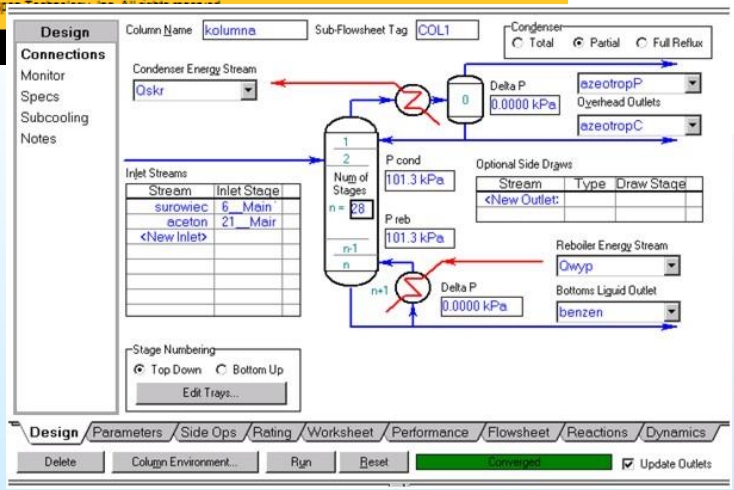



# Oprogramowanie komputerowe dostępne w Katedrze Inżynierii Chemicznej i Procesowej

## Pakiet ASPEN



# Umiejętności absolwentów specjalności
# Inżynieria procesowa i bioprocesowa

- Znajomość i umiejętność projektowania podstawowych operacji jednostkowych inżynierii chemicznej obejmujących przenoszenie pędu, ciepła i masy;
- Umiejętność projektowania i optymalizacji systemów technologicznych;
- Umiejętność obsługi nowoczesnej aparatury laboratoryjnej (m.in. chromatografy HPLC, spektrofotometr ICP-OES, dyfraktometr );
- Znajomość zaawansowanych programów komputerowych do projektowania i symulacji instalacji technologicznych (Aspen Plus, HYSYS, HX-Net);
- Znajomość środowisk komputerowych stosowanych do modelowania i obliczeń Matlab i Maple.

# Tematyka prac badawczych prowadzonych w Katedrze Inżynierii Chemicznej i Procesowej

- Chromatograficzne i adsorpcyjne metody rozdzielania mieszanin,
- Krystalizacja enacjomerów oraz białek,
- Optymalizacja i integracja procesów technologicznych - zużycia mediów grzewczych, chłodniczych i wody,
- Projektowanie systemów technologicznych (programy symulacyjne ASPEN PLUS, HYSYS, HX-NET),
- Badania i modelowanie procesów reaktorowych w układach homo- i heterofazowych, (kataliza heterogeniczna),
- Badania doświadczalne i modelowanie komputerowe operacji z udziałem materiałów sypkich.

# Wybrany dorobek Zespołu
# 1. W zakresie teorii adsorpcji i chromatografii


1. Antos D., Piątkowski W., Kaczmarski K., „*Determination of mobile phase effect on single-component adsorption isotherm by use of numerical estimation*", J. Chromatogr. **874** (2000) 1-12.
2. Gritti, F.; Piątkowski, W.; Guiochon, G., "*Comparison of the adsorption equilibrium of a few low-molecular mass compounds on a monolithic and a packed column in reversed-phase liquid chromatography*", J. Chromatogr. **978** (2002) 81-107.
3. Gritti, F., Piątkowski, W., Guiochon, G., "*Study of the mass transfer kinetics in a monolithic column*", J. Chromatogr. **983** (2003) 51-71.
4. Piątkowski, W., Antos D., Kaczmarski, K., "*Modeling of preparative chromatography processes with slow intraparticle mass transport kinetics*", J. Chromatogr. **988** (2003) 219-231.
5. Piątkowski, W. Gritti, F., Kaczmarski, K., Guiochon, G., "*Influence of the particle porosity on chromatographic band profiles*", J. Chromatogr. **989** (2003) 207-219.
6. Piątkowski, W., Antos D., Gritti, F., Guiochon, G., "*Study of the competitive isotherm model and the mass transfer kinetics for a BET binary system*", J. Chromatogr. **1003**, (2003) 73-89.
7. Antos D., Kaczmarski K., Seidel-Morgenstern A., Piątkowski W., „*Concentration dependence of lumped mass transfer coefficients. Linear versus non-linear chromatography and isocratic versus gradient operation*", J. Chromatogr. **1006** (2003) 61-76.
8. Piątkowski W., Petrushka I., Antos D., „*Adsorbed solution model for prediction of normal-phase chromatography process with varying composition of the mobile phase*", J. Chromatogr. **1092** (2005) 65-75.
9. Poplewska I., Piątkowski W., Antos D., "*Effect of temperature on competitive adsorption of the solute and the modifier in reversed-phase liquid chromatography*", J. Chromatogr. **1103** (2006) 284-295.
10. Piątkowski W., Kramarz R., Poplewska I., Antos D., "*Deformation of gradient shape as a result of preferential adsorption of solvents in mixed mobile phases*", J. Chromatogr. **1127** (2006) 187-199.
11. Nowak J., Gedicke K., Antos D., Piatkowski W., Seidel-Morgenstern A., "*Synergistic effects in competitive adsorption of carbohydrates on an ion-exchange resin*", J. Chromatogr. **1164** (2007) 224-234.
15. Antos D., Piątkowski W., "*Band deformation in non-isocratic liquid Chromatography*", Trends Anal. Chem., **81** (2016), 69–78.
16. Antos D., Piątkowski W., "*Thermodynamics of Multicomponent Liquid Chromatography*", Chem. Ing. Tech. 2016, **88**, (11), 1586–1597.

