فهرست

فصل ۱ ـ اساس بیوشیمی ۱۱
۱-۱. پایه‌های سلولی ۱۱
۱-۲. پایه‌های شیمیایی ۱۶
۱-۳. پایه‌های فیزیکی ۱۹
۱-۴. پایه‌های ژنتیکی ۲۲
۱-۵. پایه‌های تکاملی ۲۲

فصل ۲ ـ آب ۲۶
۲-۱. میانکنش‌های ضعیف در سیستم‌های آبی ۲۶
۲-۲. یونیزاسیون آب، اسیدهای ضعیف و بازهای ضعیف ۲۹
۲-۳. بافری‌شدن در مقابل تغییرات pH در سیستم‌های بیولوژیک ۳۱

فصل ۳ ـ اسیدهای آمینه، پپتیدها و پروتئین‌ها ۳۴
۳-۱. اسیدهای آمینه ۳۴
۳-۲. پپتیدها و پروتئین‌ها ۴۱
۳-۳. کار با پروتئین‌ها ۴۴
۳-۴. ساختار پروتئین‌ها: ساختار اولیه ۴۷

فصل ۴ ـ ساختار سه‌بعدی پروتئین‌ها ۵۳
۴-۱. مرور کلی بر ساختار پروتئین ۵۳
۴-۲. ساختار دوم پروتئین‌ها ۵۶
۴-۳. ساختار سوم و چهارم پروتئین‌ها ۶۱
۴-۴. دناتوراسیون پروتئین‌ها ۶۸
۴-۵. تعیین ساختار پروتئین و بیومولکول‌ها ۷۳

فصل ۵ ـ عملکرد پروتئین ۷۵
۵-۱. اتصال برگشت‌پذیر پروتئین به یک لیگاند: پروتئین‌های متصل شونده به اکسیژن ۷۵
۵-۲. میانکنش‌های مکمل بین پروتئین‌ها و لیگاندها: سیستم ایمنی و ایمنوگلوبین‌ها ۸۲
۵-۳. میانکنش‌های پروتئینی تعدیل شده با انرژی شیمیایی: اکتین، میوزین و موتورهای مولکولی ۸۵

فصل ۶ ـ آنزیم ۹۲
۶-۱. مقدمه‌ای بر آنزیم‌ها ۹۲
۶-۲. چگونگی عملکرد آنزیم‌ها ۹۳
۶-۳. کینتیک آنزیمی به عنوان روشی برای شناخت مکانیسم آنزیمی ۹۸
۶-۴. مثال‌هایی از واکنش‌های آنزیمی ۱۰۱
۶-۵. آنزیم‌های ناظم ۱۰۲

فصل ۷ ـ کربوهیدرات‌ها و گلیکوبیولوژی ۱۰۶
۷-۱. مونوساکاریدها و اشتقاق‌های ساکاریدها ۱۰۶
۷-۲. پلی‌ساکاریدها ۱۱۱
۷-۳. گلیکوکونژوگه‌ها: پروتئوگلیکان‌ها، گلیکوپروتئین‌ها و گلیکواسفینگولیپیدها ۱۱۵
۷-۴. کربوهیدرات‌ها به عنوان مولکول‌های اطلاعاتی: کد قندی ۱۲۱
۷-۵. کار با کربوهیدرات‌ها ۱۲۳

فصل ۸ ـ نوکلئوتیدها و اسیدهای نوکلئیک ۱۲۷
۸-۱. برخی تعاریف و قراردادها ۱۲۷
۸-۲. ساختار اسید نوکلئیک ۱۳۱
۸-۳. شیمی اسید نوکلئیک ۱۳۵
۸-۴. دیگر اعمال نوکلئوتیدها ۱۳۸

فصل ۹ ـ تکنولوژی‌های اطلاعات بر پایه DNA ۱۴۲
۹-۱. مطالعات ژن‌ها و محصولات آنها ۱۴۲
۹-۲. استفاده از روش‌هایی بر پایه DNA برای درک عملکرد پروتئین ۱۵۱
۹-۳. ژنومیکس و داستان انسان ۱۵۵

فصل ۱۰ ـ لیپیدها ۱۶۰
۱۰-۱. لیپیدهای ذخیره‌ای ۱۶۰
۱۰-۲. لیپیدهای ساختاری در غشاها ۱۶۳
۱۰-۳. لیپیدها به عنوان سیگنال‌ها، کوفاکتورها و رنگدانه‌ها ۱۶۸
۱۰-۴. کار با لیپیدها ۱۷۴

www.abdisteb.pub

فصل ۱۱ ـ غشاهای بیولوژیک و انتقال ۱۷۸
۱-۱۱. ترکیب و ساختار غشاها ۱۷۸
۲-۱۱. دینامیک غشا ۱۸۲
۳-۱۱. انتقال مواد محلول از عرض غشاها ۱۸۴

