

دانش اگر در ثریا هم باشد مردمانی از سرزمین پارس بر آن دست خواهند یافت.

پیامبر اعظم (ص)

شرح جامع

شیمی فیزیک

«زیست شناسی»

مولف: طاهره آل‌محمد

انتشارات ارشد

پیشگفتار ناشر

خداوند بزرگ را شاکریم که فرصتی عنایت فرمود تا بتوانیم قدمی در جهت گسترش علم و فرهنگ کشور عزیزمان برداریم و مسیری هموار را در اختیار مخاطبان و داوطلبان علاقمند به ادامه تحصیل قرار دهیم. از آنجائی که درحوزه کتاب‌های درسی و کمک درسی کارشناسی ارشد کتاب‌های زیادی به رشته تحریر در آمده است با این حال وجود یک مجموعه جامع، دقیق، کامل و دارای رفرنس(منابع) مستند احساس می‌شود.

همیشه دغدغه داشتیم که ای کاش می‌شد تمامی منابع پراکنده و گاهاً دست نایافتنی کنکور در یک مجموعه به گونه‌ای جذاب و شیوا آماده می‌شد و همچنین سوالات دوره‌های قبل کنکور نیز به گونه‌ای تشریحی پاسخ داده می شدند، که خدشه‌ای بر آنها وارد نشود و خیال داوطلبان عزیز آنقدر آسوده باشد که اطلاعات مندرج در پاسخنامه‌ها را برای بهره‌گیری در آزمون خود بکار گیرند. این کار با یاری خداوند بزرگ و همکاری نخبه‌ترین دانشجویان و اساتید کشور در انتشارات ارشد هماهنگ گردید و در تمامی مقاطع تحصیلی از کاردانی به کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری در حوزهٔ آزمون‌های سراسری – آزاد و پیام نور بسته‌های آموزشی شامل کتاب‌های بانک سوالات و کتاب‌های شرح جامع درس آماده گردید. در تهیه مجموعه‌های فوق‌الذکر از فارغ‌التحصیلان کارشناسی ارشد و دکتری که حائز رتبه‌های تک رقمی کنکور می‌باشند، استفاده کرده‌ایم، تا شما عزیزان بتوانید در راستای افزایش توان علمی خود در جهت نیل به مقصود خویش نایل آیید. بدون تردید می‌توان گفت که برای اولین بار در نظام آموزشی کشور مجموعه‌ای به این سبک عرضه می‌شود که در کیفیت و کمیت بی‌نظیر بوده و تمامی نیازهای دانشجویان و داوطلبان عزیز را پوشش می‌دهد. امید است که استفاده از این مجموعه عزیزان را در جهت موفقیت در آزمون یاری رسانده باشد. در پایان لازم به ذکر است که بی نقصی محض از آن خداوند متعال می‌باشد، بنا براین از تمامی خوانندگان و داوطلبان عزیز خواهشمندیم نظرات سازنده خود را در مورد این کتاب به سایت انتشارات ارشد اعلام نمایند تا ما را در جهت هر چه بهتر آماده کردن این محصولات یاری رسانند.

با تشکر

ناشـــــر

www.arshadbook. ir

پیشگفتار مولف

شیمی فیزیک (physical chemistry)، بخشی از علم شیمی است که در آن از اصول و قوانین فیزیکی برای توجیه و حل مسائل شیمی استفاده می‌شود. ترمودینامیک و سینتیک دو شاخه اصلی علم شیمی فیزیک هستند. علم ترمودینامیک انجام‌پذیری یا انجام‌ناپذیری فرآیندها و علم سینتیک سرعت انجام آن‌ها را مورد بررسی قرار می‌دهد. بنابراین بررسی کامل یک فرآیند شامل بررسی ترمودینامیک و سینتیکی می‌باشد. مطالعه کامل فرآیندهای زیستی نیز شامل بررسی ترمودینامیکی و سینتیکی است. به عنوان مثال کاتالیزورهای خاصی بنام آنزیم نقش تعیین‌کننده‌ای در اینکه کدام واکنش در سیستم‌های زیستی با سرعت بیشتری انجام شود، دارند. در واقع همین کنترل ترمودینامیکی سمت و سوی واکنش‌ها، به همراه سرعت آن‌ها توسط آنزیم‌هاست که موجودیت سیستمی با تعادل بسیار ظریف، یعنی سلول زنده را امکان‌پذیر می‌سازد. باتوجه به اهمیت علم شیمی فیزیک در پدیده‌های زیستی و علم زیست‌شناسی، نگارنده در این مجموعه سعی کرده است مهمترین و کاربردی ترین مباحث علم شیمی فیزیک در زمنیه زیست‌شناسی را گردآوری نموده تا دانشجویان بتوانند با صرف کوتاهترین زمان، بیشترین بهره را از مطالعه خویش داشته باشند. چرا که علیرغم اهمیت این مباحث، تا کنون منبعی مناسب شامل گزیده این مباحث در دسترس دانشجویان رشته زیست‌شناسی نبوده است. همچنین در تنظیم این مجموعه سعی شده از معتبرترین منابع شیمی فیزیک استفاده شود. لیکن این مجموعه نیز مانند هر اثر دیگری عاری از نقص نیست. امید است که خوانندگان این کتاب با نگاه دقیق و موشکافانه ما را در هر چه بهتر نمودن این مجموعه در چاپ‌های بعدی یاری کنند.

