

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



مبانی یوفیزیک

دکتر محمدرضا حسین دخت
استاد دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر جمشیدخان چمنی

سرشناسه:	حسین دخت، محمدرضا ۱۳۴۰-
عنوان و نام پدیدآور:	مبانی بیوفیزیک / تألیف محمدرضا حسین دخت، جمشیدخان چمنی.
مشخصات نشر:	مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۹۷.
وضعیت ویراست:	ویراست ۲.
مشخصات ظاهری:	۳۰۰ ص. مصور، جدول، نمودار.
فروست:	انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد؛ شماره ۲۶۵.
شابک:	ISBN: 978-964-6335-66-0
وضعیت فهرست‌نویسی:	فیبا.
یادداشت:	ص. ع. به انگلیسی: Mohammad Reza Housaindokht. Principles of Biophysics
یادداشت:	چاپ قبلی: دانشگاه فردوسی (مشهد)، ۱۳۸۸.
یادداشت:	واژه‌نامه، کتابنامه.
موضوع:	فیزیک زیستی
شناسه افزوده:	چمنی، جمشیدخان، ۱۳۵۱
شناسه افزوده:	دانشگاه فردوسی مشهد، انتشارات.
رده‌بندی کنگره:	QH ۵۰۵
رده‌بندی دیویی:	۵۷۴/۱۹۱
شماره کتابشناسی ملی:	۵۸۳۷۰۹۲

مبانی بیوفیزیک

پدیدآورندگان: دکتر محمدرضا حسین دخت، دکتر جمشیدخان چمنی
مشخصات: وزیری، ۵۰۰ نسخه، چاپ چهاردهم، بهار ۱۴۰۱ (اول، ۱۳۸۸)
چاپ و صحافی: چاپخانه دقت
بها: ۸۰۰/۰۰۰ ریال
حق چاپ برای انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد محفوظ است.

مراکز پخش:

فروشگاه و نمایشگاه کتاب پردیس: مشهد، میدان آزادی، دانشگاه فردوسی مشهد، جنب سلف یاس
تلفن: ۳۸۸۰۲۶۶۶ - ۳۸۸۳۳۷۲۷ (۰۵۱)
مؤسسه کتابیران: تهران، خیابان کارگر جنوبی، خیابان لبافی‌نژاد، بین خیابان فروز دین و اردیبهشت،
شماره ۲۳۸، تلفن: ۶۶۴۹۴۴۰۹ - ۶۶۴۸۴۷۱۵ (۰۲۱)
مؤسسه دانشیران: تهران، خیابان انقلاب، خیابان منیری جاوید (اردیبهشت) نبش خیابان نظری، شماره ۱۴۲
تلفکس: ۶۶۴۰۰۲۲۰ - ۶۶۴۰۰۱۴۴ (۰۲۱)

<http://press.um.ac.ir>

Email: press@um.ac.ir



انتشارات
۲۶۵

فهرست مطالب

پیش‌گفتار مؤلف.....	۱۰
پیش‌گفتار.....	۱۲
فصل اول: ساختارهای ماکرومولکولهای زیستی.....	۱۵
۱-۱ پروتئینها.....	۱۵
خصلت اسیدی و بازی پتیدها.....	۱۷
ساختار پروتئین.....	۱۹
برهم‌کنشهای ضعیف.....	۱۹
رابطه ساختار اسیدهای آمینه و حضور آنها در ساختار دوم پروتئینها.....	۲۷
۲-۱ اسیدهای نوکلئیک.....	۳۱
ساختار بازهای تشکیل‌دهنده نوکلئوتیدها.....	۳۲
آرایش فضایی و چرخش‌های موجود در اسیدهای نوکلئیک.....	۳۳
الگوهای ساختاری پیوندی در اسیدهای نوکلئیک.....	۳۶
ساختار اسیدهای نوکلئیک.....	۳۶
۳-۱ پارامترهای مورد استفاده برای توصیف ماکرومولکولهای زیستی.....	۳۸
۴-۱ ساختارهای طبیعی و غیرطبیعی شده.....	۴۲
۵-۱ رابطه میان ساختار و عملکرد ماکرومولکولهای زیستی.....	۴۵
مسائل.....	۴۶
منابع.....	۴۸