فصل ۱۲ ـ پیام‌رسانی ۱۹۱
۱-۱۲. جنبه‌های عمومی انتقال پیام ۱۹۱
۲-۱۲. گیرنده‌های جفت شده با پروتئین G و پیامبرهای ثانویه ۱۹۱
۳-۱۲. GPCRهای بویایی و چشایی ۱۹۶
۴-۱۲. گیرنده‌های تیروزین کینازی ۱۹۷
۵-۱۲. پروتئین‌های آداپتور چند ظرفیتی و قایق‌های غشایی ۲۰۰
۶-۱۲. کانال‌های یونی دریچه‌دار ۲۰۰
۷-۱۲. تنظیم رونویسی توسط گیرنده‌های هورمون‌های هسته‌ای ۲۰۱
۸-۱۲. تنظیم چرخه سلولی توسط پروتئین کینازها ۲۰۲
۹-۱۲. انکوژن‌ها، ژن‌های سرکوب کننده تومور و مرگ سلولی برنامه‌ریزی شده ۲۰۲

فصل ۱۳ ـ مقدمه‌ای بر متابولیسم ۲۰۴
۱-۱۳. بیوانرژتیک و ترودینامیک ۲۰۴
۲-۱۳. منطق شیمیایی و واکنش‌های معمول سیستم ۲۰۶
۳-۱۳. انتقال گروه فسفریل و ATP ۲۰۷
۴-۱۳. واکنش‌های اکسیداسیون- احیا بیولوژیک ۲۱۲
۵-۱۳. اصول تنظیم متابولیک ۲۱۵

فصل ۱۴ ـ گلیکولیز، گلوکونئوژنز و مسیر پنتوز فسفات ۲۲۱
۱-۱۴. گلیکولیز (Glycolysis) ۲۲۲
۲-۱۴. مسیرهای تغذیه کننده گلیکولیز ۲۲۷
۳-۱۴. سرنوشت‌های پیروات در شرایط بی‌هوازی: تخمیر ۲۳۰
۴-۱۴. گلوکونئوژنز ۲۳۱
۵-۱۴. تنظیم هماهنگ گلیکولیز و گلوکونئوژنز ۲۳۴
۶-۱۴. مسیر پنتوز فسفات و اکسیداسیون گلوکز ۲۳۹

فصل ۱۵ ـ اصول متابولیسم گلیکوژن در جانوران ۲۴۳
۱-۱۵. ساختار و عملکرد گلیکوژن ۲۴۳
۲-۱۵. تجزیه و سنتز گلیکوژن ۲۴۴
۳-۱۵. تنظیم هماهنگ شکست و سنتز گلیکوژن ۲۴۶

فصل ۱۶ ـ چرخه اسید سیتریک ۲۵۵
۱-۱۶. تولید استیل- CoA (استات فعال) ۲۵۵
۲-۱۶. واکنش‌های چرخه کربس ۲۵۵
۳-۱۶. کانون متابولیسم واسطه‌ای ۲۶۱
۴-۱۶. تنظیم چرخه کربس ۲۶۴

فصل ۱۷ ـ کاتابولیسم اسید چرب ۲۶۸
۱-۱۷. هضم، به حرکت درآوردن و انتقال چربی‌ها ۲۶۸
۲-۱۷. اکسیداسیون اسیدهای چرب ۲۷۲
۳-۱۷. اجسام کتونی ۲۸۱

فصل ۱۸ ـ اکسیداسیون اسیدهای آمینه و ساخت اوره ۲۸۵
۱-۱۸. سرنوشت‌های متابولیک گروه‌های آمین ۲۸۵
۲-۱۸. دفع نیتروژن و چرخه اوره ۲۹۱
۳-۱۸. مسیرهای تجزیه اسید آمینه ۲۹۶

فصل ۱۹ ـ فسفوریلاسیون اکسیداتیو ۳۱۲
۱-۱۹. زنجیره تنفسی میتوکندری ۳۱۲
۲-۱۹. سنتز ATP ۳۱۹
۳-۱۹. تنظیم فسفریلاسیون اکسیداتیو ۳۲۲
۴-۱۹. نقش میتوکندری در ترموژنز، سنتز استروئید و آپوپتوز ۳۲۳
۵-۱۹. ژن‌های میتوکندریایی: منشأ و اثرات جهش در آنها ۳۲۵

فصل ۲۰ ـ بیوسنتز کربوهیدرات‌ها در گیاهان و باکتری‌ها ۳۲۷
۱-۲۰. جذب نور ۳۲۷
۲-۲۰. مرکز واکنش فتوشیمیایی ۳۲۹
۳-۲۰. تکامل فتوسنتز اکسیژنی ۳۳۲
۴-۲۰. واکنش‌های جذب کربن ۳۳۷
۵-۲۰. تنفس نوری و مسیرهای C4 و CAM ۳۳۹
۶-۲۰. بیوسنتز نشاسته، سوکروز و سلولز ۳۴۳

فصل ۲۱ ـ بیوسنتز لیپیدها ۳۴۲
۱-۲۱. بیوسنتز اسیدهای چرب و ایکوزانوئیدها

www.abadistep.pub

۲-۲۱. بیوسنتز تری‌آسیل گلیسرول‌ها ۳۵۰
۳-۲۱. بیوسنتز فسفولیپیدهای غشایی ۳۵۱
۴-۲۱. کلسترول، استروئیدها و ایزوپرنوئیدها: بیوسنتز، تنظیم و انتقال ۳۵۶

