بیوشیمی- فیزیک

نگارندگان

دکتر بیژن رنجبر

دکتر خسرو خلیفه

دکتر سیده اکرم شیردل

۱۴۰۲

سرشناسه: رنجبر، بیژن، ۱۳٤٥
عنوان و نام پدیدآور: بیوشیمی-فیزیک / نگارنده بیژن رنجبر، خسرو خلیفه، سیده اکرم شیردل.
مشخصات نشر: تهران: دانشگاه تربیت مدرس، ۱٤۰۲.
مشخصات ظاهری: ٤۲٦ ص.
شابک: ۹۷۸-٦۲۲-۷۰۳٤-٦٥-۳
وضعیت فهرست نویسی: فیپا مختصر
شناسه افزوده: خلیفه، خسرو، ۱۳٥٤
شناسه افزوده: شیردل، سیده‌اکرم، ۱۳٦۲
شناسه افزوده: دانشگاه تربیت مدرس
شناسه افزوده: Tarbiat Modarres University
شماره کتابشناسی ملی: ۹۳۸۱۱۹۳
اطلاعات رکورد کتابشناسی: فیپا

بیوشیمی- فیزیک

نگارندگان: بیژن رنجبر، خسرو خلیفه، سیده اکرم شیردل
ویراستار ادبی و فنی: فاطمه نابع
طراح جلد: ترنج
صفحه‌آرایی: سمیه زهانی
شماره انتشار: ۳۱۰
شماره پیاپی: ٥۰۱
تاریخ انتشار: ۱٤۰۲
شمارگان: ۲۰۰
شابک: ۹۷۸-٦۲۲-۷۰۳٤-٦٥-۳ **شابک الکترونیکی:** ۹۷۸-٦۲۲-۸۳۳۹-٥۲-۸
ناشر: انتشارات دانشگاه تربیت مدرس
نوبت چاپ: اول
کارشناس اجرایی: لیلا نجفی زمان
ناظر چاپ: مصطفی جانجانی
لیتوگرافی: ایران گرافیک
چاپ و صحافی: شمس
مرکز پخش: تقاطع بزرگراه‌های آل‌احمد و دکتر چمران، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، صندوق پستی: ۳۱۸-۱٤۱۱٥
تلفن: ۸۲۸۸۳۰۹٦
دورنگار: ۸۲۸۸۳۰۳۲
آدرس اینترنتی فروش: pub.modares.ac.ir

مسئولیت صحت مطالب کتاب برعهدهٔ نگارندگان است.

تمام حقوق این اثر برای مرکز نشر آثار علمی دانشگاه تربیت مدرس محفوظ است و تکثیر کتاب به هر روشی بدون اجازه کتبی ناشر پیگرد قانونی دارد.

تقدیم به:

