



اینستین
چه چیزی را نمی دانست

اینستین چه چیزی را نمی دانست

پاسخ های علمی
به سوالات روزمره

دابرت ل. ولک

ترجمه ی بهرام معلمی

زمنیات ماریار

سرشناسه	: ولک، رابرت ال، ۱۹۲۸ - م. Wolke, Robert L.
عنوان و نام پدیدآور	: اینشتین چه چیزی را نمی‌دانست؟ پاسخ‌های علمی به سوالات روزمره/ رابرت ل. ولک؛ ترجمه‌ی بهرام معلمی.
مشخصات نشر	: تهران: مازیار، ۱۳۹۰.
مشخصات ظاهری	: ۳۲۰ص.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۶۰۴۳-۱۰-۴
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: عنوان اصلی: What einstein didnt know: scientific: answers to everyday question, 1997.
موضوع	: علوم — مسائل متفرقه
شناسه افزوده	: معلمی، بهرام، ۱۳۲۴ -، مترجم
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۰ الف ۹۳ و / Q۱۷۳
رده بندی دیویی	: ۵۰۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۳۴۳۲۶۶

www.mazyarpub.com

آشنایی مازیار

مقابل دانشگاه تهران، ساختمان ظروفچی طبقه اول، واحد ۴، تلفن ۶۶۴۶۲۴۲۱

اینشتین چه چیزی را نمی‌دانست؟

رابرت ل. ولک

ترجمه‌ی بهرام معلمی

چاپ سوم ۱۳۹۳

شمارگان ۱۱۰۰

طرح جلد کانون تبلیغاتی تردید

چاپ دلاهو

شابک ۹۷۸-۶۰۰-۶۰۴۳-۱۰-۴

فهرست مطالب

۷	پیشگفتار
۱۱	۱. اطراف خانه‌ای که در آن زندگی می‌کنیم
۶۱	۲. در آشپزخانه
۱۱۱	۳. در تعمیرگاه اتومبیل
۱۴۱	۴. جایگاه دادوستد
۱۷۷	۵. فضاهای بیرونی گسترده
۲۱۹	۶. آب، همه جا آب
۲۶۷	۷. ... و این است راه و رسم دنیا
۳۱۳	شرح برخی واژه‌ها و اصطلاحات
۳۱۸	نمایه

پیشگفتار

واژه‌ی علم را فراموش کنید. در این کتاب به زبان ساده به شما خواهیم گفت که در زیر پوشش سطحی هر چیزی چه داستانی نهفته است. مخاطبان این کتاب کسانی‌اند که درباره‌ی اتفاقات جهان پیرامونشان کنجکاوند، اما وقت آن را ندارند که برای یافتن توضیح علت‌ها به جستجو و کاوش بپردازند یا این‌که ممکن است از ابهت علم کمی مرعوب شده و ترسیده باشند.

البته، پاسخ به علت اتفاقاتی که هر روز رخ می‌دهند باید علمی – یعنی، منطقی و دقیق – باشد. اما در این کتاب از ناجواب‌های مختصر و کوتاه علمی که پس از خواندن آن‌ها همچنان مانند قبل سرگردان و گیج برجای خواهید ماند، خبری نیست. در عوض پاسخ‌های صرف، توضیح دریافت خواهید کرد: گفتگویی صریح و روشن که امیدوارم شما را به فهم و درک واقعی و ملموسی هدایت کند.

به‌طور متعارف، هر کسی در چهار مرحله یا مکان با علم برخورد می‌کند: کلاس درس، کتاب‌های درسی، کتاب‌های کودکان، و در کتاب‌های پر حجم جدی ملال‌آوری که دانشمندان عبوس و پرهیبت آن‌ها را نوشته‌اند. بدبختانه، کلاس‌های درس و کتاب‌های درسی علمی دست‌کم به همان تعداد آدم‌ها را دلسرد کرده و فراری داده‌اند که سر ذوق آورده و به سوی علم جلب کرده‌اند. (حالا این موضوع را در اینجا موشکافی نمی‌کنم) کتاب‌های تفریحی و مایه‌ی سرگرمی کودکان بسیار خوب‌اند، اما این کتاب‌ها این تصور اشتباه را دامن می‌زنند که انگار فقط کودکان می‌توانند درباره‌ی چیزها کنجکاوی به خرج دهند و کتاب‌های علمی جدی و تشریف‌رو فقط این باور را استمرار می‌بخشند

که علم ذاتاً برای آدم‌های معمولی غیر قابل درک‌اند.

کتاب حاضر متن درسی نیست، از آن متن‌های اخمو و ملال‌آور هم نیست، کتاب کودکان هم برای سرگرمی آن‌ها نیست. (اما خیلی هم تعجب نکنید اگر کودکان آن را از شما بربایند.) این کتابی است سرگرم‌کننده برای آدم‌بزرگ‌ها. اما گرد آمده و مجموعه‌ای از حقایق و نکته‌هایی هم نیست که پاسخ به آن‌ها مایه‌ی شگفتی باشد و همان لحظه هم به فراموشی سپرده شوند. در عوض، به پرسش‌هایی واقعی پاسخ می‌دهد که ممکن است مردم واقعی و در موقعیت‌های واقعی آن‌ها را بپرسند: دور و اطراف خانه، در آشپزخانه، در گاراژ، در مرکز خرید، و در فضاهای باز وسیع.

نیازی نیست که این کتاب را به ترتیب صفحات و پشت سر هم بخوانید. به میل خودتان گشتی در آن بزنید و هر پرسشی را که به چشم‌تان می‌آید به دقت بخوانید؛ هر توضیح برای هر پرسشی مستقل و کامل است. اما هرگاه اطلاعات مرتبطی در هر جایی از این کتاب یافت شود، به همان واحد پرسش و پاسخی هدایت می‌شوید که توضیحات کافی در آنجا آمده است.

همچنان که در کتاب گشت می‌زنید به تعدادی بخش‌ها تحت عناوین انجام دهید، آزمون و بازنمایی برخواهید خورد که خودتان می‌توانید انجام‌شان دهید، چه در پشت میز آشپزخانه نشسته باشید یا بر صندلی هواپیمایی در حال پرواز. تعدادی هم نکته در این کتاب خواهید یافت که ممکن است کمی فکرتان را مشغول یا شما را کلافه کنند، اما قطعاً جرقه بحث‌های شیرینی را خواهند زد.

در سرتاسر این کتاب، هرگاه احتمال آن پیش آید که توضیحی بیشتر از آن چیزی شود که می‌خواهید، جزئیات را در یک گوشه‌ی برده‌ایم تا پریدن از آن برایتان آسان باشد. گاهگاهی اصطلاحات فنی و تخصصی را هم در جایی که به کار رفته‌اند، توضیح داده‌ایم. اما اگر تصادفی به یکی از آن‌ها برخورد کردید و معنایش را هم از یاد برده بودید، احتمالاً آن را در فهرست اصطلاحات آخر کتاب خواهید یافت.

بسیار خوب، ممکن است جلو رفته و به واژه‌ی مولکول برخورد کرده

باشید که تقریباً همه جا سروکله‌اش پیدا است، و ترسیده‌اید که توضیحات و مطالب کتاب خیلی تخصصی باشند، نگران نباشید. مولکول فقط تنها واژه‌ی فنی و تخصصی مطلقاً اجتناب‌ناپذیر در توضیح و تشریح محیط پیرامون روزمره‌تان است. ممکن هم هست که درباره‌ی مولکول زمینه‌ی ذهنی جزئی و تُنک‌مایه‌ای داشته باشید، اما در ارتباط با تأمین منظوره‌ای این کتاب، در اینجا تمامی آنچه را که دانستن‌اش در خصوص مولکول لازم است، می‌آوریم:

- مولکول عبارت است ذره‌ای از ذرات ریز نامرئی که هر چیزی از آن ساخته می‌شود. تمام چیزهایی که می‌بینید و لمس می‌کنید به این علت با هم متفاوت‌اند که مولکول‌های آن‌ها از انواع، اندازه‌ها، شکل‌ها، و آرایش‌های مختلفی‌اند.

- مولکول‌ها را خوشه‌ها و گروه‌های ذرات حتی ریزتری به نام اتم می‌سازند. حدود یکصد نوع مختلف اتم وجود دارد و این‌ها خود می‌توانند به شیوه‌هایی فوق‌العاده متنوع با هم ترکیب شوند و تعداد بسیار زیادی انواع مولکول‌ها را تشکیل دهند.

به قولی «این همه‌ی چیزی است که در این کره‌ی زمین می‌دانید و از جمله‌ی چیزهایی است که باید بدانید.»

به امید درک همراه با لذت مفاهیم مطرح شده در این کتاب.

اطراف خانه‌ای که در آن زندگی می‌کنیم

کمی پیرامون خانه‌مان پرسه بزنیم و بگردیم. اگر آنتن در بالای بام نصب کرده باشیم، گنجینه‌ی سرشاری از چیزهای جالب با نگاه کردن به آن خواهیم یافت. شاید بر روی میز نهارخوری شمع‌هایی روشن و حباب‌های نوشابه‌ها در حال آمدن به سطح لیوان باشند و ما منظره‌ی غروب خورشید را از پنجره می‌نگریم و زیبایی آن را می‌ستاییم. شاید هم به ماشین لباسشویی خیره شده‌ایم که در آن مواد پاک‌کننده و سفیدکننده به کار جادوی شیمیایی خود بر روی ماده‌ای مشغول‌اند که از آن تحت عنوان کلی «چرک، کثافت، لکه،...» یاد می‌کنیم.

در این بخش، خواهیم دید که چه چیزی در پیرامون‌مان در شمع‌ها، نوشابه‌ی گازدار، غروب خورشید، پاک‌کننده (صابون)، سفیدکننده (رنگ‌زدا)، و ناگفته پیداست که در وان حمام و دوش آب، در جریان است.

چرک بر روی صابون (پاک‌کننده)

می‌گویند سه چیز است که نمی‌خواهید ببینید چطور درست می‌شوند: سوسیس و کالباس، قوانین، و صابون. عملاً درباره‌ی قانونگذاران مطالب زیادی شنیده بودم، و نمی‌خواستم درباره‌ی سوسیس و کالباس چیزی بدانم، اما جرئت پرسیدن این سؤال را به خودم می‌دهم: صابون را چگونه درست می‌کنند؟

کثافتکاری هولناکی که مستلزم ساختن صابون است مصرف آن را به عنوان

پاک کننده‌ی غیر قابل رقابت تقریباً همه چیز در دست کم دو هزار سال گذشته، مخدوش و بدنما می‌کند. ساختن صابون از مواد ارزان و به آسانی قابل دسترس، همواره آسان بوده است: موادی چون خاک، چوب و چربی. گاهی آهک هم به کار برده می‌شد.

حالا هم صابون را به همان روشی درست می‌کنیم که رومی‌ها می‌کردند: حرارت دادن سنگ آهک برای تولید آهک. خیس کردن آهک مرطوب در خاکستر چوب داغ و مخلوط کردن و آمیختن کامل آن‌ها. ریختن لجن خاکستری حاصل به داخل پاتیل محتوای آب داغ و جوشاندن آن همراه با تکه‌های پیه بُز به مدت چندین ساعت. وقتی لایه‌ی کلفتی از دلمه‌ی تیره بر سطح پاتیل تشکیل و بر اثر سرد شدن سفت شد، آن را به صورت قالب ببرید. این قالب‌ها همان صابونی است که باید برای نظافت مصرف کرد.

یا این که بهتر است فقط به فروشگاه سر بزنید و قالب صابون را که امروزه به صورت محصول تجارتي تصفیه شده‌ای در آنجا پیدا می‌کنید، بخرید. این محصول، افزون بر صابون که ترکیب شیمیایی مشخصی است، احتمالاً حاوی مواد پُرکن، رنگدانه، خوشبو کننده، بوزدا، عوامل ضدباکتری، انواع کرم و لوسیون، و مقدار زیادی تبلیغات است. گاهی حجم تبلیغات از خود صابون بیشتر است.

هر صابونی از طریق واکنش یک چربی با یک قلیا - یعنی یک باز قوی و موثر - ساخته و تولید می‌شود. (باز، ماده‌ای است با خواص مخالف خواص اسید). امروزه، صابون‌ها را به جای پیه بُز با چربی‌های مختلف دیگری از جمله پیه گوسفند و گاو و روغن نارگیل، پنبه‌دانه، و زیتون درست می‌کنند. (صابون کاستیل^۱ از انواع این صابون‌هاست.) قلیایی که در ساخت صابون‌های امروزی به کار می‌رود معمولاً قلیای (سود سوزآور، یا سدیم هیدروکسید) است. آهک قلیای در دسترس دیگری است، در حالی که خاکستر چوب را هنوز هم می‌توان در صورت ضرورت مصرف کرد زیرا حاوی قلیای پتاسیم کربنات است.

۱. castile soap، صابونی سفت، سفید و بی‌بو که با روغن زیتون ساخته می‌شود. م

مولکول صابون، که با افزودن یک ترکیب آلی (یک اسید چرب) به یک ترکیب معدنی (قلیاب) به وجود آمده است، جنبه‌هایی از والدین خود را حفظ می‌کند. این مولکول یک سر آلی دارد که می‌خواهد با مواد آلی چرب پیوند برقرار کند، و دارای یک سر معدنی (غیرآلی) است که به سوی آب کشیده (جذب) می‌شود، و توانایی رقابت‌ناپذیر آن در رفتن به سوی چرکی چرب در داخل آب از همین جا ناشی می‌شود.

هرگاه دیدید که بر روی برچسب یک شامپو، خمیر دندان، خمیر صورت‌تراشی، یا مواد آرایشی مواد شیمیایی زیر به عنوان اجزای تشکیل دهنده‌ی آن‌ها درج شده است، نه نگران شوید نه با شوق تحت تأثیر قرار گیرید؛ این‌ها فقط نام‌های شیمیایی صابون‌ها هستند: سدیم استیرات، سدیم اولئات، سدیم پلامتیت، سدیم مریستات، سدیم لاتورات، سدیم تالوات، و سدیم کوکوات. اگر «پتاسیم» به جای «سدیم» بنشیند، صابون با پتاس سوزآور (پتاسیم هیدروکسید یا پتاسیم هیدرات)، به جای سود سوزآور (قلیاب، یا سدیم هیدروکسید) ساخته شده است. صابون‌های پتاسیمی نرم‌ترند و حتی ممکن است به صورت مایع باشند.

هر چیزی مقدم بر پاکیزگی، امری ناممکن است

هرگاه چیزی روی [پوست] بدن مان، لباس مان، یا اتومبیل مان بیفتد که آن را نخواهیم و دوست نداشته باشیم، آن را «کثیفی یا کثافت، یا چرکی» می‌گوییم و به شستن‌اش اقدام می‌کنیم.

می‌توان هر ماده‌ای را کثیف و چرک نامید. اما ظاهراً صابون همیشه در حق ما لطف می‌کند و آن را می‌زداید، و فقط آن را. آیا صابون چرکی را «می‌شناسد»؟

شاید به نظر برسد که صابون ماده‌ای جادویی است که پوست و دارایی‌های

گرانبهای ما را درک می‌کند و به آن‌ها احترام می‌گذارد، در حالی که هر چیز دیگری در زیر آفتاب را مانند لاشخور می‌بلعد و فقط استخوان‌ها را باقی می‌گذارد. اما چنین ماده‌ای جادویی وجود ندارد. در عوض، پاسخ را باید در ماهیت روغن و آب جستجو کرد. ممکن است ساده‌انگارانه به نظر آید که هر چیزی که «چرک و کثافت» می‌نامیم - به تعبیر سیاسی‌تر «ماده‌ی خارجی» - یا چرب است یا این‌که با روغن به ما چسبیده شده است، و صابون یکی از مواد منحصر بفرد زداینده‌ی روغن و چربی است.

پیش از آن که سر درآوریم که چرکی و کثافت چگونه برطرف و زدوده می‌شود، باید بدانیم که این چرکی چگونه به وجود می‌آید.

یک لکه‌ی ریز (ذره‌بینی) چرکی - یعنی هر چیزی که نمی‌خواهیم با ما تماس پیدا کند - می‌تواند به دو طریق چسبیده شود: یا این‌که به صورت مکانیکی در یک رخنه یا ترک ریز و ذره‌بینی به دام افتاده و یا مرطوب باشد، و رطوبت آن را چسبناک کند. نمونه‌ی مورد اول نوع چرکی است که به صورت غبار پس از رانندگی در جاده‌های خاکی بر لباس‌ها و اندام ما می‌نشیند؛ در مورد نوع دوم وقتی است که مثلاً پای‌تان در گِل فرو می‌رود یا در مکانی گِل‌آلوده زمین می‌خورید. در هر دو مورد، پاشیدن آب با شیلنگ و دست کشیدن به مواضع آلوده مواد خارجی را می‌زداید. در واقع در اینجا صابونی مورد نیاز نیست.

اما هرگاه ذرات چرک به جای پوشش آبکی اندکی با چربی آغشته باشند، چه می‌شود؟ این ذرات درست مثل گِل به پوست‌تان می‌چسبند. در واقع، پوشش و غلاف چرب با چرکی همراه نشده است. غالباً کافی است که روغن روی پوست‌مان بیفتد تا موجب شود ذرات چرک به آن بچسبند. اما برخلاف گِل، چسبندگی این کثیفی دوام خواهد آورد، زیرا روغن تبخیر نمی‌شود و مثل آب هم خشک نمی‌شود. با آب خالی هم نمی‌شود آن را پاک کرد، زیرا آب بر روغن تأثیری ندارد؛ آب فقط به صورت قطره از روی لکه‌ی چربی می‌غلطد، مانند قطرات آب بر پشت اردک و مرغابی، که همان‌طور که می‌دانید، پوشیده از پرهای چرب است.

پس، به نظر می‌رسد که تنها کاری که می‌توانیم برای پاک کردن لکه‌ی چسبنده‌ی چربی انجام دهیم این است که خود روغن چسبناک را پیدا کنیم و آن را از بین ببریم. پس، این لکه و کثیفی را فقط با یک مایع می‌توان رقیق کرد یا از میان برداشت.

به این ترتیب، فرض کنید وان فرسوده‌ای را از الکل، نفت سفید، یا بنزین پر کرده‌اند؛ این‌ها همگی حلال‌های خوب روغن‌اند، این‌طور نیست؟ کاری که خشکشویی‌ها برای تمیز کردن لباس‌های چرک‌ما می‌کنند از این قرار است: لباس‌ها را به داخل بشکه‌ای پر از حلالی چون پرکلرئیلن، یا به اختصار پرک (perc)، که یکی از حلال‌های موثر روغن و چربی است، می‌اندازند. آنان، علیرغم این واقعیت که این فرایند متضمن انداختن لباس‌ها در یک مایع خیس‌کننده است، آن را «خشک» شویی می‌گویند. به نظر می‌رسد که تصور بر آن است که اگر آبی در کار نباشد، هیچ چیز خیس یا تر نمی‌شود. البته، فکر غلطی است.

متأسفانه، ریختن پرک در وان حمام شما را حتی سریع‌تر از الکل، نفت سفید، و یا بنزین خواهد گشت، و از این رو فکر حمام کردن در حلال‌ها را کتار می‌گذاریم و آن را فراموش می‌کنیم. اما ماده‌ای بسیار خوب و مناسب وجود دارد، که خیلی هم سمی نیست (از قرار، کسانی دهان خود را با آن می‌شویند)؛ آن ماده صابون است. صابون عملاً روغن را حل نمی‌کند. صابون شاهکار فریب دادن روغن را در داخل آب انجام می‌دهد، به نحوی که روغن و لکه‌های چرکی محبوس در آن می‌توانند دور ریخته شوند.

مولکول‌های صابون دراز و زنجیره‌ای‌اند. این مولکول‌ها، به خاطر تقریباً همه‌ی طول‌شان («دنباله») دقیقاً شبیه مولکول‌های روغن‌اند و بنابراین با سایر مولکول‌های روغن میل ترکیبی دارند. اما در یک سر این زنجیره («سر» یا کله‌ی زنجیره‌ی مولکول)، دارای یک زوج اتم باردارند که فقط دوست دارند با مولکول‌های آب مشارکت و پیوند برقرار کنند، و این سر همان چیزی است که کل مولکول صابون را به داخل آب می‌کشانند – آن را حل می‌کند. اگر گروهی از مولکول‌های صابون حل شده، در حالی که در آب شناورند، به یک

لکه‌ی چرکِ چرب برخورد کنند، دنباله‌های روغن-دوست آن‌ها به روغن می‌چسبد، در حالی که سر آب-دوست‌شان هنوز هم با استحکام در آب جا خوش کرده و لنگر انداخته‌اند. نتیجه از این قرار است که روغن به داخل آب جذب (ربوده) می‌شود؛ ذره‌ی چرک محبوس در آن از هر چه که به آن چسبیده رها می‌شود و می‌تواند شسته شود و از بین برود.

گوشزد

یک کار مهم دیگر هم هست که صابون انجام می‌دهد: آب را نمناک‌تر و مرطوب‌تر می‌کند. یعنی، به آب کمک می‌کند که به داخل تمام زوایا و گوشه‌ها و درزها و شکاف‌های هر آنچه که می‌خواهیم بشوئیم و تمیز کنیم، نفوذ کند. مولکول‌های آب خیلی محکم به هم می‌چسبند. در نتیجه، هر مولکول آب واقع در سطح یک «قطره» آب از ربایش‌های خیلی قدرتمندی برخوردار است که این ربایش‌ها سعی می‌کنند آن را به داخل بقیه‌ی آن «قطره آب» بکشند. در این حالت، محکم‌ترین سازند چسبیده به هم که هر گروه از ذرات می‌توانند به آن درجه برسند، عبارت است از گرد آمدن‌شان در قالب یک شکل کروی؛ کره از کوچک‌ترین مقدار و میزان سطح ممکن در معرض دنیای خارج برخوردار است. به همین علت است که آب هرگاه در شرایط مناسب قرار گیرد که آزادی عمل داشته باشد، مانند هنگامی که به صورت باران می‌بارد، قطره‌های کروی تشکیل می‌دهد.

به این نیروی کشش به درون که بر مولکول‌های سطح یک مایع وارد می‌آید کشش سطحی می‌گویند. این نیرو از آنجا ناشی می‌شود که مولکول‌های سطح، از لحاظی، با مولکول‌های توده یا بدنه‌ی مایع تفاوت دارند. در بدنه‌ی مایع، مولکول را نیروهای ربایشی چنان می‌کشند که دنبال مولکول‌های بالایی، پایینی و پیرامونی قرار گیرند، و این کشش‌ها یکدیگر را خنثی می‌کنند. اما مولکولی که دقیقاً در سطح قرار گرفته فقط از پایین و پیرامون کشیده می‌شود، اما نه از بالا؛ از این رو یک نیروی کششی رو به پایین خالص وارد می‌آید، که هیچ نیروی کششی رو به بالایی آن را خنثی نمی‌کند.

به همین علت مولکول‌های سطح محکم‌تر به آب می‌چسبند تا سایر مولکول‌ها، و رفتار آب چنان است که گویی سطح آن دارای پوست سفتی است. اشیای کوچک حتی می‌توانند روی سطح قرار گیرند بدون این‌که در این «پوست» فرو روند و حشرات آبی می‌توانند بر سطح آب حتی اسکیت‌بازی کنند.

حال صابون گام بر میدان می‌گذارد. مولکول‌های صابون با انباشته شدن در اطراف سطح آب در حالی که سرهای آب-دوست‌شان در آب است و دنباله‌ی روغن-دوست‌شان سر از سطح آب بیرون آورده‌اند، کشش سطح را مختل می‌کنند و آن را از هم می‌گسلند. این عمل گرایش به درهم‌چپیدن مولکول‌های آب را مختل می‌کند و به آن‌ها اجازه می‌دهد که به چیزهای دیگر... از جمله سوزن شناور روی آورند - یعنی، به آن‌ها بچسبند و ترشان کنند.



انجام دهید

به علت وجود کشش سطحی، می‌توانید یک سوزن خیاطی فولادی را بر سطح آب در یک طشت به حالت شناور نگه دارید. فقط با اشاره‌ی نوک خلال دندان یا چوب کبریت می‌شود آن را به پایین‌تر فرستاد. باید دقت کافی به عمل آید که نوک چوب کبریت فقط با سوزن تماس پیدا کند و نه با آب.

بعد از آن که سوزن را به حالت سکون روی سطح آب نگه داشتید، کمی پودر شوینده در نزدیکی سوزن روی آب بپاشید، اما دانه‌های این پودر روی سوزن نیفتد و به آن برخورد نکند. شوینده‌ها حتی بهتر از صابون نیروی کشش سطحی را از هم می‌گسلند. به محض آنکه مقداری شوینده در آب حل شد، سوزن به سرعت به ته ظرف سقوط خواهد کرد و از حالت شناوری به غرق شدن می‌رسد.

منطق قایق عشق

یک شبکه‌ی رادیو تلویزیونی خصوصی مربوط به خطوط کشتی رانی دریای کارائیب، ادعا می‌کند که «برای آن دسته از مهمانان مان که ممکن است مدت درازی زیر تابش خورشید مانده باشند، حتی پیراهن‌هایشان را در آب سبک می‌شوئیم.» آیا این ادعای او حقیقت دارد؟

خیر، آگهی‌نویس خودش مدت‌های درازی زیر آفتاب مانده است. تعجب می‌کنید که این خط کشتی رانی که این نوع حماقت را از بنگاه تبلیغاتی‌اش زیر سبیلی رد می‌کند چگونه قادر است راه جزایر را به درستی بیابد.

من به جای توهین روا داشتن در حق خواندگانم با خاطرنشان کردن این نکته که ملاقه‌ها بیشتر از این‌ها نرم نمی‌شوند، باید با احتیاط به هر یک از گردش‌کنندگان در دریا یادآوری کنم که آب سخت و نرم را به علت سخت‌پایی و جامد بودن و سفتی به این نام‌ها نام نداده‌اند. این نام‌ها به این علت هم نیست که تخم مرغ سفت را در آب سخت جوشان و تخم مرغ نیم

بند (عسلی) را در آب نرم جوشان می‌پزید. گزینش واژه‌های «سخت» و «نرم» به عنوان لقی برای آب‌ها نامناسب و بی‌جا بود؛ بهتر بود که آن‌ها را - نسبت به صابون - «پرزحمت» و «همدست و کمک‌کار» می‌نامیدند.

آب سخت گرگ باران دیده بوده است. این آب ابتدا به صورت باران فرو بارید و سپس به هر سو پاشیده و پخش شد، و پیش از این‌که در جایی ساکن شود و انسان‌ها آن را کشف و از آن بهره‌برداری کنند، در سنگ‌ها و صخره‌ها و شیارها فرو رفت. این آب در طی سفر و گردش‌اش، ناگزیر کربن دیوکسید را از هوا برگرفت، که با آن اسید، کربنیک اسید، تشکیل داد.

این اسید می‌تواند مقادیر اندکی کلسیم - و منیزیم - موجود در سنگ‌هایی چون سنگ آهک (کلسیم کربنات) و دولومیت (آمیخته‌ی کربنات‌های کلسیم و منیزیم) را حل کند. این اسید می‌تواند برخی کانی‌های حاوی آهن را هم اندکی حل کند. در نتیجه، آب می‌تواند عناصر موجود در کانی‌ها چون کلسیم، منیزیم، و آهن را حل کند.

آبی را به این علت «سخت» تلقی می‌کنند که کار صابون را برای این‌که وظیفه‌اش را در آب حاوی این کانی‌ها به درستی انجام دهد، دشوار می‌کند. صابون شامل مولکول‌های درازی است که یک سر روغن -دوست و یک سر آب-دوست دارد. کار پاکیزه‌کنندگی‌اش را عمدتاً از طریق پیوند دادن روغن و آب به یکدیگر، انجام می‌دهد.

مشکل از آنجا پیش می‌آید که کلسیم، منیزیم، و آهن با سرها (دنباله‌ها)ی آب-دوست مولکول‌ها واکنش برقرار می‌کنند تا ذکمه‌های مومی سفید و نامحلول را تشکیل دهند که عملاً صابون را از آب دور می‌کنند و صابون را از انجام وظیفه‌اش باز می‌دارند. این ذکمه‌ها به صورت «کف‌باره یا چربی‌ی صابون»^۱، یا در هیئت و شکل بسیار ناخوشایندشان، «حلقه‌ی وان حمام»^۲، ظاهر می‌شوند. (برخلاف عوام، این ماده‌ی اخیر بیشتر نشانه‌ی سختی آب است تا عادت‌های بهداشتی کسی که حمام می‌کند.)

راستی، در اینجا درباره‌ی چیزی صحبت کنیم که مایه‌ی شدیدترین

تشویش خاطر هر هفته‌ی ماست: ^۱ احتمالاً در بعضی آب نبات‌ها کف‌باره‌ی صابون خورده‌اید. یکی از شکل‌های متداول کف‌باره‌ی صابون به منیزیم استیرات^۲ مشهور است؛ جزء استیرات از صابون ناشی می‌شود، در حالی که جزء منیزیم مربوط به آب سنگین است. منیزیم استیرات یک ماده‌ی مومی، نرم و صاف است، این همان چیزی است که به دیواره‌ی وان می‌چسبد، اما در ضمن همان ماده‌ی خامه‌مانندی هم هست که آب نبات نعنائی و سایر آب نبات‌های «مکیدنی» را نرم می‌کند - اگر بخواهیم جسارت به خرج دهیم، می‌توانیم به آن ماده‌ی صابونی بگوییم. اگر در فهرست مواد سازنده‌ی آب نباتی که می‌مکید منیزیم استیرات مشاهده می‌کنید، مطمئن باشید که فقط یک ترکیب شیمیایی خالص است که از منابعی کاملاً متفاوت با ذرات چسبیده به دیواره‌ی وان حمام ساخته شده است.

اما حالا باز هم به موضوع آب سخت برگردیم. در موارد عدم توانایی در انجام وظایف‌اش در آب سخت به نحوی مطلوب دو کار می‌توانیم انجام دهیم: می‌شود آب را نرم‌تر کرد یا می‌توان از به کار بردن صابون دست کشید و به جایش یک شوینده‌ی سنتزی مصرف کرد.

شیوه‌های نرم کردن آب بر پایه‌ی خارج کردن کانی‌های مشکل‌آفرین و دردسرساز یا نامؤثر کردن آن‌ها، استوار است. بسیاری از واحدهای خانگی نرم‌کننده‌ی آب از طریق مبادله‌ی یونی کانی‌ها را از آب خارج می‌کنند. مبادله‌گرهای یون به جای کلسیم و سایر عناصر سدیم می‌نشانند، که سدیم بی‌ضرر است زیرا خودش یکی از اجزای مولکول صابون به شمار می‌آید.

در حدود هفتاد سال پیش، که اکنون ایام باستان به نظر می‌رسد، با افزودن سود (سدیم کربنات) شوینده به محفظه‌ی شستشوی لباس، به دست و پنجه نرم کردن با آب سخت پرداختند. این ماده‌ی شیمیایی کلسیم کربنات و منیزیم کربنات اولیه و حل‌ناپذیر - اساساً صخره‌ی اولیه - را از نو تشکیل می‌دهد و به این وسیله پیش از آن که این مواد بتوانند به صابون بچسبند، آن‌ها را خارج

۱. فرض بر این است که هر کس دست‌کم هفته‌ای یک بار حمام می‌رود.

می‌کنند.

اما، امروزه کسی برای لباسشویی از صابون استفاده نمی‌کند. مواد شوینده‌ای که کیلومترها قفسه‌ی فروشگاه‌ها را انباشته‌اند جملگی شوینده‌های سنتزی‌اند (و همگی آن‌ها، به استثنای جار و جنجال‌های تبلیغاتی پیرامون هر کدام، یکسان هستند)، این شوینده‌ها، مانند صابون، سرهای آب-دوست و روغن-دوست در مولکول‌هایشان دارند، اما به سادگی از انجام واکنش با کلسیم و منیزیم سر باز می‌زنند. و افزون بر آن، این مواد معمولاً حاوی مواد شیمیایی نرم‌کننده‌ی آب مانند فسفات‌ها و سود شوینده‌اند.

اما، آب سنگین کماکان همان موجود شریر است زیرا می‌تواند لوله‌های آب و دیگ‌های بخار را مسدود کند. وقتی آب سنگین جوشیده می‌شود، کلسیم و منیزیم محلول به صورت سنگ آهک و دولومیت از آب جدا می‌شوند و رسوب می‌کنند. این سنگ دوباره زاده شده - به نام رسوب دیگ بخار - می‌تواند در جداره‌های دیگ بخار، آبگرم‌کن‌ها، و لوله‌ها پوشش و اندودی سفت و محکم تشکیل دهد و آن‌ها را مانند سرخرگ‌های قندهای چاق مسدود کند.

اگر آب لوله‌کشی که مصرف می‌کنید سخت است، چراغ قوه را به داخل کتری آب بیندازید و مشاهده کنید که رسوب دیگ بخار به صورت پوششی سفیدرنگ همه جا نشسته است. اگر این موضوع نگران‌تان می‌کند، در آن کتری کمی سرکه - که نوعی اسید است - بجوشانید تا رسوب‌ها را حل کند.

انجام دهید

چند تراشه از یک قالب صابون را با مقداری آب مقطر در یک ظرف شیشه‌ای تکان دهید. حباب‌های کف صابون زیبایی به وجود خواهد آمد، که حاکی از عمل کردن صابون به وظایفش است. (آب مقطر خالص و بدون کانی و مواد معدنی است؛ می‌توانید آن را در بسیاری فروشگاه‌ها و داروخانه‌ها پیدا کنید).

در این حال، اگر در جایی زندگی می‌کند که آب آن سخت است، مقداری آب از شیر در این ظرف بریزید و دوباره تکان دهید. (اگر آب

لوله کشی هم آب سبک است، می‌توانید آب سخت را از طریق افزودن کمی شیر به آب سبک، شبیه‌سازی کنید.) کلسیم موجود در آب سنگین (یا شیر) کف‌های صابون را از بین خواهد برد. حتی می‌توانید تعدادی کف‌باره به شکل دلمه‌های سفید شناور مشاهده کنید.

سوختن شمع از یک سر

وقتی که شمع می‌سوزد، موم آن کجا می‌رود؟

به استثنای قطره‌هایی که از هر طرف شمع بر روی رومیزی می‌چکد، به همان جایی می‌رود که بنزین و نفت در هنگام سوختن می‌روند: به داخل هوا. اما به صورت ماده‌ی شیمیایی دیگری.

شمع را معمولاً از پارافین می‌سازند، که آمیزه‌ای از هیدروکربن‌هاست، یعنی موادی که در نفت یافت می‌شوند. مولکول‌های هیدروکربن، چنان که از نامش هم بر می‌آید از چیزی جز اتم‌های هیدروژن و اتم‌های کربن درست نمی‌شود. وقتی هیدروکربن‌ها را می‌سوزانند، با اکسیژن موجود در هوا واکنش برقرار می‌کنند. از ترکیب کربن و هیدروژن، کربن دی‌اکسید حاصل می‌شود، در حالی که ترکیب هیدروژن و اکسیژن آب تولید می‌کند (اما نه ضرورتاً به‌طور کامل). هر دوی این محصولات در دمای شعله‌گازی شکل‌اند، و روانه‌ی هوا می‌شوند.

بسیاری هیدروکربن‌های دیگر را می‌سوزانیم: متان به صورت گاز طبیعی، پروپان به صورت گازهای داخل کپسول‌های گاز، بوتان در فندک‌ها، نفت سفید در چراغ‌های روشنایی و خوراک‌پزی نفت سوز، و بنزین و گازوئیل در اتومبیل‌ها. این‌ها همه بر اثر سوختن کربن دی‌اکسید و بخار آب تولید می‌کنند، و به نظر می‌رسد در این فرایند ناپود و ناپدید می‌شوند. کاغذ، چوب، و زغال سنگ حاوی مواد معدنی و مواد گیاهی هم هستند که نمی‌سوزند، از این رو

علاوه بر تولید کربن دیوکسید و آب، خاکستر هم از خود برجای می‌گذارند.

گوشزد

وقتی اکسیژن کافی در دسترس نباشد تا تولید کربن دیوکسید کامل شود، مانند مورد کار کردن موتور اتومبیل، مقداری کربن مونوکسید هم به‌وجود می‌آید.

اگر برایتان دشوار است که باور کنید شعله‌های آتش آب تولید می‌کند، این کار را انجام دهید:

انجام دهید تعدادی قالب یخ در یک قابلمه‌ی آلومینیومی نازک و کوچک بریزید، بگذارید این قابلمه سرد شود، و آن را روی شعله‌ی یک شمع یافندک (با گاز بوتان) نگه دارید. پس از مدتی، ته قابلمه را بررسی کنید، خواهید دید که بخار آب در آنجا میعان یافته و به شکل آب مایع درآمده است.

نرسیدی، اما...

چرا شمع بدون نخ (فتیله) نمی‌سوزد؟

نخ (فتیله‌ی) شمع، بنا بر جاذبه‌ی موینگی، موم ذوب شده را به بالا و جایی که می‌تواند بخار و با اکسیژن هوا مخلوط شود، هدایت می‌کند. یک قالب موم جامد، یا حتی یک حوضچه‌ی ذوب‌پراز موم مذاب، به این علت که مولکول‌های موم نمی‌توانند با تعداد کافی مولکول‌های اکسیژن تماس پیدا کنند، نمی‌سوزند؛ آن‌ها فقط به صورت بخار می‌توانند به‌طور کامل، مولکول به مولکول، آمیخته شوند و واکنش برقرار کنند. احتراق (سوختن) عبارت است از واکنشی که انرژی گرمایی رها می‌کند. همین که احتراق آغاز می‌شود،



گرمایی بیشتر از آن رها می کند که برای مذاب نگه داشتن و بخار کردن موم بیشتر و ادامه ی فرایند کافی باشد.

آتش!

شعله ی اجاق گاز آبی رنگ است، اما شمع هایی که بر سفره ی شام روشن می کنیم با شعله هایی زرد رنگ می سوزند. این اختلاف رنگ ها ناشی از چیست؟

موضوع مربوط به این است که برای سوختن سوخت (ماده ی سوختی) چقدر اکسیژن در دسترس است. حضور مقادیر زیادی اکسیژن شعله ها را آبی می کند، در حالی که مقدار محدود اکسیژن به زرد شدن شعله می انجامد. ابتدا به شعله ی زرد رنگ نگاهی اندازیم.

در واقع، شمع یک ماشین (دستگاه) پیچیده ی تولید شعله است. اولاً، مقداری پارافین باید ذوب شود، آنگاه باید پارافین سیال از نخ (فتیله) به بالا کشیده شود، سپس باید بخار و تبدیل به گاز شود، و فقط در این هنگام است

که می‌تواند بسوزد - با اکسیژن هوا واکنش برقرار کند تا کربن دیوکسید و بخار آب تشکیل دهد. این فرایند تا فرایندی کارآمد و مؤثر فاصله‌ی زیادی دارد. اگر کارآیی یک عمل سوختن صد درصد باشد، باید پارافین به‌طور کامل به کربن دیوکسید نامرئی و آب تبدیل شود. اما شعله نمی‌تواند با گرفتن اکسیژن هوای مجاور بلاواسطه‌اش، همه‌ی اکسیژنی را که برای سوختن نیاز دارد دریافت کند. هوا، با محموله‌ی اکسیژنش که شعله را تغذیه می‌کند، نمی‌تواند به قدر کافی جاری شود تا به تمامی پارافین مذاب و بخار شده‌ی آماده‌ی سوختن برسد.

به این ترتیب، قسمتی از پارافین غیرقابل اشتعال، تحت تأثیر گرما، از جمله خمیرهای دیگر به ذرات ریز کربن هم تجزیه می‌شود. این ذرات را شعله گرم و درخشان و نورانی می‌کند؛ ذرات یاد شده با نور زرد درخشانی می‌درخشند. و به همین علت هم شعله‌ی زرد تشکیل می‌شود. هنگامی که ذرات تابان کربن به نوک شعله می‌رسند، تقریباً تمام آن‌ها برای این‌که خودشان بسوزند اکسیژن کافی را یافته‌اند.

در مورد چراغ‌های نفت‌سوز، سوختن کاغذ، روشن کردن آتش در هنگام گشت و تفریح، حریق جنگل، و آتش‌سوزی خانه‌ها نیز همین اتفاق می‌افتد: جملگی با شعله‌ی زرد می‌سوزند. هوا با سرعت کافی نمی‌تواند جریان یابد تا مواد سوختنی را با سوختن به‌طور کامل به کربن دیوکسید و آب تبدیل کند.

انجام دهید

اگر باور ندارید که ذرات ریز کربن نسوخته در شعله‌ی شمع وجود دارد، فقط تیغه‌ی یک چاقوی غذاخوری را چند ثانیه‌ای روی شعله بگیرید، تا این ذرات را پیش از این‌که بسوزند، به دام اندازید. بر این تیغه‌ی چاقو پوششی ضخیم، نرم و سیاه‌رنگ می‌نشیند. این سیاه کربن تقریباً سیاه‌ترین ماده‌ی شناخته شده است و در حکم مرکب از آن استفاده می‌کنند.

از سوی دیگر، اجاق‌های گاز با سوخت گازی شعله‌ور می‌شوند - یعنی، به تأخیر شدن سوخت نیازی ندارند. به این اعتبار، آمیخته شدن سوخت با

مقادیر زیادی هوا آسان می شود، به طوری که واکنش سوختن می تواند تا انفجار (شعله کشیدن) کامل پیش برود. از آنجا که در این مورد سوخت تقریباً به طور کامل می سوزد، شعله ی داغ تری به وجود می آید. و این شعله ها شفاف و درخشان اند زیرا هیچ ذره ی کربن تابنده ای در آن اختلال ایجاد نمی کند.



شعله ی باز هم داغ تری می خواهید؟ چرا به جای هوا اکسیژن خالص را با سوخت گازی مخلوط نکنیم؟ رویهم رفته، فقط ۲۰ درصد هوا را اکسیژن تشکیل می دهد. شیشه گران از شعله افکنی بهره می گیرند که در آن اکسیژن با گاز طبیعی (متان) در هم می آمیزد، و شعله ای با دمای حدود ۱۶۰۰ درجه ی سلسیوس (۳۰۰۰ درجه ی فارنهایت) تولید می کند. دمای مشعل جوش استیلن (اکسیژن به اضافی گاز استیلن) می تواند به حدود ۳۳۰۰ درجه ی سلسیوس (۶۰۰۰ درجه ی فارنهایت) برسد. همه ی شعله ی آن هم آبی و شفاف است - جز هنگامی که مشعل تنظیم نباشد که به آن گاز اکسیژن کافی برسد تا به طور کامل بسوزد.

نیرسیدی اما...

چرا رنگ شعله‌ی گازی داغ که به خوبی تنظیم شده باشد، باید آبی باشد و نه رنگی دیگر؟

علت این امر آن است که اتم‌ها و مولکول‌هایی که به صورت شعله داغ می‌شوند می‌توانند مقداری انرژی گرمایی را جذب کنند و سپس بی‌درنگ آن را به صورت انرژی نوری پس بدهند.

هر ماده‌ای طول موج یا رنگ‌های نور خاص خودش را دارد که پس از برانگیخته شدن بر اثر گرما، آن را گسیل می‌کند. (به بیان تخصصی‌تر: هر ماده‌ای دارای طیف گسیلی یا نشری^۱ خاص خودش است.) پروپان یا گاز طبیعی که در اجاق آشپزخانه‌ی شما می‌سوزد و گاز استیلن در مشعل جوشکاری خیلی به هم شبیه‌اند؛ جملگی هیدروکربن – ترکیب‌های کربن و هیدروژن – هستند. اتفاقاً مولکول‌های هیدروکربن بسیاری از طول موج‌های نور مخصوص خودشان را در بخش‌های آبی و سبز طیف نور مرئی گسیل می‌کنند. سایر انواع اتم و مولکول، اگر تبخیر و سوزانده شوند، رنگ‌های مخصوص خودشان را به شعله می‌دهند. چگونگی ساخت مواد آتش‌بازی هم بر پایه‌ی این نکات استوار است.

صدای فش فش صدای خس خس بلند نیست

معمولاً بطری‌های نوشابه‌ی دو لیتری می‌خرم. اما در چنین بطری بزرگی، در فاصله‌ی دو بار پیتزا خوردن، گازدار نگه داشتن نوشابه‌ی داخل آن کار دشواری است. غیر از کیپ بستن در آن، برای جلوگیری از در رفتن گاز آن چه کار دیگری می‌توانم بکنم؟ آیا دستگاهی که روی بطری نوشابه

1. emission spectrum

می‌گذارید و با آن در واقع نوشابه را به بیرون تلمبه می‌زنید چه کار می‌کند؟
آیا واقعاً کارآمد است؟

هدف نگهداشتن حداکثر ممکن گاز کربن دیوکسید در بطری است، زیرا حباب‌های گازدار را همین کربن دیوکسید تشکیل می‌دهد. قطعاً محکم بستن در بطری نخستین کاری است که باید انجام دهید. اما صریحاً بگوییم که این کار چندان کمکی به حل مسئله نمی‌کند.

در بازار انواع فراوانی درپوش یافت می‌شود، از جمله درپوش‌هایی که به صورت تلمبه‌های فانتزی کار می‌کنند. این وسیله یک تلمبه‌ی دوچرخه‌ی بسیار کوچک است که آن را در داخل بطری پیچ می‌کنید، آنگاه پیستونی را فشار می‌دهید تا گاز داخل بطری را متراکم کند. تا اینجا همه چیز به خوبی پیش می‌رود اما، متأسفانه، یک حقه‌بازی کامل است. تمام کاری که این تلمبه انجام می‌دهد این است که تصور کنید نوشابه‌ی شما فعال‌تر و گازدارتر از آن است که در واقع هست. علت‌اش این است که:

نوشابه وقتی گازدار می‌شود که گاز کربن دیوکسید محلول به صورت حباب ظاهر می‌شود. این گاز می‌خواهد ناگزیر از مایع بگریزد زیرا در کارخانه مقدار بسیار زیادتری کربن دیوکسید در نوشابه حل کرده‌اند که بشود تحت شرایط فشار متعارف جوّ در آن حل کرد. به مجردی که در نوشابه را باز می‌کنید، قسمت اعظم گاز اضافی به خارج می‌گریزد، و مطلقاً دیگر چیزی نمی‌ماند که بخواهید با آن کاری انجام دهید. حالا تنها مشکل شما از این قرار است که باقیمانده‌ی گاز را حتی الامکان به مدتی طولانی در بطری نگه دارید. سه چیز تعیین می‌کند که چقدر از یک گاز می‌تواند در یک مایع به حالت محلول باقی بماند: واکنش‌های شیمیایی آن گاز خاص، فشار، و دما:

• **واکنش‌ها:** گازهایی که با آب واکنش شیمیایی انجام می‌دهند عموماً آسان‌تر از گازهای غیرفعال، که مولکول‌هایشان بی‌هدف در آب به هر سو سرگردانند، حل می‌شود. کربن دیوکسید یکی از گازهایی است که واکنش می‌کند. این گاز (در ترکیب با آب) کربنیک اسید تولید می‌کند، که آن طعم تند

خوشمزه را به انواع نوشابه‌های تلخ و شیرین می‌دهد. هوا (اکسیژن و نیتروژن) با آب واکنش نمی‌دهد. در نتیجه، کربن دیوکسید در دمای اتاق در آب پنجاه برابر نیتروژن، و بیست و پنج برابر اکسیژن قابل حل است.

• **فشار:** اثر فشار دقیقاً همان است که انتظارش را دارید: هر چه فشار روی مایع بیشتر باشد، گاز بیشتری در آن مایع متراکم خواهد شد. شیوه‌ی عمل آن از این قرار است که در فشارهای بالاتر مولکول‌های گاز بیشتری در هر واحد مکعب فضای بالای مایع به هر سو حرکت می‌کند، و بنابراین قسمت بیشتری از آن‌ها در هر ثانیه به داخل مایع می‌جهند.

• **دما:** اثر دما احتمالاً عکس آن چیزی است که انتظار می‌رود: هرچه دما بالاتر باشد، گاز کم‌تری حل خواهد شد. به بیان دیگر، هرچه مایع سردتر باشد، گاز بیشتری را می‌تواند در خود نگه دارد. علت این امر را با معلوماتی که فعلاً داریم چندان نمی‌توانیم بیان کنیم (در بخش نپرسیدی اما... صفحات بعد به آن خواهیم پرداخت). اما یک مثال را بیان می‌کنیم: در دمای اتاق (دمای متعارف)، آب فقط می‌تواند حدود نیمی از کربن دیوکسیدی را در خود نگه دارد که در دمای یخچال می‌تواند نگه دارد.

پس، نتیجه می‌گیریم که برای هرچه بیشتر نگه داشتن کربن دیوکسید محلول در نوشابه، باید فشار این گاز را بیشتر کنیم و دمایش را پایین‌تر آوریم. پایین بردن دما چندان دشوار نیست؛ فقط پیش از این که در بطری را باز کنیم از خوب خنک بودن آن مطمئن می‌شویم، و سپس هر چه زودتر باقی مانده‌اش را بار دیگر به یخچال برمی‌گردانیم.

اما فشار موضوع کاملاً متفاوتی است. در کارخانه، مولکول‌های کربن دیوکسید را به زور وارد بطری کرده‌اند درست مثل تعداد زیاد آدم‌هایی که در آسانسور چپانده می‌شوند. همان لحظه‌ای که در بطری را باز می‌کنیم یک عزیمت گروهی شتابان روی می‌دهد، و کل فشار کربن دیوکسید با یک صدای فیش فیش عظیم افت می‌کند و زایل می‌شود! همین که این اتفاق می‌افتد، نوشابه‌ی شما به نحو اجتناب‌ناپذیری بدون گاز می‌شود؛ در این فرایند فقط زمان در کار است و عمل می‌کند.

اما واقعاً کاری نمی توانیم انجام دهیم؟ نمی توانیم به نحوی فشار را بازیابی کنیم، که روز دیگری باز هم وقتی در بطری را می گشاییم نوشابه با فشار از آن به بیرون فوران کند؟

به ابزارفروشی بروید. دستگاه مربوطه را روی بطری نوشابه نصب کنید، آن ها می گویند که استوانه را چند بار بالا و پایین ببرید (پمپ کنید)، و شما هم این کار را انجام می دهید. دفعه‌ی بعد که در بطری را باز می کنید، صدای فش فش بسیار بلندی از آن برمی خیزد، و این گمان برایتان پیش می آید که گویی در بطری تاکنون باز نشده و مثل وقتی است که برای نخستین بار درش را می گشایید.

اما حدس بزنید چه شده؟ کربن دیوکسید دیگری را به آن وارد نکرده اید جز این که فقط درش را محکم بسته اید. صدای فش فش بلندی را شنیده اید! هر چند که در بطری چیزی جز آب و هوا وجود ندارد. دستگاه یاد شده چیزی نیست جز یک محکم کننده‌ی در بطری که پول زیادی هم بابت آن پرداخته اید.

آنچه که در بطری دمیده اید هواست، و نه کربن دیوکسید. البته، مقداری کربن دیوکسید در هوا وجود دارد، اما این مقدار فقط حدود یک مولکول در هر سه هزار مولکول هواست. بیرون آمدن گاز از یک مایع فقط با وارد کردن مقدار بیشتری از آن گاز خاص در فضای بالای مایع افزایش می یابد. مقدار کربن دیوکسیدی که به صورت محلول در نوشابه باقی می ماند فقط به این بستگی دارد که بین مولکول های کربن دیوکسید و سطح مایع چقدر برخورد رخ می دهد. اگر گاز کربن دیوکسید به داخل بطری نوشابه تلمبه می کردید، حکایت چیز دیگری می شد؛ اما اکسیژن و نیتروژن صرفاً چیزهای خارج از موضوع و بی ربطی اند.

و توضیح پایانی این که نوشابه را در بسته و سرد نگه دارید. این موضوع هم از اهمیت خاص برخوردار است که وقتی باید بطری را خارج از یخچال نگه دارید، باید در آن را محکم ببندید، زیرا عمده‌تاً در این حالت است که کربن دیوکسید آن، به علت دمای بالاتر، خارج می شود. اگر نوشابه‌ای را می خواهید که وقتی درش را باز می کنید به بیرون فواره بزند آن را مستقیم در

جایخی یا فریزر بگذارید.

ناگهان در بطری را باز نکنید که همه چیز بلافاصله خارج شود. می‌توانید آن را آهسته باز کنید تا کربن دیوکسید آهسته خارج شود، اما نمی‌توانید بیرون آمدنش را متوقف کنید.

و البته، هرکاری می‌کنید، هرگز آن را تکان ندهید. این کار فقط گریختن گاز را شتاب می‌بخشد.

نرسیدی، اما...

چرا گاز دلستر گرم خارج می‌شود؟

مقدار بیشتری گاز را در مایع سرد می‌توان حل کرد تا مایع گرم. یا، به زبان شیمیدان‌ها، حل‌پذیری گاز در مایع با کاهش دما افزایش می‌یابد.

به کلمات عملی، چرا کربن دیوکسید وقتی گرایش به خروج از دلستر دارد که این نوشابه گرم‌تر است؟ بنا بر تجربه‌ی روزمره باید انتظار داشته باشیم که هرچه مایع گرم‌تر شود، توانایی آن برای حل کردن مواد بیشتر است، و نه کم‌تر. در جای داغ شکر بیشتری را می‌توانید حل کنید تا در جای سرد، این طور نیست؟ پس چرا مورد گازها تا این حد متفاوت است؟

پاسخ در نقشی نهفته است که گرما در فرایند انحلال بازی می‌کند. این فرایند می‌تواند بسی پیچیده باشد.

وقتی ماده‌ای در آب حل می‌شود، مولکول‌هایش از هم جدا و در تمامی آب پراکنده می‌شوند. در عین حال ممکن است تغییرات دیگری هم رخ دهد، که به ماده‌ای که حل می‌شود بستگی دارد. مثلاً، ممکن است این مولکول‌ها خود را به خوشه‌های کوچک در هم بافته‌ی مولکول‌های آب بچسبانند، یا ممکن است با آب واکنش شیمیایی بدهند، یا این‌که ممکن است به تکه‌هایی با بار الکتریکی تقسیم شوند، یا اتفاقات دیگری برایشان بیفتد که حتی فکر

کردن به آن‌ها هولناک باشد.

در تمام این فرایندها یا انرژی به صورت گرما مصرف و یا پس داده می‌شود. از این رو گرما نقشی عمیق و تأثیرگذار - و بسیار متنوع - در حل کردن مواد گوناگون بازی می‌کند. نتیجه‌ی نهایی از این قرار است که برخی مواد حریرانه گرمای اضافی آب داغ را جذب و آن را برای بیشتر حل شدن مصرف می‌کنند، در حالی که برخی مواد با گرمای اضافی واکنش منفی می‌دهند و کم‌تر حل می‌شوند. به بیان دیگر، برخی مواد در آب داغ حل‌پذیرترند تا در آب سرد. حتی شیمیدانان هم همیشه نمی‌توانند پیش‌بینی کنند که ماده‌ای مفروض کدامیک از این رفتارها را در پیش خواهد گرفت.

اما، در مورد گازها می‌توانیم به تعمیمی همه‌جانبه دست بزنیم: در حالی که گازها در آب حل می‌شوند، همگی به شکل گرما انرژی از دست می‌دهند. می‌توان گفت که گازهای حل‌شونده گرما را دوست ندارند: تلاش می‌کنند که از شر گرما خلاص شوند. از این رو در آب سرد آسان‌تر حل می‌شوند، مانند آب سرد گرمای محیط را می‌گیرند، و از حل شدن در محیطی داغ و سرشار از گرما، مانند آب داغ، از حل شدن باز می‌مانند.

انجام دهید

یک لیوان آب سرد را چند ساعتی در یک جا بدون حرکت نگه دارید، همین که گرم شد، حباب‌های هوا را مشاهده می‌کنید که روی جداره‌ی داخلی لیوان تشکیل می‌شوند. هوا در آب سرد حل شده بود اما آب گرم‌تر نمی‌تواند هوای بیشتری را در خود نگه دارد. آب هم، مانند دلستر، «گاز خود را از دست می‌دهد».

کشان سنت شکنانه

همه می‌دانند که اجسام وقتی گرم‌تر شوند انبساط پیدا می‌کنند. اما بعضی‌ها قاطعانه می‌گویند که موادی معمولی در پیرامون ما یافت می‌شوند که بر اثر حرارت منقبض (جمع) می‌شوند. آیا این ادعا درست است؟

خیر، حق دارید این ادعا را رد کنید. یکی از این مواد معمولی لاستیک است. کش کشیده.

اکثر اشیاء بر اثر گرما، به یک علت ساده، باز می‌شوند و انبساط می‌یابند: هرچه دما بالاتر رود سرعت حرکت اتم‌ها و مولکول‌ها را بیشتر می‌کند. این اتم‌ها و مولکول‌ها به جای کافی نیاز دارند تا رویهم‌رفته بیشتر از هم فاصله بگیرند، و کل ماده فضای بیشتری را اشغال کند. اما لاستیک به علت شکل عجیب و غریب مولکول‌هایش رفتار متفاوتی دارد. شبیه به کرم‌هایی در یک قوطی‌اند - زنجیره‌های کج و لوله و در هم گره خورده و به صورت گلوله‌های نامنظم. این شکل تا موقعی حفظ می‌شود که لاستیک (یا کش) را نکشیده‌اید. وقتی آن را بکشید، زنجیره‌ها هم کشیده و مستقیم‌تر می‌شوند، ناگزیر در امتداد جهت کش آمدن به خط خواهند شد.

اما این وضعیت برای آن‌ها حالتی بسیار غیرطبیعی و زورکی است؛ می‌دانید که برای کشیدن لاستیک مجبور به انجام کار روی آن هستید، درست به همان ترتیب که باید فنری را بکشید. به محض این‌که آن را رها کنید، مولکول‌های لاستیک به شکل فشرده و چین خورده‌ی خود بر می‌گردند، و کل لاستیک فوراً به شکل اولیه بر خواهد گشت.

پیامدهای گرما در اینجا چه کاری انجام می‌دهند؟ اگر لاستیک را گرم کنید در حالی که در حالت کشیده‌اش است، انگیختگی مولکول‌ها ناشی از گرما آن‌ها را در دو سرشان می‌کشد، که می‌خواهد طول آن‌ها را افزایش دهد. (قد ماری که دارد وول می‌خورد، کوتاه‌تر است.) به این ترتیب، لاستیک سعی می‌کند تا آنجا که از دستش بر می‌آید به شکل فشرده ترش برگردد؛ پس منقبض می‌شود.

انجام دهید

نواری به پهنای دست‌کم هفت میلی‌متر از یک لاستیک ببرید، تا یک تسمه و نه حلقه در اختیار داشته باشید. از یک نوار لاستیکی سیاه، و نه رنگین، استفاده کنید؛ کش‌های رنگی معمولاً لاستیک طبیعی نیستند. وزنه‌ای را به یک سر این نوار لاستیکی ببندید و سر دیگرش را به جایی وصل کنید، و بگذارید وزنه آزادانه آویخته شود.



وزنه باید چندان سنگین باشد که لاستیک را کمی بکشد. اکنون نوار لاستیکی را با سشوار گرم کنید. دقت کنید و ببینید که این نوار لاستیکی منقبض و جمع می شود و وزنه را کمی بالاتر می کشد.

نکته لاستیک بر اثر حرارت می تواند جمع و منقبض شود. نوار لاستیکی کشیده را به یاد آورید. لاستیکی که کشیده نباشد، بر اثر گرما کش می آید، درست مانند هر چیز دیگری.

پیروزی بر گرما

چرا فلاسک، ظاهراً به دلخواه ما، هم چیزهای داغ را داغ و هم چیزهای سرد را، سرد نگه می دارد؟

برای پاسخ دادن به این پرسش فقط لازم است گرما را در حکم نوعی مایع تصور کنید که فقط «در سرازیری» از دمای بالاتر به دمای پایین تر جریان پیدا می کند. فلاسک مانند سدی عمل می کند که مانع از جریان یافتن گرما

می‌شود. این وسیله مانع از این می‌شود که گرما از چای یا قهوه‌ی داغ داخلش به هوای بادمای کم‌تر خارج «سرازیر» شود. اما متقابلاً، نمی‌گذارد گرما از هوای خارج به نوشابه‌ی خنک‌تر داخلش «سرازیر» شود.

به بیان دیگر، دیواره‌های فلاسک عایق‌های گرمای بسیار کارآمدی‌اند - ماده یا آرایشی از مواد که جریان گرما را به تأخیر می‌اندازد. با عایق‌ها (نارساناها)یی که گرما را از خارج شدن از اجسام باز می‌دارند و از ورود سرمای خارج به داخل خانه جلوگیری می‌کنند، به خوبی آشناییم: کاپشن اسکی، کیسه‌ی خواب، و پوشش عایق شیروانی (سقف) را خوب می‌شناسیم. اما یخچال هم عایق‌بندی شده است که در این مورد عایق از ورود گرما جلوگیری می‌کند. عایق‌ها دو سویه عمل می‌کنند.

البته، گرما به صورت مایع نیست، هرچند که از جایی به جای دیگر جاری می‌شود. گرما به سه طریق حرکت می‌کند و جابجا می‌شود: از طریق رسانش (هدایت)، از طریق همرفت، و از طریق تابش. هر یک از آن‌ها را بررسی می‌کنیم تا ببینیم فلاسک چگونه آن‌ها را متوقف می‌کند.

جسم سردی را در تماس با جسم گرمی قرار دهید و آنگاه ببینید چه اتفاقی خواهد افتاد: جسم گرم مقداری از گرمایش را به جسم سرد تحویل می‌دهد، به گونه‌ای که جسم سرد گرم‌تر و جسم گرم سردتر می‌شود. مقداری گرما از جسم گرم‌تر به جسم سردتر انتقال یافته، یا هدایت شده، است.

با همه‌ی این احوال، گرما چیست؟ گرما عبارت است از انگیزش، یا تحرک مولکول‌های یک جسم. هرچه مولکول‌های جسم با شدت و قوت بیشتری حرکت کنند، گرم‌تر است. از این رو وقتی جسم گرمی را (که مولکول‌هایش به سرعت در حرکت‌اند) در تماس نزدیک با جسمی سرد (که حرکت مولکول‌هایش آهسته است) قرار می‌دهید، بعضی از مولکول‌های سریع‌تر با مولکول‌های کندتر برخورد می‌کنند و مولکول‌های اخیر سریع‌تر - گرم‌تر - می‌شوند. این رسانش یا هدایت است: انتقال مستقیم مولکول به مولکول.

وقتی به دسته‌ی ماهیتابه‌ای دست می‌زنیم که در حال سرخ کردن مواد

غذایی است، سرعت حرکت مولکول‌های پوست دست‌مان بر اثر برخورد با مولکول‌های دسته‌ی ماهی‌تابه که سرعت زیادی دارند، افزایش می‌یابد. وقتی قالب یخی را لمس می‌کنید، مولکول‌های پوست‌تان مقداری از سرعت‌شان را از طریق برخورد با مولکول‌های یخ از دست می‌دهند.

فلاسک از رسانش جلوگیری می‌کند زیرا دارای دو جداره است که بین‌شان هیچ چیز نیست (یعنی بین آن‌ها خلأ است). چون هیچ مولکولی در خلأ وجود ندارد که با مولکول‌های داخل فلاسک برخورد کند، رسانش گرما از طریق آن نمی‌تواند اتفاق افتد.

همرفت عبارت است از فرایندی که به آن وسیله گرما از طریق جابجایی عملاً کُپ‌های (یا انبوه) گاز یا مایع حاوی گرما از نقطه‌ای به نقطه‌ی دیگر منتقل می‌شود. آیا شنیده‌اید که می‌گویند گرما بالا می‌رود؟ در واقع منظور این است که هوای داغ بالا می‌رود، و با خودش محتوای گرمای خود را هم حرکت می‌دهد. همرفت همین است. کوره یا اجاق همرفتی صرفاً عبارت است از اجاقی با یک بادبزن که این بادبزن به گردش هوای داغ کمک می‌کند. در آن حالت، فرایند را همرفت واداشته^۱ می‌گویند.

فلاسک صرفاً به این علت که ظرفی بسته است از همرفت جلوگیری می‌کند: هوای گرم نمی‌تواند از دیواره‌هایش عبور کند. هر نوع ظرف بسته مانع همرفت می‌شود.

سرانجام، گرما می‌تواند به شکل تابش فروسرخ از نقطه‌ای (جایی) به نقطه‌ی (جای) دیگر تابیده شود. این امواج انرژی را اشیای گرم گسیل می‌کنند. امواج یاد شده در فضا به حرکت در می‌آیند و اشیای سردتر می‌توانند آن‌ها را جذب کنند، انرژی‌شان را به خود انتقال دهند و خودشان را گرم کنند.

فلاسک از طریق بازتاباندن تابش فرابنفش با آینه، از تابیده شدن آن جلوگیری می‌کند. سطح داخلی دیواره‌ی دو جداره‌ی فلاسک (که فضایش را خلأ کرده‌اند) نقره‌اندود می‌کنند، و از این رو هر تابش فروسرخ که بخواهد در هر جهتی (از درون به بیرون یا برعکس) عبور کند به جای اولش بازتابیده

1. forced convection

می‌شود.

اگر به نظرتان می‌رسد که تابش برای انتقال گرما عاملی جدی و کارآمد نیست، به برشته شدن گوشت استیکی در زیر المان‌های داغ اجاق برقی فکر کنید. این درست است که گرما از طریق همرفت بالا می‌رود، اما مقدار زیادی از آن هم از طریق تابش به سوی پایین و در همه‌ی جهت‌ها جابجا می‌شود. البته، هیچ فلاسکی کامل نیست. همواره مقداری از گرمای قهوه یا چای داغی که داخل ریخته‌اید از آن به بیرون تابیده یا هدایت می‌شود. اما فلاسک فرایند انتقال گرما را به نحو چشمگیری کند می‌کند، و غذا یا نوشیدنی‌ای که در آن ریخته‌اید ساعت‌ها گرم یا سرد می‌ماند.

از قضا، نام ترموس (یا همان فلاسک)، واژه‌ای یونانی به معنای «داغ»، در ۱۹۰۴ به عنوان علامت تجارتي برگزیده شد، اما چون کاربرد پردامنه‌ای یافته، اکنون در حکم نام عمومی (ژنریک) برای ظرف خلأ به کار می‌رود. اما، هنوز هم یکی از تولیدکنندگان از این واژه به عنوان علامت تجاری استفاده می‌کند.

نپرسیدی، اما...

استیروفوم چگونه به عنوان عایق (نارسانا) عمل می‌کند؟

بر خلاف ترموس، که به واژه‌ای همگانی بدل شده است، استیروفوم هنوز هم برای حفظ هویت خود در حکم نامی تجارتي در تکاپوست، اما به نظر نمی‌رسد که کسی توجهی به آن داشته باشد؛ به هر حال مردم تمامی فراورده‌های اسفنج (فوم) پلی استیرن را «استیروفوم» می‌نامند.

این ماده از آن جهت عایق مطلوب و مناسبی است که اسفنج پلاستیکی حاوی میلیاردها حباب گاز به دام افتاده است. گازها از رسانش گرما جلوگیری

می‌کنند زیرا مولکول‌های آن‌ها چندان از هم دورند که سایر مولکول‌ها با دشواری بسیار می‌توانند با آن‌ها برخورد کنند، که یا به آن‌ها انرژی بدهند یا از آن‌ها انرژی بگیرند. پلاستیک پلی استیرنی که حاوی حباب باشد به این علت هم عایق خوبی است که مولکول‌هایش چندان بزرگ‌اند که نمی‌توانند خیلی به این سو و آن سو حرکت کنند.

جعبه‌های از جنس استیروی نازک - یعنی، فوم یا اسفنج پلی استیرن - که رستوران‌ها غذای سفارشی ما را در آن‌ها قرار می‌دهند، فرض بر این است که غذا را تا به خانه برسیم، کماکان داغ نگه می‌دارند. هرچند که، به جای آن که غذا عملاً داغ نگه داشته شود احتمالاً در دمایی نگه داشته می‌شود که در آن دما باکتری‌ها پرورش و رشد می‌یابند. در این صورت، وقتی به خانه رسیدیم و آن جعبه را برای نهار روز بعد در یخچال گذاشتیم، آن عایق اسفنجی می‌تواند آن رایه مدتی حدود یک ساعت در حداکثر دمای مساعد برای فاسد شدن و گندیدگی نگه دارد. اما کار بهتر آن است که در این هنگام غذا را در ظرفی ناعایق بگذاریم و بعد در یخچال قرارش دهیم.

سرت را برداشته‌ام، یخ بزن!

یک قوطی نوشابه را از یخچال درآوردم و همان لحظه درش را باز کردم، یخ زد و سفت شد. چه اتفاقی افتاد؟

مادام که نوشابه را هنوز از یخچال در نیاورده بودیم یخ نزده بود زیرا دمای یخچال بالاتر از نقطه‌ی انجماد بود. اما وقتی، حلقه‌ی بازکن در قوطی را کشیدیم دو کار انجام شد: فشار داخل قوطی برداشته شد و مقداری گاز از دست رفت. به دلایل گوناگون، هر یک از این پیامدها به یخ زدن مایع کمک کرد.

هر مایعی در دمای معینی یخ می‌زند (منجمد می‌شود)، که آن دما نقطه‌ی

انجماد آن مایع است. نقطه‌ی انجماد آب خالص ° درجه‌ی سلسیوس یا ۳۲ درجه‌ی فارنهایت است. آب ناخالص - آبی که نوعی ماده در آن حل شده باشد - نسبت به آب خالص نقطه‌ی انجماد پایین‌تری دارد. هرچه ماده‌ی خارجی بیشتری در آب حل شده باشد، نقطه‌ی انجماد آن پایین‌تر خواهد بود.

قطعاً مواد زیادی در نوشابه حل شده‌اند: قند، مواد طعم دهنده، و بخصوص، گاز کربن دیوکسید. به این ترتیب، تا وقتی دمای این مایع زیر صفر درجه‌ی سلسیوس (۳۲ درجه‌ی فارنهایت) نرود، یخ نخواهد زد. اما به محض آن که در قوطی نوشابه را باز می‌کنید، این مایع مقداری از گاز کربن دیوکسید محلول در خود را از دست می‌دهد، که گاز یاد شده از نوشابه می‌گریزد و به داخل هوا می‌رود. اکنون مایع یاد شده (نوشابه) حاوی ماده‌ی حل شده‌ی کم‌تری است، و نقطه‌ی انجماد آن نسبت به دمای انجمادش در هنگامی که در یخچال (و درش بسته بود) بالاتر می‌رود، و آسان‌تر یخ می‌زند. باز شدن در قوطی و برداشته شدن فشار روی آن اثر دیگری هم دارد. یخ حجم بیشتری را اشغال می‌کند تا آب مایع. از این رو، اگر یخ را متراکم کنید گرایش پیدا می‌کند که به حالت مایع کم حجم‌تری برگردد؛ از این رو آب می‌شود. تحت شرایط پرفشار قوطی در بسته، یخ فشرده شده و به صورت مایع باقی ماند. اما به محض آن که فشار را برداشتید، آب مایع آزادانه منبسط شد و حجم بیشتری پیدا کرد: یعنی، به حالت انجماد یا یخ درآمد. البته، این اتفاق نمی‌توانست بیفتد تا وقتی که نوشابه از نقطه‌ی انجمادش سردتر شده بود، زیرا قبلاً گازش را از دست داده بود.

گویی این‌ها هنوز هم همه‌ی ماجرا نیستند، یک اتفاق دیگر هم پیش می‌آید. وقتی قوطی را باز می‌کنید، گاز کربن دیوکسید فشرده توانسته منبسط شود. هرگاه گازی انبساط پیدا می‌کند، سرد می‌شود. این سرمایش اضافی نیز به انجماد (یخ زدن) کمک می‌کند.

یا دمای یخچال را پایین‌تر ببرید (آن را سردتر کنید)، و یا قوطی نوشابه را باز نکنید، تا وقتی که کمی گرم‌تر شده باشد، نوشابه‌ی «نگرگی» نخواهد

داشت. برای نوشیدن چنین نوشابه‌ای باید صبر به خرج دهید.

گرم شدن در بستر

چرا تشک‌های آبی باید گرم‌کن داشته باشند؟ چند روز بعد از پر کردن یکی از این تشک‌ها، آب داخل آن از هر چیز دیگری در اتاق، از جمله انواع دیگر تشک، گرم‌تر نیست.

آب داخل تشک آبی در واقع با هر شیئی دیگر، از جمله تشک‌های معمولی، در اتاق هم‌دم می‌شود. اما باز هم تشک آبی را سردتر احساس می‌کنید. علت این امر آن است که آب گرما را با کارایی بیشتری نسبت به سایر مواد و اشیاء، مانند تشک معمولی، به خارج از بدن‌تان هدایت می‌کند.

گرما چیزی نیست مگر حرکت مولکول‌های ماده. مواد گوناگون می‌توانند این حرکت، و از این رو گرما، را انتقال دهند؛ این توانایی انتقال با کارایی‌های گوناگونی تحقق می‌پذیرد. بهترین راه انتقال یاد شده از طریق رسانش صورت می‌گیرد - انتقال مستقیم از یک مولکول به مولکول بعدی به مولکول بعدی، و الی آخر. برای انجام این کار، باید مولکول‌های مجاور به اندازه‌ی کافی به یکدیگر نزدیک باشند تا به هم ضربه بزنند.

مولکول‌ها در آب تقریباً با هم در تماس‌اند، از این رو مولکول‌های سریع‌تر («داغ‌تر») می‌توانند به آسانی مقداری از حرکت‌شان را به مولکول‌های «سردتر» مجاور منتقل کنند. به این ترتیب این گرما - در این حالت، گرمای بدن شما - به نحو مؤثر و کارآمدی به داخل آب می‌رود، و شما احساس سرما می‌کنید تا وقتی که مقداری از آن گرما از طریق گرم‌کن برقی به بدن‌تان بازگردد.

تشک‌های معمولی، نسبت به آب، رسانای گرمای بسیار ضعیف‌تری‌اند زیرا حاوی هوا هستند. در هوا، مولکول‌ها خیلی از هم دورند، و مقدار زیادی



فضای تهی میان آن‌ها وجود دارد. بنابراین به ندرت می‌توانند با هم برخورد کنند، از این رو انتقال حرکت گرمایی به ندرت اتفاق می‌افتد و گسیل و جابجایی گرما بسیار کند است. در تشک معمولی، بدن‌تان سریع‌تر گرم می‌شود نسبت به آن که تشک بتواند گرمای بدن‌تان را به محیط انتقال دهد، و از این رو احساس گرما و لذت می‌کنید.

می‌خواهید واقعاً سردتان شود؟ روی یک ورق فلزی بخوابید. فلزات رساناهای گرمای بسیار خوبی‌اند زیرا اتم‌هایشان به وسیله‌ی «سیمانی» از الکترون‌ها، خیلی نزدیک به هم نگه داشته می‌شوند.

انجام دهید

سعی کنید یخ دو جعبه توت فرنگی منجمد را باز کنید؛ یکی را با قرار دادنش در هوای حدود ۲۶ درجه‌ی سلسیوس (تقریباً ۷۵ درجه‌ی فارنهایت)، و دیگری را از طریق شناور کردنش در آب ۱۹ درجه‌ی سلسیوس (حدود ۶۵ درجه‌ی فارنهایت). هرچند که این آب از هوا سردتر است، یخ توت فرنگی‌ها در آب سریع‌تر باز می‌شود زیرا آب به نحو کارآمدتری گرما را به جعبه هدایت می‌کند - یعنی، سرما را از جعبه خارج می‌کند.

نکته

یخ توت فرنگی‌های یخ‌زده را می‌توان در دمای ۱۹ درجه‌ی سلسیوس زودتر آب کرد تا در دمای ۲۴ درجه‌ی سلسیوس.

