



جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

شورای عالی برنامه ریزی آموزشی

برنامه درسی

رشته یوشیمی

دوره های کارشناسی ارشد و دکتری تخصصی

گروه علوم پایه



به استناد آیین نامه واکذاری اختیارات برنامه ریزی درسی مصوب جلسه شماره ۸۸۲ تاریخ ۱۳۹۵/۱۱/۲۳ شورای عالی

برنامه ریزی آموزشی

نام رشته: بیوشیمی

گروه: علوم پایه

دوره تحصیلی: کارشناسی ارشد و دکتری تخصصی

کارگروه تخصصی: علوم زیستی

نوع مصوبه: بازنگری

پیشنهادی دانشگاه: تهران

به استناد آیین نامه واگذاری اختیارات برنامه ریزی درسی مصوب جلسه شماره ۸۸۲ تاریخ ۱۳۹۵/۱۱/۲۳ شورای عالی برنامه ریزی آموزشی، برنامه درسی بازنگری شده دوره های کارشناسی ارشد و دکتری تخصصی بیوشیمی طی نامه شماره ۱۲۳/۱۱۰۸۵۱ تاریخ ۱۳۹۷/۰۴/۳۰ از دانشگاه تهران دریافت شد:

ماده یک- این برنامه درسی برای دانشجویانی که از مهر ماه سال ۱۳۹۸ وارد دانشگاه می شوند، قابل اجرا است.

ماده دو- برنامه درسی بازنگری شده دوره های کارشناسی ارشد و دکتری تخصصی بیوشیمی در سه فصل: مشخصات کلی، جدول واحدهای درسی و سرفصل دروس تنظیم شده است و برای اجرا به دانشگاه ها ابلاغ می شود.

ماده سه- این برنامه درسی از تاریخ تصویب به مدت ۵ سال قابل اجرا بوده و پس از آن نیاز به بازنگری دارد.

دکتر محمدرضا آهنجیان
دبیر کمیسیون برنامه ریزی آموزشی





دانشگاه تهران

مشخصات کلی، برنامه درسی و سرفصل دروس

دوره های: کارشناسی ارشد و دکتری

رشته: بیوشیمی



مرکز تحقیقات بیوشیمی و بیوفیزیک

مصوب جلسه مورخ ۹۷/۱/۲۶ شورای برنامه ریزی، گسترش و نظارت آموزشی دانشگاه

این برنامه بر اساس آیین نامه وزارتی تفویض اختیارات برنامه ریزی درسی به دانشگاههای دارای هیات ممیزه، توسط اعضای هیات علمی گروه بیوشیمی مرکز تحقیقات بیوشیمی - بیوفیزیک بازنگری شده و در سیصد و چهل و دومین جلسه شورای برنامه ریزی، گسترش و نظارت آموزشی دانشگاه مورخ ۹۷/۱/۲۶ به تصویب رسیده است.



مصوبه شورای برنامه ریزی، گسترش و نظارت آموزشی دانشگاه تهران در خصوص برنامه درسی

رشته: بیوشیمی

مقاطع: کارشناسی ارشد و دکتری

- برنامه درسی دوره های کارشناسی ارشد و دکتری رشته بیوشیمی که توسط اعضای هیات علمی گروه بیوشیمی مرکز تحقیقات بیوشیمی و بیوفیزیک بازنگری شده است با اکثریت آراء به تصویب رسید.
- این برنامه از تاریخ تصویب لازم الاجرا است.
 - برنامه درسی بازنگری شده دوره های کارشناسی ارشد و دکتری رشته بیوشیمی از تاریخ ۹۷/۱/۲۶ جایگزین برنامه درسی دوره کارشناسی ارشد رشته بیوشیمی مصوب جلسه مورخ ۱۳۷۸/۱۲/۱ شورای عالی برنامه ریزی آموزش و دوره دکتری رشته بیوشیمی مصوب جلسه مورخ ۸۹/۱۰/۸ شورای برنامه ریزی آموزشی دانشگاه می شود.
 - هر نوع تغییر در برنامه مجاز نیست مگر آنکه به تصویب شورای برنامه ریزی، گسترش و نظارت آموزشی دانشگاه برسد.

حسن ابراهیمی

دبیرشورای برنامه ریزی آموزشی دانشگاه

سید حسین حسینی

معاون آموزشی دانشگاه

رای صادره جلسه مورخ ۹۷/۱/۲۶ شورای برنامه ریزی، گسترش و نظارت آموزشی دانشگاه در مورد بازنگری برنامه درسی رشته بیوشیمی در مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری صحیح است، به واحد ذیربط ابلاغ شود.

محمود نیلی احمد آبادی

رئیس دانشگاه تهران



فصل اول: مشخصات کلی برنامه درسی

دوره های کارشناسی ارشد و دکترای رشته بیوشیمی

تعریف رشته

تحصیلات تکمیلی در رشته بیوشیمی شامل دو مقطع کارشناسی ارشد و دکترای می باشد. دوره کارشناسی ارشد یکی از دوره های آموزش عالی بالاتر از دوره کارشناسی است که پس از آن به اجرا در می آید و سرانجام به اعطاء مدرک کارشناسی ارشد در رشته مربوط منتهی می گردد. دوره دکتری بیوشیمی (Ph.D) بالاترین مقطع تحصیلی دانشگاهی در این رشته است که به اعطای مدرک تحصیلی دکتری بیوشیمی می انجامد و شامل مجموعه ای هماهنگ از فعالیتهای آموزشی و پژوهشی در زمینه های بیوشیمی سلولی و مولکولی در حوزه های میکروبی، جانوری و گیاهی است.

هدف رشته

هدف از ایجاد دوره کارشناسی ارشد، گسترش و تربیت متخصصان و پژوهشگرانی است که با فراگیری آموزشهای لازم و آشنایی با روشهای پژوهش علمی، مهارت لازم را برای آموزش، پژوهش و خدمات پیدا می کنند. همچنین از اهداف مهم دوره دکتری، تأمین هیأت علمی برای مراکز آموزشی و پژوهشی و تربیت افرادی است که دارای تفکری خلاق بوده و بتوانند با درک مشکلات علمی جامعه به حل آن بپردازند.

ضرورت و اهمیت رشته

نوآوری، ایجاد زیر ساخت های علمی تولید دانش فنی و گسترش مرزهای دانش در رشته بیوشیمی با انطباق بر اهداف نظام مقدس جمهوری اسلامی در برنامه ریزی ۲۰ ساله، مرسوم به ایران ۱۴۰۰ و تربیت نیروی انسانی جهت عهده دار شدن وظایف محوله در آینده، از آنجاییکه علوم همچون بیولوژی و تکنولوژیهای نظیر هوشمند سازی با بیوتکنولوژی و نانوتکنولوژی نیاز به پایه علمی در دانش بیوشیمی دارند؛ لذا جهت رسیدن به اهداف فوق رشته بیوشیمی از اهمیت خاص برخوردار بوده و رسالت ویژه فارغ التحصیلان را تشکیل می دهد.



نقش و توانایی فارغ التحصیلان

دانش آموختگان رشته بیوشیمی با طی نمودن یک دوره نظری (آموزشی) و یک دوره علمی (پایان نامه) به مجموعه ای از شناخت و توانایی ها دست پیدا خواهند نمود. انتظار می رود این دوره ها منجر به توانمند سازی فارغ التحصیلان در مشاغل آموزشی، توسعه ای، تولیدی، کنترل کیفی، مشاوره ای، صنایع بیوشیمیایی، داروسازی، مشاغل دولتی و نهادهای نظارتی گردد.

طول دوره و شکل نظام

شکل نظام بصورت ترمی - واحدی خواهد بود. هر واحد نظری معادل ۱۶ ساعت در طول یک نیمسال تحصیلی تدریس می شود. اجرای دوره کارشناسی ارشد و دکترا تابع قوانین آموزشی مصوب دانشگاه است.

الف) کارشناسی ارشد:

طول دوره کارشناسی ارشد ناپیوسته رشته بیوشیمی ۲ سال است و دارای دو مرحله آموزشی و پژوهشی می باشد. لازم به ذکر است که بر حسب طولانی بودن امور پژوهشی پایان نامه دانشجوی بنا به تقاضای استاد راهنما و تصویب شورای گروه آموزشی دو نیمسال می تواند به دوره مذکور افزوده گردد.

ب) دکتری:

طول دوره دکتری بیوشیمی طبق آئین نامه آموزشی و پژوهشی دوره دکتری مصوب شورای عالی برنامه ریزی حداکثر ۴ سال است و دارای دو مرحله آموزشی و پژوهشی است. لازم به ذکر است که بر حسب طولانی بودن امور پژوهشی رساله دانشجوی و بنا به تقاضای استاد راهنما ۲ نیمسال می تواند به حداکثر دوره تحصیل دانشجوی افزوده گردد. در مرحله آموزشی، ۱۴ واحد درسی مجموعه دروس لازم مرحله آموزشی را تشکیل می دهد. این مرحله از تحصیل با گذراندن امتحان جامع که طبق آئین نامه انجام می گیرد به پایان می رسد. در مرحله پژوهشی، دانشجویانی که مرحله آموزشی را به اتمام رسانیده اند، بطور رسمی کار پژوهشی خود را آغاز می کنند. مرحله پژوهشی حداقل با ارائه پذیرش یک مقاله کامل در یک مجله پژوهشی معتبر که نمایه بین المللی گردد، و تدوین و دفاع از آن پایان می پذیرد. ارزش رساله ۲۲ واحد درسی است.

تبصره: دروس کمبود بر حسب سابقه شخص پذیرفته شده در رشته تحصیلی توسط کمیته تعیین پیش نیاز دانشکده مشخص می گردد.



تعداد و نوع واحدهای درسی

الف) کارشناسی ارشد:

برای تکمیل دوره کارشناسی ارشد بیوشیمی، دانشجو می‌بایست حداقل ۱۰ واحد دروس تخصصی، ۱۰ واحد دروس اختیاری، ۲ واحد سمینار و ۶ واحد پایان نامه را با موفقیت بگذراند. در مجموع حداقل ۲۸ واحد درسی برای فارغ التحصیل شدن الزامیست.

ب) دکتری:

برای تکمیل دوره دکتری بیوشیمی، دانشجو می‌بایست حداقل ۳۶ واحد درسی و تحقیقاتی را به شرح ذیل با موفقیت بگذراند

دروس اختیاری ۱۴ واحد

بروزه (پایان نامه) ۲۲ واحد

شرایط پذیرش دانشجو

الف) کارشناسی ارشد:

دارندگان دانشنامه کارشناسی از یکی از دانشگاههای معتبر داخل یا خارج از کشور بر اساس شرایط و ضوابط وزارت علوم و تحقیقات و فناوری، جهت تحصیل در دوره کارشناسی ارشد پذیرش می‌شوند.

ب) دکتری:

داوطلب ابتدا در آزمون وزارت علوم شرکت می‌تواند و در صورت احراز نمره قبولی جهت انجام مصاحبه تخصصی به دانشگاه معرفی می‌گردد و پس از انجام مصاحبه تخصصی توسط کمیته داوران و اعلام نمره داوطلب به سازمان سنجش؛ مجموع نمرات مصاحبه و آزمون سنجش؛ نمره نهایی داوطلب می‌باشد. چنانچه داوطلب امتیاز لازم را کسب نموده باشد؛ از طرف سازمان سنجش به عنوان دانشجو به دانشگاه معرفی می‌گردد.



فصل دوم: جداول دروس



جدول شماره ۱- جدول دروس جبرانی رشته بیوشیمی در مقطع کارشناسی ارشد.

پیشنیاز	تعداد ساعات			تعداد واحد			نام درس	ردیف
	جمع	عملی	نظری	جمع	عملی	نظری		
	۳۲	۰	۳۲	۲	۰	۲	صباتی بیوشیمی	۱
	۳۲	۰	۳۲	۲	۰	۲	زیست شناسی سلولی مولکولی مقدماتی	۲
	۶۴	۰	۶۴	۴	۰	۴	جمع کل	

جدول شماره ۲- جدول دروس جبرانی رشته بیوشیمی در مقطع دکتری.

