زمان و ترمودینامیک

کایل کرکلند

ترجمه‌ی

بهرام معلمی

انتشارات مازیار

فهرست مطالب

پیشگفتار ۷
مقدمه ۹

۱. گرما و محیط ۱۳
دما و گرما ۱۴
دما و انرژی جنبشی مولکول‌ها ۱۶
جریان (شارش) انرژی ۲۰
سرد شدن و گرم شدن ۲۶
فصل‌های سال ۳۳
جزیره‌های گرمایی شهری ۳۶
گرمایش زمین ۴۰

۲. گرما و دمای بدن ۴۵
دمای بدن ۴۵
آدمی گرما و سرما را چگونه حس می‌کند؟ ۴۹
رساناها و عایق‌های گرما ۵۰
جانوران خونگرم و خونسرد ۵۳
منطقه‌ی آرامش: نگهداری دمای مناسب ۵۷
گرمانگاری ۶۲
حد نهایت دماها و حیات ۶۴

۳. گرما و فناوری ۷۱
بهره‌گیری از فناوری برای کنترل کردن دما ۷۱
قانون اول ترمودینامیک ۷۳
یخچال‌ها و دستگاه‌های تهویه‌ی مطبوع ۷۶
قانون دوم ترمودینامیک ۷۹

تلمبه‌های گرمایی برگشت‌پذیر ۸۲
صفر مطلق ۸۴

۴. ماشین حرارتی ۸۹
نیروی بخار ۸۹
ماشین کارنو ۹۶
موتور اتومبیل ۱۰۰
موتور اتومبیل‌های مسابقه ۱۰۷
موتورهای جت و توربین‌های گازی ۱۱۲
موتورهای حرارتی آینده ۱۱۶

۵. زمان ۱۲۳
ساعت‌ها ۱۲۳
آونگ‌ها و حرکت تناوبی ۱۲۹
زمان و قوانین فیزیک ۱۳۳
آنتروپی و بی‌نظمی ۱۳۷
تجدیدنظر شده‌ی قانون دوم ترمودینامیک ۱۴۱
سفر در زمان ۱۴۲
آغاز و انجام جهان هستی ۱۴۶

نتیجه‌گیری ۱۵۱

واحدهای SI و تبدیل‌ها ۱۵۵

فرهنگ اصطلاحات ۱۵۷

برای مطالعه‌ی بیشتر ۱۶۰

نمایه ۱۶۱

۱

گرما و محیط

کوه یخ عظیم شناور در اقیانوس، سرد و منجمد است، با این حال مقدار زیادی انرژی گرمایی دارد. واژه‌ی گرمایی (*thermal*) از کلمه‌ای یونانی به معنای حرارت و گرما مشتق شده است. کوه یخ داغ نیست، امّا حاوی مقدار زیادی انرژی گرمایی است.

شکل ۱.۱ این کوه یخ با ظاهر عجیب‌اش در سال ۱۹۶۲ در گرلاخ استرایت در نزدیکی جنوبگان شناور بود.

علم ترمودینامیک عبارت است از مطالعه‌ی گرما و رابطه‌ی آن با سایر شکل‌های انرژی. واژه یا اصطلاح گرما (حرارت)، در کاربرد روزمره‌اش، عموماً به انرژی اشاره ندارد؛ مردم از واژه‌های گرم (داغ) و سرد برای توصیف چگونگی حالتی که احساس می‌کنند بر اثر تماس چیزی به آن‌ها دست می‌دهد، و گرم شدن یک شیء از نظر آنان بالا رفتن دمای آن است. پیاده‌رو در روزهای تابستان گرم، و قالب یخ سرد است. بیشتر مردم تمایل دارند به دما فکر کنند تا به انرژی.

امّا اصول فیزیکی (یا فیزیک) ترمودینامیک به تمامی درباره‌ی انرژی است. بنابر تعریف فیزیکدانان، انرژی عبارت است از توانایی انجام کار — وارد آمدن نیرویی بر یک جسم، مانند هل دادن گاری یا پرتاب توپ. بین انرژی و حرکت، یا دست کم استعداد حرکت کردن، رابطه‌ای قوی برقرار است و انرژی گرمایی — گرما — از این امر مستثنی نیست. انرژی گرمایی در همه جا، حتی در کوه‌های یخ، وجود دارد و خواص آن، بخصوص چگونگی انتقال‌اش از جسمی به جسم دیگر، بر زندگی مردم تأثیر می‌گذارد، چه این مردم در ناحیه‌ی مدارگان (استوا) زندگی کنند، چه در قطب شمال، یا ساکن اقلیم معتدل سرزمینی ساحلی باشند. اصول علم ترمودینامیک در تغییراتی که فصول سال را به وجود می‌آورند، اختلاف آب و هوای شهر و نواحی پیرامونی شهر، و روند جهانی گرم‌تر شدن دمای کره‌ی زمین، بسیار مهم‌اند.

