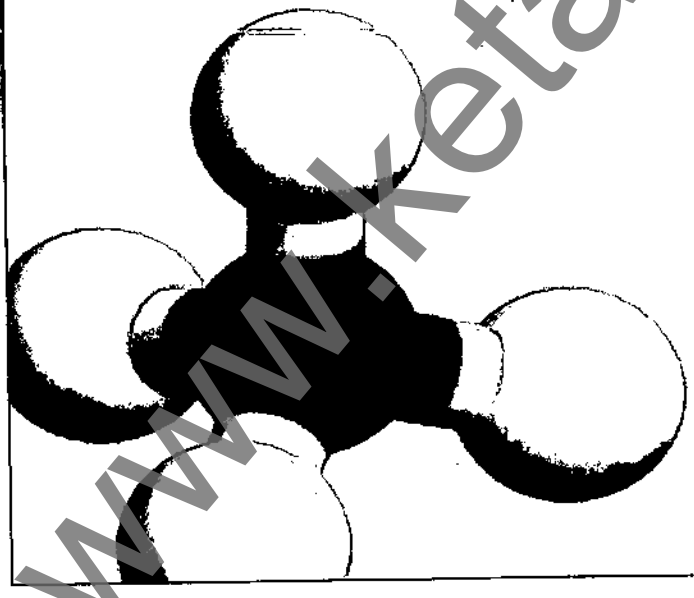
اسمیت ون نس ابت

ترمودینامیک مهندسی شیمی

ویرایش هفتم

جلد اول



مهندس محمود ثنائی‌زاده

ویراسته :اختر رجبی

نوپردازان

www.ketab.ir

سرشناسه : اسمیت، جوزف ماک، ۱۹۱۶ - م.
Smith, Joseph Mauk
عنوان و نام‌پدیدآور : ترمودینامیک مهندسی شیمی/جی. ام. اسمیت، اچ. سی. ون‌نس، ام. ام. ابت؛ ترجمه محمود تنائی‌زاده.
مشخصات نشر : تهران: نوپردازان، ۱۳۹۱.
مشخصات ظاهری : ۲ج.
شابک : دوره: 978-964-975-176-4 ، ج ۱: 978-964-975-144-3 ، ج ۲: 978-964-975-164-1
وضعیت فهرست‌نویسی : فیپا
یادداشت : عنوان اصلی: Intruduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 7th ed, c2005.
عنوان دیگر : درآمدی بر ترمودینامیک مهندسی شیمی
موضوع : ترمودینامیک
موضوع : مهندسی شیمی
شناسه افزوده : ون‌نس، هندریک، نویسنده همکار Van Ness, Hendrick c.
شناسه افزوده : ابت، مایکل، Abbott, Michael M.
شناسه افزوده : تنائی‌زاده، محمود، ۱۳۵۵- مترجم
رده‌بندی کنگره : ۱۳۹۰ ۵الف‌ت‌ا/۲/TP۱۵۵
رده‌بندی دیویی : ۶۶۰/۲۹۶۹
شماره کتابشناسی ملی : ۲۵۶۵۰۲۸

نوپردازان

کتاب	ترمودینامیک مهندسی شیمی جلد اول
تالیف	اسمیت - ون‌نس - ابت
ترجمه	محمود تنائی‌زاده
ویراستار	اختر رجبی
ناشر	نوپردازان
طراح	وزیری
نوبت	اول
تاریخ	پاییز ۱۳۹۱
تیراژ	۲۰۰۰
صفحات	۵۳۶
شابک	۹۷۸-۹۶۴-۹۷۵-۱۴۴-۳
شابک دوره	۹۷۸-۹۶۴-۹۷۵-۱۷۶-۴
قیمت	۱۵۰۰۰ تومان
لیتوگرافی	نورنگ
چاپ و صحافی	طرفه

این اثر، مشمول قانون حمایت مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است، هر کس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه ناشر، نشر یا پخش کند، مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