پیشنیاز	تعداد ساعات			تعداد واحد			نام درس	ردیف
	جمع	عملی	نظری	جمع	عملی	نظری		
	۳۲	۰	۳۲	۲	۰	۲	آنزیمولوژی	۱
	۳۲	۰	۳۲	۲	۰	۲	زیست شناسی مولکولی پیشرفته	۲
	۳۲	۰	۳۲	۲	۰	۲	کنترل متابولیسم	۳
	۹۶	۰	۹۶	۶	۰	۶	جمع کل	



جدول شماره ۳- جدول دروس تخصصی رشته بیوشیمی در مقطع کارشناسی ارشد.

پیشنیاز	تعداد ساعات			تعداد واحد			نام درس	ردیف
	جمع	عملی	نظری	جمع	عملی	نظری		
	۳۲	۰	۳۲	۲	۰	۲	آنزیمولوژی	۱
	۳۲	۰	۳۲	۲	۰	۲	زیست شناسی مولکولی پیشرفته	۲
	۳۲	۰	۳۲	۲	۰	۲	بیوشیمی اسیدهای نوکلئیک	۳
	۳۲	۰	۳۲	۲	۰	۲	ساختار و عملکرد پروتئین‌ها	۴
	۳۲	۰	۳۲	۲	۰	۲	کنترل متابولیسم	۵
	۱۶	۰	۱۶	۱	۰	۱	سمینار ۱	۶
	۱۶	۰	۱۶	۱	۰	۱	سمینار ۲	۷
	۱۹۲	۰	۱۹۲	۱۲	۰	۱۲	جمع کل	



جدول شماره ۴ - لیست دروس تخصصی - اختیاری دوره کارشناسی ارشد و دکتری بیوشیمی.

ردیف	نام درس	تعداد واحد			تعداد ساعات		
		نظری	عملی	جمع	نظری	عملی	جمع
۱	ایمونوبیولوژی	۲	۰	۲	۲۲	۰	۲۲
۲	ایمونوشیمی	۲	۰	۲	۲۲	۰	۲۲
۳	بیوشیمی سیستم عصبی	۲	۰	۲	۲۲	۰	۲۲
۴	بیوشیمی شبکه های شناختی	۲	۰	۲	۲۲	۰	۲۲
۵	بیوشیمی غلاف سلولی	۲	۰	۲	۲۲	۰	۲۲
۶	بیوشیمی غشاء	۲	۰	۲	۲۲	۰	۲۲
۷	کروماتین و اپی ژنتیک	۲	۰	۲	۲۲	۰	۲۲
۸	پروتئومیکس	۲	۰	۲	۲۲	۰	۲۲
۹	ساختار و عملکرد پروتئین ها در سلامت و بیماری	۲	۰	۲	۲۲	۰	۲۲
۱۰	چاپرون ها	۲	۰	۲	۲۲	۰	۲۲
۱۱	روش های نو ترکیبی DNA	۲	۰	۲	۲۲	۰	۲۲
۱۲	زیست شیمی پپتیدها	۲	۰	۲	۲۲	۰	۲۲
۱۳	سنتز شیمیایی زیست شناسی	۲	۰	۲	۲۲	۰	۲۲
۱۴	شیمی دارویی: مواد تأثیر گذار بر DNA	۲	۰	۲	۲۲	۰	۲۲
۱۵	شیمی معدنی زیستی	۲	۰	۲	۲۲	۰	۲۲
۱۶	طراحی مهارکنندگان آنزیمی	۲	۰	۲	۲۲	۰	۲۲
۱۷	مباحثی در کریستالگرافی ماکرومولکولی مقدماتی	۲	۰	۲	۲۲	۰	۲۲
۱۸	مباحثی در کریستالگرافی ماکرومولکولی ۲	۲	۰	۲	۲۲	۰	۲۲
۱۹	اصول و کاربرد میکروسکوپ های الکترونی	۲	۰	۲	۲۲	۰	۲۲
۲۰	مباحث پیشرفته در بیوشیمی	۲	۰	۲	۲۲	۰	۲۲



ردیف	نام درس	تعداد واحد			تعداد ساعات		
		نظری	عملی	جمع	نظری	عملی	جمع
۲۱	روشهای مهندسی ژنتیک	۲	۰	۲	۳۲	۰	۳۲
۲۲	روشهای استخراج و شناسایی ماکرومولکولهای زیستی	۲	۰	۲	۳۲	۰	۳۲
۲۳	طب سنتی جرمی در پزشکی	۲	۰	۲	۳۲	۰	۳۲
۲۴	طراحی محاسباتی دارو	۲	۰	۲	۳۲	۰	۳۲
۲۵	مدل سازی مولکولی	۲	۰	۲	۳۲	۰	۳۲
	جمع کل	۵۰	۰	۵۰	۸۰۰	۰	۸۰۰

- دانشجوی دوره کارشناسی ارشد مجاز به انتخاب تعداد ۱۰ واحد از جدول فوق می باشد.

جدول شماره ۵- لیست دروس تخصصی - اختیاری دوره دکتری بیوشیمی.

ردیف	نام درس	تعداد واحد			تعداد ساعات		
		نظری	عملی	جمع	نظری	عملی	جمع
۱	زیست شناسی گلیکولیپوپروتئینها	۲	۰	۲	۳۲	۰	۳۲
۲	بیوشیمی پیشرفته پروتئینها و اسیدهای نوکلئیک	۲	۰	۲	۳۲	۰	۳۲
۳	مکانیسم عمل آنزیمها	۲	۰	۲	۳۲	۰	۳۲
۴	سمینار ۱	۱	۰	۱	۱۶	۰	۱۶
۵	سمینار ۲	۱	۰	۱	۱۶	۰	۱۶
	جمع کل	۸	۰	۸	۱۲۸	۰	۱۲۸

- دانشجوی دوره دکتری مجاز به انتخاب ۱۴ واحد درسی مجموعاً از دروس مندرج در جداول شماره ۴ و ۵ و به تأیید

استاد راهنمای خود می باشد.

- یا تأیید استاد راهنما، دانشجو (کارشناسی ارشد/ دکتری) می تواند حداکثر ۲ درس اختیاری خود را از دروس ارائه شده

توسط سایر گروههای آموزشی در دانشگاه تهران انتخاب نماید.



فصل سوم: سر فصل دروس
دوره های: کارشناسی ارشد و دکتری
رشته: بیوشیمی



عنوان درس به فارسی: آنزیمولوژی

عنوان درس به انگلیسی: Enzymology

تعداد واحد: ۲

تعداد ساعت: ۳۲

نوع درس: تخصصی

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی عملی: دارد ندارد سفر علمی کارگاه آزمایشگاه سمینار

مقطع: کارشناسی ارشد دکتری کارشناسی ارشد و دکتری

اهداف کلی درس: آشنایی دانشجویان با مکانیسم عمل آنزیم ها و مقایسه کیفی و کمی آنها با کاتالیزورهای شیمیایی، نقش و اهمیت آنزیم ها در تولیدات صنعتی و لزوم مهندسی آنها در این راستا

سرفصل درس:

- مقدمه: آشنایی با آنزیمها با تمرکز بر اهمیت آنها در زندگی بشر با ارائه چند مثال از کاربردها در علوم پزشکی و صنعت
- نامگذاری آنزیم ها
- اساسی مکانیسمهای مورد استفاده در آنزیمها برای افزایش سرعت واکنشها با بهره گیری از واکنش های شیمیایی
- کوفاکتورها و مکانیسم شیمیایی عمل آنها در واکنش های آنزیمی
- ماهیت شیمیایی واکنش های آنزیمی (با ارائه مکانیسم های عمل سرین پروتئازها، سیستین پروتئازها، متالوپروتئازها، آسپارتیک پروتئازها ریبونوکلئاز، گلیکوزیدازها)
- مکانیسم عمل مهارگرهای آنزیمها
- کینتیک واکنشهای درجه ۱ و ۲
- معادله میکائلیس منتن - لاینیور- برک و ادی-هوفستی
- مهارگرهای رقابتی، غیر رقابتی و نارقابتی به همراه ارائه و حل چندین مسئله مربوطه
- تغییر هدفمند ساختار آنزیم ها
- کاربرد تکنولوژی DNA نوترکیب در تولید و مهندسی هدفمند آنزیم ها

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر (بصورت درصد مشخص گردد)	میان ترم (بصورت درصد مشخص گردد)	آزمون نهایی (بصورت درصد مشخص گردد)	پروژه (بصورت درصد مشخص گردد)
30%	—	70% آزمون تئوریک عملکردی	—

فهرست منابع:

1. An Introduction to Enzyme and Coenzyme Chemistry, by T. Bugg, John Wiley 2012
2. Athel Cornish – Bowden, Fundamentals of Enzyme Kinetics, Portland press, 2004.



عنوان درس به فارسی: زیست شناسی مولکولی پیشرفته
عنوان درس به انگلیسی: Advanced Molecular Biology

تعداد واحد: ۲

تعداد ساعت: ۳۲

نوع درس: تخصصی

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی عملی: دارد ندارد سفر علمی کارگاه آزمایشگاه سمینار
مقطع: کارشناسی ارشد دکتری کارشناسی ارشد و دکتری

اهداف کلی درس: ارتقای دانش دانشجویان در زمینه مباحث پیشرفته زیست شناسی مولکولی، دانشجویان با تاریخچه پدیده های زیستی و نحوه کشف آن آشنا شده و سپس مدل های پذیرفته شده در سیستم های پروکاریوتی و یوکاریوتی را به طور مقایسه ای فرامی گیرد.

سرفصل درس:

- تاریخچه و فلسفه زیست شناسی مولکولی، مفهوم ژن، استراتژی های شناسایی ژنهای دخیل در بروز حنقات مورد نظر (ژنتیک کلاسیک و معکوس)
- مقایسه ژنوم و سازماندهی آن در پروکاریوت ها و یوکاریوت ها با ذکر مفهوم اپی ژنتیک در یوکاریوت ها
- همانند سازی DNA و نحوه تنظیم آن در پروکاریوت ها و یوکاریوت ها با تاکید بر سرنوشت تغییرات کروماتینی پس از همانند سازی در یوکاریوت ها
- انواع جهش ها و تعمیر DNA در پروکاریوت ها و یوکاریوت ها، حذف ژنومی و فرایند های زیستی مرتبط با آن، عوامل موثر در ناپایداری ژنومی
- رونویسی و تنظیم بیان ژنها در پروکاریوت ها
- رونویسی و تنظیم بیان ژنها در یوکاریوت ها با تاکید بر مکانیسم های مولکولی تنظیمات پس از رونویسی، پردازش RNA و معرفی انواع پروتئین های تنظیمی متصل شونده به DNA
- ترجمه و تنظیم آن در پروکاریوت ها و یوکاریوت ها
- معرفی و شرح مختصر تکنیک های آزمایشگاهی اصلی به کار رفته در کشف فهم هر کدام از پدیده های ذکر شده در ابتدای هر جلسه

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر (بصورت درصد مشخص گردد)	میان ترم (بصورت درصد مشخص گردد)	آزمون های نهایی (بصورت درصد مشخص گردد)	بروز (بصورت درصد مشخص گردد)
۳۰٪		آزمون های نوشتاری ۸۰٪ عملکردی	



1. Robert F. Weaver, Molecular Biology, latest edition, McGraw Hill; (currently 5th ed. 2012).
2. Bruce Alberts, Molecular Biology of the Cell, latest edition, Garland Science; (currently 6th ed. 2015).