دما و گرما

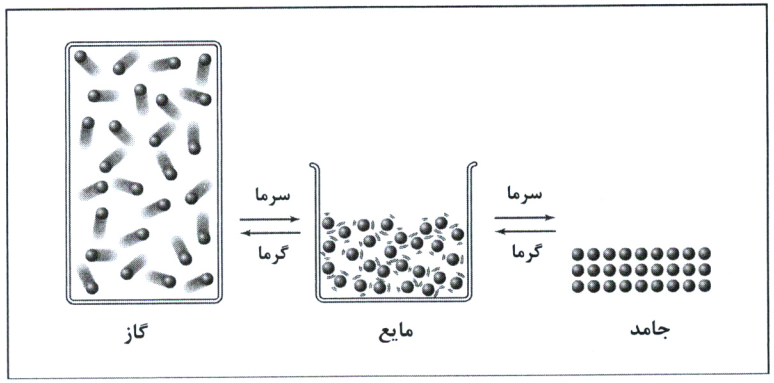
در علم فیزیک، تفاوت بین گرما و دما بسیار زیاد است. هرچند که این تفاوت اصلاً آشکار نیست، دما با انرژی اتم‌ها و مولکول‌های جسم رابطه دارد. گرما عبارت است از انرژی جاری از یک جسم به جسم دیگر در هنگامی که این دو جسم اختلاف دما داشته باشند.

مردم فکر می‌کردند که گرما شاره‌ای است که از اشیای داغ به اشیای سرد جریان می‌یابد. امّا بنابر یافته‌های بنیامین تامپسون سیاستمدار و فیزیکدان (۱۸۱۴ـ۱۷۵۲) که به کنت رامفورد هم شناخته می‌شود، چنین نیست. در دهه‌ی ۱۷۹۰، کنت رامفورد فرآیندی را بررسی و مطالعه کرد که کارگران از آن طریق برای ساختن لوله‌ی توپ استوانه‌ی برنجی جامدی را سوراخ می‌کردند. روزی وسیله‌ی سوراخ کن (مته) و استوانه‌ی برنجی را در آب فرو برد و در حالی که عمل سوراخ کردن جریان داشت، آب داغ شد و به جوش آمد. آب مادام که عمل سوراخ کردن ادامه داشت، کماکان می‌جوشید، که چنانچه اگر گرما به‌راستی یک شاره بود، این هم رخدادی شگفت می‌بود؛ قطعاً فلز دیر یا زود باید آن شاره را تمام کند و به پایان برساند، با این حال چنین اتفاقی نمی‌افتد. مشاهده‌ی مهم دیگر این بود که وزن توپ به اضافه‌ی تراشه‌ها و پلیسه‌ها (که در فرآیند مته‌کاری و سوراخ‌کاری خارج شده‌اند) تغییر نمی‌کند، هرچند که اگر فلز مقدار زیادی شاره از دست داده بود، انتظار می‌رفت تغییری در آن به وجود آید.

رامفورد پی برد که دمای آب، نه به علت جاری شدن و شارش شاره (سیال)، بلکه به دلیل حرکت مته بالا می‌رود. گرما شاره نیست؛ گرما انرژی است که از یک جسم به جسم دیگر جریان می‌یابد. هرچند که رامفورد نتوانست تمام جزئیات را درک کند، مشاهده کرد که اصطکاک سر مته با جدار استوانه دما را بالا می‌برد.

چنان که از فرآیندهای درگیر با اصطکاک — یعنی ساییده شدن جسمی به جسم دیگر — برمی‌آید، بین گرما و حرکت رابطه‌ی مستحکمی برقرار است. اصطکاک دما را بالاتر می‌برد، و آدم‌ها در هوای سرد دستان‌شان را به هم می‌سایند تا آن‌ها را گرم کنند.

امّا بین گرما و دما با حرکت در سطح بنیادی‌تری رابطه برقرار است. تمام اشیاء از اتم‌ها و مولکول‌ها ساخته شده‌اند، که تکه‌های ریز ماده‌اند و چندان کوچک‌اند که دیده نمی‌شوند و حتی با میکروسکوپ هم نمی‌توان آن‌ها را مشاهده کرد. این موضوع بخصوص درباره‌ی حالت گازی ماده، مطابق شکل ۲.۱، صادق است، امّا در مورد مایعات و جامدات هم صدق می‌کند. دمای هر شیء معیاری از میانگین انرژی جنبشی — حرکت — اتم‌ها و مولکول‌های تشکیل‌دهنده‌ی آن شیء است.



شکل ۲.۱ اتم‌ها و مولکول‌ها همیشه در حال حرکت‌اند. آن‌ها در گاز آزادانه حرکت می‌کنند، و در مایع به اتم‌ها و مولکول‌های مجاور تنه می‌زنند. موضع این ذرات در اکثر جامدات ثابت است، اما در اطراف موضع‌شان کمی به عقب و جلو حرکت می‌کنند.

انرژی در اختیار اتم‌ها و مولکول‌های هر شیء را گاهی انرژی درونی یا انرژی گرمایی آن می‌نامند. تمام اشیاء دارای این انرژی‌اند، حتی اشیایی که انسان آن‌ها را سرد می‌داند. کوه یخ شناوری در اقیانوس جنوبگان سرد است، امّا جرم بسیار زیادی