فصل ۲۲ ـ بیوسنتز اسیدهای آمینه، نوکلئوتیدها و مولکول‌های مرتبط ۳۶۶
۱-۲۲. مرور کلی بر متابولیسم نیتروژن ۳۶۶
۲-۲۲. بیوسنتز اسیدهای آمینه ۳۶۸
۳-۲۲. مولکول‌های مشتق از اسیدهای آمینه ۳۷۰
۴-۲۲. بیوسنتز و تجزیه نوکلئوتیدها ۳۸۰

فصل ۲۳ ـ تنظیم هورمونی و یکپارچگی متابولیسم پستانداران ۳۹۱
۱-۲۳. ساختار و عملکرد هورمون‌ها ۳۹۱
۲-۲۳. متابولیسم مختص بافتی ۳۹۴
۳-۲۳. تنظیم هورمونی متابولیسم مواد سوختی ۳۹۶
۴-۲۳. چاقی و تنظیم توده بدن ۳۹۹
۵-۲۳. دیابت ملیتوس ۴۰۳

فصل ۲۴ ـ ژن‌ها و کروموزوم‌ها ۴۰۵
۱-۲۴. عناصر کروموزومی ۴۰۵
۲-۲۴. ابرمارپیچ DNA ۴۰۶
۳-۲۴. ساختار کروموزوم‌ها ۴۱۰
۱-۲۵. همانندسازی DNA ۴۲۱
۲-۲۵. ترمیم DNA ۴۳۳
۳-۲۵. نوترکیبی DNA ۴۳۷

فصل ۲۶ - متابولیسم RNA ۴۴۸
۱-۲۶. سنتز RNA وابسته به DNA ۴۴۸
۲-۲۶. پردازش RNA ۴۵۶
۳-۲۶. سنتز RNA و DNA وابسته به RNA ۴۶۳
۴-۲۶. RNAهای کاتالیتیک و فرضیه دنیای ۴۶۶

فصل ۲۷ ـ متابولیسم پروتئین ۴۶۸
۱-۲۷. کد ژنتیکی ۴۶۸
۲-۲۷. سنتز پروتئین ۴۷۱
۳-۲۷. هدایت و سنتز پروتئین ۴۸۲

فصل ۲۸ ـ تنظیم بیان ژن ۴۸۸
۱-۲۸. اصول تنظیم بیان ژن ۴۸۸
۲-۲۸. تنظیم بیان ژن در باکتری‌ها ۴۹۰
۳-۲۸. تنظیم بیان ژن در یوکاریوت‌ها ۴۹۵

www.abadisteb.pub

آب

۲-۱. میانکنش‌های ضعیف در سیستم‌های آبی
۲-۲. یونیزاسیون آب، اسیدهای ضعیف و بازهای ضعیف
۲-۳. بافری‌شدن در مقابل تغییرات pH در سیستم‌های بیولوژیک

آب بیشترین ماده موجود در سیستم‌های زنده است که حدود ۷۰٪ یا بیشتر وزن اکثر موجودات را تشکیل می‌دهد. اولین موجودات زنده بدون شک در محیط آبی به وجود آمده‌اند و دوره تکامل آنها به وسیله ویژگی‌های محیط آبی که زندگی در آن محیط آغاز شده، شکل گرفته است.

۲-۱. میانکنش‌های ضعیف در سیستم‌های آبی

پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌های آب، باعث ایجاد نیروهای چسبندگی می‌شود که آب را در دمای اتاق به حالت مایع نگه می‌دارند و در حالت یخ در دمای پایین، نظم بی‌سابقه‌ای به این مولکول‌ها می‌دهند. بیومولکول‌های قطبی به راحتی در آب حل می‌شوند. برعکس بیومولکول‌های غیرقطبی با میانکنش‌های آب- آب تداخل می‌کنند ولی قادر به ایجاد میانکنش‌های آب- ماده حل شده نیستند، بنابراین مولکول‌های غیرقطبی در آب حلالیت ضعیفی دارند.

پیوندهای هیدروژنی به آب ویژگی‌های غیرعادی می‌دهد

آب نسبت به حلال‌های معمول دیگر، دارای نقطه ذوب، نقطه جوش و دمای تبخیر بالاتری می‌باشد. این ویژگی‌های غیرعادی نتیجه جاذبه بین مولکول‌های آب مجاور است که باعث افزایش چسبندگی داخلی آب مایع می‌گردند. پیوندهای هیدروژنی، پیوندهای نسبتاً ضعیفی هستند. این پیوندها در محیط آب مایع دارای یک انرژی تجزیه پیوند در حدود ۲۳kJ/mol در مقایسه با ۴۷۰kJ/mol برای پیوند کووالان O-H در آب یا ۳۴۸kJ/mol برای پیوند کووالان C-C هستند. پیوندهای هیدروژن به خاطر همپوشانی اوربیتال‌های پیوندی در حدود ۱۰٪ کووالان و حدود ۹۰٪ الکتروستاتیک هستند. مجموع تمامی پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌های H_2O چسبندگی داخلی بزرگی به آب مایع می‌دهد. شبکه‌های گسترده مولکول‌های آب با پیوند هیدروژنی بین مواد حل شونده ایجاد پل‌هایی می‌کنند که به مولکول‌های بزرگ اجازه می‌دهند که تا فاصله چندین نانومتر، بدون تماس فیزیکی با هم واکنش داشته باشند.

