باسمه تعالی

دانشگاه اصفهان

دانشکده علوم و فناوری‌های نوین

گروه زیست‌فناوری (بیوتکنولوژی)

برنامه و سرفصل دروس دوره تحصیلات تکمیلی "مهندسی شیمی- بیوتکنولوژی"

زمستان ۱۳۹۵

فهرست مطالب

عنوان رشته..... ۱
تعریف و هدف رشته..... ۱
توانمندی و مهارت‌های دانش آموختگان رشته..... ۱
زمینه‌های پژوهشی رشته..... ۱
شکل نظام آموزشی..... ۲
دروس جبرانی دوره تحصیلات تکمیلی..... ۲
دروس اصلی- تخصصی و اختیاری دوره تحصیلات تکمیلی..... ۲
جدول ۱- تعداد واحدهای درسی و پژوهشی دوره تحصیلات تکمیلی مهندسی شیمی- بیوتکنولوژی..... ۳
جدول ۲- دروس جبرانی دوره کارشناسی ارشد مهندسی شیمی- بیوتکنولوژی..... ۳
جدول ۳ - دروس اصلی- تخصصی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی- بیوتکنولوژی..... ۳
جدول ۴- دروس اختیاری تحصیلات تکمیلی مهندسی شیمی- بیوتکنولوژی..... ۴
سرفصل دروس..... ۵
اصول فناوری تخمیر..... ۶
طراحی راکتورهای زیستی..... ۹
ریاضیات مهندسی پیشرفته..... ۱۲
پدیده‌های انتقال در فرایندهای زیستی..... ۱۴
راکتورهای زیستی پیشرفته..... ۱۶
مهندسی محیط زیست پیشرفته..... ۱۹
پدیده‌های انتقال زیستی پیشرفته..... ۲۲
مهندسی متابولیک..... ۲۴
مهندسی جداسازی مواد زیستی..... ۲۶
ژنتیک مولکولی..... ۲۹
ترمودینامیک زیستی..... ۳۲
سینتیک و فناوری آنزیم..... ۳۵
زیست‌فناوری محیط زیست..... ۳۷
مدل‌سازی و شبیه‌سازی فرایندهای زیستی..... ۳۹
مبانی طراحی فرایندهای زیستی..... ۴۱
آزمایشگاه میکروب‌شناسی و فرایندهای تخمیری..... ۴۳
طراحی آزمایش‌ها و تحلیل داده‌ها..... ۴۵
زیست‌شناسی سامانه‌ای..... ۴۷
ازدیاد برداشت میکروبی نفت..... ۵۰
زیست‌پالایی و تبدیل زیستی ترکیبات نفتی..... ۵۲

فناوری تولید سوخت‌های زیستی..... ۵۴
پیل‌های سوختی زیستی..... ۵۸
بیوانفورماتیک..... ۶۰
نانوزیست‌فناوری..... ۶۲
نانوزیست‌مواد..... ۶۵
نانودارو و نانوسامانه‌های انتقال دارو..... ۶۷
مباحث ویژه..... ۶۹
سمینار ۱..... ۷۰
سمینار ۲..... ۷۱
جدول۶- جدول تطبیقی سرفصل بازنگری شده و سرفصل قدیمی دوره تحصیلات تکمیلی مهندسی شیمی گرایش بیوتکنولوژی..... ۷۲

مشخصات کلی:

۱- عنوان رشته:

فارسی: مهندسی شیمی- بیوتکنولوژی

لاتین: Chemical Engineering- Biotechnology

- **دوره تحصیلی:** تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد و دکتری)

۲- تعریف و هدف رشته:

دوره تحصیلات تکمیلی مهندسی شیمی گرایش بیوتکنولوژی یک زمینه بین رشته‌ای حاوی دروس مختلفی از حوزه‌های مختلف زیست‌فناوری و مهندسی شیمی است. هدف از این دوره تربیت متخصصینی است که ضمن فراگیری اصول زیست‌فناوری بتوانند از دانش و تخصص خود در زمینه طراحی فرایندهای شیمیایی برای طراحی و توسعه فرایندهای صنعتی زیستی و نیز مدل‌سازی و درک سازوکارهای حاکم در موجودات زنده بهره گیرند.

۳- توانمندی و مهارت‌های دانش آموختگان رشته:

دانش‌آموختگان این رشته به دلیل آشنایی با اصول مهندسی شیمی و نیز علوم زیستی قادر خواهند بود در بخش‌های مختلف زیست‌فناوری به منظور تولید صنعتی فراورده‌های زیستی، حفظ محیط زیست با استفاده از روش‌های زیستی، تولید انرژی‌های تجدیدپذیر زیستی، توسعه فرایندهای زیستی، جداسازی فراورده‌های زیستی، مهندسی متابولیک، زیست‌شناسی سامانه‌ای و نانوزیست‌فناوری فعالیت نمایند.

٤- زمینه‌های پژوهشی رشته:

با توجه به کاربردهای وسیع این رشته، زمینه‌های پژوهشی متنوعی وجود دارد که برخی از آنها عبارتند از:

- تولید انواع فراورده‌های شیمیایی با استفاده از روش‌های زیستی
- تبدیل دانش تولید شده در آزمایشگاه‌های زیستی به دانش فنی
- تولید انرژی‌های تجدیدپذیر زیستی
- جداسازی و خالص‌سازی فراورده‌های زیستی
- استفاده از آنزیم‌ها به عنوان کاتالیست در فرایندهای شیمیایی
- حذف آلاینده‌ها از محیط زیست (خاک، آب و هوا) به روش‌های زیستی
- مهندسی متابولیک و زیست‌شناسی سامانه‌ای
- مهندسی بافت
- نانوزیست‌فناوری

۵- شکل نظام آموزشی:

طول دوره کارشناسی ارشد و دکتری مهندسی شیمی- بیوتکنولوژی مطابق با آخرین مصوبات و بر اساس آئین‌نامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد و دکتری مصوب شورای عالی برنامه‌ریزی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری است. جمع واحدهای دوره کارشناسی ارشد در هر دو شیوه آموزشی- پژوهشی و آموزش محور ۳۲ واحد و دوره دکتری ۳۶ واحد به شرح جدول ۱ می‌باشد.

٦- دروس جبرانی دوره تحصیلات تکمیلی:

- مقطع کارشناسی ارشد:

دانشجویانی که از سایر رشته‌ها در دوره کارشناسی ارشد مهندسی شیمی- بیوتکنولوژی پذیرفته می‌شوند، بنا به تشخیص گروه آموزشی حداکثر تا سقف ۱۲ واحد از دروس جدول شماره ۲ را به عنوان دروس جبرانی اخذ می‌نمایند.

- مقطع دکتری:

دانشجویانی که از سایر رشته‌ها در دوره دکتری مهندسی شیمی- بیوتکنولوژی پذیرفته می‌شوند، حداکثر تا سقف ۹ واحد از دروس جدول شماره ۳ را بنا به تشخیص گروه آموزشی، به عنوان دروس جبرانی اخذ می‌نمایند.

۷- دروس اصلی- تخصصی و اختیاری دوره تحصیلات تکمیلی:

- مقطع کارشناسی ارشد:

دانشجویان کارشناسی ارشد مهندسی شیمی- بیوتکنولوژی (آموزشی- پژوهشی و آموزش محور) لازم است تا بر اساس جدول شماره ۳ تعداد ۱۲ واحد درسی را به عنوان دروس اصلی- تخصصی با موفقیت بگذرانند. دروس اختیاری مورد نیاز این دانشجویان بر اساس جدول شماره ۴ اخذ می‌گردد. دانشجویان آموزش محور به جای پایان‌نامه ملزم به انتخاب ۶ واحد از دروس اختیاری جدول ۴ می‌باشند.

تبصره: برای دانشجویان آموزش محور اخذ حداقل ۲ واحد سمینار الزامی است.

- مقطع دکتری:

کلیه واحدهای لازم بر اساس جدول شماره ۴ و به پیشنهاد استاد راهنما و تایید کارگروه تحصیلات تکمیلی گروه انتخاب می‌گردد.

تبصره: دانشجوی دکتری نمی‌تواند دروس خود را از میان دروسی که قبلا در دوره کارشناسی ارشد خود گذرانده است، انتخاب کند.

جدول ۱- تعداد واحدهای درسی و پژوهشی دوره تحصیلات تکمیلی مهندسی شیمی- بیوتکنولوژی

ردیف	نوع درس	کارشناسی ارشد		دکتری
		آموزشی- پژوهشی	آموزش محور	آموزشی- پژوهشی
۱	اصلی-تخصصی (بر اساس جدول ۳)	۱۲	۱۲	--
۲	اختیاری (بر اساس جدول ۴)	۱۴	۲۰	۱۵
۳	پایان نامه یا رساله	۶	--	۲۱
مجموع		۳۲	۳۲	۳۶

* دانشجویان آموزش محور به جای پایان‌نامه ملزم به انتخاب ۶ واحد از دروس اختیاری جدول ۴ می‌باشند. برای این دسته از دانشجویان اخذ حداقل ۲ واحد درس سمینار الزامی است.

جدول ۲- دروس جبرانی دوره کارشناسی ارشد مهندسی شیمی- بیوتکنولوژی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	ریاضیات مهندسی	۳
۲	انتقال جرم	۳
۳	مکانیک سیالات ۱	۳
۴	سینتیک و طراحی راکتور	۳
۵	زیست‌شناسی سلولی	۳
۶	بیوشیمی	۳
۷	میکروب‌شناسی پایه	۳

*دانشجویان پذیرفته شده از سایر رشته‌ها در دوره کارشناسی ارشد مهندسی شیمی- بیوتکنولوژی، بنا به تشخیص گروه آموزشی، حداکثر تا سقف ۱۲ واحد از دروس جدول شماره ۲ را به عنوان دروس جبرانی اخذ می‌نمایند.

جدول ۳ - دروس اصلی- تخصصی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی- بیوتکنولوژی

ردیف	نام درس	تعداد واحد	ساعت		
			نظری	عملی	جمع
۱	اصول فناوری تخمیر	۳	۴۸	۰	۴۸
۲	طراحی راکتورهای زیستی	۳	۴۸	۰	۴۸
۳	ریاضیات مهندسی پیشرفته	۳	۴۸	۰	۴۸
۴	پدیده‌های انتقال در فرایندهای زیستی	۳	۴۸	۰	۴۸

جدول ٤- دروس اختیاری تحصیلات تکمیلی مهندسی شیمی- بیوتکنولوژی

ردیف	نام درس	تعداد واحد	ساعت		
			نظری	عملی	جمع
۱	راکتورهای زیستی پیشرفته	۳	۴۸	۰	۴۸
۲	مهندسی محیط زیست پیشرفته	۳	۴۸	۰	۴۸
۳	پدیده‌های انتقال زیستی پیشرفته	۳	۴۸	۰	۴۸
۴	مهندسی متابولیک	۳	۴۸	۰	۴۸
۵	مهندسی جداسازی مواد زیستی	۳	۴۸	۰	۴۸
۶	ژنتیک مولکولی	۳	۴۸	۰	۴۸
۷	ترمودینامیک زیستی	۳	۴۸	۰	۴۸
۸	سینتیک و فناوری آنزیم	۳	۴۸	۰	۴۸
۹	زیست‌فناوری محیط زیست	۳	۴۸	۰	۴۸
۱۰	مدل‌سازی و شبیه‌سازی فرایندهای زیستی	۳	۴۸	۰	۴۸
۱۱	مبانی طراحی فرایندهای زیستی	۲	۳۲	۰	۳۲
۱۲	آزمایشگاه میکروب‌شناسی و فرایندهای تخمیری	۱	۰	۱۶	۱۶
۱۳	طراحی آزمایش‌ها و تحلیل داده‌ها	۲	۳۲	۰	۳۲
۱۴	زیست‌شناسی سامانه‌ای	۳	۴۸	۰	۴۸
۱۵	ازدیاد برداشت میکروبی نفت	۳	۴۸	۰	۴۸
۱۶	زیست‌پالایی و تبدیل زیستی هیدروکربن‌های نفتی	۳	۴۸	۰	۴۸
۱۷	فناوری تولید سوخت‌های زیستی	۳	۴۸	۰	۴۸
۱۸	پیل‌های سوختی زیستی	۲	۳۲	۰	۳۲
۱۹	بیوانفورماتیک	۲	۳۲	۰	۳۲
۲۰	نانوزیست‌فناوری	۳	۴۸	۰	۴۸
۲۱	نانوزیست‌مواد	۲	۳۲	۰	۳۲
۲۲	نانودارو و نانوسامانه‌های انتقال دارو	۳	۴۸	۰	۴۸
۲۳	مباحث ویژه	۳	۴۸	۰	۴۸
۲۴	سمینار ۱	۱	۱۶	۰	۱۶
۲۵	سمینار ۲	۲	۳۲	۰	۳۲

*دانشجو می‌تواند با پیشنهاد استاد راهنما و تایید کمیته تحصیلات تکمیلی گروه حداکثر تا دو درس از همان مقطع از سایر رشته‌ها و گرایش‌های مرتبط موجود در دانشگاه اخذ نماید.

*درس سمینار ۲ فقط مخصوص دانشجویان کارشناسی ارشد آموزش محور است.

سرفصل دروس

اصول فناوری تخمیر
Principles of Fermentation Technology

عنوان درس به فارسی: **اصول فناوری تخمیر**	تعداد واحد: **۳**	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز : **ندارد**
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
			✓ الزامی	✓ نظری	
				عملی	
	تعداد ساعت: **٤٨**		اختیاری	نظری	
عنوان درس به انگلیسی: **Principles of Fermentation Technology**				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : ☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار					

هدف درس:

هدف از این درس یادگیری ا صول علمی حاکم بر فناوری تخمیر و سینتیک ر شد میکروارگانیسم‌ها و تولید محصول است.

رئوس مطالب :

۱- تاریخچه صنعت تخمیر:

تاریخچه و مقدمه‌ای بر صنعت تخمیر، مراحل تکامل صنعت تخمیر و ویژگی‌های هر مرحله

۲- مقدمه‌ای بر میکروب‌شناسی:

آشنایی با انواع سلول‌ها و دسته‌بندی آن‌ها، سلول‌های پروکاریوتی و یوکاریوتی، اجزاء تشکیل دهنده سلول و وظیفه هر یک از این اجزاء

۳- مقدمه‌ای بر بیوشیمی:

درشت‌مولکول‌های تشکیل دهنده سلول‌های زنده (کربوهیدرات‌ها، اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌ها، چربی‌ها و لیپیدها) و ویژگی‌های هر یک

۴- مسیرهای متابولیک مهم داخل سلولی:

مقدمه‌ای بر سوخت‌وساز سلولی، مروری مختصر بر مسیرهای متابولیک مهم درون سلولی شامل قندکافت (Glycolysis)، پنتوز فسفات، چرخه کربس، مسیرهای تخمیری، زنجیره تنفسی

۵- محیط کشت رشد میکربی:

ویژگی‌های محیط کشت مناسب، اجزاء تشکیل دهنده محیط کشت میکربی، انواع محیط کشت مورد استفاده در صنایع تخمیری به همراه مزایا و معایب هر یک

۶- جداسازی و نگهداری میکروارگانیسم‌ها:

ویژگی‌های میکروارگانیسم مناسب برای صنایع تخمیری، مجموعه‌های میکربی (Microbial collections) و تهیه میکروارگانیسم از این مجموعه‌ها، جداسازی میکروارگانیسم‌ها از طبیعت، معیارهای جداسازی و انتخاب میکروارگانیسم‌ها، روش‌های کلی جداسازی میکروارگانیسم‌ها، روش‌های مختلف نگهداری و ذخیره میکروارگانیسم‌ها

۷- استوکیومتری رشد سلول:

استوکیومتری رشد سلول و تولید محصول، ضرایب بازده (Yield coefficients)، بهره‌دهی (Productivity)، سرعت واکنش حجمی (Volumetric reation rate)، سرعت واکنش ویژه (Specific reaction rate)، بهره تنفسی (Respiratory quotient)، آنالیز عنصری سلول، موازنه درجه احیاء (Redox balance analysis)

۸- مدل‌های سینتیک رشد:

روش‌های کمی کردن غلظت سلول در محیط کشت، مراحل رشد سلول‌ها در یک فرایند غیرمداوم، مفهوم رشد متوازن (Balanced growth) و رشد نامتوازن (Unbalanced growth)، انواع مدل‌های غیرساختاری (Unstructured) رشد سلول مانند مدل مالتوس، مدل مونود و پارامترهای آن، مدل تسیر، مدل موسر، اثر بازدارندگی غلظت سوبسترا و محصول بر رشد سلول، اثر دما و pH

۹- کشت مخلوط میکروارگانیسم‌ها:

انواع برهمکنش‌ها بین مخلوط میکروارگانیسم‌ها و مدل‌های ساده حاکم بر آن‌ها، مخلوط میکروارگانیسم‌ها در طبیعت و کاربردهای آن در صنعت و تصفیه فاضلاب.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	آزمون میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	**دارد**	آزمون های نوشتاری: **دارد**	**ندارد**
		عملکردی: **ندارد**	

منابع اصلی:

1. M.L. Shuler, F. Kargi, M. DeLisa, "Bioprocess Engineering: Basic Concepts", 3rd Edition, Prentice -Hall, 2017.
2. J. Villadsen, J. Nielsen, G. Liden, "Bioreaction Engineering Principles", 3rd Edition, Springer, 2011.
3. P.F. Stanbury, A. Whitaker, S.J. Mall, "Principles of Fermentation Technology", 2nd Edition, Butterworth Heinemann, 1999.
4. J.E. Bailey, D.F. Ollis, "Biochemical Engineering Fundamentals", 2nd Edition, McGraw- Hill, 1986.
5. S.T.A. Inamdar, "Biochemical Engineering: Principles and Concepts", 3rd Edition, PHI Learning Private Limited, 2013.