دود سیگار آبی می‌شود

شنیده‌ام که در گذشته‌ها در دوران قرون وسطی وقتی سیگار می‌کشیدند، دودی که از سیگار به سوی بالا می‌رفت آبی رنگ بود. اما پس از این‌که شخصی محکوم به مرگ خودخواسته به آن پک زد و دود را به داخل ریه‌اش فرستاد و دوباره از دهان بیرونش داد، رنگش سفید شد. احتمالاً معلوم است که بر سر ریه‌ها چه آمد، اما برای دود چه اتفاقی افتاد؟

جرم توتون و نیکوتین آبی رنگ نیست، پس این مورد را فراموش کنید. آنچه اتفاق افتاد از این قرار بود که اندازه و ابعاد ذرات دود تغییر کرد. ذرات دود سیگار در هنگامی که از سیگار روشن (با سوختنی آرام و کند) بالا می‌روند فوق‌العاده ریز، ریزتر از طول موج‌های نور مرئی، هستند. وقتی یک موج نوری عبوری به یکی از این ذرات ریز برخورد می‌کند، این ذره بسی کوچک‌تر از آن است که مانند توپی که به دیوار برخورد می‌کند، از موج به عقب بجهد. در عوض، این موج صرفاً تا حدی از مسیرش منحرف می‌شود و در مسیری که با امتداد اولیه زاویه‌ای تشکیل می‌دهد به حرکتش ادامه می‌دهد؛ در این حالت موج یاد شده پراکنده می‌شود. هرچه طول موج‌های نور کوتاه‌تر شوند - در لبه‌ی آبی طیف نور مرئی - نسبت به طول موج‌های درازتر از مسیر اصلی‌شان بیشتر پراکنده می‌شوند، زیرا اندازه‌ی آن‌ها به ذرات نور نزدیک‌تر است.

وقتی در روشنایی منبع اصلی نور واقع در پشت سرمان یا در یک طرف‌مان به نور نگاه می‌کنیم، بسیاری از پرتوهای آبی در مسیر مستقیم حرکت نمی‌کنند و از نظر ما «از دست می‌روند و گم می‌شوند»؛ این‌ها در

محیط پراکنده می‌شوند - و میزان پراکندگی این پرتوهای آبی از سایر رنگ‌ها خیلی بیشتر است. به این ترتیب، چشمان ما مقدار بیشتری نور آبی را که به عقب می‌جهند دریافت می‌کنند و دود آبی رنگ به نظر می‌رسد.

وقتی سیگار روشن است آهسته می‌سوزد، ذرات دود تا حدودی بزرگ‌ترند، زیرا فرصت پیدا نمی‌کنند کاملاً بسوزند. هرگاه به آن پک‌زده و دودش بلعیده شود، بسیاری از ذرات دود در ریه به دام افتاده و در آنجا دیده نمی‌شوند مگر وقتی که بافت‌برداری پزشکی انجام گیرد.

آن ذراتی که سفر خود را در قلمرو ریه تکمیل می‌کنند با رطوبت پوشیده شده و اندازه‌شان هم بیشتر افزایش پیدا می‌کند. این ذرات اکنون از طول موج تمام رنگ‌های نور بزرگ‌ترند، و بنابراین هیچ قسمتی از آن را پراکنده نمی‌کنند. این ذرات، مانند هر شیء بزرگ‌تری، تمام رنگ‌ها را به یکسان و یک اندازه باز می‌تابانند، و به منشأ تابیدن‌شان برمی‌گردانند. بنابراین، دود بدون رنگ خاصی ظاهر می‌شود و سفید به نظر می‌رسد.

نپرسیدی، اما...

هیچ کتابی علمی کامل نیست مگر این‌که در آن این پرسش مطرح شود: چرا آسمان آبی است؟

آسمان به همان دلیلی آبی رنگ است که دود سیگار رنگ آبی دارد: پراکندگی ترجیحی نور آبی به وسیله‌ی ذرات ریز.

البته، هوای خالص بی‌رنگ است به این معنا که تمام طول موج‌های مرئی (رنگ‌ها) نور بدون این‌که جذب شوند، از آن عبور می‌کنند. اما هوا حاوی مولکول‌ها و، غالباً، ذرات ریز غبار معلق است که از طول موج‌های نور مرئی کوچک‌ترند و بنابراین آن را پراکنده می‌کنند. مانند مورد ذرات دود سیگار، نور آبی بیشتر از سایر رنگ‌ها، که گرایش دارند بدون تغییر جهت زیادی در

هوا حرکت کنند، پراکنده می‌شود.

وقتی به آسمان نگاه می‌کنید، تمام رنگ‌های موجود در نور خورشید را می‌بینید که عمدتاً از یک جهت در یک طرف‌تان به سوی شما می‌تابند — حالا خورشید در هر جایی که باشد. اما افزون بر این، نور آبی اضافه‌ای را بیشتر از آن که «در هوا پراکنده می‌شود» از سایر جهت‌ها دریافت می‌کنید. به این ترتیب، نوری آبی اضافه بر آنچه که خورشید به‌طور مستقیم گسیل می‌کند دریافت می‌کنید، و آسمان آبی‌تر از نور خود خورشید به نظر می‌رسد.

این را هم نپرسیدی، اما...

چرا طلوع و غروب خورشید چنین رنگین است؟

وقتی ارتفاع خورشید در هنگام سر زدن یا فرو رفتن کم و پایین است، از فاصله‌ای طولانی در جو مستقیماً به آن نگاه می‌کنید. مقدار زیادی نور آبی، در حالی که تمامی جو را می‌پیماید، و در جهت شما تابیده می‌شود در جهت‌های بسیاری پراکنده می‌شود، از این رو نوری که در جهت مستقیم به شما می‌رسد از نور آبی کاسته می‌شود. نور خورشیدی که به رنگ آبی گراییده حالا، بسته به اندازه‌ی ذرات غبار موجود در هوا و بنابراین رنگ‌های دیگری که پراکنده می‌شوند، قرمز، نارنجی یا زرد مشاهده می‌شوند. اگر این توضیح به حال و هوای عاشقانه‌ی چشم‌انداز طلوع و غروب لطمه می‌زند، اصلاً فراموش کنید که من چنین چیزهایی گفته‌ام.

انجام دهید خودتان غروب را بازسازی کنید. چند قطره شیر داخل یک لیوان آب زلال بریزید و از خلال این لیوان به یک لامپ نگاه کنید. لامپ قرمز، نارنجی یا زرد دیده خواهد شد. نوری که از لامپ به شما می‌رسد به

آبی می‌گراید به دلیل پراکندگی ناشی از ذرات ریز کازئین^۱ و گلبول‌های چربی معلق در شیر. رنگ دقیقی که می‌بینید به اندازه و غلظت این ذرات در آب بستگی دارد.



فیزیک جوشیدن نوشابه‌ی گازدار

چرا پس از تکان دادن نوشابه‌ی گازدار، درش را که باز می‌کنید محتویاتش به صورت انفجاری به بیرون فوران می‌کند، و باگشودن در این نوشابه‌ها در این حالت، به همه جا می‌پاشد؟

همان گونه که انتظار داریم، بهترین تدبیر برای جلوگیری از این پیش‌آمد عبارت است از سرد کردن بطری‌ها به حد کفایت و اجتناب از تکان دادن آن‌ها دست‌کم چند ساعت پیش از گشودن درشان است. اما دانستن علت هر

۱. casein، پروتئین اصلی شیر.

اتفاقی همواره بهترین کمک را می‌کند.

جوشیدن و فش فش کردن (بالا آمدن حباب هوا) در انواع نوشابه ناشی از وجود گاز کربن دیوکسید است، که در خلال - یا در مورد بعضی از آن‌ها، بعد از - فرایند بطری کردن در آن حل می‌شود. این جوشیدن و تشکیل حباب از حباب‌های کربن دیوکسید تشکیل می‌شود که از مایع خارج و وارد هوا می‌شوند. وقتی این اتفاق به آرامی روی زبان‌مان می‌افتد، احساس مورمور خوشایندی روی زبان‌مان می‌کنیم. اما وقتی این رویداد خیلی سریع باشد، حس می‌کنیم چیزی زبان‌مان را می‌کوبد.

مقدار کربن دیوکسیدی که می‌تواند به راحتی محلول در یک مایع باقی بماند مستقیماً به این بستگی دارد که چقدر کربن دیوکسید در فضای بالای سطح مایع وجود دارد، زیرا هرچه مولکول‌های کربن دیوکسید بیشتر باشد و جست بیشتری در آن فضا انجام دهند، تعداد بیشتری از آن‌ها به سطح مایع برخورد می‌کنند و در مایع حل می‌شوند.

در بطری آب‌بندی شده، آن فضا پر از کربن دیوکسید و هواست؛ افزون بر این‌ها، این گازها به‌طور بسیار فشرده‌ای در آن فضا جای داده شده‌اند، و فشار چندان است که ممکن است به حدود $4/2$ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع (معادل $4/0$ اتمسفر یا 60 پوند بر اینچ مربع) برسد. توجه داشته باشید که فشار هوای داخل تایرهای اتومبیل حدود نصف این مقدار است. از این رو مقادیر زیادی کربن دیوکسید در هنگام بیرون آمدن از بطری پرکن در مایع حل می‌شود.

وقتی در بطری را باز می‌کنند، مستقل از این‌که چقدر به آرامی این کار انجام شود، کربن دیوکسید تحت فشار می‌گریزد و فقط هوای با فشار متعارف روی سطح مایع باقی می‌ماند. در هوای متعارف، فقط حدود یک مولکول از هر سه هزار مولکول، کربن دیوکسید است. از این رو، عملاً تمام کربن دیوکسید حل شده باید به نحوی از مایع خارج شود. تنها پرسشی که می‌ماند از این قرار است: با چه سرعتی؟ و پاسخ آن به این شرح است: معمولاً فرایندی کند است.

مولکول‌های کربن دیوکسید محلول پس از فوران اولیه‌ی مولکول‌های

فراری از فضای پر از هوای روی سطح مایع، یکباره به تمامی مایع را ترک نمی‌کنند. اگر این اتفاق می‌افتاد، نوشابه‌ی شما در یک لحظه بدون گاز می‌ماند و دیگر چیزی به نام نوشابه‌ی گازدار از آن باقی نمی‌ماند، اما هرچند هم که نوشابه را به آرامی باز کنیم باز هم این فوران لعنتی صورت می‌پذیرد.

مولکول‌های گاز نمی‌توانند یک به یک هم از اعماق مایع خارج شوند. آن‌ها ناگزیرند نقاطی برای اجتماع و تجدیدقوا، مکان‌های برخورد منحصر بفرد، بیابند که بتوانند در آنجا انبوه شوند و گروه‌هایی - حباب‌هایی - تشکیل دهند که به اندازه‌ی کافی بزرگ شوند تا راه‌شان را به بالا و خارج شدن از مایع، به زور پیدا کنند. دانشمندان این جایگاه‌های تجمع را هسته می‌گویند.

تقریباً هرگسست و اخلاقی در همگنی مایع - حتی یک ذره‌ی بسیار ریز و میکروسکوپیکی غبار - برای تشکیل حباب‌ها به صورت یک هسته عمل می‌کند. خراش‌های ریز سطح شیشه نیز، چون می‌توانند حباب‌های میکروسکوپیکی هوا را در هنگام سرریز شدن نوشابه به دام اندازند می‌توانند همین عمل را انجام دهند، و این حباب‌های هوا مولکول‌های گاز بیشتری را برای پیوستن به خودشان فرا خواهند خواند. مولکول‌های کربن دیوکسید در تمام این هسته‌ها تجمع می‌کنند، بزرگ می‌شوند و به صورت حباب در می‌آیند، که به مجرد این‌که به اندازه‌ی کافی بزرگ و شناور شوند، راه خود را به سوی بالا و خروج از مایع در پیش می‌گیرند.

چه چیزی با تکان دادن بطری باید انجام شود؟ وقتی بطری را تکان می‌دهید، مقداری گاز را که در فضای بالای مایع بود به دام می‌اندازید، و حباب‌های ریزی از آن تشکیل می‌دهید. و این حباب‌های ریز بهترین هسته‌های ممکن برای رشد افزون‌تر حباب‌ها بشمار می‌آیند. مولکول‌های کربن دیوکسید در مایع به این حباب‌های جدید می‌چسبند، که به صورت حباب‌های بزرگ‌تر و بزرگ‌تری در می‌آیند. قبلاً که از دلایل این اتفاق‌ها خبر نداشتید فقط اغتشاش و درهم ریختگی کف‌آلودی را می‌دیدید که از دهانه‌ی بطری با فشار گاز به بیرون می‌جهد مانند گلوله‌ای که از دهانه‌ی اسلحه خارج می‌شود.

هرگاه در نوشابه‌ای را باز کنید که به اندازه‌ی کافی سرد نباشد باز هم به شکلی مشابه، اما نه آنقدر بد که در بالا توضیح دادیم، مواجه می‌شوید. کربن دیوکسید در مایعات گرم‌تر کم‌تر حل می‌شود (صفحات قبل را ببینید) از این رو نسبت به موقعی که مایع سرد باشد، گاز بیشتری از آن به بیرون فواره می‌زند. اگر بطری را هم تکان داده باشید که مقدار بیشتری نوشابه از آن به بیرون فوران می‌کند و در آن تقریباً چیزی برای خوردن باقی نمی‌ماند.

ایمنی قاشق

در مهمانی شام، خانه‌ی یکی از دوستان، قهوه‌ام را که به هم می‌زدم قاشقش خیلی داغ شد، ظاهراً داغ‌تر از خود قهوه. این اتفاق در خانه هرگز نیفتاده بود. موضوع از چه قرار است؟

خوشامدگویی! دوستان‌تان با وسیله‌های پذیرایی که روی میز می‌گذارند، که از نقره‌ی با عیار بالا ساخته شده، برایتان احترام قائل شده اما به دردسرتان هم انداخته‌اند. «ظروف نقره‌ای» خانه‌ی خودتان یا از جنس فولاد زنگ نزن است یا فقط با نقره آبکاری شده است.

نقره‌ی با عیار بالا تقریباً نقره‌ی خالص، یا به بیان دقیق‌تر، ۹۵ درصد است. و نقره بهترین رسانای گرما در میان تمام فلزات بشمار می‌آید. گرما همواره از جایی با دمای بالاتر به مکانی با دمای پایین‌تر می‌رود اگر بتواند راهی را برای حرکت بین این دو نقطه پیدا کند، و نقره بزرگراهی بسیار عالی برای این جابجایی گرما فراهم می‌آورد. تمام کاری که آن قاشق انجام داد عبارت بود از هدایت کردن گرمای قهوه از فنجان به فضای خنک‌تر اتاق – هنگامی که آن را لمس کردید – و سپس به انگشتان شما.

خود قاشق، در خلال فرایندی که برای تمامی آن گرما نقش مجرا را بازی می‌کند، داغ می‌شود – تقریباً به همان دمای قهوه می‌رسد، هرچند که شاید

تصور کنید داغ‌تر است. (توصیه نمی‌کنم برای اثبات این امر انگشت خود را در قهوه فرو ببرید.)

فولاد زنگ زن گرم را به سرعتی هدایت می‌کند که یک پنجم سرعتی است که نقره گرم را هدایت می‌کند. در خانه احتمالاً نمی‌گذارید قاشق به مدتی طولانی در قهوه باقی بماند تا دسته‌ی آن چنان داغ شود که دست‌تان را بسوزاند. اگر هم این قاشق مدتی در قهوه بماند، باز هم گرمایی که از قهوه گرفته چندان نیست که انگشتان‌تان را آزار دهد.

بستنی

در فریزر بستنی‌سازی از مخلوط یخ و نمک استفاده می‌کنند تا به دمای بسیار پایینی برسند. چگونه نمک محیط یخ را بسیار سردتر از دمای معمولی آب و یخ می‌کند؟

دمای معمولی مخلوط آب و یخ صفر درجه‌ی سلسیوس (۳۲ درجه‌ی فارنهایت) است. اما این سرما کافی نیست تا بستنی درست کند (یعنی موادی که مخلوط آن‌ها بستنی تشکیل می‌دهد در این دما یخ نمی‌زنند و منجمد نمی‌شوند). دمای لازم برای درست شدن بستنی ۳- درجه‌ی سلسیوس (۲۷ درجه‌ی فارنهایت) یا پایین‌تر است. نمک این کار را انجام می‌دهد. بسیاری مواد شیمیایی دیگر هم دما را پایین می‌آورند، اما نمک ارزان است.

وقتی یخ و نمک مخلوط می‌شوند، مقداری آب نمک تشکیل می‌دهند و یخ فوراً در آب نمک حل (ذوب) می‌شود. این همان اتفاقی است که وقتی می‌افتد که در زمستان و هنگام بارش برف در پیاده‌رو یا خیابان نمک می‌پاشید؛ یخ جامد به اضافی نمک جامد به آب نمک مایع تبدیل می‌شود. در داخل یک قطعه یخ، مولکول‌های آب به صورت آرایشی صلب و مشخص تثبیت می‌شوند. این آرایش سفت و سخت بر اثر حمله‌ی نمک

گسیخته می شود، و مولکول های آب در این حالت آزادانه و بدون قید و بند به شکل مایع به هر سو حرکت می کنند.

اما گسیختن ساختار جامد مولکول های یخ انرژی می برد، درست همان گونه که باید برای تخریب یک بنا انرژی مصرف کرد. برای یک قطعه یخ که با چیزی جز نمک و آب در تماس نیست، آن انرژی می تواند فقط از محتوای گرمایی آب شور تأمین شود. از این رو همچنان که یخ خرد و حل می شود، از آب گرما می گیرد، و دمای آن را پایین می برد. البته، مخلوط آب و یخ گرمای از دست داده ی خود را با گرفتن گرما از مخلوط بستنی جبران می کند، که ما هم همین را می خواهیم.

انجام دهید

مقادیر مساوی یخ خرد شده در دو لیوان یکسان بریزید، به مقداری کافی آب در هر کدام بریزید تا یخ شروع کند به شناور شدن. سپس مقداری نمک در یکی از لیوان ها بریزید و آن را به هم بزنید تا با یخ درآمیخته شود. بعد از چند دقیقه، دما را با یک دماسنج معمولی که در آشپزخانه معمولاً یافت می شود، اندازه بگیرید. خواهید دید که یخ شور بسیار سردتر از یخ خالص است. حتی می توانید با ناخن تان مقداری یخ را از جداری لیوان محتوای نمک بتراشید.

بعضی ها داغ ترش را دوست دارند.

کلافه کننده است! هر وقت دست هایم را می شویم یا، باز هم بدتر، هرگاه دوشی می گیرم، به دقت آب سرد و گرم را با هم مخلوط می کنم تا آبی با دمای مطلوب استفاده کنم. همیشه، همین که دارم آب با دمای دلچسبی را از شیر دریافت می کنم، سردتر می شود و دوباره ناگزیرم آن را با آب داغ بیامیزم. آیا پاسخی علمی، و نه مالیخولیایی، برای این موضوع وجود دارد؟

بله، آن هم پاسخی بسیار ساده. مواد بر اثر گرما منبسط می‌شوند. در شیر آب تحت فشار (از نوع بسیار متداول و رایج آن، آب از یک شکاف باریک بین واشر لاستیکی از جنس نئوپرن و یک «سرلوله‌ی» فلزی عبور می‌کند. در شیر آب داغ، جریان اولیه‌ی آب داغ واشر را منبسط می‌کند، که شکاف بین واشر و سرلوله را تنگ‌تر می‌کند، و به این ترتیب جریان آب محدود می‌شود. هرگاه آبی خنک‌تر از آن که در ابتدا باز کرده‌اید بیرون بیاید، آب مخلوط گرم و سردی که اینک از شیر دریافت می‌کنید، سردتر می‌شود. چند کار می‌توانید انجام دهید:

۱. به جای واشر نئوپرنی در شیر آب داغ، نوع «لایه‌ای یا ساندویچی» آن را قرار دهید: بخش خارجی این نوع واشر ترکیبی الیافی و داخل آن لاستیکی است. الیاف به اندازه‌ی لاستیک منقبض و منبسط نمی‌شوند.
۲. نسبت به آب داغ خیلی هم ناخن خشکی نکنید. اگر شیر را بیشتر باز کنید، تنگی اندک ناشی از انبساط واشر حتی محسوس هم نخواهد بود. البته، برای دستیابی به دمای مطلوب‌تان، باید شیر آب سرد را هم بیشتر باز کنید.
۳. ممکن است شیر آب داغ بر اثر چندین ثانیه عبور آب داغ از آن، باز شود. در این صورت وقتی دما را تنظیم می‌کنید که آن انبساط اهریمنی از قبل اتفاق افتاده باشد.
۴. دوش آب سرد بگیرید.

یا، از یکی از اعضای خانواده بخواهید در هنگامی که دارید دوش می‌گیرید سیفون توالت را بکشد. در این صورت تمام آب گرمی را که می‌خواهید، در دسترس‌تان قرار می‌گیرد.

هرچه بالا رفت پایین نمی‌آید

وجود جیوه در دماسنج طبی ظاهراً به راحتی بالا می‌رود، غالباً هم بیشتر

از آن که خواسته باشیم، و در همانجا می‌ایستد. اما برای برگرداندن آن به جای اولیه‌اش باید با دست دماسنج را به شدت تکان بدهیم. اگر جیوه چنین به آسانی در لوله‌ی دماسنج بالا می‌رود، پس چرا به همان راحتی پایین نمی‌آید؟

اگر دماسنج را به دقت نگاه کنید، تنگی و گرفتگی باریکی در لوله‌ی موئینی مشاهده خواهید کرد که جیوه در آن بالا و پایین می‌رود. جیوه در مسیر بالا رفتن‌اش، دارای نیروی زیادی است که بر نیروهای مقاوم غلبه می‌کند و به زور از آن تنگی می‌گذرد؛ فشار مایع در حال انبساط می‌تواند خیلی زیاد باشد. (وقتی آب یخ می‌بندد و منبسط می‌شود، فشار می‌تواند لوله‌های آهنی و دیواره‌های بتنی را بشکافد.)

وقتی دماسنج را از دهان‌تان بیرون می‌آورید و دمای حباب پایین لوله‌ی دماسنج افت کرد، باریکه‌ی جیوه به پایین جریان پیدا نمی‌کند؛ در همان بالاترین تراز خود می‌ماند. جیوه قطعاً در حباب منقبض می‌شود، اما نمی‌تواند کل باریکه‌ی جیوه را با خودش پایین بکشد زیرا این باریکه‌ی جیوه به اندازه‌ی کافی قدرت ندارد؛ نیروهای ربایشی بین اتم‌های جیوه خیلی ضعیف‌تر از آن است که بر آن کشیدن به بالا غلبه کند. (اگر این نیروها خیلی قوی‌تر بودند، جیوه به جای مایع به حالت جامد بود.)

به این ترتیب، باریکه‌ی جیوه به جای این‌که پایین بیاید و به حباب داخل شود در آن قسمت تنگ مانند نخ پنبه‌ای که در نازک‌ترین نقطه‌اش پاره می‌شود، از هم می‌گسلد. جیوه‌ی داخل مخزن تحتانی کماکان به انقباض خود ادامه می‌دهد، و فضایی (عملاً خال) بین جیوه و جیوه‌ای که بالای تنگی گیر افتاده، مانند یک ردیف واگن‌های باری که از بقیه‌ی قطارها جدا شده باشد، ایجاد می‌شود.

وقتی دماسنج را به پایین تکان می‌دهید، آن را در یک کمان دایره‌ای به نوسان در می‌آورید. نیروی مرکزگریز جیوه را به سوی خارج این کمان، یعنی به سوی لبه‌ی دایره، که داخل حباب تشکیل شده، پرتاب می‌کند، و به این

وسیله در آن قسمت تنگ بر نیروی اصطکاک چیره می‌شود.

چرا باتری خالی می‌شود؟

این روزها تقریباً همه چیز با باتری کار می‌کند. داخل آن‌ها چیست؟ قاعدتاً باید شکلی الکتریسته در درون آن‌ها باشد، اما این الکتریسته چگونه تا وقتی در داخل آن‌ها باقی می‌ماند که بخواهیم دستگاهی را با آن‌ها راه اندازیم... که کار کند... و کار کند؟

باتری‌ها به معنای دقیق کلمه حاوی الکتریسته نیستند؛ آن‌ها حاوی پتانسیلی (امکان بالقوه‌ای) برای برقرار کردن جریان الکتریسته در شکل و قالب مواد شیمیایی‌اند. این مواد شیمیایی در داخل باتری از یکدیگر جدا هستند و بنابراین تا وقتی وسیله یا دستگاهی به باتری وصل و کلیدش روشن نشده باشد، این مواد نمی‌توانند با یکدیگر واکنش دهند. در این صورت (وصل کردن به دستگاه) این مواد واکنش می‌دهند و برق تولید می‌کنند.

انرژی گرفتن از مواد شیمیایی اتفاق جدیدی نیست. از چوب، زغال سنگ، و نفت – که جملگی ماده‌ی شیمیایی‌اند – از طریق سوزاندن‌شان انرژی گرمایی دریافت می‌کنیم؛ یعنی، برای آن‌ها امکان فراهم می‌آوریم که با اکسیژن هوا واکنش دهند. این فرایند احتراق به یک رده‌ی کامل واکنش‌های شیمیایی تعلق دارد که می‌توانند انجام شوند و ما به جای انرژی گرمایی، انرژی الکتریکی تولید کنیم.

شیمیدانان این واکنش‌ها را واکنش‌های اکسایش-کاهش^۱ نام نهاده‌اند. این واکنش‌ها خیلی متداول‌اند. مثلاً، هر وقت از سفیدکننده‌های لباس استفاده می‌کنید، در ماشین لباسشویی شما یک واکنش اکسایش-کاهش انجام می‌شود. الکتریسته را نمی‌بینید زیرا در داخل مواد شیمیایی واکنش‌کننده

1. oxidation-reduction reactions

قرار دارد و جاری است. بعضی اتم‌ها به محض آن که اتم‌های دیگری الکتریسته را تولید کردند، آن را جذب می‌کنند. باتری دقیقاً یک وسیله‌ی هوشمند است که واکنش‌های شیمیایی را به گونه‌ای کنترل می‌کند که می‌توانیم در هنگام نیاز به برق انرژی الکتریکی را از آن استخراج کنیم. اما، قبل از هر چیز ببینیم الکتریسته دقیقاً چیست.

جریان الکتریکی عبارت است از جاری شدن الکترون‌ها از نقطه‌ای به نقطه‌ی دیگر. اما الکترون‌ها از کجا می‌آیند؟ الکترون‌ها همه جا هستند؛ آن‌ها اجزای خارجی تمام اتم‌ها را تشکیل می‌دهند. از این رو اگر بخواهیم یک الکترون از نقطه‌ای به نقطه‌ی دیگر برود، باید اتم A را ترک کند و به سراغ اتم B برود، مانند پشه‌ای که از روی اندام سگی به بدن سگی دیگر می‌جهد. اما، برای این‌که این اتفاق بیفتد، باید اتم A تمایل به از دست دادن یکی از الکترون‌هایش داشته باشد و اتم B بخواهد آن اتم را بگیرد (دریافت کند).

درجه‌ی میل ترکیبی اتم‌های مختلف با الکترون‌هایشان گوناگون و متفاوت است. برخی اتم‌ها عملاً تلاش می‌کنند هر وقت بتوانند از دست یک یا دو الکترون خلاص شوند، در حالی که اتم‌هایی دیگر سفت و سخت به الکترون‌هایشان می‌چسبند و حتی برای دام انداختن الکترون‌های بیشتری تکاپو می‌کنند. وقتی اتمی از نوع اول (اتم A) به اتمی از نوع دوم (اتم B) برخورد می‌کند، این دو اتم می‌توانند از طریق انتقال یک یا دو الکترون از A به B معامله‌ی سودمندی را انجام دهند. و خلاصه، این همان اتفاقی است که در یک واکنش اکسایش-کاهش می‌افتد.

این بازی گذردهی الکترون از اتمی به اتم دیگر، در مقیاس ریز یا میکروسکوپیکی، و هر بار یک اتم، جریان الکتریسته را تشکیل می‌دهد. از دیدگاه ما در مقیاس و اندازه‌ی انسانی مسئله و مشکل عبارت است از این‌که اگر بکشیم از طریق آمیختن میلیون‌ها اتم نوع A با میلیون‌ها اتم نوع B، و تحقق گذردهی الکترون از اتمی به اتم دیگر در تمام جهت‌ها، در قالب برخوردهای آشوبناک عظیمی، مقوله‌ی الکتریسته‌ی قابل مصرف به دست آوریم، یک اتم نوع A در کجا می‌تواند یک اتم نوع B را پیدا کند؟

باید این الکترون‌ها از گروه بزرگی اتم‌های A در یک جهت عبور داده شوند تا به گروه جداگانه‌ای از اتم‌های B در مکان دیگری، از طریق یک خیابان، یا مدار یک طرفه که ما ایجاد یا فراهم کرده‌ایم، برسند. سپس، آن الکترون‌ها به اعتبار اشتیاق و میل شدیدشان به ول کردن اتم A و پیوستن به اتم B، ناگزیرند راه خود را از داخل این مدار ما بگشایند، و در این رهگذر برای ما کاری انجام دهند - هر کاری، از روشن کردن لامپ چراغ قوه تا رقصاندن خرگوش کوچولوی عروسکی که در حالی که طبلی می‌نوازد به این سو و آن سو می‌رود.

به این ترتیب، برای ساختن باتری بسته‌ی کوچک فشرده‌ای حاوی مقادیر عظیمی اتم A و مقادیر عظیمی اتم B را درست می‌کنیم. اما آن‌ها را کاملاً از یکدیگر جدا نگه می‌داریم، که این عمل را غالباً یک سد از جنس کاغذ مرطوب انجام می‌دهد. این اتم‌ها نمی‌توانند الکترون‌های خود را عبور دهند تا وقتی که ما مدارمان را تکمیل کرده باشیم، و آن زمانی است که دو سر باتری را به دستگاهی یا وسیله‌ای ببندیم و کلیدی را وصل کنیم که امکان جاری شدن الکترون‌ها از اتم‌های A را از طریق ابزار و وسیله‌های واسطه به اتم‌های B فراهم آید.

انواع مختلف باتری‌ها از انواع گوناگون اتم‌های A و B درست می‌شوند. معمولی‌ترین و متداول‌ترین باتری‌ها از منگنز، روی، سرب، لیتیم، جیوه، نیکل و کادمیم ساخته می‌شوند. در باتری‌های AAA (که هیچ ربطی به آنچه که «اتم‌های A» نامیدیم ندارند)، AA، C، و D، اتم‌های روی و منگنز نوع A و نوع B بشمار می‌آیند. اتم‌های روی عبارت‌اند از دهنده (گذرنده)‌های الکترون و اتم‌های منگنزگیرنده‌های الکترون هستند.

ولتاژ باتری، و در این حالت مورد بحث ما ۱/۵ ولت، معیاری از نیروی است که اتم‌های روی با این نیرو الکترون‌هایشان را به اتم‌های منگنز می‌رسانند. ترکیب‌های مختلف اتم‌های دهنده و گیرنده باتری‌هایی را با ولتاژهای مختلف می‌سازند، زیرا از درجه‌ی اشتیاق و میل ترکیبی متفاوتی برای الکترون دادن و الکترون گرفتن (دریافت کردن) برخوردارند.

وقتی تمام اتم های دهنده سهمیه ی الکترون هایشان را به اتم های گیرنده بخشیدند، باتری خالی (تمام) می شود، و متأسفانه آن خرگوش عروسی هم از حرکت باز می ماند.

اما، باتری های نیکاد (نیکل-کادمیم)، و نیز باتری سرب-اسیدی خودروی شما، قابل پر کردن (قابل شارژ کردن) هستند: می توانیم فرایند الکترون گذاری (الکترون دهی) را از طریق تلمبه زنی الکترون ها و برگرداندنشان از گیرنده ها به دهنده ها، و سپس گذر دادن آن ها (فرایند دهنده گی) تمام این روند را دوباره تکرار کنیم. متأسفانه، هر موقع باتری پر (شارژ) می شود، آسیبی مکانیکی به اجزای درونی آن ها وارد می آید، و حتی باتری قابل شارژ هم برای همیشه و تا ابد دوام نمی آورد.

نپرسیدی، اما...

همین که باتری الکترون ها را به درون وسیله ای برقی می فرستد، الکترون ها به این وسیله یا دستگاه جاری می شوند و دوباره به باتری بر می گردند، این طور نیست؟

دقیقاً نه. در داخل باتری، در واقع الکترون ها شبیه جهیدن پشه ها از اتمی به اتم دیگر می روند. اما شیوه ی جریان یافتن الکتریسیته در یک سیم یا یک مدار الکتریکی پیچیده، این نیست. چنین نیست که الکترون ها از یک سر یک سیم وارد شوند، از اتمی به اتم دیگر بپرند، و از سر دیگر بیرون بیایند.

باید بگوییم که ولتاژ باتری عبارت است از هل دادن الکترون های داخل یک سیم از چپ به راست. آنچه که عملاً و واقعاً اتفاق می افتد از این قرار است که هر الکترون همسایه ی دست راستی خود را می راند، زیرا بار الکتریکی آن ها هر دو منفی است و بارهای همانم یکدیگر را می رانند (دفع می کنند). همین امر الکترون همسایه را بر می انگیزد که به همسایه ی سمت

راستی‌اش سُقلمه بزند، که این یکی هم سُقلمه‌ای نثار همسایه‌ی سمت راستی خودش می‌کند، و به این ترتیب الی آخر.

همان هنگام که موج سُقلمه‌زنی و ضربه وارد آوردن به سر دیگر سیم می‌رسد - که بسیار سریع‌تر از آن اتفاق می‌افتد که یک الکترون بتواند با دویدن در زمین ناهموار جنگل اتم‌ها به آنجا (سر دیگر) برسد - و نتیجه دقیقاً مانند این است که گویی الکترون‌های انتهای سیم همان الکترون‌های اولیه‌ی ابتدای سیم‌اند. به هر حال، چه کسی می‌تواند بگوید کدام الکترون کدام یکی است؟

لکه‌ی لعنتی، گم شو!

ماده‌ی لکه‌بر لباسشویی چگونه سفید را از رنگ‌ها تمیز می‌دهد؟ ظاهراً، رنگ و لکه‌ای را پاک می‌کند که آدم‌ها آن را دوست ندارند، مستقل از این‌که ترکیب شیمیایی این لکه چه باشد، آن را سفید (پاک) می‌کند. لکه‌بر چگونه می‌فهمد که ما از او می‌خواهیم چه کاری انجام دهد؟

ماده‌ی لکه‌بر درباره‌ی سفید و سفیدی چیزی نمی‌داند. هرچه می‌داند درباره‌ی رنگ است، زیرا رنگ، به بیان فیزیکی و شیمیایی، بنیانی‌تر از چیزی است که ما فقط می‌خواهیم شسته و پاک شود. ماده‌ی لکه‌بر به ترکیب‌های شیمیایی رنگی حمله می‌کند که قسمت عمده‌ی مواد رنگ‌برکاری همگانی و عام را انجام می‌دهند، و از خود فقدان رنگ بر جای می‌نهند که ما دوست داریم آن را «سفید» تصور کنیم.

پیش از آن که از این بابت به من ایراد بگیرید که سفید یا سفیدی را فقدان رنگ می‌نامم، در حالی که در مدرسه آموخته‌اید که سفیدی عبارت است از حضور و وجود تمامی رنگ‌ها، اجازه بدهید در این خصوص توضیح بدهم. نور خورشید در واقع حاوی تمامی رنگ‌های رنگین کمان است - تمامی

رنگ‌هایی که آدمی می‌تواند ببیند. وقتی تمام این رنگ‌های نور ترکیب می‌شوند، که در نور روز این اتفاق می‌افتد، نشان خاص دید ما این نور را که اصلاً رنگ خاصی نیست، درک و دریافت می‌کند. ما آن را نور سفید می‌نامیم. اما این خود نور است. وقتی به یک شیء نگاه می‌کنیم که نور بر آن تابیده چه چیزی را می‌بینیم؟ اگر این شیء هم، به همان ترتیب، تمام رنگ‌هایی را که در قالب آفتاب بر آن فرود آمد به تمامی به چشمان ما بازتاباند، در این صورت نور بازتابیده هنوز هم در نزد ما ظاهراً رنگی ندارد - هنوز هم سفید است. می‌گوییم که خود این شیء سفید است زیرا دوباره‌ی آن فقط از روی نوری که به چشمان ما می‌فرستد قضاوت می‌کنیم.

اما، اگر این شیء، مثلاً برای رنگ آبی، میل و اشتیهای خاصی داشته باشد، و برخی اجزای آبی نور آفتاب را جذب کند یا نزد خود نگه دارد، پیش از آن که بقیه‌ی رنگ‌ها را به سوی ما برگرداند، در این صورت نوری که خواهیم دید نور آبی را کم دارد و فاقد آن است. چشمان ما کمبود نور آبی را به صورت زرد دریافت می‌کند و بنابراین، خود شیء را زرد می‌نامیم.

اگر این «شیء» مورد نظر اتفاقاً یک لکه‌ی کثافت روی تی شرت غیر سفید (بی‌رنگ) ما باشد، در این صورت لکه برای ما زرد به نظر می‌آید، و ما به ماده‌ی رنگ‌بر قابل اعتماد قدیمی خود برای تمیز کردن لباس ما روی خواهیم آورد. وقتی که اتفاقاً رنگ خاص دیگری از نور را جذب می‌کند، و به این وسیله به صورت رنگ غیر سفید دیگری برایمان جلوه می‌کند، همین کار را انجام می‌دهیم.

پس، لکه‌بر عملاً روی چه چیزی عمل می‌کند تا رنگی را پاک کند؟ روی مولکول‌هایی عمل می‌کند که برای جذب رنگ یا رنگ‌های خاصی از نور، هر رنگ خاصی که باشد، ترجیح قائل می‌شوند. پس پرسش تبدیل می‌شود به این‌که لکه‌بر چگونه فقط به مولکول‌های جاذب نور حمله می‌کند؟

وقتی ماده‌ای انرژی نوری جذب می‌کند، این الکترون‌های مولکول‌ها ایند که عمل جذب را انجام می‌دهند. الکترون‌ها، از طریق جذب انرژی خود را به تراز بالاتر انرژی در داخل مولکول‌هایشان ارتقا می‌دهند. مولکول‌های

بسیاری از مواد به این علت رنگی‌اند که حاوی الکترون‌هایی هستند که در ابتدا در موضع انرژی خاصی قرار دارند، و بنابراین جذب کننده‌های مشتاق و پرشور انرژی نوری‌اند. کاری که مولکول‌های لکه‌بر انجام می‌دهند عبارت‌اند از بلعیدن این الکترون‌های کم انرژی به گونه‌ای که دیگر برای جذب نور در دسترس نباشند؛ به این ترتیب، این مولکول‌ها توانایی رنگ‌کنندگی خود را از دست می‌دهند. (به بیان تخصصی: الکترون‌های بلعنده را اکسنده^۱ می‌گویند؛ لکه‌بر هم ماده‌ی رنگین را اکسیده می‌کند.)

بلعنده‌ی الکترونی که معمولاً در لباسشویی به کار می‌رود سدیم هیپوکلریت است. لکه‌برهای مایع چیزی نیستند مگر محلولی ۵/۲۵ درصدی این ماده‌ی شیمیایی در آب. لکه‌برهای پودری معمولاً سدیم پربورات هستند که بلعنده‌ی الکترون ملایمی است که بر اثر رنگدانه‌ها و رنگینه‌ها تأثیر نمی‌گذارد. (البته، رنگدانه‌ها و رنگینه‌ها چیزی نیستند مگر لکه‌های جذب کننده‌ی قوی و حساب شده‌ی نور.)

بلعنده‌ی الکترون رایج دیگر، هیدروژن پروکسید است که برای زدودن ملاتین (مشکینه)، یعنی ماده‌ی رنگی تیره در مو و پوست آدمی به کار می‌رود. این ماده برای تولید مواد بورکننده‌ی مو کاربرد فراوان دارد.

1. oxidizing agent = oxidant

در آشپزخانه

در زندگی روزمره در هیچ جایی مثل آشپزخانه اتفاق‌های مرموز شگفت‌آوری نمی‌افتد. در همین مکان است که مجموعه‌ی متنوع و عجیبی از مواد جانوری، گیاهی و معدنی را در هم می‌آمیزیم، گرما می‌دهیم، سرد می‌کنیم، منجمد می‌کنیم، یخ‌شان را باز می‌کنیم و گاهی هم می‌سوزانیم، و از ابزار و تجهیزات بهره می‌گیریم که ممکن است قرع و انبیب و یا پاتیل کیمیاگران سختکوشی بوده باشند.

تصادفی نیست که شکسپیر بنیادی‌ترین فریبکاری‌های جادوگرانه‌ی ساحره‌هایش در مکبث را «آتش سوزان و غلغل کردن پاتیل» برگزیده است. در زیر سطح این کارکردهای آشنا و شناخته شده، برخی تبدیل‌های خارق‌العاده اتفاق می‌افتند - تبدیل‌هایی از نوعی که کیمیاگران فقط می‌توانستند درباره‌ی آن‌ها به خیال‌پردازی دست بزنند، اما تبدیل‌هایی که اکنون به ساده‌ترین کلماتی می‌توانیم آن‌ها را توضیح دهیم - اکنون که در خصوص وجود مولکول‌ها اطلاعات کافی در اختیار داریم.

حالا فکر می‌کنید که درباره‌ی هرچه که در خلال جوشیدن آب در یک کتری - یا همان پاتیل قدیم - جریان دارد، چیزی می‌دانید و اطلاعات کافی دارید؟ در این موارد بار دیگر تأمل کنید. ما بحث این فصل خود را با نگاه دقیق‌تری به درون آن کتری آغاز می‌کنیم تا ببینیم که چه چیزی باعث می‌شود که صدای تیک از آن درآید... یعنی بجوشد یا غلغل کند.

نقطه‌ی جوش چیست؟

وقتی کتری آب را روی اجاق می‌گذارم، گرما را آنقدر که ممکن است زیاد می‌کنم زیرا همیشه عجله دارم. اما وقتی آب شروع به جوشیدن می‌کند، ناگزیرم شعله‌ی اجاق را تا آنجا کم کنم که از شتک زدن آب به بیرون (سر رفتن آب) جلوگیری کنم. هرچند که باز هم می‌خواهم آب را حتی‌الامکان داغ نگه دارم، تا این که چیزی را که می‌خواهم به سرعت برایم بپزد. آیا راهی وجود دارد که از آن طریق آب داغ‌تر شود بدون آن که از آن پس ناگزیر شویم همه چیز را از بین ببریم (یعنی آب بر اثر جوشیدن تمام شود)؟

متأسفم، اما همین که آب شروع به جوشیدن می‌کند، تا حد ممکن داغ شده است هر چند هم که از شعله‌افکن و سیستم گرمایشی شدید استفاده کنید. مستقل از این که با چه شدتی آب را به جوشیدن درآورید، از نقطه‌ی جوش آب، کمی کم‌تر یا بیشتر از ۱۰۰ درجه‌ی سلسیوس (۲۱۲ درجه‌ی فارنهایت)، بالاتر نخواهد رفت. (در فصل‌های آتی درباره‌ی این «کمی بیشتر یا کم‌تر» بحث خواهیم کرد.)

حال به اتفاق‌هایی که در درون آب می‌افتد که بر اثر گرم شدن به جوش می‌آید، نگاهی دقیق بیندازیم. ابتدا که آب را گرم می‌کنید، دمایش بالا می‌رود. یعنی، مولکول‌های آب انرژی گرمایی را دریافت می‌کنند و از طریق هرچه سریع‌تر کردن حرکت‌شان آن را بروز می‌دهند. سرانجام، برخی مولکول‌ها آنقدر انرژی خواهند داشت که عملاً بتوانند از دوستان و همراهانشان جدا شوند، که با ربایشی نسبتاً قوی به آن‌ها چسبیده بوده‌اند. مولکول‌های انرژی گرفته حتی ممکن است مولکول‌های مجاور را هم به کنار بزنند تا در سیال و مایع برای خود جایی دست و پا کنند - حباب‌ها، در این موقع بالا می‌آیند و به صورت نمایانگرهای بخار آب در سطح مایع می‌ترکند؛ بخار را می‌توان یک گاز تلقی کرد. نمی‌توانیم این آب‌گازی شکل را ببینیم تا وقتی که از سطح مایع

خارج و کمی سرد شود و به صورت ابری از قطره‌های ریز مایع، که آن را بخار آب می‌نامیم، درآید.

کل این فرایند پیچیده را «جوشیدن» می‌گویند. جان کلام این است که آب گرمایی را که شما فراهم می‌آورید جذب و آن را برای تبدیل از مایع به گاز (بخار) مصرف می‌کند.

آب برای این‌که از صورت مایع به صورت گازی (بخار) تبدیل شود انرژی گرمایی مصرف می‌کند، زیرا برای دور کردن مولکول‌ها از یکدیگر انرژی می‌گیرد. اگر مولکول‌ها به هم نجسبیده باشند، آب به صورت مایع نمی‌ماند؛ همواره به صورت گاز خواهد بود: مولکول‌های رها، به صورتی مستقل در فضا به پرواز در می‌آیند. درجه‌ی چسبندگی مولکول به مولکول در هر مایع مقدار معینی است و بنابراین هر مایع از انرژی جدا شدن مخصوص به خود برخوردار است، و از این رو دمای نقطه‌ی جوش هر دما هم مقدار معینی است. برای این‌که مولکول‌های آب از هم جدا شوند دما باید ۱۰۰ درجه‌ی سلسیوس (۲۱۲ درجه‌ی فارنهایت) باشد.

حال به گرما برگردیم. هرچه انرژی گرمایی بیشتری را در هر ثانیه از آتش دریافت کنیم، در هر ثانیه مولکول‌های آب بیشتری انرژی کافی کسب می‌کنند تا از هم جدا شوند و به صورت گاز از سطح مایع جدا شوند و به هوا بروند. آب با شدت و حدت بیشتری می‌جوشد و سریع‌تر غُلُغُل می‌کند.

اما تمامی این گرمای اضافی دمای آب را بالاتر نمی‌برد، زیرا هر انرژی اضافی که هر مولکول دریافت می‌کند، فراتر از آنچه که برای جدا شدن از مولکول مجاور به آن نیاز دارد، صرفاً صرف این می‌شود که همراه با مولکول در فضا به پرواز درآید. به محض آن‌که هر مولکول بیشتر از مقدار لازم انرژی دریافت کند با سرعتی بیشتر از سرعت معمول از سطح مایع (آب) جدا می‌شود. انرژی اضافی، و دمای بالاتری که با آن همراه می‌شود، با بخار همراه می‌شود نه این‌که در مایعی که در قوری می‌ماند ذخیره شود. دمای آن همان مقدار که بود (در حالت جوشیدن) باقی می‌ماند - که همان «نقطه‌ی جوش» آب است - تا این‌که آب به کلی تبخیر و تمام شود.

نکته‌ی آموزنده: نمی‌توانید با زیاد کردن شعله‌ی اجاق اسپاگتی را سریع‌تر بپزید. در مصرف انرژی صرفه‌جویی کنید.

انجام دهید

می‌توانید این موضوع را با نگهداشتن یک دماسنج مخصوص گوشت (با انبرک) در بخار درست روی در قوری آب در حال جوشیدن و در داخل خود آب، در هر دو حالت جوشیدن آرام و شدید، واریسی کنید. در هر دو مورد دمای آب یکسان می‌ماند، اما بخار آب در هنگامی که جوشیدن شدیدتر باشد، کمی داغ‌تر است.

نکته

مستقل از این‌که آتش زیر کتری آب جوش چقدر شدید و داغ باشد، آب داغ‌تر نخواهد شد.

بستن «گریزگاه»

پی برده‌ام که آب در یک ظرف در بسته زودتر از ظرف باز جوش می‌آید. فرض می‌کنم در کتری گذاشته می‌شود که مقداری گرما را نگه دارد که در غیر این صورت هدر می‌رود، اما چه نوع گرمایی؟ تا وقتی آب عملاً نجوشد، بخار داغی وجود نخواهد داشت که هدر رود، این‌طور نیست؟

برای بخاری که از روی آب جوش بر می‌خیزد، خیر؛ اما برای بخار آب موجود در هوا، بله. مدت‌ها پیش از این‌که بخاری را ببینید، که از قطره‌های ریز آب مایع تشکیل می‌شود، مقدار زیادی بخار داغ و نامرئی تشکیل می‌شود – مولکول‌های آب جدا از دیگری که به صورت گاز در هر جای فضا در حرکت‌اند. (بخار و گاز یک چیزند؛ اگر بدانیم که این گاز اندک زمانی پیش به صورت مایع بوده، دوست داریم آن را بخار بنامیم.) همیشه بر فراز آب مقداری بخار آب در هوا موجود است، هر جایی که

می‌خواهد باشد. (حتماً درباره‌ی رطوبت خیلی شنیده‌اید.) به همین علت است که همیشه تعدادی مولکول‌های آب در سطح یافت می‌شوند که اتفاقاً باید به شدت کافی حرکت کنند تا از همراهان و همسایگانشان جدا شوند و به پرواز درآیند. هرچه دمای آب بیشتر باشد، بخار آب بیشتری تولید می‌شود، زیرا تعداد هرچه بیشتری از مولکول‌ها به شدت بیشتری به حرکت در می‌آیند - یعنی، به اندازه‌ی کافی داغ می‌شوند - تا بگریزند. از این رو همچنان که اجاق آب را گرم می‌کند، تعداد مولکول‌های بخار آب داغ در هوای بالای آب افزایش می‌یابد.

چون مولکول‌های بخار به تدریج با بالا رفتن دمای آب به مولکول‌های هرچه پر انرژی‌تری بدل می‌شوند، جلوگیری از هدر رفتن و گریختن آن‌ها اهمیت بیشتری می‌یابد. در کتری به اصطلاح گریزراه را می‌بندد و قسمت اعظم مولکول‌های بخار را از گریختن باز می‌دارد و آن‌ها را، بدون این‌که در انرژی گرمایی‌شان تغییری پدید آید، به داخل کتری بر می‌گرداند. به این ترتیب، آب سریع‌تر به نقطه‌ی جوش خواهد رسید. البته، به شرطی که پی در پی در کتری را برندارید!

تعداد بسیار زیادی یون در داخل آتش

در خیلی جاها خوانده‌ام که وقتی به آب جوشان نمک می‌افزایم، آب داغ‌تر می‌شود. از نظر من ناممکن می‌نماید، اما اگر واقعاً این اتفاق بیفتد، این گرمای اضافی از کجا می‌آید؟

عجیب، اما واقعی است. به محض آن که نمک در آب حل می‌شود، آب جوش در واقع در دمای بالاتری شروع به جوشیدن می‌کند. به ازای هر ۲۹ گرم نمک که به هر لیتر آب اضافه شود (یا به ازای هر اونس

نمک در یک کوارت^۱ آب)، دمای جوش حدود ۰/۵ درجه‌ی سلسیوس (یا حدود ۰/۹ درجه‌ی فارنهایت) بالا می‌رود. چندان افزایش محسوسی نیست، اما در هر حال خودش افزایشی است. از آنجا که اثر بالا رفتن دما خیلی ناچیز است، اضافه کردن نمک به آب اسپاگتی (و هر غذای دیگری) در سرعت بخشیدن به پختن آن چندان تأثیری ندارد. نمک را عمدتاً به خاطر طعم به غذایان اضافه می‌کنید، اما بعضی‌ها هم ادعا می‌کنند که بافت پاستا (ماکارونی) را محکم‌تر می‌کند.

انجام دهید

با دماسنج مخصوص غذا، دمای جوش آب در یک قابلمه را اندازه بگیرید. اکنون حدود یک فنجان نمک به این آب اضافه کنید و آن را به هم بزنید تا حل شود. پس از آن که نمک حل شد و آب دوباره به حال جوشیدن درآمد، دمای جوش را اندازه بگیرید که حدود پنج درجه بالاتر از دمای جوشی است که قبلاً اندازه گرفتید.

آشکار است که این «گرمای اضافی» که باعث می‌شود دما بالاتر رود از نمکی که دمایش همان دمای فضای آشپزخانه است و در آب می‌ریزید، حاصل نمی‌شود. اما شعله‌ی اجاق مقادیر زیادتری گرما تولید می‌کند که آب در واقع برای جوش آمدن به آن نیاز دارد. (می‌توانید این موضوع را در همه جا دریابید، این‌طور نیست؟) به این ترتیب گرمای فراوانی در دسترس آب است تا آن را برای افزودن دمای جوش خود به مصرف برساند. پرسش واقعی از این قرار است که، چرا آب این‌طور رفتار می‌کند؟

هر مایع وقتی به جوش می‌آید که مولکول‌هایش به اندازه‌ی کافی انرژی دریافت کنند تا از یکدیگر جدا شوند و در هوا به پرواز درآیند. وقتی نمک طعام (سدیم کلرید) در آب حل می‌شود، به ذرات باردار سدیم و کلر تجزیه می‌شود (به اصطلاح تخصصی، به یون‌های سدیم و کلر تجزیه می‌شود). این ذرات باردار دو کار انجام می‌دهند:

۱. quart، واحد بریتانیایی اندازه‌گیری مایعات، معادل ۱/۱۴ لیتر.

اولاً، مولکول‌های آب را روی هم انباشته می‌کنند، و مانع بروز توانایی آن‌ها برای جذب شدن (نوشیده شدن) یا به پرواز درآمدن می‌شوند. چنان است که گویی مولکول‌های آب آدم‌هایی‌اند که سعی می‌کنند از طریق هل دادن و باز کردن راه با آرنج‌ها از در اتوبوس خارج شوند در حالی که تعداد زیادی هم می‌خواهند همزمان از همان در به اتوبوس داخل شوند. این آدم‌ها به قدرت هل دادن بیشتری نیاز دارند، یعنی مقدار انرژی اضافی تا برای گریختن به آن‌ها کمک کند. بنابراین به دمای بالاتری برای اجرای فرایند جوشیدن نیاز خواهند داشت.

کار دومی که ذرات سدیم و کلر باردار انجام می‌دهند از این قرار است که به صورت خوشه‌های مولکول‌های آب گرد هم می‌آیند، که هر جا می‌روند لباس‌های خیس کوچک و کلفتی می‌پوشند. ذرات باردار می‌توانند مولکول‌های آب را جذب کنند زیرا مولکول‌های آب خودشان باردارند: در یک سر اندکی مثبت و در سر دیگر اندکی منفی. (به اصطلاح تخصصی: مولکول‌های آب قطبی‌اند.) سرهای مثبت آن‌ها را ذرات کلر منفی و سرهای منفی‌شان را ذرات سدیم مثبت جذب می‌کنند.

در نتیجه‌ی تمامی این خوشه‌ای شدن، ذرات سدیم و کلر اساساً بر اثر گردش تعداد زیادی مولکول از هم دور می‌شوند. برای این‌که این مولکول‌های خوشه‌ای آب به تلاطم و حرکت شدید درآیند (به جوش آیند)، وادار شده‌اند از یون‌های سدیم و کلر جدا شوند - لباس خیس را از تن درآورند - و این عمل از جدا شدن از مولکول‌های آب همجوارشان دشوارتر است (اگر نمک در محیط موجود نباشد). به این ترتیب، دمای جوشیدن بالاتری ضرورت پیدا می‌کند.

اما، نمک هیچ چیز منحصر بفردی ندارد. هر چیز محلول در آب - قند، شربت انگور قرمز، شس‌های غذا، و مانند آن‌ها - اگر تأثیر خوشه‌سازی مشابهی را نداشته باشند، اثر ممانعتی مشابهی را ایجاد می‌کنند. بنابراین نگوئید که سوپ مرغ‌تان در ۱۰۰ درجه‌ی سلسیوس (۲۱۲ درجه‌ی فارنهایت) دارد می‌جوشد زیرا این عدد را از مدرسه برای دمای جوش آب

خالص به یاد سپرده‌اید. به علت حل شدن مواد محلول در سوپ، دمای جوش آن از صد درجه‌ی سلسیوس بسی بالاتر است. در هر حال، آب خالص فقط در صورتی در ۱۰۰ درجه‌ی سلسیوس (۲۱۲ درجه‌ی فارنهایت) می‌جوشد که هوا آرام و مساعد باشد. و اگر اتفاقاً مقادیری شکر در آب ریخته باشند، اتفاق‌های حتی عجیب‌تری خواهد افتاد.

پختن از طریق جوشیدن ملایم

چرا در دستورالعمل‌ها توصیه می‌شود که سبزیجات و گوشت را به آرامی بپزیم، و آن‌ها را نجوشانیم؟ به هر حال چه فرقی می‌کند؟ آیا آرام‌پز به آهستگی می‌جوشد؟

نه دقیقاً. تفاوت بین آرام پختن و جوشیدن بنیادی‌تر از شدت غلغل کردن است. هدف از آرام پختن عبارت است از برقراری دمایی اندکی پایین‌تر از جوشیدن واقعی، زیرا حتی تفاوت چند درجه‌ای در دمای پختن می‌تواند اختلاف زیادی در پختن مواد غذایی ایجاد کند. در پختن مرطوب - پختن با حضور مقادیر زیادی آب، برعکس سرخ کردن - فقط گستره‌ی باریکی از دماهای ممکن برقرار می‌شوند، از این رو رسیدن به دمای مناسب می‌تواند دشوار باشد.

رویهمرفته، عمل پخت و پز عبارت است از یک رشته واکنش‌های شیمیایی پیچیده، و دما به دو طریق بر تمامی واکنش‌های شیمیایی تأثیر می‌گذارد: دما تعیین می‌کند که کدام واکنش‌های مشخص باید رخ دهند، و دما سرعت این واکنش‌ها را هم تعیین می‌کند. همه تأثیر دما بر سرعت پختن را می‌دانند: هرچه دما بالاتر باشد، سرعت پختن بیشتر خواهد شد. اما این هم درست است که وقتی غذایی حتی در دمایی اندکی متفاوت پخته می‌شود برایش اتفاقات مختلفی می‌افتد، زیرا واکنش‌های شیمیایی مختلفی ممکن

است برای آن پیش آیند.

موضوع دما در مورد گوشت‌های آب‌پز از اهمیت ویژه برخوردار است. گوشت‌ها در دماهای مختلف دستخوش واکنش‌های نرم‌کنندگی، سفت‌کنندگی، و خشک‌کنندگی (حتی وقتی در سس‌ها غوطه‌ور باشند) قرار می‌گیرند. مثلاً، دمای جوشیدن کامل فرایند سفت شدن را آسان می‌کند، اما دمای اندکی پایین‌تر در خلال جوشیدن آرام گوشت را نرم‌تر می‌کند. تجربیات درازمدت به ما آموخته است که کدام روش‌ها در مورد کدام غذاها بهترین کارایی را دارند، و از این رو از خرد به دور است که در روش‌های توصیه شده برای پخت و پز دستکاری کنیم.

جوشیدن تمام و کمال - تعداد زیادی حباب، مانند پختن ماکارونی - شاخص و نشانگر خطاناپذیری از یک دمای مخصوص است: نقطه‌ی جوش آب. این دما حد بالای مشخصی را برای دمایی تعیین می‌کند که می‌توانیم در آن دما غذا را با آب بپزیم، زیرا آب هرگز نمی‌تواند به دمایی بالاتر از دمای جوش خود برسد، مستقل از این‌که آن را با چه شدتی بجوشانیم. تمامی آن حباب‌هایی که در سطح آب می‌ترکند آشکارا به ما می‌گویند که غذای مورد نظرم، بسته به شرایط گوناگون، در دمایی حدود ۱۰۰ درجه‌ی سلسیوس (حدود ۲۱۲ درجه‌ی فارنهایت) دارد می‌پزد.

اما در دماهای پایین‌تر واکنش‌های مطلوب بسیاری در عمل پختن روی می‌دهند. این دما چقدر پایین باشد؟ پاسخ به این پرسش بستگی به غذا دارد. تنها حد پایین‌تر مهم برای پختن عبارت است از دمایی که برای کشتن اکثر میکروب‌ها لازم است: حدود ۸۲ درجه‌ی سلسیوس (۱۸۰ درجه‌ی فارنهایت). حال پرسش این است که در هنگام نیاز چگونه به‌طور قابل اعتمادی به این دمای پایین‌تر برسیم؟ نشانه‌ی آشکاری چون تشکیل حباب وجود ندارد که دنبالش بگردیم، و نمی‌توان انتظار داشت که دماسنج را همواره در داخل دیگ یا قابلمه نگه داریم.

وقتی مؤلفان کتاب‌های آشپزی می‌گویند که چیزی باید در دمای معینی پایین‌تر از دمای جوش واقعی پخته شود، از کلمات و اصطلاحاتی مثل

جوشیدن ملایم، جوشیدن آهسته، آب‌پز کردن و مانند این‌ها استفاده می‌کنند. آنگاه دستان‌شان را به اطراف تکان می‌دهند، و تلاش می‌کنند توضیح دهند منظورشان از این کلمات چیست. آنان به نحو رقت‌باری در این راه ناکام می‌شوند. در کتاب‌های حرفه‌ای مربوط به روش‌های آشپزی جستجو کنید، و در آنجا این واژه به معنای هر چیزی است که دمای آن از حدود ۶۸ درجه‌ی سلسیوس (۱۳۵ درجه‌ی فارنهایت) به بالا باشد (عجب! باکتری‌های سالمونلای خطرناک تا دما به ۱۴۰ یا ۱۵۰ درجه‌ی فارنهایت نرسد، کشته نمی‌شوند)، و کلاً تا به ۲۱۰ درجه‌ی فارنهایت برسد؛ این دماها به‌طور کلی از ۵۷ تا ۹۹ درجه‌ی سلسیوس‌اند.

اما تلاش برای مشخص کردن یک «دمای آرام جوش» استاندارد به هر حال کاری احمقانه است، زیرا دمای داخل یک دیگ روی اجاق از نقطه‌ای به نقطه‌ی دیگر و از لحظه‌ای به لحظه‌ی دیگر فرق می‌کند. عوامل مؤثر بر دمای غذا عبارت‌اند از اندازه، شکل، و ضخامت دیگ یا قابلمه؛ از چه چیزی ساخته شده؛ آیا در بسته است یا خیر، و در این صورت، به چه محکمی بسته شده؛ یکنواختی منبع گرما؛ تماس بین دیگ یا قابلمه با شعله؛ مقادیر غذا و مایع داخل قابلمه؛ و مشخصه‌ی خود غذا.

فقط یک راه برای رسیدن به دمای مناسب برای جوشیدن آرام وجود دارد: به فراموشی سپردن دما و تمرکز بر کاری که پختن انجام می‌دهد. تنظیم کردن دقیق جای قابلمه، در آن، و شعله‌ای که زیر آن روشن است (یا اگر اجاق برقی باشد، تنظیم درجه‌ی مناسب آن) به گونه‌ای که حباب‌ها فقط گاه‌گاهی به سطح برسند. این به آن معناست که دمای میانگین در قابلمه تا اندازه‌ای زیر جوشیدن است، که درست همان دمایی است که توقع دارید. نقاط داغ پراکنده در اینجا و آنجا حباب‌هایی اتفاقی را به سطح می‌فرستند، تا این امکان برای شما فراهم آید که قابلمه سرد نیست. به یاد داشته باشید که جوشیدن واقعی هنگامی است که تقریباً تمامی حباب‌ها به سطح برسند. اگر دما تا حدودی پایین‌تر از نقطه‌ی جوش متعارف باشد، حباب‌ها ممکن است در ته ظرف تشکیل شوند، اما پیش از آن که به تمامی بالا روند و به سطح برسند

مسجددأ جذب می شوند. این همان اتفاقی است که در خلال یک آرام جوشیدن درست اتفاق می افتد.

آب پز کردن واژه‌ی دیگری برای آرام جوشیدن است که معمولاً در مورد ماهی و تخم مرغ به کار می رود. پختن تخم مرغ با آب و بدون پوست در دمای جوش و سپس منبع گرما را قطع کردن، یکی دیگر از انواع پختن از طریق جوشیدن آرام است. دما با سرد شدن آب به تدریج کاهش می یابد، به گونه‌ای که میانگین دما به حد اعتدال برسد.

آب نبات عالی است، اما گرم کن شیرین تر است

چگونه است که هر چه شهد شکر بیشتر روی اجاق باشد، داغ و داغ تر می شود، اما آب خالص چنین نیست؟

آیا تاکنون آب نبات یا نبات درست کرده اید؟

دستورالعمل های آب نبات پزی می گویند که شهد را حرارت دهید تا به دماهای گوناگونی برسد و آن را با دماسنج خاص اندازه بگیرید: مرحله‌ی نرم (مثل گوی سافت بال در باشگاه های بیلیارد) ۱۱۴ درجه‌ی سلسیوس (۲۳۷ درجه‌ی فارنهایت)، به صورت بلوری سخت در ۱۵۲ درجه‌ی سلسیوس (۳۰۵ درجه‌ی فارنهایت)، و الی آخر. (در کتاب های آشپزی مختلف این دماها برای مراحل مختلف کمی با هم فرق دارند.) هرچه شهد را طولانی تر بجوشانید، غلیظ تر می شود و دمایش بالاتر می رود. اما می توانید آب خالص را هرچه می خواهید بجوشانید، و دمایش هرگز بالا نمی رود.

آشکار است که در آن شهد شکر آب در حال غلغل زدن اتفاقی می افتد که با آنچه در آب جوش معمولی پیش می آید، متفاوت است.

هرگاه چیزی - تقریباً همه چیز - در آب حل می شود، دمای جوش را بالا می برد. و شکر هم از این قاعده مستثنی نیست. به این ترتیب محلول آب و

شکر در دمای بالاتر از آب معمولی خواهد جوشید. هرچه محلول غلیظ‌تر باشد یا، به بیان دیگر، هرچه ماده‌ی حل شده‌ی موجود در آب بیشتر باشد، دمای جوش آن بالاتر خواهد رفت.

مثلاً، محلول دو فنجان شکر در یک فنجان آب (بله، ممکن است؛ صفحات بعد را ببینید) تا دما به ۱۰۳ درجه‌ی سلسیوس، به جای ۱۰۰ درجه‌ی سلسیوس (۲۱۷ درجه‌ی فارنهایت به جای ۲۱۲ درجه‌ی فارنهایت) نرسد، شروع به جوشیدن نمی‌کند. اما همچنان که به گرما دادن به آن ادامه دهید، بسیاری از مولکول‌های آب شروع به جوشیدن و رها شدن به صورت بخار می‌کنند، و محلول قند هرچه غلیظ‌تر می‌شود. و در این حالت نسبت شکر یا قند به آب هرچه بیشتر می‌شود. هرچه محلول غلیظ‌تر شود، دمای جوش آن بالاتر می‌رود. به این علت، دستورالعمل‌های آب نبات‌سازی می‌توانند از دما در حکم نشانگر میزان غلظت شهد بهره‌گیرند و بنابراین تعیین کنند که در هنگام سرد شدن چقدر به صورت نباتی و سخت در می‌آید. اگر شهد را به مدت کافی بجوشانید، تمام آب آن سرانجام خارج (تبخیر) می‌شود و برای شما چیزی جز قند مذاب در ظرف نمی‌ماند، که دمای آن در این حالت حدود ۱۸۵ درجه‌ی سلسیوس است. تقریباً در همین زمان، تبدیل آن به شکر سوخته (کارامل‌سازی) آغاز می‌شود؛ کارامل‌سازی^۱ کلمه‌ای مؤدبانه برای تخریب عملی مولکول‌های قند و تبدیل آن به گونه‌ی پیچیده‌ای از مواد شیمیایی دیگر است که علیرغم ترکیب‌های شیمیایی عموماً سهمناک‌شان، خواهان زیادی دارند. گذار رنگ زرد به قهوه‌ای در آن‌ها به تشکیل ذرات بیشتر و بزرگ‌تر کربن بستگی دارد، که فراورده‌ی تجزیه‌ی نهایی قند است. هرگاه قند یا شکر را اندکی طولانی‌تر حرارت دهند شیء سیاه و سوخته، اما باز هم شیرین، و کاملاً غیرقابل خوردن، باقی می‌ماند.

1. carameligion

تخم مرغ ها از بین می روند، اما نه به این آسانی ها

هرچه تخم مرغ را بیشتر بپزید، سفت تر می شود. هرچه سیب زمینی بیشتر پخته شود، نرم تر خواهد شد. چرا گرما چنین آثاری بر مواد غذایی دارد؟

پاسخ مختصر و کوتاه به این پرسش از این قرار است که گرما پروتئین ها را سفت و سخت تر و کربوهیدرات ها را نرم تر می کند. گوشت از این قاعده برکنار است، زیرا سفتی یا تردی یک تکه گوشت به شیوه ای بسیار پیچیده به ساختار عضله ی حیوان و جانوری که گوشت از آن جدا شده، به آن قسمتی از پیکر حیوان که این گوشت را تشکیل داده، و دقیقاً به چگونگی پخت آن، بستگی دارد. مثلاً، در خلال پخت، گوشت در ابتدا نرم تر و ژردتر و سپس سفت تر می شود. اما تخم مرغ و سیب زمینی مورد نظر را می توان به کمک آثار به کلی متفاوت گرما بر پروتئین و کربوهیدرات توضیح داد.

اولاً، نگاهی دقیق تر به تخم مرغ ببندازیم. ترکیب مواد سازنده ی تخم مرغ نسبتاً نامتعارف و نامعمول و درخور نقش منحصر بفرد آن در حیات است. اگر پوسته ی تخم ماکیان را بکنیم (بشکنیم) و آب قسمت درونه ی آن را خارج کنیم، بازمانده های سفت شده دقیقاً نیمی پروتئین و نیمی چربی اند، که عملاً هیچ کربوهیدراتی ندارند. زرده ی تخم مرغ حاوی ۷۰ درصد چربی است در حالی که سفیده ی آن ۸۵ درصد پروتئین دارد. می دانید که گرما بر استقامت و دوام چربی چندان تأثیری ندارد، از این رو توجه خود را بر پروتئین موجود در سفیده ی آن متمرکز می کنیم. و این را هم می دانید که بدون توجه به عملکرد مولکول ها نمی توانیم دقیقاً به این موضوع پی ببریم.

آلبومین ها در آلبومن – هیچ شوخی ای در کار نیست؛ سفیده ی تخم مرغ آلبومن نام دارد، اما این ها حاوی پروتئین هایی اند به نام آلبومین، با یک «ی» اضافی – از مولکول های دراز و رشته ای تشکیل شده اند که به صورت گوی هایی شبیه به گلوله های شُل کاموا در هم پیچیده و کلاف شده اند. وقتی گرما به این گوی ها برسد به طور جزئی از هم باز می شوند و اینجا و آنجا به هم

می چسبند و یک درهم برهمی و پیچیدگی غیرقابل کنترلی مانند قوطی درسته‌ای پر از کرم، پدید می آورند. (به بیان تخصصی: مولکول‌ها به هم پیوسته می شوند.)

در این حالت، وقتی مولکول‌های یک ماده از دسته‌ای گوی‌های شل به وضعیتی به هم بافته و درهم برهم تغییر می‌کند، ماده هم آشکارا به سوی روان و شل کردن سلاطیت خود پیش می‌رود. رنگ ماده به تیرگی هم می‌گراید، زیرا نور هم نمی‌تواند از آن عبور کند.

سفیده‌ی مایع تخم مرغ، وقتی تا دمای بالاتر از ۶۵ درجه‌ی سلسیوس حرارت داده شود، منعقد می‌شود و به صورت یک ماده‌ی ژلاتینی سفت، سفید و غیرشفاف در می‌آید. هرچه آن‌ها را مدت بیشتری و به میزان بیشتری گرم کنید، مولکول‌ها از یکدیگر باز و به صورت خال جوش اتصال‌شان برقرار می‌شود. به این ترتیب هرچه مدت پختن تخم مرغ طولانی‌تر باشد، سفیده‌ی آن سفت‌تر خواهد شد، از توده‌ی نیم بند (عسلی) تا جسم لاستیک مانند سفتی. خشک شدن که در دماهای بالاتر اتفاق می‌افتد نیز در روند سفت شدن نقش بازی می‌کند.

پروتئین موجود در زرده‌ی تخم مرغ نیز به همین طریق لخته و منعقد می‌شود، اما نه تا وقتی که به دمایی بالاتر برسد. نیز، چربی فراوان زرده به عنوان روانسازی بین گوی‌های پروتئین عمل می‌کند، به گونه‌ای که نمی‌تواند به یکدیگر جوش بخورند و زرده به سفتی سفیده نمی‌شود، حتی وقتی که تخم مرغ سفت شده باشد.

حالا درباره‌ی آن سیب زمینی و سایر مواد غذایی که حاوی مقدار زیادی کربوهیدرات‌اند، صحبت کنیم. غذاهای نشاسته‌دار و قندها به آسانی پخته می‌شوند. این مواد حتی در آب داغ هم حل می‌شوند تا فرایند پخت سرعت پیدا کند. وقتی سیب زمینی را می‌پزید، مقداری نشاسته در بخار حل می‌شود. اما یک کربوهیدرات بسیار سفت و بسیار حل‌ناپذیر در تمام میوه‌ها و سبزیجات ما موجود است: سلولز. پرده‌ی سلولزی (دیواره‌ی یاخته‌ای) گیاهان از الیاف سلولز ساخته شده‌اند که با سیمانی از جنس ژلاتین گیاهی

(پکتین) و سایر کربوهیدرات‌های محلول در آب یکدیگر را نگه می‌دارند. این ساختار همان چیزی است که سبزی‌هایی چون کلم، هویج، و کرفس – و نیز سیب زمینی – را چنان سفت و تر و تازه می‌کند. اما هرگاه این موجودات سخت و سفت گرما بخورند به چیزهایی پژمرده تبدیل می‌شوند. سیمان ژلاتین گیاهی (پکتین) در مایعاتی که گرما رها کرده حل می‌شوند، و ساختار سلولزی صلب و سخت به شدت ضعیف می‌شود. در نتیجه، سبزیجات پخته غالباً از سبزیجات خام نرم‌ترند.

ماهی: گوشت واقعاً سفید

چرا گوشت ماهی عموماً سفید است، در حالی که اغلب گوشت‌های دیگر قرمزند؟ ماهی هم خون دارد، این‌طور نیست؟ و چرا ماهی در مقایسه با سایر گوشت‌ها به سرعت پخته می‌شود؟

البته، این امر به آن علت نیست که ماهی تمام مدت حیاتش را در دریا می‌گذراند. گوشت ماهی ماهیتاً با گوشت اکثر موجودات خشکی و پرندگان، به دلایل زیادی، فرق می‌کند.

اولاً، گردش در آب دقیقاً شرایط ورزش بدن‌سازی را فراهم نمی‌آورد، دست‌کم وقتی که با چهار نعل رفتن در دشت یا جست و خیز کردن در هوا مقایسه شود. از این رو عضلات ماهی مانند سایر جانوران تکوین نیافته است. مثلاً، فیل باید کار بسیاری انجام دهد که علیه گرانش زمین حرکت کند و عضلات بسیار قدرتمند شده‌اش بسیار محکم‌اند، و همان‌طور که قطعاً می‌دانید، عضلات این جانور باید مدت‌ها بجوشد تا لطیف شود.