آرایش تقریباً چهار وجهی اوربیتال‌ها دور اتم اکسیژن باعث می‌شود تا هر مولکول آب بتواند با چهار مولکول آب مجاور خود پیوند هیدروژنی تشکیل دهد. با این حال در آب مایع در دمای اتاق و فشار اتمسفر هر مولکول آب دارای حرکت دائمی است که باعث بهم ریختن سازماندهی آب می‌شود، لذا هر مولکول آب به طور میانگین فقط با ۳/۴ مولکول آب دیگر می‌تواند پیوند هیدروژنی تشکیل دهد. در یخ، هر مولکول آب در موقعیت فضایی تثبیت شده‌ای قرار گرفته که با ایجاد پیوند هیدروژنی با چهار مولکول آب دیگر، یک ساختمان شبکه‌ای منظم را ایجاد می‌کند. پیوندهای هیدروژنی مسئول نقطه ذوب نسبتاً بالای آب هستند؛ زیرا برای ناپایداری شبکه کریستالی یخ باید به تعداد کافی پیوند هیدروژنی شکسته شود و برای اینکار به انرژی حرارتی فراوانی نیاز داریم.

آب با حل شونده‌های قطبی، پیوندهای هیدروژنی تشکیل می‌دهد

پیوندهای هیدروژنی تنها به آب محدود نمی‌شود. این پیوندها بین یک اتم الکترونگاتیو و اتم هیدروژن تشکیل می‌شوند که این اتم با پیوند کووالان به اتم الکترونگاتیو دیگر در همان مولکول یا

www.abadistelb.pub

مولکول دیگر اتصال دارد. بیومولکول‌های قطبی بدون بار مثل قندها، به راحتی در آب حل می‌شوند که دلیل آن اثر پایدارکنندگی پیوندهای هیدروژنی میان گروه‌های هیدروکسیل یا اتم اکسیژن کربونیل قند و مولکول‌های قطبی آب است. الکل‌ها، کتون‌ها و ترکیبات دارای پیوند N-H همگی با مولکول‌های آب تولید پیوندهای هیدروژنی می‌کنند و تمایل به حل‌شدن در آب دارند.

پیوندهای هیدروژنی زمانی که مولکول‌های اتصالی طوری قرار می‌گیرند که برهمکنش الکترواستاتیک با حداکثر مقدار خود صورت گیرد، بیشترین قدرت را دارند. پیوندهای هیدروژنی کاملاً جهت‌دار هستند و قادرند دو مولکول یا گروه با پیوند هیدروژنی را در یک آرایش هندسی ویژه نگه دارند. این خاصیت باعث ایجاد ساختمان‌های سه‌بعدی بسیار دقیق در مولکول‌های پروتئین یا اسید نوکلئیک می‌شود که پیوندهای هیدروژنی درون مولکولی زیادی دارند.

آب به صورت الکترواستاتیک، با مواد حل شونده باردار واکنش می‌دهد

آب یک حلال قطبی است که به راحتی بیشتر بیومولکول‌های عموماً قطبی یا باردار را حل می‌کند. ترکیباتی که به راحتی در آب حل می‌شوند **هیدروفیل** و حلال‌های غیرقطبی که در آب حل نمی‌شوند **هیدروفوب** می‌نامند.

آب با هیدراته کردن و پایدار نمودن یون‌های Na^+ و Cl^- و تضعیف میانکنش‌های الکترواستاتیک بین آنها و بنابراین حلله با تمایل آنها برای به هم پیوستن به صورت شبکه کریستالی، نمک‌هایی مانند NaCl را حل می‌کند. آب همچنین به آسانی بیومولکول‌های باردار نظیر ترکیباتی با گروه‌های عاملی $-COO^-$ و $-NH_3^+$ و استرهای فسفات و انیدریدها را حل می‌کند. آب به دلیل داشتن ثابت دی‌الکتریک بالا در حذف برهمکنش‌های الکترواستاتیک بین یون‌های حل شده مؤثر است.

گازهای غیرقطبی در آب حلالیت ضعیفی دارند

مولکول‌های گازی مهم بیولوژیک، CO_2، N_2 و O_2 غیرقطبی هستند. انتقال مولکول‌ها از فاز گاز نامنظم به محلول آبی، حرکت این مولکول‌ها و حرکت مولکول‌های آب را محدود کرده و باعث کاهش آنتروپی می‌شود. ماهیت غیرقطبی این گازها و کاهش آنتروپی با ورود به محلول، در مجموع حلالیت این گازها را در آب بسیار کم می‌کند. برخی موجودات دارای «پروتئین‌های حامل» محلول در آب هستند که انتقال O_2 را تسهیل می‌کند. دی‌اکسید کربن در محلول آبی، اسید کربنیک می‌سازد و به صورت یون HCO_3^- و به طور آزاد و یا متصل به هموگلوبین منتقل می‌گردد. سه گاز دیگر NH_3، NO و H_2S در بعضی موجودات نقش‌های بیولوژیک دارند، این گازها قطبی هستند و به راحتی در آب حل می‌شوند.

