


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

پیامبر اعظم (ص)

# شرح جامع و نمونه سوالات

# ترمودینامیک

## «فیزیک – ژئوفیزیک و هواشناسی – مهندسی شیمی»

مولف: سید جلال‌الدین محمدی بیدک

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**

تمامی ادیان الهی و در راس آن‌ها اسلام، انسان را موجودی کمال‌گرا می‌دانند. از نظر اسلام، انسان همواره در حال تکامل است و جهت‌گیری او به سمت کمال بی‌نهایت یعنی خداوند تبارک و تعالی است. یکی از راه‌های کمال وتقرب به ذات اقدس الهی، علم و دانش است. علمی که به تعبیر استاد شهید مطهری، زیبایی عقل است؛ علمی که انسان خداجو در آن نشانه‌های معبود را می‌جوید و می‌یابد وعلمی که هر چه فزون‌تر می‌گردد، دارنده‌ی آن را به خدا نزدیک‌تر می‌کند.

کتاب جامع ترمودینامیک که برای برای استفاده داوطلبان آزمون کارشناسی ارشد رشته‌ی فیزیک و حتی مهندسی تالیف شده است ویژگی‌های زیر را دارا می‌باشد:

الف) خلاصه‌ای از مطالب کتاب ترمودینامیک زیمانسکی که با دقت بسیار انتخاب شده است و مفاهیم را بخوبی منتقل می‌کند و دیگر نیازی به مطالعه خودکتاب نیست.

ب) سوالات کتاب ترمودینامیک زیمانسکی بهمراه پاسخ سوالات این کتاب در این نوشته آورده شده است که نیاز داوطلبان را به کتاب حل‌المسائل برطرف می‌نماید.

ج) این اثر شامل تست‌های تالیفی می‌باشد که داوطلبان را با نحوه تست‌زنی آشنا می‌کند.

د) در این اثر تست‌های درس ترمودینامیک که در سال‌های گذشته در آزمون‌های سراسری مطرح شده و بسیار پرکاربرد بوده است (البته از آزمون رشته‌های فنی و مهندسی) بهمراه پاسخ تشریحی آورده شده است.

ه) در این نوشته مثال‌های مختلفی برای رساندن مفهوم بیشتر آورده شده است و در کل سعی شده است موضوعات مطرح‌شده با سادگی و روانی کامل توضیح داده شوند تا داوطلبان بدون نیاز به مراجعه به اساتید بتوانند از کتاب به عنوان یک خودآموز استفاده کنند.

در اینجا لازم است از دوست عزیزم جناب آقای امیرحسین مومنی، کارشناس فیزیک هسته‌ای ودانشجوی ممتاز کارشناسی ارشد رشته فیزیک ذرات بنیادی و نظریه میدانها، که با مطالعه دقیق متن اولیه و با ارائه اصلاحات بجا در تنظیم هر چه بهتر و اصلاح ایرادات این کتاب من را یاری نموده‌اند تشکر و قدردانی کنم و همچنین از برادر عزیزم جناب آقای محمد حسین خالقی کارشناس ارشد فیزیک هسته‌ای کمال تشکر را دارم.

از مدیریت محترم انتشارات ارشد و کلیه کارکنان این مرکز که کمال همکاری را در ویرایش ادبی و امور اجرایی اثر، اینجانب را یاری نمودند و با صبر و حوصله طاقت‌فرسا کار چاپ این اثر را هموار نمودند تقدیر و تشکر می‌نمایم.

در پایان از تمام کسانی که این اثر را مطالعه می‌کنند خواستارم در صورت نیاز به هرگونه اصلاح مطالب و یا افزودن مطالب جدید، پیشنهادات خود را با این انتشارات در میان بگذارند تا در چاپ‌های بعدی اصلاحات لازم صورت گیرد.

**با سپاس**

**سید جلال‌الدین محمدی بیدک**

**استعدادهای درخشان کشور**

**عضو بنیاد نخبگان**

**بهار ۱۳۸۹**

## فهرست مطالب

**عنوان** **صفحه**


**فصل اول: دما**

تمرینات آخر فصل ..... ۱۴
پاسخ تمرینات آخر فصل ..... ۱۵
تست‌های آخر فصل ..... ۱۸
پاسخ تست‌های آخر فصل ..... ۱۹

**فصل دوم :«سیستم‌های ترمودینامیکی ساده»**

تمرینات آخر فصل ..... ۳۱
پاسخ تمرینات آخر فصل ..... ۳۴
تست‌های تألیفی آخر فصل ..... ۴۱
پاسخ تست‌های تألیفی آخر فصل ..... ۴۳

**فصل سوم: کار**

تمرینات آخر فصل ..... ۵۵
پاسخ تمرینات آخر فصل ..... ۵۸
تستهای تألیفی آخر فصل ..... ۶۳
پاسخ تست‌های تألیفی آخر فصل ..... ۶۶
تست‌های سالهای گذشته ..... ۶۸
پاسخ تست‌های سالهای گذشته ..... ۶۹