عنوان درس به فارسی: بیوشیمی اسیدهای نوکلئیک
 عنوان درس به انگلیسی: Biochemistry of Nucleic Acids

تعداد واحد: ۲

تعداد ساعت: ۳۲

نوع درس: تخصصی

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی عملی: دارد ندارد سفر علمی کارگاه آزمایشگاه سمینار

مقطع: کارشناسی ارشد دکتری کارشناسی ارشد و دکتری

اهداف کلی درس: آشنایی دانشجویان با چرخش ها، پیوند ها، تنوع ساختاری و بنای فضایی پروتئین ها و اسیدهای نوکلئیک

DNA, RNA

سرفصل درس:

- واحدهای سازنده اسیدهای نوکلئیک، بازهای تغییر یافته، چرخش پیوندها در نوکلئوتیدها
- ساختارهای مجاز و غیر مجاز، نقشه های استریک
- جفت شدن بازها: پیوند های هیدروژنی و Stacking، شناسایی از طریق روشهای بیوشیمیایی و ترمودینامیکی.
- تاثیر شرایط محیطی مانند دما، قدرت یونی، pH و غیره
- آگیری نوکلئوتید ها و اسیدهای نوکلئیک (DNA, RNA)، مدل های شکل گیری آب در تک رشته و دو رشته.
- پلی مرفیسم DNA، انواع ساختارها: A, B, C Triplex, Quadruplexes و غیره
- ساختار سوم DNA: نحوه ایجاد سوپرکویل و سایر تاب خوردگی ها و احتمال ساختار چهارم.
- انواع RNAها، ساختارهای Stem, Loop, Bulge، بازهای تغییر یافته.
- ساختار های اول تا چهارم در RNAها، نحوه تشکیل و تغییراتی که منجر به ایجاد ساختار سوم میشود.
- تخریب اسیدهای نوکلئیک
- نقش دارویی نوکلئوزید ها و antisense



روش ارزیابی:

پروژه	آزمون نهایی	میان ترم	ارزشیابی مستمر
(بصورت درصد مشخص گردد)	(بصورت درصد مشخص گردد)	(بصورت درصد مشخص گردد)	(بصورت درصد مشخص گردد)
۱۰٪	۸۵٪ آزمون نوشتاری	—	۵٪
	عملکردی		

فهرست منابع:

1. Saenger W, Principles of Nucleic Acids Structure, Springer, 1984
2. Cantor CR and Schimmel PR, Biophysical Chemistry. Part 1 Freeman, 1980



عنوان درس به فارسی: ساختار و عملکرد پروتئین ها
 عنوان درس به انگلیسی: Structure and Function of Proteins

تعداد واحد: ۲

تعداد ساعت: ۳۲

نوع درس: تخصصی

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی عملی: دارد ندارد سفر علمی کارگاه آزمایشگاه سمینار
 مقطع: کارشناسی ارشد دکتری کارشناسی ارشد و دکتری

اهداف کلی درس: آشنایی و ارتقاء اطلاعات و فهم دانشجویان در زمینه ساختار و کارکرد پروتئین ها و ارتباط آن با کارکردهای موجود زنده

اهداف رفتاری: ارتقاء اطلاعات دانشجویان جهت انجام تحقیقات و تدریس

سرفصل درس:

- اسیدهای آمینه به عنوان پایه های اساسی ساختار و کارکرد پروتئین ها
- ساختار نوع اول: بند پپتیدی و خصوصیات شیمیایی و فیزیکی آن
- ساختار نوع دوم: ساختارهای هلیکی، ساختارهای β ، ساختار بی شکل (random)
- ساختار نوع سوم: ساختار سه بعدی پروتئین ها، دومین ها و موئیفها
- ساختار نوع چهارم: پروتئین های با چند ساب یونیت
- ساختار و کارکرد پروتئین های قهبری
- ساختار پروتئین های غشایی
- ساختار پروتئین های فعال
- سگائیسیم تاخوردگی پروتئین ها
- پیش بینی ساختار پروتئین ها
- کارکردهای زیستی پروتئین ها
- زیست فناوری پروتئین ها



روش ارزیابی:

پروژه	آزمون نهایی	میان ترم	ارزئنیایی مستمر
(بصورت درصد مشخص گردد)	(بصورت درصد مشخص گردد)	(بصورت درصد مشخص گردد)	(بصورت درصد مشخص گردد)
_____	آزمون نوشتاری ۶۵٪	۳۰٪	۵٪
	عملکردی		

فهرست منابع:

1. Engelbert Buxbaum, Fundamental of Protein Structure and Function, Wiley, 2007.
2. David Whitford, Protein Structure and Function, Wiley, 2005.



عنوان درس به فارسی: کنترل متابولیسم

عنوان درس به انگلیسی: Metabolic Regulation

تعداد واحد: ۲

تعداد ساعت: ۳۳

نوع درس: تخصصی

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی عملی: دارد ندارد سفر علمی کارگاه آزمایشگاه سمینار
مقطع: کارشناسی ارشد دکتری کارشناسی ارشد و دکتری

اهداف کلی درس: آشنایی دانشجویان به مکانیسم های تنظیمی مولکولی مؤثر بر آنزیم های درگیر در پروسه های متابولیکی و تشریح چگونگی عملکرد برخی از مسیرهای سیگنالینگ حیاتی بر پروسه های متابولیکی

سرفصل درس:

- مقدمه ای بر لزوم و اهمیت کنترل و تنظیم متابولیسم در بقاء سلامت بدن
- واکنش های متابولیکی تحت هدایت آنزیم ها (با نگاهی به سینتیک و ترمودینامیک کنترل متابولیسم)
- معرفی مکانیسم های تنظیمی متابولیسم (کنترل های کوتاه و بلند مدت فعالیت آنزیم ها، تأثیر هورمون ها و سیگنال های سلولی، ویژگی بافتها و چگونگی نقل و انتقال مواد از غشاهای)
- مروری بر هضم و جذب روده ای مواد غذایی و متابولیسم لیپوپروتئین ها
- چگونگی هماهنگی سوخت همزمان کربوهیدراتها، چربیها و مواد پروتئینی تحت شرایط متفاوت فیزیولوژیکی بدن (سیری، گرسنگی، تحرک و عدم تحرک) در بافت های ماهیچه ای، کبدی و سلول های خونی
- چگونگی تأثیر پذیری پروسه های متابولیکی از عوامل سیگنالینگ

روش ارزیابی:

پروژه	آزمون نهایی	میان ترم	ارزشیابی مستمر
(بصورت درصد مشخص گردد)	(بصورت درصد مشخص گردد)	(بصورت درصد مشخص گردد)	(بصورت درصد مشخص گردد)
_____	آزمون نوشتاری ۹۰٪	_____	۱۰٪
	عملکردی		

فهرست منابع:

1. Keith N. Frayn, Metabolic Regulation: a Human Perspective, 3rd ed, Wiley-Blackwell, 2010.
2. David M. Gibson and Robert A. Harris, Metabolic Regulation in Mammals, Taylor and Francis, 2003.



عنوان درس به فارسی: ایمونوبیولوژی

عنوان درس به انگلیسی: Immunobiology

تعداد واحد: ۲ واحد

تعداد ساعت: ۳۳ ساعت

نوع درس: تخصصی - اختیاری

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی عملی: دارد ندارد سفر علمی کارگاه آزمایشگاه سمینار

مقطع: کارشناسی ارشد دکتری کارشناسی ارشد و دکتری

اهداف کلی درس: بیان اصول بنیادین اجزا و مکانسیم های کار کرد سیستم ایمنی باناکید بر پاسخ های ایمنی انسان بر علیه عوامل عفونی است.

سرفصل درس:

- مقدمه ای بر ایمونوبیولوژی
- ایمنی ذاتی
- هماتوپوئیسس (خون سازی)
- آنتی ژن
- آنتی بادی و نحوه بلوغ سلول B
- مولکولهای سازگاری نسجی
- گیرنده سلول T و نحوه بلوغ سلول T
- گرفتن و عرضه آنتی ژن توسط سلولهای عرضه کننده آنتی ژن ها
- پاسخهای ایمنی با واسطه سلولی
- پاسخهای ایمنی با واسطه خونی
- تنظیم ایمنی
- بی پاسخی و خود ایمنی



روش ارزیابی:

روزهای مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
	۷۵۰	آزمون های نوشتاری ۷۵۰٪	-
		عملکردی	

فهرست منابع:

1. Janeway's Immunobiology, Edited by K. Murphy, P. Travers and Walport, 2012.
2. Immunology, Edited by Kuby, 2013



عنوان درس به فارسی: ایمونوشیمی

عنوان درس به انگلیسی: Immunochemistry

تعداد واحد: ۲

تعداد ساعت: ۳۲

نوع درس: تخصصی - اختیاری

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی عملی: دارد ندارد سفر علمی کارگاه آزمایشگاه سمینار

قطع: کارشناسی ارشد دکتری کارشناسی ارشد و دکتری

اهداف کلی درس: شرح چگونگی تهیه آنتی ژن و آنتی بادی، تعیین خصوصیات آنتی بادی و کینتیک واکنش آنتی ژن - آنتی بادی و در ادامه اساس روشهای ایمینو اسی صحبت خواهد شد.

سرفصل درس:

- مقدمه در مورد سیستم ایمنی و دسته بندی اندازه گیری های ایمنی
- آنتی ژن و طرز اتصال پروتئین-پروتئین (هپتین به کریز و یا آنزیم به آنتی بادی، فلوروکروم یا رادیواکتیو به آنتی بادی)
- آنتی بادی، طرز تهیه آنتی بادی پلی کلونال و مونوکلونال، نحوه جداسازی و خالص سازی آنتی بادیها و قطعه کردن آنتی بادی و جداسازی قطعات و روشهای جداسازی کمپلکس آنتی ژن آنتی بادی از آنتی ژن یا آنتی بادی آزاد
- واکنش و کینتیک آنتی ژن - آنتی بادی
- انواع روشهای اندازه گیری ایمنی در محیط مایع، ژل و یا با استفاده از آنتی بادی اتصال یافته
- (آگلوتیناسیون، رسوب، RIA، ELISA، PCR ELISA، ELISpot، Dot ELISA، Western blotting، کیمیلولومینسانس)
- ایمنو هیستو کیمیتری
- ایمنوسیتو کیمیتری

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر (بصورت درصد مشخص گردد)	میان ترم (بصورت درصد مشخص گردد)	آزمون نهایی (بصورت درصد مشخص گردد)	پروژه (بصورت درصد مشخص گردد)
۱۰٪	—	۹۰٪ آزمون نوشتاری عملکردی	—

فهرست منابع:

1. Principles and practice of immunoassay, Edited by C.P. Price, D.J. Newman, 1997.
2. Immunochemical protocols, Edited by R. Brun, 2005.
3. Immunochemistry, Edited by D. M. Weir, 1986.



عنوان درس به فارسی: بیوشیمی سیستم عصبی
 عنوان درس به انگلیسی: Biochemistry of Neuronal System

تعداد واحد: ۲ واحد

تعداد ساعت: ۳۲ ساعت

نوع درس: تخصصی - اختیاری

نوع واحد: نظری

پیشنبار: -

آموزش تکمیلی عملی: دارد ندارد سفر علمی کارگاه آزمایشگاه سمینار
 مقطع: کارشناسی ارشد دکتری کارشناسی ارشد و دکتری

اهداف کلی درس ارتقاء دانش و فهم دانشجویان در زمینه سلولهای نرون و گلیا، ساختار سلولی و عملکرد آن و همچنین تأثیر مکانیسمهای سیستم عصبی در رفتار موجودات

سرفصل درس:

- آناتومی مغز و اعصاب: سیستم لیمبیک-گور تکس- نخاع- اعصاب محیطی
- ساختار سلولی سیستم عصبی: ساختار سلولهای نرون و عملکرد آن - ساختار سلولهای گلیا و عملکرد آن
- عملکرد غشاهای نرونی یا عمل action potential تحریک الکتریکی غشاء Excitation- اتصال یون و عملکرد یونیهای سدیم پتاسیم
- سیناپس و عملکرد آن در نرونهای مختلف: نحوه اتصال مواد شیمیایی - مکانیسم اتصال دهنده استیل کولین و استیل کولین استراز
- مکانیسم اتصال دهنده گامکول آمینها، دوپامین، سراتونین ... - اتصال دهنده های اسید آمینه ای - پروستوگالاندین ها
- متابولیسم سلولهای عصبی: متابولیسم کربوهیدرات، متابولیسم اسیدهای آمینه، متابولیسم لیپیدهای مغز، متابولیسم پروتئین، نقش اتصال دهنده استروئیدها
- سیستم عصبی PNS: تشریح عصب و گیرنده های لامسه - تشریح عصب و گیرنده های بینایی، تشریح عصب و گیرنده های چشمی،
- تشریح عصب و گیرنده های شنوایی، تشریح عصب و گیرنده های بویایی، بیماریها یا معرفی شبکه های عصبی هوشمند Neural Network
- بیماریها: الزایمر - پارکینسون - MS - صرع سموم عصبی

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
۷۱۰	۷۱۰	آزمون های نوشتاری ۸۰٪ عملکردی	

فهرست منابع

- 1- Dale Purves, George J, Augustine, Neuroscience, Sinauer Associate Inc, 2004.
- 2- Eric R. Kandel, Principal of Neural Science, 5th ed. Mac Grow Hill, 2013.