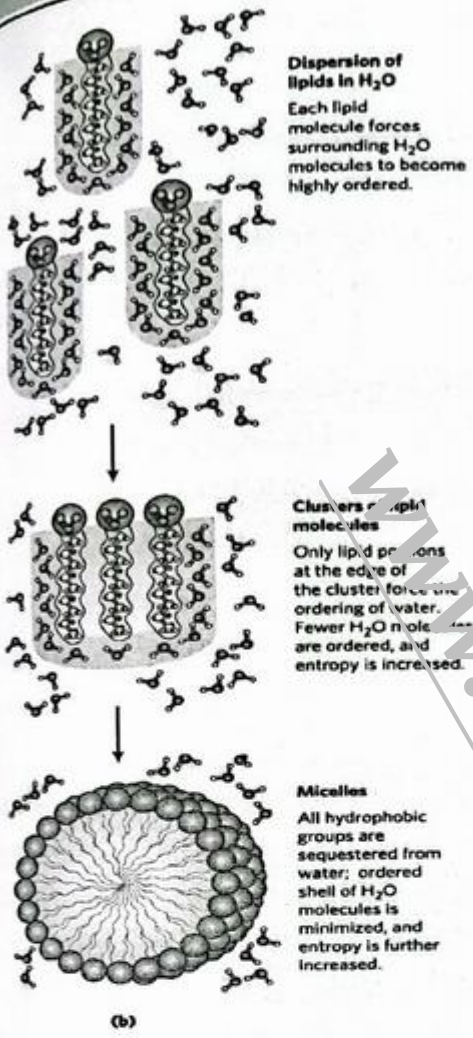
ترکیبات غیرقطبی باعث تغییراتی در ساختمان آب می‌شوند که از نظر انرژتیک مطلوب نیستند

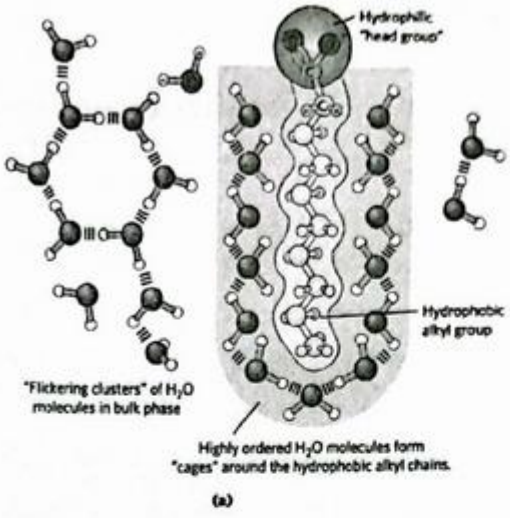
ترکیبات غیرقطبی مثل بنزن یا هگزان آبگریز هستند، آنها نمی‌توانند با آب میانکنش‌هایی را ایجاد کنند که از لحاظ انرژتیک مطلوب باشند و در پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌های آب مداخله می‌کنند. مواد قطبی یا باردار، از بین رفتن پیوندهای هیدروژن آب- آب را با ایجاد میانکنش‌های جدید بین ماده حل شده- آب جبران می‌کند. تغییر خالص در آنتالپی حل شدن آنها معمولاً ناچیز است. با این حال مواد محلول آبگریز چنین جبرانی را ایجاد نمی‌کنند و اضافه‌کردن آنها به آب ممکن است باعث افزایش کم آنتالپی شود؛ شکسته‌شدن پیوندهای هیدروژنی بین مولکول‌های آب، انرژی را از سیستم گرفته و به ورود انرژی از اطراف نیاز دارد. علاوه بر نیاز به ورود انرژی، حل شدن ترکیبات آبگریز در آب کاهش قابل اندازه‌گیری در انتروپی ایجاد می‌کند. مولکول‌های آب اطراف ماده محلول غیرقطبی از لحاظ قرار گرفتن، تولید یک صفحه قفس شکل به شدت نظم یافته در اطراف هر مولکول ماده حل شده می‌کند. تأثیر این نظم در مولکول‌های آب کاهش یافتن آنتروپی می‌باشد.

ترکیبات **آمفی‌پاتیک** با مخلوط شدن در آب طوری قرار می‌گیرد که ناحیه قطبی آبدوست به صورت مناسب با حلال واکنش می‌دهند و ناحیه غیرقطبی تمایل به اجتناب از آب دارد. نواحی غیرقطبی تولید دستجاتی می‌کنند تا کوچکترین بخش آبگریز حلال آبی را به وجود آورند و نواحی قطبی به صورتی قرار گرفته‌اند که میانکنش‌های آنها با حلال به حداکثر مقدار خود برسد. این ساختارهای پایدار **میسل** نام دارند. به نیروهایی که نواحی غیرقطبی مولکول‌ها را کنار هم قرار می‌دهد **میانکنش‌های آبگریز** گویند. قدرت میانکنش‌های آبگریز نتیجه کسب حداکثر پایداری ترمودینامیکی سیستم است که با به حداقل رساندن تعداد مولکول‌های آب منظم امکان‌پذیر می‌باشد.