اما نکته‌ی مهم‌تر از این قرار است که بافت عضله‌ی ماهی نسبت به اکثر جانوران خشکی از نوعی به کلی متفاوت است. ماهیان، برای گریختن از چنگ دشمنان‌شان، برخلاف طاق‌های که اکثر جانوران دیگر برای

گریختن باید داشته باشند، به شروع انفجاری و سریع پرقدرت در ابتدای گریزشان نیاز دارند. به این ترتیب عضله‌های ماهیان عمدتاً از چیزی ساخته می‌شوند که الیاف با توان انقباضی سریع نامیده می‌شود. (عضلات عموماً از دسته‌های الیاف تشکیل می‌شوند.) این الیاف (متعلق به عضلات ماهی) نسبت به الیاف کُند انقباضی و بزرگ عضلات اکثر جانوران خشکی، کوتاه‌تر و نازک‌ترند، و بنابراین بر اثر جویدن آسان‌تر خُرد و پاره می‌شوند و یا از طریق فعالیت‌های شیمیایی چون گرمای پختن، آسان‌تر تجزیه می‌شوند. حتی گوشت خام ماهی چندان لطیف هست که می‌شود در این حالت آن را خورد. علت عمده‌ی دیگر لطیف‌تر بودن گوشت ماهی نسبت به گوشت سایر حیوانات، این است که ماهیان در محیطی اساساً بدون وزن فعالیت می‌کنند. بنابراین کم‌تر به بافت پیوندی - غضروف، زردپی، رباط، و مانند این‌ها که سایر موجودات برای پشتیبانی از اجزای گوناگون اندام‌شان و برای سفت و محکم بستن آن‌ها به استخوان‌بندی‌شان - نیاز دارند. از این رو ماهیان عملاً عضله‌ی خالص‌اند، بدون آن مواد سفتی که باید بر اثر پختن نرم شوند.

به این دلایل، گوشت ماهی چندان نرم و لطیف است که مشکل عمده‌ای که پیش می‌آید عبارت است از این‌که نگذاریم زیادی پخته شود. گوشت ماهی فقط باید آنقدر پخته شود که پروتئین موجود در آن لخته و رنگش تیره شود، خیلی شبیه به آنچه در مورد پروتئین سفیده‌ی تخم مرغ پیش می‌آید. اگر گوشت ماهی را مدت طولانی بپزید، هم سفت می‌شود و هم خشک.

و چرا گوشت ماهی سفید است؟ قطعاً ماهی خون زیادی ندارد، و مقدار خون کمی هم که دارد عمدتاً در آبشش‌هایش متمرکز است. اما زمانی که گوشت حیوانی را برای خوردن به عنوان غذا آماده کرده‌ایم، تقریباً تمامی خونس را از دست داده است. پاسخ به پرسش مطرح شده (در اینجا نیز) باید به نوع متفاوت فعالیت عضلاتی ماهی مربوط شود. از آنجا که بافت عضله‌ی تند انقباضی ماهیان فقط در قالب حرکات انفجاری کوتاه عمل می‌کند، برای فعالیت‌های پردوام و طولانی به ذخیره‌ی اکسیژن نیازی ندارد. عضلات کُند انقباضی سایر حیوانات باید اکسیژن را به مدت طولانی ذخیره کنند، و این

ذخیره سازی را به شکل میوگلوبین^۱، ترکیب قرمز رنگی که وقتی در معرض هوا یا گرما قرار گیرد قهوه ای می شود، انجام می دهد. همین میوگلوبین است که گوشت قرمز را قرمز می کند نه خون.

چگونه از دود کردن (سوختن) کره جلوگیری کنیم؟

وقتی کره را تصفیه می کنیم چه اتفاقی می افتد؟ و چرا اذیت می شویم؟

این کار را می کنید که از شر هر چیزی خلاص شوید مگر چربی اشباع شده (غذای خوشمزه).

بعضی افراد کره را یک قالب چربی تلقی می کنند که در پوسته ای گناه و تقصیرکاری احاطه شده است. اما گناه یا صواب، همه ی چربی در این دو معنا خلاصه نمی شود. کره یک امولسیون (شبیه دوغاب) جامد شده و سه جزئی است. آمیزه ای پایدار از اجزای چربی (مایع روغنی) و آبی، با مقداری جامدات که در آن آمیخته شده اند. وقتی کره را تصفیه می کنید، چربی را از آن جدا می کنید و هر چیز دیگری را دور می اندازید. هدف این است که بتوانید آن را تا دماهای زیاده تر از معمول سرخ کنید بدون این که بسوزد و دودی از آن برخیزد، زیرا ماده ی آبگون موجود در آن دما را پایین نگه می دارد و این اجسام و مواد جامدند که گرایش به سوختن و دود کردن دارند.

وقتی کره را در ماهیتابه داغ می کنید، کل آن در دمای حدود ۱۲۱ درجه ی سلسیوس شروع به دود کردن می کند، و پروتئین های جامد داخل آن شروع به سوختن می کنند و رنگ شان به قهوه ای می گراید. یکی از راه های به حداقل رساندن این رویدادها عبارت است از «حفاظت کردن» کره در ماهیتابه با کمی روغن پخت و پز که دمای دود کردن آن بالاست. باز هم کار بهتر این است که از کره ی تصفیه شده استفاده کنید. چربی (روغن) کره خودش تا دمای حدود

1. myoglobin

۱۷۷ درجه‌ی سلسیوس دود نمی‌کند، و هیچ جامدی هم در آن یافت نمی‌شود که بسوزد، تنها مشکل این است که انواع زیادی طعم و مزه‌ی کره در کازئین^۱ و سایر پروتئین‌های جامد وجود دارد که آن‌ها را دور می‌ریزید.

انجام دهید

برای تصفیه‌ی کره، تمام کاری که باید انجام دهید این است که آن را بسیار ملایم و آهسته روی شعله‌ی خیلی پایین آب (ذوب) کنید. (فراموش نکنید که کره به آسانی و با بالا رفتن دما می‌سوزد). روغن، آب و جامدات به صورت سه لایه از هم جدا می‌شوند: یک لایه‌ی چهارم کازئین هم روی همه می‌ایستد، روغن در وسط قرار می‌گیرد، و یک رسوب آبگون جامدات شیر (آب شیر)^۲ در ته ظرف می‌نشیند. فقط لایه‌ی چهارم را بردارید و لایه‌ی روغنی را داخل ظرف دیگری خالی کنید. اگر از دور ریختن لایه‌ی کازئین خوشمزه ناراحت می‌شوید، آن را نگه دارید و برای طعم دادن به سبزیجات از آن استفاده کنید.

دلیل دیگر برای تصفیه کردن کره از این قرار است که باکتری‌ها در کازئین و آب شیر پیوسته درکارند، اما در روغن خالص چنین نیست، از این رو کره‌ی تصفیه شده نسبت به کره‌ی کامل به مدت طولانی‌تری می‌ماند. در هند، روغن را، که کره‌ی کاملاً تصفیه شده است، خارج از یخچال و به مدت طولانی نگهداری می‌کنند. سرانجام، این روغن فاسد می‌شود زیرا هوا چربی‌های اشباع نشده‌ی آن را اکسیده می‌کنند. اما فاسدشدگی فقط یک طعم و مزه‌ی ترش است، و نه آلاینده‌ی باکتریایی. اهالی تبت مزه‌ی کره‌ی گاومیش فاسد شده را ترجیح می‌دهند.

۱. casein، پروتئین اصلی شیر.

2. whey

نپرسیدی، اما...

«کروی آب شده» ای که با خوراک خرچنگ و سایر خوراکی‌های دریایی در رستوران‌ها عرضه می‌شود، چیست؟

آشکارا همان کره‌ای است که آن را آب کرده باشند. ممکن است به روشی از طریق ذوب کردن و خارج کردن چربی، تصفیه شده باشد و یا این‌که این کار روی آن انجام نگرفته باشد. حتی ممکن است کره‌ی نباتی (مارگارین) باشد. گاهی ممکن است آن را غلیظ کرده یا به آن چاشنی زده (پرورده) باشند.

من حباب‌های داغ همیشگی‌ام

در انباری من دو ماده‌ی شیمیایی پودری سفیدرنگ یافت می‌شود: جوش شیرین (سدیم هیدروژن کربنات) و گرد خمیرمایه. می‌دانم که موارد مصرف آن‌ها فرق دارند، اما این مواد شیمیایی به راحتی چه هستند و چکار می‌کنند؟

پاسخ کوتاه به این پرسش از این قرار است که جوش شیرین یک ترکیب شیمیایی خالص و تک‌پایه است، در حالی که گرد خمیرمایه آمیزه‌ای از آن ماده با یک یا دو ماده‌ی دیگر است.

(اگر می‌خواهید بیشتر بدانید، جوش شیرین سدیم بی‌کربنات یا سدیم هیدروژن بی‌کربنات است، در حالی که گرد مایه خمیر عبارت است از سدیم بی‌کربنات به اضافه‌ی یک یا دو اسید: تارتاریک اسید یا پتاسیم هیدروژن تارتارات یا مونوکلسیم تتراهیدروژن فسفات و، اگر «دوگنشی» باشد، سدیم آلومینیم سولفات اسید دیگر آن است.)

آیا مقدار زیادی مواد شیمیایی در غذای ما وجود دارد؟ همین طور است،

اگر بتوانید به فرمول‌های شیمیایی تمام پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها، ویتامین‌ها، و کانی‌های موجود در مواد غذایی خود عمیقاً پی ببرید، به کلی خوردن همه چیز را متوقف می‌کنید. مواد شیمیایی مثل گاوچران‌ها هستند: کلاه سیاه‌ها و کلاه سفیدها، و شما صرفاً دوستان و دشمنان خود را از میان آن‌ها برمی‌گزینید.

تاکنون، حتی پابرجاترین هواداران غذاهای طبیعی چیزی را نیافته‌اند که موجب شود درباره‌ی ترکیبات شیمیایی موجود در بسته‌ی کوچک گرد خمیرمایه شکوه و شکایت کنند. در مواد شیمیایی که در بالا برشمردیم، می‌توانید سدیم، پتاسیم، کلسیم، فسفر، گوگرد، و آلومینیم را بازشناسید – تمام این عناصر نه تنها بی‌ضررند، بلکه همه‌ی آن‌ها (احتمالاً جز آلومینیم) برای ادامه‌ی حیات از مواد ضروری و اساسی بشمار می‌آیند. و تمام اتم‌های کربن، اتم‌های اکسیژن، و اتم‌های هیدروژن در این مواد شیمیایی وقتی در معرض گرمای شعله‌ی چراغ پخت و پز قرار می‌گیرند کمابیش به مواد بدون ضرر و زیان کربن دیوکسید و آب بدل می‌شوند.

عامل کلیدی تمام این‌ها اصطلاح کربنات در سدیم کربنات است. وقتی یک کربن با گرما یا اسید انگیزخته و تحریک شود به گاز کربن دیوکسید بدل خواهد شد. و علت این‌که در خمیرمایه از کربنات‌ها استفاده می‌کنیم همین است: این‌ها بر نان و شیرینی‌ها با گاز کربن دیوکسید تأثیر می‌گذارند.

جوش شیرین از طریق تولید میلیون‌ها حباب ریز کربن دیوکسید در داخل خمیر یا مایه‌ی خمیر نان و شیرینی‌ها را ور می‌آورند، که به این وسیله کف آن را بالا می‌آورند. همچنان‌که این کف تحت تأثیر گرمای اجاق یا فر شروع به سفت شدن می‌کند، حباب‌ها در داخل آن به دام می‌افتند. در نتیجه کیک، بیسکویت یا شیرینی و یا نانی تُرد و سبک پخته و آماده می‌شود که در غیر این صورت یک تکه خمیر سفت و خشک به دست می‌آمد.

جوش شیرین، یا سدیم بی‌کربنات خالص، از طریق واکنش با هر یک از اجزای تشکیل دهنده‌ی اسید که اتفاقاً در محیط حضور دارد، مانند سرکه، ماست، یا دوغ، گاز کربن دیوکسید تولید می‌کند. این ماده به خودی خود

هیچگونه کربن دیوکسیدی آزاد نمی‌کند مگر این‌که تا ۲۷۰ درجه‌ی سلسیوس گرم شود. از سوی دیگر، به محض آن‌که اجزای تشکیل دهنده با هم آمیخته شوند، واکنش با اسید شروع می‌شود؛ می‌توانید حباب‌ها را مشاهده کنید که حتی پیش از آن‌که آن را روی تابه‌ی شیرینی‌پزی بگذارید، در خمیر پن‌کیک کره‌ای تشکیل می‌شوند.

انجام دهید در یک لیوان کمی سرکه به مقداری جوش شیرین اضافه کنید و به کفی که با حباب‌های فراوان کربن دیوکسید بالا می‌آید، به دقت بنگرید. سرکه عبارت است از یک محلول استیک اسید در آب.

گرد مایه‌ی خمیر عبارت است از جوش شیرینی که یک اسید خشک با آن آمیخته شده باشد، از این رو در دستورالعمل آشپزی نباید اسیدهای دیگری به آن افزوده شود. به مجرد این‌که گرد مایه‌ی خمیر رطوبت گرفت، این دو ماده‌ی شیمیایی حل می‌شوند و با هم واکنش می‌دهند و کربن دیوکسید تولید می‌کنند.

ترکیبات شیمیایی گوناگون به عنوان اسید داخل گرد مایه‌ی خمیر به کار گرفته می‌شوند: مونوکلسیم تتراهیدرات فسفات (که معمولاً به آن کلسیم فسفات یا فسفات کلسیم می‌گویند)، تارتاریک اسید، و پتاسیم هیدروژن تارترات (پتاسیم بی‌تارترات یا کرم تارتر و یا دُرد شراب هم به آن می‌گویند) بیشتر از سایر مواد رایج‌اند. برای جلوگیری از این‌که این اجزای تشکیل دهنده‌ی گرد خمیر در ظرف خود پیش از موقع «وَر بیاید» و ترش شود آن را با افزودن مقداری آرد ذرت یا آرد برنج رقیق می‌کنند، که این اجزا را تا وقتی که در ظرف مخلوط‌کن در آب حل نکرده باشند، از هم جدا نگه می‌دارد. نیز، باید آن‌ها را به خوبی از رطوبت هوا، از طریق قرار دادن این گرد در ظرفی هوابندی شده، حفظ کرد و دور نگه داشت.



انجام دهید

مقداری گرد مایه خمیر به کمی آب اضافه کنید و به کف کردن آن با حباب‌های کربن دی‌اکسید با دقت بنگرید. اگر حباب به‌وجود نیاید و کف نکنند، مایه‌ی خمیر شما مرده (بریده) است زیرا نم برداشته و در همان مدتی که در بسته‌بندی‌اش بوده، واکنش خود را طی کرده است. آن را دور بریزید و یکی دیگر خریداری کنید.

در اکثر موارد، نمی‌خواهیم مایه‌ی خمیر مایه به محض آن که با خمیر مخلوط می‌شود، پیش از آن که به اندازه‌ی کافی سخت و سفت شده که حباب‌ها را در درون خود به دام اندازد، تمام حباب‌های گازش را خارج کند. از این رو خمیر مایه‌ی خود را «دوکنشی» درست می‌کنیم؛ به این معنا که فقط جزئی از گازش را در هنگام مخلوط شدن (با خمیر یا آرد) از دست بدهد، و بقیه را فقط وقتی رها کند که دما در فر یا اجاق به اندازه‌ی کافی بالا باشد. خمیر مایه‌های دوکنشی معمولاً (و این روزها، بیشترشان) حاوی آلومینیم سدیم سولفات هستند، که باید آن‌ها را اسیدی فرادما تلقی کرد. شیرینی‌پزی و نانوایی کار بسیار پیچیده‌ای است؛ بیشتر از یک

خمیر مایه زنی صرف مقدار بیشتری علم شیمی نیاز دارد. در گذر سالیان، مایه خمیرهای گوناگونی یافته شده‌اند تا در دستورالعمل‌های گوناگون، از پن‌کیک‌ها و بیسکویت‌ها گرفته تا میلیون‌ها نوع نان و کیک، بهترین فراورده‌ها را تولید کنند. زمان‌ها و دماهای دقیقی که حباب‌ها طی آن‌ها با بهترین پیامدی رها شوند، با دقت تمام با سعی و خطا آزموده شده‌اند. بنابراین، لطفاً هیچ چیزی را جایگزین این دستورالعمل‌ها نکنید.

ذوب کردن در آشپزخانه

چرا می‌توانم قند و شکر را ذوب کنم، اما نمک را نمی‌توانم؟

چه کسی می‌گوید نمی‌توانید نمک را ذوب کنید؟ اگر دما به اندازه‌ی کافی بالا باشد، هر جامدی ذوب خواهد شد. گدازه‌ی آتشفشانی سنگ ذوب شده است، این‌طور نیست؟ اگر بخواهید نمک را ذوب کنید، تمام آنچه که باید انجام دهید این است که درجه‌ی اجاق خود را روی ۸۱۰ درجه‌ی سلسیوس قرار دهید، که آشپزخانه‌ی شما را از شدت داغی ملتهب می‌کند و به رنگ قرمز زیبایی در می‌آورد. خود اجاق تا دمای ۱۴۸۰ درجه‌ی سلسیوس ذوب نمی‌شود.

البته، منظور این است که قند طبیعی آسان‌تر از نمک – یعنی در دمایی بسیار پایین‌تر – ذوب می‌شود. قند فقط در دمای ۱۸۵ درجه‌ی سلسیوس ذوب می‌شود. البته، سوال این است که چرا چنین است؟ تفاوت عمده‌ی میان این دو ماده‌ی شیمیایی معمولی، سفید و دانه دانه در آشپزخانه چیست؟ هر دو ترکیب‌های شیمیایی خالص‌اند و مشابه و همانند به نظر می‌رسند، اما این مواد اعضای دو قلمرو شیمیایی بسیار متفاوت‌اند.

بیش از یازده میلیون ترکیب شیمیایی شناخته شده است، که هر کدام خواص منحصر بفردی دارد. شیمیدانان در تلاش برای درک این تنوع

گسترده‌ی مواد بدون آن که کلافه و حتی دیوانه شوند (این حالت برای بسیاری از آن‌ها پیش آمده است)، آن‌ها را به دو دسته‌ی گسترده تقسیم کردند: مواد آلی و مواد معدنی (غیرآلی).

ترکیبات آلی عبارت‌اند از موادی که حاوی عنصر کربن‌اند. این ترکیبات عمدتاً در اشیای زنده یا اشیای زنده‌ی پیشین، مانند نفت و زغال سنگ، یافت می‌شوند.

ترکیبات معدنی، به این ترتیب، عبارت‌اند از هر چیزی که آلی نیست. اکثر غذاها (مواد خوراکی)، داروها، و مواد شیمیایی در اجسام زنده - از جمله قندها - آلی‌اند، در حالی که تمامی سنگ‌ها و صخره‌ها و کانی‌ها - از جمله نمک - مواد معدنی‌اند.

اگر بشود تعمیم منحصر بفرد و فراگیری را درباره‌ی خواص فیزیکی مواد آلی و معدنی انجام داد (که البته، استثناهایی هم پیش می‌آیند)، آن تعمیم از این قرار خواهد بود: مواد آلی به نرم بودن و مواد معدنی به سخت بودن گرایش دارند. علت این امر آن است که مولکول‌های سازنده‌ی مواد آلی از لحاظ الکتریکی گروه‌های خنثای اتم‌ها هستند، در حالی که مولکول‌های سازنده‌ی ترکیبات معدنی معمولاً یون هستند: یون‌ها عبارت‌اند از گروه‌های اتم‌های باردار. نیرویی که بارهای ناهمنام را به سوی یکدیگر جذب می‌کند (می‌رباید) نسبت به نیروی ربایش (جذب) مولکول‌های خنثی به سوی یکدیگر، قوی‌تر است؛ این نیرو در هر جایی از دو تا بیست برابر قوی‌تر است. به این ترتیب، جدا کردن ذرات مواد معدنی و تجزیه‌ی آن‌ها نسبت به مواد آلی دشوارتر است. شاید توجه کرده باشید که بریدن یک سنگ از بریدن یک درخت بسی دشوارتر است.

حالا وقتی که چیزی ذوب می‌شود، چه اتفاقی می‌افتد؟ در واقع درست مثل تلاشی شدن یک ماده است. مولکول‌ها بر اثر گرما شروع به جست و خیز کردن به اطراف می‌کنند چندان که سرانجام از هم جدا و دور می‌شوند، و ماده به یک سیال جاری تبدیل می‌شود. آشکار است که، مولکول‌های ماده‌ی آلی با پیوندهای سست باید بتوانند در دمای پایین‌تری شروع به جاری شدن

کنند زیرا به چنان تحرک شدیدی نیاز ندارند که پیوند آن‌ها را از یکدیگر بگسلد. بنابراین، مواد آلی عموماً نسبت به مواد معدنی (غیرآلی) در دماهای پایین‌تری ذوب می‌شوند.

قند (ساکاروز) ترکیب آلی بسیار معمول و متعارفی است، که از مولکول‌های خنثی تشکیل می‌شود. نمک (سدیم کلرید) ترکیب معدنی بسیار معمول و متعارفی است، که از یون‌های سدیم و یون‌های کلر ساخته شده است. پس، جای شگفتی نیست که قند (شکر) آسان‌تر ذوب شود تا نمک. مثل همه‌ی چیزهای دیگر، این یکی هم کلاً به مولکول‌ها مربوط می‌شود.

نپرسیدی، اما...

اگر هر ماده‌ی شیمیایی خالص در دمای خاصی ذوب و از جامد به مایع تبدیل شود، آیا در دمای خاصی هم از مایع به صورت جامد در می‌آید؟

بله. در واقع، این دو دما یکی هستند.

فرایند انجمادی که می‌شناسید همان چیزی است که ما نیز آن را یخ زدن (انجماد) می‌گوییم. وقتی می‌گوییم آب در ° درجه‌ی سلسیوس یخ می‌بندد، می‌توانیم این را هم بگوییم که این دما نقطه‌ی ذوب یخ هم هست. علت یکسان بودن این دماها این است که سرعت مولکول‌های لغزان یک مایع باید تا انرژی معینی کند شوند تا در مکان همیشگی و جامدشان به صورت بلور جامد قرار گیرند؛ از سوی دیگر، این مولکول‌ها باید گرم شوند تا به همان مقدار انرژی برسند تا این‌که از مواضع جامدشان بگسلند و به صورت مایع شروع به جاری شدن کنند.

به این ترتیب، مقدار معینی گرما در گذار ذوب - انجماد هر ماده‌ای بین شکل‌های جامد و مایع آن دخیل است. در نور و آب خالص، آن مقدار گرما اتفاقاً هشتاد کالری بر گرم است (به کادر پایین نگاه کنید). اگر بخواهید یک

گرم یخ را ذوب (آب) کنید، باید هشتاد کالری گرما به آن بدهید؛ اگر بخواهید یک گرم آب مایع را منجمد (به یخ تبدیل) کنید، لازم است هشتاد کالری گرما از آن بگیرید (خارج کنید).

برعکس، شیمیدانان مقدار گرما را «گرمای ذوب» یا «گرمای انجماد» نمی‌نامند. به آن «گرمای نهان ذوب» می‌گویند. به بیان دقیق‌تر، هرگاه ماده‌ای در دمای اتاق (دمای متعارف) مایع باشد و ناگزیر باشیم آن را سرد کنیم تا جامد شود، به دمای این گذار می‌گویند نقطه‌ی انجماد، در حالی که اگر این ماده در دمای اتاق منجمد باشد و ناگزیر باشیم آن را چندان گرم کنیم که به مایع بدل شود، به همان دمای گذار (جامد به مایع) می‌گویند نقطه‌ی ذوب.

یک کالری یک کالری نیست

یک کالری عبارت است از مقداری انرژی. در حالی که انرژی می‌تواند به شکل‌های متنوع مبادله‌پذیر یافت شود، که آشناترین شکل آن در نزد اکثر مردم، گرماست. به این ترتیب یک کالری عموماً به صورت مقداری گرما تلقی می‌شود.

اما دقیقاً چقدر گرما؟ هرگاه از یک شیمیدان این پرسش را بکنید یک پاسخ دریافت می‌کنید، و هرگاه با یک کارشناس تغذیه این پرسش را مطرح کنید پاسخ دیگری خواهد داد. و این پاسخ‌ها هم به هم نزدیک نخواهند بود؛ یک «کالری» این یکی یک هزار برابر «کالری» آن دیگری است. گویی یک کیلو متر یک شخص یک متر شخص دیگر است؛ به خاطر تفسیر کردن علامت راهنمایی یک بزرگراه، باید بدانید که چه کسی آن علامت را ترسیم کرده یا نوشته است.

نشانه‌ای وجود ندارد که شیمیدانان و کارشناسان تغذیه روزی با هم به توافق برسند؛ آنان سفت و سخت به راه و روش خود چسبیده‌اند. از این رو این واژه (کالری) با دو اندازه‌ی کالری قرین خواهد بود.

کالری شیمیدانان، که باید آن را گرم کالری بنامیم، مقدار گرمایی است که

دمای یک گرم (حدود ۲۰ قطره) آب را یک درجه‌ی سلسیوس بالا ببرد. اما این کالری مقدار انرژی بسیار کمی است، از این رو کارشناس تغذیه از کالری غذا بهره می‌گیرد: مقدار گرمایی که دمای هزار گرم آب را یک درجه‌ی سلسیوس بالا ببرد. به این ترتیب، یک کالری غذا برابر است با هزار گرم کالری.

برای اجتناب از سردرگمی در این کتاب، از کالری با نشانه‌ی *c* برای گرم کالری و از کالری با نشانه‌ی *C* برای کالری غذا سود خواهیم جست. از این رو وقتی کالری را به دو روش می‌نویسیم، بدانید که اشتباه چاپی نیست. در هر صورت، کمابیش می‌توانید در این کتاب معنی هر کدام را بفهمید.

انگبرداری^۱ اشتباهی مولکول

می‌خواهم بدانم اجاق میکروموج (میکروویو) در خلال آن همه وزوز کردن و چرخیدن چه کاری ممکن است انجام دهد. آیا به راستی غذا را از داخل به خارج می‌پزد؟ در بسیاری از کتاب‌های آشپزی نیز گفته می‌شود که میکروموج‌ها امکان برخورد مولکول‌های غذا به یکدیگر را فراهم می‌آورند، این برخورد و اصطکاک آن‌ها را داغ می‌کند. اما من اطمینان ندارم که کتاب‌های آشپزی بهترین مرجعی باشند که از آن‌ها بشود علم آموخت و فراگرفت.

دلیل کافی برای بدگمانی در اختیار دارید. این هر دو موردی که در بالا برشمردیم نادرست‌اند.

اصطکاک چیست؟ وقتی سطوح دو جسم را به یکدیگر می‌مالید، آن‌ها در

۱. rubbing، طرحی که از طریق گذاردن کاغذ روی نقشی برجسته و کشیدن مداد، گچ، یا زغال بر روی آن به دست می‌آید.

برابر لغزیدن و سُر خوردن تا حدودی مقاومت می‌کند، و مقداری از انرژی عضلانی که وارد می‌آورید تا بر آن مقاومت غلبه کنید به صورت گرما بروز می‌کند. و گرما چیست؟ صرفاً حرکت مولکولی است. کاری که میکروموج‌ها انجام می‌دهند این است که برخی مولکول‌ها را به حرکت در می‌آورند، و همین که به حرکت درآیند، داغ می‌شوند، همین والسلام. هیچ مالشی در کار نیست - هر چیزی روی زمین «مالیده شود» فرض می‌شود که به درد مولکول می‌خورد و مناسب آن است. آن را به چه چیزی می‌مالید؟ یک اتم را روی یک چوب کبریت مالش می‌دهید؟

موضوع پختن از درون از چه قرار است؟ بسیار خوب. حدود یک‌سود و چهل کیلوگرم گوشت گاو را اختیار کنید، آن را به صورت یک قرص درآورید و اجاق میکروموج را در وسط آن بچپانید، سیم اتصال آن را بگذارید از این توده‌ی گوشت بیرون آید. آن را به برق وصل می‌کنیم و با یک چوب بلند کلید آن را در داخل گوشت روی روشن می‌گذاریم. این تنها راهی است که به آن وسیله باید یک اجاق میکروموج را برای پختن غذا از داخل، به کار بگیریم. گرما در یک اجاق معمولی در واقع باید کارش را از بخش خارجی غذا شروع کند و انجام دهد، و به تدریج آن را بپزد؛ به همین علت است که مرکز گوشت همیشه نیم‌پزترین قسمت آن است. گرما باید از طریق رسانش به داخل نفوذ کند - مولکول‌های داغ و بسیار سریع به مولکول‌های کُندتر برخورد می‌کنند - و از این امر می‌تواند فرایندی کاملاً کُند باشد؛ گوشت و سیب زمینی رساناهای بسیار ضعیف گرما هستند.

میکروموج‌ها نیز باید از خارج به داخل وارد شوند، اما آن‌ها آنی و فوری نفوذ می‌کنند. میکروموج‌ها تابش الکترومغناطیسی هستند، مانند طول موج‌های گوناگون نور و امواج رادیویی. در واقع، میکروموج‌ها چیزی نیستند مگر امواج رادیویی با بسامد بسیار بالا، که با بسامدی حدود دو میلیون سیکل (چرخه) بر ثانیه (دو هزار مگاهرتز) نوسان می‌کنند، که حدود بیست برابر بسامد نوار (باند) رادیویی افام (FM) است.

میکروموج‌ها مستقیماً از درون اکثر مواد عبور می‌کنند بدون این‌که جذب

شوند تا این که به مولکول‌هایی برخورد کنند که اتفاقاً جذب کننده‌های خوب انرژی در آن بسامد خاص هستند. معمولاً، این امر به آن معناست که میکروموج‌ها چندین سانتی متر (۲/۵ تا ۵ سانتی متر) در داخل یک قطعه غذای معمولی نفوذ می‌کنند، و بر اثر این نفوذشان آن غذا را گرم می‌کنند و می‌پزند - هرچه مولکول‌ها از نوع جذب کننده‌تر و مسیرشان طولانی‌تر باشد، گرمای بیشتری تولید می‌شود.

این مولکول‌های جذب کننده‌ی میکروموج چه هستند؟ آب به مراتب یکی از عمده‌ترین این مولکول‌هاست، و از آنجا که تمام مواد غذایی حاوی آب هستند، تمام غذاها میکروموج‌ها را تا حدودی جذب خواهند کرد. چربی‌ها دیگر جذب کننده‌های میکروموج نسبتاً خوبی‌اند، و کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها از این بابت در مرتبه‌های سوم و چهارم قرار می‌گیرند. از این رو تکه‌های گوشتی که می‌خواهید بپزید، هرچه مرطوب‌تر و چرب‌تر باشد زودتر داغ و پخته می‌شود. بقیه‌ی کار بر عهده‌ی رسانایی و هدایت است که گرما را در سایر نقاط گوشت توزیع کند. به همین دلیل است که در دستورالعمل‌های راه اندازی این دستگاه‌ها گفته می‌شود که اجازه دهید ماده‌ی غذایی چند دقیقه‌ای در داخل اجاق بماند بعد روی آن را بپوشانید (سرپوش ظرف را بگذارید)؛ با این عمل امکان فراهم می‌آید که بخار و چربی داغ گرمایشان را در سرتاسر ظرف توزیع کنند.

در مورد آب و چربی چیز خاصی وجود دارد که آن‌ها را جذب کننده‌ی انرژی میکروموج می‌سازد. مولکول آن‌ها همان چیزی است که شیمی‌دانان به آن‌ها مولکول‌های قطبی می‌گویند: این مولکول‌ها از لحاظ الکتریکی یکنواخت نیستند. الکترون‌های این مولکول‌ها مدت طولانی‌تری را در یک سر مولکول می‌گذرانند تا در سر دیگر و به مولکول بار منفی مختصری در یک سرش و بار مثبت اندکی (یک کمبود بار منفی) در سر دیگرش می‌دهد. این خاصیت رفتاری شبیه به آهنربای الکتریکی، با دو قطب، در آن‌ها پدید می‌آورد. وقتی میکروموج‌ها به نوسان درمی‌آیند، در هر ثانیه دو میلیارد بار جهت میدان الکتریکی‌شان را عوض می‌کنند، که این مولکول‌های قطبی

ناگزیر می‌شوند با میدان در یک خط قرار گیرند و سپس عقب‌گرد کنند و در جهت مخالف قرار گیرند (این عمل دو میلیارد بار در هر ثانیه تکرار می‌شود). این عمل باعث می‌شود برخی مولکول‌ها فوق‌العاده پرتحرک شوند - یعنی، برخی مولکول‌ها فوق‌العاده داغ شوند. و در حالی که حرکت الکلنگی اجرا می‌کنند، به مولکول‌های مجاورشان، چه قطبی باشند یا خیر، تله می‌زنند و آن‌ها را نیز داغ می‌کنند.

مولکول‌های هوا (نیتروژن و اکسیژن) و مولکول‌های کاغذ، شیشه، سرامیک، و تمامی مواد پلاستیکی «بی‌اثر در برابر میکروموج» از لحاظ الکتریکی یکنواخت (غیرقطبی)‌اند. قطبی نیستند، از این رو حرکت الکلنگی اجرا نمی‌کنند و انرژی میکروموج را هم جذب نمی‌کنند.

اما، فلزات داستان و ماجرای دیگری دارند. این مواد میکروموج‌ها را مانند آینه بازمی‌تابانند (امواج رادار میکروموج‌اند؛ هواپیماها و اتومبیل‌های سریع‌السیر آن‌ها را بازمی‌تابانند)، و این امواج حتی تا جایی که انرژی تا حد هشداردهنده‌ای - حتی در حد تولید جرقه - زیاد شود، در بدنه‌ی آن‌ها به پس و پیش وامی‌جهند. فلز، جز در شکل تکه‌های کوچک برگه‌های نازک، نباید در اجاق‌های میکروموج مورد استفاده قرار گیرد؛ این کار اکیداً ممنوع است.

حالا، درباره‌ی صدای وزوز کردن آن‌ها چه باید گفت؟ علت این صداها فقط پره‌های فلزی بادبزنی است که میکروموج‌ها را به‌طور یکنواختی در سرتاسر محفظه‌ی اجاق پراکنده می‌کند.

انجام دهید

به برخی دانه‌های نمک خوراکی در زیر یک ذره‌بین نگاهی بیندازید. اگر یک درس شیمی را با موفقیت گذرانده باشید، با شگفتی خواهید دید که این دانه‌ها چه شکل‌های منظمی دارند. آن‌ها عملاً مکعب‌های ریزی‌اند! متوجه خواهید شد که قسمت اعظم آن‌ها برای استفاده به نحوی نامناسب‌اند زیرا لبه‌های تمیزشان بر اثر برخورد با دانه‌های کناری از بین رفته، و بعضی از آن‌ها هم به سختی تراشیده و عملاً کروی شده‌اند. اما می‌توان گفت که آن‌ها همه، در اصل، تلاش

کرده‌اند مکعب‌های کاملی باشند.

شکل مکعبی از آرایش هندسی اتم‌های سدیم و کلر، که ذرات نمک طعام را تشکیل می‌دهند، ناشی می‌شود. به دلایلی که معلمان شیمی طی چند جلسه می‌توانند توضیح دهند (اگر اصلاً این توضیح را بدهند)، و از این بابت هم در اینجا شما را اذیت نخواهم کرد، اتفاقاً اتم‌های سدیم و کلر ترکیب می‌شوند و سدیم کلرید (نمک طعام) می‌دهند. خودشان را چنان آرایش می‌دهند که به صورت الگوی کاملاً مربعی درآیند. (این کار با بارهای الکتریکی و اندازه‌ی نسبی شان انجام می‌شود.)



وقتی هزاران هزار اتم سدیم و کلر کنار هم قرار می‌گیرند و به هم پیوند می‌خورند تا یک بلور سه بعدی را تشکیل دهند که چندان بزرگ است که دیده شود، شکل آن بلور کامل آرایش هندسی مربعی تک تک اتم‌هایش را باز می‌تاباند. هر مکعب صرفاً مربعی سه بعدی است، این‌طور نیست؟ هرچند که تک تک اتم‌های داخل دانه‌های نمک هنوز هم به صورت الگوهای مکعبی آرایش داده می‌شوند، دانه‌ها شکل مکعبی نامنظم‌تری

دارند. آن‌ها به همان شکل لایه‌ای بر روی سطح آب دریا ظاهر می‌شوند در هنگامی که به تدریج و آهستگی تبخیر می‌شود. یهودیان برای نمک مصرفی خود قواعدی دارند که آن را نمک «کاشِر» می‌نامند و نمکی را که از دریا استخراج شود طبیعی‌تر از نمکی می‌دانند که از معدن استخراج، در آب حل، و سپس آن آب نمک را با گرمای زغال سنگ یا گاز تبخیر کنند.

انجام دهید اگر به نمک کاشر در زیر ذره‌بین نگاه کنید، مکعب‌ها را خواهید دید، بلورها نامنظم و ورقه ورقه خواهند بود.

سرآشپه‌ها غالباً ترجیح می‌دهند نمک کاشر در غذاهايشان به کار ببرند زیرا برداشتن مقدار کمی از آن با نوک انگشتان و ریختن‌اش در قابلمه آسان‌تر است، و به این طریق دقیقاً می‌توانند بدانند چه مقداری از آن را مصرف کنند. اما، به محض آن که در غذا حل شد اندازه و شکل قبلی دانه‌های آن کلاً بی‌اهمیت خواهد بود.

نمک امپراتور

بنا بر آنچه در نشریات مربوط به مواد غذایی خوانده‌ام، نمک دریا نسبت به نمک آشپزخانه‌ی معمولی بسیار برتر است زیرا (الف) از مواد معدنی مغذی سرشار است، (ب) تصفیه نشده و بنابراین طبیعی‌تر است، و (ج) طعم تندتر و تازه‌تری دارد. این ادعاها را چگونه باید اثبات کنم؟

(الف) اراجیف، (ب) اراجیف، (ج) اراجیف.

نمک دریایی که در فروشگاه‌های معمولی و فروشگاه‌های مواد غذایی سالم به فروش می‌رسند نه از لحاظ مواد معدنی غنی‌ترند، نه کم‌تر تصفیه می‌شوند، و نه مزه و طعم متفاوتی با نمک معمولی دارند. اما شما به هر حال

مبلغ بیشتری، چهار تا بیست برابر، بابت آن می‌پردازید. و این نمک حتی از دریا هم استخراج نمی‌شود زیرا کارخانه‌ها مجبور نیستند منابع مواد اولیه خود را فاش کنند و بنابر قول کسانی که در داخل صنایع فعال‌اند، دروغ هم می‌گویند.

نمک دریا از دیرباز محبوب کسانی بوده که غذای طبیعی را دوست دارند، و ظاهراً هم هیچ‌گونه سند و مدرکی برخلاف این نظر و میلشان پذیرفتنی نیست. اما در سال‌های اخیر، کتاب‌های آشپزی معتبر و مجله‌های معروف در حوزه‌ی تغذیه از، به اصطلاح تحسین و ستایش از نمک دریا سرشار و آکنده شده‌اند. وقتی مؤلفان حرفه‌ای مطالب مربوط به تغذیه و مواد غذایی در این باره سروصدا راه انداخته‌اند، زمان آن فرا رسیده که این نمایش‌ها را متوقف کنیم. آنچه داریم می‌بینیم مورد کلاسیکی از لباس‌های جدید امپراتور است. اذعان کنید که نمی‌توانید تفاوتی بین نمک دریا و نمک معمولی برشمرد، و اعتراف کنید که چشایی و ذائقه‌ی شما نه تنها حساس نیست، بلکه مطابق مصلحت هم نیست.

نمک سنگ، از نهشته‌های عظیم زیرزمین استخراج می‌شود که میلیون‌ها سال قبل، هنگامی که تغییرات اقلیمی موجب خشک شدن توده‌های عظیم آب شور شد، تشکیل شدند. بنابراین، تمامی موجودی نمک ما از یک دریا، چه دریایی دیرینه و چه معاصر، به دست آمده است. اما آیا نمک اقیانوسی امروزه حاوی مواد معدنی بیشتری است تا نمک استخراج شده از معادن؟ بله، همین طور است، اگر منظور از «نمک اقیانوس» همان جامدات خاکستری سفت و سخت است که پس از تبخیر یک سطل آب اقیانوس برجای می‌ماند. ما این ماده‌ی خام را جامدات اقیانوسی می‌نامیم.

فقط ۷۸ درصد جامدات اقیانوسی سدیم کلرید، یا نمک طعام معمولی است؛ ۹۹ درصد باقی مانده ترکیبات منیزیم و کلسیم است. افزون بر این‌ها، دست‌کم هفتاد و پنج عنصر شیمیایی دیگر در هر مقدار کمی از آن یافت می‌شود. مثلاً، برای دریافت مقدار آهن موجود در یک حبه انگور، باید بیشتر از صد گرم جامدات اقیانوس بخورید؛ برای دریافت مقدار فسفر در آن حبه

انگور باید حدود هشتصد گرم جامدات اقیانوسی بخورید. با توجه به حدود پانزده گرم نمکی که هر آمریکایی طی روز می‌خورد، ارزش غذایی جامدات اقیانوسی به اندازه‌ی یک دانه‌ی شن است.

اما، حتی اگر این نمک به راستی از دریا استخراج شود، ماده‌ای که در فروشگاه‌های مواد غذایی به شما می‌فروشند حتی جامدات اقیانوسی خام هم نیست. هر مقداری از این نمک تصفیه شده است، زیرا بنا بر استانداردهای دولتی (در آمریکا) تمام نمک‌هایی که باید به فروش برسند باید دست‌کم ۹۷/۵ درصد سدیم کلرید باشند. عملاً این عدد معمولاً به ۹۹ درصد نزدیک‌تر است. یک استثنا نمکی است که از فرانسه وارد می‌شود، که با همه‌ی این احوال باز هم محتوای کانی آن خیلی پایین‌تر از محتوای کانی جامدات اقیانوسی خام است.

در کارگاه‌های نمک‌گیری معمولی از آب دریا، با تابش نور خورشید قسمت اعظم آب را تبخیر می‌کنند. جامداتی که بلورین می‌شوند، و به آن‌ها نمک آفتابی می‌گویند، از باقی مانده‌ی مایع جدا می‌شود؛ این مایع را تلخابه می‌نامند. حالا، هرگاه که یک ترکیب شیمیایی از حالت مایع به صورت بلورین در می‌آید، تقریباً تمام ناخالصی‌هایش را باقی می‌گذارد. (شیمیدانان تبلور را به عنوان یک فرایند تصفیه‌ی سنجیده به کار می‌گیرند.) بنابراین، تلخابه‌هایی که باقی می‌مانند عملاً تمامی کلسیم، منیزیم، و سایر «مواد غذایی کانی با ارزش» را در خود نگه می‌دارند زیرا نمک دریا بنا بر برچسب روی بسته‌بندی‌شان حاوی تمام این مواد باید باشد. در ژاپن، این تلخابه به عنوان یک ادویه‌ی تلخ منحصر‌بفرد، به نام نِگاری^۱، راه آشپزخانه و میز غذاخوری را در پیش می‌گیرد، اما در ایالات متحده آمریکا یا آن را دور می‌ریزند و یا به صنایع شیمیایی فروخته می‌شوند تا در آنجا مواد معدنی‌اش استخراج شود و به مصارف گوناگون برسد.

اما ماجرا به اینجا ختم نمی‌شود. در مرحله‌ی بعد، نمک دریا شستشو می‌شود، که در این مرحله مقدار کلسیم و منیزیم بیشتری از آن خارج می‌شود

1. nigari

زیرا کلریدهای آن‌ها در آب محلول‌ترند تا سدیم کلرید. و سرانجام، برای تصفیه‌ی بیشتر، ممکن است نمک را در کوره یا گرمای حاصل از سوزاندن زغال سنگ یا نفت، خشک کنند. این هم فایده‌ی نمک دریا برای این محیط زیست معصوم.

فراورده‌ای که به فروشگاه‌ها راه پیدا می‌کند فقط حاوی یک دهم مواد معدنی و کانی‌های جامدات اقیانوسی اصلی است. برای دریافت معادل ارزش فسفوری موجود در یک حبه انگور، اکنون باید حدود ده کیلوگرم از این ماده را میل کنید.

و با همه‌ی این احوال، باور تزلزل‌ناپذیری وجود دارد بر این مبنا که نمک دریا سرشار از یُد، «رایحه و رنگ و بوی دریا» است. همه‌ی این‌ها مزخرف و اراجیف است. برخی جلبک‌های دریایی در واقع حاوی مقدار زیادی ید هستند، اما فقط به این علت که این گیاهان ید را از آب می‌گیرند و در خودشان فشرده می‌کنند، بسیار شبیه به نرم‌تنانی که کلسیم را برای پوسته‌سازی خود از آب استخراج می‌کنند و برای خود برمی‌گیرند. ماجرای جلبک دریایی چنان مشتری فراگیری را به خود جلب کرده که بسیاری از مردم اعتقاد دارند اقیانوس یک ظرف عظیم یُد است. نمک نمکدان یددار، چه از معادن استخراج شده باشد و چه از دریا، حاوی حدود شصت و پنج برابر ید طبیعی است، که در کارگاه‌های بسته‌بندی نمک دانسته به آن اضافه شده است.

طعم و مزه؟ این هم خود یک قصه‌ی پریان دیگر است. باگوش فرا دادن به تعلیمات مرشدان گوناگون غذا، نمک دریا طعمی نمکی‌تر، تندتر، مطبوع‌تر و خوشمزه‌تر، تلخ‌تر، و کم‌تر شیمیایی (به هر معنایی) نسبت به نمک نمکدان معمولی پیدا می‌کند، تنها ادعاهایی که بر شالوده‌ی اندکی از حقیقت استوارند آن‌ها هستند که به شوری و تلخی ربط پیدا می‌کنند. بقیه‌اش حرف مفت و چرت و پرت است.

منیزیم کلرید و کلسیم کلرید در جامدات اقیانوسی خام در واقع تلخ‌اند. بنابراین، بعضی‌ها در این تصور فریب خورده‌اند که نمک دریایی که از فروشگاه‌ها خریداری می‌کنند، یک طعم تلخی هم وجود دارد. اصلاً این‌طور

نیست. ترکیب‌های منیزیم و کلسیمی در فروشگاه‌ها یافت نمی‌شود (در اینجا نیز یک استثنای نمک فرانسوی وارداتی وجود دارد).

اما، موضوع شگفت از این قرار است که شوری نمک‌های گوناگون به بحث‌اش می‌ارزد، هرچند که واقعاً سدیم کلرید خالص باشند. علت این امر آن است که در فراورده‌های مختلف شکل و اندازه‌ی دانه‌ها، بسته به این که در خلال فرایند تصفیه از آب نمک چگونه بلوری شده‌اند، فرق می‌کند. شکل آن‌ها گستره‌ای از مکعبی، هرمی تا پوسته‌های نامنظم را تشکیل می‌دهد.

معمولی‌ترین نمک نمکدان معدنی به شکل مکعب‌های ریز است، در حالی که بسیاری از فراورده‌های نمک دریا، اما نه به هیچ وجه همگی آن‌ها، گرایش به شکل پوسته‌ای دارند. چون پوسته‌ها سریع‌تر از مکعب‌ها حل می‌شوند، وقتی مقداری از آن را روی زبان‌تان می‌گذارید، ممکن است هجوم شوری شدیدتری را روی زبان‌تان حس کنید. کسی که نمک دریای پوسته‌ای را مزه می‌کند و می‌چشد و آن را با نمک معدنی دانه‌ای قیاس می‌کند به نمک دریا، به جای پوسته‌ای بودن آن، صفت اندکی شورتر را می‌دهد.

در هر حال چشیدن نمک امری بی‌معنی است، اهمیتی ندارد که چقدر در این امر دقت کنید، زیرا مردم نمک را از طریق گذاشتن مستقیم آن روی زبان‌شان نمی‌خورند. نمک را به غذای‌شان می‌افزایند، چه موقع پختن آن، و چه در هنگام خوردن غذا. در هر حالت، در لحظه‌ای که نمک وارد غذای مرطوب ما می‌شود، حل خواهد شد، و هرگونه اثر چشمگیر و درخور توجه شکل دانه‌ای آن محو می‌شود. افزون بر این‌ها، وقتی حدود یک قاشق چای‌خوری به داخل یک دیگ غذای آب‌پز ریخته می‌شود، هرگونه تفاوت مزه‌ی ادعا شده‌ای چنان ملایم و دقیق می‌شود که غیرقابل شناسایی است.

پس، وقتی در ضمن پختن غذا یا خوردنش، به آن چاشنی نمک می‌زنید، مطلقاً فرقی نمی‌کند که چه نوع نمکی را مصرف کرده‌اید. دفعه‌ی بعد که شنیدید یک کارشناس درباره‌ی فضیلت‌ها و برتری‌های نمک دریا داد سخن می‌دهد، آن را همان دانه‌های نمکی گمان کنید که می‌شناسید. ترجیحاً، همان نمک دانه دانه‌ای است که با آن آشنا باشید.

فلفل آری، نمک نه

شنیده‌ام که گفته‌اند کیفیت غذای هر رستوران با اندازه‌ی آسیاب فلفل آن نسبت معکوس دارد. گیریم که این طور باشد، درباره‌ی آسیاب‌های نمک خردکنی چه بگوییم؟ مطلع شده‌ام که در جایی خردکن نمک را برای «نمک ساییده‌ی تازه» ارائه می‌کنند (و می‌فروشند) اصلاً این دستگاه به درد می‌خورد؟

بله، اما برای آن‌ها که دستگاه‌های آسیاب نمک می‌سازند و به تازه به دوران رسیده‌ها و نوکیسه‌هایی ارائه می‌کنند که باید آخرین لوازم تهیه‌ی به اصطلاح خوراک‌های عالی را در اختیار داشته باشند. برای بقیه چطور؟ این هم از انواع حقه و کلک است. فلفل باید تازه آسیاب شده باشد، اما آسیاب کردن نمک راه به هیچ جا نمی‌برد و فایده‌ای ندارد، مگر این که نوعی ورزش باشد.

فلفل تازه آسیاب شده‌ی سیاه یا سفید (که هر دو دانه‌های گیاهی مشابهی‌اند که فرایندهای متفاوتی روی آن‌ها انجام شده است) در واقع بسیار بهتر از آن گرد خاکستری خشکیده و به درد نخوری است که به صورت بسته‌بندی از بازار خریداری می‌کنید. علت این امر آن است که مواد شیمیایی ادویه‌های اصلی در فلفل نسبتاً فرارند؛ وقتی دانه‌های ادویه خشک و خرد می‌شوند، مواد یاد شده به تدریج تبخیر و در هوا پراکنده می‌شوند. بنابراین، وجود آسیاب‌های فلفل در آشپزخانه و روی میز غذاخوری ضرورت تام دارند. ادویه‌ای که تازه آسیاب شده باشد، تمامی طعم و بوی خود را به محض مصرف، در بدن رها می‌کند.

اما حکایت نمک به کلی متفاوت است، علیرغم این واقعیت که گرایش مان این است که نمک و فلفل را به هم مرتبط تلقی کنیم زیرا این دو ماده را در چاشنی‌ها دو یار جاودانی و جدانشدنی می‌دانیم، و دقیقاً این همان چیزی است که فروشندگان سمج آسیاب نمک بر آن تکیه می‌کنند. واقعیت این است که اصلاً فرقی نمی‌کند که نمک مصرفی را «تازه» آسیاب کنید یا ساییده

شده‌ی آن را در قفسه‌ی آشپزخانه نگهدارید. رویهمرفته، پیش از آن که آن را تهیه کرده باشید، میلیون‌ها سال در معدن نمک آرمیده بود بدون این که کم‌ترین «کهنگی» در آن راه یافته باشد.

البته، نمک، یا سدیم کلرید، کانی است و نه یک فراورده‌ی گیاهی. تنها سنگ و صخره‌ی خوراکی است. به تمامی اتم‌های سدیم و کلر ساخته شده و نه چیز دیگری. یک تکه نمک از بسیاری جنبه‌ها با یک تکه شیشه شبیه است؛ هرگاه آن را بشکنید به تکه‌های زیادی تقسیم می‌شود، که همه‌ی آن‌ها، جز اندازه و شکل، از بسیار جهات همسان‌اند. هیچ چیزی افزون بر این‌ها در درونش وجود ندارد که بخواهد آشکار و فاش شود، و با خرد کردن تغییری در آن پیش نمی‌آید مگر این که تکه‌ها اکنون نسبت به آن که قبلاً بودند، کوچک‌ترند. می‌توانید نمک آماده را در بسته‌بندی‌های متنوع زیبا یا نامرغوب خریداری کنید بدون این که ناگزیر باشید خودتان آن را آسیاب و خرد کنید. و در این صورت ده تا بیست بار ارزان‌تر تمام می‌شود تا این که تماماً سنگ نمک‌های بزرگی را خریداری و خودتان آن را آسیاب و خرد کنید.

باز هم به زور جادادن!

بنا بر دستورالعمل، دو فنجان شکر را در یک فنجان آب حل می‌کنیم! جور در نمی‌آید، آیا این کار شدنی است؟ این کار عملی نخواهد بود، عملی است؟

چرا عملاً این کار را انجام نمی‌دهید؟

انجام دهید یک فنجان آب را به دو فنجان شکر (یا برعکس) در یک قابلمه بیفزایید و در حالی که آن را به آهستگی گرم می‌کنید، به هم بزنید.

تمام شکر حل خواهد شد.

مفهوم به زور جادادن، یعنی ده کیلوگرم ماده را جای دادن در ظرفی به گنجایش پنج کیلوگرم، نسل‌های بسیاری از پسر بچه‌ها را فریفته و شگفت‌زده کرده است. اما حل کردن شکر (یا قند) در یک فنجان آب با چپاندن آن در یک کیسه به گنجایش یک فنجان خیلی فرق می‌کند، و یکی از دلایل این اختلاف بسیار ساده است: مولکول‌های شکر می‌توانند به هم فشرده شوند و در فضا‌های خالی بین مولکول‌های آب جای گیرند، به گونه‌ای که دیگر هیچ فضای خالی‌ای وجود نداشته باشد.

در سطح بسیار خرد (زیر میکروسکوپیکی)، آب یک توده‌ی بسیار به هم فشرده‌ی ذرات مولکولی، مانند کپه‌ای از دانه‌های شن، نیست. به نحوی شبیه مشبک‌کاری گشوده‌ی مولکول‌هاست که کنار یکدیگر (ته به ته) به صورت رشته‌های گره خورده قرار گرفته‌اند، و نه به صورت توده‌ی درهم ریخته‌ای با سم‌گیری‌های تصادفی. سوراخ‌ها یا منفذهای این مشبک گشوده‌ی مولکول‌ها می‌توانند تعداد زیادی گاز حل شده را در خود جای دهند - نه تنها مولکول‌های قند، بلکه مولکول‌های بسیار زیاد دیگر. این هم یکی از دلایلی است برای این‌که چرا آب چنین حلال خوبی است - حلالی برای بسیاری مواد.

اما، شاید این نکته قانع‌کننده‌تر باشد که دو فنجان شکر خیلی کم‌تر از آن است که به نظر می‌آید. مولکول‌های شکر بسیار سنگین‌تر و کپه‌ای‌تر از مولکول‌های آب‌اند، از این رو در یک جرم معین یا در یک فنجان تعداد مولکول‌های شکر کم‌تری یافت می‌شود. نیز، شکر به صورت دانه دانه است، و نه به شکل مایع، و دانه‌ها هم به همان گونه که خیال می‌کنید در فنجان تنگ هم قرار نمی‌گیرند. نتیجه‌ی شگفت‌آور از این قرار است که یک فنجان شکر فقط حاوی حدود یک بیست و پنجم تعداد مولکول‌هایی است که در یک فنجان آب جای می‌گیرند. منظور این است که در محلول دو فنجان شکر در یک فنجان آب شما، به ازای هر دوازده مولکول آب فقط یک مولکول شکر

وجود دارد. اصلاً هیچ اتفاق خارق‌العاده‌ای نیفتاده است.

نکته می‌توان دو فنجان شکر را در یک فنجان آب حل کرد. از شکر قنادی استفاده نکنید، این نوع شکر حاوی آرد ذرتی است که همه چیز را به هم می‌چسباند.

چسبناکی ظرف‌ها (تفلون)

چرا هیچ چیز به ظرف‌های نچسب نمی‌چسبد؟ آیا عجیب است که ماده‌ای بتواند از ماده‌ای دیگر بیزار باشد و از آن دوری گزیند، و مهم نیست که این ماده چه باشد؟ به این موضوع فکر کنید که، چه چیزی یک ماده را به ماده‌ای دیگر می‌چسباند - و یا نمی‌چسباند؟

کاملاً آشکار است که چسبندگی نمی‌تواند اتفاق افتد، مگر این‌که دو ماده‌ی مجزا و متمایز وجود داشته باشند؛ هم باید ماده‌ی چسبنده وجود داشته باشد و هم ماده‌ی چسبگیر. به خواص این هر دو باید توجه شود. اما آیا ماده یا چیزی به عنوان نچسب ذاتی، مستقل از این‌که چسبگیر چه باشد، وجود دارد؟

این مسئله نچسبی در سال ۱۹۳۸ حل و فصل شد. در آن هنگام یکی از شیمی‌دانان کارخانه‌ی دوپون^۱ به نام روی پلانکت^۲ به ماده‌ی پلی‌تترافلوئورواتیلن (PTFE)^۳ دست یافت، که پس از کوتاه زمانی به نام تجارتی تفلون مشهور شد. PTFE ترکیب شیمیایی بسیار ستیزنده‌ای است که شکل‌گیری هرگونه رابطه‌ی دوستانه‌ای (چسبیدن) با هر چیز و در هر جا را رد می‌کند.

تفلون، پس از ظاهر شدن در هیئت‌های صنعتی متنوعی، از جمله یاتاقان‌های لغزانی که به روغن نیازی نداشتند، در دهه‌ی ۱۹۶۰ به صورت

1. Du pont

2. Roy Plunkett

3. Polytetrafluoroethylene

پوشش و آستر تابه‌های سرخ کردنی در آشپزخانه‌ها خودنمایی کرد که در یک چشم به هم زدن تمیز می‌شدند زیرا از همان ابتدا اصلاً کثیف نمی‌شوند. غذا در آن‌ها نمی‌سوزد. در جامعه‌ی چربی-هراس امروزی، فضیلت و برتری عمده‌ی ظرف‌های نچسب ظاهراً از این قرار است که در آن‌ها می‌توانید غذا را با روغن بسیار ناچیزی سرخ کنید.

انواع جدید و امروزی ظرف‌های نچسب را با نام‌های تجاری متنوعی می‌شناسند، اما همگی آن‌ها همان پلی‌تترافلوئوروئیلن (PTFE) هستند، که همراه با طراحی‌های گوناگون به بازار آمده‌اند.

در واقع چه چیزی باعث می‌شود که یک جسم به جسم دیگر بچسبد؟ کاملاً واضح است که نوعی کشش (جاذبه) باید بین این دو شیء برقرار باشد. درجه و میزان چسبناکی به قدرت آن کشش و مدت دوام آن بستگی دارد. چسب‌ها موادی‌اند که با این هدف ساخته می‌شوند که حتی‌الامکان جاذبه و کشش‌های قوی و دائمی نسبت به مواد هرچه بیشتری را به‌وجود آورند. اما چسبندگی (چسبناکی) معمولی، مانند چسبناکی خروس قندی به لباس‌ها و لب و دهن و دست کودک یا چسبیدن تخم مرغ به ماهیتابه، جاذبه‌ی بسیار ضعیف‌تری است که عموماً می‌توان با زور فیزیکی و جسمانی اندکی بر آن غلبه کرد. اما اگر نتوانید چسب چیزی را به زور باز و باز کنید، ناگزیر به شیمی و مواد شیمیایی پناه می‌برید. تینر رنگ (الکل کانی) معمولاً آدامسی را که به کف کفش‌تان چسبیده و به هیچ وجه نتوانسته‌اید از شرش خلاص شوید، به کارتان می‌آید. از این رو به این نتیجه می‌رسیم که اشیاء و مواد می‌توانند به هم بچسبند (و یا چسب‌شان از هم باز شود) به دلایلی که عمده‌تاً فیزیکی یا شیمیایی است.

چرا تخم مرغ گرایش دارد به ته ماهیتابه‌ای از جنس فولاد زنگ نزن (استیل) یا آلومینیم بچسبد؟ اولاً، سطح هر فلزی، اگر مثل آینه صیقلی و جلا یافته نباشد، ناگزیر حاوی پست و بلندی‌ها و رخنه‌ها و شکاف‌های میکروسکوپیکی (بسیار ریز) است؛ ناگفته پیداست که این خراش‌ها خیلی ریز و نه چندان ریز ناشی از استفاده و کاربرد این ظرف‌ها هستند. سفیده‌ی

تخم مرغ سفت شده می‌تواند در داخل این شیارها بماند. این چسبندگی فیزیکی است. برای به حداقل رساندن این چسبندگی از روغن استفاده می‌کنیم. روغن آن شیارها را پر می‌کند و تخم مرغ را بر روی پست و بلندی‌های ته ظرف روی ورقه‌ی نازکی از مایع معلق نگه می‌دارد. البته، هر مایعی می‌تواند این کار را انجام دهد، اما آب نمی‌تواند به مدت کافی در ته ظرف داغ دوام آورد و به خوبی از پس این کار برآید مگر این‌که مقدار زیادی از آن ریخته شود، که در این حالت به جای تخم مرغ نیمرو، تخم مرغ آب‌پز تحویل می‌گیرید.

از سوی دیگر، سطوح پوشش‌های ماهیتابه‌ی نجسب (تفلون) در مقیاس بسیار ریز (میکروسکوپیکی) فوق‌العاده صاف و هموارند. علت این امر آن است که این پوشش‌ها عملاً ترک و شکافی ندارند، جایی در آن‌ها وجود ندارد که غذا در داخل آن‌ها گیر بیفتد. البته، بسیاری از پلاستیک‌ها هم از این مزیت برخوردارند، اما پلی‌تترافلئورواتیلن (یا تفلون) برخلاف آن‌ها، در برابر دماهای بالا به خوبی مقاومت می‌کند.

درباره‌ی چسبندگی فیزیکی، یا مکانیکی، به اندازه‌ی کافی گفتیم. اما دلایل شیمیایی چسبندگی می‌توانند مهم‌تر باشند. رویهم‌رفته، مولکول‌ها گرایشی دارند که یکدیگر را جذب کنند؛ و این همان چیزی است که شیمی درباره‌اش صحبت می‌کند. اتم‌ها یا مولکول‌ها در سطح ماهیتابه می‌توانند انواع پیوندها را با برخی مولکول‌ها در غذاها برقرار کنند. اکنون پرسشی پیش می‌آید: مولکول‌های پوشش‌هایی چون تفلون، سیلوراستون، و سایر ترکیب‌هایی که آن‌ها را نسبت به مولکول‌های هر چیز دیگری ذاتاً بدون واکنش، یا بی‌اثر می‌کنند، چه وضعیتی دارند؟ پاسخ در منحصربفرد بودن پلی‌تترافلئورواتیلن (PTFE)، در حکم یک ترکیب شیمیایی، نهفته است.

PTFE یک بسپار (پلیمر) است - ماده‌ای متشکل از تعداد زیادی مولکول همسان، که همگی چنان پشت سر هم قرار گرفته‌اند که آب‌رمولکول‌های غول‌آسایی را تشکیل دهند. مولکول‌های پلی‌تترافلئورواتیلن فقط از دو نوع اتم، کربن و فلوئور، ساخته می‌شوند؛ به صورت ترکیب چهار اتم فلوئور در

برابر هر دو اتم کربن. هزاران مولکول از نوع این مولکول‌های شش اتمی به یکدیگر می‌پیوندند تا مولکول‌های بزرگ‌تر غول‌پیکری را بسازند که شبیه به زنجیره‌های دراز اتم‌های کربنی به نظر می‌رسند که اتم‌های فلئور مانند سیخک‌هایی از آن بیرون زده‌اند که از بدن کرم پروانه‌ی^۱ پشمالوی غول‌پیکری روییده باشند

بسیار خوب، از تمام انواع اتم‌ها، فلئور عبارت است از اتمی که به محض آن که به راحتی با یک اتم کربن پیوند بخورد برای برقراری واکنش با هر چیز دیگری کم‌ترین میل و گرایش را دارد. بنابراین، راست شدن سیخک‌های فلئور موجود در *PTFE* عملاً زره و جوشنی را تشکیل می‌دهد که اتم‌های کربن را در برابر وسوسه‌ی برقراری پیوند با هر چیز دیگری که بر سر راهش قرار گیرد، محافظت می‌کند. از جمله‌ی آن «چیزهای دیگر» می‌توان مولکول‌های موجود در تخم مرغ، تکه‌های گوشت، یا یک‌های خانگی را برشمرد.

و علاوه بر این‌ها، *PTFE* حتی اجازه نمی‌دهد اکثر مایعات با قدرت کافی به آن بچسبند تا مرطوبش کنند. (چند قطره آب یا روغن در ماهیتابه‌ی نچسب بیندازید و خود نتیجه را مشاهده کنید.) اگر یک مایع نتواند سطحی را مرطوب کند، هر ماده‌ی شیمیایی که ممکن است در آن حل شود، گذشته از این‌که حقدور قوی باشد، نمی‌تواند به مدتی به آن بچسبد که برای برقراری واکنش با آن کافی باشد. به این ترتیب است که هیچ ماده‌ی شیمیایی با *PTFE* واکنش برقرار نمی‌کند.

آیا مسئله و مشکلی به ذهن‌تان رسید؟ بسیار خوب. آن مسئله و پرسش این است که آن ماده‌ی تفلون (*PTFE*) را اولین بار چگونه به ظرف یا ماهیتابه چسبانیده‌اند؟ به جای بهره‌گیری از روش‌های شیمیایی، از روش‌های متنوع و هوشمندانه‌ی فیزیکی سود جستند تا سطح ظرف را به اندازه‌ی کافی ناهموار کنند که پوشش تفلون به آن گیر کند و بچسبد. این روش‌های ناهموار سازند که تفاوت‌های عمده‌ی بین علامت‌های تجاری مختلف

1. caterpillar

ظرف‌های نجسب را به وجود می‌آورند.

نپرسیدی، اما...

آن افشانه (اسپری)های مخصوص پخت و پز نجسب برای سرخ کردن و شیرینی‌پزی کم چرب چگونه کار می‌کنند؟

این افشانه‌ها چیزی نیستند مگر روغن آشپزی (سرخ کردنی) محلول در الکل، در داخل یک قوطی حاوی مایع یاد شده‌ی مخلوط با هوا. موضوع از این قرار است که به جای ریختن مقدار نامعینی روغن در داخل ظرف یا دیگ، از آن قوطی مقداری به صورت افشانه می‌ریزد. الکل تبخیر می‌شود و روغن پوششی در ته ظرف ایجاد می‌کند. هنوز هم روی لایه‌ای «نجسب» از روغن آشپزی می‌کنید، اما این لایه بسیار نازک، و لایه‌ای کم‌کالری است.

یک قاشق غذاخوری کره یا مارگارین (کره‌ی نباتی) حاوی حدود یازده گرم چربی و یکصد کالری انرژی است. از سوی دیگر، در برچسب‌های افشانه‌های آشپزی به این‌که «فقط حاوی دو کالری در هر پُرس یا وعده‌ی غذایی» اند، مباحث می‌شود. یک «پُرس» بنا بر تعریف عبارت است از یک سوم یک بار افشاندن روغن و الکل به مدت یک ثانیه که، آن‌ها به نحو عجیبی توصیه می‌کنند فقط آنقدر هست که یک سوم کف دیگی به قطر بیست و پنج سانتی‌متر را بپوشاند. اما اگر جانب احتیاط را رعایت نکنید و تمامی کف دیگ از روغن پوشیده شود، باز هم می‌توانید کاری کنید که چربی خیلی کمی مصرف شود.

در هر صورت غذا با کمی چربی بهتر قهوه‌ای و برشته می‌شود.

پیشخدمت، در مربای من نمک است

قند و شکر چگونه میوه‌ها را، مانند مربا و کمپوت، نگه می‌دارد؟ به نظر من قند باید برخی میکروب‌ها را به نحوی بکشد، اما قند را هرگز میکروب‌کش تلقی نمی‌کنم. و اگر قند باکتری‌ها را از بین می‌برد، چرا دست‌کم اندکی هم برای ما زیانبار نیست؟

در مورد مصرف قند برای نگهداری مواد غذایی هیچ موضوع عجیب و غریبی وجود ندارد. علی‌الاصول، می‌توانید مربای توت فرنگی را به جای شکر با نمک درست کنید و در آن صورت هم مدتی طولانی حفظ می‌شود و دوام می‌آورد. در واقع، ماندگاری آن خیلی طولانی‌تر هم می‌شود زیرا پس از نخستین چشیدن دیگر هیچکس طرف آن نگاه هم نمی‌اندازد. اما، هزاران سال است که برای نگهداری ماهی و گوشت از نمک استفاده می‌کنند. ماهی آزاد (سالمون) نمک‌سود بسیار خوش طعم به نام گراولاکس^۱ را معمولاً با آمیزه‌ای از نمک و شکر درست می‌کنند.

هرچند که نمک و قند در کشتن موجودات ذره‌بینی یا خارج کردن آن‌ها از چرخه‌ی فعالیت بسیار کارآمدند و به این طریق مواد غذایی را از فاسد شدن محافظت می‌کنند، فقط وقتی کارایی دارند که به شکل بسیار غلیظی باشند. نمی‌توان مواد غذایی را فقط از طریق زدن کمی مواد شیمیایی آشنایی که در آشپزخانه‌ها یافت می‌شود، گندزدایی و در مقابل فساد حفظ کرد. اما اگر از شکر یا نمک کافی استفاده کنید، به‌طوری که وقتی در شیر و آب غذا حل می‌شود محلولی از دست‌کم ۲۰ تا ۲۵ درصد تشکیل دهد؛ در آن صورت اکثر باکتری‌ها، مخمرها، و کپک‌ها نمی‌توانند به آسانی در آن دوام آورند و از بین می‌روند. و این امر به آن علت نیست که این موجودات از بیماری قند (دیابت) یا فشار خون می‌میرند.

اتفاقی که می‌افتد، از این قرار است که محلول قند یا نمک قسمت اعظم

1. gravlax

آب را از این ولگردان ریز می‌مکند. آن‌ها را آب‌زدایی می‌کنند - و از این رو آن‌ها جمع می‌شوند و چروک می‌خورند و یا می‌میرند و یا غیرفعال می‌شوند. در عمل هیچ چیزی نمی‌تواند بدون آب به حیات خود ادامه دهد، و این موجودات ذره‌بینی و تک‌یاخته‌ای هم از این قاعده مستثنی نیستند.

نمک یا قند چگونه می‌تواند از یک شیء یا جسم آب بیرون بکشد؟ پاسخ این پرسش را در واژه‌ی «اسمز» نهفته است، که ظاهراً واژه‌ای چندمنظوره است که مردم برای توضیح هر نوع تراوش و نشست مرموز از آن سود می‌جویند. («من هرگز زبان اردو را نیاموخته‌ام، اما والدینم به این زبان سخن می‌گفتند و من از طریق اسمز آن را فرا گرفته‌ام.»)

اسمز عملاً فقط نوع خاصی تراوش است. این نوع تراوش عبارت است از تراوش آب از یک غشای نازک، و آنگاه اتفاق می‌افتد که دو محلول با غلظت‌ها (توانایی‌ها)ی مختلف در دو طرف این غشا وجود داشته باشند. این غشا باید نیم تراوا باشد. این غشا یا جدار باید به مولکول‌های آب اجازه دهد که تراوش کنند، اما مولکول‌های دیگر را از تراویدن باز دارد. اکثر غشاها یا جدارهای نازک و صفحه‌مانند که اندام‌های گیاهان و جانوران را از یکدیگر جدا می‌کنند، نیم تراویند. در بدن خود ما، دیواره‌های یاخته‌های قرمز خون و جدارهای مویرگی‌مان را جدارهای نیم تراوا تشکیل می‌دهند.

در حرکت اسمزی، انتقال خالص مولکول‌های آب از جداره از یکی از محلول‌ها به دیگری روی می‌دهد، اما نه در جهت عکس. به یک معنی، عملکردهای غشا به منزله‌ی خیابانی یک طرفه برای مولکول‌هاست. جهت حرکت در این خیابان به غلظت نسبی، یا توانایی، دو محلول بستگی دارد. آب از محلول رقیق‌تر به محلول غلیظ‌تر جاری می‌شود. حال ببینیم در مورد آن باکتری‌های شرور و بدذات در توت فرنگی شما چه اتفاقی می‌افتد.

باکتری علی‌الاصول عبارت است از قطره‌ای پلاسما (خونابه‌ی ژله‌مانند که درون دیواره‌ی یاخته‌ای قرار گرفته که مانند جداره‌ای نیم تراوا عمل می‌کند. پروتوپلاسم باکتری عبارت است از آب با انواع گوناگون ماده‌ی حل

شده در آن؛ این مواد عبارت‌اند از پروتئین‌ها و بسیاری مواد شیمیایی دیگری برای باکتری بسیار مهم‌اند، اما ما در اینجا فعلاً کاری به آن‌ها نداریم.

اکنون، بباید این قطره‌ی داخل جداره را در سیلی از آب بسیار شور یا بسیار شیرین غرق کنیم. ناگهان غلظت ماده‌ی حل شده‌ی خارج از یاخته بیشتر از غلظت آن در داخل می‌شود. یعنی، حرکت نسبتاً آزادانه‌ی مولکول‌های آب در مایع خارجی محدودتر می‌شود، زیرا مواد حل شده از حرکت آن‌ها جلوگیری می‌کنند.

به این ترتیب وضعیت نامتوازنی پیش می‌آید که در آن در دو طرف یک جداره‌ی نازک و نفوذپذیر آب، تمرکز متفاوتی از مولکول‌های آزاد آب صورت می‌گیرد. در اینجا است که مادر طبیعت از بی‌توازنی بدش می‌آید، و همواره تلاش می‌کند تا آنجا که می‌تواند همه چیز را به وضعیت توازن و هموار درآورد. در این حالت، اگر برخی از مولکول‌های آزاد آب در درون از طریق جداره به بیرون مهاجرت کنند، توازن می‌تواند دوباره برقرار شود، و همین اتفاقی است که می‌افتد.

اسمز تقریباً چنان رفتار می‌کند که گویی نوعی فشار از طریق جداره از طرف رقیق‌تر به طرف غلیظ‌تر فشار وارد می‌آورد. دانشمندان این فشار را فشار اسمزی می‌نامند، و چنان با آن برخورد می‌کنند که با موضوع و مبحث فشار و گاز.

در مورد آن باکتری بخت برگشته، نتیجه‌ی نهایی از این قرار است که آب آن را بیرون خواهد کشید، آنگاه باکتری فوراً به خاک خواهد افتاد. دست‌کم، چندان تضعیف می‌شود که دیگر نتواند تولید مثل کند و تکثیر شود. در هر حال، تهدید برای سلامتی از بیخ ریشه‌کن شده است.

به همین دلیل، آنان که دچار سانحه‌ی غرق‌گشتی می‌شوند، وقتی در قایق نجات روی آب دریا سرگردانند، نمی‌توانند از آن «آب، آب، آبی که همه جا را فرا گرفته» بنوشند. در صورت نوشیدن از آب دریا، آب بدن‌شان تا حد مرگ برچیده می‌شود. ماهی آب شیرینی که به داخل آب شور انداخته شود نیز به همین سرنوشت دچار خواهد شد. نیروی اسمزی آب یاخته‌های ماهی را

بیرون می‌کشد و به آب شورتر می‌ریزد، و ماهی بر اثر آب‌زدودگی بدنش هلاک خواهد شد؛ شیوه‌ی مرگ عجیب و غریبی برای یک ماهی.

انتقام ویمپی^۱

اگر آهنربایی قوی در اختیار داشته باشم، آیا می‌توانم با آن اسفناج را بلند کنم؟

خیر! مگر این‌که در داخل یک قوطی فولادی باشد، که از دیرباز به آن قوطی حلبی می‌گویند، حتی اگر جنس‌اش آلومینیم باشد. این آهن پرهواداری که در اسفناج یافت می‌شود به شکلی نیست که آهنربا آن را جذب کند.

