

G

Heat and Motion in Materials

K. Sadrnezhaad

P

T

حرارت و حرکت در مواد

تألیف

سیدخطیب الاسلام صدرنژاد

استاد دانشکده مهندسی و علم مواد
دانشگاه صنعتی شریف

تهران، ۱۳۷۸

فهرست نویسی پیش از انتشار

صدرنژاد، خطیب الاسلام، ۱۳۳۰ -
حرارت و حرکت در مواد / تألیف خطیب الاسلام صدرنژاد. - تهران: وزارت امور خارجه،
مرکز چاپ و انتشارات، ۱۳۷۸.
۶۲۴ ص.: مصور، جدول، نمودار.
بها: ۳۰۰۰۰ ریال
ISBN 964- 330- 526- X
فهرست نویسی بر اساس اطلاعات فیبا (فهرست نویسی پیش از انتشار)
عنوان اصلی: Heat and Motion in Material.
واژه نامه.
کتابنامه: ص. ۶۰۹-۶۱۶.
۱. ترمودینامیک. ۲. گرما. ۳. ترمودینامیک تعادلی. الف. ایران. وزارت امور خارجه. مرکز
چاپ و انتشارات. ب. عنوان.
۴ ح ۴ ص / QC ۳۱۱
۱۳۷۸
کتابخانه ملی ایران
۵۳۶/۷
م ۷۸- ۱۲۲۹۲

صدرنژاد، سید خطیب الاسلام

حرارت و حرکت در مواد (جلد اول)

چاپ اول: ۱۳۷۸

لینوگرافی، چاپ و صحافی: مرکز چاپ و انتشارات وزارت امور خارجه

تیراژ: ۵۰۰۰ نسخه

حق چاپ محفوظ است.

فهرست مطالب

پیشگفتار ۹

فصل ۱ حالات ماده ۱۳

بخش اول - رابطه خواص با ساختار

فصل ۲ ماده براساس نظریه ذره‌ای ۲۱
فصل ۳ ساختار مولکولی ۳۷
فصل ۴ گازها ۵۵
فصل ۵ ساختار مایع ۷۱
فصل ۶ صورت مسائل بخش اول ۷۹
فصل ۷ حل مسائل بخش اول ۹۳

بخش دوم - قانون اول ترمودینامیک

فصل ۸ سیستم و حالت ۱۲۹
فصل ۹ اصل بقای انرژی ۱۳۷
فصل ۱۰ انتالپی ۱۴۷
فصل ۱۱ انتالپی تشکیل ۱۵۷
فصل ۱۲ صورت مسائل بخش دوم ۱۶۵
فصل ۱۳ حل مسائل بخش دوم ۱۸۵

بخش سوم - قوانین دوم و سوم ترمودینامیک

فصل ۱۴ رابطه کار و حرارت ۲۳۱
فصل ۱۵ انتروپی ۲۴۵
فصل ۱۶ توابع کمکی ۲۵۷

۲۶۷	مبدأ انتروپی	فصل ۱۷
۲۷۵	صورت مسائل بخش سوم	فصل ۱۸
۲۹۱	حل مسائل بخش سوم	فصل ۱۹

بخش چهارم - تعادل

۳۲۷	معیار تعادل	فصل ۲۰
۳۳۳	انواع تعادل	فصل ۲۱
۳۴۱	اکتیویته و ثابت تعادل	فصل ۲۲
۳۵۱	تعادل الکتروشیمیایی	فصل ۲۳
۳۶۵	صورت مسائل بخش چهارم	فصل ۲۴
۳۸۵	حل مسائل بخش چهارم	فصل ۲۵

بخش پنجم - جداول ترمودینامیکی

۴۴۱	واحدهای استاندارد	فصل ۲۶
۴۵۱	انتالپی تغییر حالت	فصل ۲۷
۴۶۱	انتالپی تشکیل و انتروپی در دمای محیط	فصل ۲۸
۵۳۳	ظرفیت حرارتی در فشار ثابت	فصل ۲۹
۵۷۹	تغییر انرژی آزاد استاندارد واکنشها	فصل ۳۰
۶۰۹	مآخذ	فصل ۳۱