6. D.G. Rao, “Introduction to Biochemical Engineering”, 2nd Edition, Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, 2010.
7. C. Ratledge, B. Kristiansen, “Basic Biotechnology”, 3rd Edition, Cambridge University Press, 2006.
8. A.L. Lehninger, D.L. Nelson, M.M. Cox, “Lehninger Principles of Biochemistry”, 6th Edition, W.H. Freeman, 2013.
9. H. W. Blanch, D. S. Clark, “Biochemical Engineering”, Marcel Dekker, 1996.
۱۰. شجاع‌الساداتی, س.ع.، اسداللهی، م.ع. "بیوتکنولوژی صنعتی"، ویرایش سوم، چاپ هشتم، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ۱۳۹۵.

طراحی راکتورهای زیستی
Bioreactor Design

عنوان درس به فارسی: **طراحی راکتورهای زیستی**	تعداد واحد: **۳**	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز : **ندارد**
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
			✓ الزامی	✓ نظری	
				عملی	
	تعداد ساعت: **۴۸**		اختیاری	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: **Bioreactor Design**	آموزش تکمیلی عملی : ☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار				

هدف درس:

شناخت سینتیک رشد میکروارگانیسم‌ها، طراحی و ویژگی‌های انواع راکتورهای زیستی از هدف‌های این درس است.

رئوس مطالب :

۱- مدل‌های سینتیک رشد میکروارگانیسم‌ها:

انواع مدل‌های سینتیک رشد میکروارگانیسم‌ها شامل:

مدل‌های غیرساختاری- غیرافتراقی (Unstructured, Non-segregated)،

مدل‌های ساختاری- غیرافتراقی (Structured, Non-segregated)،

مدل‌های غیرساختاری- افتراقی (Unstructured, Segregated) و

مدل‌های ساختاری- افتراقی (Structured, Segregated)

۲- انواع راکتورهای زیستی:

انواع راکتورهای زیستی شامل راکتورهای تانکی به‌هم خورده (Stirred tank reactors)، راکتورهای ستون حباب (Bubble column)، راکتورهای هوابالارو (Air-lift)، راکتورهای بستر سیال (Fluidized bed)،

راکتورهای بستر فشرده (Pcked bed)، راکتورهای جریان قالبی (Plug flow)، راکتورهای مورد استفاده برای کشت سلول‌های حیوانی، راکتورهای مورد استفاده برای کشت سلول‌های گیاهی و راکتورهای آنزیمی

۳- معادلات حاکم بر راکتورهای زیستی:

روش‌های مختلف ا ستفاده از راکتورهای زی ستی شامل عملیات غیرمداوم، عملیات مداوم، مفاهیم شدت رقیق سازی (Dilution rate) و ش ست شو (Washout) در عملیات مداوم، عملیات غیرمداوم خوراک‌دهی شـــده (Fed-batch)، راکتورهای مداوم ســـری، راکتورهای مداوم با برگشـــت ســـلول، راکتورهای آنزیمی، راکتورهای جریان قالبی و معادلات حاکم بر هر یک از این راکتورهای زیستی

۴- سامانه‌های غیرهمگن (Heterogeneous systems):

بررسی سینتیک واکنش‌های زیستی در سامانه‌های غیرهمگن، محدودیت نفوذ داخلی، محدودیت نفوذ خارجی، معادلات حاکم بر یک سامانه حاوی کاتالیست‌های زیستی تثبیت شده، مدول تیله (Thiele modulus) و ارتباط آن با ضریب تاثیر (Effectiveness factor) برای سینتیک درجه صفر، سینتیک درجه یک و سینتیک میکائیلیس- منتن

۵- توسعه روابط حاکم بر راکتورهای زیستی با اختلاط غیرآرمانی (Non-ideal):

بیان مبانی جریان‌های غیرآرمانی شامل مفهوم توزیع زمان ماند (Residence time distribution)، حالت تجمعی جریان (State of aggregation) و همزدگی زودرس یا با تأخیر (Earliness or lateness of mixing)، بررسی پاسخ‌های جریان تپ و یا پله‌ای (Pulse and step experiments)، میزان تبدیل در راکتور غیرآرمانی، مدل‌های مختلف جریان آرمانی شامل مدل تقسیم‌بندی (Compartment model)، مدل پراکندگی (Dispersion model)، مدل مخازن سری (Tanks in series) و به کارگیری مدل های مذکور برای راکتورهای زیستی

۶- سترون‌سازی راکتورهای زیستی:

مبانی سترون‌سازی حرارتی محیط کشت، طراحی فرایندهای سترون‌سازی ناپیوسته، محاسبه فاکتور دل (Del factor) نظیر روش ریچارد، طراحی سترون‌ساز پیوسته، افزایش مقیاس سترون‌سازها، سترون‌سازی حرارتی هوا و سایر روش‌های سترون‌سازی

۷- کشت حالت جامد و کاربردهای آن:

مقایسه‌ی کشت حالت جامد و غوطه‌ور مایع، مراحل اصلی کشت حالت جامد، جنبه‌های مهندسی کشت حالت جامد (انتقال جرم، انتقال حرارت)، انواع راکتورهای زیستی کشت حالت جامد و طراحی آن، مدل‌سازی ریاضی کشت حالت جامد

۸- تغییر مقیاس راکتورهای زیستی:

اختلاط در راکتورهای زی ستی، بازده اختلاط، سی ستم‌های مختلف ایجاد اختلاط در راکتورهای زی ستی، افزایش مقیاس راکتورهای زیستی، کاهش مقیاس راکتورهای زیستی

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	آزمون میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	**دارد**	آزمون های نوشتاری: **دارد**	**دارد**
		عملکردی: **ندارد**	

منابع اصلی :

1. J. Villadsen, J. Nielsen, G. Liden, “Bioreaction Engineering Principles”, 3rd Edition, Springer, 2011.
2. B. McNeil, L.M. Harvey, “Practical Fermentation Technology”, Wiley, 2008.
3. P.F. Stanbury, A. Whitaker, S.J. Mall, “Principles of Fermentation Technology”, Butterworth Heinemann, 1999.
4. M.L. Shuler, F. Kargi, M. DeLisa, “Bioprocess Engineering: Basic Concepts”, 3rd Edition, Prentice -Hall, 2017.
5. P.M. Doran, "Bioprocess Engineering Principles", 2nd Edition, Academic Press, 2013.
6. S.Y. Lee, J. Nielsen, G. Stephanopoulos, “Fundamental Bioengineering”, Vol. 1, Wiley-VCH, 2016.
7. R. Dutta, “Fundamentals of Biochemical Engineering”, Springer, 2008.
8. K. Van’t Riet, J. Tramper, “Basic Bioreactor Design”, Marcel Dekker, 1991.
9. O. Levenspiel, “Chemical Reaction Engineering”, 3rd Edition, Wiley, 2006.
10. C.G. Hill, T.W. Root, “Introduction to Chemical Engineering Kinetics and Reactor Design”, 2nd Edition, Wiley, 2014.
11. J.E. Bailey, D.F. Ollis, “Biochemical Engineering Fundamentals”, 2nd Edition, McGraw-Hill, 1986.
12. D.A. Mitchell, N. Krieger, M. Berovic, “Solid State Fermentation Bioreactors: Fundamentals of Design and Operation”, Springer, 2006.
13. A. Pandey, C.R. Soccol, C. Larroche, "Current Developments in Solid-State Fermentation", Springer, 2008.

۱۴. شجاع‌الساداتی, س.ع.، اسداللهی، م.ع. "بیوتکنولوژی صنعتی"، ویرایش سوم، چاپ هشتم، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ۱۳۹۵.

ریاضیات مهندسی پیشرفته
Advanced Engineering Mathematics

عنوان درس به فارسی: **ریاضیات مهندسی پیشرفته**	تعداد واحد: **۳**	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز : **ندارد**
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
	تعداد ساعت: **٤٨**		✓ اختیاری	✓ نظری	
عنوان درس به انگلیسی: **Advanced Engineering Mathematics**				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : ☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار					

هدف درس:

تسلط بر روش‌های حل معادلات دیفرانسیل به صورت تحلیلی و عددی و به کارگیری آنها در بعضی از مسائل معمول در مهندسی بیوشیمی از اهداف این درس است.

رئوس مطالب :

۱- حل تحلیلی معادلات دیفرانسیل

- معادلات دیفراسیل معمولی:

طبقه‌بندی معادلات دیفرانسیل، مروری بر روش‌های حل تحلیلی معادلات دیفرانسیل معمولی (ODEs)، حل دستگاه معادلات دیفرانسیل خطی، بی‌بعدسازی معادلات و آنالیز پایداری، حل دستگاه‌های معادلات غیر خطی (معادله Lotka-Volterra)

- معادلات دیفرانسیل با مشتقات جزئی (PDE's):

معرفی انواع PDEها، استخراج معادلات نفوذی و بی‌بعد کردن مسائل در مهندسی شیمی، روش‌های حل تحلیلی PDEها شامل جداسازی متغیرها،حل معادلات سهموی و بیضوی، بسط به کمک توابع ویژه، تبدیلات انتگرالی (تبدیل لاپلاس – انواع تبدیلات فوریه)، روش تابع گرین، اصل دوهامل، استفاده از اصل برهمنهش درحل PDEها.

۲- روش‌های حل و تحلیل عددی:

- خطاها، گسترش و نحوه تخمین آنها:

انواع خطاهای ناشی از حل عددی، ارقام بامعنی (Significant digits)، معرفی بسط تیلور به عنوان روشی برای تقریب.

- روش‌های حل عددی دستگاه معادلات جبری:

روش‌های حل مستقیم شامل حذف گوسی، روش گوس-جردن و روش LU و روش‌های غیرمستقیم نظیر گوس زایدل و ژاکوبی، با بیان کاربرد روش‌ها در حوزه زیست فناوری.

- روش‌های حل عددی ODEها:

مسائل مقدار اولیه: روش تیلور، روش اولر، روش رانگ-کوتا، سایر روش‌ها.

مسائل مقدار مرزی: روش پرتابی، روش تفاضل محدود.

کاربرد روش‌های عددی در حل مسائل زیست فناوری نظیر استفاده از مدل‌های مدل‌های دینامیک چندگونه‌ای (Multispecies Models).

- روش‌های حل عددی PDEها:

روش‌های تفاضل محدود: تقریب مشتق‌ها، روش صریح، روش ضمنی، روش کرانک-نیکلسون، حل در مختصات استوانه‌ای و قطبی، روش ADI، روش SOR، روش خط.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	آزمون میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	**دارد**	آزمون های نوشتاری: **دارد**	**دارد**
		عملکردی: **ندارد**	

منابع اصلی :

1. S.J. Farlow, "Partial Differential Equations for Scientists and Engineers", Dover Publications, 1998.
2. E. Kreyszig, "Advanced Engineering Mathematics", 10th Edition, John Wiley, 2011.
3. C.F. Gerald, P.O. Wheatly, "Applied Numerical Analysis", 7th Edition, Addison-Wesley Longman Inc., 2003.
4. Varma, M. Morbidelli, "Mathematical Methods in Chemical Engineering", Oxford University Publisher, 1997.
5. W.E. Boyce, R.C. Diprima, "Elementary Differential Equations and Boundary Value Problems", 9th Edition, John Wiley, 2009.

پدیده‌های انتقال در فرایند های زیستی
Transport Phenomena in Bioprocesses

عنوان درس به فارسی: **پدیده‌های انتقال در فرایند های زیستی**	تعداد واحد: **۳**	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز : **ندارد**
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
			✓ الزامی	✓نظری	
				عملی	
	تعداد ساعت: **٤٨**		اختیاری	نظری	
عنوان درس به انگلیسی: **Transport Phenomena in Bioprocesses**				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : ☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار					

هدف درس:

بیان مفاهیم پدیده‌های انتقال در فرایندهای زیستی شامل انتقال مومنتوم و جرم و استفاده از این مفاهیم در مسائل مربوط به سامانه‌های زیستی از اهداف این درس است.

رئوس مطالب :

انتقال مومنتوم:

۱- موازنه مومنتوم در جریان آرام، پایدار و هم دما

روش پوسته برای انجام موازنه مومنتوم در جریان آرام و حالت پایدار، بررسی شرایط مرزی متداول، بررسی مثال‌های مرتبط در مختصات کارتزین و استوانه‌ای و کروی

به دست آوردن معادلات تغییر در سامانه‌های هم دما، بررسی حل مسائل به کمک معادلات تغییر در شرایط آرام و پایدار، بی‌بعد کردن معادلات، آنالیز ابعادی و معرفی اعداد بدون بعد

۲- کاربرد معادلات تغییر در به‌دست آوردن توزیع سرعت در سامانه‌های با بیش از یک متغیر مستقل، سامانه‌های ناپایدار شامل متغیرهای مستقل (مکان- زمان)

۳- معرفی توابع جریان و پتانسیل، استفاده از این توابع در به دست آوردن توزیع سرعت در سامانه‌های با بیش از یک متغیر مستقل (مکان- مکان)، بررسی جریان سیال در مجاورت سطح جامد با نظریه لایه مرزی جریان آرام

انتقال جرم در فرایندهای زیستی:

۴- معرفی مفاهیم کلیدی، بررسی شار حل شونده در محلول‌ها ، نفوذ تک جزئی در حالت پایدار و ناپایدار، معادلات بقا برای محلول‌های رقیق، مقدمه‌ای بر سامانه‌های چند جزئی

۵- انتقال جرم به صورت نفوذ و جابجایی همزمان، بررسی نفوذ به همراه اختلاف پتانسیل الکتریکی، معادلات انتقال در الکترولیت‌ها، معادله نرنست-پلانک

۶- معرفی لایه مرزی انتقال جرم در مجاورت سطح جامد، تخمین انتقال جرم به کمک معرفی ضرایب انتقال جرم

۷- انتقال اکسیژن و مواد مصرفی از محیط گازی به سامانه‌های میکروبی بدون همزن مکانیکی و دارای همزن مکانیکی ، روابط تعیین ضریب انتقال اکسیژن، محاسبه توان لازم برای همزدن، روابط انتقال اکسیژن در سیالات غیرنیوتنی، انتقال اکسیژن در انواع راکتورهای زیستی (ستون حباب، هوا بالارو، راکتورهای همزده و بدون همزن)

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	آزمون میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	**دارد**	آزمون های نوشتاری: **دارد**	**دارد**
		عملکردی: **ندارد**	

منابع اصلی :

1. R.B. Bird, W.E. Stewart, E.N. Lightfoot, "Transport Phenomena", 2nd Edition, Wiley, 2007.
2. G.A. Truskey, F. Yuan, D.F. Katz, "Transport Phenomena in Biological Systems", Upper Saddle River NJ, Pearson/Prentice Hall, 2009.
3. R.J. Roselli, K.R. Diller, "Biotransport: Principles and Applications", Springer Science & Business Media, 2011.
4. L.A. Glasgow, "Transport Phenomena: An Introduction to Advanced Topics", John Wiley & Sons, 2010.
5. M.L. Shuler, F. Kargi, M. DeLisa, "Bioprocess Engineering: Basic Concepts", 3rd Edition, Prentice -Hall, 2017.
6. J.E. Bailey, D.F. Ollis, "Biochemical Engineering Fundamental", McGraw- Hill, 1986.

راکتورهای زیستی پیشرفته
Advanced Bioreactors

عنوان درس به فارسی: **راکتورهای زیستی پیشرفته**	تعداد واحد: **۳**	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز : **ندارد**
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
	تعداد ساعت: **٤٨**		✓ اختیاری	✓نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: **Advanced Bioreactors**	آموزش تکمیلی عملی : ☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار				

هدف درس:

هدف از این درس، شناخت انواع راکتورهای زیستی مورد استفاده در زیست‌فناوری به ویژه راکتورهای زیستی چندفازی، کاربرد و روابط حاکم بر هر یک می‌باشد.

