

قانون دوم

[انرژی، آشوب و شکل]

پیتر اتکینز / ترجمه‌ی رامین رامبد



زمنشلات مازیار

۹۷ فصل ۴ شمارش آشوب

۹۸ دیو بولتسمان

۱۰۶ قفس دیو

۱۱۱ آشوب، همدوسی، و تباهی

۱۱۷ فصل ۵ توان آشوب

۱۱۸ کارنو زیر میکروسکوپ

۱۲۵ موتور استرلینگ

۱۳۳ درونسوزی

۱۴۲ توان توربین

۱۴۷ پیش به سوی همدوسی

۱۴۹ فصل ۶ تبدیل‌های آشوب

۱۵۰ تبدیل‌های شیمیایی

۱۵۵ سوزاندن آهن

۱۶۲ خنک‌شدن در نقش گرم‌شدن

۱۷۱ سرعت دورریزی

۱۷۵ آشوب و نظم

۱۷۷ فصل ۷ توان‌های دما

۱۷۹ حیات عادی

۸۰ به دست آوردن سرما

۹۰ نخستین کاستن از توان

۹۵ دومین کاستن از توان

۹۸ کاستن از توان پایینی

۰۶ توان‌های داغ‌تر

ولی کارنو همچنین پی برد هر کس که دارای نیروی بخار کارآمد باشد نه تنها ارباب صنعتی و نظامی جهان، بلکه سردمدار انقلابی اجتماعی خواهد بود به مراتب جهان شمول تر از آنچه که فرانسه به تازگی از سر گذرانده بود. کارنو نیروی بخار را به چشم موتورهای جهان شمول می دید. این موتور به دلیل اقتصاد بزرگ ترش چارپایان را کنار خواهد گذاشت، و به دلیل اعتمادپذیری و کنترل پذیریش جایگزین باد و آب خواهد شد. کارنو دریافت که این موتور جهان شمول افق های اجتماعی و اقتصادی آدمی را گسترش و آن را به جهان تازه ای از دستاوردها سوق خواهد داد. امروزه از دید بسیاری از افراد، موتورهای بخار اولیه، آن غول های پردردسر ساخته شده از آهن و چوب، تنها نمادهایی لخت اند از بدبختی و تهیدستی، نماد جامعه ی صنعتی نوپا. در واقع آن لویاتان های خاکی اثبات کردند که بال های آرمان های آدمی زاد هستند.

کارنو شخصی دوراندیش و تحلیلی تیزبین برای انجام بهبودهای لازم در موتور بخار بود (مانند پدرش که تحلیلی تیزبین برای ماشین های مکانیکی به شمار می رفت)، ولی هرگز به ذهنش خطور نمی کرد که مطالعات با انگیزه ی فنی او، به چه انقلاب اندیشمندانه ای خواهد انجامید. در کشف این که در تبدیل گرما به کار ناکارایی ذاتی وجود دارد، او مکانیسمی اندیشمندانه را به کار انداخت که یک سده و نیم بعد تمامی فعالیت های علمی را در خود متمرکز کرد.



یکی از نخستین موتورهای بخار. تجزیه و تحلیل آن به ایده هایی انجامید که ما در این کتاب بدان ها می پردازیم.

در واریسی کارایی موتور بخار و تعیین محدودیت‌های آن، کارنو ناخودآگاه نگرش تازه‌ای را نسبت به تمام دگرگونی، نسبت به تبدیل انرژی نهفته در زغال‌سنگ به کوششی مکانیکی، و حتا نسبت به گشوده‌شدن یک برگ ایجاد کرد. علاوه بر آن وی دانشی را بنا نهاد که به ورای فیزیک به ظاهراتزاعی نیوتون پا گذاشت، دانشی که می‌تواند هم با انتزاعات تک ذره و هم با واقعیت موتورها سروکار داشته باشد. تمامی این‌ها گستره‌ی مباحث این کتاب را دربر می‌گیرد: ما از دنیای به ظاهر خشن موتورهای صنعتی ابتدایی، به سفری تا جهان ظریف و صیقل‌خورده‌ی لذت‌بردن از زیبایی می‌رویم، و در آخر پی‌می‌بریم که این‌ها یکی هستند.