**فصل چهارم: « گرما و قانون اول ترمودینامیک»**

تمرینات آخر فصل ..... ۷۷
پاسخ تمرینات آخر فصل ..... ۸۳
تست‌های تألیفی آخر فصل ..... ۹۲
پاسخ تست‌های تألیفی آخر فصل ..... ۹۵

**فصل پنجم: گاز کامل**

سوالات آخر فصل ..... ۱۰۴
پاسخ سوالات آخر فصل ..... ۱۱۰
تست‌های تألیفی آخر فصل ..... ۱۲۴
پاسخ تست‌های تألیفی آخر فصل ..... ۱۲۷

**فصل ششم: ماشین، یخچال و قانون دوم ترمودینامیک**

تمرینات پایان فصل ..... ۱۳۸
پاسخ تمرینات پایان فصل ..... ۱۴۱
تست‌های آخر فصل ..... ۱۴۷
پاسخ تستهای آخر فصل ..... ۱۴۹

**فصل هفتم: «برگشت‌پذیری و مقیاس دمای کلوین»**

تمرینات آخر فصل ..... ۱۶۰
پاسخ تمرینات آخر فصل ..... ۱۶۲
تست‌های تألیفی آخر فصل ..... ۱۶۷
پاسخ تست‌های تألیفی آخر فصل ..... ۱۶۸

**فصل هشتم: آنتروپی**

**عنوان** **صفحه**

تمرینات آخر فصل ..... ۱۸۵
پاسخ تمرینات آخر فصل ..... ۱۹۱

**فصل نهم: مواد خالص**

تمرینات آخر فصل ..... ۲۱۵
پاسخ تمرینات آخر فصل ..... ۲۲۰
گذارهای فاز: ذوب، تبخیر و تصعید ..... ۲۲۹

**فصل دهم: گذارهای فاز: ذوب، تبخیر و تصعید**

تمرینات آخر فصل ..... ۲۳۷
پاسخ تمرینات آخر فصل ..... ۲۴۲

# فصل اول

# دما

## فصل اول

# دما

## ۱-۱- دیدگاه ماکروسکوپیکی

**تعریف سیستم و محیط:** قسمت برگزیده از فضا یا ماده (البته در عالم خیال) که در هر شاخه از فیزیک مورد توجه قرار می‌گیرد سیستم و هرچه که در خارج آن قرار دارد و در نحوه‌ی رفتار آن نقش مستقیم دارد، محیط گفته می‌شود.

**تذکر:** بطورکلی در بررسی مسائل ترمودینامیک دو دیدگاه وجود دارد.

۱- ماکروسکوپیکی.

۲- میکروسکوپیکی.

مثالی از سیستم و محیط و کمیت‌های موجود در آن:

– سیلندریک اتومبیل و محتویات درون آن را سیستم و فضای اطراف آن را محیط گویند.

- بیان نسبت و تجزیه شیمیایی مواد درون سیلندر قبل از احتراق که مخلوطی از هیدرو کربن‌ها و هوا است و تحلیل مواد پس از آنکه مخلوط محترق شد را که می‌توان برحسب بعضی از ترکیبهای شیمیایی توصیف کرد را توصیفی از ترکیب سیستم گویند.

- سیلندر بالا درهر لحظه از فرآیند (قبل و بعد از احتراق) دارای حجم معینی است که می‌توان آن را درهر لحظه از زمان ثبت و بررسی کرد.

- مواد درون سیلندر قبل از احتراق و درهنگام و پس از احتراق دارای فشار معینی هستند که بوسیله یک فشارسنج قابل اندازه‌گیری‌اند.

- دمای سیلندر نیز در قبل، هنگام و بعد از احتراق درحال تغییر است.

کمیت‌ها درمثال بالا:

**۱**- ترکیب مواد.

۲- حجم.

۳- فشار.

۴- دما.

کمیت‌های بالا مبنای توصیف ماکروسکوپیکی سیستم هستند.

## ویژگیهای مختصات ماکروسکوپیکی

۱- هیچگونه فرض خاصی درباره‌ی ساختار ماده در بردارند.
۲- تعداد آنها کم است.
۳- آنها را کم و بیش مستقیماً با حواس خود در می‌یابیم.
۴- عموماً می‌توان آنها را مستقیماً اندازه گرفت.

بطورکلی توصیف ماکروسکوپیکی سیستم عبارت است از : مشخص کردن چند ویژگی اساسی و قابل اندازه‌گیری آن سیستم

### ۱-۲- دیدگاه میکروسکوپیکی

- هر سیستم متشکل از تعداد زیادی از مولکولها است که هرکدام از این مولکولها می‌تواند درمجموعه‌ای از حالت‌هایی که انرژی آنها مساوی $E_1$ و $E_2$ و... است، قرار می‌گیرد و هرکدام از این مولکولها می‌توانند با یکدیگر بر هم کنش داشته باشند.
- سیستم مولکولها را می‌توان بصورت منزوی در نظر گرفت و یا آنها را تک تک بررسی کرد.