فصل دوم: بیوفیزیک غشاء.....	۵۰
۱-۲ مقدمه.....	۵۰
۲-۲ تعادل ترمودینامیکی.....	۵۱
۳-۲ شرایط تعادل بین فازی.....	۵۲
۴-۲ تعادل دونان.....	۵۳
۵-۲ انتشار آزاد.....	۵۵
انتشار آزاد غیرالکترولیت.....	۵۶
انتشار الکترولیتها.....	۶۰
۶-۲ انتشار تسهیل شده.....	۶۲
مکانیسم کانالها و حاملها.....	۶۲
کانالهای با انتخابگری یونی.....	۶۴
انتخابگری یونی از دیدگاه انرژی و اثرات فضایی.....	۶۵
طبقه‌بندی کانالها.....	۶۵
تفاوت میان حامل و کانال.....	۶۶
۷-۲ انتقال فعال.....	۶۶
طبقه‌بندی مراحل انتقال فعال.....	۶۷
تعیین مراحل انتقال فعال.....	۶۹
مکانیسم انتقال فعال.....	۶۹
الگوهای تعویض سدیم - پتاسیم.....	۷۲
۸-۲ پتانسیل غشاء.....	۷۴
۹-۲ غشاء سلول از دیدگاه فیزیک.....	۷۵
مسائل.....	۸۱
منابع.....	۸۲
فصل سوم: بیوفیزیک پرتوها.....	۸۳
۱-۳ اساس دستگاه مولد اشعه ایکس.....	۸۳
۲-۳ پرتوزایی.....	۸۵
۳-۳ سینماتیک واپاشی.....	۹۱
۴-۳ انتقال انرژی خطی (LET).....	۹۴

۵-۳	مکانیسمهای جذب فوتون	۹۶
۶-۳	منابع تولید نوترون	۹۸
۷-۳	دوزسنجی تابشی	۹۹
۸-۳	معیار اثر بیولوژیکی (RBE)	۱۰۱
۹-۳	نظریه هدف و ماهیت زیست‌شناختی آن	۱۰۲
۱۰-۳	اتورادیوگرافی	۱۰۴
	مسائل	۱۰۶
	منابع	۱۰۷

فصل چهارم: میکروسکوپ الکترونی		
۱۰۸	مقدمه	۱۰۸
۱-۴	قدرت تفکیک	۱۰۹
۲-۴	چگونگی عملکرد	۱۱۰
۳-۴	روشهای آماده‌سازی نمونه و ایجاد تباین	۱۱۲
	تکنیکهای شکست انجماد و نقطه بحرانی	۱۱۶
	سایه‌اندازی	۱۱۶
۴-۴	میکروسکوپ الکترونی گذاره (T.E.M)	۱۱۷
۵-۴	میکروسکوپ الکترونی نگاره (S.E.M)	۱۱۸
	مسائل	۱۲۲
	منابع	۱۲۳

فصل پنجم: طیف سنجی		
۱-۵	مقدمه	۱۲۴
۲-۵	طیف اتمی	۱۲۴
۳-۵	تئوری ساده جذب نور بوسیله مولکولها	۱۲۶
۴-۵	دستگاه اندازه‌گیری جذب نور مرئی و ماوراء بنفش	۱۳۲
۵-۵	پارامترها یا کمیت‌های سنجیده شده در طیف سنجی جذبی	۱۳۲
	فاکتورهای مؤثر در خواص جذبی کروموفورها	۱۳۳
۶-۵	قواعد تجربی برای تفسیر طیف جذبی ماکرومولکولهای حیاتی	۱۳۶