کار کارنو (که به طور خلاصه در کتاب *Refléxions sur la puissance motrice du feu* ملاحظاتی درباره‌ی توان موتور بخار) او در ۱۸۲۴ انتشار یافت) بر اساس پنداری نادرست بود؛ ولی با این حال زیربنای موضوع مورد بحث ما را بنا نهاد. کارنو پیرو این نظریه‌ی متداول در آن دوران بود که گرما را نوعی سیال بی‌جرم یا کالریک در نظر می‌گرفت. وی تصور کرد که عملکرد موتور بخار بسیار شبیه به آسیاب است، که در آن کالریک از دیگ بخار به چگالنده جریان می‌یابد، و چرخ‌های صنعت را با جریان یافتن خود به حرکت در می‌آورد، درست مانند آب که جریان پیدا می‌کند و آسیاب را می‌چرخاند. درست همان طور که کمیت آب با جریان یافتن از درون آسیاب، در مدتی که کار انجام می‌دهد، تغییر نمی‌کند، (در نگاه کارنو) کمیت کالریک نیز در مدت انجام دادن کار تغییر نمی‌کند. یعنی کارنو تحلیل خود را بر پایه‌ی این فرض گذاشت که کمیت گرما پایسته می‌ماند، و کار به این دلیل توسط موتور ایجاد می‌شود که سیال از مخزنی داغ و از نظر گرمایی «بالا»، به آبریزی سرد و از نظر گرمایی «پایین» سرازیر می‌گردد.

کوشش عقلانی لازم برای بیرون کشیدن حقیقت از درون این پندار نادرست باید به انتظار نسل دیگری از اندیشه‌ورزان می‌نشست. در میان نسلی که در حدود ۱۸۲۰ زاده شدند، سه نفر بودند که این چالش را پی گرفتند و به آشفته‌گی سامان دادند.

شناسایی انرژی

نخستین نفر از این سه، جی. پی. ژول (جول) در ۱۸۱۸ زاده شد. ژول پسر آبخوسازی منجستری بود. ثروت و نیز کارگاه‌های آبخوسازی، این فرصت را به وی داد که پیگیر علایق خود باشد.

یکی از آن‌ها، کشف مضمونی عمومی و پگانه‌بخش بود که بتواند تمامی پدیده‌های در آن هنگام هیجان‌انگیز علمی، از جمله الکتریسیته، الکتروشیمی، و فرایندهای موجود در گرما و مکانیک را توضیح دهد. آزمایش‌های محتاطانه‌ی وی، که در دهه‌ی ۱۸۴۰ انجام شد، تایید کرد که گرما پایسته نیست. ژول با اندازه‌گیری‌های بیش از پیش دقیق نشان داد که کار می‌تواند به طور کمی به گرما تبدیل شود. این به زایش مفهوم هم‌ارزی مکانیکی گرما انجامید، یعنی این‌که کار و گرما متقابلاً تبدیل‌پذیرند، و گرما ماده‌ای همچون آب نیست. چنین چیزی به مدرکی تجربی برای برانداختن مبنای نتیجه‌گیری‌ها تبدیل شد، ولی نه خود نتیجه‌گیری‌ها، که یک نسل پیش کارنو بدان‌ها دست‌یافته بود. اکنون زمان آن فرارسیده بود که نظریه‌پردازان پا به گود بگذارند و پرده از ماهیت گرما بردارند.

ویلیام تامسن در ۱۸۲۴ در بلفاست زاده شد، در ۱۸۳۲ به گلاسگو رفت، و در ده سالگی وارد دانشگاه شد، او از قبل توان اندیشه‌ورزی خود را که در سرتاسر زندگی مشخصه‌ی وی بود نشان داد. گرچه او در آغاز نظریه‌پرداز بود، قابلیت عملی زیادی نیز داشت. راستش را بخواهید، ثروت او از استعدادی



جیمز پرسکات ژول
(۱۸۱۸ تا ۱۸۸۹)