## ویژگیهای مختصات میکروسکوپیکی

۱- فرض‌هایی درباره‌ی ساختار ماده، مثلاً مولکولها می‌شود.
۲- کمیتهای زیادی باید مشخص شوند.
۳- کمیت‌های مشخص شده توسط ما (حواس ما) دریافت نمی‌شوند.
۴- این کمیت‌ها را نمی‌توان اندازه گرفت.

### ۱-۳- مقایسه دیدگاههای ماکروسکوپیکی ومیکروسکوپیکی

رابطه بین دو دیدگاه میکروسکوپیکی و ماکروسکوپیکی آن است که هرگاه این دو دیدگاه درمورد یک سیستم بکار روند، باید نتیجه یکسانی بدست دهد.

توصیف ماکروسکوپیکی یک سیستم در واقع همان میانگین‌های زمانی تعداد زیادی از مشخصه‌های میکروسکوپیکی همان سیستم در یک مدت زمان معین هستند.

ویژگیهای ماکروسکوپیکی قابل اندازه‌گیری به اندازه حواص آدمی قابل اطمینان هستند. اما دیدگاه میکروسکوپیکی خیلی از حواس ما فراتر می‌رود و مولکولها و حرکت و... را اصل قرار می دهند.

هرگز نمی‌توان از موجه بودن این اصول اطمینان داشت مگر با نتایجی که مبتنی بر نتایج ماکروسکوپیکی هستند مقایسه شوند.

### ۱-۴- چشم‌انداز ترمودینامیک

در ترمودینامیک توجهمان به داخل سیستم معطوف می‌شود و برآن دسته از کمیت‌های ماکروسکوپیکی تأکید می‌کنیم که رابطه‌ای با حالت داخلی سیستم داشته باشند و تعیین این کمیت‌ها با آزمایش است.

**مختصات ترمودینامیکی:** کمیت‌های ماکروسکوپیکی که به حالت داخلی سیستم مربوطاند و برای تعیین انرژی داخلی سیستم بکار می‌روند.

**هدف ترمودینامیک:** پیدا کردن روابطی بین مختصات ترمودینامیکی و سازگار با قوانین بنیادی ترمودینامیک است.

**سیستم ترمودینامیکی:** سیستمی که بتوان برحسب مختصات ترمودینامیکی توصیف کرد.

### ۱-۵- تعادل گرمایی

فشار و حجم مختصات مستقلی‌اند زیرا اگر یکی ثابت بماند دیگری می‌تواند در مختصات پهناوری تغییر کند.

**حالت تعادل:** حالتی از سیستم را که مقادیر x و y (نمادهایی برای دو مختصه مستقل) مادامی که شرایط خارجی تغییرداده نشده‌اند ثابت باقی می‌ماند را گویند.

وجود حالت تعادل (دریک سیستم) بستگی به نزدیکی سیستم‌های دیگر و به جنس دیواره‌هایی که آنها را از هم جدا می‌کند دارد.

### نوع دیواره‌ها

۱- بی دررو.

۲- گرما بر.

**دو سیستم با دیواره‌های بی‌دررو:** حالت x و y برای سیستم A و $x'$ و $y'$ برای سیستم B همواره وجود دارند.

**دو سیستم با دیواره‌های گرما بر:** مقادیر x و y برای سیستم A و $x'$ و $y'$ برای سیستم B خود بخود تغییر خواهند کرد. تا به حالت تعادل برسند.

درحالت دو سیستم با دیواره‌های گرما بر اصطلاحاً گفته می‌شود که دو سیستم با هم در حالت تعادل گرمایی هستند.

**تعادل گرمایی:** حالتی که دو سیستم یا بیشتر که با مقادیر محدود مختصاتشان مشخص شده است، پس از اینکه توسط دیواره‌های گرمابر با یکدیگر در تماس قرار گرفتند به آن می‌رسند.

**قانون صفرم ترمودینامیک:** دو سیستم که با سیستم ثالثی در تعادل گرمایی باشند، با یکدیگر نیز در تعادل گرمایی خواهند بود.

### ۱-۶- مفهوم دما

**منحنی همدما:** مکان هندسی تمام نقاطی است که حالتهایی را که درآن یک سیستم با حالتی از سیستم دیگر در تعادل گرمایی است را نمایش می‌دهند.

**منحنی همدمای متناظر:** هرگاه تمام حالتهای واقع بر منحنی I (همدما)، از سیستم A ، با تمام حالتهای واقع بر منحنی $I'$ از سیستم B در تعادل گرمایی باشند، منحنی‌های I و $I'$ را منحنی‌های همدمای متناظر دو سیستم می‌نامیم.