عنوان درس به فارسی: بیوشیمی شبکه‌های شناختی

عنوان درس به انگلیسی: Biochemistry of Cognitive Networks

تعداد واحد ۲

تعداد ساعت: ۳۲

نوع درس: تخصصی- اختیاری

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: -

آموزش تکمیلی عملی: دارد ندارد سفر علمی کارگاه آزمایشگاه سمینار

قطع: کارشناسی ارشد دکتری کارشناسی ارشد و دکتری

اهداف کلی درس: ارتقا سطح اطلاعات دانشجویان در برهم کنش معنی دار عوامل بیوشیمیایی مانند پروتئین‌ها، متابولیتها و میدارهای حاصل از فعالیت آنها در ایجاد یک شبکه هوشمند در مغز.

سرفصل درس:

- آناتومی و مختصات اعضا درون مغز CNS: هیپوکمپوس، آمیگدالا، کورتکس و ساقه مغزی
- ارتباطات درون مغزی: سلولهای گلیا، سلولهای نورون - طرق ارتباطی: اکسون، دندریت، غشا
- عوامل ارتباط دهنده بیوشیمیایی: نوروترانسمیترها (استیل کولین، گلوتامات، گلايسين، گابا، دوپامين، سروتونين، ملانوتين و پپتیدها)
- عوامل نوروپروتکتیو: پپتیدهای کوتاه، انسولین - عوامل فیزیکی ارتباط دهنده: میدان الکتریکی، میدان مغناطیسی
- رفتارهای ناشی از ارتباطات مغزی: رفتارهای عادی با نرمال، رفتارهای بیماری
- عوامل محیطی ارتباطات: بینایی، شنوایی، لامسه، بویایی، چشایی - معرفی شبکه‌های عصبی هوشمند Neural Network در مغز
- بیماریها: آلزایمر، پارکینسون، MS، صرع، سموم عصبی، اختلال در تنظیم متابولیسم: اسیدهای آمینه، لیپیدها، ویتامینها و نقش آنها در سلامت اعصاب

روش ارزیابی:

ارزیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	بروز
۵٪	۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۷۵٪	-
		عملکردی	

فهرست منابع:

- 1- Edmund T. Rolls and Alexandro Trevis, Neural Network and Brain Function, 4th ed. MTT Press, 2009.
- 2- Sangeetha Menon Brain, Self and Consciousness, Springer, 2014.



عنوان درس به فارسی: بیوشیمی علائم سلولی

عنوان درس به انگلیسی: Cell Signaling Biochemistry

تعداد واحد: ۲

تعداد ساعت: ۳۲

نوع درس: تخصصی - اختیاری

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی عملی: دارد ندارد سفر علمی کارگاه آزمایشگاه سمینار

مقطع: کارشناسی ارشد دکتری کارشناسی ارشد و دکتری

اهداف کلی درس:

شرح خصوصیات ساختمانی و بیوشیمیایی علائم سلولی و تنظیمشان است. ابزارهایی که سلول در انتقال پیام استفاده می کند و به اساس تشکیلات پیام رسانی و اثر متقابل مسیرهای پیام رسانی بر هم خواهیم پرداخت.

مرفصل درس:

- مروری بر مکانیسم های علامت دهی سلولی
- پیام رسانی گی و کجا و چگونه انجام می شود
- اجزای مسیرهای پیام رسانی
- خصوصیات پروتئینها و کمپلکسهای پیامرسان
- انواع مدیفیکاسیون های پس از ترجمه ای و مکانیسم های اثر آن در انتقال پیام
- مسیرهای پیام رسانی داخل سلولی و میانگش بین مسیرهای پیام رسانی
- تنظیم مسیرهای پیام رسانی
- سازماندهی فضایی و زمانی مسیرهای پیام رسانی
- گیرنده های درگیر در علامت دهی سلولی
- گیرنده های داخل سلولی (structure/function)
- گیرنده های سطح سلولی (structure/function)
- G-protein –coupled receptor
- Receptors with Tyrosine- specific protein kinase activity
- Receptor with Ser/Thr-specific protein kinases activity
- protein phosphataes
- Ligand gated ion channel receptor
- پیامبر های ثانویه
- cAMP
- Calcium
- Lipophilic
- Reactive Oxygen Species & Reactive Nitrogen Species
- علامت دهی و تنظیم مسیر مکانیستیک Tor در سنتز و تخریب پروتئین ها
- مروری بر مندهای استفاده شده در مطالعات علامت دهی سلولی



روش ارزیابی:

پروژه (بصورت درصد مشخص گردد)	آزمون نهایی (بصورت درصد مشخص گردد)	میان ترم (بصورت درصد مشخص گردد)	ارزشیابی مستمر (بصورت درصد مشخص گردد)
۲۰٪	۸۰٪ آزمون نوشتاری	_____	_____
	عملکردی		

فهرست منابع:

1. Cell Signaling Biology, Edited by Michael J. Berridge 2014
2. Biochemistry of Signal Transduction and Regulation 5th Edition, Edited by G. Krauss 2014



عنوان درس: بیوشیمی غشاء

عنوان درس به انگلیسی: Membrane Biochemistry

تعداد واحد: ۲

تعداد ساعت: ۲۲

نوع درس: تخصصی - اختیاری

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی عملی: دارد ندارد سفر علمی کارگاه آزمایشگاه سمینار

مقطع: کارشناسی ارشد دکتری کارشناسی ارشد و دکتری

اهداف کلی درس: هدف از این درس عبارت است از آشنایی و درک بهتر دانشجویان از مهمترین و اساسی ترین سازمان بیولوژیکی یعنی غشاء سلول، ساختمانهای لیپیدی و پروتئینی غشاء، اعمال مختلف و ارتباطات داخلی و خارجی غشاءها.

سرفصل درس:

- مقدمه، اعمال غشاء، خصوصیات مشترک غشاءها
- ساختمان لیپیدی غشاء
- رفتار فسفولیپیدها و گلیکولیپیدها در آب، حرکات فسفولیپیدها در غشاء، سیالیت غشاء
- پروتئینهای غشاء و چگونگی قرار گرفتن آنها در غشاء، حرکات پروتئینها در غشاء
- مطالعه پروتئین های غشاء با استفاده از دترژانت ها
- غشاء گلیکول قرمز و اتصال سیتواسکلتون غشاء
- سیتواسکلتون سلول
- بیوسنتز فسفولیپیدها و بیوسنتز پروتئین های غشاء
- انواع اتصالات سلولی و ارتباطات بین آنها
- انواع ترانسپورت در غشاءهای سلولی، کانال ها و پمپ های غشاء
- مکانیزم عملکردی انتقال وزیکولی



روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر (بصورت درصد مشخص گردد)	میان ترم (بصورت درصد مشخص گردد)	آزمون های نهایی (بصورت درصد مشخص گردد)	پروژه (بصورت درصد مشخص گردد)
۱۵	۱۰	آزمون نوشتاری ۶۰ عملکردی	۲۵

فهرست منابع:

- 1- Harvey Lodish, et al., Molecular Cell Biology, 6th ed. Freeman Company, 2008.
- 2- Stillwell W., An Introduction to Biological membrane: From Bilayers to Rafts, Elsevier, 2013.



عنوان درس به فارسی: کروماتین و اپی ژنتیک
عنوان درس به انگلیسی: Chromatin and epigenetics

تعداد واحد: ۲

تعداد ساعت: ۳۲

نوع درس: تخصصی - اختیاری

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی عملی: دارد ندارد سفر علمی کارگاه آزمایشگاه سمینار

مقطع: کارشناسی ارشد دکتری کارشناسی ارشد و دکتری

اهداف کلی درس: شناخت ترکیبات ماده ژنتیکی اعم از سطوح ساختاری و عملکرد آن در رونویسی و همانندسازی

سرفصل درس:

- اجزاء تشکیل دهنده کروماتین
- ساختار پروتئین های هیستونی ، سوتیف های اتصالی، واریان ها، شبه هیستون ها.
- میالکنش هیستون ها با DNA- ساختار کروماتین در سطوح مختلف تا تشکیل کروموزوم . مدل های پیشنهادی.
- کروماتین فعال و غیر فعال، تفاوت ساختار و عملکرد، HPs, Noncoding RNA, Polycombs, SiRNA
- ساختار کروموزوم، سانترومر، تلومر و...
- اپی ژنتیک: تعریف، تغییرات شیمیائی هیستون ها: استیلاسیون، فسفریلاسیون، متیلاسیون، بیبیکوتیلئیشن، متیلاسیون DNA, miRNA, و...
- رونویسی و کروماتین -تغییرات اپی ژنتیک، Remodeling factors و سایر عوامل، مدل های پیشنهادی و کنترل آن.
- همانند سازی کروماتین: توزیع نوکلئوزومها، نحوه عملکرد و عوامل موثر در این فرآیند.
- تجمع هیستون ها (Histone Assembly) هنگام همانند سازی و رونویسی، انتقال هیستون ها به هسته.
- تعمیر DNA و کروماتین.
- کروماتین، سیگنالینگ و سرطان.
- سمینار و بحث مقالات



روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	بروز
۷۰٪	۱۰٪	آزمون های نوشتاری ۷۰٪ عملکردی	۱۰٪

فهرست منابع: اساسا از مقالات استفاده می شود.

1. Workman TL and Abmayr SM, Fundamentals of Chromatin, Springer, 2014.
2. Allis CD et al, Epigenetics, CSHL press Europe, 2015



عنوان درس به فارسی: پروتئومیکس

عنوان درس به انگلیسی: Proteomics

تعداد واحد: ۲

تعداد ساعت: ۲۲

نوع درس: تخصصی - اختیاری

نوع واحد: نظری

پیشیاز: ندارد

آموزش تکمیلی عملی: دارد ندارد سفر علمی کارگاه آزمایشگاه سمینار

مقطع: کارشناسی ارشد دکتری کارشناسی ارشد و دکتری

اهداف کلی درس: آشنایی دانشجویان با کاربرد اسپکترومترهای جرمی بیشترفته در تعیین ساختار و عملکرد پروتئین ها

سرفصل درس:

مقدمه: شامل تعاریف، تاریخچه و اهمیت پروتئومیکس و مقایسه آن با ژنومیک و ترنسکریپتومیک و عوامل موثر بر تنوع پروتئوم بخش اول: پروتئومیکس وابسته به طیف ستج جرمی

• مراحل انجام پروژه های پروتئومیکس

• الکتروفورز دو بعدی - بعد اول: ایزوالکتریک فوکوسینگ - بعد دوم: SDS-PAGE

• روشهای رنگ آمیزی پروتئین ها در پروتئومیکس

• ژل الکتروفورز تفاضلی

• آنالیز تصاویر ژلهای دو بعدی

• بخش پروتئینهای داخل ژل و جداسازی پپتیدها

• آشنایی با اسپکترومترهای جرمی مورد استفاده در پروتئومیکس: MALDI-TOF، ESI-MS، ESI-Tandem mass

• روشهای جداسازی پپتیدها و پروتئین ها با استفاده از HPLC در مطالعات پروتئومیکس

• کروماتوگرافی چند بعدی MudPIT

• شناسایی پروتئینها: Peptide Mass Fingerprinting - تعیین سکانس پپتیدها با استفاده از اسپکترومترهای جرمی متوالی (Tandem MS)

• مطالعه تغییرات فرا ترجمه ای پروتئینها با استفاده از اسپکترومتر جرمی

• اسپکترومتر جرمی بافتها

• اسپکترومتر جرمی SELDI

• روش (ICAT) و کاربرد آن در پروتئومیکس عملکردی و پروتئومیکس آنالیتیک

بخش دوم: پروتئومیکس مستقل از طیف ستج جرمی

• استفاده از کروماتوگرافی تمایلی (Affinity) در یافتن میانگنشیهای جدید پروتئین ها

• Yeast-Two-Hybrid system

• Phage Display Technology

• ریز آرایه های DNA (DNA microarray)