عملی نشأت گرفت، که در مدت کوتاهی که در ۱۸۴۳ در پاریس پس از فارغ التحصیلی از کمبریج گذراند، صیقل خورد. او در ۱۸۴۶ دوباره به کار در گلاسگو پرداخت، وقتی ۲۲ ساله بود به استادی کرسی فلسفه‌ی طبیعی گمارده شد. او وقت خود را بین تحلیل نظری کارهایی با بالاترین کیفیت و پول درآوردن از سهام رشک‌برانگیزش در کار بر روی تلگراف، تقسیم کرد. می‌توان رد برتری بریتانیای کبیر در حوزه‌ی مخابرات بین‌المللی و تلگراف ژبردریایی را در تحلیل تامسن از مشکلات انتقال سیگنال‌ها در مسافت‌های دور، و اختراع (و ثبت) گیرنده‌ای که در تمام دفاتر تلگراف به استاندارد تبدیل شد، دنبال کرد. ویلیام تامسن، بنا به عادت گاهی عجیب و غریب بریتانیایی‌ها، بعدها لرد کلوین نامیده شد، و ما هم از این پس او را به همین نام می‌خوانیم. امروزه دیگر عمدتاً یادی از ثروت و دستاوردهای عملی او نمی‌شود. آنچه که از وی به یادگار مانده، سوای سنگ مزاری در وست مینستر آبی، موفقیت‌های اندیشمندانه‌ی او است.

کلوین و ژول در ۱۸۴۷ در جریان نشست انجمن بریتانیایی پیشرفت علم با یکدیگر دیدار کردند. کلوین از آن دیدار با ذهنی آشفته بازگشت. گفته شده که او از رد کردن پایستگی گرما توسط ژول یکه خورد. با وجود تحت تاثیر قرار گرفتن از آنچه ژول توانست نشان دهد، وی عقیده داشت که چنانچه گرما پایسته نباشد، و اگر چیزی به عنوان سیال کالریک وجود نداشته باشد، ریشه‌ی کار کارنو زده می‌شود.



ویلیام تامسن، لرد کلوین
(۱۸۲۴ تا ۱۹۰۷)



لودویک بولتسمان
(۱۸۴۴ تا ۱۹۰۶)
در ۶۰ سالگی



رودولف کلاوزیوس
(۱۸۲۲ تا ۱۸۸۸)

کلوین سراغ کلاف مفهومی سردرگم رفت که در پیش روی فیزیک قرار گرفته بود. سرانجام او تا رسیدن به این دیدگاه (که در ۱۸۵۱ در مقاله‌ی «درباره‌ی نظریه‌ی دینامیکی گرما» انتشار یافت) پیش رفت که شاید دو قانون در زیر پوست تجربه نهفته باشند، و از جنبه‌ای شاید بتوان کار کارنو را بدون رویارویی با کار ژول حفظ کرد. بدین ترتیب مطالعه، و نام ترمودینامیک، نظریه‌ی کنش مکانیکی گرما، و سرآغاز این درک که طبیعت دارای دو محور کنش است، پا به عرصه گذاشت.

سومین مغزی که در دهه‌ی ۱۸۲۰ پا به زندگی گذاشت از آن رودولف کلاوزیوس بود. کلاوزیوس در ۱۸۲۲ زاده شد. نباید شگفت‌آور باشد که این سه سازنده‌ی ترمودینامیک هم عصر بودند. ترمودینامیک خمیرمایه‌ی اندیشه‌ورزی در آن هنگام بود، و ذهن‌های برجسته جذب امکان‌پذیری‌های برجسته می‌شوند. مشارکت نخست کلاوزیوس، از کار کلوین به قلب مسئله نزدیک‌تر بود. در پرداختن به مضمونی که به ذهن کارنو رسید، ژول آن را به پیش برد، و توسط کلوین گسترش یافت، در تک‌نگاشتی با عنوان *Über die bewegende Kraft der Wärme* (درباره‌ی توان حرکت‌آفرین گرما) که در ۱۸۵۰ انتشار یافت، کلاوزیوس مشکلاتی را که در آن هنگام گریبان‌گیر ترمودینامیک بود با تیزهوشی محدود کرد، و با این کار آن‌ها را در معرض تحلیل بیش‌تر قرار داد. سهم او، ذهن تمرکز یابنده‌اش بود، میکروسکوپی در برابر تلسکوپ کیهانی کلوین.

همچنین کلاوزیوس دریافت که اگر دو اصل زیربنایی از طبیعت وجود



تصویر میکروسکوپ نونل زنی پویشی از اتم‌های گالیم و آرسنیک در نیم‌رسانای گالیم آرسنید. اتم‌های گالیم سبز و اتم‌های آرسنیک نارنجی هستند.