رئوس مطالب:

۱- راکتورهای کاتالیستی تثبیت شده:

معرفی راکتورهای کاتالیستی تثبیت شده و کاربرد آن‌ها، اثر تثبیت بر روی سینتیک و فعالیت آنزیم، دسته‌بندی راکتورهای آنزیمی، مدل‌سازی راکتورهای آنزیمی تثبیت شده، مدل‌سازی راکتورهای زیستی حاوی سلول تثبیت شده

۲- راکتورهای کاتالیستی دوفازی مایع-مایع:

ا صول فرایندهای زیستکاتالیستی مایع-مایع و د سته‌بندی آن‌ها، انتخاب فاز آلی، انتخاب نسبت فازی، انواع راکتورهای زیستی دوفازی مایع-مایع، انتفال جرم، سینتیک واکنش و نحوه عملیات این نوع راکتورهای زیستی، فرآوری پایین دستی، ملاحظات افزایش مقیاس، مثال‌های عملی از کاربرد این نوع راکتورها

۳ - راکتورهای غشایی - آنزیمی:

اصول و مفاهیم راکتورهای غشایی، دسته‌بندی راکتورهای غشایی، راکتورهای غشایی تماس مستقیم، راکتورهای غشایی نفوذی، راکتورهای غشایی چندفازی، مزایا و معایب راکتورهای غشایی، کاربرد راکتورهای غشایی آنزیمی

۴- زیست‌صافی (Biofilter):

روش‌های حذف بو و مواد آلاینده از هوا، استفاده از زیست‌صافی‌ها برای حذف ترکیبات آلاینده از هوا، سازوکار حذف ترکیبات آلاینده توسط زیست‌صافی‌ها، عوامل موثر بر عملکرد زیست‌صافی، انواع زیست‌صافی و کاربرد آن، انواع مدل‌های ارائه شده برای مدل‌سازی زیست‌صافی‌ها

۵- راکتورهای زیستی کشت سلول حیوانی و گیاهی:

تاریخچه کشت سلول حیوانی و گیاهی و کاربرد آن در زیست‌فناوری، انواع سلول‌های حیوانی و گیاهی، انواع راکتورهای زیستی مورد استفاده برای کشت سلول‌های حیوانی و گیاهی، اثر هوادهی و تنش‌های برشی بر عملکرد سلولی، اثر حباب‌ها بر سلول‌های حیوانی و گیاهی، روش‌های تامین اکسیژن

۶- راکتورهای زیستی مایسل معکوس:

اصول و مفاهیم مایسل معکوس، مزایای زیست‌کاتالیستی مایسل‌های معکوس، عوامل موثر بر زیست‌کاتالیز در مایسل معکوس، مدل‌های توزیع، مدل‌سازی راکتورهای زیستی غشایی مایسلی

۷- راکتورهای زیستی حبابی و هوا بالارو:

مشخصات راکتورهای زیستی حبابی و هوا بالارو، محاسبات شدت گاز، ماندگی و سرعت مایع، مدل‌سازی راکتورهای زیستی حبابی و هوا بالارو، اثر پارامترهای عملیاتی بر عملکرد این نوع راکتورهای زیستی

۸- راکتورهای زیستی مورد استفاده در تصفیه فاضلاب:

معرفی انواع راکتورهای زیستی و کاربرد آن مانند: لجن فعال، برکه تثبیت شده، صفحه گردان، UASB، پارامترهای موثر در عملکرد این نوع راکتورهای زیستی، محاسبات مدل‌سازی و طراحی این راکتورها

۹- راکتورهای بیوفیلم:

مقدمه‌ای بر راکتورهای بیوفیلم و انواع آن، ساختار و ترکیب بیوفیلم، دینامیک تشکیل بیوفیلم، مدل‌سازی راکتورهای بیوفیلم، مدل‌های ریاضی بیوفیلم‌های چندسوبسترایی و چندجزئی سینتیک بیوفیلم و ایجاد توده میکروبی، حل پایا و ناپایای بیوفیلم، تخمین پارامترهای بیوفیلم، راکتورهای زیستی با فیلم کاملاً همزده (CMBR)، فرایندهای بیوفیلم هوازی، فیلترهای چکنده (Trickling filter)، دیسک‌های زیستی گردان (RBC) و بسترهای بیوفیلمی معلق (Fludized Bed)، طراحی راکتورهای زیستی دارای بیوفیلم برای تصفیه پساب.

۱۰- فرایندهای بی‌هوازی با متانوژن‌ها:

انواع راکتورهای مورد استفاده، سینتیک فرایند، شیمی و میکروبیولوژی فرایندهای حاوی متانوژن‌ها، فاکتورهای اصلی طراحی هاضم‌های بی‌هوازی شامل الگوهای بارگذاری، همزدن، گرم‌کردن و جمع‌آوری گاز، طراحی هاضم‌های بی‌هوازی

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	آزمون میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	**دارد**	آزمون های نوشتاری: **دارد**	**دارد**
		عملکردی: **ندارد**	

منابع اصلی :

1. J.M.S. Cabral, M. Mota, J. Tramper, "Multiphase Bioreactor Design", Taylor & Francis, 2001.
2. R. Eibl, D. Eibl, R. Pörtner, G. Catapano, P. Czermak, "Cell and Tissue Reaction Engineering", Springer, 2009.
3. S.S. Ozturk, W.-S. Hu, "Cell Culture Technology for Pharmaceutical and Cell-Based Therapies", Taylor & Francis, 2006.
4. Z. Shareefdeen, A. Singh, "Biotechnology for Odor and Air Pollution Control". Springer, 2005.
5. M.C. Flickenger, S.W. Drew, "The Encyclopedia of Bioprocess Technology", John Wiley & Sons, 1999.
6. J. M. Guisan, "Immobilization of Enzymes and Cells", 2nd Edition, Humana Press, 2006.
7. Moo-Young M., “Comprehensive Biotechnology”, 2nd Edition, Elsevier, 2011.

مهندسی محیط زیست پیشرفته
Advanced Environmental Engineering

عنوان درس به فارسی: **مهندسی محیط زیست پیشرفته**	تعداد واحد: **۳**	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز : **ندارد**
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
	تعداد ساعت: **٤٨**		✓ اختیاری	✓ نظری	
عنوان درس به انگلیسی: **Advanced Environmental Engineering**				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : ☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار					

هدف درس:

هدف از ارائه این درس، شناخت، مدل سازی و طراحی روش‌های ا صلی ت صفیه آلاینده‌های آلی و خاص زیست محیطی با تمرکز بر یادگیری مفاهیم اصلی فرایندهای زیستی تصفیه است.

رئوس مطالب:

۱ – مروری بر ویژگی‌های کلیدی پساب مورد نیاز برای طراحی سیستم‌های تصفیه، نحوه اندازه‌گیری آزمایشگاهی خواص اصلی پساب و نحوه محاسبه خواص فرعی بر آن اساس.

۲- انواع سیستم‌های پیشرفته لجن فعال برای حذف BOD:

محاسبه نرخ‌های تولید جامد کل، جامد فرار و زیست‌توده فعال، محاسبه میزان جامد فرار و کل در بستر هوادهی، محاسبه حجم بستر، محاسبه نرخ هوادهی و مباحث مربوط به انتقال اکسیژن، تعیین محصولات میکروبی محلول، بیان معیارهای طراحی و راه‌اندازی، تئوری شار (Flux theory)، خواص لجن و ارتباط هر یک از خواص با ته‌نشینی لخته‌ها، اجزای ته‌نشین‌کننده‌ها، معیارهای بارگذاری، آنالیز حالت نقطه (State point analysis) و رفع عیب ته‌نشین کننده‌ها بر اساس این آنالیز.

۳- روش‌های نوین حذف همزمان BOD و نیترات‌سازی (Nitrification):

بیان چرخه‌های نیتروژن در طبیعت و سیستم‌های تصفیه، موازنه نیتروژن و مراحل طراحی سیستم‌های متداول نظیر لجن فعال کاملا همزده (CMAS) و راکتورهای ناپیوسته متوالی (SBR)، معرفی سایر فرایندهای مورد استفاده برای حذف همزمان BOD و نیترات‌سازی.

۴- حذف نیتروژن شامل نیترات‌سازی و نیترات‌زدایی (Denitrification):

معرفی فرایندهای متداول، طراحی فرایندهای تک لجنی (Single-sludge) نظیر بی‌اکسیژن/ هوازی یا بی‌اکسیژن اولیه (Preanoxic) و همچنین بی‌اکسیژن ثانویه (Postanoxic).

۵- فرایندهای مورد استفاده برای حذف زیستی فسفر:

معرفی چرخه فسفر در طبیعت و فرایندهای تصفیه، طراحی فرایندهای حذف بیولوژیکی فسفر (BPR)، عملکرد فرایندهای متداول و نحوه بهبود حذف فسفر، معرفی روش‌های جایگزین حذف فسفر و نحوه انتخاب روش مناسب.

۶- فرایندهای بیوفیلتر:

اصول بکارگیری سینتیک بیوفیلم در تجهیزات بیوفیلتر نظیر فیلترهای چکنده، برج‌های بیولوژیک، تماس دهنده‌های گردان (RBC)، فیلترهای بستر گرانولی، بستر سیالی و چرخان و مدل‌سازی فرایندهای بیوفیلمی و فرایندهای هیبریدی بیوفیلم.

۷- سم‌زدایی مواد شیمیایی خطرناک:

معرفی عوامل موثر بر پایداری مواد، متابولیسم انرژی و یا هم‌متابولیسمی (Cometabolism)، غلظت حداقلی سوبسترا، حذف زیستی آلاینده‌های مشکل ساز.

۸- زی‌پالایی (Bioremediation):

معرفی ویژگی‌های آلاینده‌های مختلف، تخریب زیستی مواد، روش‌های قابل استفاده برای زی‌پالایی

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	آزمون میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	**دارد**	آزمون های نوشتاری: **دارد** عملکردی: **ندارد**	**دارد**

منابع اصلی:

1. B.E. Rittman, P. L. McCarty, “Environmental Biotechnology: Principles and Applications”, Prentice-Hall, 2001.
2. D.H.F. Liu, B.G. Liptak, “Wastewater Treatment”, Lewis Publishers, 2000.
3. George, Tchobanoglous, L. B. Franklin, H. David Stensel, "Wastewater Engineering: Treatment and Reuse", Metcalf & Eddy, Inc., 2003.
4. L.K. Wang, V. Ivanov, J.-H. Tay, Y.-T. Hung, “Environmental Biotechnology” Humana Press, 2010.
5. J.A. Salvato, N.L. Nemerow, F.J. Agardy, “Environmental Engineering”, 5th Edition, John Wiely & Sons, 2003.

6. J.R. Mihelcic, J.B. Zimmerman, “Environmental Engineering: Fundamentals, Sustainability, Design”, John Wiely & Sons, 2010.
7. S.N. Singh, R.D. Tripathi, “Environmental Bioremediation Technologies”, Springer, 2006.
8. R.B. King, G.M. Long, J.K. Sheldon, “Practical Environmental Bioremediation: The Field Guide”, CRC-Press, 1998.
9. D.L.Wise, D.J. Trantolo and E.J.Cichon, “Bioremediation of Contaminated Soils”, Marcel Dekker Inc., 2000.
10. G.M. Evans, J.C. Furlong, “Environmental Biotechnology: Theory and Application”, 2nd Edition, Wiley-Blackwell, 2011.
11. E. Olguin, G. Sanchez, E. Hernandz, “Environmental Biotechnology and Cleaner Bioprocesses”, Taylor & Francis, 2000.

پدیده‌های انتقال زیستی پیشرفته
Advanced Bio-Transport Phenomena

عنوان درس به فارسی: **پدیده‌های انتقال زیستی پیشرفته**	تعداد واحد: **۳**	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز : **ندارد**
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
	تعداد ساعت: **٤٨**		✓ اختیاری	✓ نظری	
عنوان درس به انگلیسی: **Advanced Bio-Transport Phenomena**				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : ☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار					

هدف درس:

بررسی اصول و مفاهیم پدیده‌های انتقال و کاربرد آنها در فرایند های زیستی از اهداف این درس است.

رئوس مطالب:

۱-معادلات تغییر در سامانه‌های یک جزئی:

معادلات تغییر برای سامانه‌های هم دما و غیر هم دما و سیالات نیوتنی و غیر نیوتنی در دستگاه مختصات کارتزین، استوانه ای و کروی و انواع شرایط مرزی، سامانه های با بیش از یک متغیر مستقل، معرفی مختصات اویلری و لاگرانژی در به دست آوردن معادلات تغییر

۲- انتقال جرم در زیست فناوری:

انتقال جرم با فرض محلول رقیق در سامانه‌های چند جزئی، نفوذ و جابجایی همزمان، سامانه‌های شامل پتانسیل الکتریکی و الکترولیت‌ها

۳- معادلات تغییر در سامانه‌های چند جزئی:

شارهای چند جزئی، استفاده از معادلات تغییر برای مخلوط‌های غیر رقیق، معادله اشتفان-ماکسول برای سامانه‌های چندجزئی

۴- انتقال جرم در سطح مشترک فازها:

معادلات تغییر با حجم کنترل Pillbox، معادلات تغییر با حجم کنترل لاگرانژی

۵- بررسی اثرات پدیده‌های انتقال در برهمکنش‌های زیست‌شیمیایی:

تاثیرات نفوذ و جابجایی بر واکنش‌های زیست‌شیمیایی

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	آزمون میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	**دارد**	آزمون های نوشتاری: **دارد**	**دارد**
		عملکردی: **ندارد**	

منابع اصلی:

1. W.M. Deen, "Analysis of Transport Phenomena", 2nd Edition, Oxford University Press, 2012.
2. R. Taylor, R. Krishna, "Multicomponent Mass Transfer", Wiley-Interscience, 1993.
3. G.A. Truskey, F. Yuan, D.F. Katz, "Transport Phenomena in Biological Systems", 2nd Edition, Prentice Hall, 2009.
4. G. Leal, "Advanced Transport Phenomena: Fluid Mechanics and Convective Transport Processes", Cambridge University Press, 2007.
5. L.A. Glasgow, "Transport Phenomena: An Introduction to Advanced Topics", Wiley, 2010.
6. R.B. Bird, W.E. Stewart, E.N. Lightfoot, "Transport Phenomena", 2nd Edition, Wiley, 2007.
7. J.C. Slattery, "Advanced Transport Phenomena", Cambridge University Press, 1999.

مهندسی متابولیک
Metabolic Engineering

عنوان درس به فارسی: **مهندسی متابولیک**	تعداد واحد: **۳**	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز : **ندارد**
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
	تعداد ساعت: **٤٨**		✓ اختیاری	✓نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: **Metabolic Engineering**	آموزش تکمیلی عملی : ☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار				

هدف درس:

فراگیری ابزار و روش‌های مهندسی متابولیک و چگونگی استفاده از آن‌ها به منظور بهبود هدفمند سویه‌های میکروبی از اهداف این درس است.

رئوس مطالب:

۱- مفاهیم پایه در مهندسی متابولیک:

تعاریف، تاریخچه، ضرورت و نحوه شکل‌گیری مهندسی متابولیک، چشم‌انداز مهندسی متابولیک

۲- مسیرهای متابولیک مهم داخل سلولی:

مروری مختصر بر مسیرهای متابولیک مهم درون سلولی شامل گلیکولیز، پنتوز فسفات، چرخه کربس، مسیرهای تخمیری، زیست‌ساخت اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب

۳- تنظیم مسیرهای متابولیک:

تنظیم م سیرهای متابولیک شامل مروری مخت صر بر سینتیک آنزیمی، سازوکارهای ممانعت آنزیمی برگشت‌پذیر و برگشت‌ناپذیر، آنزیم‌های آلوستریک، تنظیم غلظت آنزیم (کنترل رونویسی، کنترل ترجمه)، تنظیم در سطح سلول، تنظیم شبکه‌های متابولیک، دسته‌بندی نقاط انشعاب

۴-کاربردهای عملی مهندسی متابولیک:

مثال‌هایی از کاربردهای عملی مهندسی متابولیک در زمینه‌های مختلف از جمله تولید اتانل، اسیدهای آمینه، ترپنوئیدها، حلال‌ها، گسترش سوبستراهای قابل مصرف توسط سلول، تولید محصول‌های جدید، تجزیه‌ی مواد سمی

۵-تحلیل شار متابولیک (Metabolic Flux Analysis):

تعریف شار در مسیرهای متابولیک، شبکه متابولیک، اطلاعات قابل دستیابی از MFA، نظریه‌های حاکم بر MFA، مثال‌هایی از تعیین و محاسبه‌ی شارهای متابولیک، سامانه‌های معین (Determined) و بیش‌معین (Overdetermined)، کاربردهای عملی MFA

۶-استفاده از نشان‌دار کردن توسط ایزوتوپ‌ها به منظور تعیین شار مسیرهای متابولیک:

اهمیت تعیین شارهای متابولیک با استفاده از نشان‌دار کردن، تعیین مستقیم شار با استفاده از نشان‌دار کردن جزئی، نحوه‌ی محاسبه‌ی شارهای متابولیک با استفاده از نشان‌دار کردن همراه با ارائه‌ی مثال‌های عملی

۷-تحلیل کنترل متابولیک (Metabolic Control Analysis):

مفهوم کنترل شار، تاریخچه‌ی توسعه و کاربردهای MCA، نظریه‌ی سامانه‌های زیست‌شیمیایی، اصول حاکم بر MCA، ضرایب کشسانی (Elasticity) و ضرایب کنترل شار (Flux Control Coefficients)، روش‌های مستقیم و غیرمستقیم برای اندازه‌گیری ضرایب کنترل شار، تحلیل کنترل شار برای مسیرهای متابولیک خطی و شاخه‌دار

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	آزمون میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	**دارد**	آزمون های نوشتاری: **دارد**	**دارد**
		عملکردی: **ندارد**	

منابع اصلی:

1. G.N. Stephanopoulos, A.A. Aristidou, J. Nielsen, "Metabolic Engineering: Principles and Methodologies", Academic Press, 1998.
2. J. Villadsen, J. Nielsen, G. Liden, “Bioreaction Engineering Principles”, 3rd Edition, Springer, 2011.
3. B.O. Palsson, “Systems Biology: Constraint-based Reconstruction and Analysis”, Cambridge University Press, 2015.
4. S.Y. Lee, J. Nielsen, G. Stephanopoulos, “Fundamental Bioengineering”, Vol. 1, Wiley-VCH, 2016.
5. S. Cortassa, M.A. Aon, A.A. Iglesias, J.C. Aon, D. Lloyd, “An Introduction to Metabolic and Cellular Engineering, 2nd Edition, World Scietific, 2012.
6. S.Y. Lee, E.T. Papoutsakis, "Metabolic Engineering", Marcel Dekker, 1999.
7. D.S. Christina, C.D. Smolke, "The Metabolic Pathway Engineering Handbook: Part I", CRC Press, 2010.
8. C. Wittmann, S.Y. Lee, “Systems Metabolic Engineering”, Springer, 2012.
9. B.N. Kholodenko, H.V. Westerhoff, "Metabolic Engineering in the Post-Genomic Era", Horizon Bioscience, 2004.

مهندسی جداسازی مواد زیستی
Bioseparation Engineering

عنوان درس به فارسی: **مهندسی جداسازی مواد زیستی**	تعداد واحد: **۳**	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز : **ندارد**
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
	تعداد ساعت: **٤٨**		✓ اختیاری	✓نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: **Bioseparation Engineering**	آموزش تکمیلی عملی : ☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار				

هدف درس:

آموزش اصول و مفاهیم روش‌های مختلف جداسازی فراورده‌های زیستی، انتخاب روش‌های مناسب بازیافت، استخراج و تخلیص این فراورده‌ها و طراحی و به کارگیری مطلوب فرایندهای جداسازی مواد زیستی از هدف‌های این درس است.