**دما:** دمای یک سیستم ویژگی است که تعیین می‌کند آیا یک سیستم با سیستم‌های دیگر در تعادل گرمایی قرار دارد یا خیر.

**دمای تجربی:** برای هر مجموعه مختصات تابعی وجود دارد که این تابع وقتی که سیستم‌ها با یکدیگر در تعادل گرمایی هستند همگی برابرند. که مقدار مشترک t ای این توابع همان دمای تجربی است که بین تمام سیستم‌ها مشترک است :

$$t = h_A(x,y) = h_B(x',y') = h_C(x'',y'') = \dots$$

### ۱-۷- اندازه‌گیری دما

**دماسنج:** سیستمی با مختصات استاندارد که ما بوسیله آن دماهای دیگر را می‌سنجیم گویند.

## انواع دماسنج‌ها

**P :** فشار ← گاز (حجم ثابت) یا بخار هلیم (اشباع شده).

**$R'$ :** مقاومت الکتریکی با کشش ثابت.

**$\varepsilon$ :** نیروی محرکه الکتریکی ← ترموکوپل با کشش ثابت.

**$\chi$ :** خودگیری مغناطیسی ← نمک پارا مغناطیس.

**$R_{B,\lambda}$ :** گسیل تابنده ← تابش جسم سیاه.

**نکته:** مختصه متغیر (X) را ویژگی دماسنجی و شکل $\theta_{(x)}$ را تابع دماسنجی می‌گوییم.

برای مثال : دماسنج با نقطه سه گانه آب :

$\theta_{(x)} = a\,X$ (Y ثابت)

$a = \frac{۲۷۳/۱۶}{X_{TP}}$ ($X_{TP}$ دمای نقطه سه‌گانه آب)

$\theta_{(x)} = ۲۷۳/۱۶ \frac{X}{X_{TP}}$ (بر حسب $^\circ K$)

### ۱-۸- مقایسه دماسنج‌ها

با توجه به حالت بالا: سه راه مختلف برای اندازه‌گیری دما داریم :

$\theta_{(P)} = ۲۷۳/۱۶ \frac{P}{P_{TP}}$ برای یک گاز در حجم ثابت :

$\theta_{(R')} = ۲۷۳/۱۶ \frac{R'}{R_{TP}}$ برای یک مقاومت الکتریکی :

$\theta_{(\Sigma)} = ۲۷۳/۱۶ \frac{\varepsilon}{\varepsilon_{TP}}$ برای یک ترموکوپل :

NBP : علامت اختصاری نقطه جوش – NMP : علامت اختصاری نقطه ذوب.

NSP : علامت اختصاری نقطه تصعید – TP : علامت اختصاری نقطه سه‌گانه.

### ۱-۹ و ۱-۱۰ – دماسنج گازی و دمای گاز کامل

دمای گاز کامل $\theta$ را توسط معادله زیر تعریف می‌کنیم :

$$\theta = (۲۷۳/۱۶^\circ K)\ \lim_{P_{TP} \to 0} \frac{P}{P_{TP}}$$

مقیاس گاز کامل و کلوین یکسان هستند.

### ۱-۱۱- مقیاس دمای سلسیوس

$$t(^{\circ}C) = \theta(^{\circ}K) - ۲۷۳/۱۵$$

### ۱-۱۲- دماسنجی با مقاومت الکتریکی

$$R'_{Pt} = R'_{0}(1 + At + Bt^{2})$$

$R'_{0}$ : مقاومت سیم پلاتین در نقطه سه گانه آب — A,B : مقادیر ثابت — t : دمای تجربی سیلسیوس.

### ۱-۱۳- ترموکوپل

$$\varepsilon = a + bt + ct^{2} + dt^{3}$$

$\varepsilon$: نماینده‌ی نیروی الکتروموتوری گرمایی (emf) توسط یک پتانسیل سنج a,b,c,d:
ثابتهایی که برای هر ترموکوپل متفاوت هستند.

# تمرینات آخر فصل

۱- سیستم‌های $B,A$ و $C$ گازهایی با مختصات $V'',P'',V',P';V,P$ هستند. هنگامی که $C,A$ در تعادل گرمایی هستند درمی‌یابیم که معادله:

$$PV - nbP - P''V'' = 0$$

صادق است. هنگامی که $C,B$ در تعادل گرمایی هستند معادله‌ی:

$$P'V' - P''V'' + \frac{nB'P''V''}{V'} = 0$$

برقرار است. نمادهای $b,B',n$ صادق و ثابت هستند.

الف ) سه تابعی که در تعادل گرمایی با یکدیگر برابر و هرکدام مساوی $t$ است ، کدام هستند ؟ $t$ دمای تجربی است.

ب ) رابطه‌ای که بیانگر تعادل گرمایی بین $B,A$ است. چیست ؟

---

۲- سیستمهای $B,A$ نمکهای پا را مغناطیسی به ترتیب با مختصات $M',H',M,H$ هستند. سیستم $C$ گازی با مختصات $V,P$ است. هنگامی که $A$ , $C$ در تعادل گرمایی‌اند در می‌یابیم که معادلهٔ : $4\pi nRC_C H - MPV = 0$ برقرار است. هنگامی که $C,B$ در تعادل گرمایی هستند بدست می‌آوریم :

$$nR(\theta)M' + 4\pi nRC'_C H' - M'PV = 0$$

که $(\theta),C'_C,C_C,R,n$ ثابت هستند.