آهن وقتی مغناطیسی – جذب به آهنربا – می‌شود که در شکل فلزی باشد، اما نه در هنگامی که با عناصر دیگر ترکیب شیمیایی شده باشد. آهن فلزی در یخچال شما می‌تواند مجموعه‌ای از خرت و پرت‌ها را که مغناطیسی به نظر می‌آیند جذب کند، اما آهن، مثلاً، در شکل زنگ و زنگار نامغناطیسی است. مورد اسفناج هم به همین ترتیب است: آهن موجود در اسفناج (خوشبختانه) به صورت تکه‌های ریز آهن نیست؛ به صورت ترکیب‌های شیمیایی پیچیده‌ای است که هرچه باشد، مغناطیسی و آهنربایی نیست.

اما چرا هر وقت به غذاهای غنی از آهن فکر می‌کنیم، یاد اسفناج می‌افتیم؟ احتمالاً دلیل عمده‌ی این امر پایی، آن شخصیت کارتونی مهارتشدنی است که به مدتی بیش از شصت سال به دنیا نشان داده که ترکیبی از فضیلت، اسفناج، و کندذهنی سرانجام به پیروزی خواهد رسید.

در واقع، هیچ چیز عجیب و غریبی درباره‌ی آهن موجود در اسفناج وجود ندارد. بسیاری از سبزیجات سبز و سایر مواد خوراکی با رنگ‌های متنوع نیز حاوی مقادیر چشمگیری آهن‌اند. جالب این است که یک همبرگر حاوی

۱. Wimpy، شخصیت معروف کارتونی.

همان مقدار آهنی است که هم وزنش اسفناج. پس چطور شد که اسفناج پایی را قدرتمند کرد، در حالی که ویمپی را بزدل و ترسو بار آورد؟

پایی فقط به مادرهای آمریکایی کمک می‌کرد تا بتوانند به کودکان‌شان سبزیجات بخورانند - بخصوص اسفناج، که به دهن بیشتر کودکان طعم مزخرف اکسالیک اسیدی را می‌دهد که حاوی آن است. اگر پدر اتفاقاً بدنی عضلانی نداشت که مدل مناسبی باشد، مادر همواره از پایی به عنوان جانشین بی‌چون و چرای او بهره می‌برد.

در مورد مواد غذایی کانی (معدنی) مطالب زیادی گفته شده است. اما درباره‌ی قدرت افسانه‌ای پایی چه می‌توان گفت؟ چرا او قوطی‌های (کنسرو) کدو حلوائی یا شغلم را به جای اسفناج نمی‌بلعد؟ چرا الیز سِگار، خالق کارتون پایی، تصمیم گرفت که اسفناج عامل عضلانی شدن آن ملوان شخصیت کارتونیش باشد؟

در اینجا نیز حکایت همان آهن افسانه‌ای به میان می‌آید. کسانی که در خون خود آهن کافی ندارند غالباً پژمرده و ناتوان‌اند. صفت کم خون عملاً به کسانی که دچار ضعف و فرسودگی‌اند اطلاق می‌شود. البته، این به معنای آن نیست که خوردن آهن بیشتر شما را که دچار کم خونی نیستید، قوی‌تر می‌کند.

در تعمیرگاه اتومبیل

اتومبیل تان در برابر چشم تان دارد زنگ می زند و می پوسد؛ استارت نمی زند؛ لاستیک هایش صاف شده اند؛ در روی مسیر یخ بسته سُر می خورد و می لغزد، به یک شاخه ی درخت برخورد می کند و شیشه ی جلو نشکن و تلقی آن می شکند. آیا فهم تمامی نکته های علمی که در پس این رویدادها نهفته اند، مایه ی آرامش نخواهد بود؟ بله. این امر شدنی است، اما بعد از این که آرام شدید.

در این فصل به برخی پدیده های جالب و شگفتی می نگریم که از ماجرای عاشقانه ی ما با این موتور احتراقی اعصاب خردکن و جهنمی سر برداشته اند.

یک معضل تکان دهنده

در آب و هوای سردسیری، باتری اتومبیل من نیمه جان کار می کند. در هوای کاملاً سرد، اصلاً استارت هم نمی زند و ماشین را روشن نمی کند. با همه ی این ها شنیده ام که هرگاه باتری های چراغ قوه را در یخچال بگذارم، دوباره فعال و کارآمد می شوند. چرا سرما برای باتری های چراغ قوه خوب اما برای باتری های اتومبیل بد و زیانبار است؟

هیچکس به شما نمی گوید که وقتی باتری های چراغ قوه سردند، از آنها استفاده کنید. در هنگام سرد بودن، این باتری ها هم مثل باتری های اتومبیل وارفته و بی جان اند. سرما از کار این هر دو نوع باتری جلوگیری می کند. اگر قرار است مقدار تعیین شده ی «برق» را از آنها بکشید، باید در دمایی حدود

دمای اتاق قرار گیرند.

باتری‌ها الکتریسیته‌ی، جریان الکترون‌های، خود را از طریق واکنش شیمیایی تولید می‌کنند، و تمام واکنش‌های شیمیایی در دماهای پایین‌گند می‌شوند. یک باتری را سرد کنید تا دمایش از دمای متعارف (اتاق) خیلی پایین‌تر آید. در این صورت تعداد الکترون‌هایی که در هر ثانیه می‌تواند عرضه کند (به زبان تخصصی، مقدار شدت جریانی که می‌تواند تحویل دهد) شدیداً افت می‌کند، حالا چه باتری چراغ قوه باشد یا باتری اتومبیل. باتری‌های سرد در واکمن شما موسیقی تند را به موسیقی ملایم تبدیل می‌کند. و بدانید که آن‌ها را تا وقتی گرم نشده‌اند به کار نیندازید.

تنها توانایی باتری تأمین جریان الکتریکی - فراهم آوردن جریان قوی الکترون‌ها بنا بر تقاضا - است که آن هم در دماهای پایین متوقف می‌شود. سرما عملاً بر نیرویی که باتری با آن الکترون‌ها را ارسال می‌کند (یعنی، ولتاژ) تأثیری ندارد. یک نکته‌ی دیگر: حتی وقتی باتری‌ها وصل نیستند، یعنی حتی وقتی مقادیر تعیین شده‌ای (برنامه‌ریزی شده‌ای) الکتریسیته تحویل نمی‌دهند، از آن‌ها مقداری الکتریسیته نشت و تراوش می‌کند. این مقدار الکتریسیته به منبع محدود ماده‌ی شیمیایی آن‌ها خورانده می‌شود. اگر آن‌ها را سرد نگه دارید حتی این مقدار اندک واکنش شیمیایی را هم در آن‌ها متوقف کرده‌اید و توان را برای وقتی واقعاً نیاز دارید، ذخیره می‌کند. اما باتری‌های قلیایی (الکالاین) امروزی چنان عمر مفید درازی دارند که قرار دادن‌شان در یخچال کم‌تر تأثیری در آن می‌گذارد.

در باتری‌های اتومبیل که حاوی یک مایع (سولفوریک اسید) هستند، یک عامل محدود کننده‌ی دیگر ناشی از سرما وجود دارد. وقتی باتری جریان الکتریکی می‌دهد، برخی اتم‌ها (در واقع، این‌ها یون هستند، اما اینجا از آن‌ها حرفی نمی‌زنیم) باید از طریق اسید از قطب مثبت داخلی به قطب منفی و برعکس مهاجرت، یا شنا، کنند. در دماهای پایین حرکت این اتم‌ها به نحو چشمگیری کند می‌شود، از این رو توانایی باتری برای تأمین و تحویل جریان نیز زایل می‌شود.

برخی تعمیرکارهای قدیمی حاضرند سوگند یاد کنند که اگر مدتی طولانی باتری اتومبیل را روی بتن رها کنند، به جای این که آن را در قفسه جای دهند، این بتن «الکتریسیته‌ی آن را می‌مکد و خارج می‌کند». البته، در این مورد ماجرای که اتفاق می‌افتد این است که کف بتنی تعمیرگاه سرد است و گرما را از باتری می‌گیرد.

در واقع باید مواظب باشید که تعمیرکار هیچ کاری برای باتری شما نمی‌کند، اما پولاتان را از کیفتان بیرون می‌کشد و نه این که برای اتومبیل‌تان برق از باتری بیرون بیاورد.

تجربه‌ی خردکننده

به دلایل آشکار، شیشه‌ی جلوی اتومبیل چنان ساخته می‌شود که وقتی بر اثر ضربه و تصادف می‌شکند، خرده شیشه‌هایش به اطراف نمی‌پاشند و پراکنده نمی‌شوند. اما چرا این شیشه‌ها به جای این که به چند قطعه‌ی بزرگ شکسته شوند، به هزاران تکه‌ی کوچک تقسیم می‌شوند؟ در این نوع شیشه‌ها چه اتفاقی می‌افتد که به این صورت شکسته می‌شوند؟

جلوگیری از پراکنده شدن تکه‌های شیشه کار نسبتاً آسانی است. شیشه‌ی جلوی اتومبیل در واقع یک ساندویچ است، که شیشه نقش «نان» را در آن بازی می‌کند و یک ماده‌ی پلاستیکی قابل انعطاف و کشسان «ملات» آن را تشکیل می‌دهد که می‌تواند بدون شکستن دندان‌دانه دندان‌دانه شود. وقتی گوی بولینگ به شیشه‌ی جلو برخورد می‌کند، قسمت اعظم تکه‌های شیشه به جای آن که به اطراف پراکنده شوند به آن ورق پلاستیکی وسط چسبیده می‌مانند. اما چرا به میلیون‌ها تکه‌ی ریز تقسیم می‌شود و به چند تکه‌ی بزرگ نمی‌شکند که در هنگام شکستن جام شیشه‌های معمولی (شیشه‌ی پنجره) اتفاق می‌افتد؛ این پرسش دیگری است. این امر به چگونگی عمل‌آوری یا پیش‌آماده‌سازی

شیشه مربوط می‌شود که برای مستحکم‌تر کردن آن انجام می‌شود. البته، شیشه‌های جلوی اتومبیل‌ها باید از شیشه‌های معمولی محکم‌تر باشند. مهندسان برای محکم‌تر کردن یک ماده غالباً به پیش‌تنش‌گذاری - قرار دادن آن در معرض نیروهایی معین - متوسل می‌شوند. و با شیشه‌ی جلوی اتومبیل هم همین عمل را انجام می‌دهند.

در حالی که شیشه پس از این‌که شکل‌گرفت هنوز هم در دمای بالایی نگه داشته می‌شود، سطوح - و فقط سطوح - آن را فوراً سرد می‌کنند. این عمل ساختار مولکولی شیشه‌ی داغ (با دمای بالا) را حبس می‌کند، که ساختار و گسترده‌تر و منبسط‌تری نسبت به شیشه‌ی با دمای متعارف (دمای اتاق) دارد. بعد تمامی صفحه‌ی شیشه را به آهستگی خنک می‌کنند تا به دمای اتاق برسد، در پوسته‌اش ساختار دمای بالای منجمدشده را نگه می‌دارد، در حالی که درونه‌اش جمع می‌شود و به صورت ساختار سفت‌تری در دمای اتاق در می‌آید. به این ترتیب، ترکیبی از نیروهای متقابل کششی رفتاری در داخل شیشه‌گیر می‌افتند و حبس می‌شوند - نوعی محبوس کردن، هل دادن و کشیدن که کل ساختار را تقویت می‌کند.

این انرژی محبوس در همان لحظه‌ای که جایی از شیشه ترک بر می‌دارد یا می‌شکند، آزاد می‌شود. با بهره‌جستن از این انرژی، شکستگی به مثابه واکنشی زنجیره‌ای در سرتاسر سطح تحت تنش پخش می‌شود. چون بر هر بخش از سطح تنش وارد می‌آید، ترک‌ها و شکستگی‌ها در تمامی این سطح به یک میزان پیش می‌روند، که نتیجه‌ی آن الگوی شن و ماسه‌مانندی از هزاران و میلیون‌ها تکه و خرده شیشه است.

نپرسیدی، اما...

بتن را چگونه پیش‌تنیده می‌کنند؟

در حالی که جاری می شود، آن ها موسیقی هارد راک را می نوازند. استحکام بتن پیش تنیده، آن طور که در مورد شیشه ی جلوی اتومبیل دیدیم، از عملیات حرارتی ناشی نمی شود. بتن پیش تنیده عبارت است از بتن حاوی کابل های فولادی که تحت کشش قرار گرفته باشند - یعنی، بتنی که پیش از سفت شدن، از طریق کشیدن به طور طولی تحت تنش قرار می گیرد. سپس کابل ها (آرماتورها) به انقباض گرایش می یابند گویی نوارهای لاستیکی فوق العاده سفتی اند، اما از آنجا که نمی توانند منقبض شوند، بتن را تحت تراکم ثابتی سخت و سفت نگه می دارند. به یک معنا، بخشی از انرژی تنش ناشی از کشش اولیه در داخل سازه به شکل تراکم و فشردگی محبوس شده است، و آن را مستحکم تر می کند، زیرا بتن تحت تراکم بسیار محکم تر است، اما در شرایط تحت تنش خیلی مقاوم نیست.

از بین بردن پوسته ی زنگاری (زنگ زدگی)

همه چیزم زنگ می زند، آره، نه واقعی، اما این طور به نظر می رسد؛ همیشه باروغن کاری، سمباده کاری (لیسه زدن)، و رنگ زدن هر چیزی که دارم، از ابزار تا ماشین چمن زنی تا نرده ها، در حال مبارزه با زنگ زدگی ام. اتومبیل که دیگر نیازی به گفتن نیست. شاید اگر در مورد علل اولیه ی زنگ زدگی اطلاعاتی داشته باشم، بتوانم جلوی آن را بگیرم. آیا کسی می تواند در این زمینه به من کمک کند؟

آهن به اضافی اکسیژن به اضافی آب مساوی است با زنگ و زنگ زدگی. همه اش همین است. وقتی این سه عامل یک جا حضور داشته باشند، زنگ زدگی اجتناب ناپذیر و حتمی است. اما اگر هر عضوی از این هیئت سه نفره ی شوم غایب باشد، می تواند زنگ زدگی ای پیش نیاید. اکسیژن و بخار آب خوشبختانه برای ما موجودات زنده، و بدبختانه برای

ابزار باغبانی و اتومبیل‌ها در همه جای محیط و جو یافت می‌شوند. و از بخت خوش یا بد، تمامی مرکز سیاره‌ی ما، هسته‌ای که قطر آن به حدود شش هزار و پانصد کیلومتر می‌رسد، تقریباً نود درصدش آهن است. حتی در خورشید و ستارگان هم آهن یافت می‌شود.

بر روی سطح زمین، که از آنجا حفاری را برای معدنکاری آغاز می‌کنیم، آهن فراوان‌ترین عنصر از هشتاد و هشت عنصر شناخته شده بشمار می‌آید. بنابراین، آهن ارزان‌ترین و پرمصرف‌ترین فلزات است، چه به صورت آهن کار شده (فرفورژه)، فولاد (آهن و کربن موجود در آن)، و یا هر کدام از آلیاژهای متنوع و متعدد آن.

اما نمی‌توانید از دست آهن، اکسیژن، آب خلاص شوید، و به این علت جای تعجب ندارد که با این مشکل زنگ‌زدگی مواجه باشید. اما شما تنها نیستید. زنگ‌زدگی از دوره‌های پیش از تاریخ آدمی را به ستوه آورده است. در این ماجرا تبهکار و شرور اصلی اکسیژن است. در فرایندی به نام اکسایش^۱، اکسیژن با اکثر فلزات واکنش برقرار می‌کند تا اکسیدها را تشکیل دهد، و زنگ‌زدگی یکی از اشکال اکسید آهن است. (در محافل شیمی‌دان‌ها، این ماده را اکسید فریک آبدار شده یا اکسید فریک هیدراته^۲ می‌گویند). تحت شرایط مناسب و صحیح، اکسیژن با بسیاری از فلزات از جمله با آلومینیم، کرم، مس، سرب، منیزیم، جیوه، نیکل، پلاتین، نقره، قلع، اورانیم، و روی واکنش برقرار می‌کند. در واقع، در میان تمام فلزاتی که احتمالاً می‌شناسید، فقط طلا به‌طور کامل از حمله و تهاجم اکسیژن در امان و مصون است. این واقعیت، به اضافه‌ی کم‌یابی طلا و رنگ منحصر بفرد آن، باعث شده که قیمت این فلز تا این حد بالا باشد.

(اتفاقاً، این‌که محصولات پاک‌کننده‌ی جواهراتی را اعلام و تبلیغ می‌کنند «زنگار و تیرگی» را از جواهرات و طلای شما «می‌زدایند» کلاهبرداری و شیادی است. طلا نه زنگار می‌بندد و نه تار می‌شود. آب و صابون معمولی هرگونه چرک و آلودگی را از آن پاک می‌کند).

1. oxidation

2. hydrated ferric oxide

اکسایش (اکسیده شدن) همه‌ی فلزات دیگر را مانند آهن نمی‌فرساید، از شکل نمی‌اندازد، و خراب نمی‌کند. به این علت است که اکثر فلزات دیگر به نحوی از این نقطه‌ی قوت برخوردارند که خود را از جویده شدن به وسیله‌ی اکسیژن محفوظ نگه می‌دارند. مثلاً، واکنش اکسیژن با آلومینیم بسیار آسان صورت می‌گیرد، اما اتفاقاً نخستین لایه‌ی نازک اکسید بر سطح فلز چنان سخت و محکم و هوابندی شده است که بنیه‌ی فلز را از حمله‌ی بیشتر اکسیژن و زنگ محافظت می‌کند. سایر فلزات، مثلاً مس، چندان کند وارد واکنش می‌شود که فقط اندکی تیره می‌شود. در این صورت پوشش اکسید بقیه‌ی فلز را از خوردگی شدید محافظت می‌کند.

اما، وقتی اکسیژن و آب به آهن حمله می‌کنند، اکسید قهوه‌ای مایل به قرمز به آن نمی‌چسبد. بنا بر تجربه‌های غم‌انگیز و ناراحت‌کننده‌ای که داریم، اکسید آهن ورقه ورقه و از آن جدا می‌شود، و سطوح تازه‌تری از فلز را بار دیگر در معرض حمله‌ی هوا و رطوبت قرار می‌دهد. از قضا آرایش مولکولی اکسید آهن آن را به ماده‌ای ضعیف و شکننده تبدیل می‌کند، و در این خصوص هیچ کاری نمی‌توانیم بکنیم. اما، در بازار فرآورده‌هایی یافت می‌شود که می‌توانند ساختار زنگ را به پوشش سفت و چسبنده تبدیل کنند. سری به بازار ابزارآلات بزنید.

بنابراین، تنها راه دفاع خانگی در برابر زنگ‌زدگی عبارت است از دور نگه داشتن آهن از تماس طولانی با رطوبت یا اکسیژن. هرگز ابزار فلزی خود را در جای نم‌دار قرار ندهید. و هر چیزی که در داخل کیسه‌های پلاستیکی هوابندی شده قرار داده شود فقط ممکن است تا همان درجه‌ای زنگ بزند که مقادیر محدود اکسیژن و بخار آب در کیسه نگه داشته شده است. متأسفانه، بدون رنگ‌کاری تنها کاری که می‌توانید انجام دهید، همین است.

انجام دهید اگر اکسیژنی وجود نداشته باشد، آهن حتی اگر در آب هم غوطه‌ور شود زنگ نمی‌زند. مقداری آب را چند دقیقه به شدت بجوشانید تا قسمت اعظم هوای محلول در آن خارج شود و سپس آن را در یک ظرف شیشه‌ای یک شب بگذارید بماند. ظرف مشابهی را از آب

آشامیدنی پر کنید. درون هر یک از آن‌ها میخ آهنی بیندازید و دو روز بگذارید بمانند. میخ داخل آب جوشیده خیلی کم‌تر از میخ داخل آب معمولی لوله‌کشی زنگ می‌زند. (جوشاندن آب نمی‌تواند اکسیژن خیلی زیادی را از آب خارج کند، در نتیجه میخ داخل آب جوشیده باز هم زنگ می‌زند؛ اما دیرتر و کم‌تر.)

نپر سیدی، اما...

چرا نمک زنگ‌زدگی را در اتومبیل‌ها شتاب می‌بخشد، چه نمک موجود در هوای ساحل دریا و اقیانوس و یا نمکی که در زمستان‌های یخبندان در سطح آزادراه‌ها، بزرگراه‌ها، و خیابان‌ها می‌پاشند؟

زنگ‌زدگی بر اثر مجاورت آهن و اکسیژن اتفاق می‌افتد که عملاً یک باتری الکتریکی ریز، در مقیاس اتمی، را تشکیل می‌دهد. یعنی، مولکول‌های اکسیژن از اتم‌های آهن بیرون کشیده می‌شوند، و این عمل دقیقاً همان اتفاقی است که در داخل باتری می‌افتد: یک ماده الکترون‌ها را از ماده‌ای دیگر می‌رباید. هر چیزی که به الکترون‌ها کمک کند از اتم‌های آهن به مولکول‌های اکسیژن منتقل شوند، به این فرایند کمک خواهد کرد.

نمک به این علت به این فرایند کمک می‌کند که وقتی نمک در آب حل می‌شود محلولی درست می‌شود که رسانای خوبی برای الکترون‌هاست. بنابراین، نمک از طریق کمک کردن به تحویل دادن الکترون‌های اتم آهن به مولکول‌های پراشتهای اکسیژن، فرایند زنگ زدن آهن را آسان‌تر و سریع‌تر می‌کند.

گوشزد

در سازوکار اتم به اتم نسبتاً پیچیده‌ی زنگ زدن، نمک به هدایت (رسانایی)

اتم‌های آهن باردار (یون‌ها) تا جایی که باید بروند، نیز کمک می‌کند. افزون بر این، کلر موجود در نمک، که سدیم کلرید است، تأثیر جداکنندگی بر آهن دارد. اما این موضوع خیلی فراتر از آن مطالبی است که قرار است اینجا فرا گیریم. تنها کاری که باید انجام دهید این است که در آب نمک رانندگی نکنید.

کمک! ضد یخ من یخ زد!

من با پیش‌بینی فرا رسیدن یک زمستان سرد نامتعارف، سیستم خنک‌کن اتومبیل را تخلیه کردم و به جای آن ضد یخ معمولی و ساده ریختم که مخلوط نصف نصف با آب است. حالا یک تعمیرکار به من می‌گوید ضد یخ معمولی و ساده در دمایی بالاتر از دمایی یخ می‌زند که پنجاه درصد ضد یخ، منجمد می‌شود. چنین چیزی ممکن است؟

شاید عجیب به نظر برسد، اما حق با آن مکانیک است. آمیزه‌ی نصف نصف اتیلن گلیکول و آب تا دمایی حدود ۳۷ درجه‌ی سلسیوس (۳۷- درجه‌ی سلسیوس) یخ نمی‌زند، در حالی که ضد یخ خالص در حدود دمای ۱۲- درجه‌ی سلسیوس یخ می‌زند. ببینیم چه اتفاقی می‌افتد.

ماجرای این قرار است که آمیختن هر چیزی و به هر صورتی در آب نقطه‌ی انجماد را به پایین‌تر از مقدار متعارف نقطه‌ی انجماد آب (صفر درجه‌ی سلسیوس یا ۳۲ درجه‌ی فارنهایت) می‌برد. علی‌الاصول، می‌توانید نمک، شکر، یا اسید باتری را در آب رادیاتور اتومبیل‌تان بریزید و ملاحظه کنید که نقطه‌ی انجماد یخ‌زدن را پایین می‌برند، اما به دلایل روشن ریختن این مواد در رادیاتور توصیه نمی‌شود.

در روزهای اولیه‌ی تولید اتومبیل، گاهی شکر یا عسل به عنوان ضد یخ به کار می‌بردند. بعداً برای این کار الکل رایج شد، اما الکل هم خیلی زود به جوش می‌آید. امروزه از مایع شیمیایی بی‌رنگی به نام اتیلن گلیکول استفاده

می‌کنیم، که جوش نمی‌آید (وقتی موتور کار می‌کند و داغ می‌شود). ضدیخی که در بازار یافت می‌شود حاوی بازدارنده‌های زنگ و رنگ درخشانی است تا نشد در سیستم خنک‌کن (رادیاتور) را مشخص کند، و تصادفی نیست که ساخت این ماده از لحاظ فنی بسیار پیچیده باشد.

توان مواد محلول در آب در حفاظت در برابر یخ زدن باید بین آرایش مولکول‌های مایع (مانند آب) و جامد (مانند یخ) تفاوت به‌وجود آورد. در آب، مانند تمام مایعات، مولکول‌ها به این سو و آنسو آزادانه می‌لغزند. این مولکول‌ها کم و بیش یکدیگر را جذب می‌کنند، اما مانند بسیاری جامدات، در نقاط ثابتی به هم وصل نمی‌شوند. به همین علت است که می‌توانید یک مایع را بریزید یا جاری کنید که در خصوص جامدات چنین نیست.

پس، برای این‌که یک مایع یخ بزند (منجمد شود)، باید سرعت مولکول‌هایش کاهش یابند و در مواضع بسیار سفت و سخت و مناسبی مستقر شوند که بلور یخ را اشغال کنند. اگر زمان طولانی برای یافتن این مواضع سپری شود - یعنی، اگر سرعت مولکول‌ها به تدریج و از طریق سرد شدن تدریجی به اندازه‌ی کافی کند شود - آب قادر خواهد شد تکه‌های نسبتاً بزرگ یخ را تشکیل دهد. دقیقاً همین اتفاق است که از آن واژه داریم، زیرا وقتی آب یخ می‌زند، منبسط می‌شود و فشار ناشی از آن می‌تواند در مسیرهای آب رادیاتور در پیکره‌ی موتور، ترک ایجاد کند.

مولکول‌های بیگانه در آب، مانند اتیلن گلیکول، به دو طریق یک آچار فرانسه به داخل این فرایند انجماد پرتاب می‌کند. نخست، صرفاً از طریق به هم ریختن آن مکان، در توانایی مولکول‌های آب برای استقرار در مکان‌های صحیحی که باید باشند تا بلور یخ تشکیل شود، دخالت می‌کنند. مثل این است که گویی یک گروه نظامی می‌خواهد مشق کند در حالی که جمعیت زیادی افراد غیرنظامی در این سو و آن سوی میدان مشق دارند می‌دوند یا راه می‌روند. مولکول‌های بیگانه، با این شیوه‌ی مزاحمت، مانع می‌شوند که بلورها رشد کنند و بزرگ شوند و آن گونه که باید، یکنواخت شوند. در این

صورت، حتی اگر آب یخ بزند حاصل آن برفابه‌ای (شُلایی) از بلورهای کوچک یخ، و نه قطعاً بزرگ و سخت یخ که موتور را بترکانند، خواهد بود. اما تأثیر عمده‌ای که مولکول‌های پیگانه بر یخ بستن آب می‌گذارند، از این قرار است که آب را تا رسیدن به دمای پایین‌تر از دمای متعارف یخ زدن، از یخ بستن باز می‌دارند. اتفاقی که می‌افتد از این قرار است که مولکول‌های اتیلن گلیکول آب را رقیق می‌کنند، و به این وسیله تعداد مولکول‌های آب را که می‌توانند انبوه شوند و نقطه‌ای را برای تشکیل یک بلور یخ پدید آورند، کاهش می‌دهد. به این علت، باید سرعت حتی بیشتر مولکول‌های آب را با کاهش مداوم دما کند کنیم، تا نگذاریم مقدار کافی از آن‌ها کنار هم گرد آیند و بلور یخ را تشکیل دهند.

پس، چرا اتیلن گلیکول در دمایی بالاتر از یک آمیزه‌ی ۵۰ درصدی آن با آب منجمد می‌شود و یخ می‌زند؟ این ماده سریع‌تر یخ می‌زند زیرا مولکول‌های اتیلن گلیکول مزاحم مولکول‌های آب می‌شوند، درست همان‌طور که مولکول‌های آب مزاحم مولکول‌های اتیلن گلیکول می‌شوند. عمل در هر دو مسیر انجام می‌شود. آب نقطه‌ی انجماد اتیلن گلیکول را پایین می‌آورد، درست در همان هنگام که اتیلن گلیکول نقطه‌ی انجماد آب را پایین‌تر می‌آورد. به این ترتیب، اتیلن گلیکول مخلوط با آب به آن آسانی که در حالت خالص است، یخ نخواهد زد. بله، می‌توان گفت که آب ضدیخ‌ها را از یخ زدن باز می‌دارد.

نپرسیدی، اما...

در برچسب روی ظرف ضدیخ نوشته شده که نه تنها مانع یخ زدن آب رادیاتور می‌شود، بلکه از جوش آمدن آن هم جلوگیری می‌کند. جوشیدن با یخ زدن (انجماد) چه ارتباطی دارد؟

مواد محلول، از طریق مداخله و ایجاد مزاحمت برای مولکول‌های آب نه تنها نقطه‌ی انجماد آن را پایین می‌آورند، بلکه نقطه‌ی جوش آن را هم از طریق دشوارتر کردن شرایط برای به هوا رفتن مولکول‌های آب، نقطه‌ی جوش آن را هم بالا می‌برند. با حل کردن اتیلن گلیکول در آن، آب رادیاتور باید به دمایی بالاتر از دمایی برسد که قبلاً در آن دما جوش می‌آمد. آمیزه‌ای از ۵۰ درصد اتیلن گلیکول در آب تا دمای ۱۰۸ درجه سلسیوس جوش نمی‌آید. اما، امروزه دیگر از این مزیت استفاده نمی‌کنند. زیرا سیستم‌های سرد کننده‌ی امروزی تحت فشارند، و در فشار بالا نقطه‌ی جوش هم آب و هم اتیلن گلیکول بالاتر از نقطه‌ی جوش آن‌ها در فشار متعارف (فشار جو) است.

نکته در سیستم خنک‌کننده‌ی موتور اتومبیل (رادیاتور)، ضدیخ معمولی زودتر از مخلوطی از ضدیخ و آب، یخ می‌زند. آب ضدیخ را از یخ زدن باز می‌دارد.

اسکی کردن اتومبیل: ورزشی فقط برای یک بار

من در جایی با اقلیم سرد زندگی می‌کنم، و راه اتومبیل‌رو خانه‌ام شب تندی دارد، وقتی این جاده یخ می‌زند، روی آن ماسه می‌پاشم تا اصطکاک سطح لاستیک‌های اتومبیل‌م را بیشتر کنم. اما آخرین باری که این کار را کردم (و آخرین بار هم خواهد بود)، ماسه کارآمد نشد. مثل ساجمه‌های خیلی ریزی در زیر تایرها عمل کرد، و پیامدهای مخاطره‌آمیزی هم داشت. چرا این ماسه‌ها اصطکاک لاستیک‌های اتومبیل‌م را تأمین نکردند؟

روز بسیار سردی بود، این‌طور نیست؟ شاید دما زیر صفر رفته بود. مشکل هم همین بود. ماسه وقتی که خیلی سرد باشد کارساز نیست. برای بیشتر کردن اصطکاک، باید قسمتی از دانه‌های شن و ماسه در یخ فرو روند، چاله چوله‌های کوچکی را در سطح صاف و هموار پدید آورند –

عملاً، روی یخ «کاغذ سنپاده» بسازند. فشار اتومبیل روی شن و ماسه است که این کار را انجام می‌دهد. وقتی لاستیک اتومبیل بر یک دانه‌ی شن روی یخ فشار وارد می‌آورد، کمی از یخ در زیر این دانه‌ی شن آب می‌شود، و دانه‌ی شن در آن فرو می‌رود. آنگاه آن آب دوباره در اطراف آن دانه‌ی شن یخ می‌زند.

یخ تحت این فشار به این علت ذوب می‌شود که یخ شکل پر حجم‌تر آب است، و وقتی فشار بر آن وارد آید به شکل کم حجم‌ترش، آب مایع، تبدیل می‌شود. بدون این اثر فشار ذوب‌کننده، شن و ماسه نمی‌تواند خودش را در داخل یخ جای دهد.

مسئله این است که هرچه یخ سردتر باشد، فشار لازم برای ذوب کردن آن باید بیشتر باشد، زیرا مولکول‌های آب در بلور یخ با سرسختی بیشتری در جای خود محکم و مستقر می‌شوند و نمی‌توانند به آسانی برانگیخته شوند و با قید و بند کم‌تری به اطراف حرکت کنند، آن‌طور که مولکول‌های یک مایع به این سو و آن سو حرکت می‌کنند. هرچند یک اتومبیل مقدار زیادی فشار به هر دانه‌ی شن و ماسه وارد می‌آورد، اما این فشار در هوای زیر صفر برای ذوب کردن یخ کافی نیست.

با پای پیاده این کار را بهتر انجام می‌دهید. چرخ لاستیکی وسیله‌ای نیست که بالاترین فشار را وارد آورد، زیرا جنس آن کشسان و انعطاف‌پذیر است. کف کفش‌ها احتمالاً سخت‌تر است، و هرچند که فرض می‌کنیم وزن شما کم‌تر از یک چهارم وزن اتومبیل‌تان است (مراد وزن روی یک چرخ است)، باز هم می‌توانید فشار بیشتری را بر دانه‌های شن وارد آورید - یعنی میزان کیلوگرم‌های بیشتری بر هر سانتی‌متر مربع - تا فشاری که اتومبیل وارد می‌آورد، و دانه‌ی شن از طریق سازوکار ذوب کردن یخ خودش را در یخ فرو می‌برد.

دنباله‌دار مرد نمکی

وقتی جاده و خیابان یخ می‌زند، روی آن نمک می‌پاشیم و یخ را ذوب می‌کنند. اما چگونه چیزی بدون گرما می‌تواند یخ را ذوب کند؟ می‌گویند علت این امر آن است که نمک نقطه‌ی انجماد آب را پایین می‌آورد، اما این امر چگونه می‌تواند درباره‌ی یخ مصداق پیدا کند؟ یخی که هم اکنون یخ زده و منجمد است.

برخلاف آنچه که همه می‌گویند، یخ روی خیابان ذوب نمی‌شود، مانند شکری که در قهوه یا چای ذوب می‌شود. مردم غالباً ذوب شدن و حل شدن را اشتباه می‌گیرند. («به چتر نیازی ندارم؛ باران که مرا ذوب نمی‌کند.») اما ذوب شدن، آن‌طور که همین حالا توجه کرده‌اید، به گرما نیاز دارد. قطعاً می‌توانید یخ یا شکر را با گرما دادن آن‌ها ذوب کنید، اما این همان کاری نیست که نمک با یخ انجام می‌دهد. نمک یخ را حل می‌کند.

از اصطلاح ذوب شدن یا ذوب کردن برای پدیده‌ی نمک بر روی یخ فقط به این علت بهره می‌گیریم که مشاهده می‌کنیم یخ ناپدید می‌شود و یک مایع – آب نمک – باقی می‌ماند. و ذوب شدن اتفاقاً فقط کلمه‌ای است که نیاکان ما برای عبارت «یخ برو، آب بیا» ابداع کرده‌اند. اما، معلمان و کتاب‌های درسی علوم باید بهتر از آن آگاه باشند که در این دام زبانی نیفتند.

شما هم احتمالاً مانند بسیاری کسان دیگر در مدرسه فرا گرفته‌اید که «نمک نقطه‌ی انجماد آب را پایین می‌آورد.» اما به معنای واقعی کلمه این‌طور نیست. ریختن نمک در سطح خیابان یخ‌زده به هیچ وجه نمی‌تواند نقطه‌ی انجماد آب را تغییر دهد. دمای انجماد یا ذوب – که برای هر دو یکی است – صفر درجه‌ی سلسیوس (۳۲ درجه‌ی فارنهایت) است. همیشه چنین بوده و چنین خواهد بود. آنچه که باید در کتاب‌های درسی نوشته شود و معلمان علوم هم بگویند از این قرار است که آب نمک در دمایی پایین‌تر از یخ زدن آب خالص منجمد می‌شود. این گزاره و حکمی کاملاً متفاوت است.

بر روی سطح خیابان، نمک ابتدا با یخ آب نمک می سازد، و سپس آب نمک حاصل یخ زده باقی می ماند زیرا نقطه ی انجماد آن - و نه نقطه ی انجماد آب - در واقع پایین تر از دمای هواست. شاید، این تمایز ظریفی باشد اما برای فهم آنچه که اتفاق می افتد بسیار مهم است.

اولاً، نمک چگونه از یخ آب نمک می سازد؟ این طور می شود که اتم های سدیم و کلر (در واقع، یون های سدیم و کلر، اما اینجا در این خصوص بحث نمی کنیم)، که سدیم کلرید، یا نمک، را تشکیل می دهند میل شدیدی به مولکول های آب دارند. (تولید کنندگان نمک باید یک عامل ضدچسبندگی اضافه کنند تا نمک داخل نمک پاش را از چسبیدن ناشی از جذب رطوبت هوا محفوظ نگه دارد). وقتی یک بلور نمک روی سطح یخ فرود می آید، اتم های سدیم و کلر نمک مقداری از مولکول های آب را از آن سطح بیرون می کشند. سپس در آن آب حل می شوند تا چاله ی کوچکی از آب نمک پیرامون آن بلور تشکیل دهند. این چاله ی آب نمک به این دلیل یخ نمی زند که نقطه ی ذوب آن از دمای هوا پایین تر است.

اتم های سدیم و کلری که اکنون در آب نمک حل شده اند به گاز گرفتن سطح یخی ادامه می دهند، درست مانند ماهیان گوشتخواری که یک تکه گوشت را در آب تعقیب می کنند. با تداوم این فرایند، یخ بیشتری در آب نمک حل می شود، و آب نمک هر چه بیشتری تولید خواهد شد. سرانجام، یا تمام یخ ذوب می شود، یا چاله ی آب نمک چنان رقیق می شود که نقطه ی انجمادش دیگر زیر دمای هوا نیست، و آن هم یخ می زند. اما آب نمک فقط در داخل برف آب یخ می بندد، و نه در داخل یخ سفت. در هر حالت، مأموریت شما برای تخریب یخ به انجام رسیده است.

نکته نمک یخ را ذوب نمی کند.

کلکِ گرده‌ی مرغابی

چرا روغن و آب مخلوط نمی‌شوند؟

معمولاً، آب بهترین مخلوط کن و آمیزنده‌ی دنیاست. بیشتر از هر مایع دیگری با اکثر مواد مخلوط می‌شود، با آن‌ها رابطه‌ی عمیق برقرار می‌کند، حتی از ته دل آن‌ها را می‌پذیرد – یعنی، آن‌ها را حل می‌کند. به این علت است که بعضی‌ها آن را حلال عمومی نامیده‌اند.

اما خانواده‌ای از مواد یافت می‌شود که آب از آن‌ها بیزار است و همواره از آن‌ها دوری می‌گزیند؛ این مواد روغن‌ها هستند. آب حتی آنقدر هم به قطره‌ی روغن نزدیک نمی‌شود که آن را مرطوب کند، چه برسد به این که آن را حل کند. آب بر پشت گرده‌ی اردک و مرغابی می‌غلطد. زیرا پره‌های اردک چرب‌اند، و وقتی اردک در آب غوطه می‌خورد، حتی مرطوب هم نمی‌شود. اما شما این‌ها همه را می‌دانستید.

مولکول‌ها، مانند مهمانان یک انجمن اجتماعی، باید دست‌کم چیز مشترکی داشته باشند تا به‌طور موفقیت‌آمیزی با جمع تلفیق شوند و بجوشند. به معنی واقعی کلمه، مولکول‌های آب و روغن عملاً هیچ وجه مشترکی ندارند. چنان که می‌دانید، آب از مولکول‌های کوچک سه اتمی تشکیل می‌شود: دو اتم هیدروژن و یک اتم اکسیژن. از سوی دیگر، روغن‌ها از مولکول‌های درشتی متشکل از چندین اتم کربن و هیدروژن ساخته می‌شوند که فاقد هرگونه اکسیژنی‌اند. مستقل از این که این انجمن و گردهمایی چقدر صمیمانه و عمیق باشد، این احتمال وجود ندارد که این دو موجود مانع‌الجمع به هم نزدیک و با یکدیگر متحد شوند.

در روغن‌ها و چربی‌ها چه چیزی وجود دارد که آن‌ها را در دنیای بزرگ، پهناور، و شگفت آب، این فراوان‌ترین مایع روی زمین، به مطرودان و رانده شدگان بدل می‌کند؟ همین که پی ببریم که چرا آب چنین حلال (حل‌کننده‌ی) قدرتمندی برای بسیاری از مواد دیگر است، خواهیم فهمید که روغن‌ها

صرفاً فاقد آن چیزی‌اند که باید در آب حل شود.

در آب خالص، مانند هر مایع دیگری، مولکول‌ها را نوعی کشش متقابل کنار یکدیگر نگه می‌دارد. اگر چنین نباشد، مولکول‌ها در هوا پراکنده می‌شوند و مایع دیگر اصلاً مایع نمی‌ماند؛ به گاز تبدیل می‌شود. کشش بین مولکول‌ها در آب نسبتاً خاص است. این کشش‌ها از این واقعیت ناشی می‌شوند که مولکول‌های آب قطبی‌اند: یعنی شبیه آهنرباهای میله‌ای ریزاند. اما به جای برخورداری از قطب‌های مغناطیسی شمال و جنوب در سرهای ناهمنام (متضاد)شان، دارای قطب‌های الکتریکی مثبت و منفی‌اند.

حالا، اگر یک لیوان آب را به عنوان یک لیوان پر از آهنرباهای ریز تصور کنید که همگی به هم چسبیده‌اند، می‌توانید پی ببرید که آن‌ها علاقه‌ی فوق‌العاده کمی به مشارکت و همکاری با هر ماده‌ای دارند که مولکول‌های آن نیز آهنربا نیستند. آهنرباها را چیزی جز آهنربا به خود جذب نمی‌کند. بله، یک آهنربا به یک تکه آهن معمولی جذب می‌شود، اما در درون آن آهن میلیون‌ها آهنربای کوچک وجود دارد.

فقط در صورتی که ماده حاوی اتم‌ها یا مولکول‌هایی با قطب‌های الکتریکی باشد آب به آن جذب خواهد شد؛ ابتدا از طریق مرطوب کردنش و سرانجام با پوشاندن آن و حل کردنش، تعداد زیادی از مواد این منظور را تأمین می‌کنند و با آب در می‌آمیزند، اما روغن‌ها مطلقاً در این سیاهه جای نمی‌گیرند زیرا در آن مولکول‌های درشت و دراز روغن، اصلاً چیزی قطبی – و نه قطب‌های الکتریکی – وجود ندارد. به این ترتیب چیزی در آن‌ها وجود ندارد که به مولکول آب جذب شود.

حل کردن کامل‌ترین نوع ممکن آمیختن است. مولکول‌های یک ماده، یک به یک، در میان تک مولکول‌های ماده‌ی دیگر مخلوط می‌شوند. پس، در جایی که حل کردن مورد نظر است، باید نتیجه بگیریم که فقط باز با باز و کیوتر با کیوتر پرواز می‌کنند. اگر کمی از مضمون شاعرانه خارج شویم، به قول شیمیدانان «مواد در مواد مشابه‌شان حل می‌شوند»؛ یعنی، فقط مواد دارای مولکول‌های مشابه با مولکول‌های آب احتمال آمیختن با آب را دارند. و

اوضاع برای مولکول‌های شبیه روغن و مولکول‌های روغن نیز به همین ترتیب است.

حتی اگر موضوع را بیشتر تعمیم دهیم، می‌توانیم انتظار داشته باشیم که ماده‌ای مفروض، اگر اصلاً در چیزی حل شود، در روغن یا آب حل می‌شود، اما نه در هر دو. و عموماً هم این انتظار تأیید می‌شود. نمک و شکر در آب حل می‌شوند؛ بنزین، گریس، و انواع موم در روغن‌ها حل می‌شوند. اما برعکس این قضیه هرگز اتفاق نمی‌افتد.

گوشزد

علاوه بر کشش مولکول‌های قطبی، یا «آهنرباهای الکتریکی»، به سوی یکدیگر، نوع مهم دیگری از کشش بین مولکول‌های آب در کار است. این نوع کشش را پیوند هیدروژنی می‌گویند. بدون این‌که به جزئیات وارد شویم، فقط بگوییم که این پیوند وقتی می‌تواند برقرار شود که مولکول‌ها یک اتم اکسیژن به اضافه‌ی یک اتم هیدروژن داشته باشند؛ یعنی یک به اصطلاح گروه هیدروژنی، OH، در یک سر. مولکول‌های آب دقیقاً با این تجویز و نسخه هماهنگ و دمسازند، و از طریق پیوند هیدروژنی و نیز کشش قطبی، به هم می‌چسبند.

در نظریه‌ی «مواد را مواد مشابه حل می‌کنند»، مواد دیگری که برای پیوند هیدروژنی ساخت و ترکیب مناسبی دارند نیز باید احتمالاً در آب حل شوند. و عملاً هم همین طور است. قند (ساکاروز) مثال و نمونه‌ی آشنایی در این مورد بشمار می‌آید. قند در آب حل می‌شود، نه از آنجا که مولکول‌هایش «آهنرباهای الکتریکی» اند، بلکه به این علت که حاوی گروه هیدروژنی آب مانند هستند و بنابراین با مولکول‌های آب پیوند هیدروژنی برقرار می‌کنند. مولکول ساکاروز عملاً حاوی هشت گروه هیدروژنی است.

اگر مولکول‌های روغن قطبی نباشند، و اگر پیوندهای هیدروژنی تشکیل ندهند، پس چه چیزی را کنار هم نگه می‌دارد؟ این عامل نوع جاذبه (یا

ربایش) مولکول به مولکول به کلی متفاوتی به نام ربایش (جاذبه) واندروالس^۱ است، که ضرورتی ندارد درباره‌ی آن نگران باشیم. (با این احوال، برای کسانی که مشتاق باشند بعداً در این مورد توضیحات کافی خواهد آمد). کافیتست که بگویم این ربایش‌ها همانقدر نسبت به مولکول‌های آب بیگانه و غریبه‌اند که قطب‌های الکتریکی برای مولکول‌های روغن (چربی)، پس، انزجار و دوری‌گزینی آب از روغن کاملاً متقابل و دوجانبه است.

بسیار لغزنده

چرا روغن برای روانکاری تا این حد مفید و خوب است؟

روشن است، زیرا بسیار لغزان است. اما چه چیزی یک ماده را لغزنده می‌کند؟

تمام مایعات تا حد و درجه‌ای لغزنده‌اند، کف زمین یا سطح بزرگراه خیس و مرطوب از آب، همانقدر خطرناک شناخته می‌شود که وکلای مدافع را به لباس‌شان می‌شناسند. اما آب را در موتورهای و سایر ماشین‌آلات به عنوان روانساز به کار نمی‌برند زیرا واقعاً چندان هم لغزنده نیست و زود هم تبخیر می‌شود.

روغن از آب خیلی لغزنده‌تر است زیرا مولکول‌هایش (می‌دانستید که موضوع مربوط به مولکول‌هاست، این‌طور نیست؟) می‌توانند آسان‌تر از مولکول‌های آب روی یکدیگر بلغزند. و چون یک مایع یا سیال چیزی بیش از یک کپه مولکول نیست، وقتی این مولکول‌ها می‌لغزند شما هم لیز می‌خورید (می‌لغزید). وقتی روی یک کپه ساچمه لیز می‌خورید، تعجب نمی‌کنید، این‌طور نیست؟

مولکول‌های آب به همان آسانی مولکول‌های روغن به هر سو نمی‌لغزند

زیرا از مقدار چشمگیری چسبندگی - ربایش‌های نسبتاً قوی به یکدیگر - برخوردارند. نوع خاص ربایش‌های مولکول به مولکول آب عمده‌تاً در مولکول‌هایی رخ می‌دهد که حاوی اتم‌های اکسیژن‌اند؛ که مولکول‌های آب قطعاً از این‌گونه‌اند: اکسیژن یکی از عناصر H_2O (مولکول آب) است. اما مولکول‌های روغن، یعنی مولکول‌های هیدروکربن‌ها که آن معجون شیمیایی چسبناک و سیاه رنگ، به نام نفت را تشکیل می‌دهند، از چیزی جز اتم‌های هیدروژن و کربن درست نمی‌شوند. اصلاً اتم اکسیژنی در آن‌ها یافت نمی‌شود. بنابراین، چنین مولکول‌هایی کاملاً به هم نمی‌چسبند و می‌توانند به آسانی روی یکدیگر بلغزند. از این رو، روانسازهای مطلوب و مناسبی‌اند.

گوشزد

مولکول‌های روغن باید راه دیگر چسبندگی به هم را بیابند، زیرا اگر اصلاً به هم نچسبند، به صورت بخار در هوا پراکنده خواهند شد و تمامی ماشین‌آلاتی که تمدن ما بر چرخ‌های آن‌ها سوارند، با صدای گوش‌خراش قژقژ و غوطه‌ور در دودی غلیظ به تدریج از حرکت باز خواهند ایستاد. مولکول‌های روغن را آن چیزی به هم می‌چسباند که شیمیدانان به آن ربایش واندروالی می‌گویند. شیمیدان‌ها این نیروها را از طریق تکان دادن دستان‌شان تولید و سروصدای زیادی درباره‌ی ابرهای الکترونی توضیح می‌دهند. این داستان وقتی ادامه پیدا می‌کند که یک دسته و گروه از اتم‌ها با یکدیگر به صورت خوشه‌ای تشکیل شوند و یک مولکول را بسازند، آن‌ها الکترون‌هایشان را روی هم می‌گذارند و ابر بزرگ و شلی از الکترون‌ها تشکیل می‌دهند که به صورت گروهی، شبیه به انبوهی پشه که پیرامون خوشه‌های انگور در پروازند، در پیرامون کل مولکول حرکت می‌کنند. از این رو وقتی دو مولکول کنار یکدیگر قرار می‌گیرند، نخستین چیزی که مشاهده می‌کنند ابرهای الکترونی یکدیگر است. پشه‌ها به دیدار پشه‌ها می‌روند. تا اینجا، همه چیز بر وفق مراد است. هیچکس ایرادی به این تصویر نمی‌گیرد؛ تصویری که برای شیمیدانان در توضیح چگونگی برهم کنش

مولکول‌ها با یکدیگر بسیار خوب کار کرده است. اما اکنون به نحو عجیب و غریبی ظاهر می‌شود. علیرغم این واقعیت که تمام الکترون‌ها در این ابرها بار یکسان (منفی) دارند و بنابراین باید یکدیگر را برانند، ظاهراً به نحوی یکدیگر را می‌ربایند و مولکول‌ها را کنار هم نگه می‌دارند. و این همان چیزی است که واندروالس بیان کرد، و به همین خاطر هم جایزه‌ی نوبل فیزیک را در سال ۱۹۱۰ دریافت کرد. به این ترتیب بحث را ادامه می‌دهیم.

در هر حال، این ربایش‌های واندروالس مولکول‌های روغن را آنقدر قوی کنار یکدیگر نگه می‌دارند - بخصوص مولکول‌های بزرگ‌تر و درشت‌تر نفت را که ابرهای الکترونی بزرگی دارند - که نمی‌توانند تبخیر شوند و به هوا روند. اما از آنجا که فقط از طریق خمیری و لهیده شدن ابرهای الکترونی با هم پیوند برقرار می‌کنند، مولکول‌ها باز هم می‌توانند به آسانی روی هم بلغزند.

طنز نهفته در تلمبه‌زنی

چگونه می‌توانم لاستیک دوچرخه‌ام را تا فشار $4/2$ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع در مدت کوتاهی به آسانی با تلمبه باد بزنم، اما برای این‌که با همان تلمبه‌ی دوچرخه فشار لاستیک اتومبیل را، که فقط تا فشار $2/1$ کیلوگرم بر سانتی‌متر باد شده، به اندازه‌ی $1/4$ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع اضافه کنم، باید تا حد بیهوشی از توان خودم استفاده کنم؟

فقط فشار نیست که با آن کلنجار می‌روید؛ باید حجم را هم در نظر بگیرید. در مقایسه با لاستیک دوچرخه، چندین بار بیشتر باید تلمبه بزنید تا «مقدار معینی فشار» به لاستیک اتومبیل اضافه کنید.

آنچه که مردم با تساهل یک «کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع فشار هوا» می‌نامند، مانند مثلاً یک کیلوگرم کره، مقداری هوا نیست؛ این مقدار از جنس فشار است: کیلوگرم نیرو بر سانتی‌متر مربع، که آن را با kg/cm^2 نشان می‌دهند.

این نیرو عبارت است از اثر انبساطی و تراکمی میلیاردها مولکول هوا در داخل لاستیک، که پیوسته هر سانتی‌متر مربع جداره‌ی داخلی آن را بمباران می‌کنند. هرچه مولکول‌های بیشتری را به زور داخل لاستیک بکنید، بمباران گسترده‌تری انجام خواهد شد و فشار هم بیشتر می‌شود. به این علت است که هوای بیشتر فشار را می‌افزاید.

همان‌گونه که حدس زده‌اید، به زور وارد کردن هوا به داخل لاستیکی که فشار هوایش $4\frac{1}{2}$ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع (60 پوند بر اینچ مربع) است دشوارتر از وارد کردن هوا به داخل لاستیکی با فشار داخلی $2\frac{1}{4}$ کیلوگرم بر سانتی‌متر (30 پوند بر اینچ مربع) است. علت این امر آن است که مولکول‌های هوای داخل یک لاستیک شیرورودی را هم بمباران می‌کنند، و به این طریق عبور مولکول‌های بیشتر را از آن دشوارتر می‌کنند. از این رو هر تلمبه زدن در واقع نیازمند تلاش بیشتری است تا بر فشار $4\frac{1}{4}$ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربعی لاستیک دوچرخه فائق آید، تا نیروی لازم برای غلبه بر فشار $2\frac{1}{4}$ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع. باید برای وارد کردن هوا به داخل لاستیک دوچرخه نیرویی دوبرابر بر دسته‌ی تلمبه وارد آورید.

پس تلمبه زدن هوا به داخل لاستیک اتومبیل چرا انجام کار بیشتری را طلب می‌کند؟

گنجایش یک لاستیک معمولی اتومبیل شش یا هشت برابر گنجایش لاستیک دوچرخه‌ی معمولی است. به خاطر این که فشار در هر دو تایر - یعنی آهنگ بمباران مولکول‌ها در هر سانتی‌متر مربع آن‌ها - یکسان باشد، باید مولکول‌های هوای موجود در لاستیک اتومبیل شش تا هشت برابر باشد. بنابراین، برای افزودن هر کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع فشار داخل لاستیک اتومبیل، نسبت به هوایی که وارد لاستیک دوچرخه می‌کنید، ناگزیرید شش تا هشت برابر هوا با تلمبه - با استفاده از شش تا هشت برابر تلمبه‌زنی - وارد کنید. هرچند که برای هر بار فشردن تلمبه (در مورد لاستیک اتومبیل)، نسبت به لاستیک دوچرخه نصف نیرو را وارد می‌کنید و کاری که انجام می‌دهید نصف است، اما باز هم سه تا چهار برابر کار انجام می‌دهید (تعداد تلمبه

زدن تان سه تا چهار برابر است.)

چرا باد کردن (تورم) گرما را زیاد می کند؟

وقتی لاستیک دو چرخه ام را با تلمبه ی دو چرخه باد می کنم، پایدی شیر باد (فتیل) لاستیک گرم می شود. حدس می زنم که این گرما ناشی از اصطکاک هوایی است که در مسیر شیر باد فشرده می شود. اما وقتی همین لاستیک را در دو چرخه سازی با پمپ مخصوص باد می کنم، شیر باد گرم و داغ نمی شود. چه اتفاقی می افتد؟

عامل این گرما نمی تواند اصطکاک باشد، زیرا تقریباً مقدار یکسانی هوا در هر دو مورد به زور از شیر عبور می کند. پاسخ از این قرار است که وقتی هوا (یا هر گازی) فشرده می شود - یعنی، هنگامی که به زور وارد فضای کوچک تر می شود - داغ خواهد شد.

وقتی از تلمبه ی دستی استفاده می کنید، هوا را در تلمبه فشرده و متراکم می کنید، اما وقتی از دستگاه باد استفاده می کنید، هوایی را به کار می برید که قبلاً فشرده شده است. گاز یا هوای دستگاه بادزنی در هنگامی که در داخل مخزن ذخیره شده، داغ است. اما وقتی که لاستیک های کم باد را به تعمیرگاه می برید تا از مخزن باد آن ها را پر کنید، مدتی است که از پر شدن این مخزن گذشته و سرد شده است. کاری که در اینجا می کنید عبارت است از مکیدن مقداری از آن هوای ذخیره شده به درون لاستیک ها. هیچگونه تراکمی صورت نمی گیرد، از این رو گرمایی هم ایجاد نمی شود.

اصلاً چرا فشرده شدن گاز آن را گرم می کند؟

در واقع، مولکول های گاز موجودات آزادی اند؛ آزادانه در همه جا در پروازند، تا آنجا که بتوانند، در داخل محدوده و مرز شان، از هم دور می شوند. برای این که آن ها را مجبور کنید به هم نزدیک تر شوند - مثلاً، آن ها را در محدوده ی یک تایر فشرده کنید - باید در مقابل گرایش شدید آن ها به پرواز

به خارج نیرویی قرار دهید که رو به داخل وارد می‌آید. وقتی از تلمبه استفاده می‌کنید، عرقی که بر پیشانی‌تان می‌نشیند حاکی از آن است که در واقع دارید مقداری از انرژی عضلانی خود را به آن گاز منتقل می‌کنید. اما مولکول‌ها با این انرژی چه می‌کنند؟ آن‌ها که نمی‌توانند مسافت بیشتری را در این محدوده‌ی بسته بروند، از این انرژی که به آن‌ها داده‌اید برای افزودن سرعت‌شان سود می‌جویند. و مولکول‌های سریع‌تر عبارت‌اند از مولکول‌های داغ‌تر؛ گرما چیزی نیست مگر ذراتی با حرکت سریع. بنابراین، انرژی عضلات شما صرف گرم کردن گاز داخل تایر می‌شود.

نپرسیدی، اما...

اگر فشرده کردن هوا آن را گرم‌تر می‌کند، پس وقتی منبسط می‌شود، خنک‌تر هم خواهد شد؟

قطعاً چنین است. و در واقع این همان اتفاقی است که در سیر معکوس در دستگاه باد کردن تایر در تعمیرگاه از مخزن هوای فشرده هنگامی رخ می‌دهد که می‌گذارید مقداری از هوای فشرده‌ی ذخیره شده در فضای خارج منبسط شود.

چرا عمل انبساط گاز را سرد می‌کند؟ اگر مجموعه‌ای از مولکول‌های در حال حرکت گاز را ناگهان در فضای بزرگ‌تری ببرید و منبسط کنید، مولکول‌ها ناگزیرند راه خود را در برابر هرچه که آن فضا را اشغال کرده به زور بگشایند و حرکت کنند؛ آنچه در مقابل آن‌ها قرار می‌گیرد، معمولاً جوّ است. گازها برای انجام این کار مقداری انرژی مصرف می‌کنند؛ و آنگاه سرعت حرکت مولکول‌های گاز کندتر می‌شود. (اگر گاز در خلأ منبسط شود، تمام این شرایط به کلی تغییر می‌کنند.) گازی که مولکول‌هایش آهسته‌تر حرکت می‌کنند، گازی است سردتر، یعنی با دمایی پایین‌تر.

انجام دهید

دفعه‌ی بعدی که در یک روز مرطوب سوار هواپیما شدید، به بال هواپیما در هنگام خیزش (برخاست) که هنگام حداکثر وارد آمدن نیروی بالا بر است، نگاه کنید. می‌توانید یک لایه‌ی مه درست در بالای سطح بالایی بال مشاهده کنید. این مثالی است از سرد شدن بر اثر انبساط. هوا هنگام عبور از بالای بال، در مقایسه با سطح زیرین آن، منبسط می‌شود. (اصل برنولی و مطالبی از این دست؛ از هر خلبانی پرسید، این‌ها را می‌داند.) هوای انبساط یافته‌ی روی سطح بالایی بال می‌تواند به اندازه‌ی کافی سرد شود تا بخار آب موجود در هوا را به مایع تبدیل کند، و جریانی از مه قابل رؤیت تشکیل دهد.



دو گاز شدیداً خفه کننده

کربن مونوکسید و کربن دیوکسید: چه تفاوتی با هم دارند؟ استنباط من این است که مونوکسید به معنی یک «اکسید» (هر اکسیدی که باشد) و دیوکسید به معنای دو تا از آن‌هاست. از نظر من موضوع همین طوری است، اما آیا این هر دو گاز سمی‌اند؟ رابطه‌ی آن‌ها با تخلیه‌ی گاز اتومبیل‌ها (لوله‌ی

اگزوز)، بخاری‌های نفتی، و دود سیگار چیست؟

این دو گاز هر دو خطرناک‌اند، اما از جهات مختلف. مقادیر کم کربن دیوکسید معمولاً در جو وجود دارد. این گاز از آتشفشان‌ها، از تجزیه و فساد ماده‌ی گیاهی و جانوری، از سوزاندن زغال سنگ و نفت، و خیلی چیزهای دیگر به داخل جو گسیل می‌شود. با همه‌ی این احوال، هر سال به تنهایی در ایالات متحده‌ی آمریکا حدود شش میلیارد کیلوگرم کربن دیوکسید تولید می‌شود، که قسمت اعظم آن از طریق هشت میلیارد قطعی نوشابه‌ی گازداری به هوا می‌رود که آمریکایی‌ها سالانه در شان را باز می‌کنند و می‌نوشند.

آشکار است که کربن دیوکسید به خودی خود نمی‌تواند سمی باشد. تنها مسئله‌ی واقعی و ملموس این است که به امر سوختن یا نفس کشیدن کمکی نمی‌کند، و اگر فرصتی پیش آید، هم آتش را خاموش و هم آدمی را خفه می‌کند. چون کربن دیوکسید از هوا سنگین‌تر است. در پایین‌ترین سطوح پراکنده می‌شود و مانند پرده‌ای نامرئی آویخته می‌ماند و جایگزین هوا می‌شود و هر چیزی را که در زیرش قرار می‌گیرد، خفه می‌کند. این همان اتفاقی است که در سال ۱۹۸۶ در قاره‌ی آفریقا، کشور کامرون افتاد. در آن هنگام دریاچه‌ی نیوس^۱ حباب غول‌آسایی، به وزن ششصد تن گاز کربن دیوکسید آتشفشانی را به بیرون پرتاب کرد که در تمام منطقه پخش و پراکنده شد که بر اثر آن هزار و هفتصد نفر از اهالی و تعداد بیشماری از جانوران خفه و هلاک شدند.

انجام دهید

یک شمع معمولی، شمعی در داخل یک حباب شیشه‌ای کوچک، را روشن کنید. اکنون با ریختن کمی سرکه در چند قاشق چای‌خوری جوش شیرین در یک لیوان گود، مقداری کربن دیوکسید تولید کنید. همچنان که کربن دیوکسید به صورت حباب بالا می‌آید و لیوان را پر

می‌کند، آن را روی شمع سرازیر کنید مثل این که دارید یک مایع نامرئی را می‌ریزید. (مواظب باشید که به هیچ وجه از مایع واقعی چیزی نریزد.) شمع خاموش خواهد شد، غرق در زیر دریایی از گاز نادیدنی.

از سوی دیگر، کربن مونوکسید، حتی در مقادیر اندک، یک جانی شرور است. وقتی آن را تنفس کنیم از طریق ریه‌ها مستقیماً وارد جریان خون می‌شود، که در آنجا به شدت تمام با هموگلوبین واکنش می‌دهد، و مانع می‌شود که هموگلوبین به وظیفه‌ی اصلی‌اش که رساندن اکسیژن به یاخته‌هاست، برسد. محرومیت از اکسیژن سرانجام به شرایطی می‌انجامد که به آن مرگ می‌گویند. کربن مونوکسید علت اصلی مرگ بر اثر مسمومیت در ایالات متحده‌ی آمریکا بشمار می‌آید.



هرگاه مواد حاوی کربن در هوا بسوزند - از بنزین در اتومبیل، تا نفت سفید در بخاری تا توتون در قالب سیگار - تا حدودی کربن مونوکسید تولید می‌کنند. اگر این مواد از ذخیره‌ی نامحدود هوا برخوردار باشند، این سوخت‌ها به‌طور کامل می‌سوزند، تماماً به کربن دیوکسید، دو اتم اکسیژن به ازای هر اتم کربن، تبدیل می‌شوند. اما همیشه در مقابل سرعت رسیدن

اکسیژن به آتش سوزی محدودیت عملی وجود دارد. از این رو، همواره برخی اتم‌های کربن به جای دو اتم اکسیژن فقط می‌توانند به یک اتم اکسیژن متصل شوند. حاصل این عمل تولید کربن مونوکسید به جای کربن دیوکسید است. موتورهای اتومبیل در ایالات متحده‌ی آمریکا هر سال حدود ۱۵۰ میلیون تن کربن مونوکسید بیرون می‌دهند و به هوا می‌فرستند. در یک راه‌انداز، سطح کربن مونوکسید در هوا، اگر به ترازهای خطرناک و کشنده نرسد، می‌تواند خستگی شدید، سردرد، و حالت تهوع در افراد گرفتار درست کند. بخاری‌های نفتی، بخاری‌ها و آب گرمکن‌های گازی، اجاق‌های گاز، خشک‌کن‌های گازی، بخاری‌های چوبی، کباب‌پزهای زغالی، و سیگار، جملگی کربن مونوکسید تولید می‌کنند؛ و همه‌ی این‌ها باید به محیط خارج تهویه شوند یا در محیطی با تهویه‌ی مناسب مصرف شوند. از این رو، بخصوص در هنگام روشن بودن بخاری نفتی در فضاهای بسته، حتماً سیگار نکشید.

پانصد کیلو عرق کبوتر

وقتی تریلی توقف کرد، راننده‌ی آن را دیدم که با چوب بیس‌بال به شدت به دیواره‌های تریلر می‌کوبد. وقتی از او دلیل این کار را پرسیدم، چنین توضیح داد: «پانصد کیلو اضافه بار دارم. در میان بار من هزار کیلو کبوتر هم هست؛ و همیشه نیمی از آن‌ها را در هوا نگه می‌دارم.» بسیار خوب، این یک شوخی است، اما واقعاً چنین چیزی ممکن است؟

در واقع لطیفه‌ای بسیار قدیمی است، اما با یک گیر عملی کنجکاوی برانگیز. خیر، چنین چیزی کارساز و امکان‌پذیر نیست. به این ترتیب به موضوع فکر کنید. تریلی جعبه‌ای پراز ماده است. وزن این جعبه چندین کیلوگرم است. آیا ضربه زدن به آن ممکن است وزنش را

تغییر دهد، چه پر از شمش طلا باشد، پر از شن و ماسه، پر غاز، کبوتر، یا پروانه؟ پاسخ آشکارا منفی است. وزن یک مجموعه مادی عبارت است از جمع کل وزن مولکول‌های تشکیل دهنده‌ی آن، مستقل از این‌که چگونه آرایش یافته‌اند.

اما آنچه که خیلی‌ها را سردرگم می‌کند این نکته است که پروانه‌ها و کبوترهای هوابرد، مانند سایر اقلام بار، روی کف تریلی ساکن نمی‌مانند. از این رو وزن آن‌ها چگونه روی باسکولی منتقل می‌شود که بازرس تریلی را روی آن قرار داده؟
از طریق هوا.

رویه‌مرفته، هوا یک ماده است، هرچند ماده‌ای رقیق و نادیدنی. هوا از مولکول‌هایی شبیه به هر چیز دیگری ساخته می‌شود، و بنابراین وزن دارد: دقیقاً ۱/۱۶ کیلوگرم بر هر متر مکعب در سطح دریا. کبوتر وحشت‌زده‌ای که پی در پی ناگزیر می‌شود به پرواز پیش‌بینی نشده‌ای درآید، به کمک بال‌هایش در هوا می‌ماند. (این تصویر بسیار ساده شده‌ای از پرواز پرنده است).

وقتی بال بر هوا فشار وارد می‌آورد، این فشار مولکول به مولکول از طریق هوا منتقل می‌شود. (اگر در آنجا حضور می‌داشتید، می‌توانستید این انتقال را به صورت نسیم حس کنید، این‌طور نیست؟) هوای تحت فشار به سهم خود بر هر چیزی که با آن تماس پیدا می‌کند، از جمله دیواره‌ها، کف، و سقف تریلی، فشار وارد می‌آورد. پس، نیروی فشاری بال کبوتر به‌طور کامل در داخل تریلی باقی می‌ماند و تأثیرش را بر ترازو (باسکول) تغییر نمی‌دهد.

اما، می‌توانید بگویید، که وقتی کبوتر بر می‌خیزد، آیا بر کف تریلی فشاری وارد نمی‌کند، که به‌طور لحظه‌ای به جای آن که آن را سبک‌تر کند، سنگین‌ترش می‌کند؟ و حتی بعد از این‌که کبوتر در هوا قرار گرفت، آیا نیروهای پیش‌رانه‌ی رو به پایین بال او از نیروی اضافی رو به پایینی وارد بر تریلی از طریق هوا، تشکیل نمی‌شوند، که بار دیگر به‌طور لحظه‌ای آن را سنگین‌تر کنند؟

هر دو مورد درست‌اند. اما بنا بر قوانین نیوتون، هر کنشی را واکنشی است

مساوی با آن اما در جهت مخالف. به این ترتیب فشار رو به پایین وارد بر تریلر دقیقاً با فشاری مساوی با آن و رو به بالای وارد بر کبوتر، خنثی می‌شود. به این نکته فکر کنید، به این علت است که در همان ابتدا بال‌هایش را به هم می‌زند. شاید کاری که راننده‌ی تریلی باید می‌کرد این بود که یک درو یا مجرای تخلیه در کف تریلر نصب می‌کرد، گریه‌ای را به تریلر وارد می‌کرد، که عرق کبوترها را که جمع شده بود از آنجا خارج کند.

گوشزد

خیر، کبوتر عرق نمی‌کند.

جایگاه داد و ستد

از دست فروش خیابانی تا پر زرق و برق‌ترین فروشگاه زنجیره‌ای، در آن بیرون همان جنگل دیرینه است: مردم می‌فروشند و مردم می‌خرند. فروشندگان همیشه از مزیت برخوردارند زیرا دقیقاً می‌دانند چه چیزی را دارند می‌فروشند، در حالی که همواره باید هشدار دهند که مسئولیت خرید بر عهده مشتری است. در بسیاری موارد، خریدار نه تنها نمی‌داند که محصول و کالایی که خریداری می‌کند به راستی چیست، بلکه حتی نمی‌تواند از پشت پرده‌های مه‌تلیغات، بسته‌بندی، و بازارگرایی، نگاه دقیقی به آن بیندازد. در این فصل نگاه دقیقی، در زیر سطح محصولات و کالاها، به آن‌ها می‌اندازیم. به فروشگاه بزرگ، فروشگاه ابزارآلات و سخت‌افزار، داروخانه، و یک رستوران سر می‌زنیم، و یکی دو بار هم در نوبت‌فروشی محل توقفی می‌کنیم.

یک حقه‌ی سرد واقعی

این «پرتوهای یخ‌زدای طبیعی»^۱ چطور کار می‌کنند؟ فرض بر این است که گرما را مستقیماً از هوا می‌گیرند تا یخ ماده‌ی غذایی یخ‌زده‌ی شما را به سرعت باز کنند، با این وجود از هیچ باتری یا برقی استفاده نمی‌کنند.

۱. ظاهراً دستگاهی است که هنوز به بازارهای ایران راه نیافته است، و از وسایل جدید در آشپزخانه است که برای آب کردن تقریباً فوری یخ موادی به کار می‌رود که از فریزر در می‌آوریم. علیرغم این‌که این دستگاه در ایران یافت نمی‌شود، ولی بحثی که پیرامون یخ‌زدایی در این بخش شده، با وجود و عدم این دستگاه در بازار ما ربط چندانی ندارد. م

بله، بخصوص در بیرون کشیدن مستقیم پول ما از کیف و جیب‌مان به خوبی کار می‌کنند. این‌ها معجزه‌ی عصر فضا، فناوری پیشرفته‌ی جدید درخور توجهی به نام ورق فلز هستند.

از تمام انواع مواد، فلزات بهترین رسانای گرما هستند. از این رو اگر گوشت چرخ کرده‌ی یخ‌زده‌ی خود را روی یک ورق فلزی قرار دهید، این فلز فرمانبردارانه و از روی انجام وظیفه گرما را از اتاق گرم به گوشت سرد هدایت می‌کند، و یخ این گوشت در ظرف مدت نسبتاً کوتاهی وا می‌رود و آب می‌شود. موضوع جالب‌تر از این نکته نیست که با لمس هر تکه فلزی احساس سردی می‌کنید («فلز سرد») زیرا این فلز گرما را از پوست گرم شما به محیط نسبتاً سردتر اتاق منتقل و هدایت می‌کند. رها کردن غذای یخ‌زده در هوای آزاد کندترین راه باز کردن یخ آن است، زیرا هوا تقریباً بدترین رسانای گرماست. پرتو یخ‌زدای «معجزه‌گر و تماماً طبیعی»، ساخته شده از «آلیاژی پیشرفته و آبررسانا»، چیزی نیست مگر یک ورق آلومینیم. رسانایی گرمایی آلومینیم بیشتر از نصف رسانایی گرمایی نقره است؛ رسانایی گرمایی نقره از همه‌ی فلزات بیشتر و بهتر است. هزینه‌ی ورق معجزه‌گر یخ‌زدا از جنس نقره چندین ده برابر هزینه‌ی آن از جنس آلومینیم است.

حالا، اندکی به جزئیات وارد شویم. در دستورالعمل این دستگاه می‌خوانیم که برای قرار دادن این ورق در «وضعیت مناسب» هر بار پیش از کاربرد آن حدود یک دقیقه آب داغ رویش بریزید، و در نیمه راه فرایند باز شدن یخ غذا نیز بار دیگر این کار را انجام دهید. نوعی حقه‌بازی و کلاهبرداری به نظرم می‌آید.

اما آنچه که بسیاری مردم مشاهده می‌کنند عبارت است از نمایش شگفتی که سازندگان این ورق آن‌ها را به انجام آن وا می‌دارند. یک قالب یخ روی این ورقه‌ی معجزه‌گر قرار دهید و یک قالب دیگر یخ را روی سطح پیشخوان آشپزخانه در کنار آن بگذارید. حالا بیا و تماشا کن! یخی که روی ورقه‌ی آلومینیمی است به سرعت آب می‌شود، در حالی که قالب یخ دیگر همچنان روی پیشخوان باقی است. این ورقه به راستی کارآیی خوبی دارد.

چه اتفاقی می افتد؟ کسانی که این ورقه ها را می فروشند مطمئن اند که صفحه ی پیشخوان آشپزخانه از پلاستیک، کاشی، یا چوب ساخته می شود؛ موادی که چنان رساناهای ضعیف گرمایند که عملاً عایق به حساب می آیند. طبیعی است که، یخ به همان سرعتی که روی یک رسانای فلزی گرما آب می شود، روی یک عایق آب نخواهد شد. اما سعی کنید خودتان عملاً این موضوع را ببازمایید. یک قالب یخ را روی ورقه ی آلومینیمی و دیگری را داخل یک تابه ی سرخ کردنی آلومینیم سنگین و گرم نشده، در کنار اولی قرار دهید. خواهید دید که دقیقاً همزمان آب می شوند.