با سپاس

طاهر آل محمد

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: گازها و قوانین حاکم بر آن‌ها

۱-۱) قوانین حاکم بر گازها ۱۳
۱-۱-۱) قانون بویل ۱۳
(۱-۱-۲) قانون گیلوساک ۱۳
(۱-۱-۳) قانون آووگادرو ۱۴
۱-۲) معادله حالت گاز کامل ۱۴
۱-۳) مخلوط گازهای کامل و قانون دالتون ۱۴
۱-۴) معادلات حالت گازهای حقیقی ۱۵
۱-۴-۱) معادله حالت عمومی ۱۵
۱-۴-۲) معادله وان دروالس ۱۵
۱-۴-۳) معادله ویریال ۱۶
۱-۵) دمای بویل ۱۶
۱-۵-۱) تعریف ۱۶
۱-۵-۲) محاسبه دمای بویل ۱۶
۱-۶) حجم مستثنی شده ۱۷
۱-۷) متغیرهای بحرانی ۱۸
۱-۷-۱) تعاریف ۱۸
۱-۷-۲) ویژگی‌ها و کاربرد متغیرهای بحرانی ۱۹
۱-۸) قانون حالت‌های متناظر ۱۹
۱-۹) نظریه جنبشی – مولکولی گازها: ۲۰
۱-۹-۱) فرضیات نظریه جنبشی – مولکولی گازها: ۲۰
۱-۹-۲) جذر میانگین مجذور سرعت مولکول‌های گاز (U_{rms}) ۲۱
۱-۹-۳) قانون گراهام درباره نفوذ مولکولی ۲۱
۱-۹-۴) ویسکوزیته گازها ۲۱
۱-۹-۴-۱) تعریف کلاسیک ۲۱
۱-۱۰-۴-۲) ویسکوزیته و نظریه جنبشی گازها ۲۱
خلاصه فصل ۲۳
تست‌های آخر فصل ۲۵
پاسخ تستهای آخر فصل ۲۷

فصل دوم: ترمودینامیک و قوانین آن

۲-۱) مفاهیم و تعریف ۳۱
۲-۱-۱) سیستم، محیط، جهان ۳۱
۲-۱-۲) انواع متغیرهای ترمودینامیکی ۳۱

عنوان ..... صفحه

۲-۱-۳) انواع توابع ترمودینامیکی ۳۲
۲-۲) فرآیندهای برگشت‌پذیر و برگشت‌ناپذیر ۳۳
۲-۳) کار ۳۳
۲-۳-۱) مفهوم کار ۳۳
۲-۳-۲) محاسبه کار در فرآیندهای ترمودینامیکی ۳۴
۲-۴) انرژی درونی و انرژی کل سیستم ۳۵
۲-۵) قانون اول ترمودینامیک ۳۵
۲- ۵-۱) بیان قانون اول ترمودینامیک ۳۵
۲-۵-۲) نتایج حاصل از قانون اول ترمودینامیک ۳۵
۲-۶) تغییرات H و U ۳۶
۲-۷) اختلاف بین C_P و C_V ۳۷
۲-۸) ضریب ژول و ضریب ژول – تامسون ۳۸
۲-۸-۱) ضریب ژول (μ_J) ۳۸
۲-۸-۲) ضریب ژول – تامسون $(\mu_{J.T})$ ۳۹
۲-۹) دمای وارونگی (T_I) ۴۰
۲-۱۰) فرآیندهای آدیاباتیک گاز کامل ۴۱
۲-۱۰-۱) فرایند آدیاباتیک برگشت‌پذیر گاز کامل ۴۱
۲-۱۰-۲) فرایند آدیاباتیک برگشت‌ناپذیر گاز کامل ۴۱
۲-۱۱) رابطه فشار و حجم در فرایند آدیاباتیک برگشت‌پذیر گاز کامل ۴۱
۲-۱۲) ضریب اتمسیته گاز (γ) ۴۲
۲-۱۳) مقایسه کار انبساط ایزوترم و آدیاباتیک برگشت‌پذیر گاز کامل ۴۲
۲-۱۴) اصل هم بخشی انرژی ۴۳
۲- ۱۵) قانون دوم ترمودینامیک و آنتروپی ۴۵
۲- ۱۵-۱) بیان‌های عمومی قانون دوم ۴۵
۲-۱۵-۲) چرخه کارنو و تابع آنتروپی ۴۵
۲- ۱۵-۳) آنتروپی و بیان دیگری از قانون دوم ترمودینامیک ۴۶
۲- ۱۶) محاسبه تغییرات آنتروپی ۴۷
۲- ۱۷) تمرکز بر روی سیستم ۴۷
۲- ۱۸) معادلات اساسی ترمودینامیک ۴۸
۲- ۱۹) معادلات ماکسول ۴۸
۲-۲۰) قاعده تروتون و آنتروپی مایعات ۴۹
۲-۲۱) قانون سوم ترمودینامیک ۵۰
۲-۲۲) معادله گیبس – هلمهولتز ۵۰
خلاصه فصل ۵۱