بسیاری از مولکول‌ها آمفی‌پاتیک هستند؛ پروتئین‌ها، رنگدانه‌ها، برخی ویتامین‌ها، استرول‌ها و فسفولیپیدهای غشاء. میانکنش‌های آبگریز در بین لیپیدها و همچنین لیپید و پروتئین‌ها، مهم‌ترین عوامل تعیین کننده ساختاری در غشاهای

www.abadisteb.pub





شکل ۱-۲. ترکیبات آمفی‌پاتیک در محلول آبی. (a) اسیدهای چرب زنجیر بلند بسیار آبگریز هستند که با لایه‌ای از مولکول‌های آب با نظم زیاد محصور شده‌اند. (b) مولکول‌های اسید چرب با ایجاد دسته جاتی در میسل‌ها کمترین سطح آبگریز را در مجاورت آب دارند و مولکول‌های کمتری از آب برای تولید صفحه‌ای از مولکول‌های منظم استفاده می‌شود.

www.abadisteb.pub

بیولوژیک هستند. میانکنش‌های آبگریز بین اسیدهای آمینه غیرقطبی نیز باعث پایداری ساختار سه‌بعدی پروتئین‌ها می‌شوند (شکل ۱-۲).

میانکنش‌های واندروالس، جاذبه‌های بین اتمی ضعیف هستند

وقتی دو اتم بدون بار در نزدیک هم باشند، ابرهای الکترونی که آنها را احاطه می‌کنند بر روی هم تأثیر دارند. تغییرات تصادفی در موقعیت الکترون‌های اطراف یک هسته ممکن است یک دوقطبی الکتریکی گذرا تولید کند که باعث القای یک دوقطبی الکتریکی مخالف گذرا در اتم مجاور شود. این دو دوقطبی یکدیگر را به صورت ضعیف جذب می‌کنند و در نتیجه دو هسته نزدیک هم قرار می‌گیرند. این جاذبه‌های ضعیف را **میانکنش‌های واندروالس** می‌نامند. هر اتم دارای یک شعاع واندروالس مشخص می‌باشد که نشان‌دهنده این است که یک اتم به چه اندازه‌ای می‌تواند نزدیک اتم دیگر شود.

میانکنش‌های ضعیف در ساختمان و عملکرد ماکرومولکول‌ها حیاتی هستند

ماکرومولکول‌هایی مانند پروتئین‌ها، DNA و RNA دارای جایگاه‌های زیادی برای ایجاد پیوندهای هیدروژنی و میانکنش‌های یونی، واندروالس و آبگریز هستند و اثر مجموع این نیروهای متعدد اتصالی کوچک، بسیار زیاد است. برای ماکرومولکول‌ها، پایدارترین ساختار، ساختاری است که در آن احتمال ایجاد پیوندهای ضعیف در حداکثر مقدار خود باشد. تا شدن یک زنجیره پلی‌پپتیدی یا پلی‌نوکلئوتیدی واحد به صورت سه‌بعدی با این اصل تعیین می‌شود. اتصال یک آنتی‌ژن به آنتی‌بادی اختصاصی به مجموع اثرات بسیاری از میانکنش‌های ضعیف بستگی دارد. اتصال یک هورمون یا یک ناقل عصبی به پروتئین گیرنده سلول خود، حاصل میانکنش‌های ضعیف است. یکی از دلایل بزرگی اندازه آنزیم‌ها و گیرنده‌ها این است که برای واکنش‌های ضعیف سطح بزرگی فراهم شود.

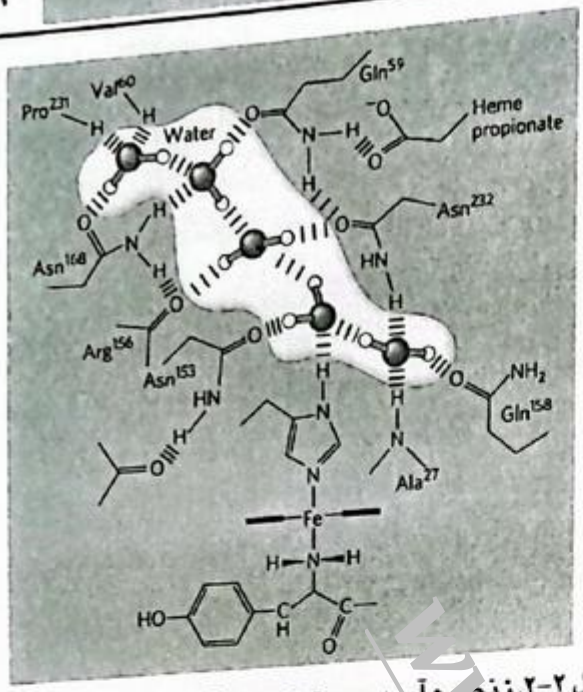
وقتی که ساختار یک پروتئین به وسیله کریستالوگرافی اشعه X تعیین می‌شود، مشاهده می‌گردد که مولکول‌های آب اغلب به

صورت محکم به بخش ساختار کریستالی متصل شده بودند. این حالت در مورد کریستال‌های RNA یا DNA نیز مشاهده شد. این مولکول‌های آب متصل شده که در محلول‌های آبی با رزونانس مغناطیسی هسته شناسایی می‌شوند، از لحاظ ویژگی با آب حجیم حلال بسیار متفاوت است. به عنوان مثال، آنها فعالیت اسمزی ندارند. برای اکثر پروتئین‌ها اتصالات قوی مولکول‌های آب برای فعالیت آنها ضروری است. برای مثال در واکنش فتوسنتز، یکی از پروتئین‌های دخیل سیتوکروم F است که دارای یک زنجیره با پنج مولکول آبی اتصالی می‌باشد (شکل ۲-۲).