۶۱۷

واژه یاب

وَالْفُلُكُ تَجْرِي فِي الْبَحْرِ بِأَمْرِهِ

و کشتی، در دریا، به فرمان او سیر می‌کند

سوره حج آیه ۶۵

پیشگفتار

چنین بنظر می‌رسد که موجودات و اشیای عالم، همه بر هم اثر دارند. میزان تأثیر، به فاصله اشیا بستگی دارد. این میزان برای موجودات پرفاصله، غالباً قابل اغماض است؛ ولی صفر نیست. یکی از مفاهیم مورد استفاده برای تعیین میزان تأثیر، انرژی است. از آنجا که انرژی همیشه همراه ماده است، لذا جزو خواص ماده بحساب می‌آید. وسعت کاربرد مفهوم انرژی باعث شده است که تمام پدیده‌های فیزیکی، نتیجهٔ اندرکنش انرژی با ماده تصور شود. ماهیت این اندرکنشها، وضعیت ماده را معین می‌کند.

جهان مادی، بخش مهمی از جهان هستی است که به دلیل نیاز، مورد توجه بشر قرار گرفته است. مطالعات تجربی ما تا کنون، به پدیده‌های فیزیکی جهان مادی محدود بوده است؛ درحالی‌که جهان مادی، احتمالاً جزو کوچکی از کل هستی را تشکیل می‌دهد. مع‌هذا اطلاعات ما در بارهٔ پدیده‌های فیزیکی جهان هنوز بسیار محدود و ناقص است.

از آنجا که زندگی بشر به نحو چشمگیری وابسته به مواد است، لذا فهم رفتار، خواص و محدودیتهای موجود در سیستمهای مادی، از اهمیت بسزایی برخوردار است. اگر چه اندازه‌گیری خواص مواد از طریق تجربه و آزمایش میسر است، اما ترجیح دارد رفتار مواد از طریق تلفیق اصول اولیهٔ علمی با نتایج آزمایشها توجیه شود. در اینجا استفاده از منطق رسای ترمودینامیک کلاسیک همراه با شیوهٔ دقیق بررسی جزء به جزء که با کمک

۱۰ حرارت و حرکت در مواد

تجهیزات پیشرفته متالوگرافی، کریستالوگرافی و تجزیه شیمیایی قابل انجام است، مارا به ارتباط خواص ظاهری با دنیای حیرت‌انگیز درون ماده واقف می‌سازد.

در اینجا باید اذعان داشت که محدودیت ما در درک سریع و همزمان پدیده‌های طبیعی، یکی از نعمتهای الهی است که خطر صاعقه‌امواج خروشان تأثیرات اطراف را کاسته و محیط پرتلاطم را قابل تحمل می‌سازد. بطوریکه آگاهی از اسرار و رموز کائنات، جز در موارد خاص، برای بشر میسر نیست.

در عین حال نباید از نظر دور داشت که انتزاع ماده از غیر ماده و غیب از شهود، هم به لحاظ امکان ارتباط تنگاتنگ بینشان و هم به علت مبهم بودن مرزبندیها، شاید نتیجه صحیحی بدست ندهد، بویژه آنکه با گسترش دامنه علم، وسعت عالم شهود افزون گشته و مرزهای مرئی و نامرئی، دستخوش تزلزل و تغییر می‌شوند.

بعنوان مثال برای دستیابی به نحوه ایجاد قوانین و سنن بنیادین حاکم بر طبیعت، توجه به کلیت جهان هستی ضرورت دارد. اما این امری است که با ابزار علمی موجود، از عهده بشر ساقط است؛ لذا به آگاهی نسبی از پدیده‌های فیزیکی جهان مادی، ولو بسیار اندک است، عموماً بسنده می‌کنیم؛ زیرا همین اندک نیز برای رفع پاره‌ای از حوائج کوتاه مدت و محدود، بسیار کارا و چاره ساز بوده است.

حرارت و حرکت که نتیجه اعمال تأثیرات و اندرکنشهای انرژی با اجزای جهان مادیست، خود بعنوان جزئی از عالم محسوسات قابل تحقیق و تعمق است. ارزیابی کمی حرارت و حرکت، از طریق قوانینی تجربی امکان پذیر است. اساس این قوانین، بر تعریف کمیتهای «انرژی» و «انترپی» استوار شده است. هر دو مفهوم، نشان دهنده میزان تأثیرات و تمایلهای اساسی موجود در طبیعتند. این تمایلات، عامل اجرای سنتهای الهی و برقراری نظم و ترتیب در جهان مادی بنظر می‌رسند.