الف ) سه تابعی که در تعادل گرمایی مساوی یکدیگر هستند کدامند؟

ب ) هر یک از این توابع را مساوی دمای گاز آرمانی $(\theta)$ قرار دهید و ببینید کدام یک از این معادلات مطابق بحث فصل ۲ معادله حالت است ؟

---

۳- در جدول زیر اعداد ردیف بالایی فشار یک گاز در داخل حباب دماسنج گازی با حجم ثابت (فضای مرده، انبساط گرمایی حباب و... تصحیح شده‌اند.) را نشان می‌دهند که حباب آن در سلول نقطه‌ی سه گانه‌ی آب غوطه‌ور شده است.

ردیف پایین فشارهای خوانده شده‌ی متناظر را هنگامی که حباب توسط ماده‌ای در دمای ثابت نامعلوم احاطه شده است. نشان می‌دهد. دمای گاز آرمانی این ماده را محاسبه کنید. (از پنج رقم بامعنی استفاده کنید.)

| $P_{TP}$ , mmHg | ۱۰۰۰/۰ | ۷۵۰/۰۰۰ | ۵۰۰۰/۰۰ | ۲۵۰/۰۰۰ |
|---|---|---|---|---|
| $P$ , mmHg | ۱۵۳۵/۳ | ۱۱۵۱/۶ | ۷۶۷/۸۲ | ۳۸۳/۹۵ |

---

۴- مقاومت $R'$ یک مقاومت کربنی ویژه از معادلهٔ $(\log R'/\theta)^{\frac{1}{2}} = a + b\log R'$ با $a = -1/16$ و $b = 0/675$ پیروی می‌کند.

الف): در یک زمپای هلیوم مایع مقاومت دقیقاً برابر $1000\,\Omega$ اندازه‌گیری می‌شود. دما چقدر است.

ب): نمودار لگاریتمی – لگاریتمی $R'$ برحسب $\theta$ را در بازه‌ی مقاومتی ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ اهم رسم کنید.

---

۵- مقاومت یک بلورژرمانیوم از معادلهٔ زیر پیروی می‌کند.

$$\log(R') = 4/697 - 3/917\log\theta$$

الف ) دریک زمیای هلیوم مایع مقاومت برابر $218\,\Omega$ اندازه‌گیری می‌شود. دما چقدر است ؟

ب ) نمودار لگاریتمی – لگاریتمی $R'$ برحسب $\theta$ را در بازه‌ی مقاومیت ۲۰۰ تا ۳۰۰۰۰ اهم رسم کنید.

# پاسخ تمرینات آخر فصل

۱- حالت نهایی تابع سیستمهای A و C :

$$f_{AC}(P,V,P'',V'') = PV - nbP - P''V''$$

از طرفی تابع نشاندهنده حالت نهایی سیستمهای B و C :

$$f_{BC}(P',V',P'',V'') = P'V' - P''V''(1 - \frac{nB'}{V'}) = 0$$

الف)

$$t = h_A(P,V) = h_B(P',V') = h_C(P'',V'')$$
$$\Rightarrow f_{AC} = 0 \quad \Rightarrow PV - nbP = P''V''$$
$$f_{BC} = 0 \Rightarrow \frac{P'V'}{1 - \frac{nB'}{V'}} = P''V''$$
$$\Rightarrow h_A(P,V) = PV - nbP \quad , \quad h_B(P',V') = \frac{P'V'}{1 - \frac{nB'}{V'}} \quad , \quad h_C(P'',V'') = P''V''$$

ب)

$$h_A(P,V) = h_B(P',V') \Rightarrow PV - nbP = \frac{P'V'}{1 - \frac{nB'}{V'}}$$
$$f_{AB}(P,V,P',V') = PV - nbP - \frac{P'V'}{1 - \frac{nB'}{V'}} = 0$$

---

۲- سیستمهای A و C درحالت تعادل دارای تابع مشترک می‌باشند:

$$f_{AC}(H,M,P,V) = 4\pi nRC_C H - MPV = 0$$

و برای سیستمهای B و C :

$$f_{BC}(H',M',P,V) = nR\theta M' + 4\pi nRC'_C H' - M'PV = 0$$

الف): با مرتب‌کردن توابع:

ب)

که معادله حالت کوری است.

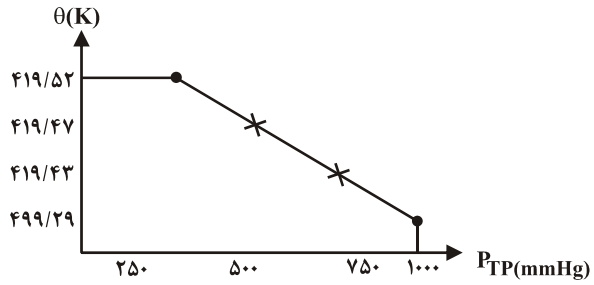
$$h_A(H,M) = \theta \Rightarrow 4\pi C_C \frac{H}{M} = \theta \Rightarrow M = 4\pi C_C \frac{H}{\theta}$$

که معادله حالت وایز است:

$$h_B(H',M') = \theta \Rightarrow \theta + 4\pi C'_C \frac{H'}{M'} = \theta \Rightarrow M' = 4\pi C'_C \frac{H'}{\theta - \oplus}$$
$$h_C(P,V) = \theta \Rightarrow PV = nR\theta$$

که معادله بویل است.