عنوان .....صفحه
تست‌های آخر فصل ۵۴
پاسخ تست‌های آخر فصل ۵۸

فصل سوم:ترموشیمی

۳-۱) ترموشیمی ۶۷
۳-۲) تعیین تغییرات توابع حالت برای واکنشها در شرایط استاندارد ۶۷
۳-۳) تغییر آنتالپی تشکیل مواد در دمای T ۶۷
۳-۴) ارتباط بین ΔH و ΔE واکنشها ۶۸
۳-۵) تعیین گرمای واکنشها به صورت غیرمستقیم (قانون هس) ۶۹
۳-۶) وابستگی گرمای واکنش به دما (قانون کیرشهف) ۷۰
۳-۷) انرژی آزاد گیبس واکنشها در دمای T ۷۱
خلاصه فصل ۷۲
تستهای آخر فصل ۷۳
پاسخ تستهای آخر فصل ۷۵

فصل چهارم: تعادل‌های شیمیایی

۴-۱) سیستم‌های باز و روابط ترمودینامیکی ۷۹
۴-۲) کمیت‌های مولی جزئی ۷۹
۴-۳) پتانسیل شیمیایی ۸۰
۴-۴) فاز ۸۰
۴-۵) درجه پیشرفت واکنشی (λ) ۸۰
۴-۶) تعادل شیمیایی ۸۱
۴-۷) ثابت تعادل شیمیایی ۸۱
۴-۸) وابستگی ثابت تعادل به دما ۸۲
۴-۹) پتانسیل شیمیایی گازها ۸۳
۴-۱۰) تعادل فازی و قانون فازها ۸۴
۴-۱۱) دیاگرام فازی سیستم‌های تک جزئی ۸۵
۴-۱۲) کشش سطحی ۸۷
۴-۱۳) پتانسیل‌های شیمیایی و تعادل فازی ۸۷
خلاصه فصل ۸۸
تست‌های آخر فصل ۹۰
پاسخ تستهای آخر فصل ۹۳

فصل پنجم: محلول‌ها

۵-۱) محلول‌ها ۹۹
۵-۱-۱) تعریف ۹۹
۵-۱-۲) دسته‌بندی محلول‌ها ۹۹

عنوان ..... صفحه
۵-۲) محلول‌های ایده‌ال ۹۹
۵-۲-۱) تعریف ۹۹
۵-۲-۲) ترمودینامیک محلول‌های ایده‌ال ۱۰۰
۵-۳) قانون رائول ۱۰۱
۵-۴) محلول‌های حقیقی ۱۰۲
۵-۴-۱) انواع محلول‌های حقیقی ۱۰۲
۵-۴-۲) ترمودینامیک محلول‌های حقیقی ۱۰۳
۵-۵) محلول‌های رقیق ایده‌ال ۱۰۴
۵-۹) حجم مولی جزئی ۱۰۵
۵-۱۰) تعیین ضرایب فعالیت اجزاء محلول‌های حقیقی و معادله گیبس – دوهم ۱۰۷
۵-۱۰-۱) روش اندازه‌گیری فشار بخار ۱۰۷
۵-۱۰-۲) معادله گیبس – دوهم ۱۰۷
۵-۱۱) خواص کولیگاتیو ۱۰۸
۵-۱۱-۱) کاهش فشار بخار حلال ۱۰۸
۵-۱۱-۲) صعود نقطه جوش ۱۰۸
۵-۱۱-۳) کاهش نقطه‌ی انجماد ۱۰۸
۵-۱۱-۴) فشار اسمزی ۱۰۹
خلاصه فصل ۱۱۰
تست‌های آخر فصل ۱۱۲
پاسخ تستهای آخر فصل ۱۱۴