مواد حل شونده، روی خواص کولیگاتیو محلول‌های آبی اثر دارند

مواد حل شونده از هر نوع باعث تغییر برخی از خواص فیزیکی حلال (یعنی آب) شامل فشار بخار، نقطه جوش، نقطه ذوب (نقطه انجماد) و فشار اسمزی می‌شوند. این خواص را **خواص کولیگاتیو** گویند. اثر غلظت ماده محلول روی خواص کولیگاتیو آب، مستقل از ویژگی‌های شیمیایی ماده حل شونده است و تنها به تعداد ذرات ماده حل شونده در مقدار معینی از آب بستگی دارد.

مولکول‌های آب تمایل دارند از یک ناحیه با غلظت بالای آب به یک ناحیه با غلظت پایین حرکت کنند. وقتی دو محلول آبی متفاوت به وسیله یک غشاء نیمه تراوا از هم جدا شوند، انتشار مولکول‌های آب از ناحیه با غلظت بالای آب به ناحیه‌ای با غلظت پایین آب، ایجاد فشار اسمزی می‌کند. **اسمز** حرکت آب از عرض یک غشاء نیمه تراوا به واسطه اختلاف در فشارهای اسمزی که یکی از عوامل مهم در زندگی سلول‌ها می‌باشد. غشاهای پلاسمایی نسبت به آب نفوذپذیری بیشتری دارند. این امر به علت کانال‌های پروتئینی غشاء می‌باشد که به طور انتخابی به مولکول‌های آب اجازه عبور می‌دهند. محلول‌هایی که اسمولاریته یکسانی با اسمولاریته سیتوزول دارند **ایزوتونیک** نامیده می‌شوند. محلولی که اسمولاریته آن از سیتوزول بیشتر است **محلول هیپرتونیک** است که به خاطر خروج آب از سلول، سلول در آن چروکیده می‌شود. در یک **محلول هیپوتونیک** که دارای اسمولاریته کمتری از سیتوزول می‌باشد، سلول آب گرفته و متورم می‌شود. باکتری‌ها و گیاهان، در اطراف غشاء پلاسمایی یک دیواره سلولی بدون قابلیت بزرگ‌شدن وجود دارد که برای مقاومت در برابر فشار اسمزی و ممانعت از لیز اسمزی به قدر کافی سخت و محکم می‌باشد. برخی آغازیان تک‌سلولی آب شیرین دارای یک واکوئل انقباضی



شکل ۲-۲. زنجیره آب در سیتوکروم f. آب به یک کانال پروتونی در پروتئین غشایی سیتوکروم f متصل است، که بخشی از ماشین شکار انرژی فتوسنتز در کلروپلاست محسوب می‌شود. پنج مولکول آب با پیوند هیدروژنی به هر یک از گروه‌های عاملی پروتئین اتصال دارند و بعضی از گروه‌های اسکلت پپتیدی ریشه‌های والین، پرولین و آرژینین و آلانین می‌باشند. این زنجیره‌های جانبی سه ریشه آسپارژین و دو ریشه گلوتامین پروتئین یک هم اتصالی دارد که یون آهن آن جریان الکترون را در طی فتوسنتز تسهیل می‌کند. جریان الکترون با حرکت پروتون از عرض غشاء جفت می‌شود که احتمالاً باعث "پرش پروتونی" می‌گردد که از طریق زنجیره متصل شده از مولکول‌های آب انجام می‌گیرد.

هستند که آب را به سمت خارج سلول پمپ می‌کنند. در حیوانات پرسلولی اسمولاریته پلاسمای خون و مایع بینابینی در حدود اسمولاریته سیتوزول حفظ می‌شود. غلظت بالای آلبومین و پروتئین‌های دیگر پلاسما در تولید اسمولاریته آن نقش دارند. سلول‌ها نیز به صورت فعال یون‌هایی مثل Na^+ را به خارج و به داخل مایع بینابینی پمپ می‌کنند تا تعادل اسمزی را با محیط اطراف آنها حفظ کنند.

۲-۲. یونیزاسیون آب، اسیدهای ضعیف و بازهای ضعیف

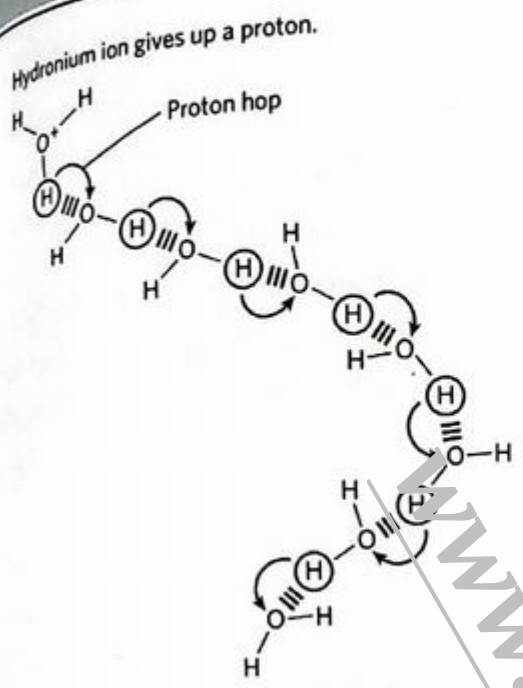
مشابه تمام واکنش‌های برگشت‌پذیر، یونیزاسیون آب را می‌توان به وسیله ثابت تعادل تعریف کرد. زمانی که اسیدهای ضعیف در آب حل می‌شوند، با یونیزاسیون در تولید H^+ شرکت می‌کنند؛