۳-




$$\theta_1 = ۲۷۳/۱۶\frac{۳۸۳/۹۵}{۲۵۰} = ۴۱۹/۵۱۹۱۳\ K$$

$$\theta_2 = ۲۷۳/۱۶\frac{۷۶۷/۸۲}{۵۰۰} = ۴۱۹/۴۷۵۴۲\ K$$

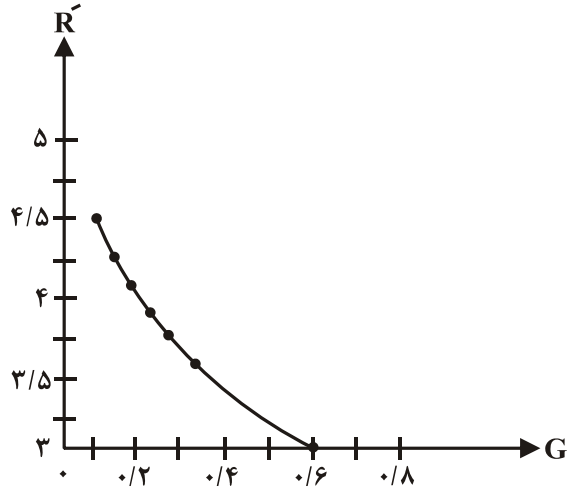
$$\theta_3 = ۲۷۳/۱۶\frac{۱۱۵۱/۶}{۷۵۰} = ۴۱۹/۴۲۸۰۷\ K$$

$$\theta_4 = ۲۷۳/۱۶\frac{۱۵۳۵/۳}{۱۰۰۰} = ۴۱۹/۳۸۲۵۴\ K$$

۴- الف)

$$\left(\frac{\log R'}{\theta}\right)^{\frac{۱}{۲}} = a + b\log R' \Rightarrow \left(\frac{\log ۱۰۰۰}{\theta}\right)^{\frac{۱}{۲}} = -۱/۱۶ + ۰/۶۷۵\log(۱۰۰۰)$$

$$\Rightarrow \theta = ۴/۰۱\ \ ^{\circ}K$$

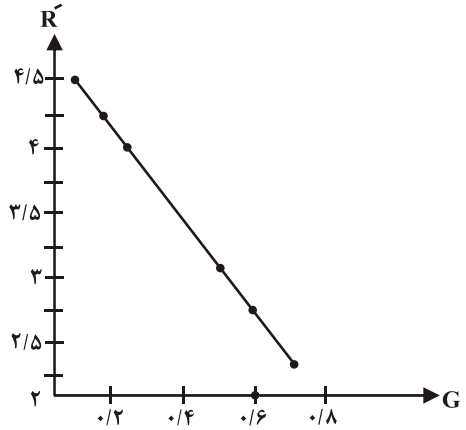



ب) با تغییر بین ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰ مقادیر زیر بدست آمدند:

| $R'$ | | $\theta$ | | $\log\theta$ | | $\log R'$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱۰۰۰ | | ۴/۰۰۹ | | ۰/۶۰۳ | | ۳/۰۰۰ |
| ۵۰۰۰ | | ۲/۰۷۰ | | ۰/۳۱۵ | | ۳/۶۹۹ |
| ۱۰۰۰۰ | | ۱/۶۸۷ | | ۰/۲۲۷ | | ۴/۰۰۰ |
| ۱۵۰۰۰ | | ۱/۵۱۸ | | ۰/۱۱۸ | | ۴/۱۷۶ |
| ۲۰۰۰۰ | | ۱/۴۱۵ | | ۰/۱۵۱ | | ۴/۳۰۱ |
| ۲۵۰۰۰ | | ۱/۳۴۴ | | ۰/۱۲۸ | | ۴/۳۹۸ |
| ۳۰۰۰۰ | | ۱/۲۹۰ | | ۰/۱۱۱ | | ۴/۴۷۷ |

---

۵- الف)




$$\log۲۱۸ = ۴/۶۹۷ - ۳/۹۱۷ \quad \log\theta \rightarrow \log\theta = ۰/۶۰۲ \ , \ \theta = ۴/۰۰۰ \ K$$