• ریز آرایه های پروتئینی و پپتیدی

• Self-Assembling Protein Microarrays



روش ارزیابی:

پروژه (بصورت درصد مشخص گردد)	آزمون نهایی (بصورت درصد مشخص گردد)	میان ترم (بصورت درصد مشخص گردد)	ارزشیابی مستمر (بصورت درصد مشخص گردد)
————	۷۰٪ آزمون نوشتاری عملکردی	————	۲۰٪

فهرست منابع:

1. Introduction to proteomics by D. Libler, (2002)
2. Principals of proteomics (R. Twyman), (2013)
3. Methods in protein biochemistry H. Tschesche (2012)
4. Current protocols in protein science G. P. Taylor (2016)
5. Protein-Protein Interactions: A Molecular Cloning Manual, Second Edition by E. Golemis and P. D. Adams (2005)



عنوان درس به فارسی: ساختار و عملکرد پروتئین ها در سلامت و بیماری

عنوان درس به انگلیسی: Structural and functional studies of proteins involved in health and disease

تعداد واحد: ۲

تعداد ساعت: ۳۲

نوع درس: تخصصی - اختیاری

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی عملی: دارد ندارد سفر علمی کارگاه آزمایشگاه سمینار

مقطع: کارشناسی ارشد دکتری کارشناسی ارشد و دکتری

اهداف کلی درس: آشنائی با ساختار و عملکرد پروتئین هایی که در سلامت و بیماری نقش دارند. همچنین شناخت و استفاده از سایتها و نرم افزارهای مفیدی که برای بررسی و تحلیل توالی و ساختار و عملکرد پروتئین ها می باشند.

سرفصل درس:

- مقدمه ای در مورد آمینو اسیدها و اهمیت Post translational modifications پروتئین ها

- ساختار پروتئین ها (Protein structure): از ساختار Primary تا ساختار Quaternary

- عملکرد پروتئین ها (Protein function): پروتئینهای مختلف با عملکردهای مختلف

- نگاهی به ساختار و عملکرد پروتئین ها در:

- تغذیه و سلامت

- اسرأض انسانی از طریق باکتری *Shigella flexneri*

- اسرأض انسانی از طریق باکتری *Listeria monocytogenes*

- اسرأض گیاهی از طریق باکتری *Bacillus subtilis*

- بیوسنتز ویتامین B12

- رگسازی و عصبسازی (Angiogenesis and neurogenesis)

- مبنای تکنیک کریستالوگرافی ماکرومولکولی (X-ray Crystallography)

- سایتها و نرم افزارهای مورد استفاده برای بررسی و تحلیل توالی و ساختار و عملکرد پروتئین ها

(NCBI, Expasy and EBI)

- بانک اطلاعاتی پروتئین و نرم افزارهای تحلیل ساختار (Protein Data Bank and Pymol)

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر (بصورت درصد مشخص گردد)	میان نرم (بصورت درصد مشخص گردد)	آزمون های نهایی (بصورت درصد مشخص گردد)	پروژه (بصورت درصد مشخص گردد)
۱۵٪	-	آزمون های نوشتاری ۸۰٪ عملکردی	۱۵٪



1. Arthur M. Lesk, Introduction to Protein Science, Architecture, Function and Genomics 2nd ed. Oxford University Press, 2010.



عنوان درس به فارسی: چایرون ها

عنوان درس به انگلیسی: Chaperones

تعداد واحد: ۲ واحد

تعداد ساعات: ۳۲ ساعت

نوع درس: تخصصی - اختیاری

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی عملی: دارد ندارد سفر علمی کارگاه آزمایشگاه سمینار

مقطع: کارشناسی ارشد دکتری کارشناسی ارشد و دکتری

اهداف کلی درس: آشنایی با نقش اصلی چایرون‌ها از نظر ساختار، دخالت در folding، انتقال، تجمع (Assembly)، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک.

سرفصل درس:

- تعریف و مقدهای بر سنتز پروتئین‌ها و Quality control.
- مکانیسم‌های تاخوردگی پروتئین‌ها.
- انواع (طبقه بندی) و تعریف خصوصیات چایرون‌ها در پروکاریوت‌ها و یوکاریوت‌ها.
- پروتئین‌های شوک حرارتی - انواع، ساختار، مکانیسم عمل در Folding پروتئین‌ها.
- چایرون‌های کوچک (Co-chaperones) و نقش آنها.
- چایرون‌های سیتوسولی (غیر از موارد فوق) و خارج سلولی.
- چایرون‌های ER و تاخوردگی گلیکو پروتئین‌ها Calnexin و...
- نقش چایرون‌ها در تجمع و انتقال پروتئین‌ها. چایرون‌های هسته‌ای
- چایرون‌های اسیدهای نوکلئیک
- نقش چایرون‌ها در بیماری‌ها، مرگ برنامه ریزی شده سلول، Signal transduction و غیره
- کانالیست‌های Folding مانند PDI, PPI
- چایرون‌های شیمیایی و Pharmacochaperones



روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
۷۰٪		آزمون‌های نوشتاری ۸۰٪	۱۰٪
		عملکردی	

فهرست منابع: اکثرا از مقالات استفاده می‌شود.

1. Jackson S, Molecular Chaperones, Springer 2013.
2. Macario AJL, et al., The chaperonopathies, Springer, 2013.



عنوان درس به فارسی: روشهای نو ترکیبی DNA
عنوان درس به انگلیسی: Recombinant DNA methods

تعداد واحد: ۲

تعداد ساعت: ۳۲

نوع درس: تخصصی - اختیاری

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی عملی: دارد ندارد سفر علمی کارگاه آزمایشگاه سمینار
مقطع: کارشناسی ارشد دکتری کارشناسی ارشد و دکتری

اهداف کلی درس: آشنایی دانشجویان با روشهای جدید بیولوژی مولکولی در ارتباط با تخلیص، ایجاد تفریبات، و قرار دادن DNA در حاملین مختلف جهت انتقال به یاخته ها و بیان DNA های هدف.

سرفصل درس:

- روشهای مختلف جداسازی DNA حاوی قطعات مورد نظر نو ترکیبی، تکنیک Southern Blot و تکنیک PCR
- حاملین (Vectors) (تعریف، روشهای جداسازی و نگهداری، پلاسمیدها، ویروس لامبدا، Cosmids، فازهای یک رشته ای، ویروسهای جانوری و گیاهی)
- آنزیم های مورد استفاده، آنزیمهای محدود کننده، سایر آنزیم ها
- تهیه دستواره ها (Probes) و کاربرد آنها
- جداسازی mRNA، ساختن cDNA و تکنیک های Northern Blot، Western blot و Microarray
- اتصال DNA به حامل
- ورود حاملین به یاخته های میزبان
- روشهای شناسایی یاخته های نو ترکیب (R-Mapping, PCR)
- روشهای بیان ژن های خارجی در میزبانهای مختلف غیر از باکتری E.coli
- ورود و بیان ژنهای خارجی در میزبان یوکاریوتی (خمیر و غیره)
- ورود و بیان ژنهای خارجی در یاخته های گیاهی: چند مثال از استفاده از روشهای فوق، نگاهی به آینده

روش ارزیابی:

ارزیابی مستمر (بصورت درصد مشخص گردد)	میان ترم (بصورت درصد مشخص گردد)	آزمون نهایی (بصورت درصد مشخص گردد)	پروژه (بصورت درصد مشخص گردد)
۱۰٪	—	۹۰٪ آزمون نوشتاری عملکردی	—

منابع:

1. Karl Drlica, Understanding DNA and Gene Cloning: A Guide for the Curious, 4th Ed, Wiley and sons, 2006.
2. Dominic W. S. Wong, the ABCs of Gene Cloning, 2nd ed., Springer, 2006.



عنوان درس به فارسی: زیست شیمی پپتیدها

عنوان درس به انگلیسی: Chemical Biology of Peptides

تعداد واحد: ۲

تعداد ساعت: ۳۲

نوع درس: تخصصی - اختیاری

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی عملی: دارد ندارد سفر علمی کارگاه آزمایشگاه سمینار
مقطع: کارشناسی ارشد دکتری کارشناسی ارشد و دکتری

اهداف کلی درس: آموزش مباحث بنیادین و کاربردی در علوم پپتید و شبه پپتیدها

سرفصل درس:

- مقدمه ای بر ساختار و عملکرد پپتیدها
- سنتز ترکیبی پپتیدها
- تعیین توالی پپتیدها با استفاده از طیف سنجی جرمی
- مقدمه ای بر شیمی کلیک و کاربردهای آن در زیست شناسی
- ساختار و عملکرد گلیکوپپتیدها، لیپو پپتیدها و بگلیوپپتیدها
- شبه پپتیدها: مقدمه، ساختار و عملکرد
- ناب پارهای (فولدامرهای) پپتیدی

روش ارزیابی:

ارزشیان مستمر (بصورت درصد مشخص گردد)	میان ترم (بصورت درصد مشخص گردد)	آزمون نهایی (بصورت درصد مشخص گردد)	هفته (بصورت درصد مشخص گردد)
۱۰٪	_____	آزمون نوشتاری ۹۰٪ عملکردی	_____

فهرست منابع:

1. Andrew B. Hughes, Amino Acids, Peptides and Proteins in Organic Chemistry, Volume 1-5, Wiley- VCH Press, 2009-2012.



عنوان درس به فارسی: سنتز شیمیایی زیست شناسی
عنوان درس به انگلیسی: Chemical Synthetic Biology

تعداد واحد: ۲

تعداد ساعت: ۳۳

نوع درس: تخصصی - اختیاری

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی عملی: دارد ندارد سفر علمی کارگاه آزمایشگاه سمینار
مقطع: کارشناسی ارشد دکتری کارشناسی ارشد و دکتری

اهداف کلی درس: آشنایی با ملزومات زیست شیمیایی اولیه و کلیدی در طراحی و ساخت اجزا و سیستمهای طبیعی و جدید سنتز شده در آزمایشگاه حاوی حداقل شرایط حیات بر پایه مطالعات بیوشیمیایی و بیوفیزیکی

سرفصل درس:

- بررسی شیمی آغازین و علل هموکابریلیتی در ماکرومولکول های زیستی
- مطالعه خودسامانی (self-assembly) و خود جایگزین گری (self-replication) در سیستم های زیستی
- مدل های زیست بر پایه وزیکول های
- طراحی و ساخت ریپونوکلئیک اسیدها و پروتئین ها با زیر واحدهای غیر طبیعی
- طراحی و مطالعه مسیرهای منتج به سیستم های با حداقل شرایط حیات
- سواژین اخلاقی در سنتز شیمیایی زیست شناسی

روش ارزیابی:

پروژه	آزمون نهایی	میان ترم	ارزشیابی مستمر
(بصورت درصد مشخص گردد)	(بصورت درصد مشخص گردد)	(بصورت درصد مشخص گردد)	(بصورت درصد مشخص گردد)
۲۰٪	آزمون نوشتاری ۷۰٪ عملکردی	—	۱۰٪

فهرست منابع:

1. Pier L. Luisi and Cristiano Chiarabelli, Chemical Synthetic Biology, Wiley-VCH Press, 2011.



عنوان درس به فارسی: شیمی دارویی: مواد تأثیر گذار بر DNA

عنوان درس به انگلیسی: Medicinal Chemistry: DNA Targeting Drugs

تعداد واحد: ۲

تعداد ساعت: ۳۲

نوع درس: تخصصی- اختیاری

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی عملی: دارد ندارد سفر علمی کارگاه آزمایشگاه سمینار

مقطع: کارشناسی ارشد دکتری کارشناسی ارشد و دکتری

اهداف کلی درس: بیان روند تکاملی استراتژی های یکاررفته در طراحی داروهای مدرن علیه نوکلئیک اسیدها

سرفصل درس:

- مقدمه: بررسی روند تکاملی طراحی و ارزیابی داروهای موثر بر نوکلئیک اسیدها
- بررسی روش های رایج مطالعه مکاتبات داروها با نوکلئیک اسیدها
- بررسی داروهای intercalating و تأثیرات "ضد رشدی" آنها
- بررسی استراتژی های جدید تولید داروها از خانواده mustard ها.
- بررسی و مطالعه داروها از خانواده cross-linker ها به عنوان عوامل ضدسرطان
- بررسی طرز کار آنتی بیوتیک های ضدنوکلئیک اسیدها از خانواده enediyene ها.
- بررسی و مطالعه روند تکاملی داروهای هوشمند ضد نوکلئیک اسیدها با توانایی برش (ها) در DNA
- استراتژیهای مدرن تولید آنزیم های مصنوعی جهت مقابله با تکثیر نوکلئیک اسیدها
- بررسی استراتژی های مدرن تولید فاکتورهای رونویسی مصنوعی جهت مقابله با تکثیر نوکلئیک اسیدها.
- سروری بر روش های مدرن متکی به si RNA و Micro RNA ها (Mirs)

روش ارزیابی:

پروژه	آزمون نهایی	میان ترم	ارزشیابی مستمر
(بصورت درصد مشخص گردد)	(بصورت درصد مشخص گردد)	(بصورت درصد مشخص گردد)	(بصورت درصد مشخص گردد)
_____	آزمون نوشتاری ۹۰٪ عملکردی	_____	۱۰٪

فهرست منابع:

1. Robert E. Smith, Medicinal Chemistry-Fusion of Traditional and Western Medicine: pp 452-468, 2nd Ed, Betham Science, 2014.
2. David Klusmann, The aptamer Handbook: Functional Oligonucleotides and their Applications, Wiley-VCH, 2006 .