رئوس مطالب :

۱- مقدمه:

مقدمه‌ای بر ضرورت جداسازی در زیست‌فناوری و اهمیت آن، اساس جداسازی در فرایندهای زیستی، ویژگی‌های مواد زیستی مانند اندازه، وزن مولکولی و تاثیر آن‌ها بر فرایندهای جداسازی، مقایسه جداسازی مواد زیستی و غیرزیستی

۲- جداسازی مواد نامحلول:

فیلتراسیون: فیلترکردن و اهمیت آن در جداسازی، سازو کار فیلترکردن، بستر فیلتر (Filter medium)، انواع فیلترها به همراه کاربردها و مزایا و معایب هر یک، روش های بهبود عملکرد فیلترها، تئوری فیلترکردن، فیلتر خلاء دوار، تئوری فیلتراسیون و قانون دارسی، کیک غیرقابل تراکم و کیک قابل تراکم، فیلترکردن در فشار ثابت، روابط حاکم بر فیلترها، فرایندهای

غ شایی و کاربرد آنها در جدا سازی فراورده‌های زی ستی، انواع غ شاهای مورد ا ستفاده، د سته‌بندی فرایندهای غشایی (میکروفیلتر، اولترافیلتر، نانوفیلتر، اسمز معکوس)، تجهیزات غشایی

سانتریفوژ: اصول ته‌نشینی مواد جامد، ضریب ته‌نشینی (Sedimentation coefficient)، زمان معادل (Equivalent time)، فاکتور سیگما (Sigma factor)، انواع سانتریفوژها به همراه ویژگی‌ها، کاربردها و روابط حاکم بر هر یک

۳- شکست سلولی:

ساختار دیواره و غشاء سلول‌ها، ساختار دیواره سلولی در باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی، انواع روش‌های تخریب سلولی، روش‌های شیمیایی مانند شوک ا سمزی، ه ضم آنزیمی، حل شدن در شوینده‌ها و تیمار قلیایی، روش_های مکانیکی مانند هموژنیزه‌کردن، اولتراسونیک و آسیاب کردن

۴- جداسازی محصول:

استخراج: فرایند استخراج و کاربردهای آن در فرایندهای زیستی، ضریب تفکیک و روش‌های بهبود آن، تئوری استخراج، استخراج غیرمداوم یک مرحله‌ای و چند مرحله‌ای، استخراج مداوم یک مرحله‌ای و چندمرحله‌ای، استخراج دیفرانسیلی و روابط حاکم بر هریک

جذب سطحی: کاربرد جذب سطحی در فرایندهای زیستی، عوامل موثر بر جذب سطحی، مقایسه جذب سطحی و استخراج، جاذب‌های متداول، سازوکارهای جداسازی توسط جذب سطحی، ایزوترم‌های جذب (ایزوترم خطی، ایزوترم فروندلیچ، ایزوترم لانگمویر)، جذب سطحی غیرمداوم، جذب سطحی مداوم، جذب سطحی تمایلی و روابط حاکم بر هر یک

۵- خالص سازی محصول:

رسوب‌دهی: انواع روش‌های رسوب‌دهی فراورده‌های زیستی بر اساس تغییر pH، تغییر قدرت یونی، تغییر در ثابت دی‌الکتریک، تغییر در میزان آب در دسترس، واسرشتن انتخابی (Selective denaturation)، افزودن ضدحلال، افزایش مقیاس رسوب‌دهی

کروماتوگرافی: تعریف کروماتوگرافی، دسته‌بندی روش‌های کروماتوگرافی، بخش‌های مختلف یک سامانه کروماتوگرافی، اصطلاحات و پارامترهای کروماتوگرافی

۶- خالص سازی نهایی:

تبلور: اصول و مفاهیم بلورسازی، هسته‌زایی، رشد بلور، سینتیک بلورسازی، بلورسازی غیرمداوم

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	آزمون میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	**دارد**	آزمون های نوشتاری: **دارد**	**دارد**
		عملکردی: **ندارد**	

منابع اصلی :

1. R.G. Harrison, P.W. Todd, S.R. Rudge, D.P. Petrides, “Bioseparations Science and Engineering”, 2nd Edition, Oxford University Press, 2015.
2. R. Ghosh, “Principles of Bioseparations Engineering”, World Scientific, 2006.
3. B. Sivasankar, “Bioseparations: Principles and Techniques”, PHI Learning Private Limited, 2005.
4. P.A. Belter, E.L. Cussler, “Bioseparations: Downstream Processing for Biotechnology”, Prentice–Hall , 1988.
5. M.R. Ladisch, “Bioseparations Engineering: Principles, Practice, and Economics”, John Wiley, 2001.
6. A.A. Shukla, M.R. Etzel, S. Gadam, “Process Scale Bioseparations for the Biopharmaceutical Industry”, CRC Taylor & Francis, 2007.

ژنتیک مولکولی
Molecular Genetics

عنوان درس به فارسی: **ژنتیک مولکولی**	تعداد واحد: **۳**	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز : **ندارد**
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
	تعداد ساعت: **۴۸**		✓ اختیاری	✓نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: **Molecular Genetics**	آموزش تکمیلی عملی : ☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار				

هدف درس:

فراگیری اصول و مفاهیم ژنتیک مولکولی و فنون مهندسی ژنتیک به منظور دست‌ورزی ارگانیسم‌های زنده برای اهداف صنعتی

رئوس مطالب:

۱ـ جایگاه ماده ژنتیک در سلول:

مقدمه‌ای بر ژنتیک و تاریخچه آن، ساختار کروموزوم ها و موقعیت آن ها در سلول، انواع کروموزوم‌های یوکاریوتی

۲- تقسیم سلولی:

تقسیم سلولی در سلول‌های پروکاریوتی و یوکاریوتی، چرخه سلولی، تقسیم میتوز و مراحل مختلف آن، تقسیم میوز و مراحل مختلف آن، پیامدهای ژنتیکی تقسیم میتوز و میوز

۳ـ همانندسازی DNA و نوترکیبی:

مدل همانند سازی DNA (آزمایش مزلسون و استال)، روش‌های مختلف همانند سازی (روش تتا، روش دایره غلتان، همانندسازی کروموزوم‌های خطی یوکاریوتی)، جهت همانندسازی، منشاء همانندسازی، مراحل مختلف همانندسازی و سازوکار آن در سلول‌های پروکاریوتی و یوکاریوتی

۴ـ رونویسی مادهٔ ژنتیک:

ساختار RNA، انواع مختلف RNA و نقش هر یک، لوازم رونویسی، پیش‌برهای (Promoters) باکتریایی و یوکاریوتی، مراحل مختلف رونویسی، سازوکارهای خاتمه رونویسی، مقایسه رونویسی در سلول‌های باکتریایی و یوکاریوتی

۵-پردازش RNA:

ساختار mRNA، توالی شاین-دلگارنو (Shine-Dalgarno)، انواع پردازش در mRNA های یوکاریوتی شامل اضافه شدن 5'-cap، دم پلیA، مفهوم اینترون و اگزون، انواع اینترون، مفهوم اسپلایسوزوم (Spliceosome)، پیرایش انواع اینترون، مسیرهای پردازش آلترناتیو، ویرایش RNA (Editing)، پردازش rRNA و tRNA

۶ـ ترجمه و بیان ماده ژنتیک:

مفهوم کد ژنتیکی، مشخص نمودن کدهای ژنتیک، مفهوم چارچوب خوانش (Reading frame) و چارچوب خوانش آزاد (ORF)، فرایند ترجمه و مراحل مختلف آن در سلول‌های باکتریایی، مقایسه فرایند ترجمه در سلول‌های باکتریایی و یوکاریوتی، مفهوم پلی‌ریبوزوم

۷ـ کنترل ژنتیکی بیان ژن:

سطوح مختلف کنترل بیان ژن، مفهوم و ساختار اپرون، انواع اپرون و ویژگی‌های آن‌ها، اپرون lac در باکتری اشریشیا کلی، بازدارندگی کاتابولیت، کنترل بیان ژن در سلول‌های یوکاریوتی

۸ـ جهش و ترمیم ماده ژنتیک:

انواع جهش ها، آثار فنوتیپی جهش، عوامل جهش‌زا و سازوکار اثر آن‌ها، تشخیص جهش در پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها (آزمون ایمز)

۹-استفاده از آنزیم‌ها در اصلاح اسیدهای نوکلئیک:

انواع آنزیم‌های مورد استفاده در اصلاح اسیدهای نوکلئیک شامل آنزیم‌های برش دهنده، لیگازها، DNA پلیمرازها، نوکلئازها، متیلازها

۱۰ـ فناوری DNA نوترکیب:

ابزارهای ایجاد DNA نوترکیب، مفهوم ناقل و آنزیم‌های محدودکننده، انواع ناقل‌ها، ساختار ناقل‌ها (شامل مبدا همانندسازی، نشانگر، جایگاه همسانه‌سازی)، ناقل‌های همسانه‌سازی و ناقل‌های بیانی، همسانه‌سازی ژن، انتقال پلاسمید، واکنش زنجیره‌ای پلیمراز (PCR)

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	آزمون میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	**دارد**	آزمون های نوشتاری: **دارد**	**ندارد**
		عملکردی: **ندارد**	

منابع اصلی :

1. B. Pierce, “Genetics: a Conceptual Approach”, 5th Edition, W.H. Freeman, 2013.
2. J.M. Walker, R. Raply, "Molecular Biology and Biotechnology", 5th Edition, RSC Publishing, 2009.
3. D.S.T. Nicholl, “An Introduction to Genetic Engineering”, 3rd Edition, Cambridge University Press, 2008.
4. J.E. Krebs, E.S. Goldstein, S.T. Kilpatrick, “Lewin’s Genes X”, Jones and Bartlett Publishers, 2011.
5. J.D. Watson, T.A. Baker, S.P. Bell, A.A.F. Gann, M. Levine, R.M. Losick, “Molecular Biology of the Gene”, 7th Edition, Pearson Publishing Company, 2013.
6. J.D. Watson, A.M. Candy, R.M. Myers, J.A. Witkowski, “Recombinant DNA, Genes & Genomes, A Short course”, 3rd Edition, W.H. Freeman, 2007.
7. S.B. Primrose, R.M. Twyman, “Principles of Gene Manipulation and Genomics”, 7th Edition, 2006.

۸. اسداللهی، م.ع.، زرکش اصفهانی س.ح.، عباسی کجانی ا. "زیست‌فناوری مولکولی: اصول، کاربردها و روش‌ها"، انتشارات دانشگاه اصفهان، ۱۳۹۴.

ترمودینامیک زیستی
Biothermodynamics

عنوان درس به فارسی: **ترمودینامیک زیستی**		نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز : **ندارد**
				عملی	
	تعداد واحد: **۳**		پایه	نظری	
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
	تعداد ساعت: **٤٨**		✓ اختیاری	✓نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: **Biothermodynamics**	آموزش تکمیلی عملی : ☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار				

هدف درس:

مباحث پیشرفته‌ی ترمودینامیک مهندسی و کاربرد اصول ترمودینامیکی در فرایندهای زیستی و خالص‌سازی و جداسازی محصول‌ها و مواد زیستی در این درس بیان می‌شود.

رئوس مطالب:

۱- قوانین و فرضیه‌های ترمودینامیک کلاسیک:

قانون اول و دوم ترمودینامیک با نگرش مفهومی جدید، معیارهای تعادل فازی، روابط بنیادین ترمودینامیک.

۲- معادلات حالت و کاربرد آن‌ها در محاسبه فوگاسیته‌ی مخلوط‌های گازی و تعادلات فاز:

روش محاسبه‌ی خواص تعادلی سیالات خالص و مخلوط به کمک معادلات حالت، محاسبه‌ی ضریب فوگاسیته و فوگاسیته‌ی اجزاء در مخلوط و روابط بنیادین آن‌ها، تعادلات SVE ,LLE SLE VLE و جذب با استفاده از معادلات حالت و کاربرد آن.

۳- مدل‌های ترمودینامیکی محلول‌های غیرآرمانی:
خواص اضافی محلول‌ها و ضریب فعالیت، نظریه‌ی ون لار (Van Laar)، محلول‌های منظم و نظریه‌ی شبه شیمیایی، نظریه‌ی فلوری-هاگینز (Flory-Huggins) و معادلات مرتبط با آن، نظریه‌ی N-Fluid و انشقاق معادلات ترمودینامیکی بر پایه‌ی ترکیب موضعی
۴- ترمودینامیک محلول‌های برقکاف:
خواص اضافی محلول‌های برقکاف، ضریب اسمزی، فشار بخار و ضریب فعالیت میانگین برقکاف‌ها، اندازه‌گیری تجربی فعالیت متوسط محلول‌های برقکاف و ضریب فعالیت یون‌های منفرد، مدل دبای-هوکل، مدل پیترز و مدل‌های هم‌خانواده با آن، مدل‌های ترکیب موضعی
۵- مقدمه‌ای بر ترمودینامیک آماری:
پتانسیل بین مولکولی، مدل‌های لنارد جونز، کره سخت و کاربردها، توابع تقسیم در ترمودینامیک آماری، ارتباط بین خواص ترمودینامیکی و توابع تقسیم.
۶- بررسی رفتار فازی محلول‌های آبی و برقکاف اسیدهای آمینه و پپتیدها:
همبستگی و تخمین ضریب فعالیت اسیدهای آمینه و پپتیدها در محلول‌های آبی به کمک مدل‌های ترمودینامیکی، محاسبه‌ی میزان حلالیت اسیدهای آمینه در محلول‌های آبی.
۷- ترمودینامیک سامانه‌های فازی آبی پلیمر - پلیمر و پلیمر- نمک وکاربرد آن در خالص‌سازی و جداسازی پروتئین‌ها:
بررسی رفتار فازی محلول‌های دو فازی آبی به کمک مدل‌های رایج ترمودینامیکی، مدل‌سازی فرایند افراز پروتئین‌ها.
۸- بررسی رفتار فازی سامانه‌های مایسلی معکوس برای استخراج پروتئین‌ها به کمک حلال:
مدل‌های ترمودینامیکی بر پایه‌ی فرایند جذب سطحی پروتئین‌ها، مدل‌سازی ترمودینامیکی سامانه‌های مایسلی معکوس برای تخمین و پیش‌بینی، سامانه‌های مایسلی در طراحی سامانه‌های پائین دستی فرایندهای زیستی، استفاده از مدل‌های انرژی آزاد گیبس برای افراز پروتئین‌ها و پارامترهای میکروساختاری، مایسل‌های معکوس، مدل‌های ترمودینامیکی بر پایه‌ی اصول کنش جرمی و واکنش تعویض یونی بین پروتئین و مولکول‌های فعال سطحی.
۹- حلالیت زیست‌مولکول‌ها در سیالات فوق بحرانی:
دیاگرام‌های فازی برای سامانه‌های فوق بحرانی، تخمین میزان حلالیت مواد زیستی در سیالات فوق بحرانی به کمک معادلات حالت درجه سه و غیردرجه سه
۱۰- بررسی رفتار فازی رسوب‌دهی پروتئین‌ها در محلول‌های آبی:
محاسبه‌ی میزان توزیع پروتئین در دو فاز جامد و محلول برای سامانه‌های تک پروتئینی و در پروتئین.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	آزمون میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	**دارد**	آزمون های نوشتاری: **دارد**	**دارد**
		عملکردی: **ندارد**	

منابع اصلی :

1. J.M. Prausnitz, R.N.E. Lichtenthaler Gomes de Azevedo, "Molecular Thermodynamics of Fluid-Phase Equilibria", 3rd edition, Prentice-Hall ,1999.
2. K. Dill, and S. Bromberg. Molecular Driving Forces: Statistical Thermodynamics in Biology, Chemistry, Physics, and Nanoscience", Garland Science, 2010.
3. U. von Stockar and L. van der Wielen "Biothermodynamics: The Role of Thermodynamics in Biochemical Engineering", CRC Press, 2013.
4. L.F. Cameretti, "Modeling of Thermodynamic Properties in Biological Solutions", Cuvillier Verlag Gottingen, 2009.
5. S.I. Sandler, "Chemical, Biochemical, and Engineering Thermodynamics", John Wiley & Sons, 2006.
6. J.M. Smith, H.C. Van Ness, M.M. Abbott, "Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics", 7th Edition, McGraw-Hill, 2005.
7. D.T. Haynie, "Biological Thermodynamics", 2nd Edition, Cambridge University Press, 2008.

سینتیک و فناوری آنزیم
Enzyme Kinetics and Technology

عنوان درس به فارسی: **سینتیک و فناوری آنزیم**	تعداد واحد: **۳**	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز : **ندارد**
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
	تعداد ساعت: **٤٨**		الزامی	نظری	
				عملی	
			✓ اختیاری	✓نظری	
عنوان درس به انگلیسی: **Enzyme Kinetics and Technology**				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : ☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار					

هدف درس:

آشـــنایی با ویژگی‌های فیزیکی و شـــیمیایی آنزیم‌ها، روش‌های جداســـازی، خالص‌ســـازی و تثبیت آنزیم‌ها و نیز بررسی سینتیک واکنش‌های آنزیمی از هدف‌های این درس است.