۱۳۷	۷-۵ کاربردهای طیف سنجی جذبی مرئی - ماوراء بنفش
۱۴۳	۸-۵ طیف سنجی مادون قرمز
۱۴۳	فن آوری طیف سنجی مادون قرمز
۱۴۴	۹-۵ اطلاعاتی در مورد طیف مادون قرمز
۱۴۷	۱۰-۵ طیف سنجی رامن
۱۵۰	استفاده از طیف سنجی رامن در مطالعه ساختار پروتئینها
۱۵۱	۱۱-۵ قواعد طیف سنجی رامن در پروتئینها
۱۵۱	۱۲-۵ طیف سنجی فلورسانس
۱۵۲	تئوری ساده فلورسانس
۱۵۴	۱۳-۵ دستگاه سنجش فلورسانس
۱۵۶	سنجش فلورسانس ذاتی برای مطالعه پروتئینها
۱۵۶	۱۴-۵ قوانین تجربی برای تفسیر طیف فلورسانس پروتئینها
۱۶۱	۱۵-۵ طیف سنجی های ESR و NMR
۱۶۴	۱۶-۵ رزونانس مغناطیسی هسته (NMR)
۱۷۰	۱۷-۵ رزونانس اسپین الکترون (ESR)
۱۷۳	مسائل
۱۷۵	منابع

۱۷۷	فصل ششم: مقدمه ای بر فرآیندهای انتقالی (انتشار و ویسکوزیته)
۱۷۷	۱-۶ مقدمه
۱۷۷	۲-۶ سیمای عمومی فرآیندهای انتقالی
۱۸۳	۳-۶ انتشار
۱۸۸	۴-۶ ویسکوزیته
۱۸۸	تئوری ساده ویسکوزیته
۱۹۰	۵-۶ اثر ماکرومولکولها روی ویسکوزیته محلول
۱۹۴	ارتباط میان ویسکوزیته ذاتی و وزن مولکولی
۱۹۵	۶-۶ اندازه گیری ویسکوزیته
۱۹۹	۷-۶ مثالهایی از کاربرد ویسکومتری
۲۰۲	مسائل

منابع	۲۰۴
-------	-----

فصل هفتم: ته نشینی

۱-۷	مقدمه	۲۰۵
۲-۷	ته‌نشینی تحت میدان جاذبه	۲۰۶
۳-۷	ته‌نشینی سرعتی	۲۰۷
۴-۷	ته‌نشینی تعادلی	۲۱۱
۵-۷	اندازه‌گیری وزن مولکولی با نزدیک شدن به تعادل (روش آرچیبالد)	۲۱۴
۶-۷	ته‌نشینی تحت گرادیان دانسیته	۲۱۴
۷-۷	ته‌نشینی تعادلی تحت گرادیان دانسیته	۲۱۶
۸-۷	وابستگی ضریب ته‌نشینی به غلظت	۲۱۸
۹-۷	ضریب ته‌نشینی استاندارد	۲۲۰
۲۲۱	فاکتورهای مؤثر بر ضریب ته‌نشینی استاندارد	
۲۲۴	نکات لازم برای اندازه‌گیری دقیق ضریب ته‌نشینی	
۱۰-۷	اجزای اولتراسانتریفیوژ	۲۲۴
۱۱-۷	مثالهای از کاربرد ته‌نشینی	۲۲۹
	مسائل	۲۳۶
	منابع	۲۳۹

فصل هشتم: الکتروفورز

۱-۸	مقدمه	۲۴۰
۲-۸	اصول اساسی الکتروفورز	۲۴۱
۳-۸	انواع الکتروفورز	۲۴۲
۴-۸	مثالهای از کاربرد الکتروفورز	۲۵۱
۵-۸	برآورد جرم مولکولی به روش ژل الکتروفورز (پلی اکریل آمید - SDS)	۲۵۳
۶-۸	الکتروفورز تحت گرادیان- روشی با درجه تفکیک بالا در جدا کردن ماکرومولکولها	۲۵۵
۷-۸	پارامترهای الکتریکی در الکتروفورز	۲۵۵
	مسائل	۲۵۷
	منابع	۲۵۹