انجام دهید

می توانید ماده ی غذایی منجمد و یخ زده ی خود را از طریق درآوردن آن از بسته بندی و قرار دادنش روی یک ماهیتابه ی سنگین و گرم نشده به سرعت یخ زدایی کنید - یا حتی برای این که این کار سریع تر انجام شود، آن را در تابه ای قرار دهید که با آب داغ گرم شده (و نه روی شعله ی اجاق گاز). جز در مورد ظرف های چدنی، تابه ها را عمداً چنان می سازند که رساناهای خوب گرما باشند، از این رو تابه ی سنگینی جز تابه ی چدنی، هم مانند همان «پرتوهای معجزه گر» عمل می کند. (رسانایی گرمایی چدن یک سوم رسانایی گرمایی آلومینیم است.)

البته اگر یک ورقه ی بزرگ از جنس نقره ی مرغوب داشته باشید... درباره ی آن سینی چای از جنس نقره ی با عیار بالا که از مادر بزرگتان ارث برده اید، چه بگوییم؟ این سینی ۹۲/۵ درصد نقره دارد، و کارآیی اش دوبرابر آن تکه ی آلومینیمی گران است.

یک روز مه آلود در آب میوه فروشی

هر یک از ما در صدها بطری نوشابه را (منظورم بیشتر از نوع ماء الشعیر

است) گشوده ایم. بارها این اتفاق پیش می آید که به محض باز کردن در بطری نوشابه‌ی گازدار، باریکه‌های مه در گلوگاه بطری ظاهر می شوند، و گاهی هم حتی به صورت کف از در بطری خارج می شوند. علت این امر چیست؟

این مه دقیقاً مانند هر نوع مه دیگری است! مجموعه‌ای از ذرات ریز آب مایع که بر اثر دمای پایین هوای خارج چگالیده و به مایع تبدیل شده‌اند، اما ریزتر از آن هستند که مانند قطره‌های باران فرود آیند. این ذرات بر اثر بمباران دائمی مولکول‌های هوا، معلق باقی می‌مانند. به این علت سفید به نظر می‌رسند که تمامی طول موج‌های نور را به‌طور مساوی باز می‌تابانند.

ظاهراً حیرت و شگفتی شما از این امر ناشی از آن است که تا وقتی در بطری را باز نکرده‌اید نمی‌توانید هیچگونه مهی در داخل آن ببینید، با این وجود سرمای آن در هر دو مورد (درون و بیرون) یکی است. چه چیزی باعث می‌شود که در هنگام گشوده شدن در بطری مه تشکیل شود؟

فضای بالای نوشابه در بطری در بسته پُر از آمیزه‌ای از کربن دی‌اکسید متراکم، هوا، و بخار آب است؛ همگی به صورت گازند. مولکول‌های آب در بخار گرایش دارند به همان حالت، به فاصله‌ی زیاد از یکدیگر مانند گاز غیرقابل رؤیت، باقی بمانند و نه این‌که به صورت ذرات مه کنار یکدیگر کُپه و انبوه شوند. چنین رفتاری از این مولکول‌ها به این علت سر می‌زند که ابتدا صرفاً از طریق جست زدن از سطح نوشابه در فضای بالای نوشابه قرار گرفته‌اند، و در دمای نوشابه، فقط تعداد معینی از آن‌ها، و نه بیشتر، به اندازه‌ی کافی انرژی خواهند داشت که به داخل آن فضای خالی بجهند (به زبان تخصصی، بخار آب در آن دما با مایع در حال تعادل است). تا وقتی که شما از راه برسید و با گشودن در بطری و رها کردن فشار، همه چیز را به هم بریزید، مولکول‌های آب به همان صورت باقی می‌مانند.

وقتی فشار رها می‌شود (منظور این است که فشار کم می‌شود، چون با گشوده شدن در بطری فضا گسترش می‌یابد)، گازهای فشرده و متراکم ناگهان

به توانایی انبساط یافتن می‌رسند، و وقتی گازها منبسط می‌شوند، مقداری از انرژی خود را از دست می‌دهند و خنک می‌شوند. اکنون گازها آنقدر خنک شده‌اند که به مایع تبدیل شوند و مقداری آب تشکیل دهند، و همین آن مهی است که می‌بینید.

اگر پس از باز شدن در بطری بلافاصله نوشابه را در لیوان خالی نکنیم، عملاً می‌توانیم مقداری مه را مشاهده کنیم که از دهانه‌ی بطری بالا می‌آید و در فضا پراکنده می‌شود. گاز کربن دیوکسید محلول در این هنگام از درون نوشابه بیرون می‌آید و بر اثر برخورد با هوای گرم‌تر سر بطری منبسط می‌شود. همین که منبسط شد، مقداری مه را بالا می‌برد. سپس، چون کربن دیوکسید از هوا سنگین‌تر است، مقداری مه را که در داخل آن گیر افتاده با خود در امتداد جداری بطری پایین می‌برد.

کالری، کالری، کالری

روی بسته‌بندی برخی مواد غذایی که از فروشگاه‌ها خریداری می‌کنیم میزان کالری موجود در آن ماده‌ی غذایی درج شده است. می‌دانیم که کالری چیست – مقداری انرژی است – اما چگونه تعیین می‌کنند که یک ماده‌ی غذایی واقعاً حاوی چقدر انرژی است؟ آیا آن‌ها را به موش‌ها می‌خورانند و سپس آن‌ها را روی دستگاه چرخ پایی (تردمیل) می‌گذارند تا ببینند چقدر می‌دوند؟

انرژی غذا را به صورت انرژی‌ای تلقی نکنیم که فقط برای ورزش کردن و دویدن مصرف می‌شود. بدن ما از انرژی دریافتی از مواد غذایی نه تنها برای حرکت کردن، بلکه برای هضم کردن و سوخت و ساز خود غذا استفاده می‌کند، تا آن را به مصرف ترمیم استهلاک و فرسودگی روز به روز مداوم یاخته‌های بدن مان، تأمین رشد جدید، و تأمین سوخت هزاران واکنش

شیمیایی بسیار پیچیده برساند که همه چیز را در طبیعت متعادل نگه می‌دارند و کارکردها را در مسیر صحیح خود می‌اندازند. به گواه چندین میلیارد دلار که بابت کم کردن وزن افراد و صنایع رژیم غذایی هزینه می‌شود، افراد مختلف کالری دریافتی از غذای خود را به راه‌های بسیار متفاوتی مصرف می‌کنند.

یک کالری، در حوزه‌ی کاربردی متخصصان تغذیه، عبارت است از انرژی مصرفی برای بالا بردن دمای هزار گرم (یک کیلوگرم) آب به اندازه‌ی یک درجه‌ی سلسیوس. کالری شیمیدانان (با حرف c) عبارت است از یک هزارم کالری متخصصان تغذیه (که با حرف C بزرگ آن را نشان می‌دهند)، اما به این مورد اخیر، جز در این کتاب، به ندرت برمی‌خوریم.

می‌گویند که ورزش «کالری می‌سوزاند». البته، این گزاره‌ای سست بنیاد است. انرژی نمی‌سوزد؛ نمی‌توانید آن را آتش بزنید. اما همانگونه که هر آشپز مبتدی می‌تواند به سرعت درک کند، غذا را می‌توانید بسوزانید! انرژی موجود در ماده‌ی غذایی وقتی رها می‌شود که غذا می‌سوزد، درست همانگونه که انرژی موجود در زغال سنگ وقتی رها می‌شود که این زغال سنگ بسوزد. و به این ترتیب است که محتوای کالری ماده‌ی غذایی را تعیین می‌کنند: عملاً آن را می‌سوزانند و اندازه می‌گیرند که چند کالری گرما آزاد می‌شود.

وقتی زغال سنگ را می‌سوزانیم، زغال سنگ به اضافی اکسیژن انرژی و کربن دیوکسید تولید می‌کند. به همین ترتیب، بدن ما غذا را می‌سوزاند – این عمل را سوخت و ساز^۱ می‌نامیم – هرچند که بسیار کندتر، و خوشبختانه بدون ایجاد شعله. (اینجا از دل سوختن حرفی به میان نمی‌آوریم.) اما نتیجه‌ی کلی یکی است: غذا (ماده‌ی غذایی) به اضافی اکسیژن انرژی و کربن دیوکسید تولید می‌کند. شایان ذکر است که، مقدار انرژی‌ای که از غذای مان از طریق سوخت و ساز دریافت می‌کنیم دقیقاً همان مقداری است که گویی آن را در آتش می‌سوزانیم.

متخصصان تغذیه مقدار معینی غذای خشک شده را داخل محفظه‌ای فولادی و پُر از اکسیژن پرفشار قرار می‌دهند، همه‌ی آن‌ها را در آب غوطه‌ور می‌کنند، محتوای محفظه را از طریق جرقه‌ی الکتریکی آتش می‌زنند، و بالا رفتن دمای آب را اندازه می‌گیرند. از این افزایش دما می‌توان تعداد کالری‌هایی را محاسبه کرد که رها می‌شوند: به ازای هر کیلوگرم آب، هر درجه (سلسیوس) دما که بالا می‌رود به معنای یک کالری گرمایی است که رها می‌شود.

بعد از مقایسه‌ی آتش و هرگونه ماده‌ی غذایی، سرانجام پی بردند که هر گرم پروتئین، مستقل از این‌که چه پروتئینی یا جزء چه غذای خاصی باشد، تقریباً مقدار یکسانی کالری پس می‌دهد (آزاد می‌کند). در مورد چربی‌ها و کربوهیدرات‌ها هم وضع به همین منوال است. پی برده شد که پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها حاوی چهار کالری انرژی بالقوه در هر گرم‌اند، در حالی که در هر گرم چربی‌ها نه کالری انرژی وجود دارد. به این علت است که این روزها، هیچ کس نگران سوزاندن غذاها نیست. شیمیدانان غذاها را برای تعیین تعداد گرم‌های پروتئین، چربی، و کربوهیدرات موجود در آن‌ها تجزیه می‌کنند، و سپس تعداد کل کالری‌های موجود در آن را محاسبه می‌کنند.

گوشزد

در واقع نسبتاً شگفت‌انگیز است که وقتی غذا و اکسیژن به انرژی و کربن دی‌اکسید تبدیل می‌شوند، مهم نیست که چقدر از آن تبدیل انجام شده، چه از طریق سوخت و ساز کُند در بدن آدمی یا از طریق احتراق همراه شعله در داخل محفظه‌ای فولادی در آزمایشگاه. انرژی رها شده - تعداد کالری‌ها - به هر صورت یکسان است.

این اصل کلی شیمی است که: اگر هر فرایند شیمیایی با مواد شیمیایی در شرایط A آغاز شود و با مواد شیمیایی در شرایط B ختم شود، تغییر کلی در انرژی شیمیایی، مستقل از این‌که از وضعیت A به وضعیت B رفته‌اید، یکسان خواهد بود. می‌توانیم مقادیر انرژی را به مقادیر ارتفاع تشبیه کنیم: هرچه

انرژی بیشتر باشد، ارتفاع بلندتر است. اگر به قله‌ی تپه‌ای به ارتفاع A صعود کنید و از آنجا به تپه‌ی بلندتری به ارتفاع B صعود کنید، ارتفاع خود را تغییر داده‌اید (محتوای انرژی پتانسیل خود را تغییر داده‌اید)؛ مقدار این تغییر، مستقل از این‌که از A به B چه مسیری را پیموده‌اید، عبارت است از B منهای A.

پُذرت، اما شیرین

وقتی روی بسته‌بندی مواد غذایی آماده ترکیبات آن را می‌خوانیم، چشم‌مان به «شربت ذرت»، «شربت ذرت غلیظ یا پُرشهد»، و «شیرین کننده‌های ذرتی» می‌افتد. اما وقتی «ذرت شیرین» را از فروشگاه خریداری می‌کنیم، می‌بینیم که خیلی هم شیرین نیست، صرف نظر از این‌که فروشنده شیرین بودن آن را تضمین کرده است. به این ترتیب تمامی آن شیرینی به کجای ذرت رفته است؟

در وهله‌ی اول باید بپذیرید که ذرت حاوی مقدار زیادی نشاسته است، این‌طور نیست؟ بسیار خوب، نشاسته کلید شیرینی ذرت است. نشاسته‌ی ذرت را از طریق جادوی شیمی به قند تبدیل می‌کنند.

آب را از جوهر و کالبد ذرت خارج می‌کنند و باقیمانده حدود ۸۲ درصد کربوهیدرات است؛ کربوهیدرات‌ها رده‌ای از ترکیبات آلی طبیعی شامل قندها، نشاسته‌ها، و سلولزند. سلولز، ماده‌ای سفت که از جداره‌های یاخته‌ی اکثر گیاهان ساخته می‌شود، در پوست کالبد ذرت یافت می‌شود. قندها، چنان که می‌دانید، خیلی فراوان نیستند. می‌ماند نشاسته‌ها که جزء عمده‌ی تشکیل دهنده‌ی بدنه یا کالبد ذرت را می‌سازند.

در ایالات متحده‌ی آمریکا مقادیر فراوانی ذرت، تقریباً پنج هزار برابر نیشکر، تولید می‌شود. و قسمت اعظم شکری که این کشور وارد می‌کند از

سرزمین‌های گرمسیری و استوایی است که هرگز از ثبات سیاسی و دوستی ایالات متحده‌ی آمریکا برخوردار نبوده‌اند. از این رو اگر تولیدکنندگان مواد غذایی در آمریکا بتوانند فقط از نشاسته‌ی ذرت قند به دست آورند، آن کشورها به حال و روز وخیمی می‌افتند.

انواع قند و نشاسته‌ی عموزاده‌های شیمیایی تنگاتنگی‌اند. در واقع، مولکول‌های نشاسته از صدها یا هزاران مولکول گلوکز، جملگی چسبیده به یکدیگر، تشکیل می‌شوند، که گلوکز یکی از قندهای بنیادی است. از این رو، علی‌الاصول، اگر بتوانید مولکول‌های نشاسته را به تکه‌های کوچک‌تر بشکنید، به تعداد زیادی مولکول‌های وارفته‌ی گلوکز دست خواهید یافت. برخی مولکول‌های مالتوز (قند مالت)، نوع دیگری قند که مولکول‌هایش حاوی دو مولکول گلوکز است اما باز هم به هم چسبیده‌اند، به دست خواهید آورد. و باز هم تعدادی قطعه‌های حتی بزرگ‌تر حاوی چندین واحد گلوکز چسبیده به هم، خواهید داشت. چون این مولکول‌های بزرگ‌تر نمی‌توانند به آسانی مولکول‌های کوچک از کنار یکدیگر عبور کنند (لیز بخورند)، آمیزه‌ای که در انتها به آن خواهید رسید غلیظ و شهدمانند خواهد بود.

پی برده‌اند که تقریباً هر اسیدی، و نیز انواع متنوعی از آنزیم‌های جانوران و گیاهان، می‌توانند این ترفند شکستن مولکول‌های نشاسته و تبدیل آن‌ها به شهدی از قندهای گوناگون را انجام دهند. آنزیم‌های بزاق همیشه این کار را انجام می‌دهند. (آنزیم عبارت است از ماده‌ای طبیعی که به انجام واکنش شیمیایی خاصی کمک می‌کند. بسیاری از فرایندهای حیاتی مهم بدون آنزیم ناممکن‌اند.)

انجام دهید یک کراکر نمکی نشاسته‌ای را چند دقیقه‌ای بجوید، مزه‌ی آن شروع به شیرین شدن می‌کند.

اما، گلوکز و مالتوز، به ترتیب، تنها ۷۰ درصد و ۳۰ درصد ساکاروز شیرین‌اند، که شکرِ نیشکر را بسیار شیرین می‌کند، که آن را همین شکر ساده می‌گوییم. به این ترتیب اگر نشاسته‌ی ذرت را به نحوی که تشریح کردیم



تجزیه کنیم، به‌طور متوسط فقط حدود ۶۰ درصد شیرینی «شکر واقعی» را دارد. عمل آورندگان مواد غذایی با استفاده مجدد از آنزیم دیگری که مقداری گلوکز را به فراکتوز، قندی حتی شیرین‌تر از ساکاروز تبدیل می‌کند، به این مشکل فائق می‌آیند. به این علت است که روی برخی برچسب‌های مواد غذایی عبارت «شربت ذرت پُر فراکتوز» را می‌خوانید.

اما مشکل دیگری هم پیش می‌آید. شربت (شهد) ذرت گلوکز-مالتوز-فراکتوز می‌تواند مزیت اقتصادی بزرگی برای صنایع غذایی ایالات متحده‌ی آمریکا باشد، اما فقط مزه‌ی آن مانند طعم خوش ساکاروز قدیمی نیست. مثلاً، کمپوت‌های میوه یا نوشابه‌های غیرالکلی صرفاً همان نیستند که قبلاً تولید کنندگان مواد غذایی به خاطر ارزان‌تر و دسترس‌پذیرتر بودن، از آن به عنوان شیرین کننده استفاده می‌کردند. مصرف کننده‌ای که مواد غذایی را با خواندن برچسب آن انتخاب می‌کند، بهترین کاری که می‌تواند انجام دهد این است که فرآورده‌هایی را برگزیند که با بالاترین نسبت ساکاروز شیرین شده‌اند، که بر روی برچسب‌ها از آن فقط با واژه‌ی «قند» یاد می‌شود.

به هر حال، اگر هرگز نمی‌توانید یک بطری کوکاکولای پیش از سال ۱۹۸۰

بیباید، منظور مرا درک خواهید کرد. در آن حال بود که کوکاکولا از قرار معلوم، در کارخانه‌های خود مستقر در خاک آمریکا تصمیم گرفت از شیرین کننده‌های محصول ذرت مصرف کند. قطعاً هنوز هم در کشورهایی که شکر نیشکر ارزان است، هنوز هم کوکاکولا را با قند ساکاروز شیرین می‌کنند.

خطر! فطیر‌های انفجاری

چرا شکل نان فطیر مثل مقوای لانه زنبوری است؟ آیا فقط دلیل آن حفظ سنت است؟

خیر، این شکل به آن خاطر است که عملی است.

سنت، یعنی قوانین رژیم غذایی برای تعطیلات عید فصیح یهودیان، مستلزم نبود هرگونه عامل ورآمدن نان مانند مایه‌ی خمیر، جوش شیرین، یا گرد نان‌پزی^۱ است. از این رو فطیر فقط با آرد و آب درست می‌شود. بین اعیاد فصیح، تولیدکنندگان (نانواها) می‌توانند کمی از سنت تخلف کنند و برای برگرداندن طعم نان، کمی مواد افزودنی به آن اضافه کنند.

اگر صرفاً با آمیختن آرد و آب در داخل یک هم‌زن بزرگ خمیر درست کنید، ناگزیر مقداری هم حباب‌های هوا به آن دمیده‌اید. در این صورت وقتی خمیر را با وردنه پهن می‌کنند و به صورت ورقه‌ی کلفت در می‌آورند و در تنور داغ قرار می‌دهند، نان‌های فطیر دمای ۴۰۰ تا ۵۰۰ درجه‌ی سلسیوس دریافت می‌کنند - هوای به دام افتاده بالا می‌آیند و نان‌های پف کرده‌ای درست می‌شوند.

بنابراین، پیش از آن که خمیر وردنه خورده را ببرند، چرخ‌های خاردار را از روی آن عبور می‌دهند و حباب‌های هوا را از داخل آن خارج می‌کنند. این

۱. matzoth) matzos. در عبری فضا گفته می‌شود. نانی که به خمیر آن مایه یا خمیر ترش نرزد باشد. در عید فصیح یا عید فطیر، یهودیان به جای نان معمولی، نان ورنیامده یا فطیر می‌خورند. م

2. baking-powder

چرخ‌های خار دارند که شیارهای سوراخ‌دار را روی فطیر تشکیل می‌دهند. باز هم می‌توانید بین شیارها تاول‌هایی مشاهده کنید، اما اندازه‌ی آن‌ها کوچک است و چندان لطمه‌ای هم به کل نان نمی‌زنند و با رنگ قهوه‌ای سوخته‌ای که در تمام سطح توزیع شده‌اند، نمای جالبی به فطیر می‌دهند.

انجام دهید بیسکوییتی را بررسی کنید. خواهید دید که کاملاً سوراخ سوراخ است.

علت وجود این سوراخ‌ها در بیسکویت همان است که برای فطیر برش‌مردیم: جلوگیری از پیدایش تاول در سطح آن در هنگام گذاشتن در تنور. اما، سوراخ سوراخ شدن بیسکویت‌های معمولی نباید خیلی جدی باشد زیرا خمیر آن ورآمده است، که ورآمدن خمیر حباب‌های خیلی‌ریزی از گاز را تشکیل می‌دهد، و در چنان دمای زیادی تاول تشکیل نمی‌دهند.

دمیدن داغ و سرد

در داروخانه بودم که کسی آمد و یک حوله‌ی سرد خرید. آن را فشرده و بعد هم تکانش داد، و به این ترتیب به یک حوله‌ی تر سرد تبدیل شد. در داخل آن حوله چه چیزی است که به این سرعت آن را سرد می‌کند؟ (حوله‌ی سرد همان وسیله‌ای است که در زمین‌های ورزشی به عنوان کمپرس روی موضع صدمه دیده‌ی ورزشکار می‌گذارند تا موقتاً درد را تسکین دهد و خونریزی احتمالی را بند آورد.)

حوله‌ی سرد (یا حوله‌ی سردکن فوری) حاوی بلورهای آمونیم نیترات و یک کیسه‌ی نازک پر از آب قابل پاره شدن است. وقتی حوله را می‌فشارند، کیسه‌ی آب پاره و با تکان دادن اندکی، آمونیم نیترات در آب حل می‌شود.

وقتی ماده‌ای شیمیایی در آب حل می‌شود، یا گرما جذب می‌کند، یعنی، سرد می‌شود، یا گرما آزاد می‌کند، یعنی گرم می‌شود. آمونیم نیترات یکی از موادی است که گرما جذب می‌کند. گرمای آب را مستقیماً می‌گیرد، و به این وسیله آن را سرد می‌کند. و مقدار این سرمایش اصلاً جزئی هم نیست. آن حوله‌ی سرد عملاً می‌تواند تا نزدیکی نقطه‌ی یخ زدن سرد شود.

چون پزشکان هم گرما و هم سرما را در مورد درمان جراحات به کار می‌گیرند، در بازار تقریباً همان قدر حوله‌ی گرم یافت می‌شود که حوله‌ی سرد. حوله‌های داغ حاوی موادی شیمیایی‌اند که وقتی در آب حل می‌شوند گرما پس می‌دهند، که معمولاً بلورهای کلسیم کلرید یا منیزیم سولفات هستند.

اما چرا یک ماده‌ی شیمیایی در خلال فرایند ساده‌ی انحلال در آب باید گرما را یا جذب کند؟ رویهم‌رفته، ما در خانه بلورهای دو ماده‌ی شیمیایی، نمک و قند یا شکر، را بارها در آب حل می‌کنیم، با این حال هرگز نمی‌بینیم که، مثلاً، شکر قهوه یا چای داغ ما را خنک، یا نوشابه‌ی سرد ما را گرم کند. واقعیت این است که نمک و شکر (قند) موادی استثنایی‌اند.

وقتی ماده‌ای شیمیایی در آب حل می‌شود، فرایندی دو مرحله‌ای را طی می‌کند: ابتدا، جامد شیمیایی، ساختار بلوری تجزیه (شکسته) می‌شود، و سپس واکنشی بین آب و اجزای شیمیایی شکسته شده روی می‌دهد. این نخستین گام همواره اثر سرمایشی دارد، در حالی که دومین مرحله تأثیر گرمایشی دارد.

اگر مرحله‌ی اول بیشتر از گرم شدن مرحله‌ی دوم، سرد کند، مانند مورد آمونیم نیترات، تأثیر کلی سرمایشی است. اگر روندی عکس این پیش بیاید، مانند مورد کلسیم کلرید و منیزیم سولفات، اثر کلی گرمایشی است. در موارد نمک و قند، این دو مرحله اتفاقاً هم‌ارز و برابرند، از این رو اثر یکدیگر را خنثی می‌کنند و تغییر دمایی بسیار جزئی و نامحسوس اتفاق می‌افتد.

گوشزد

حال اتفاقی را بررسی می‌کنیم که در خلال فرایند دو مرحله‌ای حل شدن

بلورها در آب پیش می‌آید:

بلور آرایشی هندسی، سه بعدی، و صلب از ذرات است. این ذرات، بسته به ماده‌ای که درباره‌ی آن صحبت می‌کنیم، ممکن است اتم، یون (اتم باردار)، یا مولکول باشند. آن‌ها را فقط ذره می‌نامیم.

گام ۱: ذرات باید ابتدا از مواضع صلب‌شان در بلور رها شوند تا بتوانند آزادانه در آب پخش و پراکنده شوند. برای شکستن و خرد کردن هرگونه ساختار صلب باید انرژی مصرف شود؛ کسی یا چیزی باید با ضربه‌های پتک بنوازد تا این ساختار را خرد کند. بنابراین، در خلال شکسته و خرد شدن ساختار بلور، باید مقداری انرژی گرمایی از آب وام گرفته شود، و متناظر با آن آب هم سرد می‌شود.

گام ۲: ذرات آزاد شده با فاصله‌ی مطلوب از یکدیگر نمی‌توانند به هر طرفی نوسان کنند. این ذرات رایش متقابل قدرتمندی برای مولکول‌های آب دارند. اگر این‌طور نبود، در نخستین مرحله گرایشی به حل شدن در آن‌ها پدید نمی‌آمد. به این ترتیب، به محض آن که نوشیده می‌شوند، به اصطلاح از سوی مولکول‌های آب مورد حمله قرار می‌گیرند، که هجوم می‌آورند تا شبیه آهنرباهای شناور اطراف زیردریایی، به دور آن‌ها جمع شوند و گرد آیند. وقتی این آهنرباها (یا مولکول‌ها) به چیزی ربوده یا جذب می‌شوند، در هجوم به سوی هدف‌هایشان انرژی مصرف می‌کنند. این انرژی آب را گرم می‌کند. اکنون اثر این موضوع دقیقاً پدیده‌ی تر است: اثر سرمایش ناشی از شکستن جامد یا اثر گرمایش ناشی از ریاش ذرات به سوی مولکول‌های آب. اگر سرمایش بیشتر باشد، اثر برآیند یا اثر خالص از این قرار خواهد بود که وقتی جامد در آب حل می‌شود، آب سردتر خواهد شد. اتفاقی هم که با حضور آمونیم نیترات می‌افتد به همین ترتیب است. اگر گرمایش بیشتر باشد، تأثیر کلی از این قرار است که وقتی جامد حل می‌شود آب هم گرم‌تر خواهد شد؛ همین اتفاق است که با حضور کلسیم کلرید و منیزیم سولفات می‌افتد.

در مورد نمک و قند (شکر) چه اتفاقی می‌افتد؟ فقط یک تصادف است که این دو اثر تقریباً مساوی‌اند و یکدیگر را خنثی می‌کنند. از این رو وقتی نمک

یا شکر در آب حل می‌شود، عملاً سرمایش یا گرمایش خالصی اتفاق نمی‌افتد. (در عمل، نمک - سدیم کلرید - وقتی در آب حل می‌شود اندکی آن را سرد می‌کند).

انجام دهید

آمونیم نیترات یکی از کودهای شیمیایی معمولی و کلسیم کلرید یک عامل خشک‌کننده‌ی متداول است، که از آن برای خشک کردن انبارها و زیرزمین‌های نمناک سود می‌جویند. ممکن است این مواد شیمیایی در خانه یا مزرعه‌ی شما یافت شوند. آمونیم نیترات را در آب بریزید و به هم بزنید، خواهید دید که آب سرد می‌شود. کلسیم کلرید را در آب بریزید آن را به هم بزنید آب کاملاً گرم (داغ) خواهد شد. (روی ظرف را نگذارید و آنرا تکان ندهید؛ گرما باعث می‌شود آب از ظرف به بیرون بپاشد.) دو تاقاشق غذاخوری از این مواد جامد در یک لیوان آب برای انجام این آزمایش‌ها کافی است.

یخ زدن، کودک، سوختن!

چه کسی این عبارت ضد و نقیض مضحک «سوختن در فریزر» را مطرح کرد؟ و به راستی بر سر ماده‌ی غذایی «سوخته شده در فریزر» چه آمد؟

قطعاً، عبارتی ضد و نقیض است، اما اصلاً نه به معنای بد آن. نگاه دقیقی به آن گوشت کبابی بیندازید که مدت‌ها پیش برای مصارف پیش‌بینی نشده و اضطراری در فریزر نگه داشته‌اید. آیا سطح خشکیده و چروکیده‌ی آن چنان به نظر نمی‌رسد که گویی تقطیده و کباب شده است؟ بپذیرید یا خیر، «تقطیده» فقط به معنی گرم‌آمیده نیست؛ این اصطلاح به پلاسیده یا خشک شده و پژمرده هم اطلاق می‌شود. و این دقیقاً آن کاری است که فریزر با گوشت کرده است: آن را پلاسیده و خشک کرده است.

چگونه مرور زمان ماده‌ی غذایی را خشک و پلاسیده می‌کند؟ لطفاً

لکه‌های «سوخته» را روی آن گوشت کبابی مدت‌ها مانده در فریزر را مشاهده کنید که خشک و پلاسیده به نظر می‌رسند، گویی قسمت اعظم آب آن بیرون کشیده شده است. و چنین اتفاقی هم برایش افتاده است. اما در چه حالت یا شرایطی آب در مواد غذایی منجمد وجود دارد؟ پرسش بجایی است. در واقع این آب به صورت یخ است. به این ترتیب به این نتیجه هدایت می‌شویم که در حالی که آن تکه گوشت بخت برگشته‌ی مورد بررسی در فریزر به مدتی بسیار طولانی‌تر از آن که هرگز تصورش را می‌کردید، تحلیل رفته و چیزی مخفیانه مولکول‌های یخ را (که، البته، مولکول‌های آب هستند) از سطح آن خارج کرده است.

اما مولکول‌های آب، چگونه می‌توانند به صورت بلورهای یخ جامد چنین مستحکم تثبیت شوند، و به مکان دیگری پراکنده شوند؟ پی می‌بریم که آن‌ها، اگر بتوانند، به‌طور خودانگیخته به هر مکان دیگری که از شرایط مساعدتری برخوردار باشد، حرکت و مهاجرت می‌کنند. این مکان، برای یک مولکول آب به معنای مکانی حتی‌الامکان سرد است، زیرا جایی است با کم‌ترین انرژی، و اگر همه‌ی شرایط دیگر یکسان باشند، مام طبیعت همواره سعی می‌کند شرایطی با کم‌ترین انرژی را برای ذرات کوچکش بیابد. (می‌توانید مولکول‌های آب را از طریق گرما دادن به آن‌ها حرکت دهید، این‌طور نیست؟)

به این ترتیب، اگر پوشش (بسته‌بندی) مواد غذایی در برابر مولکول‌های آب کاملاً نفوذناپذیر نباشند، مولکول‌های آب از آن رد خواهند شد و به این سو و آن سو خواهند رفت؛ از مولکول‌های یخ در سطح ماده‌ی غذایی به هر مکان سردتر دیگر، مانند دیواره‌های خود فریزر. نتیجه‌ی نهایی از این قرار است که آب از ماده‌ی غذایی خارج می‌شود و به واسطه‌ی سازوکار یخ‌زدایی فریزر از سر راه برداشته می‌شوند. به این ترتیب سطح ماده‌ی غذایی خشکیده (داغمه بسته)، چروک خورده، و بی‌رنگ باقی می‌ماند.

البته، این اتفاق یک شبه و ناگهانی نمی‌افتد. فرایندی کند است، و می‌توان با پیچیدن آن در ماده‌ای که در برابر رفت و آمد مولکول‌های آب ناتراوا و

نشت ناپذیر است، این فرایند را بسیار کندتر کرد و عملاً به صفر رساند. برخی کیسه‌های پلاستیکی برای این کار بسیار مطلوب‌اند. خالی کردن کیسه و خلأسازی درون آن بهترین کار است، زیرا علاوه بر این که کیسه‌ای که مواد غذایی را در آن نهاده‌اند، نسبت به بخار آب کاملاً ناتراوا می‌شود، هیچگونه فضای خالی بین ماده‌ی غذایی و جداری آن هم نمی‌ماند. اگر در بسته‌بندی هوایی وجود داشته باشد، مولکول‌های آب در آن فضا به حرکت در می‌آیند و تا دیواره‌ی کیسه می‌روند و در آنجا به صورت یخ می‌چسبند، به همان دلیل که اگر بتوانند، تمام فضای فریزر را تا دیواره‌ی آن طی می‌کنند. و در این حالت باز هم با مشکل سوختگی یا سوختن از یخ‌زدگی مواد غذایی در فریزر مواجه می‌شوید.

نتیجه‌ی اخلاقی شماره ۱: در مورد نگهداری بلندمدت مواد غذایی در فریزر، برای حداقل سوختگی فریزری: (الف) از مواد بسته‌بندی (کیسه) مخصوصی بهره بگیرید که مخصوص فریزر تولید شده‌اند زیرا ناتراوایی آن از حرکت مولکول‌های آب جلوگیری می‌کند، و (ب) ماده‌ی غذایی را سفت و محکم در بسته‌بندی (کیسه) بپیچید و از آن هوا را خارج کنید.

نتیجه‌ی اخلاقی شماره ۲: وقتی ماده‌ی غذایی (یا غذای) منجمد آماده خریداری می‌کنید، انتظار وجود بلورهای یخ در فضای داخل بسته‌بندی را داشته باشید. فکر می‌کنید این آب (که بعداً یخ بسته) از کجا آمده است؟ از غذا یا مواد غذایی. به این قرار که به جهت نگهداری طولانی مدت «سوخته»، یا یخ آن آب شده است، که عصاره‌ی غذا را بیرون آورده، و مجدداً منجمد شده و یخ‌زده است. در این صورت از فروشگاه دیگری خرید کنید.

صدف‌ها در قفسه‌ی فروشگاه

ظاهراً نیمی از مکمل‌های کلسیمی در قفسه‌های غذای سالم آرد شده‌ی «پوسته‌ی صدف طبیعی» هستند. آیا کلسیم پوسته‌ی صدف از سایر انواع آن مرغوب‌تر است؟

اگر از یک شیمیدان می‌پرسیدید، می‌گفت «کلسیم کربنات کلسیم کربنات است.»

قطعاً، صدف‌ها کفه‌های خود را از کلسیم کربنات (آهک) درست می‌کنند. اما به زبان شیمیدانان، مهم نیست که کلسیم کربنات در بطری مکمل غذایی از محل پرورش صدف حاصل شده باشد یا از یک بستر آهکی، که آن هم از کلسیم کربنات درست می‌شود. هیچکدام از این دو «طبیعی»‌تر از دیگری نیست (به هر معنایی که از طبیعی بودن برداشت کنید). اما، در کفه‌ی صدف‌ها مقداری ماده‌ی معدنی یافت می‌شود، از این رو کلسیم کربنات ناشی از منابع دیگر باید مقداری خالص‌تر باشد.

مکمل‌های غذایی کلسیمی، افزون بر کلسیم کربنات، در قالب مواد شیمیایی دیگری هم فروخته می‌شوند. اما، از لحاظ وزنی، این شکل‌های دیگر نسبت به کلسیم کربنات حاوی کلسیم کم‌تری‌اند، و این عملاً عنصر کلسیم است که شما دنبالش می‌گردید؛ مهم نیست که بقیه‌ی مواد همراه با آن چه باشند. کلسیم کربنات از لحاظ وزنی حاوی ۴۰ درصد کلسیم است، در حالی که کلسیم سترات حاوی ۲۱ درصد، کلسیم لاکتات حاوی ۱۳ درصد، و کلسیم گلوکونات فقط حاوی ۹ درصد کلسیم است.

اکنون می‌توانید سر در بیاورید که کدام مکمل غذایی کلسیم‌دار در قفسه‌ی فروشگاه‌ها به ازای پولی که می‌پردازید عملاً بیشترین میزان کلسیم را دارد.

سالم، اما نه خوش طعم

مونوسدیم گلوتامات^۱ دقیقاً چیست، و برای غذا چه کاری انجام می‌دهد؟ به آن «طعم‌افزا» یا تقویت‌کننده‌ی طعم می‌گویند، اما دقیقاً چگونه می‌توان ماده‌ای را به غذا افزود که طعم آن را، مستقل از این‌که آن طعم چه باشد، بهبود بخشد؟

1. Monosodium Glutamate (MSG)

عجیب به نظر می‌رسد، اما واقعاً راز و رمزی در اینجا وجود دارد. آنچه که فهم عملکرد مونوسدیم گلوتامات را دشوار می‌کند این است که این اصطلاح (طعم‌افزا) گمراه‌کننده است: «طعم‌افزاها» طعم غذاها را به معنی بهبود بخشیدن آن‌ها، اضافه نمی‌کنند؛ یعنی، کاری نمی‌کنند که مزه آن‌ها بهتر شود. کاری که می‌کنند این است که طعم یا مزه‌ای را که هم اکنون آن غذا دارد، شدید، یا تقویت می‌کنند - مستقل از این‌که این طعم و مزه‌ها مطبوع، خشتی (بی‌مزه)، یا کاملاً زننده باشد. در صنایع فراوری غذا ترجیح می‌دهند آن‌ها را «تقویت‌کننده» بنامند. ما در اینجا به آن‌ها تقویت‌کننده‌ی طعم می‌گوییم.

عملکرد آن‌ها چیست؟ برخی کارشناسان طعم در چارچوب هم‌افزایی در این باره صحبت می‌کنند؛ هم‌افزایی عبارت است از وضعیتی که در آن اثر کلی دو چیز که بر یکدیگر عمل می‌کنند از جمع آثار آنان وقتی که هر کدام به تنهایی عمل کند، بیشتر است. به بیان دیگر، کل بزرگ‌تر از مجموع اجزای آن است. هر تقویت‌کننده‌ی طعم ممکن است به خودی خود چندان طعمی نداشته یا اصلاً طعم نداشته باشد، اما وقتی با چیزی ترکیب می‌شود که دارای طعم است، آن طعم قوی‌تر از آن حس و دریافت می‌شود که به خودی خود داشته است.

این‌که دقیقاً تقویت‌کننده چگونه جوانه‌های چشایی ما را گول می‌زند و احساس شدیدتری نسبت به طعم به ما می‌دهد، همان چیزی است که پژوهشگران در پی یافتن آن هستند. یکی از نظریه‌ها از این قرار است که تقویت‌کننده‌ها کمک می‌کنند که برخی مولکول‌های طعم به گیرنده‌های زبان ما به مدتی طولانی‌تر یا محکم‌تر و سفت و سخت‌تر می‌چسبند. ظاهراً مونوسدیم گلوتامات از استعداد خاصی برای تقویت کردن مزه‌های شوری و تلخی برخوردارند.

مونوسدیم گلوتامات، یکی از مشتقات گلوتامات اسید است که یکی از آمینواسیدهای متعارفی بشمار می‌آید که پروتئین‌ها از آن ساخته می‌شوند. اما، این ماده تنها تقویت‌کننده‌ی طعم در میان مواد نیست. دو ماده‌ی شیمیایی دیگر که به همین طریق عمل می‌کنند با نام تجاری IMP-5' و GMP-5' شناخته

می‌شوند (شیمیدان‌ها این مواد را دی‌سدیم-۵-اینوزینات^۱ و دی‌سدیم-۵-گوانیلات^۲ می‌نامند). همه‌ی این سه ماده مشتقات آمینواسیدهای (اسیدهای آمینه‌ی) طبیعی هستند که در سبزی‌هایی چون انواع قارچ و جلبک‌ها (خرزه‌ها) دریایی یافت می‌شوند.

کیفیت افزایش‌دهنده طعم این مواد گیاهی را هزاران سال است که شناخته‌اند. مثلاً، ژاپنی‌ها همواره از خرزه و جلبک در سوپ‌های ملایم و خوشمزه‌ای بهره می‌گیرند که می‌توانند به نحو چشمگیری از یک تقویت طعم بهره‌گیرند. ژاپن بزرگ‌ترین تولیدکننده‌ی مونوسدیم گلوتامات خالص در جهان است؛ این ماده گرد بلورین سفیدی است که ده‌ها سال است در محموله‌های چند تنی به فروش می‌رسد. مصرف عمده‌ی آن در ساخت غذاهای آماده است، هرچند که رستوران‌های چینی غالباً از آن در آشپزی به عنوان یک ماده‌ی موجود در بازار استفاده می‌کنند.

اخیراً، مونوسدیم گلوتامات اندکی با عدم استقبال مواجه شده زیرا برخی مردم واکنش ناخوشایندی نسبت به آن بروز داده‌اند. تمامی شواهد ظاهراً حاکی است که این مشکل، اگر بتوان آن را مشکل نامید، از این قرار است که بعضی‌ها نسبت به این ماده خیلی حساس‌اند، و نه این‌که ذاتاً چیز زیانباری در مونوسدیم گلوتامات وجود داشته باشد، مگر وقتی که زیاده‌تر از حد متعارف مصرف شود. اما تقریباً هر چیز اگر زیاد مصرف شود، زیانبار است.

اداره‌ی غذا و داروی ایالات متحده‌ی آمریکا^۳ هنوز هم درج فهرست جداگانه محتوای مونوسدیم گلوتامات را در برچسب بسته‌بندی‌ها الزامی نکرده است. اما می‌توانید آن را، یا خوشبختانه نزدیک شیمیایی‌اش را، روی برچسب بسته‌بندی سوپ‌ها و غذاهای مختصر (لقمه)^۴ بیابید که در پشت تعداد گوناگونی اسامی مستعار، با نام‌های تجارتي مشهور عصاره‌ها، و پروتئین سبزیجات هیدرولیز شده، که پروتئین گیاهی است که به اسیدهای

1. disodium 5'-inosinate = 5'-IMP

2. disodium 5'-guanylate = 5'-GMP

3. U.S. Food and Drug Administration (FDA)

4. snack foods

آمیخته‌ی سازنده‌اش تجزیه شده، و از جمله‌ی آن‌ها می‌توان گلوتامیک اسید را برشمرد، پنهان شده‌اند.

تنوع گسترده‌ای از سایر ترکیب‌های طعم‌افزای دیگر را از مخمرها استخراج می‌کنند. یکی از تولیدکنندگان بیش از ده نوع «طعم‌افزا»ی مبتنی بر مخمر را می‌سازد و به سازندگان غذا می‌فروشد که بخصوص برای تقویت برخی طعم‌ها، از مزه‌ی گوشت گاو تا گوشت مرغ، مزه‌ی پنیر شور، ترکیب و تولید شده‌اند. خواهید دید که این طعم دهنده‌ها در میان اجزای تشکیل دهنده بر روی بسته‌بندی تحت عنوان «عصاره‌ی مخمر»، «ماده‌ی غذایی مخمر»، یا «طعم طبیعی» فهرست شده است، هرچند که، به معنای واقعی کلمه، این‌ها طعم و مزه نیستند. از سوی دیگر، آن‌ها مونوسدیم گلوتامات هم نیستند.

احتمالاً نه نیم‌پز

استیک نیم‌پز و آب‌دار را واقعاً دوست دارم. اما به آن آدم‌های متظاهر چه بگویم که به من درباره‌ی خوردن گوشت «نیم‌پز» طعنه می‌زنند؟

هیچ حرفی. جز لبخند. آنان اشتباه می‌کنند.

آنان در ترجیح خود برای خوردن استیک کاملاً پخته، ضرورتاً اشتباه نمی‌کنند، هرچند که بسیاری استدلال می‌کنند که چنین رفتاری (خوردن استیک خونابه‌دار و نیم‌پخته) باید جنایت اعلام شود. اشتباه آن‌ها در اینجاست که استیک شما را نیم‌پز و خونابه‌دار می‌نامند.

باید مؤدبانه به آن‌ها یادآوری کنید که، خون مایع قرمزی است که در سرخرگ‌ها و سیاهرگ‌های جانور زنده گردش می‌کند. نسبت به آن نباید زیادی خشن بود، اما در کشتارگاه، به محض آن که حیوان هلاک می‌شود، تمامی خون آن را بیرون می‌کشند مگر آن مقداری خون که در قلب و شش‌ها به دام می‌افتد، که مشتاقانه امیدواریم، کم‌ترین میزان آن برای خورد و خوراک

شما و دوستان‌تان به مصرف برسند.

وقتی یک استیک سفارش می‌دهید، بافت عضلانی، و نه اجزای دستگاه گردش خون، را سفارش می‌دهید. علت قرمز بودن رنگ خون وجود هموگلوبین، پروتئین انتقال اکسیژن، در آن است. اما، رنگ قرمز عضلات ناشی از وجود ترکیبی شیمیایی به نام میوگلوبین است؛ میوگلوبین پروتئینی است که اکسیژن را درجا ذخیره می‌کند، تا در هنگام فوران انرژی که به آن نیاز پیدا می‌شود، به مصرف برسد. این فقط یک تصادف است که این هر دو ترکیب قرمز رنگ‌اند و رنگ هر دو در هنگام پخته شدن به قهوه‌ای می‌گراید. (بله، در واقع تصادف و اتفاقی در طبیعت در کار نیست؛ هر چیزی به دلیلی پیش می‌آید. علت این مورد از این قرار است که هموگلوبین و میوگلوبین به پروتئین‌های حاوی آهن بسیار شبیه‌اند.)

گوشت‌های گوناگون حاوی مقادیر مختلف میوگلوبین‌اند، زیرا جانوران گوناگون از میزان متغیر نیاز به ذخیره‌ی اکسیژن در عضلات‌شان برای مصرف در هنگام فوران انرژی برخوردارند. میزان میوگلوبین گوشت خوک از گوشت گاو کم‌تر است، گوشت مرغ کم‌تر از آن، و گوشت ماهی باز هم کم‌تر میوگلوبین دارد. به این علت است که گوشت‌های قرمز و گوشت‌های نسبتاً سفید داریم.

تکته در استیک «نیم‌پز» خونی وجود ندارد.

تکانش بده، اما آن را نشکن

یکی از پرسش‌ها در مکانیک کلاسیک از این قرار است که برای بیرون آوردن سس کچاپ از بطری، بهترین راه کدام است؟

چنان که یک‌بار دیوید لِیترمن به نحوی به یاد ماندنی نشان داد، بهترین راه از

این قرار است که ته بطری را سفت بگیرید و آن راشبیه کمند به دور سرتان بچرخانید. البته که با این کار کچاپ به تمام در و دیوار پاشیده می‌شود، اما آنچه از شما خواسته شده فقط این است که سس را از بطری خارج کنید، این طور نیست؟

روشی هست که امکان موفقیتی ندارد، با این احوال کسانی را می‌بینید که همیشه در رستوران‌ها از آن روش پیروی می‌کنند: ضربه وارد کردن به ته شیشه‌ی حاوی سس. تمام کاری که در اینجا انجام می‌شود، این است که جسد نیوتون را در گورش در کلیسای وست مینستر تکان می‌دهد. نیوتون سه قانون حرکت خود را، یعنی قوانین بنیادی مکانیک که بر چگونگی حرکت اجسام حاکم است، به ما آموخت (یا دست‌کم فکر می‌کرد که آموخته است). اگر چیزی درباره‌ی سس کچاپ (که حدود زمان مرگ وی که در سال ۱۷۲۷ اتفاق افتاد، به انگلستان وارد شد) می‌دانست، باید قانون چهارمی را هم وضع و بیان می‌کرد، از این قرار: «کسی که به ته بطری سس کچاپ شما ضربه وارد می‌آورد هیچ کاری نمی‌کند مگر این‌که کچاپ را حتی محکم‌تر در بطری نگه می‌دارد.» یا این‌که، چون مطابق با قانون سوم نیوتون، هر عملی دارای عکس‌العملی مساوی و در خلاف جهت آن است، شما هم با کوبیدن به ته بطری فقط جای کچاپ را در بطری محکم‌تر و سفت‌تر می‌کنید - دقیقاً مخالف و متضاد کاری که می‌خواهید انجام دهید.

از سوی دیگر، روش لِترمن مطابق قوانین نیوتونی است زیرا نیروی مرکزگرای رو به خارجی هم به بطری و هم به کچاپ وارد می‌آورد، در حالی که بطری را مهار کرده‌اید (امیدواریم که چنین کاری کرده باشید) و برای کچاپ این امکان را پدید می‌آورید که آزادانه با نیروی رو به خارج واکنش برقرار کند.

به این ترتیب توصیه‌ی آیزاک نیوتون برای خارج کردن سس از بطری بدون جلب توجه زیاد [مشتریان رستوران] چیست؟ دو راه و روش موجود است.

اول، می‌توانید روش بهره‌گیری از نیروی مرکزگرای را اندکی جرح و تعدیل

کنید؛ به این ترتیب که شیشه‌ی سس را افقی نگه دارید و از کمر به پایین خم شوید، به طوری که سر بطری یک کمان (پاره‌ای از دایره) رو به پایین کوتاه ترسیم کند. مطابق روش لترمن، به کجای یک نیروی مرکزگرایز رو به خارج از مرکز دایره و بنابراین رو به خارج از طریق دهانه‌ی بطری وارد می‌آید، جهتی که مشتاقانه امیدواریم به سمت بشقاب شما باشد و نه به سوی کسی که آن سوی میز نشسته است. وضعیت اخیر می‌تواند وقتی پیش آید که شما کمان را از خیلی بالاتر از بشقاب خود شروع کرده باشید.

انجام دهید

روش دوم، و قابل اعتمادتر، خارج کردن سس از شیشه به تأیید نیوتون عبارت است از واژگون کردن سریع، رو به پایین و ناگهانی بطری در امتداد محورش، مستقیماً رو به بشقاب اما متوقف کردن آن به‌طور ناگهانی در آخرین لحظه‌ی ممکن.



در این حرکت، کچاپ درون بطری گول می خورد. کچاپ را در حال حرکت به سوی در بطری نگه می داریم در حالی که خود بطری متوقف شده است، درست مانند راننده ای که وقتی اتومبیلش ناگهان بر اثر برخورد با تیر برق متوقف می شود، خودش به سوی شیشه ی جلو حرکت می کند (پرتاب می شود). یا به تعبیر نیوتون، «جسمی متحرک همچنان به حرکت خود ادامه می دهد تا هنگامی که یک شیشه ی جلوی اتومبیل آن را متوقف کند.»

اگر بطری پُر (نو و دست نخورده) یا به تازگی باز شده باشد، ابتدا کچاپ را با چرخاندن تیغی چاقو در دهانه ی آن، شل کنید.

تنها مسئله ی باقی مانده این است که، وقتی پشت میز نشسته اید ممکن است فاصله ی (مسافت) کافی تا بشقاب نداشته باشید که فشار نیروی لازم را بر کچاپ و بطری وارد آورید. برای این کار بایستید.

مردم، این روغن است!

در فهرست مواد تشکیل دهنده ی کهری گیاهی (مارگارین) و سایر بسته بندی های غذایی آمده است: «روغن گیاهی نسبتاً هیدروژن دار.» اگر قرار باشد روغنی را هیدروژن دار کنند، به هر معنی که باشد، چرا فقط تا حدودی و نسبتاً این کار را انجام می دهند؟

هیدروژن دار کردن، به نحو کاملاً معقولی، نام فرایندی است که به آن وسیله هیدروژن به چیزی اضافه می کنند. هیدروژن سبکترین ماده ی شناخته شده است، اما به نحو متناقضی هیدروژن دار شدن یک روغن آن را غلیظ تر و جامدتر می کند. اگر هیدروژن دار کردن را به طور کامل انجام دهیم، روغن مانند موم شمع جامد می شود، که در این صورت مارگارین سفت تر از آن است که بشود آن را روی نان مالید.

روغن ها، چه از گیاهان گرفته شده باشند یا از نفت خام، از مولکول هایی

تشکیل می‌شوند که بین مولکول‌های آن‌ها می‌تواند «شکاف‌های پیوندهی» وجود داشته باشد - نه شکاف‌های واقعی در فضا، بلکه نواحی با توان ترکیب شیمیایی ناقص (به زبان تخصصی: پیوندهای دوگانه). در این مواضع در مولکول‌ها میل اتم‌ها برای اتصال با اتم‌های دیگر به‌طور کامل ارضا نمی‌شود. اتم‌ها باز هم دارای توان پیوندهی استفاده نشده‌اند که آن را می‌توانند برای چنگ انداختن به و قاپیدن اتم‌های دیگر به کار گیرند، در صورتی که اتم‌های مناسب دیگری بر سر راه‌شان قرار گیرند. (به زبان تخصصی: چنین مولکول‌های پرنشده‌ای را اشباع نشده می‌گویند. اگر فقط یک موضع یا مکان پرنشده در مولکول وجود داشته باشد، آن را تک اشباع نشده^۱ می‌گویند).

هیدروژن نامزد تمام عیار و آرمانی برای برآورده کردن تمایلات پیوندهی این اتم‌های پرنشده بشمار می‌آید. اتم هیدروژن کوچک‌ترین اتم است، و می‌تواند تقریباً در هر مکانی در مولکولِ گره خورده در جایی که لازم باشد، بخصوص اگر تحت فشار بالا ناگزیر شود، که در مورد هیدروژن‌دار کردن روغن‌ها چنین اتفاقی می‌افتد، وارد شود و به آن مکان بچسبد. اتم‌های هیدروژن از طریق پر کردن شکاف‌ها، گرایش و تمایل مولکول‌ها به تشکیل پیوند را به تمامی اوضاع می‌کنند. (به زبان تخصصی: مولکول‌های دارای پیوند کامل را اشباع شده می‌گویند).

این کار بر سر روغن چه می‌آورد؟ همین که شکاف‌های پیوندهی مولکول‌های اشباع شده پر می‌شوند، این مولکول‌ها به هم فشرده‌تر می‌شوند، زیرا تا حدودی انعطاف‌پذیرترند. (به زبان تخصصی: پیوندهای دوگانه صُلب‌ترند.) بنابراین در شکل جامدشان می‌توانند سفت و سخت‌تر یکدیگر را دربر گیرند، و ماده‌ای که از این مولکول‌ها تشکیل شده در هنگام گرم شدن به مدت طولانی‌تری جامد باقی می‌ماند، یعنی، در دمای بالاتری ذوب می‌شود. (هرگاه روغنی اتفاقاً در دمای اتاق منجمد می‌شود، آن را نه روغن که چربی می‌نامیم. در واقع، اصطلاح تخصصی برای همه‌ی آن‌ها، چه مایع و چه جامد، چربی است).

می‌خواهیم روغن‌های گیاهی را برای استفاده نیمه جامد کنیم، مثلاً، مانند مارگارین معمولی، اما نمی‌خواهیم مارگارین‌ها را خیلی سفت کنیم. این‌که در بالا آن را با موم شمع قیاس کردم، شوخی نبود. پارافینی که در ساختن شمع به کار می‌رود در واقع آمیزه‌ای از روغن‌های کاملاً اشباع شده است؛ اما این روغن‌ها را از نفت، و نه از دانه‌های گیاهی، می‌گیرند.

به‌طور کلی، روغن‌های نباتی (گیاهی) عمدتاً به اشباع نشدن گرایش دارند و در دمای متعارف (دمای اتاق) مایع‌اند، در حالی که چربی‌های حیوانی عمدتاً گرایش به اشباع شدن و جامد ماندن دارند. روغن‌های نباتی حاوی حدود ۱۵ درصد مولکول‌های اشباع شده‌اند. برای ساختن مارگارین، آن‌ها را به‌طور نسبی تا حدود ۲۰ درصد هیدروژن‌دار می‌کنند. کره حدود ۶۵ درصد اشباع شده است.

روغن‌های اشباع نشده گرایش به تجزیه شدن دارند و در دماهایی که غذا را در آن سرخ می‌کنند، از آن‌ها دود بر می‌خیزد. این روغن‌ها نسبتاً به آسانی فاسد می‌شوند و بو می‌گیرند، زیرا مولکول‌های اکسیژن هوا می‌توانند به شکاف‌های بین اتم‌ها راه پیدا کنند و به آن‌ها هجوم آورند. هیدروژن‌دار کردن روغن‌ها را پایدارتر می‌کند زیرا شکاف‌ها را با اتم‌های هیدروژن مسدود می‌کند.

این‌ها جنبه‌های خوب و مطلوب هیدروژن‌دار کردن بودند. وجوه بد و نامطلوب آن از این قرارند که ظاهراً چربی‌های اشباع شده کلسترول خون مصرف‌کنندگان را بالا می‌برند و خطر بیماری قلبی را افزایش می‌دهند. تولید کنندگان مواد غذایی درگیر کشمکش پایان‌ناپذیری‌اند بر سر این‌که چربی‌های اشباع شده را در حداقل نگه دارند به گونه‌ای که بتوانند به سلامتی فراورده‌های خود ببالند، در حالی که در عین حال هیدروژن‌دار کردن روغن‌هایشان به اندازه‌ی کافی خواص مطلوبی به این محصولات می‌دهد.

داستان ساختگی مه بزرگ

چرا یخ خشک، خشک است؟ و آن همه ابر پیرامون آن چگونه به وجود می‌آید؟

ابر نیست؛ مه است. هرچند یخ خشک کربن دیوکسید خالص است، برخلاف نظر بعضی افراد، خود این مه کربن دیوکسید نیست. کربن دیوکسید گازی نامرئی است. ابر مه پیرامون یخ خشک آب خالص است. این مه حاصل چگالیده شدن (میعان) رطوبت طبیعی هوا به واسطه‌ی دمای پایین یخ خشک است.

یخ خشک کربن دیوکسید جامد است، به همان گونه که یخ معمولی آب در شکل جامد است. آب در دمای صفر درجه‌ی سلسیوس (۳۲ درجه‌ی فارنهایت) یخ می‌زند و به شکل جامد در می‌آید، در حالی که کربن دیوکسید تا به دمای -78.5 درجه‌ی سلسیوس (-109 درجه‌ی فارنهایت) نرسد، جامد نمی‌شود. به این ترتیب، کربن دیوکسید منجمد (یخ خشک) از آب منجمد (یخ معمولی) بسیار سردتر است.

یخ معمولی به این علت خیس است که به محض ذوب شدن به آب مایع تبدیل می‌شود. یخ خشک به این علت خشک است که ذوب نمی‌شود. یخ خشک مستقیماً و بدون این که ابتدا به مایع تبدیل شود، به صورت گاز در می‌آید. کربن دیوکسید در فشار جو معمولی به آسانی نمی‌تواند به صورت مایع وجود داشته باشد. به مجرد این که به صورت جامد حتی غیرطبیعی‌تر به صورت یخ خشک یافت می‌شود، منتهای تلاش خود را می‌کند تا مستقیماً به گاز تبدیل شود.

کربن دیوکسید گازی بسیار با ثبات است زیرا مولکول‌های گاز از یکدیگر دورتر از آن‌اند که بتوانند یکدیگر را دربر گیرند، و مولکول‌های کربن دیوکسید هم خیلی یکدیگر را دوست ندارند. یعنی، به آن شدتی که مولکول‌های آب به هم می‌چسبند، به یکدیگر نچسبیده‌اند. اما مولکول‌های

کربن دیوکسید از چسبندگی لازم برای مایع بودن برخوردار نیستند، مگر این که آن‌ها را مجبور کنید چندان به هم نزدیک شوند که هیچ فرصتی و امکانی جز مشارکت با یکدیگر نداشته باشند. به بیان دیگر، گاز کربن دیوکسید فقط تحت اجبار، یعنی تحت فشار زیاد، به شکل مایع در می‌آید. کربن دیوکسید در حالت گازی همه جا می‌رود و همه جا حاضر است، اما به صورت مایع تحت فشار زیاد در مخازن فولادی یافت می‌شود.

کربن دیوکسید (CO_2) آتش‌نشانان چیزی نیست جز مخزن‌های پر از کربن دیوکسید مایع با شیر فشاری. وقتی با فشردن دسته‌ی راه‌انداز مقداری از فشار روی مایع کم می‌کنید، کربن دیوکسید از طریق مجرای مخصوص با شدت به بیرون پاشیده می‌شود. به صورت جریانی انفجاری از گاز بسیار سرد بیرون می‌آید، که با «برفی» از کربن دیوکسید جامد آمیخته است. اگر بتوانید پیش از تبخیر شدن این برف به مقدار کافی از آن گرد آورید و آن را فشرده کنید و به صورت «گلوله‌ی برف» در آورید، تکه‌ای از یخ خشک در اختیار خواهید داشت. در مقیاس بزرگ، دقیقاً به همین روش است که یخ خشک را از کربن دیوکسید مایع تولید می‌کنند.

کپسول‌های آتش‌نشانی به دو طریق کار می‌کنند: سرما می‌تواند دما را به زیر نقطه‌ی اشتعال سوخت پایین آورد، در حالی که کربن دیوکسید آتش را به این علت خفه می‌کند که گاز سنگینی است که اکسیژن را با فشار دور می‌کند. یخ خشک را در صحنه‌های فیلمبرداری برای ایجاد مه به کار می‌برند. این مه واقعی است زیرا از قطره‌های ریز (میکروسکوپیکی) آب معلق در هوا تشکیل می‌شوند. اما همیشه می‌توانید بگویید مه ساختگی (مصنوعی)، زیرا این مه ناشی از مجاورت رطوبت هوا با یخ خشک بسیار سرد است و بنابراین مه ایجاد شده شبیه به یک لحاف روی زمین قرار می‌گیرد - مگر این که بادبزنی فیلمبرداری آن را پراکنده کند. از سوی دیگر، مه واقعی تولید شده در هوا به طور نسبتاً بی‌حرکتی در هوا آویزان می‌ماند.

در فیلم‌ها و فیلمبرداری از یخ خشک برای شبیه‌سازی دیگ‌ها و پاتیل‌های آب جوش هم استفاده می‌کنند. فقط با پرتاب کردن مقداری یخ خشک به

داخل آب، و همچنان که کربن دیوکسید جامد به کربن دیوکسید گازی شکل تبدیل می‌شود، گاز مانند حباب‌های پر از مِه از آب بالا می‌آید که در سطح می‌شکنند و شبیه بخار به نظر می‌رسند. هرچند که اگر به دقت نگاه کنید، همواره می‌توانید به ساختگی بودن آن پی ببرید. قطره‌های ریز در مِه نور را منعکس می‌کنند و سفید به نظر می‌آیند، اما بخار از قطره‌های بزرگ‌تر آب درست می‌شوند که تقریباً شفاف‌اند. به علاوه، بخار مستقیماً بالا می‌رود زیرا گرما بالا می‌رود، در حالی که مِه یخ خشک سرد در ارتفاع پایینی بر فراز دیگ آویزان می‌ماند.

در حالی که به موضوع جعلیات و صحنه‌های ساختگی فیلمبرداری می‌پردازیم، در خصوص صحنه‌های کشتی‌هایی که در معرض ضربه‌های توفان‌اند، چه بگوییم؟ آیا آن‌ها مدل‌های ریز و مینیاتوری‌اند، که در یک مخزن بزرگ از آن با حرکت آهسته فیلم می‌گیرند؟ یک روش قطعی وجود دارد که این موارد را تشخیص دهیم. اندازه‌های قطره‌های آب ناشی از امواج تصادف و برخورد را واریس کنید. اگر به اندازه‌ی پنجره یا یک گلوله‌ی توپ سوار شده روی کشتی باشند، پس صحنه یک مدل روی مخزن است. آب قطره‌هایی به اندازه‌ی گلوله‌ی توپ تولید نمی‌کند، مگر این‌که «گلوله‌های توپ» بر روی کشتی واقعاً در مقیاس مدل گلوله‌های تفنگ بادی باشند.

نپرسیدی، اما...

چرا پاشاندن گازی برفی ناشی از CO_2 کپسول آتش‌نشانی چنان سرد است، هرچند که ممکن است کپسول یاد شده را به مدت چند ماه در اتاقی گذاشته باشند.

وقتی کربن دیوکسید مایع در مخزن به کربن دیوکسید گازی شکل تبدیل می‌شود، چندان سرد می‌شود که مقداری از کربن دیوکسید را به «برف»

تبدیل می‌کند. اما، به راستی چرا چنین است؟ همه‌ی اتفاقی که می‌افتد از این قرار است که به محض آن که امکان رها شدن گاز متراکم در محیط فراهم می‌آید، منبسط می‌شود. آیا انبساط گازها را خود به خود سرد می‌کند؟ بله، همین طور است. و حالا دلیلش را باز می‌گوییم.

مولکول‌ها در یک حرکت انبساطی گاز دارای توان بیرون راندن چیزها هستند، این طور نیست؟ به بیرون‌ریزی قدرتمند گاز در هنگام استفاده از کپسول آتش‌نشانی توجه کنید. اگر مواظب نباشید و احتیاط نکنید، می‌توانید کل آتش در حال شعله کشیدن را به قسمت دیگری از محیط برانید. از این رو مولکول‌های یک گاز انبساطی می‌تواند اشیاء را به دوردست پرتاب کند – حتی اگر این شیء فقط هوا باشد – که این عمل از طریق به هم خوردن و کوبیدن مولکول‌های آن شیء انجام می‌شود.

همچنان که مولکول‌های گاز به مولکول‌های یک شیء ضربه می‌نوازند، مقداری از انرژی خودشان را مصرف می‌کنند و در نتیجه سرعت‌شان کند می‌شود، درست مثل گوی بیلیارد که پس از برخورد به گوی دیگر سرعتش کند می‌شود. و سرعت کم‌تر مولکول‌های گاز به معنی مولکول‌های گاز با دمای پایین‌تر است.

کربن دی‌اکسید در کپسول آتش‌نشانی تحت چنان فشار زیادی است که وقتی آن را در محیط رها می‌کنید به شدت منبسط می‌شود و به همان ترتیب هم دمایش به شدت کاهش می‌یابد.

بازی قدیمی پوست و استخوان‌ها

کسی تلاش می‌کرد به من بگوید که آن ژله‌ی روشن، درخشان و پرتلاؤ، آن موهبت آرامش‌بخش کودکی، از پوست خوک، چرم، استخوان، و سُم گاو درست می‌شد. عجب! آیا احتمالاً این حرف‌ها می‌توانند حقیقت داشته باشند؟

البته که خیر، فقط از پوست و استخوان. و نه سُم. ژله و پس غذاهای مشابه آن از حدود ۸۷ درصد شکر و ۹ یا ۱۰ درصد ژلاتین، به اضافی طعم دهنده و رنگ کننده تشکیل می‌شوند. کودکان سه چیز را در هر ماده‌ای دوست دارند: رنگ درخشان، شیرینی زیاد، و لرزیدن و تکان خوردن. از لحاظ مادران هم اشکالی ندارد، زیرا ژلاتین پروتئین خالص است.

ژلاتین، که البته لرزان است، در واقع از پوست خوک، چرم گاو، و استخوان گاو به دست می‌آید. اما دل به هم خوردگی و چندش را کنار بگذاریم. هر وقت سوپ یا غذایی آبکی را درست کردید که در یخچال حالت ژلاتینی پیدا کرد، ژلاتینی از پوست مرغ یا استخوان گاو ساخته‌اید.

پوست، استخوان‌ها، و بافت پیوندی مهره‌داران حاوی یک پروتئین الیافی به نام کلاژن (ماده‌ی پروتئینی) اند. در سُم‌ها، مو و پشم، یا شاخ‌ها هیچگونه کلاژنی وجود ندارد. وقتی کلاژن با اسید داغ (معمولاً هیدروکلریک یا سولفوریک اسید)، یا قلیا (معمولاً آهک) عمل‌آوری می‌شود، به ژلاتین تبدیل می‌شود، که پروتئینی نسبتاً متفاوت است و در آب حل می‌شود. پس ژلاتین بیرون کشیده شده در داخل آب داغ، جوشیده، و خالص می‌شود.

نخواهید که مراحل اولیه‌ی فرایند خالص‌سازی و پالایش را مشاهده یا بوی آن را استشمام کنید. اما وقتی ژلاتین از کارخانه بیرون می‌آید، کاملاً در مراحل گوناگون شسته و اسید و باز آن خارج شده، و سرانجام از صافی گذرانده و یون‌زدایی (یکی از راه‌های زدودن ناخالصی‌های شیمیایی) شده، و آن را گندزدایی هم کرده‌اند. آنچه که سرانجام از کارخانه بیرون می‌آید جامدی به رنگ زرد کم‌رنگ، شکننده، در شکل‌های فولادی، رشته‌ای، ورقه‌ای، یا پودری است. وقتی این ژلاتین جامد در آب سرد خیسانده شود، آب را جذب و باد می‌کند؛ آنگاه، هرگاه آب گرم شود در آن حل می‌شود تا مایعی غلیظ تشکیل شود که پس از سرد شدن به ژله تبدیل خواهد شد.

ژلاتین، در حکم پروتئین، غذایی مقوی است، هرچند که آن چیزی نیست که متخصصان تغذیه به آن پروتئین کامل می‌گویند. اما آنچه که درباره‌ی آن

بسیار جالب است این است که وقتی در آب حل می شود وقتی سرد شود ژله ای و در هنگام گرم بودن مایع است. به اصطلاح «در دهان آب می شود». مشخصه‌ی عمده‌ی آن از این قرار است که به شیرینی‌هایی چون آب نبات‌های نرم، که حالت صمغی‌شان زیاد و حدود ۸ تا ۹ درصد است، خاصیت ژلاتینی می‌دهد. و حدس بزنید که آن ذرات سفید ریز را چه چیزی روی آن شکلات‌های شکرپوش بی‌همتا نگه می‌دارد؟ بله، به عنوان چسب در این موارد از ژلاتین استفاده می‌کنند.

قسمت عمده‌ی ژلاتینی که در ایالات متحده‌ی آمریکا تولید می‌شود - بیش از پنجاه هزار تن در سال - در قالب دسرهای ژلاتینی به مصرف می‌رسد. آن‌ها را در شیربستنی (میلک شیک)‌ها، سوپ‌ها، نوشابه‌های میوه‌ای، انواع گوشت‌های کنسروی، فراورده‌های لبنی، غذاهای منجمد، لایه‌های داخل و روی شیرینی می‌توانید بیابید. اما مواد غذایی تنها موارد مصرف این ماده‌ی منحصربفرد نیست. کپسول‌های دوتکه‌ای که بسیاری از داروها را درون آن‌ها می‌ریزند نیز از ژلاتین ساخته می‌شوند - حدود ۳۰ درصد ژلاتین در ۶۵ درصد آب. سرکبریت‌ها آمیزه‌ای از مواد شیمیایی است که یک ملات ژلاتینی آن‌ها را کنار یکدیگر نگه می‌دارد.

و حالا می‌رسیم به عکاسی. امولسیون عکاسی - آن پوشش نازک حساس به نور بر روی فیلم یا کاغذ عکاسی - از ژلاتین خشک حاوی مواد شیمیایی حساس به نور ساخته می‌شود. از سال ۱۸۷۰ که برای نخستین بار ژلاتین را برای عکاسی به کار بردند، هیچ چیزی تاکنون بهتر از این ماده برای این کار یافته نشده است. آیا دلگرم‌کننده نیست هرگاه بدانیم فضانوردان با استفاده از ماده‌ای ابتدایی ساخته شده از پوست و استخوان حیوانات، تصاویرشان را می‌گیرند؟

این دور و اطراف باید ماهی باشد

چرا ماهی بوی ماهی می‌دهد؟

شاید سوآل احمقانه‌ای به نظر بیاید، اما چندین پاسخ جالب دارد. مردم بوی ماهی را در فروشگاه‌ها و رستوران‌ها به این علت تحمل می‌کنند که فکر می‌کنند، خوب، پس باید چه بوی دیگری بدهد؟ اما ماهی لازم نیست اصلاً بوی ماهی بدهد. اگر تازه باشد، اصلاً بویی نمی‌دهد. وقتی ماهی و صدف‌داران فقط دو ساعت از آب خارج باشند، عملاً بویی ندارند. غذای دریایی فقط وقتی شروع به تجزیه (فاسد) شدن می‌کند، از آن بوی «ماهی» برمی‌خیزد. و ماهی خیلی سریع‌تر از سایر انواع گوشت فاسد و تجزیه می‌شود.

گوشت ماهی - عضله‌ی ماهی - از نوع متفاوتی پروتئین نسبت به، مثلاً، گوشت گاو و مرغ، ساخته شده است. این گوشت سریع‌تر تجزیه می‌شود، نه تنها در روند پختن، بلکه تحت کنش آنزیم‌ها و باکتری‌ها. به بیان دیگر، سریع‌تر ضایع و خراب می‌شود. آن بوی ماهی از محصولات فساد (تجزیه) به مشام می‌رسد، که این محصولات عمدتاً عبارت‌اند از آمونیاک، ترکیبات گوناگون گوگرد، و موادی شیمیایی به نام آمین‌ها که محصول تجزیه‌ی اسیدهای آمینه‌اند.

مشام آدمی نسبت به این مواد شیمیایی به نحو چشمگیری حساس است. بوها خیلی پیش از آن که مطلقاً برای خوردن ناسالم شوند قابل تشخیص‌اند، از این رو کمی بوی ماهی فقط حاکی از آن است که ماهی مورد نظر آنقدر تازه - یا آنقدر مطبوع - نیست که می‌تواند باشد، بدون آن که ضرورتاً خطرناک باشد.

آمین‌ها و آمونیاک باز (قلیا) هستند، که اسیدها آن‌ها را خنثی می‌کنند. به همین علت است که لیمو را که حاوی سیتریک اسید است، غالباً همراه ماهی می‌خورند. بهترین راه امتحان کردن تازگی محصولات غذایی دریایی این است که قبل از خرید از فروشنده بخواهید صادقانه اطلاعات لازم را به شما ارائه دهد!!

علت دیگر این‌که ماهی سریع‌تر از سایر گوشت‌ها فاسد می‌شود از این قرار است که در حیات وحش، اکثر ماهیان عادت به بلعیدن ماهیان کوچک‌تر

دارند. بنابراین، ماهیان به آنزیم‌هایی گوارشی مجهزند که به نحوی ماهرانه و بی‌عیب و نقص عملاً گوشت ماهی را هضم می‌کنند. پس از این‌که ماهی صید می‌شود، اگر مقداری از این آنزیم‌ها در هنگام نقل و انتقال شدید و سریع ماهیان از رودی آن‌ها بیرون زده باشد، به سرعت شروع به تأثیرگذاری روی گوشت خود ماهی می‌کنند. به این دلیل است که ماهی پاک شده (دل و روده خارج شده) مدت طولانی‌تری سالم می‌ماند.

دلیل سوم: باکتری‌های تجزیه‌گر (فاسد کننده) در درون و روی بدن ماهی زنده در آب، نسبت به باکتری‌های خشکی کارسازتر و فعال‌ترند زیرا برای عملکرد در آب‌های سرد دریا طراحی شده‌اند. هرگاه کمی هم گرم‌شان کنید خواهید دید که با انرژی بیشتری به راستی سنگ تمام می‌گذارند، برای این‌که این باکتری‌ها را از کارشان بازدارید، باید ماهی را سریع‌تر و کامل‌تر از انواع گوشت خونگرم سرد و ذخیره کنیم.

به این دلیل یخ بهترین دوست ماهیگیران است؛ آن‌ها همیشه خروارها یخ در قایق خود نگهداری می‌کنند. یخ نه تنها دما را پایین می‌آورد، بلکه ماهی را هم از خشک شدن مصون می‌دارد. ماهی، حتی اگر مرده هم باشد، خشک شدن را دوست ندارد.

دلیل چهارم: به‌طور کلی، گوشت ماهی حاوی چربی‌های اشباع نشده‌ای بیشتر از گوشت حیوانات خشکی است. همین یکی از دلایلی است که در این زمانه‌ی کلسترولهراسی این گوشت را به سایر گوشت‌ها ترجیح می‌دهیم. اما چربی‌های اشباع نشده خیلی آسان‌تر از چربی‌های اشباع شده فاسد می‌شوند و بو می‌گیرند (اکسیده می‌شوند) که در گوشت گاو یافت می‌شوند و خوش طعم و مطبوع هم هستند. اکسایش (اکسید شدن) چربی‌ها آن‌ها را به اسیدهای آلی بدبو و متعفن تبدیل می‌کند، که در ایجاد بوی ناخوشایند سهم بسزایی دارد.