مراکز پخش

کتابیران: تهران، میدان انقلاب، ابتدای خیابان آزادی، خیابان دکتر قریب، بعد از فرصت شیرازی، پلاک ۷، تلفن: ۱۸ - ۶۶۵۶۶۵۰۹ WWW.Ketabiran.ir
نوپردازان: تهران، خیابان لبافی‌نژاد، بین اردیبهشت و فروردین، پلاک ۲۲۸.
تلفن: ۶۶۴۱۴۴۷۴ - ۶۶۴۱۴۵۱۵ - ۶۶۴۱۱۱۷۲ - ۶۶۴۹۴۴۰۹

www.ketab.ir

در جستجوی نظم:
شرکت مک‌گروهیل، مجموعهٔ مهندسی شیمی

بیش از هشتاد سال قبل، پانزده مهندس شیمی برجسته در نیویورک گرد هم آمدند تا برای حرفه‌شان که به سرعت در حال رشد بود کتاب‌های پی در پی را طرح ریزی کنند. از بخش فعالان صنعت پیشگامانی همچون لئو اچ. بیک لَند، آرتور دی. لیتل، چارلز ال. ریز، جان وی. اِن. دُر، ام. سی. ویتاکِر، و آر. اس. مَک براید آمدند. از دانشگاه‌ها مربی‌های برجسته‌ای همچون ویلیام اچ. واکِر، آلفرد. اچ. وایت، دی. دی. جَکسون، جِی. اچ. جیمز، وارن کِی. لویس، و هاری، اِی کورتیس آمدند. سپس اچ. سی. پارملی که بعداً ویراستار کتاب‌های مهندسی شیمی و مواد شد، به عنوان رئیس و پس از آن اس. دی. کِرکپاتریک به عنوان دبیر، جلسه را برگزار کردند.

پس از چند نشست، در سپتامبر ۱۹۲۵ این کمیته گزارش خود را به شرکت نشر مک‌گراوهیل داد. در این گزارش مشخصات مفصلی از یک سری همبسته با بیش از دوازده کتاب درسی و کتاب مرجع گنجانده شده بود که مجموعهٔ مهندسی شیمی انتشارات مک‌گراوهیل شد و به ترتیب اساس دروس شیمی را تشکیل دادند.

پس از این آغاز، یک مجموعهٔ کتاب درسی چاپ شد، و با تشکیل هیئت تحریریه، گسترش این موضوع و عمر طولانی برای آن متصور شد. مجموعهٔ مک‌گراوهیل در زمینهٔ مهندسی شیمی به عنوان یک پیشینهٔ تاریخی منحصر به فرد از پیشرفت و توسعهٔ آموزش و کاربرد مهندسی شیمی قرار گرفت. در این مجموعه می‌توان مراحل تکامل را به صورت موضوعی یافت که عبارت‌اند از: شیمی صنعتی، استوکیومتری، عملیات واحد و فرایندها، ترمودینامیک، سینتیک، و عملیات انتقال.

کتاب‌های درسی نظیر عملیات واحد مهندسی شیمی تألیف مک کیب، مقدمه‌ای بر ترمودینامیک مهندسی شیمی تألیف اسمیت، طراحی کارخانه و برآورد اقتصادی برای مهندسان شیمی تألیف پیترز، اصولی را به نسل‌هایی از دانشجویان و محققان آموزش داده‌اند که کلید موفقیت در مهندسی شیمی به شمار می‌روند. جوآن دو پابلو، جِی. شیبر، و رِجینا مورفی، گروه بعدی نویسندگان کلاسیک مک-گراوهیل هستند که دانشجویان سراسر جهان را در جهت رسیدن به سوی آخرین پیشرفت‌های مهندسی شیمی سوق خواهند داد.