فصل نهم: پیوند شدن لیگاندهای کوچک به ماکرومولکول	۲۶۰
۱-۹ مقدمه	۲۶۰
۲-۹ ساده‌ترین حالت پیوند شدن لیگاند به ماکرومولکول	۲۶۱
۳-۹ سیستم با یک دسته جایگاه یکسان و مستقل	۲۶۲
۴-۹ سیستم با دو دسته جایگاه یکسان و مستقل	۲۶۴
۵-۹ سیستم با یک دسته جایگاه یکسان و وابسته	۲۶۶
۶-۹ تشخیص نوع برهم‌کنش لیگاند به ماکرومولکول برای یک دسته جایگاه	۲۶۷
۷-۹ سیستم‌های با بیش از یک دسته جایگاه یکسان و وابسته	۲۷۰
۸-۹ الگوهای مربوط به پیوند شدن متعاون	۲۷۴
الگوی MWC	۲۷۵
الگوی KNF	۲۷۷
۹-۹ اثرات هتروتروپیک	۲۷۸
۱۰-۹ پیوند شدن پروتون: منحنیهای تیتراسیون	۲۷۸
۱۱-۹ تعادل کنفورماسیونی	۲۸۰
۱۲-۹ برهم‌کنشهای ماکرومولکولی	۲۸۴
۱۳-۹ ترمودینامیک پیوند شدن لیگاند به ماکرومولکول	۲۸۷
مسائل	۲۹۰
منابع	۲۹۳
واژه‌نامه	۲۹۵

پیش‌گفتار مؤلف

مبانی بیوفیزیک یکی از دروس الزامی اغلب رشته‌های زیست‌شناسی و روشهای بیوشیمی - بیوفیزیک یکی از دروس اختیاری رشته شیمی بعضی از دانشگاههاست. ضرورت وجود مرجعی فارسی که در حد امکان سرفصلهای این دروس را پوشش دهد، سبب نگارش این کتاب شد. این کتاب مشتمل بر ۹ فصل است. فصل اول به معرفی ساختمان ماکرومولکولهای زیستی می‌پردازد. در این فصل ساختار پروتئینها و اسیدهای نوکلئیک توصیف شده و نیروهای مؤثر در ساختمانهای آنها بررسی شده است. فصل دوم بیوفیزیک غشاء است که ضمن معرفی غشاء به چگونگی عمل آن در انتقال مواد و یونها پرداخته و فرآیندهای انتشار آزاد، انتشار تسهیل شده و انتقال فعال را مورد بررسی قرار می‌دهد. فصل سوم بیوفیزیک پرتوهاست. در این فصل به پرتوهای مختلف پرداخته و چگونگی تولید و کاربرد آنها مورد بحث قرار می‌گیرد. از فصل چهارم تا انتها به روشهای مطالعه ساختارهای زیستی پرداخته شده است. در فصل چهارم میکروسکوپ الکترونی معرفی شده و ضمن طرح اصول آن، انواع و کاربرد آنها مطرح شده است. فصل پنجم به روشهای طیف‌سنجی رایج در مطالعه ساختار ماکرومولکولهای زیستی می‌پردازد و ضمن معرفی روشهای UV-Visible ، IR ، Raman ، Fluorescence ، NMR و ESR ، کاربرد اغلب آنها را در مطالعه ساختار ماکرومولکولهای زیستی مورد بررسی قرار می‌دهد. فصل ششم، هفتم و هشتم به فرآیندهای انتقالی انتشار، ویسکوزیته، تهنشینی و الکتروفورز مربوط می‌شود. در این فصلها اصول هر یک از این فرآیندها معرفی و کاربرد آنها در شناخت ماکرومولکولهای زیستی و فرآیندهای مربوطه مطرح شده است. فصل آخر پیوندشدن لیگاند به ماکرومولکول را مورد بحث قرار می‌دهد. این بحث برای تفسیر فرآیندهایی نظیر: اکسیژن‌گیری هموگلوبین، اتصال هورمون به رسپتور، اتصال سوبسترا به آنزیم، اتصال دارو به پروتئین و ... لازم است.