ب)

| $R'$ | | $\theta$ | | $\log\theta$ | | $\log R'$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۲۰۰ | | ۴/۰۹۳ | | ۰/۶۱۲ | | ۲/۳۰۱ |
| ۴۰۰ | | ۳/۴۲۸ | | ۰/۵۳۵ | | ۲/۶۰۲ |
| ۱۰۰۰ | | ۲/۷۱۰ | | ۰/۴۳۳ | | ۳/۰۰۰ |
| ۴۰۰۰ | | ۱/۹۰۱ | | ۰/۲۷۹ | | ۳/۶۰۲ |
| ۱۰۰۰۰ | | ۱/۵۰۷ | | ۰/۱۷۸ | | ۴/۰۰۰ |
| ۲۰۰۰۰ | | ۱/۲۶۲ | | ۰/۱۰۱ | | ۴/۳۰۱ |

## تست‌های آخر فصل

۱- ۰/۲ Kmole از یک مخلوط گازی متشکل از متان $CH_4$ و نیتروژن $N_2$ تحت فشار ۱۰ bar و ۲۵۰°C در سیلندری موجود است. ۷۰ درصد (مولی) مخلوط را متان تشکیل می‌دهد. آنتالپی ویژه اجزا خالص سازنده مخلوط بترتیب $h_{CH_4} = 17 \frac{KJ}{mol}$ و $h_{N_2} = 10 \frac{KJ}{mol}$ در شرایط فوق می‌باشند. آنتالپی گاز موجود در سیلندر برابر است با:

۱) ۱۲۱۰۰ KJ ۲) ۱۴۹۰ KJ ۳) ۲۴۲۰ KJ ۴) ۲۹۸۰ KJ

---

۲- مخزن صلب سربسته‌ای حاوی ۰/۲ Kmol متان $(CH_4)$ و $0/3kmol$ $(C_4H_{10})$ بوتان در دمای ۲۵۷°C می‌باشد. فشار جزیی (Partial Pressure) هریک از گازها درهمان دما بترتیب $P_{CH_4} = 200KPa$ و $P_{C_4H_{10}} = 300KPa$ است. حجم و جرم مولکولی مخلوط گازی بترتیب چقدر می‌باشند؟ (عدد ثابت گازها $R = 8/314 \frac{KJ}{kmol\,^\circ K}$).

۱) $M = 22/2 \frac{Kg}{kmol}$ , $V_m = 4/27\ m^3$ ۲) $M = 37 \frac{Kg}{kmol}$ , $V_m = 7/34\ m^3$

۳) $M = 206 \frac{g}{kmol}$ , $V_m = 8/8\ m^3$ ۴) $M = 41/2 \frac{Kg}{kmol}$ , $V_m = 4/4\ m^3$

---

۳- چگالی یک ترکیب شیمیایی در ۳۳۰ K و ۱۵۰ mmHg برابر $1/23 \frac{g}{L}$ را بدست آمده است. جرم مولی ترکیب چقدر است؟

$$\left\{R = 62/36 \frac{LmmHg}{Kmol}\right\}$$

۱) $M = 169 \frac{g}{mol}$ ۲) $M = 155 \frac{g}{mol}$ ۳) $M = 179 \frac{g}{mol}$ ۴) $M = 185 \frac{g}{mol}$

---

۴- نمونه‌ای از هوا در ۲۵°C و فشار یک اتمسفر حجم ۱ L را اشغال کرده است. چه فشاری لازم است تا دراین دما حجمش تا ۱۰۰ $cm^3$ متراکم شود ؟

۱) ۸ atm ۲) ۱۰ atm ۳) ۱۵ atm ۴) ۱۷ atm

---

۵- یک سیلندر دارای پیستون حاوی مخلوط هوا و بخار آب مرطوب تحت فشار ۱۳۰ KPa و دمای ۷۶°C می‌باشد. کیفیت (quality) بخار ۰/۹۲ است. این مخلوط گازی متراکم می‌شود تا اینکه حجم نهایی به یک پنجم $(\frac{1}{5})$ حجم اولیه و دمای نهایی به ۱۲۰°C برسند. جدول بخار فشار بخار آب مرطوب در ۷۶°C را ۴۰ KPa نشان می‌دهد. فشار نهایی درمخزن چقدر خواهد بود؟

۱) ۵۰۶/۷ KPa ۲) ۵۶/۳ KPa ۳) ۱۰۱/۳۵ KPa ۴) ۳۹۹/۶ KPa

---

۶- ۲ Kg از مخلوط بخار و مایع آب در تانکی به حجم ۰/۰۵ $m^3$ قراردارد. اگر در دما و فشار تانک حجم مخصوص مایع و بخار بترتیب برابر ۰/۰۰۱ $\frac{m^3}{kg}$ و ۰/۰۳ $\frac{m^3}{kg}$ باشد، مطلوبست کیفیت این مخلوط.