فضاهای بیرونی گسترده

لطفاً از بالن بیرون بیایید. به فراسوی همه‌ی چیزهایی نظر افکنید که دست آدمی به آن‌ها رسیده است. به هوا، به خورشید در آسمان، به ابرها نگاه کنید. و درباره‌ی همه‌ی این‌ها به اندیشه بپردازید. چیزی بی‌مایه و موهوم چون هوا چگونه می‌تواند فشاری چون «فشار هوا»^۱ بر ما وارد آورد؟ چرا خورشید در برخی ساعت‌های روز داغ‌تر حس می‌شود؟ چرا برخی ابرها سیاه‌رنگند؟ چرا در هنگام بارش برف هوا گرم‌تر است؟ و اگر تا حالا به ساحل دریا رفته‌اید، آیا به این فکر نیفتاده‌اید که چرا امواج همیشه به صورت مشابهی می‌غلطند، چه کرانه رو به شمال، شرق، جنوب باشد، یا رو به غرب؟

به تعبیر چارلز دادلی وارنر (نه، این تعبیر از مارک تواین نیست)، از دست هیچکس در مورد آب و هواکاری بر نمی‌آید، اما قطعاً می‌توانیم درباره‌ی آن صحبت کنیم. هرچند که، حتی بهتر از صحبت کردن پیرامون آب و هوا، می‌توانیم آن را بفهمیم؛ این فهم از طریق مشاهده و نظاره‌ی دقیق آب و هوا و تفکر درباره‌ی چیزهایی که در آن اتفاق می‌افتد، حاصل می‌شود. در این فصل، درخصوص تابش خورشید، ابرها، باد، و برف سخن می‌گوییم. و در این رهگذر درباره‌ی دو پدیده‌ی ساخت بشر: مجسمه‌ی آزادی و آتش‌بازی چهارم جولای، بحث خواهیم کرد.

1. barometric pressure

در کنار دریای زیبا

هر وقت کنار دریا می‌روم، به نظرم می‌رسد که نسیم خشکی از جانب اقیانوس می‌وزد. این زاده‌ی تخیل من است، یا اتفاقی است مربوط به کرانه‌ی دریا که آن را ذاتاً خنک‌تر و بادگیرتر می‌کند؟

حق با شماست. «نسیم دریا» فقط نام هزاران مهمانخانه‌ی ساحلی نیست. نسیمی که از دریا می‌وزد پدیده‌ای واقعی است که کرانه‌ی دریا را خنک‌تر از درون خشکی می‌کند - دست‌کم در بعدازظهر، که مردم بسیار خواهان آنند که به هر صورتی خنک شوند. طی روز، نسیم خنک تقریباً همواره و پیوسته از دریا به سوی خشکی می‌وزد، و وزشی برعکس این جاری نیست. وزش این نوع بادهای (نسیم‌ها) چندین ساعت پس از طلوع خورشید آغاز می‌شود، و اواسط بعدازظهر به اوج خود می‌رسند، و غروب آرام می‌گیرند و فرو می‌افتند.

در اینجا در مورد اتفاقی که می‌افتد صحبت می‌کنیم. از صبح، خورشید هم بر زمین (خشکی) می‌تابد و هم بر دریا. اما سطح دریا بر اثر تابش آفتاب به نحو چشمگیری گرم نمی‌شود زیرا چنان سرد و گسترده است که اشتباهی پایان‌ناپذیری برای دریافت انرژی گرمایی دارد، که با فرو بلعیدن این انرژی دمایش حتی یک درجه هم افزایش نمی‌یابد. از سوی دیگر، خشکی بر اثر تابش پرتوهای خورشید به نحو قابل ملاحظه‌ای گرم می‌شود. خاک، شاخ و برگ گیاهان، و ساختمان‌ها، خیابان‌ها، و مانند آن‌ها نسبتاً به آسانی گرم می‌شوند. (به زبان تخصصی: ظرفیت گرمایی این اشیاء در مقایسه با ظرفیت گرمایی آب، پایین است.) با گرم شدن زمین، هوای مجاورش هم بر اثر گرمای آن گرم می‌شود، که این هوا منبسط می‌شود و بالا می‌رود. هوای سردتر و چگال‌تر (سنگین‌تر) بر فراز آب مستقر است که سپس به سوی قسمت پایین هوایی که در خشکی بالا رفته سرازیر می‌شود، به سوی ساحل هجوم می‌آورد و همه‌ی کسانی را که در کرانه‌اند خنک می‌کند.

این تنها دلیل خنک بودن نسیم دریا نیست. حتی اگر چنین هم نمی بود، باز هم به آن انبوه آدمیان کمک می کند تا بر اثر تبخیر تعریق شان خنک شوند.

جهت موج دریا

در کنار دریا، چرا امواج همواره موازی با خط ساحلی، مستقل از جهت قرارگیری خط ساحلی، می شکندند؟

امواج می توانند درک کنند که چه موقع به یک ساحل نزدیک می شوند و عملاً با آن هم خط و هم صف می شوند.

البته، وزش باد در سطح دریا امواج را می سازد. اما نمی تواند این طور باشد که باد همواره مستقیماً به سوی ساحل و امواج می وزد. در خارج از اقیانوس و دریا، باد ممکن است بر هرچه که بر سر راهش قرار دارد بوزد. امواجی که ما در کرانه مشاهده می کنیم فقط آن امواجی اند که کم و بیش به طور کلی در جهت ما حرکت می کنند، وگرنه هرگز آن ها را نمی دیدیم. با همه ی این احوال، اکثر آن ها اریبی و مایل، و نه مستقیم به سوی خط ساحلی، نزدیک می شوند. عجیب است اما، آنچه که سپس اتفاق می افتد از این قرار است که موج در حال آمدن وجود ساحل را «حس می کند» و پیش از شکسته شدن تغییر جهت می دهد و به طور عمود با ساحل روبه رو می شود. بعد از آن که می شکند، خطی که کف های روی آب، ناشی از شکستن امواج، تشکیل می دهند کاملاً با خط ساحلی موازی خواهند بود.

البته، پرسش این است که موج چگونه می فهمد که وقت نزدیک شدن به ساحل است؟ و چه چیزی آن را برمی گرداند؟

وقتی یک موج، که آن را یک برآمدگی گسترده در سطح تلقی می کنیم، بر فراز ژرفاب (آب عمیق) باشد، هیچ چیزی برای جلوگیری کردن از آن وجود ندارد؛ هرجایی که باد بخواهد می رود. اما وقتی به آب کم عمق می رسد، جزء

پایین‌تر موج شروع به کشیده شدن به سطوح زیرین می‌کند، که سرعتش کاهش می‌یابد. این همان سرنخی است که رسیدن به ساحل را به دستش می‌دهد، و آن «شناختی» است که برای اختیار کردن جهت مُرَجَح به دست می‌آورد.

این‌طور فرض کنیم که بر موجی سواریم که تحت زاویه‌ای نسبت به خط ساحلی در سمت چپ ما، دارد می‌آید. نخستین جزء موج که به آب کم‌عمق و سطحی برخورد می‌کند و کف دریا را می‌تراشد و خط می‌اندازد انتهای چپ این موج خواهد بود. بنابراین، سرعت انتهای چپ کاهش خواهد یافت، در حالی که سرهای میانه و راست آن کماکان با سرعت یکسانی به راه خود ادامه می‌دهند. تأثیر این امر بر موج، برگرداندن آن به چپ، به سوی ساحل است. (اگر پای چپ‌تان را از کالسکه‌ای که آن را می‌رانید عقب بکشید، ناگهان به چپ منحرف می‌شود، این‌طور نیست؟) این عقب کشیدن (عقب ماندن) و گُند شدن، سرعت درازای موج را از سمت چپ به راست کند می‌کند در حالی که پس‌کشی (عقب کشیدن) هرچه بیشتری بر موج وارد می‌آید، و کل موج به تدریج به چپ برمی‌گردد. خط قله‌ی آن اکنون در جهت موازی با خط ساحلی کش می‌آید، و همین موضع است که وقتی موج به اندازه‌ی کافی به ساحل نزدیک شده که در آنجا بشکند، خودش را در آن موضع می‌یابد.

موج به این علت می‌شکند که همان اثر واپس‌کشی به کف بر آن وارد می‌آید. پس از آن که موج در موضع موازی با ساحل قرار گرفت، سرانجام به چنین آب کم‌عمقی می‌رسد، و ته آن بسیار کند می‌شود، به‌طوری که قله‌ی آن از تهاش جلو می‌زند و بر روی آن می‌غلند. قله با صدای غرشی فرو می‌افتد (فرو می‌ریزد)، به هم می‌خورد و خطی از کف در تمامی امتداد درازای موج تشکیل می‌دهد — و این خط کف‌آلود با خط ساحل موازی است.

انجام دهید

دفعه‌ی بعد که بر فراز ساحلی پریچ و خم پرواز کردید، توجه کنید که چطور خطوط سفید کف‌آلود ناشی از شکسته شدن امواج همواره با ساحل موازی‌اند، مستقل از این که خط ساحلی به کدام طرف پیچ بخورد.

همیشه در روزهای آفتابی

چرا می‌گویند خطر آفتاب‌سوختگی بین ساعت‌های ۱۰ بامداد و ۲ بعدازظهر حداکثر است؟ البته، این در هنگامی است که خورشید در مستقیم‌ترین نقطه‌ی بالای سرمان واقع باشد، اما چرا خورشید در بالای سر قوی‌تر از همه جا می‌تابد؟ در نیمروز (ظهر) خورشید به ما نزدیک‌تر نیست، این‌طور است؟

خیر، فاصله‌ی ۱۵۰ میلیون کیلومتری خورشید و زمین چندان در وقت ناهار یا برنامه‌ی تفریحات ما تأثیری ندارد. خورشید اساساً در تمام مدت روز تا بینی سوخته و سرخ شده‌ی شما به یک فاصله است. اما شدت تابش آفتاب، به دو دلیل، تغییر می‌کند: یکی جوّی و دیگری هندسی.

زمین را به جهت کره‌ای پوشیده از یک لایه‌ی هوا، یعنی جوّ، با ضخامتی بیش از سیصد کیلومتر تصور کنید. وقتی خورشید مستقیماً بالای سر ما قرار دارد، پرتوهایش عمود بر جوّ و سطح زمین فرود می‌آیند، که در این فرایند نفوذ آن به جوّ کم‌ترین مقدار ممکن است. اما وقتی خورشید در ارتفاع پایین‌تری در آسمان واقع باشد، پرتوهایش به‌طور مایل و تا اندازه‌ای افقی بر زمین فرود می‌آیند، که پیش از آن که به ما برسند مقدار بسیار بیشتری از آن در جوّ نفوذ می‌کند. به علت آن که جوّ مقداری از تابش خورشید را پراکنده و جذب می‌کند، هرچه این پرتوها بیشتر در جوّ نفوذ کنند، شدت آن‌ها کم‌تر خواهد شد. از این رو خورشید در ارتفاع پایین‌تر (نسبت به ما نزدیک‌تر به افق) شدت ضعیف‌تری دارد تا خورشیدی که در بالاترین ارتفاع (نسبت به ما) تابش خود را می‌تاباند. در نزدیکی طلوع یا غروب، شدت نور خورشید تقریباً سیصد بار کم‌تر است تا شدت آن در نیمروز (صلوٰه ظهر).

اما حتی اگر زمین جوّی هم نداشت، باز هم نور خورشید در هنگامی که در ارتفاع پایین‌تری در آسمان واقع بود، شدت ضعیف‌تری می‌داشت. این یک تأثیر صرفاً هندسی اریب بودن پرتوهاست. بهترین راه برای مشاهده‌ی

این اثر بهره‌گیری از یک چراغ قوه و یک پرتقال است.

انجام دهید

در یک اتاق تاریک، باریکه‌ی نور دایره‌ای یک چراغ قوه‌ی قلمی یا چراغ قوه‌ی کوچک را بر سطح جانبی یک پرتقال بتابانید. این چراغ قوه نقش خورشید و پرتقال نقش زمین را بازی می‌کند. نخست، چراغ قوه را مستقیماً بر فراز استوا، موضع نیمروز، قرار دهید. یک باریکه‌ی نور خورشید کاملاً دایره‌ای به زمین فرود می‌آید. حالا، خورشید را در همان فاصله از زمین نگه دارید (با این کار احساس قدرت می‌کنید، این‌طور نیست؟)، باریکه‌ی نور را به‌طور مایل، کمی متمایل به چپ (غرب) نسبت به جایی که قبلاً آن را نگه داشته بودید، یعنی در موضع اواخر بعدازظهر (نزدیکی غروب)، بر زمین بتابانید. نوری تخم مرغی بر روی پرتقال (زمین) مشاهده خواهید کرد، گویی دایره‌ی نور خورشید لک‌لکی شده است. بسیار خوب، این‌طور شده است. اکنون همان مقدار نور بر فراز ناحیه‌ی وسیع‌تری پراکنده و پخش می‌شود، از این رو البته شدت آن در هر یک نقطه باید پایین‌تر باشد.



گوشزد

اگر بخواهیم، می‌توانیم این اثر هندسی را «اثر کسینوس» بنامیم. اگر از مثلثات سر در می‌آورید، پی خواهید برد که شدت تابش نور خورشید (آفتاب) بر سطح زمین متناسب با کسینوس زاویه‌ی بین خط عمود بر آن سطح و موضع خورشید، کاهش می‌یابد. شدت (و کسینوس) از مقدار کامل در نیمروز در استوا کاهش می‌یابد و در غروب که خورشید به نقطه‌ی افق برخورد می‌کند، صفر می‌شود.

نپرسیدی، اما...

آیا به همین دلیل نیست که زمستان از تابستان سردتر است؟

درست است. در فصل زمستان در آن بخش از زمین که شما زندگی می‌کنید (نیمکره‌ی شمالی یا جنوبی)، نیمکره‌ی شما اندکی به دور شدن از خورشید متمایل است. یعنی، محور کره‌ی زمین لق می‌خورد (می‌لرزد)، به گونه‌ای که در طول زمستان در نیمکره‌ی شمالی قطب شمال از خورشید دورتر است تا قطب جنوب از خورشید. از آنجا که نیمکره‌ی شمالی تمایل به دور شدن از خورشید دارد، تابش خورشید (آفتاب) با زاویه‌ی بزرگ‌تری (اریب‌تری) بر سطح این نیمکره برخورد می‌کند و شدت نور کم‌تر خواهد شد. و البته، گرمای آن هم کم‌تر به این نیمکره می‌رسد. نتیجه‌ی شگفت‌آور: در زمستان احتمال آفتاب سوختگی یا گرم‌زدگی شما کم‌تر است!!

سک دیوانه و انگلیسی دیوانه

در تابستان هرگاه کسی بخواهد مرا بابت گرمای هوا تحت تأثیر قرار دهد، می‌گوید «در سایه دما نود درجه است.» اما من همیشه نمی‌توانم در سایه

بمانم. می‌خواهم بدانم که گرمای هوا در آفتاب نیز چقدر است. آیا راهی برای تبدیل دما در سایه به دما در آفتاب وجود دارد؟

متأسفانه خیر. در حالی که دما «در سایه» رقمی نسبتاً نقل کردنی است، دما «در آفتاب» بستگی بسیار زیادی به این دارد که درباره‌ی دمای چه کسی صحبت می‌کنید.

اشیای گوناگون، از جمله مردم گوناگون در پوشش گوناگون، در آفتاب به دماهای مختلفی می‌رسند زیرا مقادیر گوناگونی از اجزای مختلف طیف نور خورشید را دریافت و جذب می‌کنند. به‌طور کلی، پوشش با رنگ روشن، تابش خورشید را نسبت به پوشش تیره کم‌تر جذب و بیشتر باز می‌تاباند، و از این رو ما را خنک‌تر نگه می‌دارد.

پوست آدمی هم وضعیتی به همین منوال دارد: اشخاص با پوست روشن ممکن است آنقدر آفتاب را داغ احساس نکنند که یک فرد تیره‌پوست حس می‌کند. وقتی امپریالیسم بریتانیا در اوج اقتدار خود در نقاطی از جهان حضور داشت که مردم آن دیار عمدتاً تیره‌پوست بودند، نوئل کووارد در ترانه‌اش این واقعیت را جاودانه کرد که: «سگ‌های دیوانه و انگلیسی‌های دیوانه در آفتاب نیمه روز از خانه بیرون می‌روند.»

در سایه، در نبود تابش مستقیم خورشید، دمای هر جسم آزاد (گسیخته از هر منبع یا جاذب گرما) فقط به دمای هوای پیرامون بستگی دارد. همین دماست که هواشناسان در گزارش خود آن را ذکر می‌کنند؛ آن‌ها دیگر به خود در دسر نمی‌دهند که تأکید کنند «در سایه». اما در آفتاب و زیر تابش خورشید، دما نه تنها به دمای هوا بستگی دارد بلکه به جذب و بازتابش پرتوهای گرما به وسیله‌ی شیء یا شخص مورد نظر هم وابسته است. این عوامل می‌توانند از جسمی به جسم دیگر و شرایطی به شرایط دیگر تغییرات گسترده‌ای کنند.

در ضمن، هیچ قانون فیزیکی وجود ندارد که بنا بر آن بتوان گفت گرینلک فرمان اتومبیلی که در آفتاب متوقف است، از هر چیز دیگری داغ‌تر است. موضوع فقط از این قرار است که گرینلک فرمان در موضع خاص

آسیب‌پذیری در آفتاب قرار گرفته، و تنها جسمی است که باید بیشتر از هر جسم دیگری آن را لمس کنید.

پوست سبز و خون آبی

آن سقف‌های سبز متمایل به آبی کلیساها و عمارت‌های شهرداری قدیمی: می‌دانم که از مس ساخته می‌شدند، اما هرگز ندیده‌ام که مس در جای دیگری به این رنگ درآید. آیا می‌توانم سکه‌ی یک پنی سبزی به این رنگ بسازم؟

آن سقف‌های مسی به مدتی طولانی دستخوش تأثیر آب و هوا بوده‌اند؛ تمامی آن سال‌ها که از آن دورانی سپری شده است که مردم می‌توانستند سقف‌هایی را با آن فلز زیبا و بادوام ببوشانند. امروزه مس بسی گران‌تر از آن است که برای سرپناه بناهای دولتی و حتی پرستشگاه‌ها به کار گرفته شود. حتی گران‌تر از آن است که برای ساختن سکه‌های پول از آن استفاده کنند؛ اکنون وزن یک سکه‌ی یک پنی (یک صدم دلار) از مس، بیشتر از یک سنت می‌ارزد. از سال ۱۹۸۲ به بعد سکه‌های پول خرد را از روی می‌سازند، که پوشش بسیار نازکی از مس به خاطر دوام بیشتر، روی آن می‌کشند. اما اگر واقعاً دوست داشته باشید، باز هم می‌توانید یک سکه‌ی یک سنتی را به مدتی حدود پنجاه سال در معرض تأثیر آب و هوا قرار دهید، که رنگ آن به همان رنگ سبز سقف‌ها برخواهد گشت. برای این کار راه سریع و آسانی وجود ندارد.

در واقع، به همین علت است که مس چنین ماده‌ی مناسبی برای پوشش سقف‌ها بشمار می‌آید: این ماده به کندی بسیار خورده می‌شود - بسیار کندتر از زنگ آهن. در ظرف چند هفته، مس روشن و درخشان به تیرگی می‌گراید زیرا لایه‌ی نازکی از اکسید مس سیاه‌رنگ روی آن می‌نشیند. آنگاه، با گذشت سالیان، این لایه به آهستگی با اکسیژن، بخار آب، و کربن دی‌اکسید هوا

واکنش برقرار می‌کند و زنگار و لایه‌ای سبز متمایل به آبی تشکیل می‌شود که شیمیدانان آن را مس کربنات بازی می‌گویند. این زنگار، علاوه بر سقف‌ها مجسمه‌ی آزادی را هم رنگ‌آمیزی می‌کند که از سیصد ورق مسی کلفت چخت شده به یکدیگر ساخته شده و از سال ۱۸۸۶ در معرض هوای نیویورک بوده است.

در ضمن، رنگ سبزی که روی سکه‌های پول در ته چشمه‌ها می‌بینید، که مردمی آن‌ها را انداخته‌اند که باور دارند با پرداخت رشوه‌ی یک سستی به سرنوشت، آن را بر وفق مراد خود رقم خواهند زد، و از چشم دزدان نیمه شب هم پنهان می‌مانند، از دیدگاه شیمی، همان رنگ سبزی نیست که روی سقف‌ها مشاهده می‌کنید. این سبز ناشی از ترکیب‌های دیگر مس مانند مس کلرید و مس هیدروکسید است که از آن رنگ سبز مایل به آبی برخوردار نیست و خیلی هم سفت و سخت به فلز نمی‌چسبد.

می‌توانید با خریدن جواهرات ارزان قیمت از جنس برنج، که آلیاژ مس و روی است، رنگ بدلی زنگار مس را به دست آورید. می‌توانید حلقه یا دستبند لاک زده‌ای از جنس برنج را چند ماهی به دست و انگشت خود ببندازید در این صورت مس موجود در آن آلیاژ با نمک و اسیدهای موجود در پوست شما واکنش می‌دهد و مس کلرید و سایر ترکیب‌های مس را تولید می‌کند. پوست شما در جایی که با حلقه و دستبند در تماس بوده به رنگ سبز مجسمه‌ی آزادی در خواهد آمد. اما باز هم دقیقاً از همان رنگ آن مجسمه برخوردار نخواهد بود.

بسیاری از تندیس‌هایی که در هوای آزاد در مکان‌های همگانی قرار داده شده‌اند از برنز ساخته شده‌اند، که آلیاژی است عمدتاً از مس و قلع. وقتی آب و هوا بر این مجسمه‌ها تأثیر می‌گذارد، زنگاری به رنگ سبز تیره بر آن‌ها می‌نشیند که شبیه به زنگار مس است. (لکه‌های سفید بر روی این تندیس‌ها منشأ کاملاً متفاوتی دارند.)

یکی از خواص جالب مس از این قرار است که به جای گلبول قرمز در خون آدمی، که در مولکول آن اتم آهن وجود دارد، خرچنگ‌ها و

سخت‌پوستان خون آبی‌رنگ دارند که حاوی هموسیانین است، که مشابه است با هموگلوبین اما به جای آهن حاوی مس است. رویهمرفته، یک حقیقت هم می‌تواند در این ادعای انقلابیون نهفته باشد مبنی بر این‌که موجودات خون آبی جهان از جمله‌ی پست‌ترین شکل‌های حیات بشمار می‌آیند.

نیرسیدی، اما...

این موضوع که تصور می‌کنند دستبندهای مسی التهاب مفاصل (ارتروز) را درمان می‌کنند، از چه قرار است؟

بی‌معنی است. تفکر (اصطلاحی سخاوتمندانه برای این باور) نهفته در پس این زینت‌آلات آیین وودو^۱ ظاهراً عبارت است از این‌که (۱) مس رسانای خوب الکتریسیته است (که این‌طور هم هست)، (۲) «انرژی الکتریکی‌ای در هوا وجود دارد» (به هر معنایی که آن را بگیریم)، و (۳) بنابراین، دستبند مسی آن «انرژی» را می‌ریابد و آن را به استخوان‌های دردناک ما منتقل می‌کند. و، البته، همگی می‌دانیم که این «انرژی» برای ما خوب است. اما، تنها انرژی‌ای که این دستبند تولید خواهد کرد، همان انرژی است که باید برای زدودن رنگ سبز از مچ‌تان مصرف کنید. (از سرکه برای این کار استفاده کنید).

انجام دهید یک سکه‌ی پول یک سنتی را سوهان بکشید خواهید دید که مس فقط پوسته‌ای نازک بر آن است. در زیر این لایه‌ی نازک رنگ نقره‌ای روی نمایان می‌شود.

خیلی عجیب است، سکه‌ی یک سنتی تنها سکه‌ی پول آمریکایی است

۱. voodoo، آیینی در جزایر هند غربی.

که از آلیاژی از مس ساخته نمی‌شود. سکه‌های ده سنتی، بیست و پنج سنتی، و نیم دلاری (پنجاه سنتی) همگی از آلیاژهای مس، معمولاً با نیکل، ساخته می‌شوند. حتی ده سنتی‌ها فقط ۲۵ درصد نیکل دارند؛ بقیه‌اش مس است.

خوب شد که هوا شفاف است

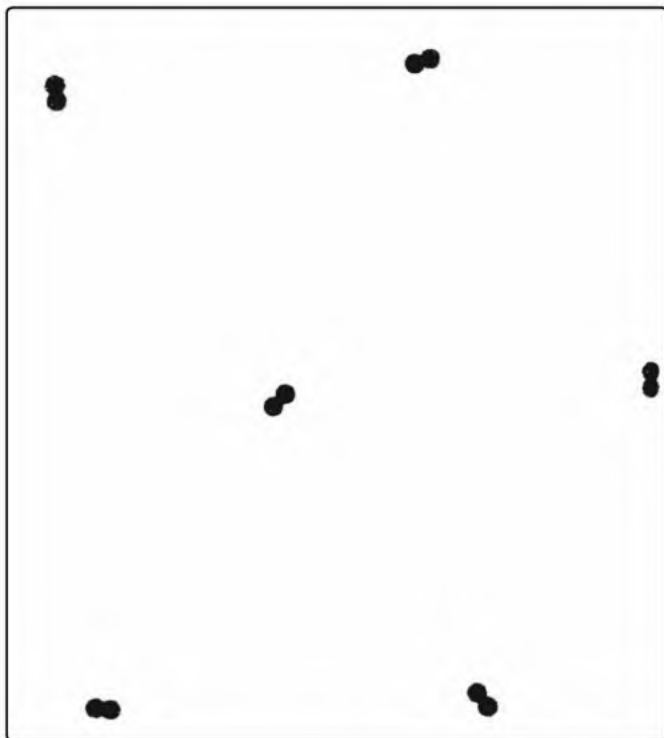
چگونه می‌توانیم از درون (از طریق) هوا ببینیم؟

موضوع خیلی ساده است. مولکول‌های هوا چندان از یکدیگر دورند که ما عملاً از طریق فضاهاهی خالی نگاه می‌کنیم. اصلاً برای این‌که به‌وجود چیزی پی ببریم، باید قادر باشیم تک تک مولکول‌ها را ببینیم، اما مولکول‌های هوا در حدود هزار بار کوچک‌تر از آن چیزی‌اند که می‌توانیم آن را، حتی با میکروسکوپ مشاهده کنیم.

البته داریم در مورد دیدن در هوای خالص، و غیرآلوده صحبت می‌کنیم. درباره‌ی مواد آلوده و کثیف بعداً صحبت خواهیم کرد.

۹۹ درصد هوا را مولکول‌های نیتروژن و اکسیژن تشکیل می‌دهد، که اندازه‌ی آن‌ها تقریباً یکسان است. در شکل زیر که روی مقیاس واقعی ترسیم شده، فاصله‌ی متعارف آن‌ها را در سطح دریا مشاهده می‌کنید. به تمامی فضای مطلقاً خالی توجه کنید، به هیچ‌وجه چیزی بین مولکول‌ها وجود ندارد. عجیب نیست که نور می‌تواند از یک شیء بدون مانع و آزادانه به‌طور کامل به چشم ما برسد. و این تعریف خوبی از شفافیت است.

اما حتی وقتی اتفاقاً نور مرئی به یکی از مولکول‌های نیتروژن و اکسیژن برخورد می‌کند، جذب آن‌ها نمی‌شود. بسیاری از انواع مولکول‌های دیگر نور با طول موج‌های، یا رنگ‌های، خاصی را جذب می‌کنند. وقتی رنگ خاصی از نور جذب می‌شود، بقیه‌ی آن نور، فاقد آن رنگ است، و رنگ تغییر یافته‌ای به چشم و نظر ما می‌آید. از این رو برخی گازها رنگی به نظر می‌رسند.



نمودار با مقیاس واقعی از هوا در سطح دریا

مثلاً، گاز کلر سبز است. اگر ظرفی شیشه‌ای پر از گاز کلر در اختیار داشته باشید، باز هم می‌توانید از پشت آن ببینید، زیرا مولکول‌هایش باز هم خیلی از هم دورند، اما نوری که از آن به چشم شما می‌رسد سبزرنگ است. پس، شفافیت و رنگ واقعاً دو چیز متفاوت‌اند، علیرغم این واقعیت که بسیاری مردم پلاستیک بی‌رنگ را به جای این‌که «بی‌رنگ» بگویند، آن را «تمیز»

می‌گویند. شیشه‌ی رنگی، رنگ شده است، اما باز هم از پشت آن می‌توانید ببینید؛ این شیشه باز هم شفاف است.

چگونه به آلودگی هوا پی می‌بریم؟ اگر بر فراز شهرهای بزرگ و کلان شهرها پرواز کرده باشید، احتمالاً لایه‌ای پوشیده از مواد آلوده‌ی قهوه‌ای مایل به زرد بر فراز شهر را مشاهده کرده‌اید. این آلایندگی هوا نیتریک اکسید، گازی قهوه‌ای و حساسیت‌زا است که وقتی تولید می‌شود که سایر نیتروژن اکسیدهای حاصل از خروجی لوله‌ی اتومبیل با اکسیژن هوا وارد واکنش می‌شوند. وقتی آلاینده‌ها، از جمله دود و انواع مه شیمیایی، چندان ضخیم می‌شوند که طول موج‌های متنوع نور را جذب می‌کنند، به‌طور کلی از شفافیت هوا کاسته می‌شود. در این حالت باز هم مولکول‌ها از هم دورند، اما تعداد بسیار زیادی از آن‌ها نور را جذب می‌کنند – یا، عملاً، آن را به اطراف می‌پراکنند – که مقدار کمی از آن به چشم ما می‌رسد. مکان‌های بسیار زیادی در «فضاهای گسترده‌ی وسیع» وجود دارد که در آنجا دید چنان کاهش می‌یابد که دیگر افراد بالغ به مدت عمر باقی مانده‌ی خود نمی‌توانند چشم‌انداز قله‌های کوهستانی را که در کودکی به وضوح می‌دیدند، مشاهده کنند. بله، خوشوقتم که هوا شفاف است. اما چندان شفاف نیست که باید باشد.

زندگی تحت فشار

چرا هواشناسان از فشار جو بر حسب میلی‌متر جیوه صحبت می‌کنند؟ چگونه می‌توانید فشار را بر حسب میلی‌متر اندازه بگیرید؟ و به هر حال، هر میلی‌متر جیوه چقدر فشار است؟

اولاً، خواهش می‌کنم به این کمیت «فشار جو یا فشار بارومتری»^۱ نگوئید.

1. barometric pressure (atmospheric pressure)

دمای هوای پیرامون خود را به کمک دماسنج، رطوبت آن را به وسیله‌ی نم‌سنج^۱ و فشارش را به وسیله‌ی فشارسنج^۲ اندازه می‌گیریم. در گزارش‌های آب و هوا که از رادیو و تلویزیون پخش می‌شوند حتی فکر «دمای دماسنجی» هوا یا «رطوبت نم‌سنجی» آن را هم نمی‌کنند، با همه‌ی این‌ها بر «فشار جو» یا «فشار بارومتر» تأکید و اصرار می‌ورزند - احتمالاً به این علت که از لحاظ علمی به نظرشان تأثیرگذار می‌رسد.

کاربرد همان «فشار هوا»ی ساده‌ی قدیمی خیلی خوب و مناسب است. اما این «فشار»ی که هوا وارد می‌آورد چیست؟ فشار جو‌ی ناشی از بمباران پی در پی و بی‌وقفه‌ی مولکول‌های هوا روی هر چیزی است که بر سر راه‌شان قرار گیرد. هر بار که یک مولکول هوا (عمدتاً نیتروژن یا اکسیژن) بر سطح یک جامد یا مایع برخورد می‌کند، نیرویی بر آن وارد می‌آورد. مقدار این نیروهای برخوردی در ثانیه بر هر سانتی‌متر مربع سطح عبارت است از معیاری از فشار. و این فشار کمیت بی‌اهمیتی نیست؛ در سطح دریا آن میلیارد‌ها برخورد مولکول با هم جمع می‌شوند تا به $۱/۰۳$ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع (۱۰۳۰ گرم بر میلی‌متر مربع) برسد.

اندازه‌گیری فشار از طریق شمردن برخوردهای مولکولی دشوار است. اما از آنجا که جو بر همه چیزهایی فشار وارد می‌آورد که با آن‌ها در تماس است، می‌توانیم با بهره‌گیری از نیروی جو‌ی وارد بر هر شیء مربوطه به عنوان استاندارد اندازه‌گیری مان، این کار را انجام دهیم.

اوانجلیتسا تورچلی، در سال ۱۶۴۳ در فلورانس ایتالیا عنوان کرد که فشار جو‌ی قادر است آب را در یک لوله‌ی خالی تا ارتفاع معینی بالا آورد، و ارتفاع آن ستون آب معیاری از فشار جو خواهد بود. به این ترتیب وی نخستین فشارسنج را اختراع کرد. معلوم شد که فشار جو‌ی متعارف ستونی از آب به ارتفاعی حدود ده متر را نگه می‌دارد. اما این فشارسنج‌ها به نحو خنده‌آوری بزرگ می‌بودند.

امروزه از مایع بسیار سنگین‌تری به جای آب، یعنی جیوه، استفاده

می‌کنیم؛ جیوه فلز مایع نقره‌ای رنگی است که در روزی معمولی در کنار دریا فشار جو وارد بر ستونی از آن فقط می‌تواند ارتفاع این ستون را در یک لوله تا ۷۶۰ میلی‌متر برساند.

به بیان دیگر، جو همان مقدار فشار وارد می‌آورد که وقتی ۷۶ سانتی‌متر زیر آب غوطه‌ور باشیم، آن فشار را احساس می‌کنیم.

انجام دهید

برای پیدا کردن ذهنیتی تقریبی از این که جو چقدر فشار بر ما وارد می‌آورد، انگشت پای خود را زیر پایه‌ی صندلی میز آشپزخانه بگذارید و یک کیسه‌ی سیب‌زمینی پنج‌کیلوگرمی روی صندلی قرار دهید. فشاری $۰/۷۰۳$ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع تا $۱/۰۰۱۴$ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع بر انگشت شما وارد می‌آورد. البته، این مقدار فشار علاوه بر $۱/۰۳$ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع فشاری است که جو وارد می‌آورد، اما شما آن را حس نمی‌کنید زیرا به‌طور یکنواخت بر تمامی اندام‌های شما وارد می‌آید. آیا ماهیان این فشار را در زیر آب حس می‌کنند؟ ما تحت فشار هوا هستیم.



دنبال آستری نگردید

چرا ابرها سفیدند، جز در مورد ابرهای توفان‌زا، و سپس سیاه می‌شوند؟

همه‌ی موضوع مربوط به این است که اندازه‌ی قطره‌های آب چقدر باشند. ببینیم که ابرها چه چیزی‌اند؛ آن‌ها مجموعه‌ی قطره‌های ریز آب هستند. این قطره‌ها چندان کوچک‌اند که تحت بمباران پیوسته و مداوم مولکول‌های هوا در هوا معلق می‌مانند و، البته تا وقتی باران نبارد، نیروی گرانش نمی‌تواند آن‌ها را بر زمین بنشانند. اما، این قطره‌ها بر اثر تبخیر مجدداً تشکیل می‌شوند و به این علت است که شکل ابرها تغییر می‌کند.

انجام دهید

یک روز که ابرهای سفید کم پشت ریش ریش در آسمان آبی صاف این سو و آن سو می‌روند، به پشت بخوابید و مدتی آن‌ها را نگاه کنید. خواهید دید که این ابرها همچنان که با باد حرکت می‌کنند، شکل‌شان را هم تغییر می‌دهند. قطره‌های آب در لبه‌ها همواره تبخیر و در جای دیگر چگالیده (تبدیل به مایع) می‌شوند، که طرح کلی ابر را تغییر می‌دهد.

قطره‌های آب در یک ابر سفید شبیه به گوی‌های بلوری ریزاند. یعنی، نور را در تمام جهات باز می‌تابانند و پراکنده می‌کنند. این‌ها مانند سایر شکل‌های آب (یخ و برف) تمام طول موج‌ها (رنگ‌ها)ی نور را به‌طور مساوی باز می‌تابانند و پراکنده می‌کنند، از این رو نور خورشید بازتابیده‌ای که به ما می‌رسد کل رنگ سفیدش را حفظ می‌کند. (وقتی قطره‌ها حتی کوچک‌تر باشند، کوچک‌تر از طول موج‌های نور، رنگ آبی آسمان را پدید می‌آورند.) از سوی دیگر، ابرهای توفان‌زا، چنان که انتظارش می‌رود، با آب باردار می‌شوند، فقط منتظر فرصت مناسب می‌مانند تا گردش و تفریح شما را خراب کنند. قطره‌های آب در آن‌ها چندان ضخیم‌اند که از رسیدن نور خورشید به ما جلوگیری می‌کنند و ابرها در برابر زمینه‌ی آسمان روشن تقریباً

تیره به نظر می‌رسند. اما، واقعاً هم مثل سایه، تیره و سیاه نیستند.

نه کاملاً جیرجیرک

در جایی خواندم که می‌توان از طریق گوش فرا دادن به آواز جیرجیرک‌ها میزان دما را تعیین کرد. چگونه؟

جیرجیرشان را بشمرید.

کارکرد تمام جانوران خونسرد در دماهای بالاتر، سریع‌تر و آن‌ها چالاک‌تر می‌شوند. حرکت حشرات را در هوای سرد و گرم مقایسه کنید. جیرجیرک‌ها هم استثنا نیستند. آن‌ها با آهنگی جیرجیر می‌کنند که مستقیماً با دما همساز می‌شود. برای فهم و درک پیام آن‌ها، فقط به فرمول تبدیل (ترجمه‌ی) جیرجیر آن‌ها نیاز دارید.

این کار آنقدر که پدیده‌ای شیمیایی است، پدیده‌ای زیست‌شناختی نیست. تمام موجودات زنده تحت تأثیر و حاکمیت واکنش‌های شیمیایی‌اند، و واکنش‌های شیمیایی عموماً در دماهای بالاتر، سریع‌تر صورت می‌پذیرند. علت این امر آن است که بین مواد شیمیایی نمی‌تواند واکنش برقرار شود مگر این‌که با هم تماس پیدا کنند - یعنی، مولکول‌ها عملاً با مولکول‌ها تصادم کنند. هرچه دما بالاتر باشد، مولکول‌ها سریع‌تر حرکت می‌کنند و غالباً بیشتر با هم برخورد می‌کنند و بین‌شان واکنش برقرار می‌شود. شیمیدانان دوست دارند از این قاعده‌ی سرانگشتی سود جویند که به سرعت هر واکنش شیمیایی به ازای بالا رفتن هر ده درجه‌ی سلسیوس، دو برابر می‌شود.

خوشبختانه، ما موجودات خونگرم دمای بدن‌مان را ثابت نگه می‌داریم و بنابراین آهنگ زیست‌مان هم نسبتاً ثابت است. اما، جیرجیرک‌ها وقتی گرم‌تر می‌شوند سریع‌تر جیرجیر می‌کنند. بهترین جیرجیرک برای گوش فرا دادن به صدایش، جیرجیرک درخت برقی آمریکای شمالی است. اما اگر نتوانید

جیرجیرکی را از دیگری تشخیص دهید، نگران نباشید. جیرجیرک صحرایی معمولی تقریباً با آهنگ یکسانی جیرجیر می‌کند.

حال چگونه از طریق شنیدن صدای جیرجیرک به دما پی ببریم؟ تعداد جیرجیرها را در پانزده ثانیه بشمرید و عدد چهل را به آن اضافه کنید. در این صورت دما بر حسب فارنهایت به دست می‌آید.

وقتی در ایالات متحده سرانجام اندازه‌ها به دستگاه متری تبدیل شود، باید جیرجیرک‌ها بنا بر قانون بر حسب سلسیوس جیرجیر کنند. در آن هنگام خواهید توانست با شمردن تعداد جیرجیرها در هشت ثانیه و اضافه کردن عدد پنج به آن، دما را بر حسب سلسیوس تعیین کنید.

بدانید که جیرجیرک در جایی دما را اعلام می‌کند که اتفاقاً در آنجا باشد. اگر بالای درخت یا داخل علفزار باشید، دیگر دمای محیط شما آن نیست که جیرجیرک می‌گوید.

کسانی که در گلخانه زندگی می‌کنند نباید زغال سنگ بسوزانند

وقتی در یک نهالستان وارد فضای گلخانه شدم، به گرمای بسیار بیشتر آنجا نسبت به بیرون پی بردم. آیا گلخانه همیشه گرم‌تر است؟ در این صورت، چرا؟

بله، گلخانه‌ها – که گاهی آن‌ها را گرمخانه یا خانه‌های شیشه‌ای هم می‌گویند – همیشه به‌طور طبیعی گرم‌ترند، بدون این‌که به‌طور مصنوعی گرم شده باشند. اما عجیب است که علت اصلی و عمده‌ی این امر آن چیزی نیست که همگان آن را «اثر گلخانه‌ای» می‌دانند.

گلخانه فقط محفظه‌ی شیشه‌ای بسته‌ای برای گیاهان نیست. این اتفاق شیشه‌ای به نور خورشید (آفتاب) امکان ورود می‌دهد، که گیاهان برای رشد

خود به آن نیاز دارند، در حالی که از تأثیر زیانبار تندباد، تگرگ، و جانوران در امان می‌مانند. این محفظه از کاهش و از دست رفتن رطوبت نیز جلوگیری می‌کند و میزان آن را بالا نگه می‌دارد، و این همان چیزی است که در هنگام ورود به گلخانه به صورت ما برخورد می‌کند. اما عمده‌تأ به عنوان دریچه و سوپاپ گرما عمل می‌کند، که اتلاف گرما و انتقال آن از گیاهان به دنیای سرد و آزارنده‌ی بیرون را محدود می‌کند.

هر گیاه، یا در واقع هر چیز دیگری، می‌تواند از سه طریق سرد شود، یعنی گرما از دست بدهد: رسانش^۱، همرفت^۲، و تابش^۳. رسانش مشکل زیادی ایجاد نمی‌کند زیرا برگ‌ها با چیزی، مانند یک جرم فلزی، در تماس نیستند که بتوانند گرمایشان را به بیرون هدایت کنند. آنچه می‌ماند همرفت و تابش است. گلخانه تأثیر این هر دو را کاهش می‌دهد.

همرفت عبارت است از گردش هوا یا آب گرم. چون هوای گرم بالا می‌رود، می‌تواند گرما را بالا ببرد و از برگ گیاه دور کند. هر چیزی که از گریز آن هوای گرم به‌طور کامل جلوگیری کند از اتلاف گرمای همراه آن جلوگیری می‌کند و هر ساختمان بسته‌ای هم از پس این کار بر می‌آید. اثر عمده‌ی گلخانه هم همین است: گلخانه صرفاً از اتلاف گرما از طریق جریان متحرک هوا جلوگیری می‌کند. البته هیچ کشاورزی در رویای ساختن بنایی بسته نیست که گیاهان را درون آن پرورش دهد، و نور خورشید در آن راه نیابد، و به همین دلیل است که حصارهای دیواره‌ی شیشه‌ای و سقف شیشه‌ای به‌وجود آمدند. تأثیر دوم شیشه، که هنگام ابداع گلخانه کسی چیزی در این خصوص نمی‌دانست، از این قرار است که شیشه اتلاف گرما از طریق تابش را کاهش می‌دهد. و همین جاست که اثر به اصطلاح گلخانه‌ای پای به میدان می‌گذارد. واکنش‌های فوتوسنتز (نورساخت) که حیات و رشد گیاهان را تضمین می‌کند از تابش فرابنفش نور خورشید یا آفتاب بهره می‌گیرد. این واکنش‌ها پس از مصرف مقداری از انرژی این تابش، «تابش اتلافی» کم انرژی‌تر، یعنی تابش فروسرخ، را گسیل می‌کنند، که این تابش را بعداً اشیای دیگر می‌توانند

جذب کنند. اما وقتی یک شیء تابش فروسرخ جذب می‌کند، مولکول‌هایش پراثری‌تر می‌شوند و شیء یاد شده گرم‌تر خواهد شد. بنابراین، می‌توانیم تابش فرابنفش ناشی از گیاهان را چنان تلقی کنیم که گویی گرماست که از طریق هوا در جستجوی چیزی به حرکت در می‌آید که آن را گرم کند.

وقتی تابش فرابنفش به یک دیواره یا سقف شیشه‌ای برخورد می‌کند، چه اتفاقی می‌افتد؟ هرچند که شیشه نسبتاً به خوبی اجازه‌ی ورود نور فرابنفش را می‌دهد، در برابر پرتوهای فروسرخ کاملاً هم شفاف نیست. از این رو شیشه مانع خروج قسمتی از تابش فروسرخ از گلخانه می‌شود، و این تابش به دام افتاده به تدریج هر چیزی را در درون گلخانه گرم می‌کند.

واضح است که این گرمایش نمی‌تواند همیشه ادامه یابد؛ گلخانه‌هایی را نشناخته‌ایم که خود به خود به دمای ذوب اشیاء رسیده باشند. پس از رسیدن به نقطه‌ای مشخص، نشت اجتناب‌ناپذیر گرما به خارج از محیط، افزایش تدریجی فروسرخ در داخل را به حالت موازنه در می‌آورد، و دما در یک سطح نسبتاً گرم تثبیت می‌شود - گرم‌تر از آن وضعیتی که شیشه به‌طور کامل نسبت به تابش فروسرخ شفاف می‌بود.

نرسیدی، اما...

«اثر گلخانه‌ای» در ارتباط با گرمایش جهانی چیست؟

عبارت است از تأثیر به دام افتادن تابش فروسرخ به وسیله‌ی جو زمین، که می‌تواند میانگین دما را در سطح کل این کره بالا ببرد، درست به همان گونه که به دام افتادن تابش فروسرخ در داخل گلخانه دمای داخل آن را افزایش می‌دهد.

دمای کلی سطح زمین - که روی تمام فصول و اقلیم‌ها میانگین‌گیری شده - به توازن ظرفی بین مقدار تابش خورشید بستگی دارد که به ما می‌رسد و به

مقداری که بازتابیده می‌شود و به درون فضا بر می‌گردد. در حدود یک سوم انرژی خورشیدی که بر سطح زمین برخورد می‌کند بازتابیده و از جو خارج می‌شود؛ بقیه را ابرها، خاک، دریا و سایر اشیایی جذب می‌کنند که در معرض تابش آن قرار می‌گیرند. قسمت اعظم انرژی جذب شده پس از کوتاه زمانی به گرما، یا تابش فروسرخ، تبدیل می‌شود، درست به همان طریق که در گیاهان گلخانه اتفاق می‌افتد.

سطح تابشی آویخته بر فراز زمین اشکوب یا چتر پوششی شفاف، شبیه به شیشه‌ی گلخانه، است. اما این چتر، شیشه نیست. لایه‌ای از هوا، یعنی جو، است. جو زمین، مانند شیشه، در برابر قسمت اعظم تابش فرودی به زمین، کاملاً شفاف است. اما بعضی گازهای موجود در جو، عمدتاً کربن دیوکسید و بخار آب، جذب کننده‌های تابش فروسرخ بسیار کارآمدی‌اند. به همین ترتیبی که شیشه در گلخانه عمل می‌کند، این گازها از گریز قسمتی از تابش فروسرخ جلوگیری می‌کنند، و آن را در نزدیکی سطح زمین به دام می‌اندازند. به این ترتیب، زمین تا حدودی گرم‌تر از آن است که اگر کربن دیوکسید و بخار آبی در جو وجود نمی‌داشت.

فرایندهای تابش به زمین و تابش از زمین (به بیرون) با ظرافت و دقت در حال توازن‌اند، به گونه‌ای که سیاره‌ی ما طی هزاران سال میانگین دمایی بسیار یکنواختی داشته است. اما فعالیت‌های انسانی در سالیان اخیر آن توازن را به هم زده است. از آغاز انقلاب صنعتی در حدود سیصد سال پیش، به سوزاندن زغال سنگ، گاز طبیعی، و فراورده‌های نفت با آهنگی فزاینده مشغولیم. وقتی این سوخت‌ها سوزانده می‌شوند، کربن دیوکسید تولید و وارد هوا می‌شود. به این ترتیب مقدار کربن دیوکسید در جو در یکصد سال گذشته حدود ۳۰ درصد افزایش یافته است. بیشتر شدن کربن دیوکسید به معنی گرفتار شدن هرچه بیشتر تابش فروسرخ در جو و بالاتر رفتن دماست.

برآورد مقدار گرمایش جهانی که می‌تواند ناشی از وجود مقدار معینی کربن دیوکسید در جو باشد، دشوار است. از یک سو، قدرت اقیانوس‌ها و جنگل‌ها در جذب کربن دیوکسید از هوا کاهش می‌یابد، از سوی دیگر

مساحت جنگل‌های عظیم بارانی جهان بر اثر جنگل‌تراشی و آتش‌سوزی‌های مهیب جنگل‌ها به سرعت کاهش می‌یابد، که این امر با تزریق هرچه بیشتر کربن دیوکسید به داخل هوا همراه شده است. هرچند که نمی‌توانیم مقدار خاص گرمایش جهانی ناشی از کربن دیوکسید حاصل از فعالیت‌های انسانی را تعیین کنیم، این امر کاملاً اثبات شده و جا افتاده است که میانگین دمای کره‌ی زمین در خلال یکصد سال گذشته سالانه افزایش یافته است، و طی یکصد سال آینده هم ۰/۸ تا ۲/۵ درجه‌ی سلسیوس^۱ (۱/۵ تا ۴/۵ درجه‌ی فارنهایت) افزایش یابد که ناشی از دوبرابر شدن میزان کربن دیوکسید موجود در هواست.

افزایش چند درجه‌ای دما می‌تواند پیامدهای فاجعه‌بار داشته باشد. اندکی گرم‌تر شدن اقلیم قاره‌های شمالگان و جنوبگان مقداری عظیم یخ را ذوب می‌کند، سطح آب اقیانوس‌ها را بالا می‌آورد و شهرهای ساحلی را در تمام دنیا به زیر آب خواهد برد. دست‌کم، تغییراتی در الگوهای آب و هوای جهانی پدید خواهد آمد، و با پیامدهای فاحش در تولید مواد غذایی و منابع آب همراه خواهد بود.^۲

گلخانه‌ی جوّی سیاره‌ی ما ظاهراً همان قدر آسیب‌پذیر و شکننده است که گویی از شیشه ساخته شده باشد.

احمقانه؟ خیر، تصید شدن

برفی که پس از بارش روی زمین می‌ماند، حتی وقتی که دما کماکان زیر نقطه‌ی انجماد (زیر صفر) باشد، به تدریج و طی یک دوره‌ی یک دو هفته‌ای آب می‌شود. موضوع از چه قرار است؟

۱. به دیده‌ی بسیاری از کارشناسان و با توجه به داده‌های جدید و مستدل، این میزان افزایش دمای میانگین کره‌ی زمین ظرف یکصد سال آینده خوش‌بینانه است و مقدار واقعی آن (بر اساس مدل‌های تدوین شده) از این مقدار بیشتر و فاجعه‌ی گرمایش کره‌ی زمین پرمدمت‌تر خواهد بود. م
۲. برای اطلاعات بیشتر به کتاب روشنگرانه‌ی چراباد می‌وزد به ترجمه‌ی بهرام معلمی از همین مجموعه مراجعه کنید.

برف آب نمی‌شود؛ عملاً به‌طور مستقیم به صورت بخار آب به هوا می‌رود، بدون این‌که ابتدا ذوب و به آب تبدیل شده باشد.

و سوسه می‌شویم که بگوییم برف تبخیر می‌شود، اما دانشمندان ترجیح می‌دهند واژه‌ی اصطلاح «تبخیر» را ذخیره کنند و آن را فقط برای مایعات به کار ببرند. از این رو وقتی یک جامد «تبخیر» می‌شود این فرایند را تصعید^۱ می‌نامند. در تجربیات روزمره‌ی ما، به ندرت به جامداتی بر می‌خوریم که تصعید می‌شوند زیرا عمل تصعید عموماً فرایندی کندتر از تبخیر مایعات است. ببینیم تصعید چگونه رخ می‌دهد. مولکول‌های سطح یک قطعه‌ی جامد به اندازه‌ی مولکول‌های داخل پیکر این قطعه، پیوسته و متصل نیستند. در حالی که مولکول‌ها در قطعه در تمام جهات، بالا، پایین و طرفین، به برادران‌شان پیوند خورده‌اند، مولکول‌های سطح در همه طرف، مگر «بالا»، که آن را فضای بیرونی تصور می‌کنیم، پیوند خورده و متصل شده‌اند. این مولکول‌ها نسبت به بقیه‌ی جامد از چسبندگی و پیوستگی کم‌تری برخوردارند.

اگر توجه کنید که مولکول‌ها همواره به این سو و آن سو تا حدودی در حال رفت و آمد و جهیدن‌اند، خیلی دشوار نیست که تصور کنیم یک مولکول سطحی گهگاهی بند بگسلد و در هوا به پرواز درآید. این مولکول تصعید یافته (به بالا رفته) است. پیوند مولکول‌های مایعات به یکدیگر سست‌تر از پیوند مولکول‌های جامدات است، از این رو احتمال این‌که یک مولکول مایع بگریزد بسیار بیشتر است. به این علت است که مایعات عموماً سریع‌تر تبخیر می‌شوند تا جامدات متصاعد شوند.

برف یکی از نامزدهای بزرگ برای تصعید است زیرا از بلورهای ظریف و توری شکل با مساحت سطح بزرگ درست شده است؛ و هرچه مولکول‌های سطح بیشتر باشند، مولکول‌های بیشتری می‌توانند متصاعد شوند. اما حتی می‌توانید تکه‌های جامد یخ را ببینید که تصعید می‌شوند. آیا تاکنون به قالب‌های یخ داخل فریزر برخوردیده‌اید که چگونه چروکیده شده‌اند؟ جامدات مختلف گرایش متفاوتی به تصعید دارند زیرا از اتم‌ها یا

1. sublimation



مولکول‌های گوناگونی ساخته شده‌اند که با قوت و شدت مختلفی به هم پیوند خورده‌اند. علی‌الاصول، اتم‌های فلزات با استحکام بسیار به هم پیوند خورده‌اند، به این ترتیب است که طلا و نقره اصلاً تبخیر نمی‌شوند. از سوی دیگر، بین مولکول‌های برخی جامدات آلی پیوند نسبتاً سستی برقرار است، و از این رو گرایش چشمگیری در آن‌ها وجود دارد که به پرواز درآیند و تبخیر شوند. بلورهای نفتالین و قالب‌های مواد بوزدا معمولاً از پارادی‌کلروبنزن^۱ ساخته می‌شوند که جامدی آلی و تصعیدکنی بسیار خوب است. بخار بسیار بویناک آن به سرعت هوا را پر می‌کند و هم حشره‌ی بید را می‌کشد و هم از رسیدن بوهای نامطبوع به مشام، جلوگیری می‌کند.

انجام دهید طول یک قندیل یخ معمولی را در خلال یک دوره‌ی سرد اندازه بگیرید. بعد از یکی دو روز باز هم آن را اندازه بگیرید. مطمئن شوید که در این مدت دما به بالاتر از نقطه‌ی ذوب یخ نرفته باشد، به گونه‌ای که هیچ‌گونه عمل ذوبی صورت نگرفته باشد. خواهید دید که قندیل بر اثر تصعید کوچک‌تر شده است.

نپر سیدی، اما...

خشک کردن قهوه از طریق انجماد چگونه انجام می‌شود؟

از طریق تصعید یخ.

قهوه‌ی خشک شده از طریق انجماد با قهوه‌ی فوری معمولی تفاوت‌های چشمگیری دارد. برای ساختن هر نوع گرد (پودری) که فوری به نوشابه تبدیل می‌شود، ابتدا پیمانه‌های یک کیلوگرمی (دو هزار پوندی) قهوه‌ی فوق‌العاده غلیظ را دم می‌کنند. اگر بخواهند قهوه‌ی فوری بسازند، آن دم کرده‌ی غلیظ را به صورت قطره‌های ریز به یک محفظه‌ی با دمای بالا وارد می‌کنند. تمام آب موجود در آن‌ها تبخیر می‌شود و فقط جامدات گردمانند (پودری) در کف محفظه می‌نشینند. متأسفانه، گرما در این فرایند برخی از خوشبوترین مواد شیمیایی موجود در قهوه را از آن خارج می‌کند.

از سوی دیگر، وقتی منظور تهیه‌ی قهوه‌ی خشک از طریق انجماد باشد، دم کرده‌ی غلیظ را به صورت قالب‌های قهوه-یخ منجمد می‌کنند. سپس آن را آسیاب می‌کنند و به صورت دانه دانه در می‌آورند و در اتاقک خلأ قرار می‌دهند، که در آنجا مولکول‌های آب، از طریق تصعید، مستقیماً بیرون کشیده می‌شود. اکثر خبرگان قهوه‌ی فوری معتقدند که قهوه‌ی خشک شده از طریق انجماد، در مقایسه با قهوه‌ی فوری معمولی، طعم و بوی واقعی فوق‌العاده‌ای دارد.

گرم‌تر شدن هوا به محض آغاز بارش برف

شاید احمقانه و دیوانگی به نظر برسد، اما سوگند می‌خورم که چنین است. من مدت زیادی را در هوای آزاد در زمستان گذرانده‌ام، و هر بار هم که وقتی بارش برف شروع شده، فهمیدم که هوا گرم‌تر می‌شود! فکر می‌کنید که به

خاطر آغاز بارش برف، هوا باید سردتر شود، نه گرم‌تر، موضوع از چه قرار است؟

ناظر و مشاهده‌گر خوبی هستید. واقعاً وقتی بارش برف آغاز می‌شود، هوا هم گرم‌تر می‌شود.

این‌طور فکر کنید: به خاطر ذوب شدن مقدار زیادی یخ یا برف، باید به آن گرما بدهید. از این رو وقتی مقدار زیادی آب متجمد و به یخ و برف تبدیل می‌شود، که فرایندی معکوس بشمار می‌آید، آن مقدار گرما باید بار دیگر پس داده شود. همین اتفاق هم می‌افتد، و این گرمای پس داده شده هوا را گرم‌تر می‌کند. پرسش این است که چرا آن گرما بیرون می‌آید:

اولاً، آب موجود در هوا اصلاً یخ نمی‌زند تا به صورت برف دانه درآید مگر این‌که دما به زیر صفر درجه‌ی سلسیوس (۳۲ درجه‌ی فارنهایت) افت کند. هرگز پیش‌بینی یک هواشناس را از این قرار نشنیده‌اید که «دما حدود بیست درجه‌ی سلسیوس با بارش گهگاهی.» از این رو تمامی سرمایش ضروری – یا پایین آمدن دما – که قاعداً انتظارش را دارید در زمانی اتفاق خواهد افتاد که نخستین پره‌های برف تشکیل شوند.

اما به محض آن‌که آب شروع به یخ زدن می‌کند و به صورت برف در می‌آید اتفاق جدیدی می‌افتد. در یک قطره‌ی آب مایع، مولکول‌ها کاملاً سست پیوندند؛ آن‌ها آزادانه و به صورت کاتوره‌ای روی هم می‌لغزند. اما وقتی آن قطره یخ می‌بندد و به صورت بلور یخ با شکل زیبایی در می‌آید که آن را برف دانه می‌نامیم، مولکول‌های آب باید ناگهان سازند بلورین جامد را تشکیل دهند. انرژی آن‌ها در تشکیل برف دانه‌ی جامد کم‌تر از مقداری است که در شکل مایع آشوبناک داشته‌اند. درست مثل آموزگاری که برای مهار یک دسته بچه‌ی لگام گسیخته و ناآرام آن‌ها را در راهرو به صف کند. اکنون اگر انرژی مولکول‌های آب موجود در برف دانه کم‌تر از آن مقدار انرژی باشد که در قطره‌ی آب داشته‌اند، مازاد انرژی باید به جایی رفته باشد. این اتفاق هم افتاده است و این انرژی در شکل گرما به داخل هوا راه یافته است.

به ازای هر گرم آبی که یخ می‌زند و به یک گرم یخ یا برف تبدیل می‌شود (یک گرم برف گلوله برفی به اندازه‌ی یک دانه‌ی تسبیح یا تیله درست می‌کند)، ۸۰ کالری گرما آزاد خواهد شد. اگر این گرما در آن یک گرم آب باقی بماند، آن مقدار گرما برای بالا بردن دمای از نقطه‌ی انجماد تا ۸۰ درجه‌ی سلسیوس (۱۷۶ درجه‌ی فارنهایت) کافی است! اما، البته، این گرما در آنجا نمی‌ماند، وگرنه آب هرگز یخ نخواهد زد. این گرما به درون هوای سرد پیرامونی راه می‌یابد.

به این ترتیب، وقتی هر گرم آبی به برف دانه بدل می‌شود، هوای پیرامونی موضعی هدیه‌ی ۸۰ کالری گرما را دریافت می‌کند. هرگاه این مقدار گرما را در میلیاردها گرم آبی ضرب کنیم که در آستانه‌ی بارش برف یخ می‌زنند، جای شگفتی نیست که ملاحظه کنیم هوای گرم‌تری را احساس می‌کنیم.

نپر سیدی، اما...

وقتی خطر یخبندان پیش می‌آید، چرا کشاورزان گیاه گوجه فرنگی با افشانه آب می‌پاشند تا آن‌ها را از یخ‌زدگی محافظت کنند؟

آب روی برگ‌های خیس ابتدا شروع به یخ زدن می‌کند، و به ازای هر گرم گرمایی معادل ۸۰ گرم آزاد می‌کند. برگ‌ها این گرما را جذب می‌کنند و گرم‌تر از حالتی می‌مانند که این پاشیدن آب انجام نشده باشد. در کتاب‌های باغبانی و زراعت، آن که گفته شده آب یخ‌زده با عملکرد به عنوان عایق برگ‌ها را محافظت می‌کند، اشتباه است. ارزش عایق‌سازی پوشش نازک یخ صفر است.

تکته با بارش برف هوا گرم‌تر می‌شود.

این ها همه مهارت در اسکی است

من، به عنوان یک اسکی باز، غالباً ناگزیرم به برف مصنوعی رضایت بدهم، که ماشین های برف ساز آن ها را ساخته باشند. آیا این ماشین ها فقط افشانه ی آب را به داخل هوا تلمبه می کنند و امکان یخ زدن آن را فراهم می آورند؟

خیر. کارآیی چندانی نخواهد داشت. مگر این که شاید در هوای فوق العاده سرد. و راستی، این ماشین ها برف دانه های واقعی تولید نمی کنند؛ دانه های ریز یخ می سازند، که قطره هر یک حدود دو و نیم سانتی متر (یک اینچ) است. افشاندن ساده ی آب به این علت کار ساز نیست که وقتی آب یخ می زند، مقداری گرما از خود بیرون می دهد. علت رخ دادن این اتفاق آن است که وقتی مولکول های آب از مولکول های مایع به مولکول های جامد تبدیل می شوند، ناگزیرند حرکت خود را به اطراف متوقف کنند و در مواضع صلب استقرار یابند، و انرژی حرکتی را که قبلاً داشتند باید از جایی در آورند. اگر مقادیر زیاد آب افشانه شده قرار باشد تقریباً در نزدیکی سطح زمین یخ بزنند، گرمای آزاد شده هوا را به نحو چشمگیری گرم می کند و تمامی کارهای انجام شده نقش بر آب خواهد شد؛ برف مصنوعی باید خیس باشد و خیلی هم سرد نباشد.

از سوی دیگر، وقتی برف واقعی در طبیعت تشکیل می شود گرمایی که در این روند رها می شود راه هوا را در جایی پیش می گیرد که برف در آنجا به وجود آمده، و آن شیب های محبوب و دوست داشتنی را به طور چشمگیری گرم نمی کند. علت این امر آن است که در بسیاری از مکان های اسکی ماشین های برف ساز از بلندای برج های مرتفع آب را می افشانند، که به این ترتیب باد گرما را به نقاط دورتر می راند.

در هر حال، برای مقابله با گرمایی که بر اثر یخ زدن رها می شود مقدار سرمایش اضافی ضروری است. دستگاه پاد شده این کار را با افشاندن نه فقط

آب، بلکه آمیزه‌ای از آب و هوای پرفشار، با فشاری حدود ۸/۳ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع، را می‌باشد. وقتی برای هوای فشرده، یا در واقع هر گازی، این امکان پدید آید که ناگهان منبسط شود، سرد خواهد شد. گازها، با راندن جو یا هر چیز دیگری که در برابر انبساط‌شان قرار می‌گیرند، مقداری از انرژی خود را به مصرف می‌رسانند. سرمای هوای در حال انبساط بیشتر از آن است که گرمایش ناشی از آب در حال یخ زدن جبران‌ش کند. و افزون بر این، قطره‌های آبی که به شدت به بیرون می‌جهند از طریق تبخیر بیشتر سرد می‌شوند.

هرچند که، با کمال تعجب و مستقل از این که آب چقدر سرد می‌شود، فوراً یخ نمی‌بندد. همه می‌گویند که آب در صفر درجه‌ی سلسیوس (۳۲ درجه‌ی فارنهایت) یخ می‌زند، اما باید اضافه کنند که «به شرط آن که چیزی آن را برانگیزاند تا فرایند یخ بستن آغاز شود.» مولکول‌های آب نمی‌توانند در سم‌گیری‌های بسیار خاص و مواضع صلب و سختی مستقر شوند که باید در یک بلور یخ داشته باشند، بدون این که نوعی «شلیک آغازگر» آن‌ها را در جای‌شان تکان دهد و بلرزاند.

واقعیت این است که آب می‌تواند تا خیلی پایین‌تر از دمای یخ زدن متعارف سرد شود - یعنی، می‌تواند اُتسرد شود - بدون این که یخ بزند. این موضوع بسی پیچیده‌تر از آن است که بشود در خانه عملاً امتحانش کرد، اما تحت شرایط دقیق آزمایشگاهی، آب خالص می‌تواند تا ۴۰ درجه زیر صفر اُتسرد شود بدون این که یخ بزند (فارنهایت یا سلسیوس مهم نیست؛ ۴۰ درجه‌ی سلسیوس اتفاقاً در هر دو مقیاس ۴۰ درجه زیر صفر است).

یک ضربه‌ی مکانیکی می‌تواند مولکول‌های آب اُتسرد را به اندازه‌ی کافی تکان دهد تا آن‌ها را در مکان‌های اختصاص یافته‌شان در یک بلور یخ گرفتار کند. در مورد دستگاه برف‌ساز، این تکان را انفجار هوای پرفشار تأمین می‌کند، که قطره‌های ریز (میکروسکوپیکی) آب را از شیپوره‌اش با سرعت نزدیک به سرعت صوت به بیرون پرتاب می‌کند.

اطلاعات جدید و جالب در مورد دستگاه‌های برف‌ساز عبارت است از

افزودن برخی گونه‌های باکتری بدون ضرر به آمیزه‌ی هوا و آب آن است که به بیرون افشاندن می‌شود. پی برده‌اند که این باکتری‌ها، که تقریباً در همه جا در برگ گیاهان زندگی می‌کنند، کمک می‌کنند که آب سریع‌تر یخ بزند. این باکتری‌ها، برای انجام این کار، می‌توانند به کمک گیاهان بشتابند و آن‌ها را از آسیب دیدن در امان نگه دارند. آن‌ها ظاهراً همین وظیفه‌ی شتاب بخشیدن به یخ زدن را در دستگاه برف‌ساز هم انجام می‌دهند، که محصول برف مصنوعی بیشتری را از طریق یخ زدن تعداد بیشتری قطره‌های ریز آب پیش از آن که فرصت تبخیر پیدا کنند، تولید می‌کنند.

گل‌وله برف‌بازی!

با دوستم، درباره‌ی این‌که گل‌وله برفی را چه چیزی منسجم نگه می‌دارد، بحث و جدل داشته‌ام. او می‌گفت که چون برف دانه‌ها دندانه دندانه‌اند، باید مانند زیپ به هم قلاب شوند. من از این حرف‌ها قانع نشدم. حقیقت امر چیست؟

نظر جالبی است، زیرا برف دانه‌ها قطعاً شکل زیبای پیچیده‌ای، با خارها و لبه‌های دندانه‌دار، و چیزهای دیگری دارند. اما به هم جفت شدن قلاب‌ها و حلقه‌ها بسیار نامعقول و دور از انتظار است. افزون بر این‌ها، این برف دانه‌ها بسیار ترد و شکننده‌اند؛ وقتی آن‌ها را روی هم انباشته می‌کنید، در هم کوبیده و مچاله می‌شوند.

پاسخ این پرسش در این واقعیت نهفته است که فشار می‌تواند آب منجمد را ذوب کند؛ چه این آب منجمد یخ باشد چه برف. وقتی برف را محکم به هم می‌فشارید، فشار برخی بخش‌های برف دانه‌ها را ذوب می‌کند. این‌ها سپس می‌توانند روی یکدیگر و روی لایه‌ی نازک آب حاصل بلغزند، و گل‌وله‌ی برفی فشرده شود. اما دمای پیکره‌ی اصلی برف هنوز هم زیر نقطه‌ی انجماد است،

و اجزای ذوب شده مجدداً به سرعت یخ می‌زنند. این یخ مجدداً منجمد می‌شود شبیه سیمانی عمل می‌کند که همه چیز را کنار یکدیگر نگه می‌دارد. اگر به اندازه‌ی کافی جرئت و تهور داشته باشید که گلوله‌های برف را با دست برهنه (بدون دستکش) درست کنید، گرمای بدن‌تان نیز یک لایه‌ی نازک را در سطح آن گلوله ذوب می‌کند. وقتی این لایه دوباره یخ می‌بندد، یک سلاح (گلوله‌ی) پوست کلفت برایتان فراهم آمده است. هرچند که برخلاف کنوانسیون ژنو است! اما بعضی‌ها با فرو بردن گلوله برفی‌ها در آب آن را خیلی هم سخت‌تر و سفت‌تر می‌کنند.

انجام دهید

یک بشقاب تیره رنگ را در فریزر قرار دهید و بگذارید مدتی بماند تا برفک در آن تشکیل شود. وقتی برفک زدن شروع شد (معمولاً وقتی است که اندازه‌ی پوسته‌ها یا تراشه‌ها به حداکثر خود برسند)، بشقاب را بیرون بیاورید و ذره‌بینی، حتی الامکان قوی، اختیار کنید. برای این کار یک میکروسکوپ و تیغه‌ی بسیار سرد، خیلی بهتر است. تعدادی برف دانه را از روی بشقاب یا تیغه بردارید و به سرعت زیر ذره‌بین یا میکروسکوپ ببرید و آن‌ها را بررسی کنید. از زیبایی تکه‌های برفک و شکل‌های متنوع آن‌ها غافلگیر خواهید شد.

نپرسیدی، اما...

آیا درست کردن گلوله برفی در هوای بسیار سرد هرگز امکان دارد؟

خیر. هر کودکی در نواحی سردسیر می‌داند که با برف خیس می‌توان بهترین گلوله برفی را درست کرد. علت این امر آن است که برفی که خیلی سردتر از نقطه‌ی انجماد نیست منجمد کردنش تحت فشار آسان است، و بنابراین فشرده می‌شوند و به صورت گلوله برفی پرتابه‌ای در می‌آیند. اما وقتی برف خیلی سرد باشد، حتی قدرت قوی‌ترین آدم‌ها هم برای ذوب کردن قسمتی از

آن تحت فشار و یخ زدن مجدد بسیاری از پره‌های برف کافی نخواهد بود، و برف از هم می‌پاشد و به صورت پودر در می‌آید.

چیزهایی که در دل شب غرش می‌کنند

چگونه آن همه رنگ در آتشبازی تشکیل می‌شوند؟

مواد شیمیایی را به آمیزه‌های انفجاری می‌افزایند که وقتی در معرض گرما قرار می‌گیرند رنگ‌های خاصی از نور را گسیل می‌کنند. اگر فکر می‌کنید که مثلاً، آتش سبزرنگ خیال‌انگیزتر است، می‌توانید برخی انواع این مواد شیمیایی را در بخاری و شومینه‌ی خود بیندازید.

وقتی یک اتم را در آتش می‌اندازید، این اتم از طریق سریع‌تر کردن حرکت الکترون‌هایش می‌تواند مقداری از انرژی آتش را جمع‌آوری کند. این الکترون‌های «داغ» در همان هنگام رو به زوال می‌روند تا به حالت نسبتاً گند، حالت‌های انرژی طبیعی (به بیان تخصصی: حالت پایه‌ی) خود برگردند. آسان‌ترین راهی که این کار را انجام دهند – یعنی، آسان برای الکترون – عبارت است از این‌که انرژی اضافی خود را به شکل انفجار نور تخلیه کنند. وقتی اتم‌های کافی در آتش به‌طور همزمان انرژی گرمایی دریافت می‌کنند و آن را در شکل نور پس می‌دهند، می‌توانیم نور بسیار درخشانی را مشاهده کنیم.

هر نوع اتم یا مولکول در وهله‌ی اول دارای مجموعه انرژی‌های الکترون است. بنابراین، هر نوع اتم یا مولکول در درون شعله قادر خواهد بود فقط مقادیر انرژی منحصر بفرد خودش را بپذیرد یا پس بدهد. یعنی، اتم‌ها و مولکول‌های مختلف طول موج‌ها یا رنگ‌های مختلف نور را گسیل می‌کنند. (به زبان تخصصی: هر اتم یا مولکول طیف گسلی مخصوص به خود، یا منحصر بفردش را دارد.) از بخت بد تولیدکنندگان مواد آتش‌بازی، اکثر اتم‌ها

و مولکول‌ها نورشان را در قالب رنگ‌هایی گسیل می‌کنند که آدمی قادر به دیدن آن‌ها نیست: در نواحی فرابنفش یا فروسرخ طیف. اما اتم‌های برخی عناصر نور را به صورت رنگ‌های درخشان و تابناکی گسیل می‌کنند که ما می‌توانیم آن را ببینیم.

در اینجا به بیان برخی انواع اتم‌ها (در شکل ترکیبات شیمیایی آن‌ها) می‌پردازیم که برای تشکیل رنگ‌ها در آتش‌بازی به کار گرفته می‌شوند. طیف رنگ‌های قرمز: استرونیسم (با کاربرد فراوان) رنگ زرشکی (سرخ آتشین)، کلسیم قرمز مایل به زرد، و لیتیم قرمز سیر (جگری) تولید می‌کند. طیف رنگ‌های زرد: سدیم رنگ زرد درخشان و خالص تولید می‌کند. طیف رنگ‌های سبز: باریوم (با کاربرد فراوان) و سبز مایل به زرد (فسفری)، مس سبز زمردی، تلور سبز چمنی ملایم، تالیم سبز چمنی سیر، و روی سبز روشن تولید می‌کند. طیف رنگ‌های آبی: مس (با کاربرد فراوان) آبی آسمانی یا نیلگون، ارسنیک آبی روشن، سرب آبی روشن، و سلنیم هم آبی روشن درست می‌کند. طیف رنگ‌های بنفش: سزیم بنفش ارغوانی مایل به آبی، پتاسیم ارغوانی مایل به قرمز، و روبیدیم بنفش تولید می‌کند.

انجام دهید

در هنگام روشن بودن بخاری یا شومینه یا وقتی کنار ساحل یا در بیابان آتشی افروخته باشید، مقداری نمک نمکدان یا مقداری جوش شیرین بر آن بپاشید؛ شعله‌ای به رنگ زرد درخشان را خواهید دید که سدیم آن را ایجاد می‌کند. اگر به نمک‌های جانشین، از نوع نمک‌های رژیمی بدون سدیم، دسترسی دارید مقداری از آن را روی آتش بپاشید. این نمک به جای سدیم کلرید حاوی پتاسیم کلرید است، و رنگ بنفش جگری را در شعله خواهید دید که مشخصه پتاسیم است. اگر اتفاقاً برای درمان افسردگی لیتیم مصرف می‌کنید، این دارو زیباترین شعله‌ی قرمز را که تاکنون دیده‌اید تشکیل می‌دهد.