مشمول بر مقالاتی است که اغلب در ارتباط با مثالهای ذکر شده در متن است. خداوند را سپاسگزارم که توفیق نگارش این اثر را یافتیم، از آقای جمشیدخان چمنی که در تمامی مراحل به‌ویژه نگارش فصلهای دوم تا چهارم همکاری نموده‌اند تشکر فراوان دارم. از آقای محمدرضا امیری که ویراستاری ادبی این کتاب را عهده‌دار بوده‌اند تشکر می‌کنم. از حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد و معاونت پژوهشی دانشکده علوم که امکان نشر این اثر را فراهم نموده‌اند تشکر می‌نمایم. از دست‌اندرکاران چاپ و انتشارات دانشگاه به‌ویژه آقایان کدکنی و افشاران سپاسگزاری می‌نمایم. از استادان ارجمند آقایان موسوی موحدی، بحرالعلوم، پسند، اشتیاق حسینی و هروی که مشوقم بوده‌اند، تشکر می‌نمایم. از همسر من که محیطی مناسب را برای این فعالیت در خانه فراهم نمود قدردانی می‌نمایم.

در پایان از هرگونه کاستی احتمالی که در این کتاب وجود دارد عذرخواهی و برای همه همکاران، دانش‌پژوهان و دانشجویان عزیز ایران اسلامی از خداوند طلب توفیق روزافزون می‌نمایم.

محمد رضا حسین دخت

۱۳۸۷

پیشگفتار

سطوح مختلف بیوفیزیک

عمدتاً سطوح بیوفیزیک به شرح زیر است :

۱- بیوفیزیک مولکولی : این بخش از بیوفیزیک را شاید بتوان مهمترین سطح بیوفیزیک به حساب آورد زیرا بخشهای دیگر به گونه‌ای با بیوفیزیک مولکولی در ارتباط هستند. بیوفیزیک مولکولی عبارت از مطالعه خصوصیات و رفتار فیزیکی و شیمیایی ماکرومولکولهای زیستی است. به طور کلی شناسایی ساختمان ماکرومولکولهای حیاتی نظیر اسیدهای نوکلئیک، پروتئینها و آنزیمها و مشخص کردن ساختمانهای اول، دوم، سوم و احتمالاً چهارم، در بیوفیزیک مولکولی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

برای بررسی این ساختمانها از روشها و تکنیکهای مختلفی استفاده می‌شود. اهم این روشها عبارتند از : - روشهای طیف‌سنجی نظیر UV-Visib ، فلورسانس، رزونانس مغناطیسی هسته^(۱) (NMR) و کریستالوگرافی. - روشهای هیدرودینامیکی نظیر ته‌نشینی، انتشار، ویسکومتری، الکتروفورز. - پیوند شدن لیگاند به ماکرومولکول - نشانه‌دار کردن. - مدیفیکاسیون و ... - روشها و الگوهای تئوری متعددی نیز برای پیش‌بینی ساختمان ماکرومولکولهای حیاتی وجود دارد که از جمله آنها می‌توان به روشهای: چو و فاسمن^(۲) و گور^(۳) اشاره کرد.

1. Nuclear magnetic resonance

2. Chou and Fasman

3. GOR

غشاء به منظورهای صنعتی و پزشکی در مراکز تحقیقاتی مختلف دنیا ساخته می شود.

۳- بیوفیزیک پرتویی: در بیوفیزیک پرتویی، انواع پرتوها و ذرات، اثر پرتوها روی موجودات زنده، خواص جهش‌زایی پرتوهای γ و x ، میزان انرژی جذب شده توسط یک بافت در اثر تابش پرتو به آن و ... به بحث و بررسی گذاشته می شود.