مهندسی شیمی حرفه‌ای پویاست و رشد کتاب‌های آن ادامه دارد. مک‌گراو هیل با ویراستارهای مقیم و مشاور خود به نام‌های ادواردو گِلانت (رئیس دانشگاه پنسیلوانیا)، مایکل کلاین (رئیس دانشگاه راجرز)، و توماس اِدگار (استاد دانشگاه تگزاس در آستین) به سیاست نشری که نیازهای حرفهٔ مهندسی شیمی جهانی را در سراسر سال‌های پیش رو برآورده می‌سازد، متعهد مانده است.

www.ketab.ir

فهرست مطالب

فصل ۱ مقدمه ۱

۱.۱ گسترهٔ ترمودینامیک ۱

۲.۱ ابعاد و واحدها ۲

۳.۱ مقیاس‌های مقدار یا اندازه ۳

۴.۱ نیرو ۳

۵.۱ دما ۵

۶.۱ فشار ۸

۷.۱ کار ۱۰

۸.۱ انرژی ۱۱

۹.۱ گرما ۱۸

فصل ۲ قانون اول و سایر مفاهیم بنیادی ۲۵

۱.۲ آزمایش‌های ژول ۲۵

۲.۲ انرژی داخلی ۲۵

۳.۲ قانون اول ترمودینامیک ۲۶

۴.۲ موازنهٔ انرژی برای سیستم‌های بسته ۲۷

۵.۲ حالت ترمودینامیکی و توابع حالت ۳۱

۶.۲ تعادل ۳۴

۷.۲ قانون فاز ۳۵

۸.۲ فرایند برگشت‌پذیر ۳۷

۹.۲ فرایندهای حجم-ثابت و فشار-ثابت ۴۴

۱۰.۲ آنتالپی ۴۶

۱۱.۲ ظرفیت گرمایی ۴۷

۱۲.۲ موازنهٔ جرم و انرژی برای سیستم‌های باز ۵۳

www.ketab.ir

فصل ۳ خواص حجمی سیالات خالص ۷۷

۱.۳ رفتار PVT مواد خالص ۷۷
۲.۳ معادلات حالت ویریال ۸۴
۳.۳ گاز ایده‌آل ۸۷
۴.۳ کاربرد معادلات ویریال ۱۰۴
۵.۳ معادلات حالت درجه سوم ۱۰۸
۶.۳ روابط تعمیم یافته گازها ۱۲۰
۶.۳ روابط تعمیم یافته مایعات ۱۳۱

فصل ۴ آثار گرمایی ۱۵۱

۱.۴ آثار گرمایی محسوس ۱۵۱
۲.۴ گرماهای نهان مواد خالص ۱۵۹
۳.۴ گرمای واکنش معیار ۱۶۲
۴.۴ گرمای تشکیل معیار ۱۶۴
۵.۴ گرمای احتراق معیار ۱۶۷
۶.۴ وابستگی دمایی ΔH° ۱۶۸
۷.۴ آثار گرمایی واکنش‌های صنعتی ۱۷۱

فصل ۵ قانون دوم ترمودینامیک ۱۹۳

۱.۵ بیان‌های قانون دوم ۱۹۴
۲.۵ موتورهای گرمایی ۱۹۵
۳.۵ مقایس‌های دمای ترمودینامیک ۱۹۸
۴.۵ آنتروپی ۲۰۳
۵.۵ تغییرات آنتروپی گاز ایده‌آل ۲۰۷
۶.۵ بیان ریاضی قانون دوم ۲۱۰
۷.۵ موازنهٔ آنتروپی برای سیستم‌های باز ۲۱۳

www.ketab.ir

۸.۵ محاسبهٔ کار ایده‌آل ۲۱۹
۹.۵ کار تلف شده ۲۲۴
۱۰.۵ قانون سوم ترمودینامیک ۲۲۷
۱۱.۵ آنتروپی از نظر میکروسکپی ۲۲۸