اگر چه تلاش برای دریافت قوانین حاکم بر طبیعت، جستجو برای کشف «اثر» است، لکن توجه دلها را ناخود آگاه به سوی «مؤثر» سوق می‌دهد. مثلاً وقتی آثار قدرت ربوبی به نحو حیرت انگیزی در نظر هنرمندانه می‌نماید، عظمت گنجینه‌های دانش هستی، تکریم ذات مقتدر بنیانگذار ملکوت آسمانها و زمین را، خودبخود ضرورت می‌بخشد.

از آنجا که آثار تدبیر در ذره ذره اجزای عالم هستی مشهود است و عوامل هدایت در همه جا حاضر و ناظرند، پس هیچ جا را از حضور گرداننده هستی بی بهره نمی‌توان یافت و هیچ مخلوقی را از انقیاد فرمانش بدور نمی‌توان تصور کرد. حال این چشمان بصیر، دلهای

پیشگفتار ۱۱

پاک و عقول آگاه است که با رؤیت ملکوت اشیا، به مقام یقین دست یافته و از روی شور و شوق، حمد و سپاس بیکران خویش را نثار پدید آورنده یکتا می‌دارد.

آشنایی با قوانین حرارت و حرکت و شیوه بکارگیری آنها، نه تنها حلّ معضلات جامعه صنعتی امروز را آسان می‌سازد، بلکه زمینه درک آثار حکمت ربوبی را نیز برای مشتاقان مهیا می‌کند. اطلاق این قوانین بر تحولات خاص طبیعی، نتایج سودمندی بدست می‌دهد که در بخشهایی از این کتاب، مورد توجه قرار گرفته است. بخشهای نخستین، به شرح قوانین اصلی و نحوه کاربرد آنها در تحولات ساده مکانیکی و شیمیایی اختصاص یافته، درحالیکه بخشهای پایانی، به کاربرد قوانین در سیستمهای تعادلی تعلق دارد.

تجربه نشان می‌دهد که دریافت عمقی قوانین حرارت و حرکت، عموماً با دشواری مواجه است، بویژه اینکه مفاهیم بنیانی از پیچیدگی خاصی برخوردار بوده و برای ارائه آنها، معمولاً از فرمولهای متعدد کمک گرفته می‌شود. علیهذا با انتقال توضیحات مربوط به اثبات قضایا و فرمولها به داخل مثالها و مسائل، از حجیم شدن متن پرهیز شده و مطالب فصول حتی الامکان ساده و کوتاه ارائه شده‌اند. در عوض، حل کامل اکثر مسائل، برای تکمیل مطالب و کمک به علاقه‌مندان به خودآموزی، در پایان بخشها ارائه شده است.

این کتاب، برای آموزش دروس شیمی فیزیک در دانشکده‌های مهندسی و علوم طراحی شده است. لکن مطالعه آن به دانش پژوهانی که در طراحی فرایندهای عملی و تحقیق در خصوص مواد نو اشتغال دارند نیز توصیه می‌شود. مباحث مهم کاربردی از قبیل شکل دهی، انجماد، تشویه، احیا و تصفیه مواد طی تمرینها و مسائل متعدد مورد توجه قرار گرفته‌اند. نظم مطالب، بر اساس شروع از مفاهیم بنیانی در سطح دوره‌های کارشناسی دانشگاهها و افزایش تدریجی تا مرز دوره‌های کارشناسی ارشد است.

در خاتمه، مراتب تشکر و قدرانی خویش را به پیشگاه محققین و دانشجویان عزیز که طی دو دهه تدریس دروس شیمی فیزیک و ترمودینامیک توسط مؤلف، با اظهار نظرها، راهنمائیها و کمک در جمع آوری اطلاعات، بطور مستقیم یا غیر مستقیم به بهبود این اثر کمک نموده‌اند، تقدیم داشته و آرزوی قبولی توسط حضرت حق جل و اعلی را دارم.

سید خطیب الاسلام صدرنژاد

استاد مهندسی متالورژی - دانشگاه صنعتی شریف

تهران - ۱۳۷۷ هجری شمسی