۱) ۰/۵۱۵ ۲) ۰/۷۹۳ ۳) ۰/۸۲۸ ۴) ۰/۶۵۲

# پاسخ تست‌های آخر فصل

**۱- گزینه «۴»**

$$h = n_1h_1 + n_2h_2 = (۰/۷)(۲۰۰)(۱۷) + (۰/۳)(۲۰۰)(۱۰) = ۲۹۸۰KJ$$

---

**۲- گزینه «۴»**

$$P_{t(\text{کل})} = ۲۰۰ + ۳۰۰ = ۵۰۰\ KPa \Rightarrow V_t = \frac{nRT}{P_t} = \frac{(۰/۵)(۸/۳۱۴)(۲۵۷+۲۷۳)}{۵۰۰} = ۴/۴۰۶\ m^3$$

جرم مولکولی متوسط $= \bar{M} = \sum_i y_i M_i = (\frac{۰/۲}{۰/۲+۰/۳})(۱۶) + (\frac{۰/۳}{۰/۲+۰/۳})(۵۸) = ۴۱/۲\ Kg/Kmol$

---

**۳- گزینه «۱»**

$$PV = nRT = \frac{m}{M}RT \Rightarrow M = \frac{mRT}{VP}, \frac{m}{V} = \rho$$

$$\Rightarrow M = \frac{(۱/۲۳)(۶۲/۳۶)(۳۳۰)}{۱۵۰} = ۱۶۸/۷۲\ \frac{g}{mol}$$

---

**۴- گزینه «۲»**

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow \frac{P_2}{۱} = \frac{۱۰۰۰Cm^3}{۱۰۰۰Cm^3} = ۱۰ \Rightarrow P_2 = ۱۰$$

---

**۵- گزینه «۱»**

فشار هوا = فشار کل − فشار بخار آب $= ۱۳۰ - ۴۰ = ۹۰\ KPa$

$$\Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{V_1}{V_2}.\frac{T_2}{T_1} = (۵)(\frac{۱۲۰+۲۷۳}{۷۶+۲۷۳}) = ۵/۶۳ \Rightarrow P_2 = ۵/۶۳P_1$$

$$\Rightarrow (۵/۶۳)(۹۰) = ۵۰۶/۷\ KPa$$

---

**۶- گزینه «۳»**

$$\bar{V} = x\bar{V}g + (۱-x)\bar{V}_f \Rightarrow ۰/۰۵ = x(۰/۰۰۱) + (۱-x)(۰/۰۳) \Rightarrow x = ۰/۸۲۸$$

# فصل دوم

# سیستم‌های ترمودینامیکی ساده

**فصل دوم**

# «سیستم‌های ترمودینامیکی ساده»

## ۲-۱- تعادل ترمودینامیکی

**تغییر حالت سیستم:** هرگاه مختصاتی که برای توصیف ماکروسکوپی سیستم لازم و کافی هستند به هر طریقی، چه خودبخود و چه به سبب عواملی خارجی، تغییر کنند، گفته می‌شود که سیستم تغییر حالت داده است.

**سیستم منزوی:** اگر یک سیستم به هیچ وجه تحت تأثیر محیط قرار نگیرد، منزوی نامیده می‌شود.

**سیستم در تعادل مکانیکی:** وقتی که هیچگونه نیروی خنثی نشده‌ای درداخل سیستم و همچنین بین سیستم و محیط آن وجود نداشته باشد، می‌گویند که سیستم در تعادل مکانیکی قرار دارد.

**سیستم در حالت تعادل شیمیایی:** اگر سیستمی که در تعادل مکانیکی قرار دارد تمایلی به تغییر خود بخودی ساختار داخلی، از قبیل واکنش‌های شیمیایی و یا انتقال ماده از یک قسمت سیستم به قسمت دیگر مانند پخش یا حل شدن، ولو به آهستگی ، نداشته باشد. آنگاه اصطلاحاً گفته می‌شود که سیستم دریک حالت تعادل شیمیایی است.

سیستم در تعادل شیمیایی نباشد ⟵ دچار تغییر حالت می‌شود.

**تعادل گرمایی:** اگر در مختصات سیستمی که درحال تعادل شیمیایی و مکانیکی است و از محیط خود توسط یک دیواره‌ی گرما بر جدا شده است هیچگونه تغییر خودبخودی رخ ندهد، تعادل گرمایی وجود دارد.

**تعادل ترمودینامیکی:** هنگامی که شرایط برای هرسه نوع تعادل بالا برقرار باشد را سیستم در تعادل ترمودینامیکی گویند.

**سیستم ناپایدار:** اگر هیچ یک از تعادل‌های بالا برقرار نباشد را گویند.

**معادله حالت:** یک معادله حالت وجود دارد که مختصات ترمودینامیکی را به یکدیگر مربوط می‌کند و لذا باعث از بین رفتن استقلال یکی از مختصات می‌شود. چنین معادله‌ای را معادله حالت گویند.

دقت یک معادله حالت به اندازه دقت آزمایشی است که منجر به تنظیم آن شده است.

**سیستم هیدروستاتیکی:** هر سیستمی با جرم ثابت که درغیاب اثرات سطحی ، گرانشی، الکتریکی، و مغناطیسی به محیط یک فشار یکنواخت هیدروستاتیکی وارد سازد، سیستم هیدروستاتیکی نامیده می‌شود.