فصل ۶ خواص ترمودینامیکی سیالات ۲۴۳
۱.۶ روابط میان خواص برای فازهای همگن ۲۴۳
۲.۶ خواص باقیمانده ۲۵۴
۳.۶ خواص باقیمانده بر اساس معادلات حالت ۲۶۳
۴.۶ سیستم‌های دو فازی ۲۶۹
۵.۶ نمودارهای ترمودینامیکی ۲۷۴
۶.۶ جدول‌های خواص ترمودینامیکی ۲۷۶
۷.۶ روابط تعمیم یافتهٔ خاصیت در گازها ۲۸۰

فصل ۷ کاربردهای ترمودینامیک در فرایندهای جریان ۳۰۹
۱.۷ جریان سیالات تراکم‌پذیر در مجرا ۳۱۰
۲.۷ توربین‌ها (انبساط دهنده‌ها) ۳۲۵
۳.۷ فرایندهای تراکم ۳۳۰

پیوست الف ضرایب تبدیل و مقادیر ثابت گاز ۳۵۱

پیوست ب خواص گونه‌های خالص ۳۵۴

پیوست ج ظرفیت‌های گرمایی و تغییرات خواص تشکیل ۳۶۰

پیوست د برنامه‌های رایانه‌ای نمونه ۳۶۸
د.۱ توابع تعریف شده ۳۶۸
د.۲ حل مسائل نمونه توسط MATHCAD® ۳۷۱

www.ketab.ir

پیوست ه جدول‌های رابطهٔ تعمیم‌یافتهٔ لی/کسلر ۳۷۵

پیوست و جدول‌های بخار آب ۴۰۸

و.۱ دورن‌یابی ۴۰۸

پیوست ز نمودارهای ترمودینامیکی ۴۸۶

پیوست ح روش UNIFAC ۴۸۹

پیوست ط روش نیوتن ۴۹۶

واژه‌نامه ۵۰۱

نمایه ۵۰۹

www.ketab.ir

فهرست نمادها

A	مساحت
A	انرژی هلمهولتز مولی یا ویژه $\equiv U-TS$
A	پارامتر، معادلات تجربی، برای مثال در معادلات (۴.۴) ، (۷۶.۶)، و (۱۴.۱۲)
a	شتاب
a	مساحت مولی فاز جذب شده
a	پارامتر، معادلات حالت درجه سوم
$\bar{a}_i$	پارامتر جزئی، معادلات حالت درجه سوم
B	ضریب دوم ویریال، بسط نسبت به چگالی
B	پارامتر، معادلات تجربی، برای مثال در معادلات (۴.۴) ، (۷۶.۶)، و (۱۴.۱۲)
$\hat{B}$	ضریب دوم ویریال کاهش یافته، که در معادلهٔ (۶۲.۳) تعریف شده است
B'	ضریب دوم ویریال، بسط نسبت به فشار
B^1 ، B°	توابع، رابطهٔ تعمیم یافته ضریب دوم ویریال
B_{ij}	برهم‌کنش ضریب دوم ویریال
b	پارامتر، معادلات حالت درجه سوم
$\bar{b}_i$	پارامتر جزئی، معادلات حالت درجه سوم
C	ضریب سوم ویریال، بسط نسبت به چگالی
C	پارامتر، معادلات تجربی، برای مثال معادلات (۴.۴) ، (۷۶.۶)، و (۱۴.۱۲)
C'	ضریب سوم ویریال، بسط نسبت به فشار
$\hat{C}$	ضریب سوم ویریال کاهش یافته، که در صفحه ۱۲۴ تعریف شده است.
C° و C^1	توابع، رابطهٔ تعمیم یافتهٔ ضریب سوم ویریال
C_P	ظرفیت گرمایی مولی یا ویژه، فشار ثابت
C_V	ظرفیت گرمایی مولی یا ویژه، حجم ثابت
C_P°	ظرفیت گرمایی حالت معیار، فشار ثابت
ΔC_P°	تغییر ظرفیت گرمایی معیار واکنش
$\langle C_P \rangle_H$	ظرفیت گرمایی میانگین، محاسبات آنتالپی
$\langle C_P \rangle_S$	ظرفیت گرمایی میانگین، محاسبات آنتروپی
$\langle C_P^\circ \rangle_H$	ظرفیت گرمایی معیار میانگین، محاسبات آنتالپی
$\langle C_P^\circ \rangle_S$	ظرفیت گرمایی معیار میانگین، محاسبات آنتروپی
c	سرعت صوت
D	ضریب چهارم ویریال، بسط نسبت به چگالی
D	پارامتر، معادلات تجربی، برای مثال معادلات (۴.۴) و (۷۷.۶)