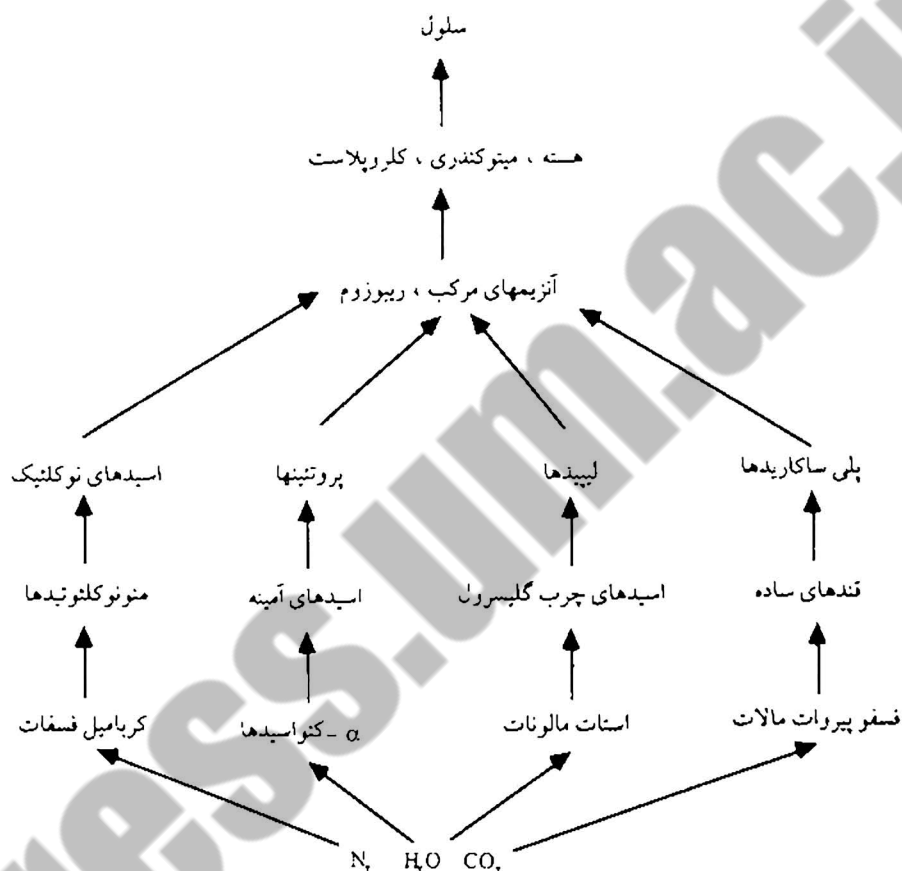
۲- سلسله مراتب تکامل مولکولی

تمام ماکرومولکولهای زیستی در جانداران از مواد اولیه بسیار ساده مانند دی‌اکسید کربن، آب و نیتروژن که در طبیعت موجوداند، ساخته شده‌اند. این مواد ساده در اثر فرایندهای بیوشیمیایی با یکدیگر ترکیب شده و مولکولهای حد واسط را می‌سازند که دارای وزن مولکولی بیشتری هستند. این مولکولهای حد واسط، اجزاء ساختاری ماکرومولکولها را می‌سازند (اسیدهای آمینه، نوکلئوتیدها، اسیدهای چرب، قندهای ساده). این اجزای ساختاری توسط پیوندهای کووالان با یکدیگر متصل شده و مولکولهای درشت با وزن مولکولی زیاد را ایجاد می‌نمایند. اسیدهای آمینه و نوکلئوتیدها به ترتیب اجزاء ساختاری پروتئینها و اسیدهای نوکلئیک هستند، درحالی که منوساکاریدها و اسیدهای چرب به ترتیب اجزاء ساختاری پلی‌ساکاریدها و لیپیدهایند.

مولکولهای درشت می‌توانند با اتصال به یکدیگر مولکولهای عظیم مانند لیپوپروتئینها (لیپید + پروتئین)، نوکلئوپروتئینها (اسید نوکلئیک + پروتئین) و گلیکوپروتئینها (قند + پروتئین) را تولید نمایند. مجتمع شدن مولکولهای درشت توسط پیوندهای کووالان انجام نمی‌شود، بلکه پیوندهای ضعیف مانند پیوندهای هیدروژنی، پلهای نمکی و پیوندهای آبگریز^۱ هستند که باعث اتصال آنها می‌شوند. مولکولهای عظیم به نوبه خود به وسیله برهم‌کنشهای ضعیف با یکدیگر متراکم شده و ذرات داخل سلولی مانند هسته، میتوکندری، کلروپلاست، لیزوزوم و ... را ایجاد می‌نمایند.