عنوان درس به فارسی: شیمی معدنی زیستی
عنوان درس به انگلیسی: Bioinorganic Chemistry

تعداد واحد: ۲

تعداد ساعت: ۳۲

نوع درس: تخصصی - اختیاری

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی عملی: دارد ندارد سفر علمی کارگاه آزمایشگاه سمینار

مقطع: کارشناسی ارشد دکتری کارشناسی ارشد و دکتری

اهداف کلی درس: آموزش اصول بنیادی در شیمی معدنی زیستی و مطالعه ساختار و عملکرد متالوپروتئین ها، فلزاتاب پارها (metallofoldamer) و بررسی نقش فلزات در سلامت و بیماری

سرفصل درس:

- مقدمه ای بر شیمی معدنی
- شیمی متالوپروتئین ها (شیمی پروتئین فلزها)
- فلزاتاب پارها
- کوئوردیناسیون یونهای فلزی
- فلزات در سلامت و بیماری

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر (بصورت درصد مشخص گردد)	میان ترم (بصورت درصد مشخص گردد)	آزمون نهایی (بصورت درصد مشخص گردد)	پروژه* (بصورت درصد مشخص گردد)
۱۰٪	_____	آزمون نوشتاری ۹۰٪ عملکردی	_____

فهرست منابع:

1. Gerard Jaouen, Bioorganometallics, John Wiley Press, 2006.
2. Games C. Dabrowiak, Metals in Medicine, John Wiley Press, 2013.



عنوان درس به فارسی: طراحی مهارکنندگان آنزیمی
عنوان درس به انگلیسی: Design of Enzyme Inhibitors

تعداد واحد: ۲

تعداد ساعت: ۳۶

نوع درس: تخصصی - اختیاری

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی عملی: دارد ندارد سفر علمی کارگاه آزمایشگاه سمینار

مقطع: کارشناسی ارشد دکتری کارشناسی ارشد و دکتری

اهداف کلی درس: آشنایی دانشجویان به اصول استراتژیهای رایج در طراحی مهارکنندگان آنزیمی بویژه از دیدگاه کاربردی در صنایع دارویی، پزشکی و کشاورزی

سرفصل درس:

- مقدمه: مروری بر اهمیت طراحی مهارکنندگان آنزیمی در صنایع مختلف
- استراتژیهای موجود طراحی مهارکنندگان آنزیمی و تقسیم بندی آنها
- طراحی شبه سوستراها (Affinity reagents) بعنوان مهارکنندگان آنزیمی
- طراحی شبه سوستراهای فعال شیمیایی و حساس به فوتون بعنوان مهارکنندگان برگشت ناپذیر آنزیمها
- طراحی شبه سوستراهای ترکیبی (Multisubstrate analogus)
- طراحی مهارکنندگان شبه حالت (لات) گذار (Transition state analogue)
- طراحی مهارکنندگان آنزیمی بر مبنای مکانیسم عمل آنزیم ها: تنوع و کارایی

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر (بصورت درصد مشخص گردد)	میان ترم (بصورت درصد مشخص گردد)	آزمون نهایی (بصورت درصد مشخص گردد)	پروژه (بصورت درصد مشخص گردد)
۲۰٪	—	آزمون نوشتاری ۸۰٪ عملکردی	—

فهرست منابع:

1. Hsiu-Chung Yang, et al. Enzyme Technologies: Pluripotent Players in Discovering Therapeutic Agents. John Wiley and Sons, 2014.
2. Robert A. Copeland, Evaluation of Enzyme Inhibitors in Drug-Discovery: A guide for Medicinal Chemists and Pharmacologists, 2nd ed. John Wiley and Sons Inc 2013.



عنوان درس به فارسی: مباحثی در کریستالگرافی ماکرومولکولی مقدماتی

عنوان درس به انگلیسی: Introductory Macromolecular X-ray Crystallography

تعداد واحد: ۲

تعداد ساعت: ۳۲

نوع درس: تخصصی-اختیاری

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی عملی: دارد ندارد سفر علمی کارگاه آزمایشگاه سمینار

مقطع: کارشناسی ارشد دکتری کارشناسی ارشد و دکتری

اهداف کلی درس: مقدمه ای برای آشنایی با تکنیک کریستالگرافی ماکرومولکولی و مراحل لازم برای بدست آوردن ساختار سه بعدی پروتئینی از شروع یعنی بیان و خالص سازی پروتئین ها تا پایان یعنی وارد نمودن ساختار پروتئینی در بانک اطلاعاتی پروتئین.

سرفصل درس:

- مقدمه ای در مورد تکنیک کریستالگرافی ماکرومولکولی
- بیان و خالص سازی پروتئین ها برای کریستالگرافی
- روش های مختلف کریستال کردن پروتئین ها
- آماده سازی کریستالهای پروتئینی برای کریستالگرافی
- منابع و آشکار سازها برای جمع آوری اطلاعات
- تفرق و تقارن در کریستالگرافی ماکرومولکولی (diffraction and symmetry)
- جمع آوری و پردازش اطلاعات
- مقدمه ای در مورد phasing and the phase problem
- آشنایی با نرم افزارهای لازم برای جمع آوری و بررسی و بالایش اطلاعات بدست آمده: Mosflm, Scala, Phaser, Molrep, Refmac5 and Coot
- تأیید و ارائه ساختار پروتئینی در بانک اطلاعاتی پروتئین (Protein Data Bank)

روش ارزیابی:

پروژه	آزمون های نهایی	میان ترم	ارزشیابی مستمر
(بصورت درصد مشخص گردد)	(بصورت درصد مشخص گردد)	(بصورت درصد مشخص گردد)	(بصورت درصد مشخص گردد)
-	آزمون های نوشتاری ۹۰٪	۵٪	۱۵٪
	عملکردی		

فهرست منابع:

1. David Blow, Outline of Crystallography for Biologists, Oxford University Press, First Published, 2002 reprinted 2010.
2. Gale Rhodes, Crystallography Made Crystal Clear, 3rd ed. Academic Press, 2006.



عنوان درس به فارسی: مباحثی در کریستالوگرافی ماکرومولکولی ۲
 عنوان درس به انگلیسی: Macromolecular X-ray Crystallography 2

تعداد واحد: ۲

تعداد ساعت: ۴۲

نوع درس: تخصصی - اختیاری

نوع واحد: نظری

پیش‌نیاز: مباحثی در کریستالوگرافی ماکرومولکولی مقدماتی

آموزش تکمیلی عملی: دارد ندارد سفر علمی کارگاه آزمایشگاه سمینار
 مقطع: کارشناسی ارشد دکتری کارشناسی ارشد و دکتری

اهداف کلی درس: پس از آشنائی مقدماتی با تکنیک کریستالوگرافی ماکرومولکولی و تمام مراحل لازم برای بدست آوردن ساختار سه بعدی پروتئین ها از شروع یعنی بیان و خالص سازی پروتئین ها تا پایان یعنی وارد نمودن ساختار پروتئینی در بانک اطلاعاتی پروتئین در درس "مباحثی در کریستالوگرافی ماکرومولکولی مقدماتی" که پیش‌نیاز می باشد، در این درس به جزئیات بیشتر و آشنائی با برنامه های لازم برای process کردن data، بررسی کامل آن و به دست آوردن ساختار نهائی خواهیم پرداخت. این درس جزئیات لازم را برای فردی که می خواهد کریستالوگرافی را عملی کند تعریف می کند.
 سرفصل درس:

- مروری از درس "مباحثی در کریستالوگرافی ماکرومولکولی مقدماتی"
 - برآش اشعه ایکس توسط بلور پروتئینی و آشنائی با برنامه Mosfilm
 - سپس بررسی اطلاعات از طریق برنامه های Scala, Pointless, Mathews
 - روشهای بدست آوردن ساختار پروتئینی MR, IR, MIR
 - متالی از روشهای بدست آوردن ساختار پروتئینی و روش کاربردی آن با استفاده از برنامه های Phaser و Molrep
 - نقشه چگالی الکترونی و روشهای بررسی و تأیید درست یا غلط بودن آن از طریق برنامه Coot
 - پالایش ساختاری با استفاده از برنامه CCP4 Refmac
 - دقت مدل نهائی از طریق Ramachandran plot
 - ساختار نهائی در بانک اطلاعات پروتئین Deposition
 - بررسی ساختار نهائی با استفاده از برنامه Chimera و Pymol
- روش ارزیابی:



ارزشیابی مستمر (بصورت درصد مشخص گردد)	میان ترم (بصورت درصد مشخص گردد)	آزمون های نهایی (بصورت درصد مشخص گردد)	پروژه (بصورت درصد مشخص گردد)
۱۵	۵	آزمون های نوشتاری ۸۰٪ عملکردی	۱۰

فهرست منابع:

1. David Blow, Outline of Crystallography for Biologists, Oxford University Press, First Published 2002, reprinted 2010.
2. Gale Rhodes, Crystallography Made Crystal Clear, 3rd ed. Academic Press 2006.



عنوان درس به فارسی: اصول و کاربرد میکروسکوپ های الکترونی
 عنوان درس به انگلیسی: Principles and Techniques of Electron Microscopy

تعداد واحد: ۲

تعداد ساعت: ۳۲

نوع درس: تخصصی - اختیاری

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی عملی: دارد ندارد سفر علمی کارگاه آزمایشگاه سمینار

مقطع: کارشناسی ارشد دکتری کارشناسی ارشد و دکتری

اهداف کلی درس: با توجه به کاربرد قابل توجه تکنیک های مختلف میکروسکوپ های الکترونی در اغلب تحقیقات خصوصاً در رشته های بیولوژی، بیوشیمی و پزشکی، هدف از این درس آشنایی دانشجویان با اصول، مفاهیم و کاربرد تکنیک های مختلف میکروسکوپ الکترونی در تحقیقات خصوصاً در زمینه های بیولوژیکی می باشد.