هموطنان آسیب دیده از کرونا

فهرست مطالب

پیشگفتار ..... ز

۱- مبانی شیمی- فیزیک ۱

۱-۱ اهمیت مدل‌سازی در تاریخ علم ۱

۱-۲ مدل‌سازی رفتار گازها ۳

۱-۲-۱ قانون بویل ٤

۱-۲-۲ قانون چارلز و گای لوساک ٥

۱-۲-۳ قانون آووگادرو ۸

۱-۲-٤ معادلهٔ حالت گازهای ایده‌آل ۸

۱-۳ فاکتور تراکم‌پذیری در گازها ۱۰

۱-٤ معادلهٔ واندروالس ۱۲

۱-٥ معادله حالت فازهای متراکم ۱٦

۱-٦ ضریب انبساط حرارتی ۱۷

۱-۷ ضریب تراکم‌پذیری در دمای ثابت ۱۸

۱-۸ نظریه جنبشی گازها ۱۹

۱-۹ انرژی جنبشی و دما ۲٤

۱-۱۰ توزیع متوازن انرژی ۲۷

۱-۱۱ مخلوط گازها ۳٤

۱-۱۲ ویسکوزیته ۳٦

۲- مبانی ترمودینامیک **٤۱**

۲-۱ مقدمه ٤۱

۲-۲ برخی اصطلاحات مهم در ترمودینامیک ٤۲
۲-۲-۱ سیستم و انواع آن ٤۳
۲-۲-۲ محیط وجهان ٤۳
۲-۲-۳ تعادل ٤٤
۲-۲-٤ تحول یا فرایند ٤٥
۲-۲-٥ توابع حالت و توابع مسیر ٤٥
۲-۲-٦ انرژی در سیستم‌ها ٤٦
۲-۲-٦-۱ راه‌های انتقال انرژی ٤۷
۲-۳ قانون صفر ترمودینامیک ٤۸
۲-۳-۱ تعادل در یک سیستم ایزوله ٤۹
۲-٤ قانون اول ترمودینامیک (قانون بقای انرژی) ٥۰
۲-٤-۱ کار در ترمودینامیک ٥۳
۲-٥ مفاهیم پایه ریاضی در ترمودینامیک ٦۲
۲-٥-۱ انجام‌یافتن فرایند در حجم ثابت ٦۸
۲-٥-۲ انجام‌یافتن فرایند در فشار ثابت ٦۹
۲-٥-۳ ظرفیت گرمایی ۷۳
۲-٥-۳-۱ ظرفیت گرمایی در حجم ثابت ۷٤
۲-٥-۳-۲ ظرفیت گرمایی در فشار ثابت ۷٥
۲-٥-۳-۳ رابطه C_p و C_V در گاز ایده‌آل ۷٦
۲-٥-٤ انبساط هم‌دمای برگشت‌پذیر در گاز ایده‌آل ۷۷
۲-٥-٥ انبساط بی‌دررو برگشت‌پذیر و برگشت‌ناپذیر گاز ایده‌آل ۷۸
۲-٦ قانون دوم ترمودینامیک ۸٥
۲-٦-۱ آنتروپی در مفهوم انرژی غیرمفید ۸٦
۲-٦-۲ آنتروپی آماری ۸۷
۲-۷ تغییر آنتروپی در انبساط هم‌دمای گاز ایده‌آل ۹۰
۲-۷-۱ آنتروپی ترمودینامیکی ۹۱
۲-۷-۱-۱ تغییر آنتروپی ناشی از مخلوط‌شدن گازهای ایده‌آل ۹۳

۲–۷–۱–۲ تغییر آنتروپی ناشی از گرم‌کردن سیستم ۹۵
۲–۷–۲ قانون دوم ترمودینامیک با درنظرگرفتن محیط ۹۶
۲–۸ موتورهای حرارتی و چرخه کارنو ۹۸
۲–۸–۱ کارایی ترمودینامیکی ۱۰۴
۲–۸–۲ رابطه چرخه کارنو و قانون دوم ترمودینامیک ۱۰۶
۲–۹ تبدیل انرژی در سیستم‌های زنده ۱۰۷
۲–۱۰ آنتروپی و توزیع انرژی ۱۱۱
۲–۱۰–۱ قانون توزیع بولتزمن ۱۱۴
۲–۱۱ توابع انرژی آزاد ۱۲۴
۲–۱۱–۱ تابع انرژی آزاد گیبس (G) ۱۲۵
۲–۱۱–۲ تابع انرژی آزاد هلمهولتز ۱۲۸
۲–۱۱–۲–۱ رابطه بین انرژی آزاد گیبس وهلمهولتز در شرایط هم‌دما ۱۳۰
۲–۱۱–۲–۲ انرژی آزاد هلمهولتز در یک فرایند برگشت‌پذیر ۱۳۱
۲–۱۱–۲–۳ میزان تغییر انرژی آزاد هلمهولتز در مخلوط‌شدن دو گاز ایده‌آل ۱۳۲
۲–۱۲ برخی روابط ترمودینامیکی مهم ۱۳۲
۲–۱۳ روابط ماکسول ۱۳۷
۲–۱۴ وابستگی انرژی آزاد گیبس به فشار و دما ۱۳۹
۲–۱۵ وابستگی انرژی آزاد گیبس به فشار ۱۴۱
۲–۱۶ آنتروپی مطلق و قانون سوم ترمودینامیک ۱۴۲
۲–۱۷ ترمودینامیک و حیات ۱۴۵
۲–۱۷–۱ منشأ ترمودینامیکی حیات ۱۵۲
۲–۱۷–۲ آنالیز ترمودینامیکی اکوسیستم‌ها ۱۵۴
۲–۱۷–۳ مروری بر تاریخ حیات ۱۵۶
۳– ترمودینامیک محلول‌ها ۱۶۵
۳–۱ مقدمه ۱۶۵
۳–۱–۱ حجم مولی جزیی ۱۶۶
۳–۱–۲ انرژی آزاد گیبس مولی جزئی ۱۷۱