www.ketab.ir

D'	ضریب چهارم ویریال، بسط نسبت به فشار
E_i	سطح انرژی
E_K	انرژی جنبشی
E_P	انرژی پتانسیل ثقلی
F	درجهٔ آزادی، قانون فاز
F	نیرو
$\mathcal{F}$	ثابت فاراده
f_i	فوگاسیتهٔ گونهٔ i
f_i^*	فوگاسیتهٔ حالت معیار
$\hat{f}_i$	فوگاسیتهٔ گونهٔ i در محلول
G	انرژی گیبس مولی یا ویژه $\equiv H - TS$
G_i^*	انرژی گیبس حالت معیار گونهٔ i
$\bar{G}_i$	انرژی گیبس جزئی گونهٔ i در محلول
G^E	انرژی گیبس اضافی $\equiv G - G^{id}$
G^R	انرژی گیبس باقیمانده $\equiv G - G^{ig}$
ΔG	تغییر انرژی گیبس اختلاط
ΔG°	تغییر انرژی گیبس معیار واکنش
ΔG_f°	تغییر انرژی گیبس معیار تشکیل
g	شتاب ثقل محلی
g_c	ثابت ابعادی $= ۳۲/۱۷۴۰ (lb_m)(ft)(lb_f)^{-1}(s)^{-2}$
g_i	واگنی
H	آنتالپی مولی یا ویژه $\equiv U + PV$
$\mathcal{H}_i$	ثابت هنری گونهٔ i در محلول
H_i^*	آنتالپی حالت معیار گونهٔ خالص i
$\bar{H}_i$	آنتالپی جزئی گونهٔ i در محلول
H^E	آنتالپی اضافی $\equiv H - H^{id}$
H^R	آنتالپی باقیمانده $\equiv H - H^{ig}$
$(H^R)^*$، $(H^R)^1$	توابع، رابطهٔ تعمیم یافتهٔ آنتالپی باقیمانده
ΔH	تغییر آنتالپی("گرما") در اختلاط؛ همچنین گرمای نهان انتقال فاز
$\overline{\Delta H}$	گرمای انحلال
ΔH^*	تغییر آنتالپی معیار واکنش
ΔH_r°	گرمای واکنش معیار در دمای مبنای T_r
ΔH_f°	تغییر آنتالپی معیار تشکیل
h	ثابت پلانک
I	بیانگر انتگرال، برای مثال در معادلات (۶۵.۶)
I	پتانسیل یونش اول
K_j	ثابت تعادل واکنش شیمیایی j