سرفصل درس:

- مقدمه و تاریخچه میکروسکوپ
- امواج الکترومغناطیس و پدیده دیفراکشن و رزولوشن. طرح لنزهای الکترومغناطیسی و انحرافات لنزی
- طرح میکروسکوپ الکترونی ترانزمیشن (TEM) و مقایسه میکروسکوپ های الکترونی با میکروسکوپ نوری
- سیستم های تشکیل دهنده میکروسکوپ TEM و انواع سیستم های تولید خلاء بالا، الکترونها و اینترکشن با نمونه
- مکانیسم تشکیل کنتراست و تصویر در TEM. حالات مختلف استفاده از TEM. آماده سازی انواع نمونه ها برای TEM (مکانیزم تثبیت شیمیایی و فیزیکی)
- اولترا میکروتومی و گرایو اولترامیکروتومی
- مکانیزم و روش های رنگ آمیزی و ایجاد کنتراست در TEM. پیشرفتهای اخیر در کاربرد میکروسکوپ های الکترونی
- مراحل تولید میکروگراف های الکترونی و تفسیر میکروگراف های TEM
- اتورادیوگرافی و سیتوشیمی آنزیمی و ایمینوالکترون میکروسکوپی
- میکروسکوپ الکترونی اسکینینگ (SEM) و میکروسکوپ های الکترونی HVEM, IVEM و آماده سازی نمونه های SEM و تفسیر میکروگراف های آن

روش ارزیابی:

ارزنیابی مستمر (بصورت درصد مشخص گردد)	میان ترم (بصورت درصد مشخص گردد)	آزمون های نهایی (بصورت درصد مشخص گردد)	پروژه (بصورت درصد مشخص گردد)
۷۱۰	-	آزمون نوشتاری ۷۰٪ عملکردی	۷۱۰

فهرست منابع:

1. John J. Bozzola and Lonine D. Russell, Electron Microscopy, Principles and Techniques for Biologist, 2nd ed. Jones and Bartlett Publishers, 1999.
2. MA Hayat, Principles and Techniques of Electron Microscopy, Biological Application, 4th ed. Cambridge University Press, 2006.



3. John Kuo, Electron Microscopy, methods in molecular biology, Third edition, Humana Press, 2014.



عنوان درس به فارسی: مباحث پیشرفته در بیوشیمی
عنوان درس به انگلیسی: Advanced Topics in Biochemistry

تعداد واحد: ۲

تعداد ساعت: ۳۴

نوع درس: تخصصی - اختیاری

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی عملی: دارد ندارد سفر علمی کارگاه آزمایشگاه سمینار
متقطع: کارشناسی ارشد دکتری کارشناسی ارشد و دکتری

اهداف کلی درس: آشنایی دانشجویان با انواع و اساس مولکولی مرگ سلولی

سرفصل درس:

الف- آشنایی دانشجویان با انواع و اساس مولکولی مرگ سلولی

- مقدمه مرگ سلولی به عنوان اساس حیات مهره داران و نقش آن در دوران جنینی و پس از آن تاریخچه آپتوز و مرگ برنامه ریزی شده سلولی
- مسیر داخلی آپتوز
- مسیر خارجی آپتوز
- کاسپازها
- پروتئینهای IAP و آنتیگونیتهای آنها
- مکانیسم عمل پروتئینهای خانواده Bcl-2 و روشهای تنظیم فعالیت آنها
- نکروپتوز، مرگ وابسته به لیزوزوم و اتوفازی
- Unfolded protein response و استرس ER
- اساس مولکولی استفاده از آپتوز در درمان سرطانها

ب- تخریب پروتئین ها Proteolysis

- تعریف ، Quality control ، انواع تخریب و آنزیم های درگیر.
- تخریب پروتئازومی: یوبیکولیتشن و ساختار آن، مسیر Ub شدن، آنزیم های E1, E2, E3 ساختار و عملکرد، انواع Ub شدن و نقش هر یک در تخریب، ساختار پروتئازوم و پروتئین های سازنده آن و نقش هر یک در مکانیسم تخریب، نقش جاپرون ها.
- تخریب لیزوزومی و مکانیسم های آن.
- تخریب پروتئین های غشائی از طریق لیزوزوم و پروتئازوم، از طریق Ub شدن.
- تخریب پروتئین ها و بیماریها.



روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر (بصورت درصد مشخص گردد)	میان ترم (بصورت درصد مشخص گردد)	آزمون نهایی (بصورت درصد مشخص گردد)	پروژه (بصورت درصد مشخص گردد)
۷۰٪	—————	۷۰٪ آزمون نوشتاری عملکردی	—————

فهرست منابع:

به دلیل پیچیده بودن مباحث بیشتر مطالب ارائه شده بر اساس مقالات بوده و بروز میشوند اما کتاب زیر به عنوان رفرنس کمک آموزشی معرفی می شود.

- 1- Apoptosis Senescence and Cancer by Gewirtz, Holt, and Grant (2007)
- 2- Mayer RJ et al. (2006, latest ed) Protein degradation, Vols 1-3, Wiley



عنوان درس به فارسی: روشهای مهندسی ژنتیک
عنوان درس به انگلیسی: Methods in Genetic Engineering

تعداد واحد: ۲

تعداد ساعت: ۳۲

نوع درس: تخصصی - اختیاری

نوع واحد: نظری

پیش‌نیاز: ندارد

آسوزش تکمیلی عملی: دارد ندارد سفر علمی کارگاه آزمایشگاه سمینار

قطع: کارشناسی ارشد دکتری کارشناسی ارشد و دکتری

اهداف کلی درس: آشنایی دانشجویان کارشناسی ارشد و دکتر با روشهای متعارف و جدید بیولوژی مولکولی و ژنتیک برای ایجاد تغییرات در DNA و ژنوم

سرفصل درس:

- مقدمه: تعریف مهندسی ژنتیک و بیو تکنولوژی و اهمیت این فن آوری ها
- روشهای مختلف جداسازی اسیدهای نوکلئیک
- وکتورهای ویروسی و غیر ویروسی و پروموتورها
- عملکرد آنزیمهای مورد استفاده در بیولوژی مولکولی: ۱- نوکلئازها ۲- لیگازها ۳- پلیمرازها ۴- سایر آنزیمها
- پروبها و کاربردهای آنها
- مراحل تهیه cDNA
- ملاحظاتی برآیند
- روشهای PCR شامل: Hot start, Touch-down PCR, Digital PCR, Real time PCR و
- تعیین سکانس DNA شامل روشهای dideoxy و next generation sequencing
- جهش زایی هدفمند Site directed mutagenesis
- انتقال DNA به وکتورهای ویروسی و غیر ویروسی
- وارد کردن وکتورها به سلولها
- انتخاب میزبان
- روشهای شناسایی سلولهای تراریخت: ۱- روشهای بلاتینگ Northern و Western و ۲- PCR و Restriction mapping
- روشهای بیان ژنهای خارجی در میزبانهای خارجی یوکاریوتی و پروکاریوتی
- استفاده از روش Cre-Lox در مهندسی ژنتیک
- اصلاحات ژنتیکی با استفاده از Zinc finger nucleases
- تکنولوژی Clustered regularly interspaced short palindromic repeats (CRISPR) و کاربردهای آن
- بیوتکنولوژی و فن آوری ترانس ژنتیک
- بخش عملی: کشت باکتری - PCR - جداسازی DNA - برش DNA و الکتروفورز آنها



روش ارزیابی:

پروژه (بصورت درصد مشخص گردد)	آزمون نهایی (بصورت درصد مشخص گردد)	میان ترم (بصورت درصد مشخص گردد)	ارزشیابی مستمر (بصورت درصد مشخص گردد)
_____	۷۰٪ آزمون نوشتاری عملکردی	_____	۳۰٪

فهرست منابع:

1. An Introduction to Genetic Engineering 3rd Edition, by Desmond S. T. Nicholl (2008)
2. Transgenic Mouse Methods and Protocols (Methods in Molecular Biology) 2nd ed. by M. H. Ho/ker and J. Van Deursen (2011)
3. Current Protocols in Molecular Biology (2016)



عنوان درس به فارسی: روشهای استخراج و شناسایی ماکرومولکولهای زیستی.

عنوان درس به انگلیسی: Methods of extraction and identification of biological macromolecules

تعداد واحد: ۲

تعداد ساعت: ۳۶

نوع درس: تخصصی - اختیاری

نوع واحد نظری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی عملی: دارد ندارد سفر علمی کارگاه آزمایشگاه سمینار

مقطع: کارشناسی ارشد دکتری کارشناسی ارشد و دکتری

اهداف کلی درس: آشنایی دانشجویان به روشهای رایج بیوشیمی در جهت تخلیص و شناسایی ماکرومولکولهای زیستی. آشنایی دانشجویان با مبانی روشهای رایج اسپکتروسکوپی مورد استفاده در بیوشیمی و کاربرد آنها در مطالعات علوم حیاتی.

سرفصل درس:

- روشهای مختلف استخراج بیومولکولها از منابع طبیعی (میکروبها، بافتهای گیاهی و جانوری)، ساخت محلولها و بافرها، استخراج اولیه مواد از عصاره خام توسط توزیع بین فاز آبی آلی، رسوب دهی نمکی، رسوب دهی توسط حلالهای آلی، تغلیظ، جداسازی توسط فیلتراسیون و سانتریفیوژ
- خالص سازی مواد استخراجی بوسیله کروماتوگرافی: اصول کلی شامل Diffusion effect, Partition coefficient, Retardation factor, Retention (V, T), Column capacity, efficiency, resolution
- انواع کروماتوگرافی، تعویض یونی، ژل فیلتراسیون، هیدروفوب، تمایلی، کروماتوفلوکوسینگ، کروماتوگرافی صفحات نازک TLC, HPLC, FPLC و غیره
- الکتروفورز: اصول کلی قدرت حرکت الکتروفورزی، ژل اکریلامید (با و بدون) SDS، تعیین وزن ملکولی، ایزوالکتروفوکوسینگ، ژل انگارز، الکتروفورز دو بعدی، روشهای پلات Northern, Western, Southern
- ایمینوالکتروفورز و شناسایی توسط ویسکومتری، کلسیم فوتومتری و فرائکتومتری
- آشنایی با مفاهیم پایه در اسپکتروسکوپی شامل: ترازهای الکترونی HOMO و LUMO، ترازهای ارتعاشی، برهمکنش امواج الکترومغناطیس و الکترونها در اربیتالهای مولکولی، انواع برهمکنش های ماده و امواج الکترومغناطیس، و معرفی اسپکتروسکوپی جذبی و نشری، اسپکتروسکوپی UV-Visible، اسپکتروسکوپی فلورسانس، اسپکتروسکوپی Circular Dichroism، اسپکتروسکوپی FT-IR, NMR
- آشنایی با Fluorescence Energy Transfer (FRET) و کاربرد آن در علوم حیاتی
- آشنایی با Light Scattering و کاربرد آن در بیوشیمی
- چند مثال از کاربرد روشهای اسپکتروسکوپی در علوم حیاتی



روش ارزیابی:

پروژه (بصورت درصد مشخص گردد)	آزمون نهایی (بصورت درصد مشخص گردد)	میان ترم (بصورت درصد مشخص گردد)	ارزشیابی مستمر (بصورت درصد مشخص گردد)
_____	۹۰٪ آزمون نوشتاری عملکردی	_____	۱۰٪

فهرست منابع:

1. B. Katoch, Analytical Techniques in Biochemistry and Molecular Biology, Springer-verlag, 2011.
2. Gordon-G. Hammes, Spectroscopy for the Biological Sciences, Wiley, 2005.
3. A. Hofmann, Methods of Molecular Analysis in the Life Sciences, Cambridge University Press, 2014.



عنوان درس به فارسی: طیف سنجی جرمی در پزشکی
عنوان درس به انگلیسی: Biomedical mass spectrometry

تعداد واحد: ۲

تعداد ساعت: ۳۲

نوع درس: تخصصی - اختیاری

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی عملی: ندارد ندارد سفر علمی کارگاه آزمایشگاه سمینار
مقطع: کارشناسی ارشد دکتری کارشناسی ارشد و دکتری

اهداف کلی درس: آشنایی دانشجویان با اصول و کاربردهای تکنیک طیف سنج جرمی در زمینه های بیولوژیکی و بالابحی پزشکی.