پرسیدی، اما...

چگونه تمام رنگ‌ها را در چراغ‌های نئون ایجاد می‌کنند؟ آیا فقط شیشه‌ی رنگی است که می‌بینیم؟

خیر، رنگ‌ها عملاً اتم‌های درخشانده‌اند، که الکتریسته آن‌ها را انگيخته (تحریک کرده) است. کمابیش شبیه است به تشکیل رنگ‌ها در آتش‌بازی: اتم‌ها با انرژی تحریک می‌شوند، و از طریق گسیل نور رنگ‌های مشخصه‌ی خودشان انرژی اضافی را از خود می‌رانند.

(خوشبختانه) در تفاوت بین آتش‌بازی و چراغ‌های تبلیغاتی نئون برقرار است. در چراغ‌های نئون، اتم‌ها در شکل گازی در داخل لوله‌های شیشه‌ای‌اند که برای نوشتن کلمات یا ساختن تصاویر شکل می‌گیرند. اتم‌های گاز را، به جای انفجار، جریان الکتریکی پُرولتاژ (فشارقوی) که از یک سر به سر دیگر لوله عبور می‌کند، بر می‌انگیزد. اگر این گاز اتفاقاً نئون باشد، همان رنگ آشنای نارنجی-قرمز را گسیل می‌کند که بادی‌دن آن‌ها از وجود مکان‌های خاصی (فروشگاه، رستوران، هتل...) باخبر می‌شویم.

سایر گازها وقتی رنگ مخصوص به خودشان را بیرون می‌دهند که جریان الکتریکی آن‌ها را تحریک کرده باشد. مثلاً، هلیوم نور بنفش مایل به صورتی، آرگون ارغوانی مایل به آبی، کریپتون بنفش کم رنگ، و گزنون نور سبز-آبی (آبی نفتی) تولید می‌کند. سایر رنگ‌ها از آمیخته شدن گازها یا از طریق روکش کردن (اندودن) جداری لوله‌ها (لامپ‌ها) با مواد جامدی تولید می‌شوند که با رنگ‌های خاص خودشان می‌درخشند.

هنوز هم هیچکس نتوانسته مردم را از نامیدن همه‌ی لامپ‌های تبلیغاتی به نام «نئون»، مستقل از این‌که چه گاز در درون این لامپ‌ها باشد، باز دارد.

نکته علامت «نئون» آبی که برای نوشتن به‌ای خاص تبلیغ می‌شود، اصلاً حاوی نئون نیست.

بالا، بالا، و... چرا؟

وقتی بالن پر از هلیوم را به هوا می‌فرستید، سرانجام بر سر آن چه می‌آید؟ و چرا، به هر حال، بالن‌های هلیومی بالا می‌روند؟ آیا نیروی گرانش، برخلاف همه‌ی چیزهای دیگر، بر هلیوم وارد نمی‌آید؟ اگر چیزی رو به بالا می‌رود، باید نیرویی رو به بالا بر آن وارد آید، نباید چنین باشد؟ پس این چه نیرویی است؟ آیا نیروی ضدگرانشی است؟

نیروی ضدگرانشی (پادگرانشی)؟ در این کتاب از این واژه استفاده نمی‌کنیم. کتاب‌های علمی-تخیلی را می‌توان در قفسه‌های خاص آن‌ها در کتابفروشی‌ها یافت.

با کمال تعجب، هیچ نیروی رو به بالایی وجود ندارد. آنچه که وجود دارد فقط نیرویی است که رو به پایین بر هلیوم وارد می‌آید و مقدار آن کم‌تر از نیرویی است که بر هوای پیرامونی‌اش وارد می‌آید زیرا گاز هلیوم از هوای هم حجم‌اش سبک‌تر است. قدرت نیروی کشش گرانشی بر اتم‌های هلیوم سبک‌تر کم‌تر است تا نیرویی گرانشی که بر مولکول‌های هوای سنگین‌تر وارد می‌آید. بنابراین، هواگرایش خواهد داشت که به پایین‌تر از هلیوم برود، یا به بیان دیگر، مشاهده خواهد شد که هلیوم فراتر از هوا به بالا می‌رود. اگر در داخل بالن پر از هلیوم باشید، از این‌که چرا همه چیز در پیرامون‌تان دارد پایین می‌رود، تعجب خواهید کرد.

وقتی یک تکه چوب را در زیر آب رها می‌کنید، حیرت نخواهید کرد که می‌بینید این قطعه چوب به سرعت در آب بالا می‌رود تا به سطح آن برسد؛ این‌طور نیست؟ علت این عدم تعجب آن است که چوب و آب مواد چنان شناخته شده‌ای‌اند که انتظار دارید چوب روی آب شناور شود.

اما، هلیوم و هوانه جامدند و نه مایع، بلکه گازند، و چندان هم برای ما آشنا نیستند؛ نمی‌توانیم آن‌ها را ببینیم، جاری‌شان کنیم، نمی‌توانیم به چنگ‌مان بگیریم، و نمی‌توانیم آن‌ها را به داخل جامی بریزیم. با همه‌ی این احوال،

آن‌ها ماده هستند، ساخته شده از ذرات ریزی که میدان گرانشی زمین آن‌ها را به سوی خود می‌کشد، و آن‌ها هم به این کشش مانند جامدات و مایعات پاسخ می‌دهند. نیروی گرانش با جرم ذرات متناسب است، چه به شکل جامد، مایع، یا گاز باشند.

وقتی بالن پر از هلیوم را به فضا می‌فرستید، چندین اتفاق روی می‌دهد. در ضمن آن که بالا می‌رود، با شرایط متغیر هم فشار هوا و هم دمای هوا مواجه می‌شود. تا آنجا که به فشار ربط پیدا می‌کند، نسبتاً به‌طور منظم با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد. علت این امر آن است که جو عبارت است از لایه‌ای از هوا که زمین را دربر گرفته، و نیروی گرانشی آن را وابسته به کروی زمین نگه داشته است. هرچه به ارتفاع بالاتری از این لایه بروید، مقدار کم‌تری از آن در بالا می‌ماند که به سوی پایین فشار وارد می‌آورد، از این رو فشار هوا را کم‌تر حس می‌کنید. و در مورد بالن هم این امر صادق است.

در هر زمان معینی، یک بالن لاستیکی اندازه‌ی معینی دارد زیرا در برابر فشار رو به خارج گاز داخل آن، فشار رو به داخل جو بیرون (و البته، به اضافی‌ی گرایش جمع شدن لاستیک به سوی داخل) مقابله می‌کند. وقتی فشار جو کاهش می‌یابد، گرایش انبساطی گاز هلیوم رو به خارج می‌تواند غلبه کند، و بالن کش می‌آید و منبسط می‌شود. از این رو به محض افزایش یافتن ارتفاع، بالن بزرگ‌تر می‌شود.

حال ببینیم تأثیر کاهش دما چیست؟ می‌دانیم که تمام گازها گرایش دارند که وقتی گرم می‌شوند انبساط یابند و در هنگام سرد شدن منقبض شوند. علت این امر آن است که مولکول‌های گاز داغ سریع‌تر به هر طرف می‌جهند و به هر یک از دیواره‌هایی که آن‌ها را می‌خواهند نگه دارند، ضربه‌ی محکم‌تری می‌نوازند. این ظرف خاص پر از هلیوم ما دارد در هوایی بالا می‌رود که هرچه سردتر می‌شود؛ میانگین دمای جو زمین از حدود ۱۸ درجه‌ی سلسیوس (۶۵ درجه‌ی فارنهایت) در سطح دریا در ارتفاع ۱۰ کیلومتری به حدود ۵۱- درجه‌ی سلسیوس (۶۰ درجه‌ی فارنهایت زیر صفر) افت می‌کند. به این ترتیب، با بالا رفتن بالن و سردتر شدن هوای محیط، به

جمع شدن و انقباض یافتن گرایش می‌یابد.
 اکنون با دو گرایش متضاد مواجه‌ایم: انبساطی ناشی از کاهش فشار جوّی و انقباضی ناشی از کاهش دمای جوّ. کدام یک از این دو گرایش غالب می‌شوند؟

قوانین حاکم بر انبساط و انقباض گازها را به خوبی می‌شناسیم؛ دانشمندان آن‌ها را در قالب معادله‌ای ریاضی به نام قانون گازها گرد آورده‌اند. آنان با بهره‌گیری از این معادله، عملاً می‌توانند آثار فشارها و دماهای متغیر بر گاز را محاسبه کنند. اگر این محاسبات را برای این بالن پر از هلیوم بالا رونده انجام دهیم (که من انجام داده‌ام)، پی می‌بریم که انبساط ناشی از کاهش فشار عامل بسیار بزرگ‌تری است از انقباض ناشی از سرمایش.

از این رو برآیند آثار وارد بر بالن از این قرار است که هرچه بالا و بالاتر می‌رود بزرگ‌تر می‌شود - ورم می‌کند! - لاستیک جداری آن کش می‌آید اما نه تا آنجا که بترکد، و سرانجام روی سرکسی که در بیابان برای تفریح بساطش را پهن کرده فروود می‌آید. گاز هلیوم، که اکنون پایین آمده، باز هم راه خود را به درون جوّ در پیش می‌گیرد و بالا می‌رود تا این‌که به سطحی می‌رسد که در آنجا هوا چندان رقیق است که بالنی پر از آن به همان سبکی بالنی پر از هلیوم است، و در همین جاست که هلیوم تا روز قیامت در آنجا می‌ماند.

گوشزد

بله، دقیقاً هم نه تا روز قیامت. به علت وزش باد، تغییرات آب و هوایی، و سایر پدیده‌های مؤثر، همواره می‌توانیم کمی هلیوم در هر ارتفاعی از هوا بیابیم - به‌طور متوسط، حدود پنج اتم هلیوم به ازای هر میلیون مولکول هوا. و در سطوح فوقانی جوّ، قسمتی از آن‌ها حتی به کلی از کمند گرانث زمین می‌گریزند.

افزون بر این‌ها، باید بپذیریم که سایر رویدادها می‌توانند در این تصویر شسته رفته‌ی ما دخالت کنند. بالن ما نمی‌تواند به اندازه‌ی کافی بالا رود که منفجر شود، زیرا مقدار هلیوم موجود در آن برای حمل کردن گنجایش مفید

لاستیک تا ارتفاع کافی وجود ندارد، و در یک ارتفاع حداکثر مستقر خواهد شد و می ایستد. پس، بادها می توانند روزها در زیر آن بوزند، تا این که هلیم کافی به بیرون نشت کند (اتم های هلیم فوق العاده ریزند و می توانند از منافذ لاستیک به بیرون نفوذ کنند) تا این که وزن خود لاستیک بالن را پایین آورد. احتمالاً بالنی را مشاهده کرده اید که دو روزی در سقف خانه تان باقی مانده است.

و راستی، این روزها بالن های هلیمی بسیاری به جای لاستیک از میلار^۱ آلومینیم پوش ساخته شده اند. این نوع بالن ها مدت بسیار طولانی تری دوام می آورند و پیش از آن که پایان کارشان فرا رسد، به ارتفاع بسیار بالاتری می روند. هواپیماهای جت مسافری آن ها را شناسایی کرده اند که در ارتفاع چندین کیلومتری در امتداد جریان جتی حرکت کرده اند.

نگاه کنید! بلندای آسمان را! پرنده ای آنجادر پرواز است. یک هواپیماست.

کشتی هوایی، سفینه ی هوایی، بالن، سبک تراز هواپیما، یا هرچه به آن ها بگویید: پر از گاز هلیم اند، درست است؟ اما وقتی بر اثر تابش آفتاب یا تغییرات آب و هوا گرم و سرد می شوند، این گاز باید منبسط و منقبض شود، این طور نیست؟ این پرنده ها با این تغییرات چگونه کنار می آیند؟ آیا کل بالن منبسط و منقبض می شود؟

خیر، زیرا امروزه این نوع بالن ها چیزی نیستند جز تابلوهای تبلیغاتی. در این بالن ها، از سیستمی هوشمند بهره می گیرند که کار آن مبادله ی هوا در جلو و عقب (بر اثر انبساط و انقباض) است.

این نوع بالن (سفینه ی هوایی و...) اساساً یک کیسه ی لاستیکی بزرگ پر از

۱. Mylar. پوسته ی نازکی از پلاستیک سخت که با لایه ی بسیار نازک آلومینیم اندود شده است.

هلیم است. این ماشین عجیب و غریب در هوا معلق و شناور است به این علت که کل آن - هلیم، کیسه‌ی لاستیکی، موتور، مسافران - رویهمرفته وزنی کم‌تر از وزن هوای هم حجم‌شان دارند.

در یک روز گرم که خورشید با گرمای تمام بر آن می‌تابد، یک افزایش تدریجی فشار می‌تواند شکل گیرد، که گرایش آن به سوی منبسط کردن هلیم است. اما نمی‌توانند تمامی هلیم انبساطی را به داخل هوا تخلیه کنند. افزون بر این‌ها، وقتی کیسه سرد می‌شود و به هلیم بیشتری نیاز پیدا می‌شود تا کیسه کماکان به صورت یک جسم شناور به نظر آید، چه کاری باید انجام دهند؟ یک کیسه‌ی کوچک و جداگانه‌ی پر از هوا در داخل کیسه‌ی بزرگ حاوی هلیم قرار دارد، مانند یک بالن پر از هوا در داخل بالن پر از هلیم. این دو کیسه چنان آرایش می‌یابند که وقتی هلیم منبسط می‌شود، فقط به مقداری هوای سبک و قدیمی خارج از بالن فشار وارد می‌آورد. و وقتی هلیم منقبض می‌شود، از طریق دمیدن هوای بیشتر به داخل کیسه‌ی داخلی، آن انقباض و کم شدن حجم را جبران می‌کنند.

چرا فضا نوردان تا این حد گرم‌شان می‌شود

در فضای آزاد، هر چه باد شدیدتر بوزد، بیشتر احساس سرما می‌کنم. به نظرم این موضوع را می‌فهمم. اما وقتی یک شاتل فضایی در راه برگشت به جو وارد می‌شود، هوایی که پیرامون آن را فرا گرفته، بر اثر برخورد با بدنه‌اش آن را چندان گرم می‌کند که باید آن را از سوخته شدن مانند شهاب سنگ محافظت کنند، هرچند که در آنجا هوا بسیار سرد است. وقتی «باد» به اندازه‌ی کافی قوی است، چگونه هوا از شکل بادی بسیار سرد، به بادی سوزان تبدیل می‌شود؟

اولاً، وقتی خیلی باد می‌وزد، آن‌طور که گمان می‌کنید نیست که این باد با بخار

کردن عرق روی پوست تان اثر سرد کننده‌ای داشته باشد. آن اثر به محض آن که باد کافی باشد از بین می‌رود به طوری که تمامی عرق روی پوست همان موقع تبخیر شده است. باد شدید ما را به این علت خنک می‌کند که جریان متحرک مولکول‌های هوا گرما را از بدن ما دور می‌کند؛ هرچه سرعت این باد که بر بدن ما می‌وزد بیشتر باشد، گرما را سریع‌تر از بین می‌برد. در همان لحظه‌ای که پوست شما یک مولکول هوای مجاور را گرم می‌کند، آن مولکول به سرعت دور می‌شود، و آن گرمای بدن تان را با خودش می‌برد. پوشاک شما را عمدتاً به این علت محافظت می‌کند که مولکول‌های هوا را از سرقت از رویه‌ی پوست شما باز می‌دارد.

در شاتل فضایی چه اتفاقی می‌افتد؟ نخستین کاری که باید انجام دهید عبارت است از فراموش کردن هرچه درباره‌ی اصطکاک می‌دانید؛ کلمه‌ای که روزنامه‌ها و مجله‌ها همواره برای «توضیح دادن» گرمای جوّی اخیراً از آن بهره می‌گیرند. اصطکاک از مالش دو جسم جامد به یکدیگر ناشی می‌شود. در مورد گازها، کاربرد این اصطلاح بی‌معناست. مولکول‌های گاز خیلی از هم دورند، و فضای خالی بین آن‌ها بسیار زیاد است، به طوری که گاز در مالش به هر چیز دیگری «ناتوان» است. تنها کاری که مولکول‌های گاز می‌توانند انجام دهند این است که در فضا به پرواز درآیند و به طور تصادفی با اشیا برخورد کنند، شبیه به دسته‌ای مگس که دیوانه‌وار خود را به هر چیزی می‌زنند.

هوا در ارتفاع حدود ۶۰ کیلومتری فراز سطح زمین بسیار سردتر و رقیق‌تر است؛ در این ارتفاع است که سفینه‌ای که به زمین بازمی‌گردد به طور جدی گرم می‌شود. اما وقتی که «باد» بر شاتل می‌وزد که سرعتی حدود بیست و پنج هزار کیلومتر در ساعت دارد، و همان سرعت ورود این سفینه به جوّ زمین است، وضعیت در این مورد با نسیمی که در سطح زمین می‌وزد بسیار متفاوت است. علی‌الاصول، میانگین سرعت مولکول‌ها متناسب با دمای آن‌هاست.

نتیجه دقیقاً مانند این است که گویی شاتل بی‌حرکت است و مولکول‌های هوا آن را با سرعت معمولی‌شان به اضافه‌ی بیست و پنج هزار کیلومتر بر ساعت، بمباران می‌کنند. این وضعیت است که سرعت کل مولکولی را با

دمایی چند هزار درجه‌ای هم‌ارز و معادل می‌کند. پس، شاتل در حالتی قرار می‌گیرد که گویی در معرض هوایی با دمای چند هزار درجه‌ای واقع شده است. اگر این سفینه فضایی با پوشش مقاوم به گرمایی از جنس سرامیک اندود نشده بود که از طریق ذوب شدن انرژی گرمایی را مصرف می‌کند، مانند شهاب‌سنگی که به جو وارد می‌شود، می‌سوخت (بله، دلیل سوختن شهاب‌سنگ‌ها هم همین است).

اما، حتی سرامیک‌ها نمی‌توانند در چنین دماهای بالایی دوام آورند. خوشبختانه، در جلو سپرها و لبه‌های پیشین شاتل فضایی یک موج شوکی تشکیل می‌شود؛ موج شوکی عبارت است از لایه‌ای از مولکول‌های هوا که به این علت جمع و توده می‌شوند که نمی‌توانند با سرعت کافی از سر راه سفینه کنار بروند. این لایه‌ی هوا به منزله‌ی سپر جلوی اتومبیل عمل می‌کند. این سپر (موج شوکی) فشار و سنگینی انرژی گرمایی را از طریق درهم شکستن ابر آتشین و گداخته‌ای از پاره‌های اتمی و الکترون‌ها، که دانشمندان به آن ابر پلاسما می‌گویند، جذب می‌کند. این همان چیزی است که «موج سینه‌ی» V شکلی را تشکیل می‌دهد که در تصاویر تلویزیونی مشاهده می‌کنیم.

آب، همه جا آب

آب فراوان‌ترین ترکیب شیمیایی کره‌ی زمین است. این ترکیب حدود ۷۵ درصد سطح کره‌ی ما را در بر می‌گیرد، و به این اعتبار است که کره‌ی زمین از فضا آبی و سفید دیده می‌شود. (البته، ابرهای سفید هم آب هستند.) مقدار کل آب موجود در کره‌ی زمین، مشتمل بر اقیانوس‌ها، دریاها، دریاچه‌ها، رودخانه‌ها، ابرها، یخ‌های قطبی، و حتی آبی که در سوپ آشپزخانه‌هاست، سر به یک و نیم میلیارد میلیارد تن می‌زند. در واقع، بیش از نیمی از جسم خود ما را آب تشکیل می‌دهد: حدود ۶۰ درصد وزن یک مرد معمولی ۷۰ کیلوگرمی آب است؛ میانگین وزنی آب بدن زنان نزدیک به ۵۰ درصد است؛ درصد آب بدن آدم‌های چاق‌تر کم‌تر است. میزان آب بدن کودکان به ۸۵ درصد می‌رسد، بدون احتساب پوشک‌شان!

آب از برخی خواص نامعمول هر ماده‌ی شیمیایی در جهان هستی برخوردار است، و با این وجود چندان برای ما آشناست که آن‌ها را به کلی بدیهی می‌پنداریم. اما وقتی آب را می‌جوشانیم، منجمد می‌کنیم، روی آن شناور می‌شویم، یا به صورت عرق از اندام‌هایمان جاری می‌شود، به راستی چه اتفاقی می‌افتد؟ در این فصل، به زیر سطح این مایع شگفت که هر روز با آن سروکار داریم، نگاهی می‌اندازیم.

چقدر عرق می‌کند!

می‌دانم که آدمی در قالب یک سازوکار خنک شدن عرق می‌کند، زیرا وقتی

تغرق تبخیر می‌شود، تأثیر خنک‌کنندگی دارد. اما چرا تبخیر فرایندی سرمایشی است؟ دقیقاً به این علت که یک مایع تبخیر می‌شود، چرا دمایش باید افت کند؟ یا افت می‌کند؟

متأسفم، اما پاسخ باید «افت می‌کند و افت نمی‌کند» باشد. ممکن است به این علت مردم این پاسخ طوطی‌وار، از پیش مهیا، و به سختی روشنگر را می‌دهند که «تبخیر عملی سرمازا (گرماگیر) است.»

پی می‌بریم که غده‌های عرق ما مایعی را، آبی را که حاوی اندکی نمک و اوره است، فقط بعضی اوقات روی پوست مان ترشح می‌کنند؛ مثلاً، وقتی (الف) خیلی گرم مان است، (ب) وقتی فعالیت شدیدی می‌کنیم، یا (ج) وقتی می‌خواهیم سخنرانی کنیم و یادداشت‌هایمان را پیدا نمی‌کنیم (عرق خجالت!).

اما، در واقع فرایند تعریق ما همواره، حتی در هوای سرد، در کار است. این فرایند سازوکاری اساسی برای ثابت نگه داشتن دمای بدن مان بشمار می‌آید. در وضعیت‌های الف، ب، و ج در بالا، تعریق سریع‌تر از آن که بتواند تبخیر شود صورت می‌گیرد، از این رو متوجه تشکیل رطوبت واقعی بر روی پوست مان می‌شویم.

پوست سگ‌ها فاقد غدد عرق است (مگر، با کمال شگفتی، روی نرملی پای‌شان). از این روست که زبان بسیار درازشان را بیرون می‌آورند و لوله می‌زنند، که به این ترتیب تبخیر بزاق‌شان تسریع می‌شود، و به این وسیله هوایی که به ریه‌شان می‌فرستند خنک می‌شود. سایر حیوانات به درجات متفاوتی عرق می‌کنند. خوک‌ها در واقع هرازگاهی «به سختی عرق می‌کنند»، هرچند که آن‌ها هم دوست دارند با غلت زدن در گل و لای خنک شوند، همان کاری که فیل‌ها و اسب‌های آبی می‌کنند. در واقع، این هم با آب‌تنی کردن ما در حوض یا استخر و آبگیر، چندان فرقی ندارد.

اما، تبخیر دقیقاً چیست؟ تبخیر عبارت است از فرایندی که طی آن برخی مولکول‌ها در سطح یک مایع صرفاً تصمیم می‌گیرند از هم‌تایانشان جدا شوند

و به پرواز درآیند. هرچه مولکول‌های بیشتری از مکان خود عازم شوند، مقدار مایع باقی مانده بیشتر کاهش می‌یابد. این اتفاق را بارها دیده‌اید: کف خیس زمین خشک می‌شود و لباس‌ها روی بند رخت خشک می‌شوند.

اگر بخواهیم تبخیر را شتاب بخشیم، می‌توانیم دو کار انجام دهیم: گرم کنیم و بدمیم. با گرم کردن مایع، مولکول‌هایش انرژی‌ای را که برای گریختن نیاز دارند، دریافت می‌دارند. به همین علت است که از سشوار و دست خشک‌کن در دستشویی (با آن صدای آزارنده‌اش) استفاده می‌کنیم. دَمِش این دستگاه‌ها گروه مولکول‌های آبی را که همان لحظه تبخیر می‌شوند پراکنده و تعداد مولکول‌های آب موجود در هوای محیط را بیشتر می‌کنند. فوت کردن سوپ و آتش داغ برای خنک کردن آن کاری متعارف، هرچند که بی‌ظرافت، و با بهره‌گیری از این اصل است. نمونه‌ی دیگر: اگر اتاق بادگیر داشته باشد سرمای هنگام خارج شدن از حمام را حس می‌کنید، هرچند هم که دمای هوا متعارف باشد.

انجام دهید وقتی به پشت دست‌تان فوت می‌کنید، احساس می‌کنید سرد می‌شود، هرچند که نفس‌تان گرم است و احساس عرق کردن هم ندارید.

دَمِش تبخیر مقادیر کم رطوبتی را که همیشه روی پوست ماست شتاب می‌بخشد. در فضای آزاد هنگام وزیدن باد همواره احساس می‌کنید هوا خنک‌تر است. «عامل سرمای باد» که هواشناسان شمالی دوست دارند در طول زمستان ما را از آن بترسانند تلاشی است برای به حساب آوردن این پدیده. متأسفانه، این عامل و پدیده فقط موقعی کارساز است که برهنه باشید. بسیار خوب، در این صورت چرا باید مهاجرت مولکول‌های آب دمای مایع باقی مانده را پایین بیاورند، و به این ترتیب دمای هر چیزی هم که با آن مایع در تماس است، با آن افت کند؟ ترسناک به نظر می‌رسد، اما این فرایند تبخیر بسیارگزینشی است. فرایند یاد شده به‌طور ترجیحی مولکول‌های

سریع‌تر (داغ‌تر) را بر می‌دارد و دور می‌کند، و مولکول‌های سردتر (کُندتر) باقی می‌مانند. در زیر چگونگی این رویداد را توضیح می‌دهیم.

مولکول‌های هر مایع دارای حرکت ثابت‌اند: به اطراف می‌لغزند، به پس و پیش نوسان می‌کنند، جست و خیز می‌کنند، با هم برخورد می‌کنند، و به‌طور کلی شبیه به یک دسته حشره و مگس عمل می‌کنند. هرچه دما بالاتر باشد، حرکت مولکول‌ها سریع‌تر است (و در واقع حشرات تندتر حرکت می‌کنند). در واقع، معنای دما هم همین است: معیاری از میانگین انرژی جنبشی (انرژی حرکتی) تمامی مولکول‌های ماده.

واژه مهم در اینجا لفظ میانگین است، زیرا در هر دمای معینی، مولکول‌ها به هیچ وجه همگی با سرعت یکسانی حرکت نمی‌کنند. برخی از آن‌ها ممکن است بسیار سریع حرکت کنند زیرا برخورد با مولکول دیگری آن را انگیزته و تحریک کرده است. در این میان، مولکول‌هایی که خود عامل تحریک بوده‌اند (به مولکول مورد بحث ضربه یا لگد زده‌اند) کُندتر حرکت می‌کنند زیرا مقداری از انرژی‌شان را به مولکول‌هایی داده‌اند که با آن‌ها برخورد کرده‌اند. به نزدیک‌ترین باشگاه بیلیارد سری بزنید که در آنجا مشاهده خواهید کرد که وقتی گوی سفید اصلی که با آن به گوی‌های دیگر ضربه زده می‌شود، با گوی دیگری برخورد می‌کند به نحو چشمگیری کُند می‌شود، در حالی که گویی که ضربه به آن وارد آمده با سرعت زیادی دور می‌شود. اما میانگین انرژی این دو گوی، یعنی «دمای» آن‌ها، ثابت و بی‌تغییر باقی می‌ماند. حالا، در سطح مایع، به نظر شما کدام مولکول‌ها به احتمال بسیار زیاد به درون هوا می‌جهند و تبخیر می‌شوند؟ البته، پراورزی‌ترین مولکول‌ها. و مولکول‌های دارای میانگین انرژی، در دمای پایین‌تر باقی خواهند ماند. به این ترتیب، مایعی که تبخیر می‌شود، سردتر خواهد شد.

اما این پایان ماجرا نیست. سرمایش نمی‌تواند تا بینهایت ادامه یابد. آیا هرگز دیده‌اید که یک حوضچه‌ی ذوب (در فلزکاری) که در حال بخار شدن است، خود به خود منجمد و به جامد تبدیل شود؟ خیر، آنچه که اتفاق می‌افتد از این قرار است که مایع به محض آغاز شدن عمل تبخیر اندکی سرد

می شود، گرما از پیرامونش به آن منتقل می شود و جمعیت مولکول های پیرامونی جایگزین و تکمیل می شوند، که عملاً دما را ثابت نگه می دارند. «آها!» که این طور. «پس برگشتیم سر جای اول مان، روز از نو روزی از نو. اگر مایع در حال تبخیر هرگز فرصت خنک ماندن را نداشته باشد، چرا عرقی که روی پوست نشسته، با تبخیر شدن مرا خنک می کند؟»



بسیار خوب، به نظر شما آن گرمای جایگزین از کجا باید بیاید؟ از پوستتان. پس با تداوم تبخیر، لایه ی عرق خودش هرگز فرصت نخواهد داشت که خیلی سرد شود زیرا گرما را از پوست شما می گیرد و آن را در قالب مولکول های بسیار داغش به داخل هوا پرتاب می کند. عرق فقط یک واسطه است. برای دفع گرما به پوست کمک می کند.

آهنگ تبخیر مایعات به توان و قدرت مولکول های مایع به یکدیگر، بستگی دارد. در مایعی که مولکول هایش با قدرت زیادی به هم پیوند نخورده اند، این مولکول ها می توانند به سهولت بیشتری بقیه ی مولکول ها را ترک کنند و مایع با سرعت بیشتری تبخیر می شود. برخی مایعات چنان به سرعت تبخیر می شوند - یعنی، چنان فزایند - که جایگزینی گرما از پیرامون نمی تواند صورت گیرد. در این حالت، دمای این نوع مایع در واقع کاهش نمی یابد.

اتیل الکل یکی از مایعات فرّار است. سرعت تبخیر این مایع دوبرابر سرعت تبخیر آب است.

انجام دهید مقداری الکل (مثلاً، ایزوپروپیل الکل، یا الکل رقیق) روی پوست تان بمالید. نسبت به وقتی که پوست تان را با آب خیس کرده‌اید، احساس خنکی بیشتری می‌کنید.

علت این امر آن است که مولکول‌های «داغ» الکل با سرعت زیادی از روی پوست شما خارج می‌شوند به نحوی که از قدرت گرم‌کنندگی بدن تان درگرم کردن مجدد آن ناحیه، پیشی می‌گیرد.

اتیل کلرید مایعی فوق‌العاده فرّار است که مولکول‌هایش در واقع نمی‌خواهند خیلی کاری با هم داشته باشند و مایع مادری خود را ترک می‌کنند و از بین می‌روند. سرعت تبخیر این مایع نسبت به سرعت تبخیر آب هزار برابر است. مقداری اتیل کلرید را روی پوست تان بمالید، چنان پوست تان را سرد می‌کند که بی‌حس (کریخت) می‌شود. پزشکان از این شگرد در حکم بی‌حس‌کننده‌ی موضعی برای جراحی‌های کم‌دامنه و مختصر پوست بهره می‌گیرند.

نادرستی اصل ارشمیدس

چگونه یک ناو هواپیمابر یکصد هزار تنی بر روی آب شناور می‌شود؟ می‌دانم که اگر یک تکه فولاد توپُر بود بلافاصله در آب فرو می‌رفت، و این ناو جامد و توپُر نیست؛ میان خالی است؛ اما آبی که در زیر آن قرار دارد چگونه چنین چیزی را می‌داند؟

پاسخ بی‌درنگ به هر معمای روزمره درباره‌ی دلیل شناور شدن اشیاء روی آب

همواره از این دست است: «بنا بر اصل ارشمیدس، هر جسم غوطه‌ور در مایع به وسیله‌ی نیرویی مساوی با وزن مایع جابه‌جا شده‌اش، روی آب شناور می‌ماند. و علت شناوری اشیا در مایعات هم همین است.» البته، این پاسخ کاملاً درست است، اما کمابیش همانقدر روشن است که یک کرم شب‌تاب لباس پوشیده باشد.

آشکار است که آب زیر یک کشتی اطلاعاتی ندارد که آیا جسمی که بر سطحش فشار وارد می‌آورد یک قطعه‌ی جامد توپر است یا یک پنیر سوییسی اقیانوس‌پیما (به استثنای سوراخ‌هایی در بدنه‌اش، که به آن خواهیم پرداخت). با همه‌ی این احوال، قسمت اعظم تجربیات ما درباره‌ی اشیا شناور، از انواع قایق‌ها و کشتی‌ها تا فوم‌های پلاستیکی، متقاعدمان می‌کند که توخالی بودن - یعنی، فضاهای پر از هوا در درونه‌ی هر شیء - تا حدودی ضروری است. اما این‌طور نیست؛ خالی کردن داخل اشیا فقط یکی از راه‌های سبک‌تر کردن آن‌هاست. اشیا سبک شناورند و اشیا سنگین فرو می‌روند. این دقیقاً همان چیزی است که اگر ارشمیدس یونان باستان در آب غوطه‌ور نشده بود، باز هم باید انتظارش را می‌داشتید.

حالا پرسش از این قرار است که، یک جسم چقدر باید سبک باشد تا شناور شود؟ و پاسخ این است که سبک‌تر از آب هم حجم‌اش. وزن حجم معینی از یک ماده را چگالی آن ماده می‌گویند. چگالی را معمولاً بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب بیان می‌کنند (یعنی تعداد گرم‌های یک ماده در هر سانتی‌متر مکعب حجم آن). اگر تمامی یک کشتی، که انبوه پیچیده و عظیمی از فلز، چوب، پلاستیک، فضاهای پر از هوا، و مانند آن‌ها، در نظر گرفته شود، کم‌تر از وزن آب هم حجمش وزن دارد - یعنی، اگر چگالی کشتی کم‌تر از چگالی آب باشد - آنگاه این کشتی شناور می‌ماند. قطعه چوب به این دلیل روی آب شناور می‌ماند که چگالی‌اش فقط حدود شش دهم چگالی آب است، و از این رو توخالی کردن آن ضروری نیست.

اگر قرار می‌بود که ناو هواپیمابر یکصد هزار تنی در آب شناور شود، در این صورت بهتر بود با توخالی کردن جدی آن، چگالی کلی‌اش را کاهش

می‌دادیم. البته، در این مورد مشکلی وجود ندارد زیرا مکان‌های مناسبی در آن یافت می‌شود که چیزهایی ضروری مثل هواپیما و ملوانان در آن مکان‌ها قرار داده شوند.

برای این‌که پی ببریم چرا یک جسم شناور باید از آب کم چگال‌تر باشد، یک آزمایش کوچک و ساده انجام دهیم. فرض کنید ناو هواپیما بر یکصد هزار تنی ادمیرال نیمیتس^۱ (بزرگ‌ترین ناو هواپیما بر جهان) را به آرامی بسیار به داخل وان بسیار بزرگی بیندازیم که آنقدر آب داشته باشد که برای شناور شدن این ناو کفایت کند. نیروی گرانش با پایین کشیدن این ناو به داخل آب با نیروی مساوی وزنش، کار به آب انداختن آن را برای ما انجام می‌دهد. (معنی وزن هم همین است.) اما همچنان که این ناو به آب وارد می‌شود، سوراخی در آب ایجاد می‌کند. یعنی، مقداری آب را به اطراف و به سوی بالا در قبال نیروی گرانشی طبیعی آب می‌راند، تا خودش در آب مستقر شود. به این ترتیب، همچنان که نیروی گرانش کشتی را به پایین می‌کشد، مقداری آب برخلاف جهت نیروی گرانش به بالا رانده می‌شود. آیا هیچ وقت به بالا آمدن سطح آب در وان حمام، وقتی وارد آن می‌شوید، توجه کرده‌اید؟

در نهایت چقدر آب برخلاف جهت نیروی گرانش بالا می‌آید؟ فقط به اندازه‌ی وزن آب مساوی با نیروی گرانشی‌ای که در جهت پایین بر ناو وارد می‌آید و آن را به پایین می‌کشد. به بیان دیگر، وزن آبی که بالا می‌آید یا جابه‌جا می‌شود با وزن کشتی یا ناو برابر است. وقتی این حد حاصل می‌شود - یعنی، وقتی یکصد هزار تن آب، در مورد نیمیتس، جابه‌جا شد - دیگر عمل جابجایی و استقرار این ناو متوقف می‌شود. سرانجام این کشتی غول‌آسا شناور می‌شود!

اما توجه کنید که هر سانتی‌متر مکعب آب جابه‌جا شده باید دقیقاً معادل جابه‌جا شدن یک سانتی‌متر مکعب از همان ناو یا کشتی بوده باشد. یعنی حجمی از کشتی که در زیر خط آب (سطح آب) قرار دارد برابر است با حجم یکصد هزار تن آب. اما چون آب از کشتی چگال‌تر است، یکصد هزار تن آب

نسبت به یکصد هزار تن کشتی جای کمتری - فضایی کم‌تر از کل کشتی - را اشغال می‌کند. به این ترتیب مقدار حجمی از کشتی که در زیر خط آب قرار می‌گیرد کم‌تر از حجم کل کشتی است. این هم از خوش شانسی است، زیرا به آن معناست که خط آب فقط تا بخشی از بدنه‌ی کشتی می‌رسد، که خدمه‌ی کشتی و ناخدا ترجیح می‌دهند همیشه چنین باشد. تمامی این‌ها به این علت است که چگالی کل کشتی کم‌تر از چگالی آب است.

نپرسیدی، اما...

موضوع زیردریایی‌ها از چه قرار است؟ این نوع کشتی‌ها گاهی شناورند و گاهی در آب فرو می‌روند. آن‌ها شناوری‌شان را چگونه تغییر می‌دهند؟

به سادگی بسیار. مقدار فضای پراز هوایشان را تغییر می‌دهند، و به این وسیله چگالی‌شان تغییر می‌کند. می‌خواهید به زیر آب بروید؟ امکان ورود آب را به درون مخازن و زنه‌ی تعادل زیردریایی فراهم آورید. می‌خواهید به سطح آب بیایید؟ آب را با دمیدن هوای فشرده خارج کنید. هرچند این کار در واقع کمی پیچیده و دشوار به نظر می‌رسد، زیرا چگالی آب بسته به عمق، دما، و میزان شوری، عملاً کمی تغییر می‌کند. بنابراین، چگالی زیردریایی را پیوسته باید تنظیم کرد.

انجام دهید آب دریا حدود ۳ درصد چگال‌تر از آب شیرین است. بنابراین، کشتی در آب اقیانوس بر اثر وارد آمدن نیرویی که حدود ۳ درصد بزرگ‌تر از آن در آب دریاچه است، شناور می‌شود، و بنابراین در اقیانوس در ارتفاعی نسبتاً بالاتر از سطح آب شناور می‌ماند. آب بحرالمیت و دریاچه‌های شور بزرگ (گريت سالت ليكس^۱) به علت وجود نمک

زیادشان چنان چگال اند که نیروی شناوری اش شگفت‌آور است. اگر فرصتی دست داد سعی کنید در یکی از آن‌ها آب‌تنی کنید. فقط چند سانتی متری در این آب فرو می‌روید. حس شگفتی به شما دست می‌دهد.



نپر سیدی، اما...

بنابر اصل ارشمیدس، نوعی نیروی شناور وجود دارد که رو به بالا بر جسمی وارد می‌آید که در آب قرار می‌گیرد. منشأ این نیرو کجاست؟

اگر تردید دارید که آب فشاری رو به بالا وارد می‌آورد، سعی کنید بادکنکی را در آب وان یا حوض فرو ببرید. نیرو و فشار رو به بالای زیادی را احساس خواهید کرد که در برابر فشار رو به پایین دستان شما بر بادکنک، مقاومت می‌کند.

وقتی ناو هواپیما بر ادمیرال نیمیتس را در آن وان غول‌پیکر به آب انداختیم، سطح آب بالا آمد؛ یعنی این وان گودتر شد. چنان که هر غواصی می‌داند، عمیق‌تر بودن آب به معنای فشار بیشتر است. این افزایش فشار در همه جای

آب داخل وان یا استخر حضور دارد، زیرا آب نمی‌تواند از فشار بکاهد یا نیرویی را جذب کند، به همان روالی که فنر یا یک تکه کیش می‌تواند انجام دهد. آب باید افزایش فشارش را در تمام جهات به هر چیزی که با آن در تماس است، از جمله قسمتی از بدنه‌ی کشتی که در داخل آب است، منتقل کند. تمامی فشارهای افقی شمالی - شرقی - جنوبی - غربی وارد بر بدنه‌ی کشتی یکدیگر را خنثی می‌کنند، و فقط یک نیروی فشاری رو به بالای خنثی نشده باقی می‌ماند. این همان فشاری است که کشتی را در تقابل با نیروی گرانشی به بالا می‌راند (روی آب شناور نگه می‌دارد). زنده باد شناوری!

بله، می‌دانم چه فکری می‌کنید. ناو هواپیمابر در اقیانوس‌ها رفت و آمد می‌کند و نه در وان حمام. آیا گفتم که وقتی نیمیتس به آب افکنده شد سطح اقیانوس بالا آمد؟ قطعاً. آن یکصد هزار تن آب را در سطح کل اقیانوس اطلس پخش کنید، هرچند که سطح آب اقیانوس به میزان بسیار ناچیزی بالا می‌آید، اما بسیار نامحتمل است که املاک پرازش ساحل فلوریدا از این بابت دستخوش سیلاب شوند. با همه‌ی این احوال، این مقدار حجم آبی معادل با حجم قسمت غوطه‌ور شده‌ی بدنه‌ی کشتی تا خط آب است، نیرویی شناور مساوی با وزن آب باز هم روی کشتی عمل می‌کند.

راستی، ارشمیدس در تدوین اصل خودش و اثبات آن، ناو هواپیمابر در اختیار نداشت بلکه چنان که گفته‌اند همه چیز را با استفاده از اندام خودش امتحان کرد. او خزینه‌ی حمام را تا لبه از آب پر کرد، در آن فرو رفت، و پی برد که وزن آبی که سرریز کرد به اندازه‌ی کاهش وزن خودش، نیروی شناوری‌اش، در آب است. در تاریخ واکنش خانم صاحبخانه‌ی او از بابت هدر رفتن این همه آب، ثبت نشده است.

باز هم نپرسیدی، اما...

چرا فقط ایجاد یک سوراخ در بدنه‌ی کشتی در قسمتی که زیر آب است، به

غرق شدن کشتی می‌انجامد؟

آب از آن سوراخ به شدت وارد کشتی می‌شود زیرا تحت فشار است؛ این شدت به عمقی بستگی دارد که آن سوراخ نسبت به سطح آب قرار گرفته است. هرچه سوراخ پایین‌تر باشد، شدت ورود آب به کشتی بیشتر می‌شود. با ورود آب به کشتی، جایگزین هوای هم‌حجمش می‌شود، و به این وسیله وزن کشتی افزایش می‌یابد و به این ترتیب چگالی کل آن هم افزایش پیدا می‌کند. وقتی آب به اندازه‌ی کافی به کشتی وارد شد که وزن آن را اضافه کند بر نیروی شناوری چیره می‌شود، و کشتی را به اعماق آب روانه می‌کند.

ماهیان باید شنا کنند

در حالی که با لوله‌ی تنفسی در آب غواصی می‌کردم، صدفی را که می‌خواستم جمع‌آوری کنم در کف آب دیدم. تلاش کردم در آب فرو روم، فرو بردن بدنم به عمق آب برایم بینهایت دشوار بود. ماهیان در تمام اطرافم در آب شیرجه و فرو می‌رفتند. چرا غواصی برای آنان تا این حد آسان بود؟ آیا آن‌ها چیزی دارند که من ندارم؟

گرفتاری آنجاست که شما چیزی دارید که آن‌ها ندارند: شش‌ها. برای این‌که ماهی، یا هر شیء دیگری، در زیستگاه خودش در آب دریا، دقیقاً در حالت شناوری خنثی و بدون پایین رفتن یا بالا آمدن، در حالت معلق بماند، باید چگالی کل آن دقیقاً با چگالی آب برابر باشد. یعنی، وزن آن دقیقاً مساوی وزن آب دریای هم‌حجمش باشد. اگر وزنش بیشتر باشد، تا ته آب فرو می‌رود. اگر وزنش کمتر باشد، مانند اکثر آدم‌ها، تا سطح آب بالا می‌آید و همان‌جا شناور می‌ماند. البته، کشتی‌ها را با وسواس و دقت تمام طراحی می‌کنند تا به همین وضعیت اخیر برسند.

استخوان و عضله هر دو چگال‌تر از آب دریا هستند، از این رو تقریباً هر جانوری در آب فرو می‌رود مگر این‌که حاوی مقداری ماده‌ی بسیار سبک، مانند کیسه‌ی داخلی گاز باشد تا کل چگالی آن را کاهش دهد و آن اضافه وزن را جبران کند. ما موجودات خشکی شش داریم. و اکثر ماهیان از کیسه‌ی شنا، کیسه‌های کوچک پر از گاز، برخوردارند. اما، کیسه‌های هوای ماهیان فقط حدود پنج درصد حجم کل آن‌هاست، در حالی که شش‌های ما تمامی حفره‌ی سینه‌مان را پر می‌کنند و آن را فرا می‌گیرند. شش‌ها چگالی ما را آنقدر کم می‌کنند که بدن‌مان شناورتر از بسیاری انواع چوب است.

حتی اگر اتفاقاً چگالی یک ماهی از چگالی آب دریا بیشتر باشد، می‌تواند با شنا کردن دائمی و پیوسته از فرو رفتن تا کف دریا پرهیز کند. به همین ترتیب، وقتی دنبال صدف دریایی می‌گردید می‌توانید با تکان دادن شدید کفش‌های غواصی‌تان، خود را به سوی پایین برانید، اما، افسوس! به اندازه‌ی ماهیان در هنر رانش باله‌ها کارگشته نیستید. حتی اگر چنین بود، باز هم مجبور بودید نیروی بیشتری مصرف کنید، زیرا بال‌های آبی بزرگ داخلی شما، به نام شش فشار سنگینی بر شما تحمیل می‌کرد.

نپرسیدی، اما...

اگر چگالی ماهیان برای معلق ماندنش در آب کاملاً مناسب است، وقتی می‌خواهد ارتفاعش را تغییر دهد چگونه بالا و پایین می‌رود؟

البته، همیشه می‌تواند دمش را بچرخاند و تا هر جایی که می‌خواهد برود شنا کند، اما این فقط یک راه حل موقتی است. کاری که واقعاً دوست دارد انجام دهد عبارت است از سازگار کردن بدنش با فشار عمق جدیدی که به آنجا رفته، به گونه‌ای که بتواند نیروی شناوری خنثای خود را حفظ کند و بدون آن که همواره ناگزیر باشد برای بالا یا پایین رفتن تکاپو کند، در جای خودش

باقی بماند. این کار را با تنظیم کیسه های هوای شنایش انجام می دهد. وقتی یک ماهی به آب عمیق تری می رود، فشار بر آن افزایش می یابد زیرا آب بیشتری از بالا بر بدنش فشار وارد می آورد. این فشار بیشتر کیسه ی هوا را فشرده می کند، چگالی ماهی را از مقداری که ماهی دقیقاً نیاز دارد تا معلق بماند، بیشتر می کند. برای این که بدون زحمت و تکاپو در آن عمق بماند، باید کیسه ی هوایش را مجدداً منبسط کند. برعکس، وقتی یک ماهی به نواحی کم عمق تر می رود، باید کیسه ی هوایش را متراکم کند تا بدون شنا کردن در حالت تعلیق خنثی بماند.

معمولاً تصور می شود که ماهی این کار را به دقت انجام می دهد: کیسه های هوایش را منبسط و منقبض کرده تا آن را مطابق با اعماق مختلف آب تنظیم کرده باشد. اما دانشمندان پی برده اند که ماهیان فاقد عضلات مناسب برای انجام این کارند. با کمال شگفتی، آن ها در عوض مقدار گاز اکسیژن موجود در کیسه ی هوای خود را تغییر می دهند. با افزایش یا خارج کردن این گاز از کیسه ی هوا، ماهی می تواند چگالی خود را مجدداً تنظیم کند تا دقیقاً با چگالی آب برابر شود و بدون زحمت و تکاپو و بدون این که مجبور به شنا کردن خیلی زیادی باشد در حالت تعلیق باقی بماند، مستقل از این که فشار آب با اندازه ی کیسه ی هوای او چه کاری کرده باشد.

وقتی ماهی می خواهد در یک عمق بیشتر توقف کند، گاز اضافی مورد نیازش را از کجا تأمین می کند؟ اکسیژن را از جریان خونس برداشت و آن را در داخل کیسه ی هوا پنهان می کند. وقتی می خواهد در عمق کم تری بایستد گاز اضافی را به کجا می فرستد؟ مقداری از این اکسیژن را از کیسه ی هوا برمی گرداند و در جریان خونس جذب می کند. چقدر خلاقانه!

ماهیان بیچاره ای هم هستند که فاقد کیسه های هوایند. این نوع ماهی اندکی از آب دریا چگال ترند و ناگزیرند برای ماندن در ته آب شنا کنند. گورماهیان و برخی گونه های ماهی تُن به محض این که سرعت شنا کردن خود را بکاهند شروع به فرو رفتن می کنند. اما ماهی توربوت فقط یله می دهد و در ته آب می ماند.

به این ترتیب اگر ناگزیر باشید که برای غواصی کار زیادی انجام دهید، از این بابت آسوده خاطر باشید که برخی ماهیان برای این که از پایین رفتن در آب بهره‌مند باید تکاپو کنند و زحمت زیادی بکشند.

آیا ماهیان ممکن است به آزار صندوق (بیماری کیسون^۱) مبتلا شوند؟

شنیده‌ام که ممکن است ماهیان به آزار صندوق مبتلا شوند، درست همان‌طور که غواصان با ماسک اکسیژن وقتی مدتی طولانی در زیر آب می‌مانند، به این بیماری مبتلا می‌شوند. با وجودی که از طرح این پرسش احساس حماقت می‌کنم، اما می‌خواهم بدانم که یک ماهی چه مدت می‌تواند زیر آب بماند، و به این بیماری مبتلا نشود؟

خوشبختانه، پاسخ به این پرسش ضرورتی ندارد، زیرا غواصان – و ماهیان – بر اثر ماندن طولانی مدت در زیر آب به آزار صندوق (بیماری کم شدن فشار) مبتلا نمی‌شوند. غواصان بر اثر بالا آمدن خیلی سریع به این بیماری مبتلا می‌شوند. اما ماهیان در واقع ممکن است به دلایل دیگری به این مرض گرفتار شوند.

وقتی فشار وارد بر اندام غواص ناگهانی کاهش یابد، ممکن است حباب‌های گاز در جریان خون او تشکیل شوند. حداقل چیزی که می‌توان گفت این است که این عارضه به بدن صدمه می‌رساند. و البته چنین اتفاقی برای ماهیان هم می‌تواند بیفتد، اما نه ناشی از شنا کردن ناگهانی رو به بالا. علت این اتفاق تغییر در مشخصه‌های خود آب است.

اکسیژن تا حدودی در آب و سیالات آب‌مانندی چون خون و مایعات موجود در بافت بدن حل می‌شود. البته، این امر برای ماهیان خیلی خوب

۱. bends، نوعی بیماری ناشی از کم شدن ناگهانی فشار.

است زیرا حیات آن‌ها بسته به اکسیژن محلول در آب است. اما نیتروژن، که جزء عمده‌ی تشکیل دهنده‌ی هوا (۷۸ درصد) و برای فرایندهای فیزیولوژیکی بی‌اثر و نامفید است، نیز در آب و خون حل می‌شود. معمولاً، این اتفاق نه برای ماهیان و نه برای آدمی مشکلی به‌وجود نمی‌آورد، زیرا آدمی و ماهیان اکسیژنی را که برای سوخت و ساز نیاز دارند، از طریق شش‌ها و آب‌شش‌ها، برمی‌گیرند و نیتروژن را خارج می‌کنند و دور می‌اندازند. اما اگر به دلیلی هوای محلول در جریان خون ما خیلی زیاد باشد، قادر نخواهیم بود نیتروژن اضافی را با سرعت کافی «از محلول جدا کند»، و در این صورت نیتروژن می‌تواند به صورت حباب‌های گاز گرد آید، و گردش خون را متوقف و بافت‌های موضعی را مسدود کند.

مقدار هوایی که در دمای معینی در آب حل خواهد شد به فشار بستگی دارد: هرچه فشار بیشتر باشد، گاز بیشتری حل خواهد شد. وقتی غواصی در اعماق آب فرو می‌رود، افزایش فشار آب اکسیژن و نیتروژن بیشتری را از طریق شش‌ها به جریان خونس وارد می‌کند.

اکسیژن مشکلی به‌وجود نمی‌آورد زیرا هموگلوبین خون مشتاقانه به آن می‌چسبد و به یاخته‌ها منتقل می‌شود. وظیفه‌ی اکسیژن همین است.

اما وقتی غواص به سطح آب باز می‌گردد و فشار بر بدنش کاهش می‌یابد، بسیار مطلوب خواهد بود اگر نیتروژن محلول اضافی از همان راهی که وارد شده، یعنی از طریق شش‌ها، دفع شود. متأسفانه، این فرایند بسیار کند است. در عوض، وقتی فشار ناگهانی و سریع کاهش یابد، گاز نیتروژن اضافی در خارج از خون به صورت حباب در می‌آید، درست مانند تشکیل حباب‌های کرین دیوکسید در هنگامی که در بطری نوشابه‌ی گازدار را می‌گشایید و فشارش را کم می‌کنید.

البته، راه حل این مشکل برای غواصان از این قرار است که آهسته‌بالا بیایند و به نیتروژن فرصت دهند تا به تدریج، مولکول به مولکول، از جریان خون خارج شود که برای این کار از طریق شش‌ها برانگیخته می‌شود. اگر قرار باشد ماهی از عمق زیادی به سرعت به سوی سطح آب بالا آید،

همین اتفاق برای او نیز خواهد افتاد، با دو تفاوت: اولاً، ماهی به سرعت بالا نمی‌آید؛ و ثانیاً، اتفاق فاحش‌تری می‌افتد - کیسه‌ی هوای ماهی آنقدر منبسط می‌شود که اندام‌های درونی او را مجاله و له می‌کند و باعث مرگش می‌شود. اما گفتیم که ماهی می‌تواند به بیماری آزار صندوق ناشی از حباب‌های نیتروژن مبتلا شود، و حالا دلیلش را باز می‌گوییم.

فرض کنید یک ماهی به نحو مناسبی با محیطش سازگاری یافته و به آن عادت کرده باشد، در آبی مشغول شنا و حرکت باشد که حاوی مقدار معینی هوای محلول است. جریان خونش، خود را با همین مقدار نیتروژن موجود تنظیم می‌کند.

اکنون فرض کنید این ماهی در آبی این سو و آن سو می‌رود که به دلایلی (این دلایل را ذکر خواهیم کرد) حاوی مقدار بیشتری نیتروژن محلول نسبت به مقدار متعارف در آن دما و تحت آن فشار باشد. دیری نمی‌گذرد که خونس نیز همان مقدار نامتعارف نیتروژن محلول را دریافت می‌کند. وضعیت و شرایط مخاطره‌آمیزی پیش می‌آید، زیرا در هر لحظه مقداری از آن نیتروژن اضافی می‌تواند ناگهان به صورت حباب بیرون بپرد و ماهی به آزار صندوق گرفتار شود. ماهی فقط می‌تواند با شیرجه رفتن به اعماق بیشتر خود را از این گرفتاری رها کند؛ در آن عمق بیشتر با افزایش فشار حباب‌ها به داخل خون رانده خواهند شد.

ماهی چگونه خودش را در آبی می‌یابد که حاوی مقدار نامتعارفی نیتروژن است؟ معلوم می‌شود که لازم نیست در مورد فشار یا عمق کاری انجام دهد.

مثلاً، یک ماهی ممکن است در رودخانه‌ای حاوی مقداری نیتروژن محلول تحت فشار جو شنا کند، در هنگامی که اتفاقاً وارد ناحیه‌ای با آب گرم‌تر می‌شود که این آب گرم از کارخانه یا نیروگاهی به رودخانه تخلیه شده است. (نیروگاه‌ها همیشه مقدار زیادی گرمای اتلافی را خارج می‌کنند). علی‌الاصول، آب گرم‌تر باید نیتروژن کم‌تری، و نه بیشتری، داشته باشد زیرا گازها در آب گرم کم‌تر حل می‌شوند تا در آب سرد. اما اگر آبی که از نیروگاه

تخلیه می‌شود فرصت کافی نداشته باشد که مقداری از نیتروژن اضافی‌اش را در هنگامی که گرم شده، از دست بدهد - و یادتان باشد که تطور و تحول نیتروژن فرایندی کند می‌تواند باشد - در این صورت باز هم حامل نیتروژن بیشتری است تا میزان نیتروژن متعارف شرایط متعارف رودخانه. در این حال ماهی بیچاره خودش را در حال شنا کردن در آبی می‌یابد که به نحو ناهنجاری نیتروژن آن زیاد است، و در این وضعیت به بیماری آزار صندوق مبتلا می‌شود. و این هم یکی از راه‌هایی است که نیروگاه‌ها ماهیان را «صرفاً» از طریق تخلیه‌ی آب گرم به داخل رودخانه هلاک می‌کنند.

یک نمونه‌ی دیگر: هرگز یک جفت ماهی قرمز خریداری کرده، به خانه برده، در داخل یک ظرف زیبای پر از آب شیرین انداخته و پس از چندی ملاحظه کرده‌اید که مریض شده و مرده‌اند؟ بسیار خوب، ببینیم برای آن‌ها چه اتفاقی می‌افتد. در آب شیرین مقدار زیادی هوای محلول وجود دارد زیرا سرد است و احتمالاً حتی در بخش تأسیسات هوا به داخل آن تزریق شده است. سپس آن را داخل ظرف ریخته‌اید، که در آنجا به تدریج گرم می‌شود تا دمایش به دمای اتاق برسد. اما هنوز هم بار نیتروژن حالت آب سردش را حفظ می‌کند زیرا، چنان که پیش‌تر گفتیم، خارج کردن نیتروژن اضافی فرایندی بسیار کند است. در این صورت وقتی ماهی را در این آب می‌اندازید هنوز هم حاوی مقدار نامتعارفی نیتروژن است. حاصل کار بیماری آزار صندوق و مرگ ماهی است.

آیا می‌توان برای نیروگاه‌های ماهی‌کش و هزاران ماهی قرمزی که هر روز هلاک می‌شوند، فکری کرد؟ بله، و خیلی هم ساده است. پیش از تخلیه‌ی این آب به درون رودخانه یا ریختن آن داخل ظرف ماهی بگذارید مدتی راکد بماند. راکد ماندن آب امکان گریز نیتروژن اضافی را فراهم می‌آورد، و در این صورت نیتروژن محلول در آب و نیز دما و فشار آن به مقدار مطلوبش می‌رسد، و بنابراین آن فشار و دما برای ماهی هم مناسب خواهد بود.

نپرسیدی، اما...

ماهیان در آب‌های عمیق اقیانوس چگونه اکسیژن مورد نیازشان را دریافت می‌کنند؟ چقدر اکسیژن ممکن است در آن پایین در آن فاصله‌ی دور از جو، یافت شود؟

این اکسیژن فقط از هوای جوّی محلول در آب تأمین نمی‌شود. گیاهان را فراموش نکنید، که کربن دیوکسید می‌گیرند و اکسیژن پس می‌دهند. اقیانوس‌ها حاوی تنوع گسترده‌ای حیات گیاهی است، و اکسیژن گسلیلی از گیاهان مستقیماً در آب حل می‌شود. ماهیان با حرکت همیشگی در آب و عبور حجم عظیمی آب از آبشش‌هایشان می‌توانند مقدار زیادی اکسیژن «فرو بکشند»، حتی اگر اکسیژن در مقادیر بسیار متراکم و غلیظ هم وجود نداشته باشد.

در مناطقی که گیاه به اندازه‌ی کافی یافت نشود که نیازهای تنفسی گیاهان را برآورده کند، این نیاز خود را در جای دیگری تأمین می‌کنند.

دمیدن حباب در هوا

چرا حباب‌های کف صابون می‌گردند؟

موضوع را این‌طور مطرح کنیم: آیا حیرت نمی‌کردید اگر این حباب‌ها مکعبی بودند؟ علت آن است که تمام تجربیات روزمره‌ی ما از کودکی حاکی‌اند که مام طبیعت یکنواختی و یکدستی را ترجیح می‌دهد. اشیای زیادی در طبیعت یافت نمی‌شود که دارای نقاط تیز یا زاویه‌های ناهنجار باشند. استثنای عمده بر این قاعده عبارت است از برخی بلورهای کانی، که به شکل‌های هندسی زیبایی یافت می‌شوند. به همین علت است که افراد اعتقاد دارند بلورها و

اهرام دارای نیروی فراطبیعی اند.

اما این ماورای طبیعت (متافیزیک) است، و نه علم. حباب‌ها کروی‌اند به این علت که نیرویی ربایشی به نام کشش سطحی وجود دارد که بر مولکول‌های آب چنان نیروی کششی وارد می‌آورد که آن‌ها را به محکم‌ترین گروه‌بندی‌های ممکن در می‌آورد. و محکم‌ترین (تنگ‌هم‌ترین) گروه‌بندی ممکن که هر مجموعه ذراتی ممکن است به آن دست یابد عبارت است از توده شدن آن‌ها کنار یکدیگر و تشکیل دادن کره. از تمام شکل‌های ممکن - مکعب‌ها، هرم‌ها، و حجم‌های نامنظم - مساحت سطح جانبی کره از همه کوچک‌تر است.

به محض آن که حبابی را از یک لوله یا یکی از این دستگاه‌های جدیدتر بیرون می‌دهید، کشش سطحی به فیلم نازکی از کف صابون کوچک‌ترین مساحت سطح ممکن را می‌دهد. این فیلم نازک به صورت کره در می‌آید. اگر به نحوی حساب شده مقداری هوا در داخل این ابزار به دام نمی‌افتاد، آب آغشته به صابون (آب صابون) جمع و منقبض و کوچک می‌شد تا به قطره‌ای کروی بدل شود، مانند تشکیل قطره‌ی باران.

اما هوای داخل دستگاه به سوی خارج بر فیلم (پوسته‌ی نازک) آب فشار وارد می‌آورد. تمام گازها بر ظرفی که داخل آن گیر افتاده‌اند فشاری وارد می‌آورند زیرا حاوی مولکول‌هایی‌اند که آزادانه در پروازند و در مسیرشان به همه چیز برخورد می‌کنند. در یک حباب، نیروهای کشش سطحی فیلم (لایه‌ی نازک) آب به سمت داخل دقیقاً با فشار به سمت خارج هوای داخل در وضعیت توازن قرار می‌گیرد. اگر این دو نیرو با هم اختلافی داشته باشند، حباب جمع و کوچک می‌شود تا انبساط می‌یابد تا این‌که دو نیرو مساوی شوند.

آیا هیچ وقت سعی کرده‌اید با دمیدن هوای بیشتر حباب بزرگ‌تری تشکیل دهید؟ این کار فشار هوای داخل را بیشتر می‌کند. تمام کاری که لایه‌ی نازک آب می‌تواند برای برقرار کردن موازنه‌ی افزایش فشار به سوی خارج انجام دهد، عبارت است از منبسط کردن سطح آن، که نیروی تنش سطحی در جهت

داخل را بیشتر می‌کند. به این ترتیب اندازه‌ی آن جمعاً رشد می‌کند. اما در این فرایند باید نازک‌تر هم بشود، زیرا فقط آب خیلی زیادتری به هر سو می‌رود. اگر کماکان به دمیدن هوای بیشتری به درون ادامه دهید، این لایه‌ی نازک (فیلم) دیگر آنقدر ذخیره‌ی آب ندارد که گسترش پیدا کند و سطحش بزرگ‌تر شود، و فاجعه‌ی نهایی رخ می‌دهد: حباب می‌ترکد.

دقیقاً همین اتفاق برای آدامس بادکنکی می‌افتد، با این تفاوت که به جای تنش سطحی به عنوان نیروی رو به داخل و منقبض کننده، خاصیت کشسانی لاستیک (جنس آدامس) در مورد بادکنک آدامسی عمل می‌کند (درست خواندید، لاستیک!) خاصیت کشسانی، مانند کشش سطحی، یعنی «همواره بگذارید که کوچک‌ترین شکل ممکن را به خود بگیرم».

نپرسیدی، اما...

چرا برای حباب درست کردن آب صابون لازم است؟ چرا با آب ساده و خالص نمی‌توانیم حباب بسازیم؟

آب به اعتبار نیروی کشش سطحی رو به داخلش، قهرمان تمام مایعات است. کشش سطحی آن چندان قوی است که کلاً در برابر کشیده شدن به سوی خارج، حتی به صورت شکل سه بعدی کوچک‌ترین مساحت سطح، یعنی کره، مقاومت می‌ورزد. آب می‌داند که می‌تواند مساحت سطح حتی کوچک‌تری هم، صرفاً از طریق تخت شدن و کلاً امتناع از امتداد یافتن در غالب سه بعدی، داشته باشد. به این ترتیب آب خالص حباب‌هایی با هر شکلی نخواهد ساخت - حتی دست‌کم حباب‌هایی که طول عمرشان بیشتر از یک لحظه نباشد.

اثر صابون کاهش دادن کشش سطحی آب است. این ماده کشش سطحی آب را به اندازه‌ای ضعیف می‌کند که «پوسته‌ی» آب بتواند در سه بعد کش

بیاید.

کشش سطحی آب چندان کم است که اصلاً حباب‌هایی تشکیل نمی‌دهد. مانند این است که بخواهیم با آدامس معمولی (و نه آدامس بادکنکی) که عملاً فاقد هرگونه خاصیت کشسانی است، حباب درست کنیم.

ساختن رطوبتی بهتر

آیا تمام مایعات مرطوب‌اند؟

خیر، همه‌ی مایعات مرطوب نیستند. حتی آب هم همیشه تر و خیس نیست. موضوع بستگی به این دارد که چه کسی یا چه چیزی «خیس» باشد. اما، هرگاه موضوع را با یک زبان‌شناس در میان بگذاریم، خواهد گفت که پرسشی احمقانه است. در زبان انگلیسی بین ریشه‌ی واژه‌ی *wet* (تر، خیس، مرطوب) و *water* (آب) چنان رابطه‌ی تنگاتنگی برقرار است که *wet* همیشه به معنای «پوشیده از آب» تلقی می‌شود. بنابر تعریف، «آب»، «تر»، و متضاد تر، خشک است. خشک به معنای «بدون آب» است.

اما زبان رونوشت ناپایدار و بی‌ثبات واقعیت است. علت برقراری رابطه‌ی زبانی بین *water* (آب) و *wetness* (تری، رطوبت) صرفاً این است که وقتی نیاکان اولیه‌ی ما برای توصیف حالت کسی که از رودخانه بیرون می‌آید نیاز به کلمه‌ای پیدا کردند، مایعات دیگر را نمی‌شناختند. رویهمرفته، آب نه تنها مایع بسیار فراوان روی کره‌ی زمین نیست، بلکه فراوان‌ترین ترکیب شیمیایی از هر نوعی است. حتی امروزه، اکثر مردم بر سر نامگذاری دو یا سه مایع دیگر شدیداً به چالش کشیده می‌شوند. البته، چیزهایی مثل خون و شیر به حساب نمی‌آید زیرا جزء مایع آن‌ها باز هم آب است.

اما، مایعات بیشمار دیگری یافت می‌شوند. علی‌الاصول، هر ماده‌ی جامدی می‌تواند بر اثر حرارت ذوب شود و به صورت مایع درآید، و هر

گازی را می‌توان بر اثر سرد کردن از طریق میعان به مایع تبدیل کرد. دقیقاً همین اتفاق می‌افتد که آب در قسمت اعظم گستره‌ی دمایی که در آن گستره حیات هم وجود دارد، به صورت مایع است. البته این امر تصادفی نیست؛ از قرار معلوم حیات در آب آغاز شد، و آب مایع هنوز هم برای تمام شکل‌های حیات نقش اساسی و بنیادی دارد.

با همه‌ی این احوال، چرا این مایع فراگیر و همه جا حاضر تر و مرطوب است؟ چرا وقتی از رودخانه خارج می‌شویم به ما چسبیده است (ما به آن آغشته‌ایم)؟ نیاکان اولیه‌ی ما به این توضیح متمایل بودند: به ما می‌چسبد چون ما را دوست دارد.

هرگاه کمی علمی‌تر به موضوع بنگریم، مولکول‌های آب به موادی می‌چسبند که مولکول‌هایشان شکلی از ربایش و جاذبه به مولکول‌های آب را حفظ می‌کنند. اگر بین مولکول‌های قطره‌ی آب و مولکول‌های سطح پوست بدن ما هیچ ربایش و جاذبه‌ای برقرار نباشد، قطره‌ی آب فقط روی پوست ما می‌غلطد. پس، باید آن نیروهای ربایشی را که ممکن است وجود داشته باشند، پیدا کنیم.

در چند جای دیگر این کتاب، در خصوص قطبی بودن مولکول‌های آب، و این که مانند آهنربا یکدیگر را می‌ربایند (جذب می‌کنند)، صحبت کرده‌ایم. پیوند هیدروژنی^۱ هم مولکول‌های آب را به یکدیگر جذب می‌کند. اگر ماده‌ای بیگانه به این صحنه بیاید که مولکول‌هایش قطبی یا تحت تأثیر پیوند هیدروژنی است، مولکول‌های آب به آن‌ها جذب می‌شوند، گویی که به خود مولکول‌های آب جذب شده باشند. به بیان دیگر، آب آن ماده را تر (مرطوب) می‌کند.

اکثر پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها، از جمله پروتئین‌های پوست ما و سلولز چوب، کاغذ، پنبه، و سایر مواد گیاهی، از مولکول‌هایی با مشخصه‌های مناسبی ساخته شده‌اند به نحوی که مولکول‌های آب مایل‌اند روی آن‌ها جمع شوند. بنابراین، چنین موادی با آب تر می‌شوند. اما، سایر مواد چون مواد

1. hydrogen bonding

چوب و مومی، فاقد یکی از دو مشخصه‌ی مولکولی لازم برای تر شدن با آب هستند.



انجام دهید شمعی را در یک لیوان آب فرو برید؛ خواهید دید که ضرورتاً تر و مرطوب نمی‌شود (یعنی، آب ضرورتاً مرطوب نیست که آن را خیس کند). بسته به این که می‌خواهیم آب به چه ماده‌ای بچسبد، آب گاهی «تر» است و گاهی هم «تر» نیست.

موضوع درباره‌ی مایعات دیگر از چه قرار است؟ آیا همیشه «تر» هستند؟ از رفتار مایعاتی چون الکل غلات، ایزوپروپیل، الکل، بنزن، روغن زیتون، و حتی فلزات سیالی چون جیوه حیرت می‌کنیم. این مایعات، چون آب موادی را خیس می‌کنند که با نیرویی ربایشی به سوی مولکول‌های آن‌ها جذب می‌شوند. تا آنجا که به پوست آدمی ربط پیدا می‌کند، پنج مایع اول از شش مایعی که در بالا برشمردیم می‌توانند با «مولکول‌های پوست» اشتراک کافی پیدا کنند که به آن بچسبند، و این مایعات شما را تر و خیس می‌کنند، اما اتم‌های فلزات با «مولکول‌های پوست» شما وجه اشتراکی ندارند و آن را

خیس نخواهند کرد.

انجام دهید

اگر زمانی پیش بیاید که انگشت خود را در داخل یک ظرف جیوه فرو کنید، متوجه خواهید شد که مثل همان شمعی که در آب فرو بردید، انگشتان خشک خواهد ماند. (با جیوه بازی بازی نکنید. بخارش سمی است.) اما یک قطعه مس یا برنج تمیز به داخل جیوه فرو ببرید به شدت تر خواهد شد، زیرا اتم‌های فلز همگی از نیروی ربایشی مشابهی برخوردارند و گرایش دارند به هم بچسبند. اگر زمانی لحیم‌کاری کرده باشید، می‌دانید که لحیم (فلز) ذوب شده اجزایی فلزی را که می‌خواهید به هم وصل کنید، تر (خیس یا آغشته) می‌کند.

گوشزد

تری (خیسی یا رطوبت) اصطلاحی نسبی است. برخی مایعات از سایر مایعات خیس‌ترند؛ این مایعات پخش و بر سطحی که آن را خیس می‌کنند، آسان‌تر جاری می‌شوند.

عجیب این‌که، آب در مقایسه با مایعات دیگر خیس‌کننده‌ی خیلی خوبی نیست. مثلاً، الکل نسبت به آب خیس‌تر است. علت این امر آن است که مولکول‌های آب چنان قوی به هم می‌چسبند که سایر مولکول‌های مجاور را نادیده می‌گیرند و به آسانی به آن‌ها نمی‌چسبند حتی اگر نوع مناسب و مطلوب ربایش مولکولی را داشته باشند.

انجام دهید

چند قطره آب روی چترتان بپاشید و ملاحظه کنید که روی آن می‌غلطند و از آن جدا می‌شوند، مگر این‌که با مالیدن این قطره با انگشتان روی سطح چتر، آن‌ها را مجبور کنید آن را خیس کنند. در حالی که اگر چند قطره‌ای الکل روی چتر بپاشید آن را کاملاً خیس خواهد کرد.

بعضی مواد یافت می‌شوند که وقتی آن‌ها را به آب اضافه کنند، بهتر خیس می‌کنند. صابون متداول‌ترین این مواد است.

نکته تمام مایعات خیس (تر) نیستند، و حتی آب گاهی خشک است (یعنی موادی خاص را تر نمی‌کند).

جمع اضداد داغ - یخ

یکبار برای همیشه: آیا آب داغ زودتر از آب سرد یخ می‌زند؟ بعضی‌ها سوگند یاد می‌کنند که چنین چیزی درست است. آیا برای این معما پاسخ علمی قطعی وجود دارد؟

متأسفم که بگویم بله و خیر.

این مجادله از اوایل قرن هفدهم، که فرانسس بیکن از اعضای مؤسس فرقه‌ی «آب داغ زود یخ می‌زند» موسوم به 'بچا' شد، به شدت ادامه داشته است.

تنها پاسخ مناسب به این معما از این قرار است که «بستگی دارد». بستگی به این دارد که یخ زدن دقیقاً چگونه باید انجام شود. ممکن است یخ زدن آب شبیه به ساده‌ترین اتفاقات به نظر آید، اما بسیاری عوامل در کارند که می‌توانند بر نتیجه‌ی آن فرایند تأثیر گذارند. چقدر داغ را داغ می‌نامید؟ چقدر سرد را سرد می‌گویید؟ درباره‌ی چه مقدار آب صحبت می‌کنیم؟ مساحت سطح این آب چقدر است؟ در چه نوع ظرفی ریخته شده است؟ چقدر سرد می‌شود؟ و از عبارت «ابتدا یخ می‌زند» منظورمان چیست - آیا پوسته‌ای از یخ بر روی سطح آب، یا یک قالب یخ جامد است؟

حال به حرف‌های دو نفر موافق و مخالف این موضوع گوش فرا دهیم.

مخالف: محال است! آب پیش از یخ زدن باید تا صفر درجه‌ی سلسیوس (۳۲ درجه‌ی فارنهایت) سرد شود. دمای آب داغ خیلی بیشتر از این هاست، بنابراین احتمالاً نمی‌تواند یخ بزند.