فصل ششم: الکتروشیمی

۶-۱) الکترولیت ۱۱۹
۶-۲) هدایت الکتریکی محلول‌های الکترولیت ۱۱۹
۶-۳) هدایت اکی‌والان، هدایت مولی ۱۲۰
۶-۴) هدایت حد محلول‌ها و قانون کلروش ۱۲۱
۶-۵) نظریه یونیزاسیون آرنیوس ۱۲۲
۶-۶) خواص کولیگاتیو در محلول الکترولیت‌ها ۱۲۲
۶-۷) قدرت یونی الکترولیت‌ها و نظریه دبای – هوکل ۱۲۳
۶-۸) تحرک یونی ۱۲۴
۶-۹) الکتروشیمی ۱۲۵
۶-۹-۱) ترمودینامیک سیستم‌های الکتروشیمیایی ۱۲۵
۶-۹-۲) پیل‌های الکتروشیمیایی ۱۲۵
۶-۹-۳) ترمودینامیک پیل‌های الکتروشیمیایی ۱۲۶
۶-۱۰) پیل‌های غلظتی ۱۲۸

عنوان ..... صفحه
خلاصه فصل..... ۱۲۹
تست‌های آخر فصل..... ۱۳۱
پاسخ تستهای آخر فصل ۱۳۴

فصل هفتم: سینتیک شیمیایی

۷-۱) سینتیک ۱۳۹
۷-۲) سرعت واکنش..... ۱۳۹
۷-۳) قانون سرعت واکنش..... ۱۳۹
۷-۴) واحد (دیمانسیون) سرعت و ثابت سرعت..... ۱۴۰
۷-۵) واکنش‌های بنیادی و کلی..... ۱۴۰
۷-۶) مولکولاریته و درجه واکنش ۱۴۰
۷-۷) تعیین قانون سرعت واکنش‌ها..... ۱۴۰
۷-۷-۱) واکنش‌های ساده..... ۱۴۰
۷-۷-۲) واکنش‌های پیچیده..... ۱۴۴
۷-۸) قانون سرعت و مکانیسم واکنش‌ها..... ۱۴۵
۷-۹) وابستگی ثابت سرعت به دما و معادله آرنیوس ۱۴۶
خلاصه فصل..... ۱۴۷
تست‌های آخر فصل..... ۱۴۸
پاسخ تستهای آخر فصل ۱۵۱

فصل اول

گازها و قوانین حاکم بر آن‌ها

عناوین اصلی

- قوانین حاکم بر گازها
- معادلات حالت گازها
- متغیرهای بحرانی و قانون حالات متناظر
- نظریه جنبشی گازها
- قانون نفوذ مولکولی گراهام

فصل اول

گازها و قوانین حاکم بر آن‌ها

بررسی رفتار گازها به صورت تجربی و بر اساس اصول علمی از نیمه دوم قرن هفدهم شروع شد. برای مطالعه خواص گازها از چهار متغیر دما، فشار، حجم و تعداد مول‌های گاز استفاده می‌کنیم.

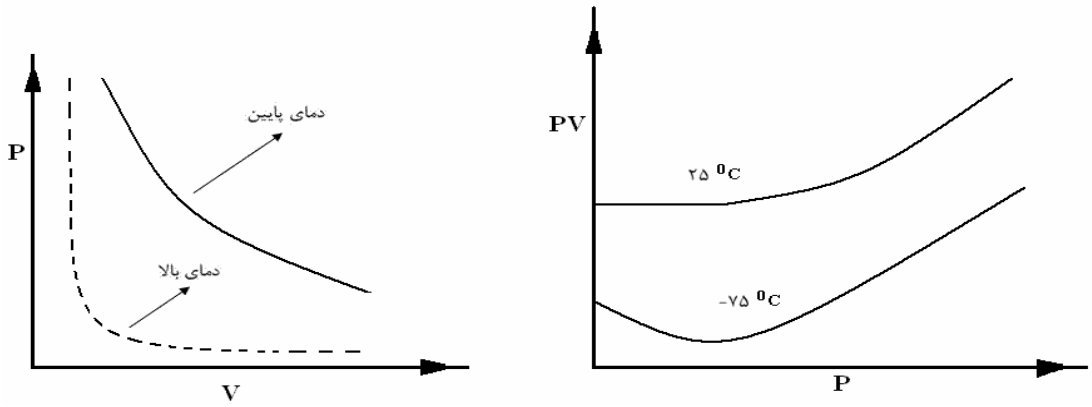
۱-۱) قوانین حاکم بر گازها

۱-۱-۱) قانون بویل

حجم مقدار معینی از یک گاز در دمای ثابت متناسب با عکس فشار تغییر می‌کند.