www.ketab.ir

K_i	نسبت تعادل بخار/مایع گونهٔ $i \equiv y_i/x_i$
k	ثابت بولتزمن
$\mathcal{L}$	جزء مولی سیستم مایع
l	طول
l_{ij}	پارامتر برهم‌کنش معادلهٔ حالت، معادلهٔ (۱۰۱.۱۴)
$\mathbf{M}$	عدد ماخ
M	جرم مولی (وزن مولکولی)
M	مقدار مولی یا ویژه، خاصیت ترمودینامیکی مقداری
$\bar{M}_i$	خاصیت جزیی گونهٔ i در محلول
M^E	خاصیت اضافی $\equiv M - M^{id}$
M^R	خاصیت باقیمانده $\equiv M - M^{ig}$
ΔM	تغییر خاصیت اختلاط
ΔM°	تغییر خاصیت معیار واکنش
ΔM_f°	تغییر خاصیت معیار تشکیل
m	جرم
$\dot{m}$	آهنگ جریان جرمی
N	تعداد گونه‌های شیمیایی، قانون فاز
N_A	عدد آووگادرو
n	تعداد مول‌ها
$\dot{n}$	آهنگ جریان مولی
$\tilde{n}$	تعداد مول حلال به تعداد مول حل شونده
n_i	تعداد مول‌های گونهٔ i
P	فشار مطلق
P°	فشار حالت معیار
P_c	فشار بحرانی
P_r	فشار کاهش یافته
P_r^1 ، P_r^2	توابع، رابطهٔ تعمیم یافتهٔ بخار- فشار
P_v	فشار مبنا
P_i	فشار جزئی گونهٔ i
P_i^{sat}	فشار بخار اشباع گونهٔ i
Q	گرما
$\dot{Q}$	آهنگ انتقال گرما
q	آهنگ جریان حجمی
q	پارامتر، معادلات حالت درجه سوم
q	بار الکتریکی
$\bar{q}_i$	پارامتر جزئی، معادلات حالت درجه سوم
R	ثابت جهانی گاز (جدول الف.۲)

www.ketab.ir

γ_i	ضریب فعالیت، گونهٔ i در محلول
δ	نمای پلی‌تروپ
ϵ	ثابت، معادلات حالت درجه سوم
ϵ	عمق چاه، تابع پتانسیل درون مولکولی
ϵ_0	گذردهی الکتریکی خلأ
ε	مختصهٔ واکنش
η	بازده
κ	تراکم‌پذیری تک‌دما
Π	فشار انتشاری، فاز جذب شده
Π	فشار اسمزی
π	تعداد فازها، قانون فاز
μ	ضریب ژول/تامسون
μ	ممان دوقطبی
μ_i	پتانسیل شیمیایی گونهٔ i
ν_i	عدد استوکیومتری گونهٔ i
ρ	چگالی مولی یا ویژه $= 1/V$
ρ_c	چگالی بحرانی
ρ_r	چگالی کاهش یافته
σ	ثابت، معادلات حالت درجه سه
σ	قطر برخورد مولکولی
τ	نسبت دما T/T_c [در معادلهٔ (۴.۷۷) $\tau = 1 - T_r$]
Φ_i	نسبت ضرایب فوگاسیته، که توسط معادلهٔ (۲.۱۴) تعریف شده است.
ϕ_i	ضریب فوگاسیته، گونهٔ خالص i
$\hat{\phi}_i$	ضریب فوگاسیته، گونهٔ i در محلول
ϕ^1, ϕ^*	توابع، رابطهٔ تعمیم یافتهٔ ضریب فوگاسیته
Ω, Ψ	ثابت‌ها، معادلات حالت درجه سوم
ω	ضریب خروج از مرکز

نشانه‌ها

cv	به عنوان زیرنویس، نشانهٔ یک حجم کنترل
fs	به عنوان زیرنویس، نشانهٔ جریان‌های جاری
°	به عنوان زیرنویس، نشانهٔ حالت معیار
-	زِبَر بار، نشانهٔ یک خاصیت جزئی
.	زِبَر نقطه، نشانهٔ آهنگ زمانی
^	کلاه، نشانهٔ خاصیت در محلول
Δ	عملگر تفاضل

www.ketab.ir

سخن مترجم

کتابی که در اختیار دارید مجموعهٔ جامع و کاملی از اصول و مبانی ترمودینامیک مهندسی شیمی است که علاوه‌بر مباحث نظری، ابعاد و جنبه‌های عملی و کاربردی ترمودینامیک را مورد توجه قرار می‌دهد. بر این اساس انتظار می‌رود پس از مطالعهٔ آن، افق روشن‌تری از علم ترمودینامیک پیش روی دانشجویان و مهندسان باز شود.