رئوس مطالب :

۱- آنزیم، ویژگی‌ها و خواص آن:

ا سیدهای آمینه و ویژگی‌های آن‌ها، سطوح ساختمانی پروتئین‌ها، خواص عمومی وکاتالیزوری آنزیم‌ها، طبقه‌بندی آنزیم‌ها، نام‌گذاری آنزیم‌ها، جایگاه فعال آنزیم، مدل‌های برهمکنش جایگاه فعال آنزیم- سوبسترا، سازوکار عمل آنزیم‌ها، فعالیت آنزیم‌ها، انواع فعالیت آنزیمی

۲- کاربرد آنزیم‌ها:

تاریخچه‌ای از آنزیم‌ها و کشف آن‌ها، کاربرد آنزیم‌ها در بخش‌های مختلف صنعتی مانند صنایع شوینده، صنایع غذایی، صنایع نساجی، صنایع دارویی، صنایع شیمیایی، صنایع چرم و ... چشم‌انداز استفاده از آنزیم‌ها به عنوان کاتالیست در صنایع شیمیایی

۳- تثبیت آنزیم و کاربرد آن:

اهمیت تثبیت آنزیمی، روش‌های مختلف تثبیت آنزیم و مزایا و معایب هر یک، حامل‌های رایج مورد اســـتفاده برای تثبیت آنزیم، اثر تثبیت آنزیم بر فعالیت و پایداری آنزیم، قابلیت بازیابی و

استفاده مجدد از آنزیم تثبیت شده، قابلیت بازیابی حامل، روش‌های تثبیت سلول‌های میکروبی، تثبیت کوآنزیم‌ها، بررسی ویژگی‌های آنزیم تثبیت شده، کاربردهای آنزیم‌های تثبیت شده

۴- استخراج و خالص‌سازی آنزیم‌ها:

منابع آنزیمی (حیوانی، گیاهی، میکربی)، استخراج آنزیم‌ها، آنزیم‌های خارج سلولی، آنزیم‌های داخل سلولی، خالص‌سازی آنزیم‌ها با استفاده از روش‌های کروماتوگرافی

۵- سینتیک واکنش‌های آنزیمی:

سینتیک واکنش های آنزیمی ساده، سینتیک میکائیلیس – منتن، تخمین حالت پایا (Steady-state approximation) و تعادل سریع، اهمیت پارامترهای مدل میکائیلیس- منتن، روش‌های تخمین پارامترهای سینتیک آنزیمی، انواع مهارکننده‌های آنزیمی و سازوکار عمل آنها، سینتیک مهار شدن آنزیم‌ها (مهارکننده‌های کامل و جزئی، مهارکننده‌های رقابتی- نارقابتی- ضدرقابتی، مختلط، مهار برگشت‌ناپذیر، مهار توسط سوبسترا)، مهار پس‌نورد، سینتیک واکنش‌های آنزیمی با بیش از یک سوبسترا و بیش از یک محصول (سامانه‌های تعادل سریع تصادفی دو و دو، سامانه‌های دو و دو دارای ترتیب، سامانه‌های دو و دو با سازوکار پینگ پونگ)، اثر تعاونی (Cooperative effect)، سینتیک و سازوکار عمل پروتئین‌های متعاون، مدل هیل، معادله ادیر (Adair equation)، مدل MWC انحصاری (Exclusive MWC) و مدل MWC تعمیم یافته (Generalized MWC)، مدل KNF متوالی (KNF sequential model)، اثرات آلوستریک (Allosteric effect)، مدل MWC برای کنترل آلوستریک

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	آزمون میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	**دارد**	آزمون های نوشتاری: **دارد**	**دارد**
		عملکردی: **ندارد**	

منابع اصلی :

1. V. Leskovac, "Comprehensive Enzyme Kinetics", Kluwer Academic Publishers, 2004.
2. K. Buchholz, V. Kasche, U.T. Bornscheuer, "Biocatalysis and Enzyme Technology", 2nd Edition, Wiley- Blackwell, 2012.
3. A.G. Marangoni, “Enzyme Kinetics: A Modern Approach”, Wiley-Interscience, 2003.
4. H. Bisswanger, “Enzyme Kinetics: Principles and Methods”, 2nd Edition, Wiley-VCH, 2008.
5. P.F. Cook, W.W. Cleland, "Enzyme Kinetics and Mechanism", Garland Science, 2007.
6. H.M. Sauro, “Enzyme Kinetics for Systems Biology”, Ambrosius Publishing, 2011.
7. A. Pandey, C. Webb, C.R. Soccol, C. Larroche, “Enzyme Technology”, Springer, 2006.
8. M.Y. Khan, F. Khan, "Principles of Enzyme Technology", PHI Learning, 2015.
9. J.M. Guisan, “Immobilization of Enzymes and Cells”, 2nd Edition, Springer, 2006.

زیست‌فناوری محیط زیست
Environmental Biotechnology

عنوان درس به فارسی: **زیست‌فناوری محیط زیست**	تعداد واحد: **۳**	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز : **ندارد**
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
	تعداد ساعت: **۴۸**		✓ اختیاری	✓ نظری	
عنوان درس به انگلیسی: **Environmental Biotechnology**				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : ☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار					

هدف درس:

شناخت و تعیین ویژگی‌های انواع پساب‌ها، آ شنایی با مبانی فرایندهای زیستی و تو سعه روابط برای طراحی و بهینه‌سازی فرایندهای تصفیه و بازیافت پساب از اهداف این درس است.

رئوس مطالب :

۱ – معرفی انواع پساب‌ها از جمله پساب‌های صنعتی بر اساس تنوع خواص و اجزای تشکیل دهنده آن‌ها.

۲- معرفی ویژگی‌ها و مشخصه‌های فیزیکی نظیر جامدات معلق (TSS، TS، VS)، دما، رنگ و بو، شیمیایی نظیر اکسیژن‌خواهی شیمیایی و زیستی نظیر میزان کلیفروم‌ها (Total coliform) و اکسیژن خواهی زیستی (BOD).

۳- اندازه‌گیری آزمایشگاهی خواص اصلی پساب و تعیین تئوری سایر خواص، مدل‌سازی اکسیژن-خواهی زیستی، ارتباط آن با اکسیژن خواهی کربنی (Carbonaceous BOD) و نیتروژنی (Nitrogenous BOD) و نحوه تخمین تئوری هر یک و ارتباط میان BOD، COD و TOC در پساب‌های مختلف.

۴- مبانی اکسایش زیستی شامل معادلات تجربی سلول و نحوه تخمین معادله سلول خاص، راندمان کلی و حقیقی سلول، انرژی نگهداری، استوکیومتری سلول بر مبنای نیمه واکنش‌های دهنده

الکترون، پذیرنده الکترون و سلول، استوکیومتری نیتراتسازی (Nitrification)، نیتراتزدایی (Denitrification)، متانزایی (Methanogenesis)، تخمیر ساده و تخمیر مختلط

۵- مبانی انرژتیک سلول شامل انرژی آزاد و انرژی نیمه واکنشها و واکنشها، تعیین ضرایب راندمان بر اساس انرژتیک واکنشها، مقایسه استوکیومتری خودپرورها (Autotroph) با دگرپرورها (Heterotroph)، تأثیر استفاده از منابع نیتروژنی مختلف بر انرژتیک سلول و نحوه تأثیر گذاری آن بر استوکیومتری

۶- بیان سینتیک میکروبی برای فرایندهای مرتبط با تصفیه پساب و بر مبنای خواص اندازهگیری شده از پساب، سرعت پایه، نحوه تعیین مقادیر پارامترهای سرعت، موازنه جرم پایه، محصولات میکروبی محلول و نحوه تعیین میزان هر یک، تعریف زمان ماند متوسط لجن و توسعه روابط بر این اساس، آنالیز عملکرد کموستات، تعیین میزان مواد مغذی و پذیرنده الکترون، آبکافت مواد پلیمری نامحلول و بررسی انواع بازدارندگیها.

۷- بکارگیری راکتورهای لجن فعال برای تصفیه پساب، معرفی راکتورهای لجن فعال، بیان مراحل طراحی، انتخاب ضریب ایمنی (SF)، تعیین غلظت جامدات درون مخزن هواهی، بیان معیارهای طراحی و راهاندازی.

۸- آنالیز تهنشینکنندهها، تئوری شار (Flux theory)، خواص لجن و ارتباط هر یک از خواص با تهنشینی لختهها، اجزای تهنشینکنندهها، معیارهای بارگذاری، آنالیز حالت نقطه (State point analysis) و در نهایت رفع عیب تهنشین کنندهها بر اساس آنالیز حالت نقطه.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	آزمون میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	**دارد**	آزمون های نوشتاری: **دارد** عملکردی: **ندارد**	**دارد**

منابع اصلی :

1. B.E. Rittman, P. L. McCarty, “Enviromental Biotechnology: Principles and Applications”, Prentices-Hall, 2001.
2. D.H.F. Liu, B.G. Liptak, “Wastewater Treatment”, Lewis Publishers, 2000.
3. G. Tchobanoglous, F.L. Burton, H.D. Stensel, "Wastewater Engineering: Treatment and Reuse", Metcalf & Eddy, Inc., 2003.
4. L.K. Wang, V. Ivanov, J.-H. Tay, Y.-T. Hung, “Environmental Biotechnology”, Springer, 2010.
5. W.W. Eckenfelder, “Industrial Water Pollution Control”, 3rd Edition, McGraw- Hill, 2000.
6. E.J. Olguin, G. Sanchez, E. Hernandez, “Environmental Biotechnology and Cleaner Bioprocesses”, Taylor and Francis, 2000.

مدل‌سازی و شبیه‌سازی فرایندهای زیستی
Modeling and Simulation of Bioprocesses

عنوان درس به فارسی: **مدل‌سازی و شبیه‌سازی فرایندهای زیستی**	تعداد واحد: **۳**	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز : **ندارد**
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: **Modeling and Simulation of Bioprocesses**			الزامی	نظری	
				عملی	
	تعداد ساعت: **٤٨**		✓ اختیاری	✓ نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : ☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار					

هدف درس:

در این درس اصول مدل سازی ریاضی زیست‌فرایندها شامل انواع راکتورهای زیستی، سامانه‌های جداسازی دارای فرایندهای تبادل جرم و حرارت همزمان بیان می‌شود.

رئوس مطالب:

۱- بیان ضرورت مدل سازی، اصول مدل سازی، نحوه توسعه مدل و ساختار یک مدل ریاضی، راهبرد شبیه سازی، سیستم‌های یکپارچه و یا توزیع شده، سیستم‌های پایا و یا در حال گذار، برنامه‌نویسی چندلایه‌ای (Multilevel programming).

۲- ساختار ریاضی یک مدل و مروری بر روش‌های حل عددی معادلات دیفرانسیل و دستگاه معادلات دیفرانسیل و پایداری و درجه سختی معادلات دیفرانسیل.

۳- مدل‌سازی دینامیک فرایندهای بیولوژیک با ذکر مثال نظیر مدل ASM1 در تصفیه پساب، مدل سازی تجهیزات کلیدی مورد استفاده در فرایندهای زیستی شامل بیوراکتورهای خاص مورد استفاده در فرایندهای زیستی نظیر بیوراکتورهای غشایی و بیوراکتورهای همراه با جدا سازی همزمان محصول(in-situ product removal) و برخی فرایندهای جدا سازی خاص نظیر کروماتوگرافی مایع بر مبنای هر یک از قوانین حاکم نظیر قوانین اول و دوم فیک (Fick's law)، مدل فیلم (Film model)، تئوری دو فیلمی (Two film theory)، ایزوترم‌های

جذب، سامانه های واکنش-نفوذ (Reaction-diffusion systems)، مدل‌سازی بر مبنای پایستگی (Conservation laws) شامل پایستگی مومنتوم، جرم و انرژی، بیان ریا ضی روابط پایستگی و انواع شرایط مرزی معمول مدل‌سازی با استفاده از آنالوژی (Analogy) مزایا و محدودیت های آن، مدل‌سازی رفتار دینامیک راکتورهای زیستی، سینتیک رشد میکروارگانیسم‌ها و عوامل موثر بر آن، بررسی پایداری (Stability) راکتورهای زیستی

۴- روش‌های ارزیابی، تحلیل عملکرد و آنالیز حساسیت (Sensitivity analysis) مدل شامل بررسی ورودی‌ها و خروجی‌های مدل، آنالیز آماری مدل، معیارهای حساسیت مدل به عنوان نمونه اندیس‌های حساسیت بر پایه واریانس (Variance-based) و بیان نقش آنالیز حساسیت در طراحی فرایند، راهبری فرایند و توسعه مدل.

۵- شبیه‌سازی فرایندهای زیستی:

شبیه‌سازی فرایندهای زیستی تولید محصولات زیستی به کمک نرم افزارهایی چون Superpro Designer، شبیه‌سازی فرایندهای محیط زیستی نظیر تصفیه پساب توسط نرم‌افزارهایی چون STOAT

روش‌ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	آزمون میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	**دارد**	آزمون های نوشتاری: **دارد**	**دارد**
		عملکردی: **ندارد**	

منابع اصلی:

1. M.A. Boudreau, G.K. McMillan, “New Directions in Bioprocess Modeling and Control: Maximizing Process Analytical Technology Benefits”, ISA, 2006.
2. A.M. Hilton,"Bioprocess Design", CRC Press, 2005.
3. E. Heinzle,A. P. Biwer, “Development of Sustainable Bioprocess: Modeling and Assessment”, John Wiley & Sons, 2007.
4. T.G. Dobre, J.G.S. Marcano, “Chemical Engineering: Modeling, Simulation and Similitude” John Wiley & Sons, 2007.
5. A. Cinar, “Batch Fermentation: Modeling, Monitoring, and Control”, Marcel Dekker, 2003.
6. D. Dochain, “Automatic Control of Bioprocesses”, ISTE-John Wiley & Sons, 2008.
7. J.B. Snape, I.J. Dunn, J. Ingham, J.E. Prenosil, “Dynamics of Environmental Bioprocesses: Modelling and Simulation”, VCH, 1995.

مبانی طراحی فرایندهای زیستی
Principles of Bioprocess Design

عنوان درس به فارسی: **مبانی طراحی فرایندهای زیستی**	تعداد واحد: **۲**	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز : **ندارد**
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: **Principles of Bioprocess Design**	تعداد ساعت: **۳۲**		✓ اختیاری	✓ نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : ☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار					

هدف درس:

بررسی اصول طراحی، بهینه سازی و ارزیابی اقتصادی فرایندهای زیستی و همچنین نحوه سنتز یک محصول جدید از اهداف اصلی این درس است.

رئوس مطالب:

۱ سنتز فرایندهای زیستی:

بیان نحوه طراحی فرایند برای محصولات جدید زیستی با ذکر چند مطالعه موردی، طراحی شبکه راکتورها و جداکننده‌ها، سنتز طرح جریان فرایند (PFD) از روی یک دیاگرام بلوکی فرایند (BFD)، سنتز یک فرایند با استفاده از یک شبیه‌ساز.

۲- بهینه‌سازی فرایندهای زیستی:

معرفی کلی روش‌های بهینه‌سازی، معرفی راهبردهای مختلف بهینه‌سازی نظیر حالت پایه (Base case) و تابع هدف (Objective function)، بهینه‌سازی توپولوژیکی (Topological optimization) شامل حذف محصولات جانبی ناخواسته و یا جریان پسماند یا پساب‌های خطرناک و حذف یا تغییر مکان تجهیزات، بهینه‌سازی پارامتری

(Parametric optimization) شامل بهینه‌سازی تک متغیره و چند متغیره، بهینه‌سازی فرایندهای ناپیوسته.

۳- یکپارچه‌سازی (Integration) فرایند:

فناوری اگزرژی (Exergy)، یکپارچه‌سازی حرارتی در فرایندهای زیستی، طراحی شبکه مبدل‌های حرارتی و یکپارچه‌سازی جرمی در فرایندهای زیستی.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	آزمون میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	**دارد**	آزمون های نوشتاری: **دارد**	**دارد**
		عملکردی: **ندارد**	

منابع اصلی:

1. M.L. Shuler, F. Kargi, M. DeLisa, "Bioprocess Engineering: Basic Concepts", 3rd Edition, Prentice -Hall, 2017.
2. G. Towler, R.K. Sinnott, "Chemical Engineering Design: Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design", Elsevier, 2012.
3. R. Turton, R.C. Bailie, W.B. Whiting, J.A. Shaeiwitz, "Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes", Pearson Education, 2008.
4. W.D. Seider, J.D. Seader, D.R. Lewin, "Product and Process Design Principles: Synthesis, Analysis and Evaluation", John Wiley & Sons, 2009.
5. M.C. Flickinger, S.W. Drew, "Bioprocess Technology: Fermentation, Biocatalysis and Bioseparation (Vol 1-5)", John Wiley, 1999.
6. B.K. Lydersen, L.A. Delia, "Bioprocess Engineering Systems Equipment and Facilities", John Wiley, 1994.
7. H.B. Reisman, "Economic Analaysis of Fermentation Processes", CRC Press, 2000.
8. R. Turton, A. Shaeiwitz, W.B. Whiting, "Analaysis, Synnthesis and Design of Chemical Processes", Prentice-Hall, 2003.
9. A. Mizrahi, R. Alan, "Downstream Processes: Equipment and Techniques", Liss Inc., 1988.
10. M.A. Winkler, "Chemical Engineering Problems in Biotechnology", Elsevier Applied Science, 1990.

آزمایشگاه میکروب‌شناسی و فرایندهای تخمیری
Microbiology and Fermentation Processes Lab

عنوان درس به فارسی: **آزمایشگاه میکروب‌شناسی و فرایندهای تخمیری**	تعداد واحد: **۱**	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز : **ندارد**
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
	تعداد ساعت: **۱۶**		✓ اختیاری	نظری	
				✓عملی	
عنوان درس به انگلیسی: **Microbiology and Fermentation Processes Lab**	آموزش تکمیلی عملی : ☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار				

هدف درس:

هدف از این درس آشنایی عملی دانشجویان با تکنیک‌های کشت، شناسایی و اندازه‌گیری میکروارگانیسم‌ها و نیز فرایندهای تخمیری است.