سرفصل درس:

- مقدمه: اصول طیف سنجی جرمی
- تفاوت های بارز طیف سنج های جرمی مورد استفاده شیمیست ها و بیوشیمیست ها
- پیشرفت های تکنیکی طیف سنج های جرمی در راستای یونیزاسیون ملکول ها
- شناسایی ساختاری ملکول های کوچک بیولوژیکی توسط طیف سنج جرمی
- تعقیب سرنوشت داروها در بدن توسط طیف سنج جرمی
- تعیین غلظت مواد توسط طیف سنج های جرمی
- تصویر برداری توسط طیف سنج جرمی: کاربرد در سرطان و علوم عصبی

روش ارزیابی:

پروژه	آزمون نهایی	میان ترم	ارزشیابی مستمر
(بصورت درصد مشخص گردد)	(بصورت درصد مشخص گردد)	(بصورت درصد مشخص گردد)	(بصورت درصد مشخص گردد)
_____	۹۰٪ آزمون نوشتاری	_____	۱۰٪
	عملکردی		

فهرست منابع:

1. Kenzo Hirauka, Fundamentals of Mass Spectrometry, Springer, 2013.
2. Alisa G. Woods & Costel C. Darie, Advancements of Mass Spectrometry in Biomedical Research, Springer, 2014.



نام درس: طراحی محاسباتی دارو (Computational Drug Design)

تعداد واحد: ۲ واحد

تعداد ساعت: ۳۲

نوع واحد: ۲ واحد نظری

نوع درس: تخصصی - اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی عملی: دارد ندارد سفر علمی کارگاه آزمایشگاه سمینار
مقطع: کارشناسی ارشد دکتری کارشناسی ارشد و دکتری

هدف:

هدف از این درس آشنایی با طراحی دارو با استفاده از انواع روشهای محاسباتی است.

سرفصل:

- ۱- تعریف دارو و گیرنده آن
- ۲- تاریخچه و کشف داروهای جدید
- ۳- مراحل توسعه یک داروی جدید
- ۴- مشکل عمده در فرآیند کشف دارو
- ۵- فرآیند طراحی دارو
- ۶- طراحی دارو بر اساس لیگاند
- ۷- طراحی دارو بر اساس ساختار هدف
- ۸- ابزارها و تکنیک های محاسباتی: (مدلسازی همولوژی، مکانیک مولکولی، تاخوردگی پروتئین، داکینگ مدل های فارماکوفور، QSAR، 3D-QSAR، شیمی انفورماتیک)
- ۹- ADMET
- ۱۰- غربانگری مجازی (Virtual screening)
- ۱۱- طراحی دارو بر اساس قطعات مولکولی (Fragment-based drug design)



روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
۲۰	۲۰	آزمون های نوشتاری ۳۰	۳۰
		عملکردی	



فهرست منابع:

- 1- Young D.C. Computational Drug Design: A Guide for Computational and Medicinal Chemists. Wiley-Interscience. 2009
- 2- Bultinck P., Tollenaere J.P., Langenaeker W., Winter H.D. Computational Medicinal Chemistry for Drug Discovery. CRC. 2003.
- 3- Zheng, Y., Rational Drug Design Methods and Protocols, Springer. 2012.
- 4- Tari, L. W. Structure-Based Drug Discovery, Springer. 2012.



نام درس: مدل سازی مولکولی (Molecular Modeling)

تعداد واحد: ۲ واحد

تعداد ساعت: ۳۳

نوع واحد: ۲ واحد نظری

نوع درس: تخصصی - اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی عملی: دارد ندارد سفر علمی کارگاه آزمایشگاه سمینار
مقطع: کارشناسی ارشد دکتری کارشناسی ارشد و دکتری

هدف:

آشنایی دانشجویان با مباحث پایه در زمینه مدل سازی مولکولی با تاکید بر سیستم های زیستی

سرفصل:

- ۱- مقدمه تاریخی در مورد سیر تحول روش ها و مسایل مطرح در مدل سازی مولکولی
- ۲- بیان ریاضی ساختارهای مولکولی، دستگاه های مختصات برای توصیف حرکات مولکولی، مختصات و متغیرهای درونی
- ۳- مقدمه ای بر روش های کوانتومی در مدل سازی مولکولی از جمله روش هارتری-فاک روش های تابعی چگالی و روش های نیمه تجربی
- ۴- مفاهیم مرتبط با سطح انرژی پتانسیل مولکول های ساده و پیچیده، نقاط کمینه و زینی، مسیر ذاتی واکنش، بردار گرادیان، ماتریس هسین
- ۵- روش ها و الگوریتم های کمینه سازی انرژی و بهینه سازی ساختار از جمله روش های Steepest-Descent و Conjugate Gradients
- ۶- روش های مکانیک مولکولی و میدان های نیرو
- ۷- میدان های نیروی تخصصی سیستم های زیستی مانند میدان های نیروی Charmm و Amber
- ۸- روش ها و الگوریتم های تحلیل و جستجوی کانفورماسیون از جمله الگوریتم Simulated Annealing و الگوریتم های تکاملی
- ۹- مبانی شبیه سازی دینامیک مولکولی
- ۱۰- شناخت و روش های تحلیل ساختار مولکولی، سنجش شباهت های ساختاری، برهمزنی ساختارها، محاسبه مختصات دسته جمعی از جمله شعاع ژیراسیون، RMSD، تعداد تماس های اتمی، سطح در دسترس و ...
- ۱۱- روش های توصیف حلال و اثر آن در مدل سازی مولکولی شامل مدل های ضمنی و صریح حلال مانند مدل تعمیم یافته ی بورن و مدل های چند مرکزی
- ۱۲- روش های تحلیل و پیشگویی نحوه اتصال پروتئین و لیگاند از جمله روش های داکینگ مولکولی



روش ارزیابی:

پروژه (بصورت درصد مشخص گردد)	آزمون های نهایی (بصورت درصد مشخص گردد)	میان ترم (بصورت درصد مشخص گردد)	ارزشیابی مستمر (بصورت درصد مشخص گردد)
	آزمون های نوشتاری ۳۰	۳۰	۴۰
	عملکردی		

فهرست منابع:

- 1- Molecular Modeling Principles and Applications, Andrew R. Leach, Pearson Education, 2001.
- 2- Molecular Modeling of Proteins, Andreas Kukol, Springer (Humana Press), 2008.
- 3- New Algorithms for Macromolecular Simulation, T. J. Barth, M. Griebel, D. E. Keyes, R. M. Nieminen, D. Roose, T. Schlick, Springer, 2006.



عنوان درس به فارسی: زیست شناسی گلیکولیپوپروتئین ها

عنوان درس به انگلیسی: Glycolipobiology

تعداد واحد: ۲

تعداد ساعت: ۳۲

نوع درس: تخصصی - اختیاری

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: ندارد

آسوزش تکمیلی عملی: دارد ندارد سفر علمی کارگاه آزمایشگاه سمینار

مقطع: کارشناسی ارشد دکتری کارشناسی ارشد و دکتری

اهداف کلی درس: آشنایی به ساختار و اهمیت گلیکوپروتئین ها و پروتئولیپیدها در زیست شناسی و کاربرد های عمده زیست شناسی گلیکان ها و لیپوپروتئین ها

سرفصل درس:

- مقدمه: نقش زیستی گلیکان
- تنوع و وجه مشترک ساختاری گلیکوپروتئین ها و گلیکولیپیدها
- جایگاه (های) سلولی گلیکوزیلازیسیون پروتئین ها در شرایط مختلف فیزیولوژیکی
- آنزیم های درگیر در گلیکوزیلازیسیون پروتئین ها
- پروتئین های تشخیص دهنده گلیکان ها، دسته بندی و اصول تشخیصی آنها
- مدرن ترین روش های رایج آنالیز ساختاری گلیکوپروتئین ها و گلیکولیپیدها
- درگیری گلیکان ها در بیماریهای عفونی باکتریایی، ویروسی و برخی دیگر از بیماریهای انسانی بویژه سرطان و مناساز
- جایگاه گلیکان ها در صنایع دارویی
- جایگاه بیوتکنولوژی در تولید گلیکان ها



روش ارزیابی:

پروژه	آزمون نهایی	میان ترم	ارزشیابی مستمر
(بصورت درصد مشخص گردد)	(بصورت درصد مشخص گردد)	(بصورت درصد مشخص گردد)	(بصورت درصد مشخص گردد)
_____	آزمون نوشتاری ۸۰٪	_____	۲۰٪
	عملکردی		

فهرست منابع:

1. Susan A. Brooks et al. , Functional and molecular Glycobiology, Bios scientific publishers, 2002.
2. Ajit Varki, et al. , Essential of Glycobiology, 2nd Ed, Cold Spring Harbor, 2009.



عنوان درس به فارسی: بیوشیمی پیشرفته پروتئینها و اسیدهای نوکلئیک

عنوان درس به انگلیسی: Advanced Biochemistry of Proteins and Nucleic acids

تعداد واحد: ۲

تعداد ساعت: ۳۲

نوع درس: تخصصی-اختیاری

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی عملی: دارد ندارد سفر علمی کارگاه آزمایشگاه سمینار

مقطع: کارشناسی ارشد دکتری کارشناسی ارشد و دکتری

اهداف کلی درس: مطالعه تغییرات شیمیایی پروتئینها از طریق اتصال ملکولهای کوچک و ماکروملکولها و میانگش پروتئینها با اسیدهای نوکلئیک

سرفصل درس

- مقدمه ای بر ساختار پروتئینها و اسیدهای نوکلئیک - موتیف های اتصال
- تغییر پروتئینها از طریق اتصال ملکولهای کوچک: متیل استیل، متیل، فسفات و غیره.
- تغییر پروتئینها: Glycosylation, ADP Ribosylation, Acylation, Ubiquitination, موتیف های اتصال، ساختار و عملکرد.
- میانگش پروتئینها با DNA.
- موتیف های اتصال پروتئینهای ساختاری به DNA, SPKK, HMG-Box,
- موتیف های اتصال و پروتئین های تنظیمی HLH, Zinc finger, Leu-zipper, Helix-Turn-Helix و سایر موتیف ها
- میانگش پروتئینها با RNA - موتیف های اتصال RRM, KH,
- سمینار دانشجویی و بررسی مقالات

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
۲۰٪		آزمون های نوشتاری ۸۰٪	-
		عملکردی	

فهرست منابع:

1. Branden & Tooze (latest edition) Introduction to protein structure, Garland Pub.
2. Walsh CT (2006) Post translation modification of proteins, RC Pub.
3. Rice PA, Correl CC (2008) Protein-Nucleic acid interactions, Structural biology, RSC Pub.



عنوان درس به فارسی: مکانیسم عمل آنزیم ها

عنوان درس به انگلیسی: Mechanism of enzyme action

تعداد واحد: ۲

تعداد ساعت: ۳۲

نوع درس: تخصصی - اختیاری

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی عملی: دارد ندارد سفر علمی کارگاه آزمایشگاه سمینار

مقطع: کارشناسی ارشد دکتری کارشناسی ارشد و دکتری

اهداف کلی درس: آشنایی با فنون مورد نیاز و چگونگی مطالعه مکانیسم عمل آنزیم ها و تفسیر نتایج حاصل از مطالعات با ذکر مثالهای متعدد با هدف توانمندی در طراحی داروها، حشره کش ها و مواد دیگر با ارزش صنعتی

سرفصل درس:

اهمیت مطالعه مکانیسم عمل آنزیم ها.

- روش های مختلف و کلی شیمی آنزیم ها:

الف) Catalysis by approximation ب) Catalysis by covalent modification

ج) Acid/base catalysis د) Strain catalysis

- اهم روش های تعیین مکانیسم عمل آنزیم ها:

الف) ابزارهای کینتیکی ب) استفاده از مواد نشاندار

ج) استفاده از مهار کننده‌گان د) استفاده از فنون متنوع اسپکتروسکوپی

ه) استفاده از شیمی فضایی

- بررسی جامع مکانیسم عمل آنزیم هایی از گروه های زیر:

الف) واکنش های ایزومراز-سیون ب) واکنش جابجایی درون مولکولی

ج) واکنش های استخلافی و حذفی د) واکنش های گروبوکسیلاسیون و دی گروبوکسیلاسیون و د) واکنش های اکسیداسیون و احیا

احیا

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
۷۰٪	—	آزمون های نوشتاری ۷۰٪ عملکردی	—

فهرست منابع:

- 1- Christopher Walsh, Enzymatic reaction mechanisms; Freeman and Co., N. Y., 1979.
- 2- Perry A. Frey and Adrian D. Hegeman, Enzyme Reaction Mechanism, Oxford university press, 2007.