در ترجمهٔ کتاب سعی شده است تا حد امکان جایگزین‌های مناسبی برای لغات فنی انتخاب شود و در انتهای کتاب واژه‌نامه این لغات آورده شده است.

از همهٔ عزیزانی که به‌طور مستمر در ترجمه کتاب همکاری داشته‌اند از جمله سرکار خانم مهندس نسرین حسنی طباطبایی و به‌خصوص ویراستار محترم کتاب سرکار خانم رجبی تشکر و قدردانی می‌کنم.

شایسته است از زحمات فراوان آقای دکتر شاپور گهواره و همکارانشان کمال تشکر و سپاسگزاری را داشته باشم.

مترجم بسیار سپاسگزار خواهد بود صاحب‌نظران، لغزش‌ها و نارسایی‌ها را یادآوری کنند تا در چاپ‌های بعدی تصحیح شود.

www.ketab.ir

دربارهٔ مترجم

محمود ثنائی‌زاده

دانش‌آموخته رشته مهندسی شیمی است. وی در سال ۱۳۷۸ موفق به اخذ درجه کارشناسی از دانشگاه اصفهان شد و در سال ۱۳۸۰ کارشناسی ارشد مهندسی شیمی را از دانشگاه صنعتی شریف دریافت کرد.

بیش از یک دهه در بخش‌های مختلف مؤسسه‌های تحقیقاتی به عنوان کارشناس و مدیر پروژه در زمینه مهندسی شیمی فعالیت داشته است. حاصل این فعالیت‌ها به ثمر رسیدن پروژه‌های مختلف تحقیقاتی حتی در سطح ملی بوده است. علاوه بر فعالیت در مؤسسه‌های تحقیقاتی، در شرکت‌های مهندسی مشاور در زمینه طراحی و راه‌اندازی تجهیزات فرایندی و واحدهای شیمیایی در مقیاس‌های نیمه صنعتی و صنعتی همکاری داشته است.

www.ketab.ir

پیشگفتار

ترمودینامیک، که یکی از موضوعات اصلی علم است، مبتنی بر قوانینی است که کاربرد جهانی دارند. دلیل عرضه این موضوع از دید مهندسی شیمی، یقین ما بر تدریس ترمودینامیک در متون برنامهٔ درسی دانشجویان به‌طور بسیار گسترده و مؤثر است.

اگرچه این کتاب از نظر ماهیت مقدماتی است، مطالب آن نباید ساده انگاشته شودند. در واقع، راهی برای ساده کردن آن نیست، و دانشجوی ناآشنا با این موضوع در می‌یابد که کار تحقیقی درخور توجهی پیش روی اوست. مفاهیم جدید، واژه‌ها، و نمادها با سرعت شگفت‌انگیزی ظاهر می‌شوند و اینجاست که حافظه نقش مؤثری دارد. چالش بسیار بزرگتر، لزوم توسعهٔ ظرفیتی برای استدلال و به‌کارگیری اصول ترمودینامیک در حل مسائل عملی است. با وجود این‌که تحلیل ترمودینامیکی بدون عیب و نقص مشکل است، درحد امکان سعی شده است از پیچیدگی‌های ریاضیاتی غیرضروری اجتناب شود. علاوه‌بر این با نوشتن جملات به صورت زمان حال و معلوم، دانشجویان به یادگیری ترغیب شده‌اند. فراهم کردن انگیزهٔ لازم دشوار است، ولی هدف ما در این کتاب، همانند تمام ویرایش‌های قبلی، ارائه مطالب به‌صورتی قابل فهم برای تمام دانشجویانی است که با سخت‌کوشی تمرین و ممارست می‌کنند.