رئوس مطالب :

۱- آشنایی با مسائل ایمنی در آزمایشگاه‌های زیستی، برگه‌های اطلاعات ایمنی مواد (MSDS)، نحوه دفع ضایعات و زباله‌ها

۲- آشنایی با میکروسکوپ، اجزاء میکروسکوپ و بررسی مورفولوژی انواع میکروارگانیسم‌ها در زیر میکروسکوپ

۳-تکنیک‌های رنگ‌آمیزی باکتری‌ها شامل رنگ‌آمیزی ساده و رنگ‌آمیزی گرم

۴-آ شنایی با انواع محیط کشت شامل محیط کشت جامد و مایع، محیط کشت پیچیده (Complex) و معین (Defined)، اجزاء محیط کشت، نحوه تهیه محیط کشت مایع و جامد

۵-روش‌های سترون‌کردن محیط و وسایل کشت، آشنایی با نحوه کار اتوکلاو و عملکرد آن

۶-نحوه تلقیح محیط کشت مایع، روش‌های مختلف تلقیح محیط کشت جامد

۷-آ شنایی با روش‌های مختلف اندازه‌گیری میزان توده زیستی (شمارش زیر میکرو سکوپ، شمارش بر روی پلیت، اندازه‌گیری میزان جذب نوری، اندازه‌گیری وزن خشک سلولی)

۸-کشت ناپیوسته میکروارگانیسم‌ها و بررسی مراحل مختلف رشد (فاز تاخیری، فاز لگاریتمی، فاز سکون و فاز مرگ)، تخمین حداکثر شدت رشد ویژه میکروارگانیسم

۹-آشنایی با فرمانتور، اجزاء فرمانتور، نحوه کار فرمانتور، انواع روش‌های کشت (ناپیوسته، مداوم، غیرمداوم خوراک‌دهی شده)

۱۰-بررسی کشت میکروارگانیسم‌ها در فرمانتور

۱۱-بررسی و انجام تخمیر الکلی

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	آزمون میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	**ندارد**	آزمون های نوشتاری: **دارد**	**ندارد**
		عملکردی: **ندارد**	

منابع اصلی:

11. J.G. Cappuccino, C.T. Welsh, "Microbiology: A Laboratory Manual", 11th Edition, Benjamin Cummings, 2016.
12. R.H. Baltz, A.L. Demain, J.E. Davies, "Manual of Industrial Microbiology and Biotechnology", 3rd Edition, ASM Press, 2010.

طراحی آزمایش‌ها و تحلیل داده‌ها
Experimental Design and Data Analysis

عنوان درس به فارسی: **طراحی آزمایش‌ها و تحلیل داده‌ها**	تعداد واحد: **۲**	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز : **ندارد**
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: **Experimental Design and Data Analysis**	تعداد ساعت: **۳۲**		✓ اختیاری	✓نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : ☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار					

هدف درس:

تعیین شرایط و حداقل تعداد آزمایش‌های لازم برای بررسی تأثیر عوامل مختلف بر عملکرد فرایند، مشخص نمودن عوامل موثر و نیز استخراج حداکثر اطلاعات از نتایج آزمایش‌های طراحی، از هدف‌های این درس است.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه:

تاریخچه، کاربردهای طراحی آزمایش‌ها، مفهوم متغیر، پا سخ، سطح، سیگنال، عوامل غیر قابل کنترل (Noise)، روش‌های محاسبه اثر عوامل.

۲- روش‌های طراحی آزمایش‌ها:

روش یک عامل در یک زمان، روش فاکتوریل کامل، روش فاکتوریل کسری ، روش پلاکت-بورمن، روش تاگوچی، آزمایش‌های غربالی و بهینه‌سازی، طراحی آزمایش‌ها با سطوح مختلط، مفهوم اختلاط اثرها (Confounding)، و ضوح (Resolution)، بر همکنش اثرها، تصادفی‌کردن و دسته‌بندی آزمایش‌ها (Randomization and Blocking).

۳ - تحلیل آماری داده‌ها:

مفهوم پارامترهای آماری، انواع نمودارهای آماری، خطاها، درجات آزادی، آنالیز واریانس و مقایسه خطاها، محدودهٔ اطمینان، آزمون فرضیه، آزمون t، آزمون F، مقدار P، جدول تحلیل واریانس (ANOVA)، تعیین شرایط بهینه، تخمین سهم اثر هریک از عوامل بر روی پاسخ، تخمین پاسخ تحت شرایط بهینه.

۴- مدل‌سازی و بهینه‌سازی عملکرد سیستم:

انواع مدل‌های ریاضی و آماری برای بیان رفتار سیستم، نمودارهای کانتور (Contour plot) و سطح پاسخ (Response Surface)، روش‌های بهینه‌سازی عملکرد سیستم، بهینه‌سازی آزمایش‌ها با چند پاسخ.

۵ - اجرای عملی روش‌های آزمایشگاهی:

معرفی نرم‌افزارهای موجود و نحوه‌ی کاربری آن‌ها، انجام پروژه‌های کاربردی

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	آزمون میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	**دارد**	آزمون های نوشتاری: **دارد**	**دارد**
		عملکردی: **ندارد**	

منابع اصلی :

1. D. C. Montgomery, "Design and Analysis of Experiments", 8th Edition. John Wiley, 2012.
2. S.M. Ross, "Introduction to Probability and Statistics for Engineers and Scientists" Academic Press, 2014.
3. W.J. Diamond, "Practical Experiment Designs for Engineers and Scientists", John Wiley, 2001.
4. R.K. Roy, "Design of Experiments Using Taguchi Approach", John Wiley, 2001.
5. Z.R. Lazic, "Design of Experiments in Chemical Engineering", Wiley – VCH, 2004.

زیست‌شناسی سامانه‌ای
Systems Biology

عنوان درس به فارسی: **زیست‌شناسی سامانه‌ای**	تعداد واحد: **۳**	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز : **ندارد**
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
	تعداد ساعت: **٤٨**		✓ اختیاری	✓ نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: **Systems Biology**	آموزش تکمیلی عملی : ☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار				

هدف درس:

ابزار و روش‌های زیست‌شناسی سامانه‌ای به منظور استفاده در فرایندهای مختلف زیست‌فناوری مانند تولید مواد زیستی، طراحی دارو و درمان بیماری‌ها در این درس بیان می‌شوند.

رئوس مطالب:

۱-مقدمه:

مقدمه‌ای بر تفکر سامانه‌ای (Systems thinking)، نحوه شکل‌گیری و تاریخچه این تفکر و نگرش و کاربرد آن در زمینه‌های مختلف، تعریف سامانه و اجزاء سامانه، ضرورت و تاریخچه‌ی زیست‌شناسی سامانه‌ای به عنوان یک زمینه نوظهور در زیست‌فناوری، کاربردهای زیست‌شناسی سامانه‌ای در زمینه‌های مختلف زیست‌فناوری همراه با ارائه‌ی مثال‌های عملی، چشم‌انداز و روند توسعه و تکامل زیست‌شناسی سامانه‌ای در دنیا

۲-فناوری‌های امیکس (Omics Technologies):

مروری مختصر بر فناوری‌های امیکس مانند ترانسکریپتومیکس (Transcriptomics)، ژنومیکس کاربردی (Functional genomics)، پروتئومیکس (Proteomics)، متابولومیکس

(Metabolomics) و فلاکسومیکس (Fluxomics) و نقش آن‌ها در توسعه‌ی زیست‌شناسی سامانه‌ای

۳-مدل‌سازی ریاضی:

مدل‌سازی ریاضی به عنوان یکی از مهم‌ترین بخش‌های زیست‌شناسی سامانه‌ای، انواع مدل‌های ریاضی در زیست‌شناسی سامانه‌ای شامل مدل‌های پیوسته (Continuous) و مدل‌های منقطع (Discrete)

۴-مدل‌های متابولیک در مقیاس ژنوم (Genome Scale Metabolic Models):

تعاریف و مفاهیم پایه در مورد مدل‌های GSMM، گسترش فناوری‌های تعیین توالی DNA و نقش آن‌ها در ایجاد مدل‌های GSMM، مدل‌های GSMM توسعه یافته برای ارگانیسم‌های مختلف، انواع مدل های GSMM، مدل های استوکیومتری، مراحل بازسازی مدل های استوکیومتری و تایید آن‌ها

۵-تحلیل موازنه‌ی شار (Flux Balance Analysis):

مفاهیم و اصول پایه در FBA، استفاده از FBA برای تحلیل مسیرهای متابولیک بزرگ، برنامه‌ریزی خطی و کاربرد آن برای تخمین شارها در روش FBA، انواع توابع هدف برای انجام FBA، مثال‌های عملی از FBA

۶-مدل‌سازی پویا:

مدل‌سازی پویا و اهمیت آن در تحلیل شبکه‌های دگرگشتی، دستگاه‌های معادلات دیفرانسیل و روش‌های مختلف حل و تعیین پارامترها در این دستگاه‌های معادلات به منظور به کارگیری در مدل سازی پویا، مدل سازی پویای متابولیسم مرکزی کربن در باکتری اشریشیا کلی و یا مخمر ساکارومایسس سرویزیه به عنوان یک مثال عملی

۷-شبکه‌های تنظیم ژنی (Gene regulatory networks):

بیان ژن و نحوه‌ی تخمین میزان بیان ژن با استفاده از فناوری میکروآرایه، نحوه بازسازی شبکه‌های تنظیم ژنی با استفاده از داده‌های سری زمانی میکروآرایه، معرفی نرم‌افزارها و ابزار قابل استفاده به منظور بازسازی شبکه‌های تنظیم زنی

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	آزمون میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	**دارد**	آزمون های نوشتاری: **دارد** عملکردی: **ندارد**	**دارد**

منابع اصلی:

1. B.O. Palsson, "Systems Biology: Properties of Reconstructed Networks", Cambridge University Press, 2006.
2. B.O. Palsson, "Systems Biology: Constraint-based Reconstruction and Analysis", Cambridge University Press, 2015.
3. E. Klipp, W. Liebermeister, C. Wierling, A. Kowald, H. Lehrach, R. Herwig, "Systems Biology- A Textbook", Wiley-Blackwell, 2009.

4. E. Klipp, "Systems Biology in Practice: Concepts, Implementation and Application", Wiley-VCH, 2005.
5. R.A. Meyers, “Systems Biology”, Wiley-Blackwell, 2012.
6. G.N. Stephanopoulos, A.A. Aristidou, J. Nielsen, "Metabolic Engineering: Principles and Methodologies", Academic Press, 1998.
7. L. Alberghina, "Systems Biology: Definitions and Perspectives", Springer, 2007.
8. S.Y. Lee, "Systems Biology and Biotechnology of *Escherichia coli*", Springer, 2009.

ازدیاد برداشت میکروبی نفت
Microbial Enhanced Oil Recovery

عنوان درس به فارسی: **ازدیاد برداشت میکروبی نفت**	تعداد واحد: **۳**	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز : **ندارد**
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: **Microbial Enhanced Oil Recovery**	تعداد ساعت: **٤٨**		✓ اختیاری	✓نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : ☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار					

هدف درس:

ازدیاد برداشت میکروبی یکی از روش‌های نسل سوم استخراج از مخازن نفت می‌باشد. دانشجو در انتهای دوره با مفاهیم و فنون مختلف این روش و نحوه عملی به کارگیری آن در مخازن نفتی آشنا می‌شود.

رئوس مطالب:

۱- شناخت کلی مخازن هیدروکربوری:

شناخت ساختمان مخزن، معرفی پارامترهای پتروفیزیکی، بررسی وضعیت سیالات مخزن

۲- سازوکارهای تولید در مخازن در مرحله اولیه:

مطالعه علل و نحوه جریان سیال چند فازی در مخازن، آشنایی با مفاهیم تنش بین سطحی، موئینگی، گرانش، ترشوندگی و ... ، معادلات و مدل‌های مربوط به جریان در مخازن

۳- روش‌های ازدیاد برداشت ثانویه:

دلایل افت تولید مخزن از نظر میزان و دبی تولید، معرفی اجمالی روش‌های ازدیاد برداشت ثانویه، آشنایی با چگونگی عملکرد روش سیلاب‌زنی در مخازن، بررسی مشکلات روش سیلاب‌زنی

۴- ازدیاد برداشت میکروبی:

کاربرد ازدیاد برداشت میکروبی برای غلبه بر مشکلات سیلاب زنی، شرایط مخازنی که قابلیت اعمال این روش را دارند (غربال گری)، سازوکارهای ازدیاد برداشت میکروبی از قبیل انسداد انتخابی، کاهش تنش بین سطحی و تولید امولسیون، تغییر ترشوندگی، موارد دیگر (تولید گاز، بهبود نسبت تحرک)

۵- روش‌های اعمال ازدیاد برداشت میکروبی:

ازدیاد برداشت میکروبی به صورت پیوسته، به صورت تک چاه، به همراه روش‌های دیگر و ...

۶- خطرات احتمالی:

ازدیاد برداشت میکروبی و خطرات احتمالی برای مخزن مانند گرفتگی چاه و مجاری عبور سیال در مخزن، عدم سازگاری با سیالات مخزن

۷-مدل‌سازی:

مدل‌سازی فرایند ازدیاد برداشت میکروبی، مدل‌سازی حرکت باکتری و محیط کشت میکروبی در مخازن معمولی، معادلات حاکم برحرکت باکتری و محیط کشت میکروبی در مخازن ترکدار

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	آزمون میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	**دارد**	آزمون های نوشتاری: **دارد** عملکردی: **ندارد**	**ندارد**

منابع اصلی:

1. J. Sheng, "Modern Chemical Enhanced Oil Recovery: Theory and Practice", Gulf Professional Publishing, 2010.
2. T.F. Yen, "Microbial Enhancing Oil Recovery: Principle and Practice", CRC Press, 1990.
3. B. Ollivier, M. Magot, "Petroleum Microbiology", ASM Press, 2005.
4. V. Alvarado, E. Manrique, "Enhanced Oil Recovery: Field Planning and Development Strategies", Gulf Professional Publishing, 2010.
5. R.Vazquez-Duhalt, "Petroleum Biotechnology: Developments and Perspective", Elsevier, 2004.
6. A. Satter, G. M. Iqbal, J. L. Buchwalter, "Practical Enhanced Reservoir Engineering: Assisted with Simulation Software", PennWell Corp, 2008.

زیست‌پالایی و تبدیل زیستی هیدروکربن های نفتی
Bioremediation & Bioconversion of Petroleum Hydrocarbons

عنوان درس به فارسی: **زیست‌پالایی و تبدیل زیستی هیدروکربن‌های نفتی**	تعداد واحد: **۳**	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز : **ندارد**
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
	تعداد ساعت: **٤٨**		الزامی	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: **Bioremediation & Bioconversion of Petroleum Hydrocarbons**			✓ اختیاری	✓نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : ☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار					

هدف درس :

آموزش اصول حاکم بر روش‌های تبدیل زیستی و بهبود مشخصات ترکیبات نفتی، زیست‌پالایی محیط‌های خاکی، آبی و گازی و کاربردهای زیست‌فناوری در حذف آلاینده‌های نفتی از محیط زیست از اهداف این درس است.

رئوس مطالب:

۱- انواع آلودگی‌های نفتی و معرفی میکروارگانیسم‌های تجزیه کننده آن‌ها:
هیدروکربن‌های فرار، سبک و سنگین نفتی، میکروارگانیسم‌های با قابلیت تجزیه هیدروکربن‌ها، مسیرهای متابولیکی و واکنش‌های پیشنهاد شده برای تجزیه زیستی هیدروکربن‌ها

۲- محدودکننده‌های فعالیت میکروارگانیسم‌ها در محیط‌های خاکی، آبی و گازی:
محدودیت‌های انتقال جرم، محدودیت مصرف ترکیبات نفتی، ممانعت کننده‌های محیطی

۳- روش‌های صنعتی زیست پالایی آلودگی‌های نفتی:
الف) خاک: روش‌های در محل مثل لند فارمینگ، کمپوست و پیل زیستی، روش‌های خارج از محل مثل تصفیه فاز دوغابی
ب) آب: استفاده از عوامل فعال سطحی زیستی، تجزیه آلودگی‌های نفتی

ج) هوا (حذف ترکیبات فرار آلی): استفاده از زیست‌صافی‌ها (Biofilters)

۴- مدل‌سازی فرایند تبدیل زیستی آلاینده‌های نفتی:

مدل‌های رایج در سینتیک رشد و تبدیل زیستی، توسعه مدل‌سازی فرایند زیست‌پالایی، روش‌های عملی مدل‌سازی فرایند زیست درمانی آلاینده های نفتی

۵- عوامل موثر بر فرایند زیست‌پالایی آلاینده‌های نفتی:

تاثیر دما، اکسیژن، نوع و غلظت آلاینده‌ها، شوری، pH

۶- کاربردهای صنعتی روش‌های زیست‌پالایی:

رسوب‌زدایی از خطوط لوله انتقال نفت، رسوب‌زدایی از مخازن ذخیره، حذف آلاینده‌های نفتی از آب، خاک و هوا

۷- اهمیت تبدیل زیستی هیدروکربن‌ها:

مزایا: هزینه، مسائل زیست محیطی، عدم وجود روش جایگزین در بعضی موارد

محدودیت‌ها: سینتیک پایین تولید، پیچیدگی محیط تولید، حساسیت زیاد فرایند، دشواری جداسازی محصولات

۸- انواع فرایندهای تولید زیستی محصولات از هیدروکربن‌ها:

تولید سوخت مایع از هیدروکربن‌های گازی (GTL) با استفاده از روش زیستی، تولید عوامل فعال سطحی، تولید SCP از هیدروکربن‌ها، ارتقاء کیفیت نفت خام سنگین به روش زیستی، تولید محصولات جدید از هیدروکربن‌ها، فرایندهای آنزیمی

۹- حذف گوگرد و فلزات سنگین از محصولات نفتی:

انواع میکروارگانیسم‌های مورد استفاده، محدودیت‌ها و روش‌های صنعتی توسعه یافته

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	آزمون میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	**دارد**	آزمون های نوشتاری: **دارد**	**دارد**
		عملکردی: **ندارد**	

منابع اصلی:

1. A. Singh, R. C. Kuhad, and O. P. Ward. “Advances in Applied Bioremediation” Springer-Verlag, 2009.
2. R.M. Atlas, J. Philp. “Bioremediation. Applied Microbial Solutions for Real-World Environmental Cleanup” ASM Press, 2005.
3. E. Díaz, "Microbial Biodegradation, Bioremediation and Biotransformation", Caister Academic Press, 2008.
4. M.M. Ramírez-Corredores, A.P. Borole, "Biocatalysis in Oil Refining", Elsevier, 2007.
5. S.K. Sikdar, R.L. Irvine, "Bioremediation: Principles and Practice", CRC Press, 1998.
6. A. Scragg, "Environmental Biotechnology", 2nd Edition, Oxford University Press, 2005.