www.abadistep.pub

بازهای ضعیف H^+ را مصرف می‌کنند و پروتونه می‌شوند. این فرآیندها نیز طبق ثابت‌های تعادل صورت می‌گیرند. غلظت کل یون هیدروژن از تمامی منابع به صورت عملی قابل سنجش است و به صورت pH محلول بیان می‌شود.

آب خالص مقداری یونیزه می‌شود

مولکول‌های آب تمایل کمی برای یونیزاسیون برگشت‌پذیر به یون هیدروژن و یک هیدروکسید دارند که با هم در تعادل‌اند. یون‌های هیدروژن ساخته شده در آب به سرعت به یون‌های هیدرونیوم هیدراته می‌شوند. یونیزاسیون آب را می‌توان به وسیله هدایت الکتریکی آن اندازه‌گیری کرد. آب خالص با حمل H^+ به طرف کاتد و OH^- به طرف آند باعث هدایت جریان الکتریکی می‌شود. حرکت یون‌های هیدرونیوم و هیدروکسید در میدان الکتریکی، در مقایسه با یون‌هایی از قبیل Na^+، K^+ و Cl^- خیلی سریع‌تر است. این حرکت یونی بالا نتیجه **پرش پروتونی** می‌باشد (شکل ۳-۲). حرکت یونی بالای H^+ واکنش‌های اسید- باز در محلول‌های آبی معمولاً سریع هستند. پرش یونی به احتمال زیاد در واکنش‌های انتقال پروتون بیولوژیک نقش ایفا می‌کند.



شکل ۳-۲. پرش پروتونی. پرش کوتاه پروتونی بین یک سری مولکول‌های آب متصل به‌هم با پیوندهای هیدروژنی باعث حرکت خالص و خیلی سریع پروتون در یک فاصله طولانی می‌شود. یک یون هیدرونیوم (بالا چپ)، یک پروتون از دست می‌دهد، یک مولکول آب در فاصله‌ای دورتر (پائین راست)، پروتون را می‌گیرد و به یک یون هیدرونیوم تبدیل می‌شود. پرش پروتونی بسیار سریع‌تر از انتشار واقعی دارد و حرکت یونی بسیار بالا در یون‌های H^+ را در مقایسه با دیگر یون‌های یک ظرفیتی از قبیل Na^+ و K^+ توضیح می‌دهد.

مقیاس pH نشان‌دهنده غلظت‌های $[H^+]$ و $[OH^-]$ می‌باشد. محصول یونی آب (K_w)، پایه و اساس مقیاس pH است که برای تعیین غلظت $[H^+]$ در هر محلول آبی در محدوده بین ۱M یون هیدروژن و ۱M یون هیدروکسید یک ابزار مرسوم می‌باشد. واژه pH به این صورت بیان می‌گردد:

$$pH = \log \frac{1}{[H^+]} = -\log [H^+]$$

برای یک محلول خنثی در دمای ۲۵°C که غلظت یون‌های هیدروژن در آن برابر $۱\times۱۰^{-۷}M$ می‌باشد. pH را می‌توان به صورت زیر محاسبه کرد:

$$pH = \log \frac{۱}{۱\times۱۰^{-۷}} = ۷$$

مقدار ۷ برای pH یک محلول کاملاً خنثی در نظر گرفته می‌شود. محلول‌های دارای pH بالای ۷ قلیایی و محلول‌های دارای pH کمتر از ۷ اسیدی هستند. pH یک محلول را می‌توان توسط رنگ‌های معرف مانند لیتموس، فنل رد یا توسط الکترودهای شیشه‌ای حساس به غلظت یون‌های H^+ اندازه گرفت.

اسیدها و بازهای ضعیف ثابت‌های تفکیک اسیدی مشخصی دارند

اسیدهای هیدروکلریک، سولفوریک و نیتریک که عموماً اسیدهای قوی نامیده می‌شوند، در محلول‌های آبی رقیق به صورت کامل یونیزه می‌شوند. برای بیوشیمی‌دانان، رفتار اسیدها و بازهای ضعیف که به طور کامل در آب یونیزه نمی‌شوند مهم‌تر است. این ترکیبات در سیستم‌های بیولوژیکی رایج بوده و در متابولیسم و تنظیم، نقش‌های مهمی دارد.

منحنی‌های تیتراسیون، pKa اسیدهای ضعیف را نشان می‌دهند

از تیتراسیون برای تعیین مقدار یک اسید در یک محلول استفاده می‌شود. حجم معینی از یک اسید به وسیله یک باز قوی، معمولاً

www.abadistelpub