چهار نوع ماکرومولکول در انواع سلولها تقریباً به یک نسبت وجود دارند. هر یک از آنها دارای وظیفه مشخصی در سلول‌اند، اسیدهای نوکلئیک دارای اطلاعات توارثی در سلول بوده و نقش مهمی در حمل این اطلاعات دارند. اطلاعات توارثی به صورت مولکولهای پروتئین بیان^۲ می‌شوند. پروتئینها مولکولهای درشتی هستند که نقش آنزیمی، هورمونی، حامل، ... و همچنین نقش ساختاری را در سلول دارا هستند. پلی‌ساکاریدها دارای نقش ذخیره‌انرژی سلول (گلیکوژن - نشاسته) و یا نقش

ساختاری (سلولز) هستند و بالاخره لیپیدها عمل ذخیره انرژی را عهده‌دار و همچنین در ساختار غشاء سلولی شرکت دارند.



تمامی ترکیبات از چهار عنصر اکسیژن، هیدروژن، نیتروژن و کربن تشکیل یافته‌اند، از ترکیب این عناصر با یکدیگر واحدهای سازنده لیپیدها، پلی ساکاریدها، پروتئینها و اسیدهای نوکلئیک ایجاد می‌شوند که نهایتاً خود این ترکیبات را ایجاد خواهند کرد. ترکیبات ذکر شده بالا در ساختار اندامکهای مختلف سلولی که در کنار یکدیگر سلول را تشکیل می‌دهند، قرار گرفته‌اند.

یادآور می‌شوم که منابع هر فصل در پایان همان فصل ذکر شده است. این منابع علاوه بر کتاب مشتمل بر مقالاتی است که اغلب در ارتباط با مثالهای ذکر شده در متن است.

خداوند را سپاسگزارم که توفیق نگارش این اثر را یافتم، از آقای جمشیدخان چمنی که در تمامی مراحل به‌ویژه نگارش فصلهای دوم تا چهارم همکاری نموده‌اند تشکر فراوان دارم. از آقای محمدرضا امیری که ویراستاری ادبی این کتاب را عهده‌دار بوده‌اند تشکر می‌کنم. از حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد و معاونت پژوهشی دانشکده علوم که امکان نشر این اثر را فراهم نموده‌اند تشکر می‌نمایم. از دست‌اندرکاران چاپ و انتشارات دانشگاه به‌ویژه آقایان کدکنی و افشاران سپاسگزاری می‌نمایم. از استادان ارجمند آقایان موسوی موحدی، بحرالعلوم، پسند، اشتیاق حسینی و هروی که مشوقم بوده‌اند، تشکر می‌نمایم. از همسر که محیطی مناسب را برای این فعالیت در خانه فراهم نمود قدردانی می‌نمایم.

در پایان از هرگونه کاستی احتمالی که در این کتاب وجود دارد عذرخواهی و برای همه همکاران، دانش‌پژوهان و دانشجویان عزیز ایران اسلامی از خداوند طلب توفیق روزافزون می‌نمایم.

محمد رضا حسین دخت

اسفند ۱۳۷۸

فصل اوّل

ساختارهای ماکرومولکولهای زیستی

۱-۱ پروتئینها

ماکرومولکولهای زیستی که به پلیمرهای تراکمی موسوم‌اند، شامل پروتئینها و اسیدهای نوکلئیک هستند. در ساختار تمامی پروتئینها، اتمهای کربن، هیدروژن، نیتروژن، و اکسیژن وجود دارد. بعضی از پروتئینها دارای عناصر دیگری نظیر فسفر، آهن، روی، مس، و گوگرد نیز هستند. پروتئینها دارای وزن ملکولی بالایی هستند که در اثر هیدرولیز اسیدی به ترکیبات ساده‌ای با وزن ملکولی پایین تبدیل می‌شوند که اسیدهای آمینه نام دارند. واحدهای سازنده پروتئین اسیدهای آمینه بوده، که شامل انواع متفاوتی هستند. در ساختار پروتئینهای طبیعی بیست نوع اسید آمینه مختلف شرکت دارند. بسته به نوع پروتئین، فراوانی اسیدهای آمینه در آنها متفاوت است. فرمول عمومی اسیدهای آمینه $(\text{NH}_2 - \text{CHR} - \text{COOH})$ است. تفاوت اسیدهای آمینه در گروه R است. اسیدهای آمینه براساس گروه R به پنج دسته آلیفاتیک، غیرقطبی، آروماتیک، قطبی و دارای بار تقسیم می‌شوند، جدول (۱-۱). اسیدهای آمینه با تشکیل پیوند پپتیدی (آمیدی) ایجاد رشته پلی‌پپتیدی می‌کنند. هر پروتئین شامل یک یا چند رشته پلی‌پپتیدی است. ساختار رزونانسی یک دای پپتید در زیر نشان داده شده است:

۲- بیوفیزیک سلولی: در بیوفیزیک سلولی مباحثی نظیر غشاها، انتشار، انتشار تسهیل شده^(۱)، انتقال فعال^(۲)، اسمز^(۳) و پدیده دونان^(۴) مورد بررسی قرار می‌گیرد. امروزه الگوها و طرحهای مختلفی از غشاء به منظورهای صنعتی و پزشکی در مراکز تحقیقاتی مختلف دنیا ساخته می‌شود.

۳- بیوفیزیک پرتویی: در بیوفیزیک پرتویی، انواع پرتوها و ذرات، اثر پرتوها روی موجودات زنده، خواص جهش‌زایی پرتوهای x و γ ، میزان انرژی جذب شده توسط یک بافت در اثر تابش پرتو به آن و ...، به بحث و بررسی گذاشته می‌شود.

- سلسله مراتب تکامل مولکولی

تمام ماکرومولکولهای زیستی در جانداران از مواد اولیه بسیار ساده مانند دی‌اکسید کربن، آب و نیتروژن که در طبیعت موجوداند، ساخته شده‌اند. این مواد ساده در اثر فرایندهای بیوشیمیایی با یکدیگر ترکیب شده و مولکولهای حد واسط را می‌سازند که دارای وزن مولکولی بیشتری هستند. این مولکولهای حد واسط، اجزاء ساختمانی ماکرومولکولها را می‌سازند (اسیدهای آمینه، نوکلئوتیدها، اسیدهای چرب، قندهای ساده). این اجزای ساختمانی توسط پیوندهای کووالان با یکدیگر متصل شده و مولکولهای درشت با وزن مولکولی زیاد را ایجاد می‌نمایند. اسیدهای آمینه و نوکلئوتیدها به ترتیب اجزاء ساختمانی پروتئینها و اسیدهای نوکلئیک هستند، درحالی که منوساکاریدها و اسیدهای چرب به ترتیب اجزاء ساختمانی پلی ساکاریدها و لیپیدهایند.

مولکولهای درشت می‌توانند با اتصال به یکدیگر مولکولهای عظیم مانند لیپوپروتئینها (لیپید + پروتئین)، نوکلئوپروتئینها (اسید نوکلئیک + پروتئین) و گلیکوپروتئینها (قند + پروتئین) را تولید نمایند. مجتمع شدن مولکولهای درشت توسط پیوندهای کووالان انجام نمی‌شود، بلکه پیوندهای ضعیف مانند پیوندهای هیدروژنی، پلهای نمکی و پیوندهای هیدروفوب هستند که باعث اتصال آنها می‌شوند. مولکولهای عظیم به نوبه خود به وسیله برهم‌کنشهای ضعیف با یکدیگر متراکم شده و ذرات داخل سلولی مانند هسته، میتوکندری، کلروپلاست، لیزوزوم و ... را ایجاد می‌نمایند.

چهار نوع ماکرومولکول در انواع سلولها تقریباً به یک نسبت وجود دارند. هر یک از آنها دارای وظیفه مشخصی در سلول‌اند، اسیدهای نوکلئیک دارای اطلاعات توارثی در سلول بوده و نقش

1. Facilitated diffusion

2. Active transport

3. Osmosis

4. Donnan effect