۳-۱-۳ مخلوط‌شدن خودبه‌خودی گازها ۱۷۷
۳-۲ مخلوط‌های دوجزئی حاوی مایعات فَرّار ۱۷۹
۳-۳ محلول‌های حقیقی ۱۸٤
۳-٤ تغییرات انرژی آزاد یک واکنش ۱۸۸
۳-۵ اثر دما بر ثابت تعادل ۱۹۱
۳-٦ فشار اسمزی ۱۹۳
۳-۷ مولکول‌های باردار و رفتار محلول‌های الکترولیت ۲۰۱
۳-۷-۱ پتانسیل نرست ۲۰۳
۳-۷-۲ تعادل دونان ۲۰٦
۳-۸ توصیف ماکروسکوپی انتشار ۲۰۹
۳-۸-۱ متغیرهای انتشار ۲۱۰
۳-۸-۲ شار ۲۱۱
۳-۸-۳ قانون اول فیک ۲۱۱
۳-۸-٤ معادله پیوستگی ۲۱٤
۳-۸-۵ قانون دوم فیک در انتشار ۲۱۷
۳-۸-٦ پدیده انتشار و قانون دوم ترمودینامیک ۲۱۸
۳-۹ حرکت براونی ۲۲۰
۳-۹-۱ قدم زنی تصادفی ۲۲۲
۳-۹-۲ توصیف میکروسکوپی انتشار ۲۲۵
۳-۱۰ سینتیک ته‌نشینی ۲۲۸
۳-۱۱ ته‌نشینی تعادلی ۲۳۳
۳-۱۲ عدد رینولد در زیست‌شناسی ۲۳۵
٤- سینتیک و ترمودینامیک تاخوردگی پروتئین ۲۳۷
٤-۱ مقدمه ۲۳۷
٤-۲ مباحث تئوری در سینتیک و ترمودینامیک تاخوردگی پروتئین ۲٤٤
٤-۲-۱ مطالعات ترمودینامیک (اندازه‌گیری پایداری پروتئین) ۲٤۹
٤-۲-۱-۱ پایداری شیمیایی ۲٤۹