دو فصل اول کتاب تعاریف اصلی و تعمیم قانون اول ترمودینامیک را ارائه می‌کنند. در فصل‌های ۳ و ۴ با ارائه رفتار فشار/حجم/دما برای سیالات و آثار گرمایی، امکان کاربرد قانون اول برای مسائل واقعی فراهم می‌شود. قانون دوم و برخی از کاربردهای آن در فصل ۵ بررسی می‌شود. بررسی خواص ترمودینامیکی سیالات خالص در فصل ۶، امکان کاربرد عمومی قوانین اول و دوم را فراهم می‌سازد، و در فصل ۷ بررسی بیشتر فرایندهای جریان را ممکن می‌کند. فصل‌های ۸ و ۹ به تولید توان و فرایندهای سردسازی مربوط می‌شوند. مابقی کتاب، که دربارهٔ مخلوط سیالات است، به موضوعاتی در حوزهٔ منحصر به فردی از ترمودینامیک مهندسی شیمی می‌پردازد. در فصل‌های ۱۱ و ۱۲ ترمودینامیک محلول به صورت نظری و عملی به تفصیل بررسی می‌شود. بالاخره در فصل ۱۳ در مورد تعادل واکنش شیمیایی بحث می‌شود. فصل ۱۴ به موضوع تعادل فاز، به‌همراه بررسی بیشتر تعادل بخار/مایع، و تعادل‌های جذب سطحی و اسمزی مربوط است. در فصل ۱۵ با مرور بخش عمده مطالب تجربی ترمودینامیک، به تحلیل ترمودینامیکی فرایندهای واقعی پرداخته می‌شود.

www.ketab.ir

محتوای این ۱۵ فصل بیش از نیاز درسی در یک سال برای دورهٔ کارشناسی است، و بر اساس محتوای سایر دروس باید فصل‌های لازم انتخاب و تدریس شوند. ۱۳ فصل اول شامل مباحثی است که به عنوان بخشی از هرگونه آموزش برای مهندسان شیمی ضروری به نظر می‌رسد. در جایی که فقط یک نیم‌سال تحصیلی ترمودینامیک مهندسی برگزار می‌شود، محتوای این ۱۳ فصل کفایت می‌کند.

قوانین و اصول ترمودینامیک کلاسیک به هیچ مدل خاصی از ساختار ماده بستگی ندارد؛ آنها عاری از هرگونه ملاحظات مولکولی هستند. البته، رفتاری که ماده—گازها، مایعات، و جامدات—از خود نشان می‌دهد به ماهیت ویژهٔ آن بستگی ندارد، و در فصل ۱۶، مقدمه‌ای بر ترمودینامیک مولکولی ارائه می‌شود، که در فصل‌های قبلی گهگاه به آن ارجاع شده است.

این کتاب چنان جامع است که هم برای دوره‌های تحصیلی و هم برای فعالیت‌های حرفه‌ای مرجعی مفید است. اما، برای پرهیز از حجیم شدن کتاب به گزینش سنجیده‌ای نیاز بوده است. بنابراین، به دسته‌ای از مباحث به‌خصوص، مگر موضوعات تخصصی، توجه زیادی شده است. کاربردهای پلیمرها، الکترولیت‌ها، و بیومواد از جملهٔ این موضوع‌ها هستند.

بسیاری از افراد—دانشجویان، اساتید، و خوانندگان—به طُرق مختلف به طور مستقیم یا غیر-مستقیم در بهبود کیفیت این ویرایش هفتم نقش داشته‌اند، که ما مدیون آنها هستیم، و در اینجا از همهٔ کسانی که از طریق پرسش و پیشنهاد، انتقاد و تشویق، طی بیش از ۵۵ سال که از تألیف و تکامل شش ویرایش این کتاب می‌گذرد، ما را یاری داده‌اند، سپاسگذاری می‌کنیم.

جی. ام. اسمیت
اچ. سی. وَن نس
ام. ام. اَبت

www.ketab.ir