فناوری تولید سوخت‌های زیستی
Biofuel Production Technology

عنوان درس به فارسی: **فناوری تولید سوخت‌های زیستی**	تعداد واحد: **۳**	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز : **ندارد**
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
	تعداد ساعت: **٤٨**		✓ اختیاری	✓نظری	
عنوان درس به انگلیسی: **Biofuel Production Technology**				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : ☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار					

هدف درس:

مفاهیم و اصول تولید سوخت‌های زیستی، فناوری‌های مختلف تولید و همچنین مباحث اقتصادی و زیست محیطی مرتبط با تولید انواع سوخت‌های زیستی در این درس مورد نظر است.

رئوس مطالب:

- **اتانل زیستی**

۱-نسل‌های مختلف اتانل زیستی:

نسل‌های مختلف اتانل زیستی شامل اتانل از مواد قندی، مواد نشاسته‌ای و مواد لیگنوسلولزی

۲- کالبدشناسی (Anatomy) و ساختار دیواره سلول‌های گیاهی:

ساختار و ویژگی‌های پلیمرهای موجود در دیواره سلول‌های گیاهی شامل سلولز، همی‌سلولز، پکتین، لیگنین

۳-پیش‌فراوری مواد اولیه:

فرایندهای بالادستی تولید اتانل شامل انواع پیش فراوری‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی و آبکافت پلیمرهای هیدروکربنی به قندهای قابل تخمیر به اتانل

۴-میکروارگانیسم‌های تولید کننده:

انواع میکروارگانیسم‌های تولید کننده اتانل شامل میکروارگانیسم‌های مصرف کننده قندهای پنج کربنه و شش کربنه و همچنین میکروارگانیسم‌های تولید کننده آنزیم‌های آبکافت کننده مواد اولیه

۵-فرایندهای تخمیری:

انواع فرایندهای تخمیری تولید اتانل شامل آبکافت و تخمیر جداگانه، آبکافت و تخمیر همزمان (SSF)، تولید آنزیم، آبکافت و تخمیر همزمان (CBP)؛ و محصولات جانبی دارای ارزش افزوده در این فرایندها

۶-خالص‌سازی:

روش‌های مختلف استخراج و خالص‌سازی اتانل تولید شده در فرایندهای تخمیری و فراوری محصولات جانبی برای کاربردهای مختلف

- **دیزل زیستی**

۷- دیزل زیستی و نقش آن به عنوان سوخت تجدیدپذیر:

دیزل زیستی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن، جایگاه، اهمیت و آینده‌ی دیزل زیستی به عنوان سوخت

۸-منابع مختلف دیزل زیستی:

دیزل زیستی از روغن خوراکی، دیزل زیستی از دانه‌های روغنی غیرخوراکی و روغن ضایعاتی، ریزجلبک‌ها (Microalgae) به عنوان منبع جدید روغن برای تولید دیزل زیستی

۹- استخراج روغن و تولید دیزل زیستی:

روش‌های استخراج روغن از دانه‌های گیاهی و ریزچلبک‌ها، فرایندهای تبدیل روغن به دیزل زیستی، فرایندهای استخراج و خالص‌سازی دیزل زیستی، محصولات جانبی تولید شده، انواع زیست‌واکنشگاه‌های مورد استفاده برای کشت ریزجلبک‌ها

- **زیست‌گاز**

۱۰-اصول فناوری زیست‌گاز (Biogas):

مزیت‌های تولید و استفاده‌ی زیست‌گاز، معرفی و ترکیب زیست‌گاز، زیست‌شیمی و میکروب‌شناسی تولید زیست‌گاز، مراحل هضم بی‌هوازی، مباحث محیط زیستی تولید زیست‌گاز

۱۱-فرایند تولید زیست‌گاز:

فناوری‌های ساده، قدیمی و خانگی تولید زیست‌گاز، فناوری‌های پیشرفته و صنعتی تولید زیست‌گاز، انواع هاضم‌های بی‌هوازی و شرایط عملیاتی (دما، pH، خوراک، زمان اقامت، مواد مغذی، ترکیب‌های بازدارنده و سمی)

۱۲-موارد استفاده‌ی زیست‌گاز:

تولید حرارت، تولید نیرو/ ترکیب حرارت و نیرو، احتراق داخلی، توربین‌های گازی، سلول‌های سوختی، وسایل نقلیه گازی

۱۳-فناوری‌های بهبود کیفیت گاز:

آلوده کننده‌های زیست‌گاز، حذف ترکیب‌های نامطلوب، خالص‌سازی زیست‌گاز، افزودن ترکیب‌های ویژه

- **هیدروژن زیستی**

۱۴-اصول فناوری هیدروژن زیستی:

مزایای تولید و استفاده‌ی هیدروژن زیستی و مقایسه‌ی آن با زیست‌گاز از جنبه‌های ارزش حرارتی، آلایندگی و اقتصاد، زیست‌شیمی و میکروارگانیسم‌های تولید کننده

۱۵-مواد اولیه قابل استفاده:

ترکیب‌های ساده‌ی قندی، نشاسته‌دار، لیگنوسلولزی، ترکیب‌های پیچیده

۱۶-فرایند تولید هیدروژن زیستی:

تولید ناپیوسته، نیمه پیوسته و پیوسته، فناوری آبکافت و تخمیر جداگانه، فناوری آبکافت و تخمیر همزمان

۱۷-خالص‌سازی هیدروژن زیستی

- **بوتانل زیستی**

۱۸- اهمیت تولید بوتانل زیستی:

ویژگی‌های بوتانل زیستی به عنوان یک سوخت پیشرفته، بررسی چرخه تولید (Life Cycle Analysis) و مقایسه تولید زیستی نرمال-بوتانول، ایزو-بوتانول و اتانول.

۱۹- میکروارگانیسم‌های تولید کننده بوتانل زیستی:

نام و تقسیم‌بندی میکروارگانیسم‌های تولید کننده بوتانل، تاریخچه و روند جداسازی و اصلاح سویه.

۲۰- بیوشیمی تخمیر استن، بوتانل و اتانل:

مسیر تخمیر چند شاخه‌ای (Branch chain fermentation)، بازدارندگی بوتانل و فازهای رشد سویه‌های *کلستریدیا* و تغییرات ریخت شناسی سویه در چرخه رشد.

۲۱- سوبستراهای مورد استفاده برای تولید بوتانل زیستی:

ویژگی‌های انواع سوبسترای به کار رفته در این فرایند، فرایند تولید بوتانل زیستی بسته به نوع سوبسترا و مقایسه آثار مختلف به کارگیری هر یک از سوبستراها.

۲۲- فرایندهای صنعتی تولید بوتانل زیستی:

مروری بر صنعت تولید بوتانل در قرن بیستم، مشکلات و چالش‌های فرایندها، فرایندهای توسعه یافته و پیشرفت‌های حاصل شده در سال‌های اخیر.

۲۳- یکپارچه سازی (Integration) فرایند تولید بوتانل زیستی:

استفاده از فرایند آبکافت و تخمیر همزمان (SSF) و همچنین فرایند آبکافت، تخمیر و بازیابی همزمان (SSFR).

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	آزمون میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	**دارد**	آزمون های نوشتاری: **دارد**	**دارد**
		عملکردی: **ندارد**	

منابع اصلی:

1. C. M. Drapcho, N. P. Nhuan, T. H. Walker, “Biofuels Engineering Process Technology”, McGraw-Hill, 2008.
2. H. Schobert, “Chemistry of Fossil Fuels and Biofuels”, Cambridge University Press, 2013.
3. K. Karimi, “Lignocellulose-Based Bioproducts”, Springer, 2015.
4. C. Wyman, “Handbook on Bioethanol: Production and Utilization”, Taylor & Francis, 1996.
5. A. Nag, “Biofuels Refining and Performance”, McGraw Hill, 2008.
6. A. Pandey, “Handbook of Plant-Based Biofuels”, CRC Press, 2009.
7. D.M. Mousdale, “Biofuels: Biotechnology, Chemistry, and Sustainable Development”, CRC Press, 2008.
8. G. Knothe, J.V. Gerpen, J. Krahl, “The Biodiesel Handbook”, AOCS Press, 2005.
9. A. Demirbas, M.F. Demirbas, “Algae Energy: Algae as a New Source of Biodiesel”, Springer, 2010.
10. L. Gouveis, “Microalgae as a Feedstock for Biodiesel”, Springer, 2011.
11. D.W. House, “The Complete Biogas Handbook”, Peace Press, 2010
12. A. Demirbas, "Biohydrogen for Future Engine Fuel Demand", Springer, 2009.

پیل‌های سوختی زیستی
Biofuel Cells

عنوان درس به فارسی: **پیل‌های سوختی زیستی**	تعداد واحد: **۲**	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز : **ندارد**
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
	تعداد ساعت: **۳۲**		✓ اختیاری	✓نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: **Bio Fuel Cells**	آموزش تکمیلی عملی : ☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار				

هدف درس:

انواع، سازوکار عملکرد و کاربرد پیل‌های سوختی و به ویژه پیل‌های سوختی زیستی. کاربرد این نوع پیل‌ها در تولید انرژی و تصفیه‌ی پساب در این درس مورد بررسی قرار می‌گیرد.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه‌ای بر الکتروشیمی:

سری الکترو شیمیایی، واکنش‌های اکسایش-کاهشی، محاسبه‌ی پتانسیل تعادلی، روش‌های الکتروشیمیایی تعادلی و غیرتعادلی

۲- پیل‌های سوختی:

تاریخچه، انواع پیل‌های سوختی، سازوکار عمل پیل‌های سوختی

۳- پیل‌های سوختی میکروبی:

معرفی باکتری‌های اگزوالکتروژن، سازوکارهای انتقال الکترون، تولید توان در پیل‌های سوختی میکروبی، معماری و مواد مصرفی، سینتیک و انتقال جرم، تولید هیدروژن با استفاده از پیل‌های سوختی میکروبی، استفاده از پیل‌های سوختی میکروبی در تصفیه‌ی پساب، گونه‌های متنوع

پیل‌های سوختی میکروبی، مباحث اقتصادی و محیط زیستی در استفاده از پیل‌های سوختی میکروبی

۴-پیل‌های سوختی آنزیمی:

سازوکار عملکرد و کاربرد انواع پیل‌های سوختی بر پایه‌ی آنزیم

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	آزمون میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	**دارد**	آزمون های نوشتاری: **دارد**	**دارد**
		عملکردی: **ندارد**	

منابع اصلی:

1. B.E. Logan, "Microbial Fuel Cells", John Wiley & Sons, 2008.
2. D.C. Harris, "Quantitative Chemical Analysis", 8th Ed. W. H. Freeman, 2010.
3. A.J. Appleby, F.R. Foulkes, "Fuel Cell Handbook", Van Nostrand Reinhold, 1989.
4. J. Larminie, A. Dicks,"Fuel Cell Systems Explained", 2nd Ed., John Wiley & Sons, 2003.
5. G. Hoogers, "Fuel Cell Technology Handbook", CRC Press, 2003.
6. US Department of Energy, "Fuel Cell Handbook", 7th Edition, EG&G Services.
7. P. Lens, P. Westermann, M. Haberbauer, A. Moreno, "Biofuels for Fuel Cells: Renewable Energy from Biomass Fermentation", IWA Publishing, 2005.

بیوانفورماتیک
Bioinformatics

عنوان درس به فارسی: **بیوانفورماتیک**	تعداد واحد: **۲**	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز : **ندارد**
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
	تعداد ساعت: **۳۲**		✓ اختیاری	✓ نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: **Bioinformatics**	آموزش تکمیلی عملی : ☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار				

هدف درس:

هدف از این درس یادگیری اصول، مقدمات و کاربردهای بیوانفورماتیک و تشریح الگو ریتم‌های اصلی و پارامترهای نرم افزارهای مربوطه می‌باشد.

رئوس مطالب :

۱- مقدمه:

مقدمه‌ای بر بیوانفورماتیک و اهمیت آن، تاریخچه بیوانفورماتیک، کاربردهای بیوانفورماتیک

۲- پایگاه‌های داده زیستی:

آشنایی با پایگاه‌های داده زیستی متداول، پایگاه‌های توالی اسیدهای نوکلئیک، پایگاه‌های توالی پروتئین، پایگاه‌های ساختارها، پایگاه‌های مسیرهای متابولیک، نحوه کار با پایگاه‌های داده مهم و استخراج اطلاعات از آنها

۳- ترازکردن توالی‌ها (Sequence alignment):

بررسی تشابه دو توالی، معیارهای تشابه، روش‌های نمره‌دهی، تراز کلی، تراز موضعی، آشنایی با ماتریس های PAM و BLOSUM، آلگوریتم های مورد استفاده برای ترازکردن توالی های دو گانه و چندگانه، ClustalW، MUSCLE، ProbCons، Expresso، جستجوی ژنی، PHIBLAST PSIBLAST , BLAST

۴- فیلوژنی:

فیلوژنی و ارتباط آن با تکامل، ژن‌های ارتولوگ، آنالوگ، همولوگ و پارالوگ، درخت فیلوژنی (Phylogenetic tree)، ساختار و اهمیت درخت فیلوژنی، انواع درخت‌های فیلوژنی، روش‌های ساخت درخت‌های فیلوژنی مانند روش‌های فاصله (Distant methods)، Parsimony، Likelihood، روش‌های احتمالی (Probabilistic methods)

۵- پیش‌بینی ساختار پروتئین‌ها:

سطوح مختلف ساختار پروتئینی، نمودار راماچاندران (Ramachandran plot)، پیش‌بینی ساختار دوم پروتئین‌ها با استفاده از روش‌های مختلف مانند روش Chou and Fasman، روش GOR، پیش‌بینی ساختار دوم با استفاده از شبکه‌های عصبی (Neural networks)

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	آزمون میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	**دارد**	آزمون های نوشتاری: **دارد**	**دارد**
		عملکردی: **ندارد**	

منابع اصلی:

1. A.M. Lesk, "Introduction to Bioinformatics", 4th Edition, Oxford University Press, 2014.
2. N.C. Jones, P.A. Pevzner, "An Introduction to Bioinformatics Algorithms", MIT Press, 2004.
3. D.W. Mount, "Bioinformatics: Sequence and Genome Analysis", 2nd Edition, Cold Spring Harbor Laboratory Press, 2004.
4. J. Pevsner, "Bioinformatics and Functional Genomics", 3rd Edition, Wiley-Blackwell, 2015.
5. R. Durbin, S.R. Eddy, A. Krogh, G. Mitchison, "Biological Sequence Analysis: Probabilistic Models of Proteins and Nucleic Acids", Cambridge University Press, 1998.

نانوزیست‌فناوری
Nanobiotechnology

عنوان درس به فارسی: **نانوزیست‌فناوری**	تعداد واحد: **۳**	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز : **ندارد**
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
	تعداد ساعت: **٤٨**		✓ اختیاری	✓نظری	
عنوان درس به انگلیسی: **Nanobiotechnology**				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : ☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار					

هدف درس:

در این درس اصول جامع نانوزیست‌فناوری و کاربردهای علمی و صنعتی نانوزیست‌فناوری به دانشجویان آموزش داده می‌شود.