# 2. W zakresie teorii krystalizacji związków farmakologicznie czynnych oraz biotechnologicznych


1. Poplewska I., Kramarz R., Piatkowski W., Seidel-Morgenstern A., Antos D., " *Influence of preferential adsorption of mobile phase on retention behavior of amino acids on the teicoplanin chiral selector* ", J. Chromatogr. **1173** (2007) 58-70.
2. Poplewska I., Kramarz R., Piatkowski W., Seidel-Morgenstern A., Antos D., " *Behavior of adsorbed and fluid phases versus retention properties of amino acids on a chiral selector*", J. Chromatogr. **1192** (2008) 130–138.
3. Balawejder M., Gałan K., Elsner M.P., Seidel-Morgenstern A., Piątkowski W., Antos D., "*Multi-stage crystallization for resolution of enantiomeric mixtures in a solid solution forming system*", Chem.Eng.Sc. **61** (2011), 5638-5647.
4. Balawejder M., Kiwała D., Lorenz H., Seidel-Morgenstern A., Piątkowski W., Antos D., "*Resolution of a Diasteromeric Salt of Citalopram by Multistage Crystallization*", Cryst. Growth & Des. **12**, (2012), 2557–2566
5. M. Balawejder, i inni, "*Modeling and predictions of solid–liquid equilibria for citalopram oxalate as a representative of a solid solution forming system*", Fluid Phase Eq., **346** (2013), 8–19.
6. Olbrycht M., Balawejder M., Matuła K., Piatkowski W., Antos D., „*Multistage cross- and counter-current flow crystallization for separation of racemic 2-methylbutanoic acid*", Industrial & Engineering Chemistry Research,) **53**, (2014), 15990–15999.
7. Kiwala D., Olbrycht M., Balawejder M., **Piątkowski W.,** Seidel-Morgenstern A., Antos D., „*Separation of Stereoisomeric Mixtures of Nafronyl as a Representative of Compounds Possessing Two Stereogenic Centers, by Coupling Crystallization, Diastereoisomeric Conversion, and Chromatography*", *Org. Proc. Res. Dev.*, 20 (3) (2016), 615–625.
8. Olbrycht M., Kiwala D., Balawejder M., **Piątkowski W.,** ***(Piąctkowski)*** Seidel-Morgenstern A., Antos D., „*Multiplicity of equilibrium states in separating stereoisomeric mixtures of nafronyl oxalate by crystallization*", Cryst. Growth & Des. 16 (2016), 5049-5058.