٤-٣ پایداری دمایی..... ٢٥٧
٤-٣-١-١ پایداری دمایی ٢٥٧
٤-٣-١-٢ تعیین آنتالپی به روش مستقیم ٢٦٣
٤-٣-٢ واسرشتگی ناشی از سرما..... ٢٧٠
٤-٤ مطالعات سینتیکی تاخوردگی پروتئین..... ٢٧٢
٥- بیوشیمی-فیزیک آنزیم‌ها..... ٢٨٧
٥-١ مقدمه..... ٢٨٧
٥-٢ ویژگی‌های آنزیم‌ها..... ٢٨٩
٥-٣ دسته‌بندی و نام‌گذاری آنزیم‌ها..... ٢٩٢
٥-٤ ساختار آنزیم و شیوه اتصال سوبسترا..... ٢٩٥
٥-٥ تعادل در واکنش‌های آنزیمی..... ٣٠٢
٥-٦ کمپلکس سوبسترا- آنزیم..... ٣٠٥
٥-٧ سینتیک آنزیمی..... ٣٠٧
٥-٧-١ اثر غلظت آنزیم بر ثابت سرعت واکنش آنزیمی..... ٣١٤
٥-٧-٢ اثر غلظت سوبسترا بر ثابت سرعت واکنش آنزیمی..... ٣١٥
٥-٧-٢-١ مدل براون در سینتیک آنزیمی..... ٣١٨
٥-٧-٢-٢ مدل مبتنی‌بر حالت تعادل سریع در سینتیک آنزیمی..... ٣١٩
٥-٧-٢-٣ سینتیک مبتنی‌بر حالت پایا..... ٣٢٤
٥-٧-٢-٤ شیوه‌های نمایش خطی داده‌ها در سینتیک آنزیمی..... ٣٣٤
٥-٧-٢-٥ کارآیی کاتالیتیکی ٣٣٩
٥-٧-٣ اثر دما بر سینتیک واکنش‌ها ٣٤٢
٥-٧-٣-١ قانون آرنیوس در واکنش‌های آنزیمی..... ٣٤٥
٥-٧-٤ اثر pH بر سینتیک آنزیمی ٣٥١
٥-٧-٥ ملاحظات عملی در بررسی اثر pH و دما بر فعالیت آنزیم ٣٥٢
٥-٧-٦ مهار آنزیم..... ٣٥٥
٥-٧-٦-١ مهار برگشت‌پذیر..... ٣٥٧
٥-٧-٦-١-١ مهار رقابتی..... ٣٥٩

۵-۷-٦-۱-۲ مهار غیررقابتی ۳٦۵
۵-۷-٦-۱-۳ مهارنارقابتی ۳٦۹
۵-۷-۷ رفتار آلوستری در آنزیم‌ها ۳۷٤
فهرست منابع ۳۷۹
واژه‌نامه فارسی به انگلیسی ۳۹۹
واژه‌نامه انگلیسی به فارسی ٤۰۷
نمایه ٤۱۵

پیشگفتار

کتاب بیوشیمی–فیزیک که دربرگیرنده مفاهیم پایه در شیمی–فیزیک، توام با تعمیم این مفاهیم به علوم‌زیستی است، می‌تواند به‌عنوان منبع دروس بیوشیمی–فیزیک و بیوترمودینامیک به‌کار رود. نوشتار کتاب بر اساس تجربه‌های تدریس نویسندگان در دروس بیوشیمی–فیزیک در مقطع کارشناسی، بیوشیمی–فیزیک پیشرفته و بیوترمودینامیک در مقاطع ارشد و دکتری و همچنین آنزیم‌شناسی در مقطع کارشناسی ارشد به نگارش درآمده است. درحقیقت می‌توان گفت که دیدگاه‌ها و پیشنهادهای ارزشمند دانشجویان نسل‌های اخیر، تأثیر ویژه‌ای بر تنظیم مطالب کتاب داشته است. فصل اول کتاب، گذری کوتاه بر مبانی شیمی–فیزیک است که با تأکید بر اهمیت مدل‌سازی پدیده‌های طبیعی و فرمول‌بندی رفتار گازها شروع می‌شود و در ادامه با معرفی مفاهیم مهمی از قبیل نظریه جنبشی گازها و برخی مفاهیم کلیدی در این حوزه علمی به پایان می‌رسد. فصل دوم با معرفی اصطلاح‌ها و مفاهیم اصلی در ترمودینامیک شروع و با ذکر قوانین چهارگانه ترمودینامیک، تأثیر این قوانین در ایجاد و حفظ پدیده‌های طبیعی بررسی می‌شود. در این بخش سعی شده است که برخی اصطلاح‌های کلیدی، مانند آنتروپی از زوایای مختلف بررسی شود. علاوه‌براین، ریاضیات حاکم بر فرمول‌بندی قوانین ترمودینامیک نیز در حد نیاز، مرور شده است؛ به‌طوری‌که می‌توان گفت هیچ رابطهٔ ترمودینامیکی بدون اشاره به پیش‌زمینه ریاضیاتی آن، بیان نشده است. در این فصل مفاهیم مهمی مانند انرژی آزاد گیبس و فلسفه به‌کارگیری این مفهوم در بررسی فرایندها نیز با جزئیات بیان شده است. پایان این فصل مروری بر ترمودینامیک حیات و واکاوی پرسش‌های کلیدی در این زمینه است. فصل سوم شامل اصول و مبانی ترمودینامیک محلول‌ها است که بخش اول آن شامل تعمیم اصول شیمی–فیزیک گازها به محلول‌ها بوده و در آن چگونگی به‌کارگیری مفاهیمی مانند انرژی آزاد در بررسی رفتار محلول‌ها بازگو شده است. ادامه این فصل مفاهیم زیستی مهمی مانند فشار اسمزی، محلول‌های الکترولیت، پتانسیل نرست،