رئوس مطالب :

۱- مقدمه:

تعاریف و تاریخچه نانوزیست‌فناوری، نقش نانومواد (پلیمری، فلزی، نیمه‌هادی) در سامانه‌های حیاتی

۲- اتصالات زیستی (Bio-conjugations):

انواع روش‌های اتصال کووالان و غیرکووالان نانو ساختارها با مولکول‌های زیستی مانند پروتئین‌ها، بررسی ترمودینامیک جذب در اتصالات زیستی، اتصال نقاط کوانتومی به منظور تصویربرداری از بافت‌ها و سلول‌ها

۳- زیست‌آرایه‌های الکتروشیمیایی بر مبنای نانوساختارها:

تشخیص الکتروشیمیایی پروتئین و DNA بر پایه زیست آرایه‌های تگ (Tag) شده با فلزات طلا و نقره

۴- خودسامان‌دهی در سامانه‌های زیستی:

تک‌لایه‌های خودسامان‌ده (Self Assembled Monolayers)، روش‌های ساخت و ارزیابی، الگودهی SAM، کاربردهای SAM (تثبیت درشت‌مولکول‌های زیستی، ساخت آرایه‌های حسگر، زیست‌کاتالیزورها)

۵- اصلاح سطح:

انواع روش‌های اصلاح سطح، برهم‌کنش مولکول‌های زیستی با سطوح مهندسی شده

۶- برهم‌کنش بافت و نانوساختارها:

تاثیر گروه‌های عاملی مختلف بر روی برهم‌کنش بافت و نانوساختارها

۷- نانوسم‌شناسی:

بررسی سمیت زیستی نانوساختارهای کربنی، فلزی و پلیمری

۸- اخلاق در نانوزیست‌فناوری:

اصول اخلاقی در تولید نانوداروها و بکارگیری نانو حامل‌های انتقال ژن و دارو

۹- کاربردهای نانوزیست فناوری:

کاربردهای نانوزیست‌فناوری در مهندسی بافت و ساخت داربست‌ها، پزشکی و دارویی، جراحی، تشخیص بیماری‌ها، صنایع غذایی، انرژی و محیط زیست، تصویربرداری سلولی، نانوزیست‌فناوری در تشخیص و درمان سرطان، نانوزیست الکترونیک

۱۰- ساخت نانوساختارها با استفاده از الگوهای زیستی:

استفاده از پروتئین‌ها، ویروس‌ها و میکروارگانیسم‌ها در تولید نانوساختارها

۱۱- نانوماشین‌های زیستی:

آرایه‌های انتقال ذرات با تقلید زیستی (تقلید حرکت‌های سلولی با فیلامان‌های آکتینی)، موتورهای مولکولی و سنتز ATP

۱۲- نانوالیاف:

الکتروریسی و کاربرد نانوالیاف در مهندسی بافت و سلول‌های بنیادی

۱۳- کاربردی کردن و تجاری‌سازی محصولات نانوزیست‌فناوری

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	آزمون میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	**دارد**	آزمون های نوشتاری: **دارد** عملکردی: **ندارد**	**دارد**

منابع اصلی:

1. G. Silva, "Nanotechnology for Biology and Medicine", Springer, 2011.
2. S. Li, J. Singh, H. Li, I.A. Banerjee, "Biosensor Nanomaterials", John Wiley & Sons, 2011.
3. C.M. Ho, C.M. Ho, "Micro/Nano Technology Systems for Biomedical Applications: Microfluidics, Optics, and Surface Chemistry", Oxford University Press, 2010.

4. P. Boisseau, P. Houdy, M. Lahmani, “Nanoscience: Nanobiotechnology and Nanobiology”, Springer, 2010.
5. D. Shi, “NanoScience in Biomedicine”, Springer, 2009.
6. D.E. Reisner, “Bionanotechnology: Global Prospects”, CRC Press, 2008.
7. C. Nicolini, “Nanobiotechnology and Nanobiosciences”, Pan Stanford Publishing, 2009.
8. C.M Niemeyer, C.A. Mirkin, “Nanobiotechnology: Concepts, Applications and Perspectives”, Wiley-VCH, 2004.
9. C.A. Mirkin, C.M. Niemeyer, “Nanobiotechnology, More Concepts and Applications”, Wiley-VCH, 2007.
10. C.S.S.R. Kumar, J. Hormes, C. Leuschaer, "Nanofabrication towards Biomedical Applications, Techniques, Tools, Applications and Impact", Wiley-VCH, 2005.

نانوزیست‌مواد
Nanobiomaterials

عنوان درس به فارسی: **نانوزیست‌مواد**	تعداد واحد: **۲**	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز : **ندارد**
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
	تعداد ساعت: **۳۲**		✓ اختیاری	✓نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: **Nanobiomaterials**	آموزش تکمیلی عملی : ☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار				

هدف درس:

در این درس اصول نانوزیست‌مواد و کاربردهای آن، انواع نانوزیست‌مواد و روش‌های مختلف ساخت آن بررسی می‌شود.

رئوس مطالب:

۱- نانوزیست مواد:

انواع نانوزیست‌مواد (مواد مغناطیسی، شیشه‌ای، اکسید فلزی، نانوالیاف) و روش‌های ساخت

۲- کاربرد نانوزیست مواد:

کابرد نانوزیست مواد در مهندسی بافت، انتقال ژن و دارو و درمان سرطان، کاربرد زیست‌مواد پلیمری و هیدروژل‌ها در نانوزیست فناوری، کاربرد نانوزیست مواد در تصویربرداری زیستی، نانوزیست مواد عامل‌دار شده و نانوشیشه‌های زیست‌فعال (Nano Bioactive Glass)، کاربرد نانوزیست‌مواد در ساخت سلول‌های مصنوعی

۳- روش‌های شناسایی و ارزیابی:

شناسایی و ارزیابی خواص فیزیکی - مکانیکی مطلوب بر مبنای کاربرد نانوزیست مواد

۴- زیست‌سازگاری و زیست‌تخریب‌پذیری نانوزیست مواد (برون تنی و درون تنی)

۵- نانوساختارهای بر پایه DNA، نانوساختارهای پروتئینی، نانوساختارهای فلزی، نانوساختارهای سرامیکی

۶- نانوکامپوزیت‌ها:

نانوکامپوزیت‌ها و کاربرد آنها در نانوزیست‌فناوری (انتقال دارو و ژن، خواص ضدباکتریایی و ترمیم بافت)

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	آزمون میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	**دارد**	آزمون های نوشتاری: **دارد** عملکردی: **ندارد**	**ندارد**

منابع اصلی:

1. B.D. Ratner, A.S. Hoffman, F.J. Schoen, J.E. Lemons, “Biomaterials Science: An Introduction to Materials in Medicine”, 3rd Edition, Academic Press, 2012.
2. B. Sitharaman, “Nanobiomateials Handbook”, CRC Press, 2011.
3. J.Y. Wong, J.D. Bronzino, D.R. Peterson “Biomaterials: Principles and Practices”, CRC Press, 2012.
4. J. Park, R.S. Lakes, “Biomaterials: An Introduction”, Springer, 2010.
5. B. Basu, D.S. Katti, A. Kumar, “Advanced Biomaterials: Fundamentals, Processing, and Applications”, American Ceramic Society, 2009.

نانودارو و نانوسامانه‌های انتقال دارو
Nanomedicine & Drug Delivery Nanosystems

عنوان درس به فارسی: **نانودارو و نانوسامانه‌های انتقال دارو**	تعداد واحد: **۳**	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز : **ندارد**
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
	تعداد ساعت: **٤٨**		✓ اختیاری	✓نظری	
عنوان درس به انگلیسی: **Nanomedicine & Drug Delivery Nanosystems**				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : ☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار					

هدف درس:

در این درس پتانسیل‌های نانوفناوری در انتقال و رهایش هدفمند داروها و ژن‌ها جهت درمان بیماری‌ها به دانشجویان بررسی می‌شود.

رئوس مطالب:

۱- نانودارو و نانوسامانه‌های رهایش دارو:

نانودارو و نانوسامانه های رهایش داروی پلیمری، فلزی، کربنی، معدنی، سیلیکا، لیپوزوم ها، درختسان‌ها و نانوسامانه‌های پوسته- هسته

۲- سدهای بیولوژیکی در برابر انتقال عوامل دارویی و تشخیصی:

خواص سامانه‌های رگ و فاگو سیت تک‌ه سته‌ای، برهم‌کنش‌های ممکن دارو و عوامل انتقال دارو در خون، نفوذ عوامل انتقال دارو در بافت‌های مختلف،

۳- سینتیک و مدل‌های رهایش دارو:

رهایش وابسته به دما، pH و عوامل خارجی

۴- ژن درمانی:

مواد ژنتیکی دارویی، حامل‌های انتقال ژن

۵- دارورسانی هدفمند:

اجزاء دارورسانی هدفمند، کاربردها و انواع روش‌های هدفمندسازی

۶- مطالعات برون‌تنی (*In vitro*) و درون‌تنی (*In vivo*) سامانه‌های انتقال و رهایش دارو

۷- سم‌شناسی و آزمون‌های زیست‌سازگاری نانوداروها، اثر اندازه ذره و بار الکترواستاتیک سامانه‌ها بر زیست‌سازگاری، اثر اصلاحات سطحی (مانند اتصال پلیمر PEG) بر زیست‌سازگاری سامانه‌ها

۸- نانوداروهای درمان سرطان، دستاوردها و آینده

۹- نانوسامانه‌های تشخیصی:

تصویربرداری MRI، کاربرد نانوذرات مغناطیسی هدفمند شده در بهبود تصویربرداری پزشکی

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	آزمون میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	**دارد**	آزمون های نوشتاری: **دارد**	**دارد**
		عملکردی: **ندارد**	

منابع اصلی:

1. N .Duzgunes, "Nanomedicine: Cancer, Diabetes, and Cardiovascular, Central Nervous System", Academic Press, 2012.
2. H.F. Tibbals, "Medical Nanotechnology and Nanomedicine", CRC Press, 2011.
3. K.K. Jain, "The Handbook of Nanomedicine", Humana Press, 2008.
4. R.A. Freitas, "Nanomedicine, Volume I: Basic Capabilities", Yakuji Nippo Ltd, Japan, 2007.
5. R.A. Freitas, "Nanomedicine, Volume IIA: Biocompatibility", Landes Bioscience, Georgetown, TX, 2003.
6. C. Kumar, "Nanomaterials for Medical Diagnosis and Therapy" , Wiley VCH, 2007.
7. J.B. Park, "Biomaterials Science and Engineering", Plenum Press, New York, 1984.

مباحث ویژه
Special Topics

عنوان درس به فارسی: **مباحث ویژه**	تعداد واحد: **۳**	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز : **ندارد**
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
	تعداد ساعت: **٤٨**		✓ اختیاری	✓نظری	
عنوان درس به انگلیسی: **Special Topics**				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : ☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار					

هدف درس:

در این درس آخرین پیشرفت‌های صورت گرفته در زیست‌فناوری مورد بررسی قرار می‌گیرد.

رئوس مطالب:

مطالب مربوط به این درس در هر ترم توسط استاد درس پیشنهاد و پس از تایید در گروه تدریس می‌شود.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	آزمون میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	**دارد**	آزمون های نوشتاری: **دارد**	**دارد**
		عملکردی: **ندارد**	

منابع اصلی :

جدیدترین کتاب‌ها، مقالات و منابع علمی معتبر مرتبط با موضوع درس

سمینار ۱
Seminar I

عنوان درس به فارسی: **سمینار ۱**		نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز : **ندارد**
				عملی	
	تعداد واحد: **۱**		پایه	نظری	
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
	تعداد ساعت: **۱۶**		✓ اختیاری	✓نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: **Seminar I**	آموزش تکمیلی عملی : ☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار				

هدف درس:

هدف از این درس یادگیری انجام یک تحقیق علمی، چگونگی انتخاب مو ضوع، برر سی منابع علمی مرتبط با موضوع و نحوه ارائه آن می‌باشد.

رئوس مطالب:

در این درس دانشـــجو با هماهنگی یکی از اســـتادان گروه، یکی از موضـــوعات روز مرتبط با زیســـت‌فناوری را انتخاب کرده و پس از انجام تحقیقات کامل در مورد موضـوع انتخاب شـده، نتایج تحقیقات را به صورت یک سخنرانی علمی عمومی ارائه می‌نماید.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	آزمون میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	**ندارد**	آزمون های نوشتاری: **ندارد**	**دارد**
		عملکردی: **ندارد**	

منابع اصلی :

کلیه کتاب‌ها، مقالات و منابع علمی معتبر مرتبط با موضوع انتخاب شده

سمینار ۲
Seminar II

عنوان درس به فارسی: **سمینار ۲**			جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز : **ندارد**
				عملی	
	تعداد واحد: **۲**	نوع واحد	پایه	نظری	
				عملی	
			الزامی	نظری	
				عملی	
	تعداد ساعت: **۳۲**		✓ اختیاری*	✓نظری	
عنوان درس به انگلیسی: **Seminar II**				عملی	
آموزش تکمیلی عملی : ☐ سفر علمی ☐ کارگاه ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار					

*این درس برای دانشجویان کارشناسی ارشد آموزش محور الزامی است.

هدف درس:

بررسی آخرین منابع علمی، جمع آوری و ارائه مطالب توسط دانشجویان به صورت سخنرانی و ارائه گزارش

رئوس مطالب:

در این درس دانشجو با هماهنگی یکی از استادان گروه، یکی از موضوعات روز مرتبط با زیست‌فناوری را انتخاب کرده و پس از انجام تحقیقات کامل در مورد موضوع انتخاب شده، نتایج تحقیقات را به صورت یک سخنرانی علمی عمومی ارائه می‌نماید.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	آزمون میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	**ندارد**	آزمون های نوشتاری: **ندارد**	**دارد**
		عملکردی: **ندارد**	

منابع اصلی :

کلیه کتاب‌ها، مقالات و منابع علمی معتبر مرتبط با موضوع انتخاب شده

جدول۶- جدول تطبیقی دروس سرفصل بازنگری شده و سرفصل قدیمی دوره تحصیلات تکمیلی مهندسی شیمی گرایش بیوتکنولوژی

ردیف	عنوان درس قدیم	عنوان درس جدید	ملاحظات
۱	پدیده‌های انتقال در فرایندهای زیستی	پدیده‌های انتقال در فرایندهای زیستی	تغییر سرفصل و به روزکردن آن
۲	طراحی راکتورهای زیستی	طراحی راکتورهای زیستی	تغییر سرفصل و به روزکردن آن
۳	ریاضیات مهندسی پیشرفته	ریاضیات مهندسی پیشرفته	تغییر سرفصل و به روزکردن آن
۴	ترمودینامیک زیستی	ترمودینامیک زیستی	تغییر سرفصل و به روزکردن آن- انتقال از اصلی تخصصی به اختیاری
۵	مهندسی جداسازی مواد زیستی	مهندسی جداسازی مواد زیستی	تغییر سرفصل و به روزکردن آن- انتقال از اصلی تخصصی به اختیاری
۶	اصول فناوری تخمیری	اصول فناوری تخمیر	تغییر سرفصل و به روزکردن آن
۷	سینتیک و تکنولوژی آنزیم	سینتیک و فناوری آنزیم	تغییر سرفصل و به روزکردن آن
۸	بیوتکنولوژی دارویی صنعتی	-----	حذف درس
۹	بیوتکنولوژی محیط زیست	زیست‌فناوری محیط زیست	تغییر سرفصل و به روزکردن آن
۱۰	مدل‌سازی و شبیه‌سازی فرایندهای زیستی	مدل‌سازی و شبیه‌سازی فرایندهای زیستی	تغییر سرفصل و به روزکردن آن
۱۱	طراحی آزمایش‌ها و تحلیل داده‌ها	طراحی آزمایش‌ها و تحلیل داده‌ها	تغییر سرفصل و به روزکردن آن
۱۲	ژنتیک مهندسی	ژنتیک مولکولی	تغییر سرفصل و به روزکردن آن- انتقال از دروس جبرانی به دروس اختیاری
۱۳	آزمایشگاه بیوشیمی	-----	حذف از دروس جبرانی کارشناسی ارشد
۱۴	آزمایشگاه میکروبیولوژی	----	حذف از دروس جبرانی کارشناسی ارشد
۱۵	آزمایشگاه مهندسی ژنتیک	----	حذف از دروس جبرانی کارشناسی ارشد
۱۶	-----	ریاضیات مهندسی	اضافه شدن به دروس جبرانی کارشناسی ارشد

۱۷	-----	انتقال جرم	اضافه شدن به دروس جبرانی کارشناسی ارشد
۱۸	-----	سینتیک و طراحی راکتور	اضافه شدن به دروس جبرانی کارشناسی ارشد
۱۹	-----	زیست‌شناسی سلولی	اضافه شدن به دروس جبرانی کارشناسی ارشد
۲۰	مبانی طراحی فرایندهای زیستی	مبانی طراحی فرایندهای زیستی	تغییر سرفصل و به روزکردن آن
۲۱	سمینار	سمینار ۱	
۲۲	-----	سمینار ۲	اضافه شدن درس
۲۳	پدیده‌های انتقال زیستی پیشرفته	پدیده‌های انتقال زیستی پیشرفته	تغییر سرفصل و به روزکردن آن
۲۴	مهندسی محیط زیست پیشرفته	مهندسی محیط زیست پیشرفته	تغییر سرفصل و به روزکردن آن
۲۵	مهندسی متابولیک	مهندسی متابولیک	تغییر سرفصل و به روزکردن آن
۲۶	زیست‌شناسی سامانه‌ای	زیست‌شناسی سامانه‌ای	تغییر سرفصل و به روزکردن آن
۲۷	ازدیاد برداشت میکروبی نفت	ازدیاد برداشت میکروبی نفت	تغییر سرفصل و به روزکردن آن
۲۸	زیست‌پالایی و تبدیل زیستی ترکیبات نفتی	زیست‌پالایی و تبدیل زیستی هیدروکربن‌های نفتی	اصلاح عنوان، تغییر سرفصل و به روزکردن آن
۲۹	فناوری تولید سوخت‌های زیستی	فناوری تولید سوخت‌های زیستی	تغییر سرفصل و به روزکردن آن
۳۰	پیل‌های سوختی زیستی	پیل‌های سوختی زیستی	تغییر سرفصل و به روزکردن آن
۳۱	نانوزیست‌فناوری	نانوزیست‌فناوری	تغییر سرفصل و به روزکردن آن
۳۲	نانوزیست‌مواد	نانوزیست‌مواد	تغییر سرفصل و به روزکردن آن
۳۳	نانودارو و نانوسامانه‌های انتقال دارو	نانودارو و نانوسامانه‌های انتقال دارو	تغییر سرفصل و به روزکردن آن
۳۴	زیست‌فناوری مولکولی	------	حذف درس
۳۵	مباحث ویژه	مباحث ویژه	بدون تغییر
۳۶	-----	بیوانفورماتیک	اضافه شدن درس
۳۷	-----	آزمایشگاه میکروب‌شناسی و فرایندهای تخمیری	اضافه شدن درس