# 3. W zakresie chromatografii oraz innych procesów rozdzielania białek


1. Muca R., Piątkowski W., Antos D., „*Effects of thermal heterogeneity in hydrophobic interaction chromatography*", J. Chromatogr. **1216** (2009) 6716-6727.
2. Muca R., Piątkowski W., Antos D., "*Altering efficiency of hydrophobic interaction chromatography by combined salt and temperature effects*", J. Chromatogr. **1216** (2009) 8712–8721.
3. Muca R., Marek W., Piątkowski W., Antos D., „*Influence of the sample-solvent on protein retention, mass transfer and unfolding kinetics in hydrophobic interaction chromatography*", J. Chromatogr. **1217** (2010) 2812–2820.
4. Marek W., Piątkowski W., Antos D., „*Multiple-injection technique for isolating a target protein from multicomponent mixtures*", J. Chromatogr. **1218** (2011) 5423–5433.
5. R. Bochenek, W. Marek, W. Piątkowski, D. Antos, "*Evaluating the performance of different multicolumn setups for chromatographic separation of proteins on HIC media*", J. Chromatogr. A 1301 (2013) 60– 72.
6. Marek W., Muca R., Woś S., Piątkowski W., Antos D., "*Isolation of monoclonal antibody from a CHO supernatant.*I. *Assessment of different separation concepts*", J. Chromatogr. A **1305** (2013) 55–63.
7. Marek W., Muca R., Woś S., Piątkowski W., Antos D., *Isolation of monoclonal antibody from a CHO supernatant.*II. *Dynamics of the integrated separation on IEC and HIC column*", J. Chromatogr. A **1305** (2013) 64-75.
8. Poplewska I., Muca R., Strachota A., Piatkowski W., Antos D., "*Adsorption behavior of proteins on temperature-responsive resins*", J. Chromatogr. A, 1324 (2014) 181– 189.
9. Poplewska I., Piątkowski W., Antos D., "*Overcoming solubility limits in overloaded gradient hydrophobic interaction chromatography*", J. Chromatogr. A, **1386** (2015) 1– 12.
10. Ryś S., Piątkowski W., Antos D., „*Predictions of matrix-assisted refolding of α-lactalbumin: Process efficiency versus batch dilution method*", Eng. Life Sci., **15** (2015) 140–151.
11. Ryś S., Muca R., Kołodziej M., Piątkowski W., Dürauer A., Jungbauer A., Antos D., „*Design and optimization of protein refolding with crossflow ultrafiltration*", Chem. Eng. Sc., **130** (2015), 290–300.
12. Muca R., Piątkowski **W.,** Antos D., „*A short-cut method for evaluation of yield reduction due to protein deposition onto the membrane surface in crossflow ultrafiltration*", Eng. Life Sci., 0 (2016) 1–12.
13. Gorczyca R., Marek W., Bochenek R., Piątkowski W., Antos D., "*Protein separation in carousel multicolumn setup. Performance analysis and experimental validation*", J. Chromatogr. A, **1460** (2016), 40–50.
14. Muca R., Marek W., Żurawski M., Piątkowski W., Antos D., "*Effect of mass overloading on binding and elution of unstable proteins in Hydrophobic Interaction Chromatography*", 1492 (2017). 79–88.

# Współpraca Katedry Inżynierii Chemicznej i Procesowej z przemysłem

- Zakłady Farmaceutyczne ICN Polfa Rzeszów S.A.,
- Zakłady Farmaceutyczne „Polpharma Biologics” w Gdańsku,
- Zakłady Farmaceutyczne „Sanfarm” w Nowej Dębie,
- Zakłady Chemiczne „Organika-Sarzyna” S.A. w Nowej Sarzynie,
- PKN Orlen S.A. w Płocku,
- Zakłady Azotowe z Tarnowie,
- Rafinerie Jasło i Jedlicze,
- Instytut Nawozów Sztucznych w Puławach.

# Współpraca z zagranicą obejmująca stypendia dla studentów w ramach programu Socrates/Erasmus

- Uniwersytet Otto von Guericke w Magdeburgu;
- Uniwersytet Techniczny w Berlinie;
- Uniwersytet Arystotelesa w Salonikach (Grecja);
- Uniwersytet w Oviedo (Hiszpania);
- Uniwersytet w Lappeenranta (Finlandia);
- Uniwersytet Zasobów Naturalnych i Nauk o Życiu w Wiedniu (Austria);
- Wyższa Szkoła KaHo Saint-Lieven - Gent (Belgia)
- University of Virginia – Bioseparation Engineering (USA)

Erasmus+

# Pozostałe kontakty zagraniczne pracowników Katedry

- Uniwersytet Minnesota, USA, Wydział Chemiczny
- Uniwersytet Karlstad, Szwecja, Wydział Chemiczny
- Politechnika Kijowska (Ukraina)
- Politechnika Lwowska (Ukraina)
- Politechnika Permska (Rosja)

# Możliwości zatrudnienia absolwentów specjalności Inżynieria procesowa i bioprocesowa

- Przemysł chemiczny,
- **Przemysł spożywczy,**
- **Przemysł farmaceutyczny,**
- **Przemysł biotechnologiczny**,
- Przemysł wydobywczy,
- **Biura projektowe dla wyżej, wymienionych gałęzi przemysłu**,
- **Inżynieria i ochrona środowiska**

# Dlaczego warto wybrać specjalność **inżynieria procesowa i bioprocesowa**?

- dla poznania nowoczesnej dziedziny wiedzy jaką jest inżynieria chemiczna i procesowa,
- dla uniwersalnego wykształcenia, pozwalającego znaleźć zatrudnienie także w pokrewnych przemysłach,
- dla poznania możliwości zaawansowanego oprogramowania komputerowego stosowanego w przemyśle i w biurach projektowych.

# Dlaczego warto wybrać specjalność **Inżynieria procesowa i bioprocesowa**?

- dla poznania nowoczesnej i stale rozwijającej się dziedziny wiedzy jaką jest **Inżynieria chemiczna i procesowa**, w tym Inżynieria Bioprocesowa,
- dla uniwersalnego wykształcenia, pozwalającego znaleźć zatrudnienie także w pokrewnych przemysłach,
- dla poznania możliwości zaawansowanego oprogramowania komputerowego stosowanego w przemyśle i w biurach projektowych.