داشته باشد، می‌شود دعوی بین کارنو و ژول را فیصله داد. او اصل کارنو را اصلاح نمود، و جهان را از شر کالریک نجات داد، ولی به این بسنده نکرد؛ هرچند که او با احتیاط نتیجه‌گیری‌های کلی خود را از خیال‌پردازی‌هایش جدا نگه داشته بود، سراغ این اندیشه رفت که چگونه می‌توان گرما را برحسب رفتار ذراتی توضیح داد که ماده را می‌سازند. این سپیده‌دم دوران جدید ترمودینامیک بود.

کارنو در ۱۷۹۶ زاده شد و در ۱۸۳۲ در اثر وبا درگذشت؛ تا آن هنگام باور وی به واقعیت کالریک آشکار شده بود. ژول، کلوین، و کلاوزیوس در دوره‌ی ۱۸۱۸ تا ۱۸۲۴ زاده شدند، و نسل آنان ترمودینامیک را به مرحله‌ی اندیشه‌ورزی رساند. ولی برای یکپارچه‌کردن این رشته‌ی تازه، و الحاق آن به دیگر روندهای علمی که در آن دوران شروع به تکاپو کرده بودند، نیاز به نسل سومی بود. لودویک بولتسمان در ۱۸۴۴ زاده شد. سهم او عبارت بود از پیوند دادن خواص توده‌ای ماده، که در آن هنگام با استقرار ترمودینامیک کلوین و کلاوزیوس داشت جا می‌افتاد، با رفتار ذرات منفرد ماده، یعنی اتم‌های آن. کلوین، کلاوزیوس و هم‌عصرانشان دانه‌ای را که کارنو کاشته بود پروراندند، و توانستند خزانه‌ای بزرگ از روابط بین مشاهدات را برپا سازند. با این حال، فهم این روابط تنها هنگامی میسر شد که توصیفی ماشین‌وار برحسب ذرات و خواص آن‌ها به دست آمد.

قانون دوم

یک قانون بر همه‌ی دگرگونی‌های طبیعت فرمان می‌راند:
قانون دوم ترمودینامیک

هیچ قسمتی از علم به اندازه‌ی قانون دوم ترمودینامیک در آزادسازی روح آدمی سهم نداشته، و در عین حال کمتر بخشی از علم به این اندازه مبهم مانده است. سخن گفتن از قانون دوم همانا و به ذهن رسیدن موتورهای بخار بزرگ، ریاضیات عالی، و اتروپی به دشواری قابل فهم همان. اگر آزمون باسوادی سی. پی. اسنور را پیش بکشیم که در آن ندانستن قانون دوم هم ارز یا نخواندن آثار شکسپیر فرض شده است، افراد زیادی سربلند بیرون نخواهند آمد.

در این کتاب شیمیدان و نویسنده‌ی علمی پرآوازه، پروفیسور پتر اتکینز، با چیره‌دستی به ما نشان می‌دهد که چگونه یک اصل ساده در تبدیلات انرژی، مسئول هر نوع دگرگونی و تغییری است که در گوشه و کنار طبیعت پدید می‌آید. از موتور بخار تا خود حیات، این نوشتار آکنده است از مثال‌ها، ایده‌ها، و تصاویری سرزنده - ولی کمابیش عاری از ریاضیات.

حتا آنانی که می‌اندیشند از قانون دوم سر در می‌آورند، به سختی می‌توانند به زوایا و بینشی تازه، از آن‌چه که در جهان پیرامون ما می‌گذرد، دست نیابند. این کتاب زیبا را هم خبرگان باید بخوانند و هم تازه کارها، که به ویژه برای آنان نوشته شده است.

پروفیسور پتر اتکینز استاد شیمی فیزیک در دانشگاه آکسفورد است، و نویسنده‌ی کتاب‌های تخصصی و علم‌همگانی بسیار، از جمله شیمی فیزیک، مکانیک کوانتومی مولکولی، بازنگری آفرینش، انگشت گاليله و ...

قیمت ۱۳۰۰۰ تومان

ISBN 600604315-7



9786006043159

زنگنه‌ها