تعادل دونان، قوانین انتشار، پدیده ته‌نشینی و عدد رینولد را شامل می‌شود. با توجه به اهمیت پروتئین‌ها در فرایند حیات و با درنظرگرفتن اهمیت پروتئین و آنزیم در پژوهش‌های مبتنی‌بر زیست‌فناوری صنعتی و پزشکی؛ فصول چهارم و پنجم کتاب به سینتیک تاخوردگی و پایداری ترمودینامیکی پروتئین‌ها و بیوشیمی-فیزیک آنزیم‌ها اختصاص داده شده است. فصل چهارم مدل‌سازی داده‌های ساختاری و فصل پنجم مدل‌سازی داده‌های مربوط به فعالیت در پروتئین‌های آنزیمی را شامل می‌شود. در فصل چهارم شیوه‌های مطالعاتی برای بررسی سینتیک تاخوردگی و همچنین پایداری ترمودینامیکی پروتئین‌ها و چگونگی آنالیز داده‌های خام حاصل از این مطالعات و تفسیر نهایی نتایج، با تکیه بر مراجع معتبر علمی با جزئیات بیان شده است. فصل پنجم کتاب از دیدگاه پژوهشی، مکمل فصل چهارم بوده و در آن چگونگی طراحی آزمایش‌ها و استخراج داده‌های آنزیم‌شناسی و شیوه مدل‌سازی داده‌های خام در آزمایش‌ها بررسی شده است. با توجه به اهمیت مهارکننده‌ها در آنزیم‌شناسی، سازوکارهای مختلف مهار آنزیمی همراه با مدل‌سازی رفتار هرکدام از انواع مهارکننده‌ها نیز در این فصل آورده شده است. گفتنی است که بیشتر مباحث این فصل با درنظرگرفتن آنزیم‌های تک‌زیرواحدی و کُروی به نگارش درآمده است و برای بررسی رفتار آنزیم‌های با ساختار متفاوت، ایجاد تغییرهایی در پیش‌فرض‌های مدل‌های آنزیمی و شیوه آزمایش‌ها ضروری است. البته برای مثالی از ویژگی‌های آنزیم‌های چندزیرواحدی، رفتار آلوستریک نیز به‌طورخلاصه بررسی شده است. شیوه تنظیم مطالب کتاب به‌گونه‌ای است که سه فصل اول کتاب، پاسخگوی نیازهای دانشجویان کارشناسی سلولی-مولکولی در درس بیوشیمی- فیزیک است و دانشجویان کارشناسی ارشد و دکترای علاقمند به مباحث مهندسی پروتئین می‌توانند با دیدگاه کاربردی از فصل‌های چهارم و پنجم کتاب استفاده کنند.

بیژن رنجبر- خسرو خلیفه-سیده اکرم شیردل