$$P\alpha\frac{1}{V}\ (PV)_{T,n} = \text{مقدار ثابت} \Rightarrow P_1V_1 = P_2V_2 \qquad (۱-۱)$$

📖**نکته ۱:** قانون بویل در دماهای بالا و فشارهای پایین صحیح است. شکل ۱-۱ گویای این مطلب است.



شکل ۱-۱.بررسی رفتار گازها و قانون بویل . "الف" نمودار P-V . "ب" نمودار P-V .

📖**نکته ۲:** در دماهای بالا یا فشارهای پایین بین ذرات گاز هیچ برهم‌کنشی وجود ندارد و ذرات مستقل از هم هستند. چنین رفتاری را ایده‌آل می‌نامند و گازهایی که این رفتار را دارند گاز کامل می‌نامند.

(۱-۱-۲) قانون گیلوساک

در فشار ثابت، حجم مقدار مشخصی از یک گاز کامل با دمای مطلق متناسب است.

$$\left(\frac{V}{T}\right)_{P,n} = cte \Rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \qquad (۱-۲)$$

(۱-۱-۳) قانون آووگادرو

حجم‌های مساوی از گازها در شرایط یکسان دما و فشار شامل تعداد مولکول‌های مساوی هستند.

نکته ۳: در شرایط استاندارد یعنی $P = ۱atm$ و $T = ۰^\circ C$ حجم یک مول از هر گاز برابر ۲۲/۴ لیتر است.

۱-۲) معادله حالت گاز کامل

معادله ریاضی که T و P و V و n را بهم ارتباط می‌دهد را معادله حالت می‌نامند. که برای گاز کامل بصورت زیر است:

$$PV = nRT \qquad (۳-۱)$$

$$d = \frac{m}{V}\ ,\ n = \frac{m}{M} \Rightarrow PM = dRT \qquad (۴-۱)$$

نکته ۴: در این رابطه **R**، ثابت جهانی گازها نامیده می‌شود که مقدار آن برابر است با:

$$R = ۸/۳۱۴\ J.mol^{-۱}.K^{-۱} = ۱/۹۸۷۲\ \ cal.mol^{-۱}.K^{-۱} = ۰/۰۸۲۰۰۶۲\ \ Lit.atm.mol^{-۱}.K^{-۱}$$

۱-۳) مخلوط گازهای کامل و قانون دالتون

در یک مخلوط گاز ایده‌آل فشار کلی برابر است با مجموع فشاری که هر گاز وقتی که به تنهایی آن حجم را اشغال می‌کند. به دیواره ظرف وارد می‌کند.

$$P_t = P_۱ + P_۲ + ... = \sum_i P_i \qquad (۵-۱)$$

نکته ۵: از معادله حالت گاز ایده‌آل و قانون دالتون به این نتیجه می‌رسیم که:

$$X_i = \frac{P_i}{P_t} \qquad (۶-۱)$$

که در این رابطه X_i کسر مولی جزء iام است.

$\overline{MW}$: جرم مولکولی متوسط مخلوط گازی

$$\overline{MW} = X_i MW_i \qquad (۷-۱)$$

مثال ۱

در صورتی که هوا شامل گازهای $N_۲$ و $O_۲$ و Ar با فشارهای جزئی ۰/۷۸، ۰/۲۱ و ۰/۰۱ اتمسفر باشد جرم مولی متوسط هوا را محاسبه کنید. $\left(P_{هوا} = ۱atm\right)$

حل:

$$\left.\begin{aligned} &\overline{MW} = X_{(O_۲)}MW_{(O_۲)} + X_{(N_۲)}MW_{(N_۲)} + X_{(Ar)}MW_{(Ar)} \\ &X_{(O_۲)} = \frac{P_{(O_۲)}}{P_{هوا}} = \frac{٪۲۱}{۱} = ٪۲۱ \\ &X_{(N_۲)} = \frac{P_{(N_۲)}}{P_{هوا}} = \frac{٪۷۸}{۱} = ٪۷۸ \\ &X_{(Ar)} = \frac{P_{(Ar)}}{P_{هوا}} = \frac{٪۰۱}{۱} = ٪۰۱ \end{aligned}\right\} \Rightarrow \overline{MW} = ۲۸/۹ g.mol^{-۱}$$