موافق: بله، اما وقتی اختلاف دما بین شیء و محیطش بیشتر باشد، آهنگ خارج شدن گرما از آن شیء هم بیشتر است. پس، هر چه شیء داغ‌تر باشد، برحسب درجه در هر دقیقه سریع‌تر سردتر خواهد شد. بنابراین، گرما از آب داغ سریع‌تر خارج می‌شود و این آب سریع‌تر سرد خواهد شد.

مخالف: شاید این‌طور باشد. چه کسی می‌گوید گرما از طریق هدایت به بیرون از جسم خارج می‌شود؟ همرفت و تابش هم در کارند (به صفحات اول کتاب در مورد این دو مفهوم مراجعه کنید). در هر حال، موضوع فقط به این معناست که آب داغ باید در مسابقه‌ی دویدن به سوی صفر درجه‌ی سلسیوس از آب سرد پیشی گیرد. اما هرگز از او سبقت نخواهد گرفت. هرچند هم که آب داغ به همان دمای آب سرد برسد. از آن پس با سرعت یکسانی به سرد شدن ادامه می‌دهند. در بهترین حالت، همزمان یخ خواهند زد.

موافق: این‌طور است؟

مخالف: بله!

در حالی که به نقطه‌ی افول خردمندی رسیده‌ایم، می‌توانیم با بیان این‌که تا اینجا **مخالف** از منطق برخوردار است، درباره‌ی این مباحثه به تأمل بپردازیم. واضح است که تحت شرایط مطلقاً یکسان و کنترل شده، آب داغ هرگز نمی‌تواند سریع‌تر از آب سرد یخ بزند. مسئله از این قرار است که آب داغ و آب سرد ذاتاً تحت شرایط یکسان عمل نمی‌کنند. حتی اگر در ظرف یکسان و دریا هم داشته باشیم که دقیقاً به روش و رویه‌ی یکسانی سرد می‌شوند، چندین عامل وجود دارد که احتمالاً می‌تواند پیروزی را برای آب داغ در این مسابقه فراهم آورد. برخی از آن عوامل را بر می‌شمریم:

- آب داغ سریع‌تر از آب سرد تبخیر می‌شود. اگر در ابتدا مقدار هر دو نوع آب دقیقاً مساوی باشد (که البته، امری اساسی است)، در طول مدتی که

دما به صفر درجه‌ی سلسیوس می‌رسد در ظرف آب داغ، نسبت به ظرف آب سرد، مقدار کم‌تری آب باقی می‌ماند.

اگر فکر می‌کنید که تبخیر می‌تواند فقط اثری جزئی داشته باشد، به این نکته توجه کنید: در دمای معمولی شیر آب گرم و سرد خانگی (به ترتیب، ۶۰ و ۲۴ درجه‌ی سلسیوس)، آب داغ تقریباً هفت بار سریع‌تر از آب سرد تبخیر می‌شود. در یک دوره‌ی زمانی یکی دو ساعتی، ظرف آب داغ می‌تواند با این سرعت تبخیر کلاً تمام شود. البته، در روند سرد شدن این آب، آهنگ تبخیر آن هم به تدریج کاهش می‌یابد. با همه‌ی این احوال، در مسیر افت دما ممکن است مقدار چشمگیری از این آب از بین رفته (تبخیر شده) باشد.

- آب از بسیاری جهات مایعی بسیار نامتعارف و نامعمول است. یکی از این جنبه‌ها عبارت از این است که، مقدار نسبتاً زیادی گرما می‌گیرد که یک درجه دمایش بالا رود. (به زبان تخصصی: ظرفیت گرمایی آب بالاست). برعکس، مقدار زیادی سرمایش لازم است تا یک درجه دمایش پایین‌تر برود (یعنی به ازای کاهش هر درجه از دمایش، مقدار زیادی سرما کسب می‌کند). پس، اگر در ظرف اندکی کم‌تر آب وجود داشته باشد، مقدار بسیار کم‌تری سرما لازم است تا به دمای انجماد (یخ زدن) برسد. به این ترتیب، اگر ظرفی که از ابتدا داغ بوده حتی اندکی از آبش را بر اثر تبخیر از دست داده باشد، کمی زودتر از آب در ظرف دیگر ممکن است به دمای انجماد برسد. یعنی، عملاً می‌تواند در این مسابقه بر آب سرد غلبه کند و قبل از آن به خط پایان برسد. افزون بر این، همین که این آب به نقطه‌ی انجماد می‌رسد، باید مقدار زیادی گرمای اضافی از آن خارج شده باشد تا عملاً به نقطه‌ی انجماد برسد و یخ بزند: به ازای هر گرم هشتاد کالری گرما از دست می‌دهد. در اینجا نیز می‌توان گفت، اندکی کم‌تر بودن آب به این معناست که باید مقدار سرمای بسیار کم‌تری به آن داده شود تا یخ بزند.

- تبخیر فرایندی سرمازا (گرماگیر) است. بنابراین، آب داغی که به سرعت تبخیر می‌شود مقداری سرمایش تبخیری مازاد بر هر فرایند سرمازایی که در هر دو ظرف عمل می‌کند، اضافه خواهد کرد. سرد شدن

سریع تر به معنای یخ زدن سریع تر است.

• آب داغ حاوی هوای حل شده‌ی کم‌تری است تا آب سرد. هر چیزی، از جمله گاز، که در آب حل شود دمای انجماد (نقطه‌ی یخ زدن) آن را پایین می‌آورد. هرچه هوای (یا هر چیز دیگری) محلول در آب بیشتر باشد، دمایی که این آب در آن دما باید سرد شود، تا یخ بزند، پایین‌تر خواهد بود. هرگاه هوای محلول در آب داغ کم‌تر باشد، ناگزیر نیست که به همان مقدار آب سرد دمایش پایین بیاید، در نتیجه زودتر یخ می‌زند.

اما، این برهان و استدلالی که غالباً نقل می‌شود، به اصطلاح بی‌پایه و اعتبار است. پایین‌تر آمدن نقطه‌ی انجماد (یخ زدن) آب ناشی از وجود مقادیری هوای محلول در آن فقط تا دو هزارم درجه مؤثر است. با همه‌ی این احوال (که همیشه هم اما و اگری در کار هست)، بسیاری افراد ادعا می‌کنند وقتی لوله‌های آب در زمستان در خانه‌ای بدون وسایل گرمایشی یخ می‌زنند، این لوله‌های آب گرم‌اند، حاوی آب گرمی که قبلاً و در هنگام روشن بودن وسایل گرمایشی در آن‌ها جریان داشته، که ابتدا یخ می‌زنند.

به این ترتیب، با توجه به همه‌ی جوانب کاملاً ممکن است که تحت برخی شرایط یک سطل آب داغ، که در تابستان در فضای باز قرار گیرد، زودتر از یک سطل آب سرد، در همان مکان و زمان، یخ خواهد زد. می‌شود این ادعای کانادایی‌ها را پذیرفت که می‌گویند بارها شاهد رخ دادن این اتفاق بوده‌اند؛ حتی دانشمندانی که «بهرتر می‌دانند» و حتی سایر شک‌اندیشان می‌توانند آن را باور کنند. بزرگ‌ترین و محتمل‌ترین اثر در این مورد عبارت است از کم شدن مقدار آب بر اثر تبخیر. با این همه، تحقیقات پردامنه هنوز روشن نکرده که چرا کانادایی‌ها سطل آب را در زمستان در فضای آزاد می‌گذارند!

اما باز هم یک موضوع و مسئله‌ی مهم می‌ماند. اولاً، تمامی یک ظرف آب به‌طور یکنواخت سرد نمی‌شود، تا وقتی که دمایش پایین بیاید و به صفر برسد و ناگهان یخ بزند. بسته به شکل و ضخامت ظرف، جنس آن، جریان هوای غالب در محیط، و چندین عامل متغیر دیگر، به‌طور نامنظمی سرد می‌شود. بنابراین، نخستین پوسته‌ی یخ (پوسته‌ی رویی) که در سطح آب

تشکیل می‌شود ممکن است برحسب اتفاق باشد، و معلوم نیست نشانه‌ی یخ زدن بقیه‌ی آب باشد. (نخستین یخی که تشکیل می‌شود همواره در سطح آب شکل می‌گیرد).

ثانیاً، عجیب است اما، آب می‌تواند تا زیر صفر درجه‌ی سلسیوس سرد شود بدون این‌که یخ بزند. آب می‌تواند آبرسد شود، با این حال به صورت یخ بلوری نخواهد شد مگر این‌که انگیزشی خارجی آن را برانگیزد تا به این شکل درآید. ممکن است مولکول‌ها همگی آماده‌ی تشکیل بلور-یخ باشند، اما به انگیزشی نهایی نیاز دارند، شاید به شکل یک ذره‌ی غبار که مولکول‌ها بتوانند گرد آن جمع شوند، یا احتمالاً یک بی‌نظمی روی دیواره‌ی ظرف‌شان. نظر به این عدم قطعیت‌ها، دقیقاً چه وقتی می‌توانیم بگوییم که یک ظرف معین حاوی آب «یخ‌زده» است؟ آن دو سطل آب، بدون وجود خط پایانی با تعریف مشخص دارند مسابقه می‌دهند. با توجه به همه‌ی جوانب، بهترین چیزی که می‌توان گفت از این قرار است که «آب داغ می‌تواند سریع‌تر از آب سرد یخ بزند. گاهی.»

انجام ندهید

اگر وسوسه می‌شوید که هم‌اکنون به آشپزخانه بروید و در ظرف قالب یخ را، یکی با آب داغ و دیگری با آب سرد، پر کنید، و آن‌ها را در فریزر قرار دهید تا ببینید کدام یک زودتر یخ می‌زند، به خودتان زحمت ندهید. متغیرهای مهارناپذیر بسیار زیادی در کارند - متغیرهایی که نمی‌توانید آن‌ها را کنترل کنید. می‌توانید در یک وقت یک نتیجه و در وقت دیگر نتیجه‌ای دیگر بگیرید. این همان مشکلی است که کسانی که می‌گویند «می‌دانم که انجام می‌شود؛ من این کار را می‌کنم»، با آن مواجه‌اند، و دست به هر کاری از یخ زدن آب تا درمان زگیل، می‌زنند. فقط باید چیزی را تجربه کنید که بتواند احتمالاً بر نتیجه تأثیر گذارد. و می‌توانند چندین جنبه‌ی نامنتظره رخ بنمایند، حتی برای آزمایش ظاهراً ساده‌ای چون تشکیل قالب‌های یخ.



کشتی تایتانیک غرق شده، اما کوه یخ کماکان شناور است

چرا کوه‌های یخ و قالب‌های یخ در آب شناورند؟ آیا جامدات عموماً از مایعات سنگین‌تر نیستند؟

عموماً، بله. اما آب یکی از استثناهاست. این پرسش می‌تواند همانقدر بدیهی به نظر برسد که اهمیت مرگ و زندگی. اگر یخ روی آب شناور نمی‌شد، حتی نمی‌توانستیم وجود داشته باشیم که درباره‌ی آن ببیندیشیم.

ببینیم اگر یخ در آب مایع فرو می‌رفت و به ته آن می‌رسید چه اتفاقی می‌افتاد. در دوران پیش از تاریخ، هر وقت هوا آنقدر سرد می‌شد که سطح دریاچه، آبگیر، یا رودخانه یخ بزند، این یخ فوراً به قعر آب فرو می‌رفت. آب و هوای گرم متعاقب آن، یخ را آب نمی‌کرد زیرا تمام آبی که روی این یخ را پوشانده بود، آن را عایق‌بندی می‌کرد. یخبندان بعدی لایه‌ی دیگری را روی یخ ته آب می‌نشاند، و به این ترتیب الی آخر.

به زودی، قسمت اعظم آب روی کره‌ی زمین، جز در نوار مدارگانی

(استوایی) که هرگز در آنجا آب یخ نمی‌زند، از ته آب تا سطح آن همه جا از یخ پوشیده می‌شود، و در فصل‌های گرم مجال کافی پیدا نمی‌شد که این یخ را از بالا تا پایین آب کند. موجودات دریایی اولیه که ما از تکامل و تکوین آنها به‌وجود آمده‌ایم، در آن هنگام هرگز فرصت تکامل یافتن نداشتند. در آن برهه این جهان خاکی نسبتاً عاری از حیات بود.

شناوری آب جامد (یخ) بر روی آب مایع برای همه‌ی ما امری آشناست که آن را واقعاً پدیده‌ای نامتعارف و نامعمول نمی‌شناسیم. وقتی اکثر مایعات دیگر منجمد می‌شوند، شکل جامد حاصل چگال‌تر، یعنی سنگین‌تر، از مایع، در حجم معینی، است. این دقیقاً همان چیزی است که انتظارش را داریم، زیرا در جامدات مولکول‌ها سفت و سخت‌تر تنگ یکدیگر قرار گرفته‌اند تا در مایعاتی که آزادانه جاری‌اند، و از این رو جامدات طبعاً سنگین‌ترند و فرو می‌روند. این کار را با مایعی انجام دهید که در دمایی متعارف جامد است: مثلاً موم پارافین.

انجام دهید

یک تکه موم جامد به مقداری موم ذوب شده اضافه کنید، و ملاحظه کنید که در آن فرو می‌رود. همین نتیجه را با فلزات، روغن‌ها، الکل‌های ذوب شده (مایع) در مقابل جامدات می‌گیرید. اما آزمایش علمی قرار دادن یک قالب یخ در یک لیوان آب را انجام دهید، که نتیجه‌ی عکس را خواهید گرفت. قالب یخ شناور می‌شود.

علت رفتار برعکس آب در رویه‌ی منحصربفردی نهفته است که در آن مولکول‌های آب به صورت یک تکه یخ به هم متصل شده‌اند. بین این مولکول‌های آب پل‌هایی (پیوندهای هیدروژنی) رابطه برقرار می‌کنند. اما بینیم یک پل چه کاری انجام می‌دهد. اهالی بروکلین می‌گویند که پل بروکلین، بروکلین را به منهتن وصل می‌کند، اما اهالی منهتن اصرار می‌ورزند که این پل بروکلین را از منهتن جدا می‌کند. بسیار خوب، به یک معنی حق با هر دو گروه است، و به معنای واقعی کلمه این همان کاری است که پیوندهای هیدروژنی در مورد مولکول‌های آب در یخ انجام می‌دهند: مولکول‌ها را به هم پیوند

می دهند، اما آن ها را در فاصله ای معین هم از یکدیگر نگه می دارند. به این ترتیب، مولکول های آب، به جای این که مانند مولکول های سایر جامدات محکم و سفت و سخت کنار هم قرار گیرند، نوعی مشبک کاری گشوده را تشکیل می دهند. این مولکول ها اکنون در یخ نسبت به وقتی مایع بودند فاصله ی بیشتری از یکدیگر دارند، از این روست که یخ جای بیشتری می گیرد. وزن معینی از آب وقتی به یخ تبدیل می شود، فضایی حدود ۹ درصد بیشتر را نسبت به حالت مایع اشغال می کند.

انجام دهید

در جایی فریزرتان به یخ نگاه کنید. پی خواهید برد که قالب های یخ برآمدگی های کوچکی دارند. این یخ ها، در حین یخ زدن باید منبسط شوند، و جداره ها و کف ظرف (جایی) آن ها را محدود می کند، تنها جهتی که می توانند پیش بروند، همان جهت رو به بالاست.

اگر آب در حال یخ زدن را چنان محدود کنند که نتواند منبسط شود، در این راه محکم ترین ظرف ها را متلاشی خواهد کرد. به این علت است که لوله ی آب یا موتور اتومبیل در هنگامی که آب داخل آن یخ می زند، ترک می خورد.

در لحظه ی یخ زدن، همه ی پل های یخ در آن واحد تشکیل نمی شوند. همین که سرد کردن آب و کم کردن دمای آن را از دمای اتاق آغاز می کنیم، مثل همه ی مایعات دیگر هرچه چگال تر می شود، حرکت مولکول ها کند می شود و دیگر نیازی به فضای حرکت زیاد نخواهد داشت. اکثر مایعات دیگر هم تا وقتی منجمد می شوند، چگال و چگال تر خواهند شد، و چگالی جامد بیشترین مقدار است. اما در مورد آب چنین چیزی مصداق ندارد.

آب فقط تا یک جایی چگال تر (سنگین تر) می شود. وقتی آن را سرد می کنند تا دمایش به $3/98$ (بگیریم 4) درجه ی سلسیوس ($39/14$ درجه ی فارنهایت) می رسد، شیوه ی رفتار دیگری را در پیش می گیرد: هرچه سرد ترش می کنید، چگالی اش کمتر می شود. علت این امر آن است که بعضی

از آن پل‌ها شروع به تشکیل شدن می‌کنند. سرانجام، در دمای صفر درجه‌ی سلسیوس، تمامی پل‌های باقی مانده به‌طور ناگهانی جا می‌افتند، آب یخ می‌زند، و چگالی ناگهان به کم‌ترین مقدار خود افت می‌کند. به همین علت است که یخ روی آب، با هر دمایی که داشته باشد، شناور می‌ماند.

این واقعیت که آب در دمایی حدود ۴ درجه‌ی سلسیوس حداکثر چگالی را دارد، متضمن پیامدهای پراهمیتی برای موجودات زنده است. وقتی سطح آب شیرین یک دریاچه در هوای سرد، سرد می‌شود، آب سطح آن چگال‌تر می‌شود و به ته دریاچه فرو می‌رود. آب جدیدی جای آن را می‌گیرد، آن هم سرد می‌شود و فرو می‌رود. این جریان ادامه می‌یابد تا این‌که تمام آب دریاچه فرصت بیابد به حداکثر چگالی خود، در ۴ درجه‌ی سلسیوس، برسد و به ته دریاچه فرو رود. فقط در آن موقع دمای سطح آب می‌تواند تا چهار درجه‌ی دیگر افت کند و به صفر درجه‌ی سلسیوس برسد.

در این هنگام یک لایه‌ی سطحی از یخ روی دریاچه تشکیل می‌شود، و آنگاه، تمام آب دریاچه در دمای چهار درجه‌ی سانتیگراد است. مستقل از این‌که هوا چقدر سرد شود، هر آبی که دامایش از چهار درجه‌ی سلسیوس پایین‌تر شود در آن می‌ماند (زیرا سبک‌تر است)، و ماهیانی که زیر این لایه هستند هرگز از آن سردتر نمی‌شوند تا یخ بزنند.

این هم دلیل دیگری برای این است که چگونه ویژگی‌های آب عامل امکان پدیداری حیات بر کره‌ی زمین بشمار می‌آیند.

گوشزد

در توده‌های واقعی آب شیرین، نوسان‌های دما، وزش باد، جریان‌های آب، و سایر پدیده‌های ترکیبی، این استدلال‌های بسامان درباره‌ی لایه‌های منظم دمای آب را بر هم می‌زنند. اما اگر همه چیز همین‌طور باقی بماند (از زمین و زمان دم برنیاید)، اصولی که در بالا برشمردیم، بر جریان امور حاکم خواهند بود. اما، در اقیانوس‌ها (و دریاها) اوضاع و احوال اندکی متفاوت است. آب دریا، به علت نمکی که دارد، در ۴ درجه‌ی سلسیوس دارای حداکثر چگالی

نیست. با افت دمایش، چگال‌تر می‌شود و به اعماق فرو می‌رود، و این روند ادامه می‌یابد تا به دمای انجماد (یخ زدن) افت کند. به خاطر این‌که یخ روی سطح اقیانوس تشکیل شود، ابتدا باید تمامی آب به نقطه‌ی یخ زدن (انجماد) برسد. این اتفاق فقط در خلال یک زمستان طولانی و شدید در حوالی جنوبگان یا شمالگان می‌افتد.

تکته یک آبگیر آب شیرین با لایه‌ای یخ بر روی سطح آن به من نشان دهید، آنگاه من دمای آب ته آبگیر را بدون کمک گرفتن از دماسنج به شما خواهم گفت.

در سطح

آب چگونه «سطح یا تراز خودش را می‌یابد»؟ منظورم این است که یک قسمت از آب چگونه به تراز سایر بخش‌هایش، مستقل از فاصله‌ای که با آن‌ها داشته باشد، پی می‌برد؟

برای این کار به نیروهای ماورای طبیعی نیازی نیست؛ فقط نیروی گرانش در کار است.

«آب سطح و تراز خودش را می‌کاود و جستجو می‌کند» تکیه کلامی است که احتمالاً هزاران سال پیش بر زبان یکی از فیلسوفان یونانی جاری شده است، و مردم تا حالا طوطی‌وار آن را تکرار کرده‌اند. در زبان ساده و بی‌پیرایه، این عبارت به این معناست که آب هرگاه بتواند، تخت و همجوار قرار می‌گیرد.

اگر توده‌ای آب، در هر جایی از یک سطل گرفته تا وان حمام تا اقیانوس، ناآشفته و نامخلط بماند، به سرعت در یک سطح کاملاً تخت مستقر می‌شود، مستقل از این‌که در آغاز چقدر مواج بوده است. این توده‌ی آب تراز میانگینی را با دقت ریاضی پیدا می‌کند، همان متوسط‌گیری فراز و فرودها با همان دقتی

که هر گروهی از نقشه‌برداران با عبورهای نصف‌النهار می‌توانند انجام دهند. اما یک «شیب» به راستی چگونه می‌داند که باید فرود آید، و یک «فرود» چگونه می‌فهمد که باید بالا برود؟

همه‌ی این اتفاق‌ها به این علت می‌افتند که آب (مانند سایر مایعات) تراکم‌ناپذیر است. نمی‌توانید یک مایع را مجبور کنید که با چپیدنش فضای کوچکی را اشغال کند، که همین کار را می‌توانید با گازها انجام دهید. علت این امر آن است که مولکول‌های مایعات خودشان حتی‌الامکان به یکدیگر نزدیک‌اند، و هیچ مقدار فشاری (تا آنجا که معقول باشد) آن‌ها را نمی‌تواند به هم نزدیک‌تر کند.

هر اتفاقی که برای فشار دادن (هل دادن) بیفتد، برای کشیدن هم خواهد افتاد. فرض کنید که «پشته یا تپه یا شیب» بر سطح آب تشکیل شود. نیروی گرانش سعی می‌کند آن را به پایین بکشد، اما مولکول‌هایش را نمی‌توان از طریق توده کردن‌شان روی هم، مجبور کرد بیشتر به هم فشرده شوند؛ تمام کاری که می‌تواند انجام دهند این است که به اطراف و به صورت منطقه‌ی کم ارتفاع‌تری پخش شوند. در نتیجه این شیب (یا تپه‌ی آب) ناپدید و زایل و یک دره (فرورفتگی) هم پر شده است.

البته، گرانش نیز نیرویی رو به پایین بر آب فرورفتگی وارد می‌آورد (آن را به پایین می‌کشد)، اما این فرورفتگی تا آنجا که می‌تواند گود می‌شود. به منظور این که این فرورفتگی خودش را هرچه گودتر کند باید آب فرورفته شده را به جای دیگری بفرستد: به برآمدگی (تپه یا سربالایی). و البته، این حرکت برخلاف جهت نیروی گرانش صورت می‌گیرد.

اگر مولکول‌های تپه‌ی خاکی می‌توانستند به آسانی مولکول‌های آب از کنار هم عبور کنند، رفتار این تپه به جای تپه‌ی آب بهتر عمل می‌کرد. تپه‌ای شنی حالتی بینابین است؛ دانه‌های شن آن می‌توانند تا حدودی جاری شوند، از این رو تپه‌ی شنی خیلی مرتفع می‌شود تا «سطح و تراز خودش» را، درست مثل آب، پیدا کند. هرچند که هرگز به آن ارتفاعی که می‌خواهد نمی‌رسد. آب شباهت بیشتری به تپه‌ای از تپله دارد تا به تپه‌ای شنی.



بسیار خوب، همه‌ی این‌ها را خوب می‌دانستید. در اینجا یک کاربرد حقیقتاً شگفت‌انگیز همان اصول در پیش روی مان است: آب‌نما. تا حالا حتماً آب‌نما دیده‌اید. بر سطح خارجی یک دیگ آب گرم یا هر ظرف آب شفاف دیگری یک لوله‌ی شیشه‌ای عمودی قرار می‌دهند، که به آب داخل دیگ وصل است. نمی‌توانید سطح آب را در داخل دیگ مشاهده کنید، اما می‌توانید ارتفاع آن را تشخیص دهید زیرا دقیقاً در همان سطحی است که آب در لوله‌ی شیشه‌ای داخلی قرار گرفته است. آب داخل لوله‌ی شیشه‌ای چگونه می‌فهمد که تراز آب داخل دیگ کجاست؟

حالا، اگر آب داخل دیگ موقتاً بالاتر از سطح آب لوله‌ی شیشه‌ای باشد، خودش سطح و تراز آب را با لوله یکسان می‌کند، درست به همان گونه که «تپه‌ی خاکی یا تپه‌ای» انجام می‌داد و در سطرهای پیشین از آن یاد کردیم. هرچند که در این مورد، «تپه‌ی» آب اضافی دره (گودی یا فرورفتگی) در اختیار ندارد که به داخل آن روان شود؛ هیچ جایی ندارد جز این که داخل لوله‌ی شیشه‌ای بریزد. نتیجه چه خواهد شد؟ سطح آب لوله بالا می‌رود و سطح آب در دیگ پایین می‌آید. این جریان آب وقتی متوقف می‌شود که

سطح آب در هر دو ظرف یکسان شود. همین اتفاق در جهت دیگری هم می‌افتد: موقعی که سطح آب در لوله‌ی شیشه‌ای موقتاً بالاتر از سطح داخل دیگ باشد. در هر دو صورت، دقیقاً به سطح یکسانی می‌رسند.

انجام دهید

آیا در آشپزخانه‌ی خود یکی از آن دستگاه‌های جداساز آبگوشت با فنجان پلاستیکی دارید که مانند آب‌پاش‌های کوچکی به نظر می‌رسند؟ نوعی از آن‌ها که امکان می‌دهند آب آبگوشت از کف تخلیه شود، لایه‌ی چربی را در بالا نگه می‌دارند؟ این مدل جانشین بزرگی برای یک دیگ آب گرم و آب‌نماست. مقداری آب در آن بریزید و مشاهده کنید که مستقل از این که سطح آب در داخل فنجان («دیگ آب گرم») کجاست و این که چقدر آن را کج کرده‌اید، آب دقیقاً در همان سطحی قرار می‌گیرد که در لوله‌ی (یا ناودان) شفاف (یعنی، «همان آب‌نما»).

آشپزی عالی واقعی

چرا تخم مرغی که در نیویورک سیتی می‌پزد، زودتر سفت می‌شود تا در مکزیکوسیتی؟

این تفاوت به تخم مرغ ربطی پیدا نمی‌کند. هرچه هست به آب مربوط می‌شود. اما آن چیزی نیست که فکر می‌کنید.

آبی که در نیویورک جوش می‌آید کمی داغ‌تر از آبی است که در مکزیکوسیتی می‌جوشد. و آب داغ‌تر تخم مرغ را در مدت کوتاه‌تری در وضعیت پخته قرار خواهد داد.

با اندکی تأمل پی می‌بریم که بزرگ‌ترین تفاوت بین نیویورک و مکزیکوسیتی، جدا از مشکلات نسبی یافتن یک ساندویچ گوشت گاو نمک‌سود در شهر اخیر، ارتفاع این دو شهر است. میانگین ارتفاع مکان اجاق

خوراک‌پزی در مکزیکوسیتی ۱۸۶ متر از میانگین ارتفاع مکان اجاق خوراک‌پزی در نیویورک بالاتر است. و هرچه ارتفاع بیشتر باشد، دمای جوش پایین‌تر خواهد بود.

این دمای جوش چقدر کم‌تر است؟ اگر آب خالص در ۱۰۰ درجه‌ی سلسیوس (۲۱۲ درجه‌ی فارنهایت) در نیویورک به جوش آید (ممکن هم هست چنین نباشد؛ به چند صفحه‌ی بعد رجوع کنید)، در مکزیکوسیتی در ۹۳ درجه‌ی سلسیوس (۱۹۹ درجه‌ی فارنهایت) خواهد جوشید. تفاوت زیادی نیست، اما آن تخم مرغی که در نیویورک در سه دقیقه می‌پزد، قطعاً در مکزیکوسیتی مدت بیشتری برای پختن لازم دارد.

همین که پی بردید جوشیدن عبارت از چه چیزی است، توضیح علت این امر آسان می‌شود: مولکول‌های آب به اندازه‌ی کافی انرژی دریافت می‌کنند که از برادران خود در آن ظرف دور شوند، سپس به صورت حباب‌هایی که بالا می‌آیند گرد یکدیگر جمع می‌شوند، و سرانجام به صورت بخار در هوا به پرواز در می‌آیند.

مولکول‌های آب، برای این‌که از کمند ظرف خود بگریزند باید انرژی کافی داشته باشند - یعنی، باید در دمایی به اندازه‌ی کافی بالا باشند - تا بر دو نیروی جداگانه چیره شوند: (الف) باید از آن چسبندگی دور شوند که آن‌ها را در مایع کنار یکدیگر نگه می‌دارد، و (ب) باید بر فشاری غلبه کنند که جو بر سطح آب وارد می‌آورد. این فشار ناشی از مولکول‌های هواست که پیوسته سطح آب را شبیه به بارش تگرگ بمباران می‌کند.

مجموع کلی آن برخوردها از طریق آب به هر مولکول درونی آن منتقل می‌شود. مولکول‌ها در سطح می‌توانند از سطح بجهند و در فضاها عظیم بین مولکول‌های هوا به پرواز درآیند، اما مولکول‌های درون آب باید بر این فشار کلی غلبه کنند تا بتوانند از سطح بگریزند و جهش کنند و به پرواز درآیند.

چسبندگی مولکول‌های آب مایع به یکدیگر نیز البته به همین ترتیب است. اما فشار جو ماجرای دیگری است. در مکزیکوسیتی، چگالی هوا فقط

۷۶ درصد چگالی هوا در سطح دریاست. یعنی این‌که فقط حدود سه چهارم کل مولکول‌های هوا در هر ثانیه سطح آب را در آنجا بمباران می‌کنند. بنابراین، مولکول‌های آب قادرند راه خود را به زور به سوی بالا بگشایند و به جوش آیند بدون این‌که ناگزیر باشند انرژی زیادی مصرف کنند؛ یعنی، بدون آن‌که ناچار باشند خیلی داغ شوند.

یک حالت افراطی: بلندترین نقطه‌ی کوه‌ی زمین قله‌ی اورست با ارتفاع ۸۸۴۸ متر از سطح دریاست. در این ارتفاع، فشار جو‌ی فقط ۳۱ درصد فشار جو‌ی در سطح دریاست، و دمای جوشیدن آب ۷۰ درجه‌ی سلسیوس (۱۵۸ درجه‌ی فارنهایت) است. این دما چندان زیاد نیست که همه چیز را بپزد. مهم هم نیست که شما وقتی به آن سختی به آن قله صعود کرده‌اید، چقدر گرسنه باشید.

نپر سیدی، اما...

آیا همه‌ی این‌ها به این معناست که اگر فشار روی آب را به‌طور مصنوعی زیاد کنیم، می‌توانیم آب جوش داغ‌تری تهیه کنیم (یعنی، نقطه‌ی جوش یا دمای جوش آب را بالاتر ببریم)؟

البته، این دقیقاً همان کاری است که دیگ زودپز انجام می‌دهد. سرپوش درزبندی شده‌ای را با فقط یک سوراخ کوچک برای خروج بخار روی یک دیگ زودپز می‌گذاریم. سپس وزنه‌ای را روی آن سوراخ می‌گذاریم تا مقدار معین و حساب شده‌ای از فشار بخار را در داخل دیگ نگه دارد، و اجازه ندهد که بخار آزادانه از دیگ خارج شود. یا اگر هم بتوانیم از نوعی تنظیم‌کننده‌ی فشار برای آن استفاده کنیم تا فشار را روی مقداری از پیش تعیین شده ثابت نگه دارد. فشار «جو» در داخل دیگ به این ترتیب در مقدار بالاتری حفظ می‌شود.

در فشار دیگ زودپز معمولی که ۰/۷۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع بالاتر از فشار جوّی متعارف است، دمای جوش – و بنابراین دمای بخار داخل آن – ۱۱۵ درجه‌ی سلسیوس (۲۴۰ درجه‌ی فارنهایت) است. این دما به اندازه‌ی کافی زیاد است تا هر غذای دیرپزی، مانند گوشت و سبزیجات و حبوبات، را در مدت کوتاهی بپزد و آماده‌ی خوردن کند. افزون بر این‌ها، فضای داخل دیگ زودپز از بخار آکنده می‌شود، که این بخار رسانای گرمای بسیار بهتری است تا هوا. به این ترتیب، هر گرمایی در هر جای این دیگ به نحو کارآمدتری به غذا هدایت می‌شود تا این‌که فضای خالی از مواد غذایی در دیگ‌های معمولی که پر از هواست. این امر هم به پختن سریع‌تر غذا کمک می‌کند.

قوری در توفان

اگر دمای جوش آب، به علت تغییر فشار جوّی در ارتفاعات مختلف، به ارتفاع بستگی دارد، آیا به وضعیت آب و هوا بستگی ندارد؟ بنا بر گزارش‌های هواشناسی، فشار جوّی همواره در حال تغییر است، حتی در یک مکان واحد.

حق با شماست. اما آب و هوا فقط تأثیر اندکی بر دمای جوش آب می‌گذارد. وقتی مردم در همه جا می‌گویند که آب در سطح دریا در ۱۰۰ درجه‌ی سلسیوس (۲۱۲ درجه‌ی فارنهایت) می‌جوشد، چندان دقیق صحبت نمی‌کنند. در تعریف متعارف و استاندارد دمای جوش آب خالص ذکری از سطح دریا نمی‌شود. این دما بر حسب فشار جوّی خاصی تعریف می‌شود: ۷۶۰ میلی‌متر جیوه، که مقداری متداول، اما نه چندان تضمین شده، برای مکان‌هایی است که ارتفاع‌شان هم‌تراز سطح دریاست. هر کسی که همیشه به وضع آب و هوا در تلویزیون توجه می‌کند، می‌داند که فشار هوا با تغییرات

اقلیمی (آب و هوایی) تغییر می‌کند، چه در کنار دریا و چه در جایی دیگر. از این رو دمای آب جوش در واقع به این بستگی دارد که چه شرایط آب و هوایی در آن زمان معین پیش می‌آید.

دانشمندان، کاملاً به دلخواه، ۷۶۰ میلی‌متر جیوه را به عنوان فشار متعارفی برگزیده‌اند که به آن اتمسفر می‌گویند. (رقم ۲۹/۹۲ اینچ جیوه با این ظاهر عجیب‌اش، صرفاً حاصل تبدیل میلی‌متر به اینچ است: هر اینچ عبارت است از ۲۵/۴ میلی‌متر.) دمای جوش در آن فشار استاندارد را دمای جوش متعارف یا نقطه‌ی جوش متعارف می‌گویند. ۱۰۰ درجه‌ی سلسیوس (۲۱۲ درجه‌ی فارنهایت) واقعی همین است.

در حالی که دانستن این حقایق ممکن است جالب باشند، اثر فشار جو‌ی بر دمای جوش آب چندان زیاد نیست که نگران‌کننده باشد. حتی اگر مشغول دم کردن چای باشید در حالی که در مرکز یک گردباد نشسته‌اید، که در آنجا فشار به ۷۱۰ میلی‌متر جیوه افت می‌کند (پایین‌ترین فشاری که در جهان ثبت شده ۶۵۸ میلی‌متر جیوه است)، دمای جوش فقط تا ۹۸ درجه‌ی سلسیوس (۲۰۸ درجه‌ی فارنهایت) افت می‌کند. این‌که بدانیم این چای باز هم به اندازه‌ی کافی داغ است، موجب آرامش خاطر خواهد بود.

راه رفتن روی لبه‌ی... آب

حد نصاب سرعت دویدن آدمی حدود ۳۷ کیلومتر بر ساعت است. اما در مورد پاتیناژ (اسکیت روی یخ) این سرعت به بیش از ۵۰ کیلومتر در ساعت می‌رسد. آشکار است که، لغزیدن روی یخ باید سرعت انسان را افزایش دهد. اما چرا یخ چنین سطح لغزنده‌ی خوبی است؟ چه چیزی آن را لغزان می‌کند؟

در واقع، یخ جامد خودش لغزنده نیست. لایه‌ی نازکی از آب مایع روی سطح

آن وجود دارد که اسکیت‌بازان روی آن می‌لغزند و سُرمی‌خورند. جامدات به‌طور کلی لغزنده نیستند زیرا مولکول‌های سطح آن‌ها محکم به یکدیگر پیوند خورده‌اند و نمی‌توانند مانند ساچمه‌های بلبرینگ روی هم بلغزند. از سوی دیگر، مولکول‌های مایعات آزادانه به هر سو حرکت می‌کنند، از این رو مایعات عموماً نسبت به جامدات لغزنده‌ترند. اندکی آب روی یک سطح کاشی یا بتن می‌تواند آن را به عاملی حادثه‌خیز تبدیل کند که وکلای مدافع برای اخذ غرامت موکلان لیز خورده‌ی خود آن را در خواب می‌بینند.

اما چیزی که دانشمندان نمی‌توانند کاملاً بر سر آن به توافق برسند دقیقاً آن چیزی است که این لایه‌ی نازک (فیلم) مایع را روی سطح یخ ایجاد می‌کند. آشکار است که، این فیلم باید از یک ذوب شدن جزئی ناشی شود، اما چه چیزی یخ را آب می‌کند؟ بر سر دو توضیح - ذوب ناشی از فشار و ذوب ناشی از اصطکاک - در خلال بیش از یکصد سال دانشمندانی که در تلاش بوده‌اند این پدیده‌ی معمول و روزمره‌ی ساده را توضیح دهند.

اردوگاه موافق ذوب ناشی از فشار ابراز می‌دارند که فشار تیغی کفش پاتیناژ بر روی یخ (یا اسکی روی برف) است که عامل این ذوب شدن بشمار می‌آید. تردیدی نیست که اگر فشاری بر یخ وارد آورید ذوب خواهد شد زیرا یخ جامد حجم بیشتری را نسبت به آب مایع اشغال می‌کند، و اگر روی یک تکه یخ فشار کافی وارد آورید، می‌توانید آن را ناگزیر کنید که فرو بپاشد و به حجم کوچک‌تری، یعنی آب مایع، تبدیل شود. وزن یک پاتیناژ باز، در حالی که روی ناحیه‌ی کوچکی به اندازه‌ی تیغی کفش پاتیناژ متمرکز شده باشد، می‌تواند به فشار هزاران کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع تبدیل شود. هرچند که، مسئله از این قرار است که حتی این فشار شدید چندان کفایت نمی‌کند که مقدار ضروری ذوب شدن برای تأمین سرعت بالا را تأمین کند، بخصوص وقتی یخ خیلی سرد باشد، زیرا موقعی است که مولکول‌هایش با استحکام زیادی در نظم جامدشان مستقر شده‌اند.

اما لحظه‌ای تأمل کنیم. با مالش دو جامد به یکدیگر، حتی اگر کفش پاتیناژ

و تکه‌ای یخ باشند، اصطکاک پدید می‌آورد، و اصطکاک هم تولید گرما می‌کند. بنا بر نظر اردوگاه معتقد به ذوب ناشی از اصطکاک، این گرمای اصطکاکی (مالشی) برای پدید آوردن یک رشته‌ی مایع پیوسته در حین عبور کفش پاتیناژ یا اسکی بر روی یخ یا برف کافی خواهد بود.

ظاهراً بهترین شواهد موجود در تأیید دیدگاه ذوب بر اثر اصطکاک، با ذوبی ناشی از فشار در دماهایی همراه‌اند که خیلی از نقطه‌ی انجماد پایین‌تر نباشند.

انجام دهید

یک قالب یخ را، با استفاده از حوله‌ای که برای جلوگیری از آب شدنش به دور آن می‌پیچید، از جایخی یخچال یا از یک ظرف پر از قالب‌های یخ، بردارید. با کشیدن انگشت بر سطح یخ، آن را به آرامی لمس کنید. خیلی سفت و سخت آن را مالش ندهید. پی خواهید برد که یخ اصلاً لغزنده نیست تا وقتی که گرمای بدن تان و گرمای مالش فرصت گرم کردن سطح یخ و ذوب کردن اندکی از آن را پیدا کرده باشد.

آگاهی شیلنگ

شاید خاطره‌ی نیاکان‌مان از انسان غارنشین باشد، اما ظاهراً همه‌ی ما به طور شهودی می‌دانیم که آب آتش را خاموش می‌کند، و هرگز هم در این باره شک روانی داریم. بسیار خوب، چرا آب آتش را خاموش می‌کند؟

پیش از این‌که جلو برویم، به یک نکته خوب توجه کنیم: آب را هرگز نباید برای خاموش کردن آتش ابزار برقی یا نفت و روغن به کار گرفت. دلایل آن از این قرارند: آب رسانای الکتریسیته است و می‌تواند الکتریسیته را به همه جا منتقل کند، حتی تا بدن خود ما که می‌خواهیم آتش را خاموش کنیم. و چون آب با نفت و روغن مخلوط نمی‌شود، فقط آن‌ها را، به همراه آتش به اطراف

پخش می‌کند و گسترش می‌دهد.

سه عامل برای دوام و بقای آتش لازم است: سوخت، اکسیژن، و – دست‌کم در ابتدا – دمای کافی برای گیراندن سوخت و آغاز کردن واکنش احتراق. پس از آن، این واکنش گرمایی بیشتر از آن تولید می‌کند که برای حفظ تداوم آتش کافی باشد.

آشکار است که، نخستین کاری که باید انجام شود، دور کردن سوخت (ماده‌ی سوختنی) است. اگر چیزی برای سوختن نباشد، آتشی وجود نخواهد داشت، اما آب نمی‌تواند این کار را انجام دهد، از این رو به دو عامل اساسی دیگر حمله می‌کند: اکسیژن و دما. ریختن مقداری آب از یک سطل یا جریان آب شیلنگ می‌تواند آتش را مانند انداختن یک پتو روی آن خفه کند، که این کار را صرفاً با جلوگیری از رسیدن هوا انجام می‌دهد. لایه‌ی نازکی آب، حتی به مدتی کوتاه، می‌تواند این وظیفه را به خوبی انجام دهد. هوا که نباشد، اکسیژنی وجود ندارد، و آتشی هم در کار نخواهد بود.

آب می‌تواند دمای ماده‌ی در حال سوختن را هم پایین آورد. هر ماده‌ی آتشگیر (قابل اشتعال) دارای حداقل دمایی است که بیش از این که سوختن آغاز شود، باید به آن دما (ی اشتعال) برسد. اگر آب این ماده را خنک کند و دمایش را به پایین‌تر از این دما برساند، چه بهتر! دیگر سوختنی در کار نخواهد بود. حتی دمای آب داغ خیلی پایین‌تر از دمایی است که اشیا در آن دما می‌سوزند.

سیل و رگبار آب ضروری نیست. آب آب‌پاش می‌تواند آتش را خاموش کند، هرچند که مقدار زیادی اکسیژن در بین قطره‌هایش در دسترس قرار می‌دهد. از این رو با پایین آوردن دما کار خودش را انجام می‌دهد. به یاد بیاورید که وقتی از کنار چمن‌هایی می‌گذرید که دارند با آب‌پاش‌های مخصوص آبیاری می‌شوند، چقدر خنک است.

آب‌پاش دما را به دو طریق پایین می‌آورد. اولاً، آب به صورت قطره‌های ریز به سرعت تبخیر می‌شود، و تبخیر هم فرایندی سرمازا است. ثانیاً، آب از خصوصیتی برخوردار است که آن را نسبت به مایعات دیگر برای خاموش

کردن آتش بسیار مناسب‌تر می‌کند: آب موجود شکمویی است که گرما را می‌بلعد. آب اشتهای سرشاری برای بلعیدن گرما دارد. نیم لیتر آب ۲۵۲ کالری گرما را جذب می‌کند و بعد یک درجه‌ی فارنهایت دمایش بالا می‌رود. آیا مقدار زیادی است؟ البته، آن را با مقدار گرمایی مقایسه کنید که نیم کیلو از بسیاری اجسام دیگر می‌گیرند تا دمایشان یک درجه‌ی فارنهایت بالا رود: جیوه فقط ۸/۳ کالری گرما نیاز دارد؛ بنزن، ۶۳ کالری؛ سنگ گرانیت، ۴۸ کالری؛ چوب، ۱۰۶ کالری؛ و روغن زیتون ۱۱۸ کالری.

نتیجه می‌گیریم که جزء کوچکی آب می‌تواند مقدار زیادی گرمای آتش را به خود بگیرد پیش از این‌که بجوشد و مقدمات تبدیلیش به بخار فراهم آید. بنابراین، آب خنک‌کننده‌ی بسیار مؤثری است. به این علت است که آن را در سامانه‌ی خنک‌کننده‌ی موتور اتومبیل به کار می‌گیرند. البته، ارزان بودن آن هم از مزیت‌هایش به حساب می‌آید.

نرسیدی، اما...

چرا چیزهای خیس نمی‌سوزند؟

همان‌طور که گفتیم، آب یکی از جذب‌کننده‌های بی‌رقیب گرماست، بدون این‌که در این فرایند خیلی داغ شود. وقتی شعله را به یک جسم خیس می‌گیرید، آب گرما را مانند اسفنج در خود فرو می‌برد، و از این‌که خود آن جسم آنقدر داغ شود که آتش بگیرد، جلوگیری می‌کند.

انجام دهید

این کار تعجب شما را بر می‌انگیزد. مقدار کمی آب در یک لیوان کاغذی بریزید که جنس کاغذ آن واکس نخورده (و لیوان اسفنجی هم) نباشد و آن را چنان قرار دهید که بتوانید زیرش یک شمع روشن کنید. یک شمع روشن را زیر این لیوان بگذارید. لیوان نمی‌سوزد، بلکه پس از مدتی آب داخل آن به اندازه‌ی کافی داغ می‌شود و به

جوش می آید، در حالی که گرما را به همان سرعتی که شمع به کاغذ داده، از کاغذ جذب کرده است. حتی وقتی آب جوش می آید، هرگز داغ تر از ۱۰۰ درجه‌ی سلسیوس نمی‌شود، که به هیچ وجه آنقدر نیست که به دمای اشتعال کاغذ نزدیک باشد. گرمای شمع صرف جوشیدن آب می‌شود، نه این که به مصرف گرم کردن کاغذ برسد.

چرا کافه‌ها پر سروصدایند؟

چرا وقتی قالب‌های یخ را داخل نوشابه می‌اندازیم صدای بامب می‌دهد، ترک بر می‌دارد و صدای تق شکستن و صدای ترق تروق می‌دهد؟

اگر باگوشی زبان‌شناختی گوش فرا دهید، پی می‌برید که یخ عملاً صدای بامب نمی‌دهد، که این صدا حاکی از خالی بودن خاصی است. بلکه صدای تق شکستن، و گاهگاهی، صدای ترق تروق می‌دهد.

اولاً، صدای تق شکستن. وقتی یک قالب یخ سرد را داخل مایع گرم‌تر می‌اندازید، این مایع بخش‌هایی از قالب یخ را گرم می‌کند، که گرایش دارد آن بخش‌ها را اندکی منبسط کند. این انبساط تنشی بر بلور یخ وارد می‌آورد، زیرا یخ دارای ساختار بسیار صلبی است و نمی‌تواند صرفاً به‌طور کاتوره‌ای در اینجا و آنجا انبساط یابد. تنها راهی که بلور می‌تواند این تنش را تخفیف دهد این است که ترک بردارد. و این همان صدای تق شکستن است که شما می‌شنوید.

مرحله‌ی بعد، صدای ترق تروق، که شبیه به یک رشته انفجارهای کوچک سریع است. و دقیقاً هم همین‌طور است. مگر آن که قطعه‌های یخ را از آب جوشیده درست کرده باشید، که مقداری هوای محلول در آب در آن وجود دارد که در ظرف یخ شما راه یافته است - یا، اگر یکی از آن خوشبخت‌ترین انسان‌ها باشید، یخ را در یخساز خودکار (اتوماتیک) درست کرده باشید. در این حالت، همین که آب یخ زد، دیگر در ساختار صلب و جامدی که همان یخ

باشد، جایی برای هوا نمی‌ماند، از این رو هوا ناگزیر می‌شود به صورت حباب‌های کوچک و منزوی ته‌نشین شوند. این حباب‌ها همان عاملی‌اند که یخ را به جای این‌که بلور شفاف باشند، به رنگ دودی در می‌آورند. اکنون آن قالب یخ پراز حباب را به داخل یک نوشابه بیندازید. آب [بدون نوشابه] بی‌وقفه به ذوب کردن از سطح قالب یخ می‌پردازد، و آن را هرچه عمیق‌تر می‌خورد. همچنان‌که پیش می‌رود، به یک حباب هوا برمی‌خورد. اما وقتی آن حباب تشکیل شد، هوای سرد داخل جایی یا فریزر بود. اما اکنون با پیشروی آب گرم می‌شود، و می‌خواهد انبساط یابد تا این‌که دیواره‌ی یخ محبوس‌کننده‌ی آن چندان نازک شود که بشکند. وقتی این شکستن صورت گیرد، صدای شکستگی در می‌آید! حباب منفجر می‌شود و به بیرون از یخ راه پیدا می‌کند. هزاران انفجار کوچک از این دست، در تمام سطوح یخ اتفاق می‌افتند، که سروصدای شکستن و ترک برداشتن خفیفی از آن در می‌آید. صدای ترق تروق کوه‌های یخ یخچال‌ها در هنگام حرکت‌شان به سوی آب‌های گرم جنوب را خدمه‌ی زیردریایی‌هایی که در اطراف جنوبگان حرکت می‌کنند، به وضوح می‌شنوند.

انجام دهید

مقداری آب را چند دقیقه بجوشانید تا قسمت عمده‌ی آب محلول در آن خارج شود. سپس بگذارید سرد شود، و آن را در ظرف مخصوص قالب‌های یخ در یخچال یا فریزر، بریزید، و آن را منجمد کنید. پی‌خواهید برد که در قالب‌های یخ حباب‌های چندان‌ی وجود ندارد. (یکی از آن‌ها را با یک قالب یخ معمولی با نکه داشتن‌شان در مقابل نور آفتاب، مقایسه کنید.) وقتی که یخ‌های حاصل از آب جوشیده را به داخل نوشابه می‌اندازید ممکن است صدای شکستگی به گوش برسد، اما زیاد ترک بر نمی‌دارند.

... و این است راه ورسم دنیا

به بیشتر از یکصد رویداد و اتفاق روزمره نگاهی مشکافانه انداخته‌ایم و عوامل پدیدآوری این اتفاق‌ها را هم از نظر گذارنده‌ایم. اما علم به راستی همین است؟ پرسشگری درباره‌ی هر یک از این اتفاق‌ها و یافتن توضیحی منحصر بفرد برای آن، فقط برای این‌که به پرسش بعدی، و بعدی برسیم؟ اصلاً، چنین نیست.

اصولی کلی وجود دارند که شالوده‌ی وضعیت‌هایی که پیرامون آن‌ها بحث کرده‌ایم را تشکیل می‌دهند و بین آن‌ها ارتباط برقرار می‌کنند. این ارجاع میان متنی گسترده نشان می‌دهد که میان بسیاری از پرسش‌های ما واقعاً چگونه ارتباط درونی برقرار است. اگر نخست اصول کلی را توضیح می‌دادم و سپس نشان می‌دادم که آن‌ها چگونه بر جنبه‌های گوناگون زندگی روزمره‌ی ما اعمال می‌شوند، هم روندی منطقی‌تر و هم کارآمدتر را می‌پیمودم. اما در آن صورت ما دیگر با یک کتاب پرسش و پاسخ سروکار نداشتیم؛ آنگاه یک کتاب درسی در برابر چشم‌مان گشوده می‌شد. و این آن چیزی نبود که می‌خواستید.

با همه‌ی این احوال، آن اصول کلی و عمومی وجود دارند؛ دانشمندان آن‌ها را نظریه می‌نامند. وقتی یک نظریه را به تمامی آزموده و آن را از همه‌ی مراحل با موفقیت گذارنده باشیم، به مرتبه‌ی بلند قانون طبیعت ترفیع پیدا می‌کند. قانون طبیعت صرفاً راه باشکوه بیان این نکته است که، «دنیا به این رویه کار می‌کند. ممکن است ندانیم که چرا؛ راه و رسم آن چنین است، اما چه بخواهیم چه نخواهیم، روال کار جهان به این منوال است.»

قانون گرانش نیوتون به گوش‌تان رسیده است و شاید هم درباره‌ی قوانین

حرکت او چیزهایی شنیده باشید. اما ممکن است از سه قانون ترمودینامیک، قوانین پرتوانی که بر تغییرات انرژی حاکم‌اند، چیزی نشنیده باشید. و هیچ چیزی هم، هیچ چیزی، بدون تغییر در انرژی اتفاق نمی‌افتد.

علم موفق شده است بسیاری از سایر توضیحات کلی را از شیوه‌ی رویدادها ارائه دهد. واپسین فصل این کتاب با یاری جستن از این اصول کلی به برخی پرسش‌های بنیادی درباره‌ی انرژی، گرانش، جرم، مغناطیس، و تابش پاسخ می‌دهد؛ از دیدن در تاریکی تا دیدن از طریق سرب (از پشت پرده‌ی سربی). در این رهگذر، پنهانی و زیرجلکی کمی هم برای سامانه‌ی متری مقیاس‌ها تبلیغ خواهیم کرد.

این فصل، و این کتاب، با پرسشی ظاهراً کودکانه، اما بسیار ژرف و بنیادی پایان می‌پذیرد: «چه چیزی است که باعث می‌شود اتفاقات بیفتند یا نیفتند؟» قانون دوم ترمودینامیک پاسخ این پرسش را می‌دهد.

گرم‌تر از نور

نمی‌دانم تابش فروسرخ چیست. چگونه می‌توان با استفاده از آن در تاریکی دید؟ گاهی آن را «نور» و گاهی هم «گرما» می‌نامند. کدامیک از این‌هاست؟

به معنای دقیق کلمه، هیچکدام. نور نیست چون نمی‌توانیم آن را ببینیم، و گرما هم نیست زیرا حاوی ماده‌ای نیست که بتواند داغ شود. دوست دارم به آن «گرمای گذرا» بگویم. خواهیم دید که چرا این نام را به آن می‌دهم.

تابش فروسرخ چیزی نیست مگر قطعه‌ای معین از تنوع گسترده‌ی تابش‌های الکترومغناطیسی که خورشید رگباری از آن را بر ما می‌تاباند. تابش‌های الکترومغناطیسی امواج انرژی‌اند، که با سرعت نور در فضا حرکت می‌کنند. این تابش‌ها که انرژی خالص هستند، از به اصطلاح تابش‌هایی متمایز

تشکیل می شوند که عملاً جریان های ذرات ریزند، مانند برخی تابش ها که مواد پرتوزا (رادیواکتیو) گسیل می کنند.

تفاوت تابش های الکترومغناطیسی از یکدیگر فقط در انرژی آن ها است. کم انرژی ترین تابش ها امواج رادیویی اند و پُر انرژی ترین تابش ها پرتوهای گاما نام دارند. مابین این دو نوع تابش (به سوی انرژی بیشتر) میکروموج ها، تابش فرو سرخ، نور مرئی، پرتوهای فرابنفش، و پرتوهای ایکس را می یابیم. پرتوهای گاما عمدتاً از مواد پرتوزا گسیل می شوند. خودمان باید امواج رادیویی، میکروموج ها و پرتوهای ایکس را تولید کنیم. بقیه ی این طیف - این گستره ی انرژی های تابش الکترومغناطیسی - را خورشید کهن به فراوانی تقسیم می کند.

به منظور مشاهده کردن تابش های الکترومغناطیسی، باید ابزار مناسب آن را، هماهنگ با میزان دقیق انرژی تابشی ای که می خواهیم ثبت کنیم، در اختیار داشته باشیم. برای جزء بسیار کوچک معینی از طیف نور خورشید، ابزار شگفت انگیزی به نام چشم آدمی در اختیار داریم. جای تعجب نیست که، جزئی از این طیف که این ابزار نسبت به آن حساس است نور مرئی نامیده می شود. برای امواج رادیویی و میکروموج ها، به آنتن هایی نیاز داریم که آن ها را گرد آورند و مدارهایی الکتریکی احتیاج داریم که آن ها را به چیزی تبدیل کنند تا بتوانیم به چشم ببینیم و به گوش بشنویم. برای پرتوهای ایکس و گاما، به ابزاری چون شمارگرهای گایگر و سایر وسایلی نیازمندیم که فیزیکدانان هسته ای از آن ها استفاده می کنند.

تابش فرو سرخ (یعنی، از لحاظ انرژی «زیر طول موج های قرمز») خارج از ناحیه ی انرژی ای است که چشم آدمی می تواند آن را آشکار سازی کند، به این علت است که نمی توانیم آن را به درستی نور بنامیم. باید تابش فرو سرخ را از راه تأثیرش بر اشیاء آشکار سازی کنیم. و تأثیر عمده اش عبارت است از توانایی آن در گرم کردن اجسام.

تابش ها با انرژی های گوناگون در برخورد با ماده، وقتی که به سطح هر ماده ای فرو د می آیند، آثار متفاوتی بر جای می گذارند. به طور کلی، سه امکان

وجود دارد: تابش بتواند واجهده، بتواند جذب شود، یا بتواند مستقیماً از ماده عبور کند.

نور مرئی از اکثر مواد و امی جهد (باز می تابده)، در حالی که پرتوهای ایکس عموماً مستقیماً از ماده عبور می کنند. اما تابش فرو سرخ دقیقاً مقداری انرژی دارد که مولکول های مواد بسیار متنوعی بتوانند آن را جذب کنند. وقتی یک مولکول انرژی جذب می کند، البته پرا انرژی تر می شود. جست و خیز می کند، به دور خود می چرخد، اتم هایش را می جنبانده و به هم می زند، و به نحو آشفته ای بیشتر از پیش به هر سو حرکت می کند. از این رو یک مولکول پرا انرژی مولکولی داغ است.

به این ترتیب وقتی تابش فرو سرخ بر چیزی فرود می آید (می تابده)، آن را گرم تر می کند. این تابش خودش «گرم» نیست تا وقتی که به نوعی ماده برسد و به آن جذب شود. به این علت است که آن را «گرمای گذار یا در حال گذر» می نامیم.

به احتمال زیاد از دو کاربرد متداول تابش فرو سرخ اطلاع دارید: لامپ های گرمایی و عکاسی فرو سرخ.

لامپ های گرمایی را در رستوران ها و برای گرم نگه داشتن غذا پس از کشیدن آن در آشپزخانه به داخل بشقاب و آوردنش بر سر میز که ممکن است مدت درازی طول بکشد، به کار می گیرند، این لامپ ها را چنان طراحی می کنند که قسمت اعظم «نور» شان را در ناحیه ی فرو سرخ طیف منتشر کنند، هر چند که قسمتی از آن هم به شکل نور سرخ مرئی انتشار پیدا می کند.

عکاسی فرو سرخ - عکاسی «در تاریکی»، به معنی بدون نور مرئی - بر پایه ی این واقعیت استوار است که در حالی که اشیای گرم گرمای خود را از دست می دهند، مقداری از این گرما را به شکل تابش فرو سرخ گسیل می کنند. این تابش را می توان روی فیلم های عکاسی خاص یا به وسیله ی پرده های سفارسانی آشکار سازی کرد. به این ترتیب، اشیای گرم مرئی می شوند.

آدمی خودش گرم، و یک شیء فرو سرخ گسیلنده است و غالباً هدف وسیله های جاسوسی دیدن در تاریکی است که این وسیله ها بر پایه ی همین

اصول گفته شده کار می‌کنند.

لئیس، آن بلوز سرب‌اندودت را دور نینداز

چرا سوپرمن با دید مجهز به پرتو ایکس اش نمی‌تواند از پشت پرده‌ی سربی ببیند؟

اگر تلاش کند، می‌تواند. ماجرا دقیقاً از این قرار است که مخترعانش، جری سیگل و جو شاستر، به او گفتند می‌تواند از پس هر چیزی ببیند جز سرب، و او مانند هر شخصیت خوب کارتونی، وفادارانه از خالقانش پیروی و اطاعت کرد.

ظاهراً ایده‌ی سیگل و شاستر بر این پایه استوار بوده است که پرتوهای ایکس نمی‌تواند در سرب نفوذ کند. در غیر این صورت (باز هم بنا بر این استدلال)، چرا کارورزان موسسه‌های عکسبرداری با پرتو ایکس در هنگام عکس گرفتن در پس دیوار سرب‌اندود پنهان می‌شوند؟ چرا دندانپزشکان در هنگام عکس گرفتن از دندان بیمارشان، آن‌ها را در پیش‌بند سربی می‌پوشانند؟

در تمامی حوزه‌ی تحقیقات و فناوری هسته‌ای در واقع از سرب به عنوان سپر و پوشش در برابر تابش سود می‌جویند. اما حقیقت این است که در سرب اصلاً هیچ چیز خاصی وجود ندارد. از سرب فقط به این علت در این امور بهره می‌گیرند که از سایر مواد ارزان‌تر است.

پرتوهای ایکس فقط یک نوع تابش الکترومغناطیسی است، انرژی خالصی که فضا را با سرعت نور می‌پیماید. سایر انواع تابش الکترومغناطیسی که در بیرون از موسسه‌ی رادیولوژی بیشتر با آن آشناییم عبارت‌اند از خود نور مرئی، میکروموج‌هایی که برای پخت غذا به کار می‌گیریم (اجاق‌های میکروویو)، و امواج رادیویی که تمامی برنامه‌های رادیویی و تلویزیونی را به

گوش و نظر ما می‌رسانند.

تمامی این امواج انرژی در حالی که منتقل می‌شوند و پیش می‌روند، به بالا، پایین و این سو و آن سو ارتعاش می‌کنند. در واقع، انرژی آن‌ها از این ارتعاش‌ها تشکیل می‌شود: بسامد بالاتر ارتعاش - یعنی ارتعاش‌های بیشتری در هر ثانیه - به معنای انرژی تابشی بیشتر است.

امواج انرژی را به ترتیب افزایش انرژی به این ترتیب رده‌بندی می‌کنند: رادیویی AM، رادیویی موج کوتاه، تلویزیونی و رادیویی FM، رادار، میکروموج‌ها (برای آدمی، هم مرئی و هم نامرئی)، پرتوهای ایکس، و پرتوهای گاما، که این پرتوهای آخری را مواد پرتوزاگسیل می‌کنند.

باید انتظار داشته باشید که پرتوهای ایکس، با چنین انرژی زیادی، تابش‌های بسیار پرنفوذی‌اند. این پرتوها مانند گلوله‌ای که از ژله رد می‌شود، از گوشت بدن می‌گذرند. استخوان‌ها به اندازه‌ای سد راه آن‌ها می‌شوند که عکس نقاط آسیب دیده را بر فیلم عکاسی بیندازند. هرچند که موضوع نامطلوب این است که پرتوهای ایکس، مانند پرتوهای گاما، تابش‌های یوننده‌اند. یعنی، در حالی که از لابلای اتم‌های گوشت، استخوان، یا هر چیز دیگری بر سر راه‌شان، عبور می‌کنند الکترون‌های آن‌ها را بیرون می‌کشند.

و بدون این‌که وارد جزئیات شویم، اجازه دهید بگوییم اتم‌هایی که بدون دست‌پُری از الکترون‌ها بازی می‌کنند، به بیان استعاری، در بازی شیمیایی حیات، عرصه را واگذار خواهند کرد. می‌توانند شیمی (یعنی، ترکیب شیمیایی) بدن ما را به نحو شگفت و زیانباری آشفته و گسیخته کنند. به این دلیل است که می‌خواهیم خودمان را از نفوذ تأثیر پرتوهای ایکس و سایر تابش‌های یوننده، مانند تابش‌ها و پرتوهای ناشی از مواد پرتوزا، حفاظت کنیم.

پس، برای متوقف کردن پرتوهای ایکس از چه چیزی باید استفاده کنیم؟ از هر چیزی که تعداد زیادی اتم با تعداد بسیار زیادی الکترون داشته باشد که با این پرتوها برخورد کنند، زیرا هر بار که یک باریکه از پرتوهای ایکس یک الکترون را از یک اتم بیرون می‌اندازد، مقداری از انرژی‌اش را به آن می‌دهد.

به این ترتیب، هر چه اتم‌های با الکترون‌های پرتعداد را بتوانیم بر سر راه این پرتو قرار دهیم، این پرتوها زود انرژی خود را از دست می‌دهند و متوقف می‌شوند. پس، بهترین متوقف کننده‌ی پرتو ایکس آن ماده‌ای است که بیشترین تعداد الکترون‌ها در هر اتم را داشته و به چگال‌ترین وضعی تنگ یکدیگر قرار گرفته باشند؛ و نیز از بیشترین تعداد اتم‌ها در هر سانتی‌متر مکعب برخوردار باشد.

اورانیم برای این کار بهترین ماده بشمار می‌آید. هر اتم این عنصر نود و دو الکترون دارد و نوزده بار چگال‌تر (سنگین‌تر) از آب است. طلا هم بسیار خوب است: در هر اتم هفتاد و نه الکترون و اندکی چگال‌تر از اورانیم. و پلاتین در مرتبه‌ی بعدی قرار دارد: هفتاد و هشت الکترون در هر اتم و بیست و یکبار چگال‌تر از آب. اما، متأسفانه این مواد همگی بسیار گران‌اند و چه کسی است که می‌خواهد با پنهان شدن در پس دیواره‌ای از اورانیم پرتوزا، از آسیب‌های پرتوهای ایکس بگریزد؟

و همه‌ی این‌ها منحصر می‌شوند به این‌که چند الکترون در هر سانتی‌متر مکعب می‌توان به ازای یک دلار خریداری کرد. سرب بهتر از هر ماده‌ی دیگری با این میزان هزینه جفت و جور می‌شود. هر اتم سرب هشتاد و دو الکترون دارد، $11/35$ بار چگال‌تر از آب است، و می‌شود پنج کیلو از آن را با یک دلار خریداری کرد.

(از این بابت حیرت خواهید کرد که، در هر $16/4$ سانتی‌متر مکعب سرب $10^{25} \times 4$ الکترون، یعنی عدد چهار و بیست و پنج صفر جلوی آن، وجود دارد.)

اما بخشی از پرتوهای ایکس همیشه از یک ورق سربی یا هر چیز دیگری مثل آن، مستقل از این‌که چه ضخامتی داشته باشد، عبور می‌کند و رد می‌شود. موضوع دقیقاً این است که هر چه این لایه ضخیم‌تر باشد، پرتو کم‌تری از آن عبور می‌کند. در حوزه‌ی نظر، باریکه‌ای از پرتوهای ایکس را هر ضخامتی از هر ماده‌ای، هرگز نمی‌تواند متوقف کند، فقط می‌توان میزان این باریکه را تا ترازای کاهش داد که نسبتاً بی‌زیان باشد.

البته، می‌توانید از متوقف کننده‌های پرتو ایکس ارزان‌تر از سرب، هرچند نامؤثرتر، بهره‌گیرید، فقط به تعداد بیشتری از آن نیاز دارید. مثلاً، یک دیوار بتنی ضخیم همان کاری را انجام می‌دهد که یک ورق نسبتاً نازک سرب، هرچند که بتن، در شرایط ضخامت مساوی با سرب، اصلاً به خوبی سرب پرتوهای ایکس را جذب نمی‌کند. اگر برای حفاظت و پوشش‌گذاری جای زیادی در اختیار داشته باشید، حتی می‌توانید از ارزان‌ترین ماده، یعنی آب، بهره‌گیرید. آب که در هر مولکول فقط ده الکترون دارد، اگر به مقدار کافی بین شما و چشمه‌ی پرتو ایکس حایل باشد، از خطر مصون‌تان نگه خواهد داشت.

سرد و خنک مثل یک... شلغم سوئدی

چرا خیار «خنک است مثل خیار»؟ هم در کتاب‌های آشپزی و هم در یک نشریه‌ی مربوط به غذا و مواد غذایی خوانده‌ام که خیار همیشه حدود یازده درجه‌ی سلسیوس (بیست درجه‌ی فارنهایت) از محیط اطرافش خنک‌تر است. ماجر از چه قرار است؟

اگر خیار همیشه حدود یازده درجه سردتر از پیرامونش باشد، بیاید یک خیار را داخل بشکه‌ای قرار دهید که تعدادی خیار در آن قرار دارد و آنگاه ملاحظه کنید که چه اتفاقی می‌افتد. آیا با هم به جنگ می‌پردازند، و هر یک تلاش می‌کند یازده درجه از خیار مجاورش خنک‌تر باشد؟ آیا هیچ وقت مقدار زیادی خیار دیده‌اید که بدون هیچ دلیل ظاهری یخ می‌بندد؟

یا، در این مورد چه اتفاقی می‌افتد: اگر خیارها همیشه حدود یازده درجه‌ی سلسیوس (بیست درجه‌ی فارنهایت) از اطراف‌شان خنک‌ترند، بیاید جعبه‌ی بزرگی از خیارها بسازیم و تمام نوشابه‌های خود را در آن بگذاریم و به این ترتیب آن‌ها را تا درجه‌ی مطبوعی خنک کنیم تا به حدود ۱۳

درجه‌ی سلسیوس (۵۵ درجه‌ی فارنهایت) برسند. و چرا در این دما متوقف می‌شود؟ حالا جعبه‌ی کوچک‌تری از خیار بسازیم و آن را داخل آن جعبه‌ی اولی بگذاریم، به این وسیله دما را بیست درجه‌ی فارنهایت دیگر پایین می‌آوریم و دمای نوشابه‌ی خود را به به سی و پنج درجه‌ی فارنهایت (۱/۶ درجه‌ی سلسیوس) می‌رسانیم. و دیگر برای خنک کردن آن به یخ نیازی نیست، زیرا با یک جعبه‌ی خیار دیگر دما را تا نقطه‌ی یخ زدن پایین می‌آوریم. با جعبه‌های تودرتو به تعداد کافی، می‌توانیم یخچالی بسازیم که خود جهنم هم در آن یخ بزند. و این‌ها بدون نیاز به زدن پریزی به برق انجام خواهد شد. ما در اینجا فقط از بنیادی‌ترین قانون فیزیک تخطی کرده‌ایم: قانون اول ترمودینامیک، که آن را با عنوان آشناتر قانون بقای (پایستگی) انرژی می‌شناسیم. در این مورد ما ماده‌ای در اختیار داریم – بدنه‌ی خیار – که پیوسته باید انرژی گرمایی را در محیط پیرامونش تخلیه کند. این تنها راهی است که یک جسم به آن وسیله می‌تواند خنک بماند: با بیرون راندن همیشگی بر گرمایی غلبه کند که باید به‌طور طبیعی از اشیای مجاور به داخلش جاری شود. از آنجا که گرما انرژی است، جسم خیار عملاً منبع تمام نشدنی انرژی است. بدون نیاز به دریافت انرژی. هیچ نیازی به سوزاندن ذغال سنگ و نفت، یا درگیر شدن با مشکلات انرژی هسته‌ای، برای تولید انرژی، وجود ندارد. عجب، می‌توانیم با استفاده از انرژی خیار برق تولید کنیم، اتومبیل‌هایمان را بدون تولید آلودگی برانیم، صحراها را آبیاری کنیم تا خیارهای بیشتری بکاریم و برداشت کنیم! عجب، می‌توانیم...

تنها چیزی که نمی‌توانیم انجام دهیم عبارت است از گنج‌اندین مطالب احمقانه در کتاب‌ها. و البته، کل عدد ساخته شده بیست درجه‌ی فارنهایت نابجا و بی‌معناست. خود به خود خنک شدن خیار – یا خنک شدن خود به خود هر چیز دیگری – به سادگی نمی‌تواند تحقق یابد. هیچ چیزی نمی‌تواند برای همیشه حتی اندکی اختلاف دما – سردتر یا داغ‌تر – را نسبت به محیط پیرامونش نگه دارد، مگر آن که از جای دیگری به آن انرژی بدهیم یا از آن به جای دیگری انرژی بدهیم. به این دلیل است که باید و سایل آشپزخانه‌ی خود

را به برق وصل کنیم؛ انرژی الکتریکی را که از نیروگاه می‌گیریم، مصرف می‌کنیم تا انرژی گرمایی را به یخچال خود بدهیم و انرژی گرمایی را به اجاق‌های برقی پخت خود بدهیم.

اما ممکن است بگویید خیاری را که در یخچال نبوده بر پیشانی خود نهاده‌اید و آن را واقعاً سرد حس کرده‌اید. قطعاً همین طور است. اما علت این امر آن است که این خیار از پوست سی و هفت درجه‌ای شما خنک‌تر است و نه این‌که از دمای بیست و یکی دو درجه‌ای اتاق هم خنک‌تر باشد.



انجام دهید

یک خیار را که در یخچال نبوده (سرد نشده) و یک سیب زمینی را چندین ساعت در یک جا بگذارید بمانند. آن‌ها را نصف کنید و قسمت بریده شده را روی پیشانی خود قرار دهید. آن‌ها را به‌طور مساوی خنک می‌یابید. با فرو کردن یک تب‌سنج (دماسنج بدن) در هر کدام، عملاً ثابت کنید که دمای هر دو یکسان است.

جز در مورد تغییرات ناشی از چیزهایی چون جریان‌های هوا و آفتابی که از پنجره به داخل می‌تابد، دمای همه‌ی اشیای داخل اتاق یکسان‌اند. اگر ترموستات (تنظیم‌کننده‌ی دمای) اتاق را روی ۳۷ درجه‌ی سلسیوس (۹۸/۶

درجه‌ی فارنهایت) میزان نکرده باشید، همگی آن‌ها در قیاس با پوست‌تان خنک‌ترند.

وقتی دو جسم با هم تماس پیدا می‌کنند، گرما به‌طور خود به خود از جسم گرم‌تر به جسم خنک‌تر جاری می‌شود. از این رو هرگاه خیار – یا هر شیء دیگری هم دمای اتاق – مقداری از گرمای پیشانی‌تان را که به سختی کسب کرده‌اید، در خود فرو بکشد، آن از دست رفتن گرما را به صورت سرما حس می‌کنید.

البته، به بیان علمی چیزی به عنوان سردی وجود ندارد؛ فقط درجه‌های گوناگون گرما وجود دارد. کلمات «خنک» و «سرد» فقط به خاطر سهولت زبانی به کار می‌روند. و عبارت «خنک مثل خیار» هم به همین ترتیب است. شاید خیلی بیشتر مایه‌ی تفریح باشد که بگوییم «خنک مثل شغلم سوئدی».

نکته خیار اصلاً از سیب زمینی خنک‌تر نیست.

به راستی اینشتین چکار کرد؟

می‌دانم که معادله‌ی اینشتین، $E = mc^2$ ، فوق‌العاده مهم است، و بمب اتمی هم بر شالوده‌ی این معادله ساخته شد. اما این معادله برای ما مردم معمولی چه معنایی دارد؟

صادقانه، چندان چیزی از آن نمی‌فهمیم. اما این هم نیست که بگوییم یکی از حیاتی‌ترین و سرنوشت‌سازترین ادراک و دریافت‌هایی بوده که به ذهن بشر راه یافته است. هرچند که این مفهوم درباره‌ی چیزهایی است که هر روز مقابل چشمان و زیر بینی ما اتفاق می‌افتد، بسیار کوچک‌تر از آن هستند که توجه‌مان را برانگیزند، که از طریق آن بمباران (هیروشیما و ناکازاکی) به یادش بیفتیم، که قطعاً یکی از مؤثرترین ابزار یادآوری در تمام دوران بشمار می‌آید.

این نامبردارترین معادله را آلبرت اینشتین نخستین بار در سال ۱۹۰۵ به منزله‌ی جزء کوچکی از نظریه‌ی نسبیت خود بر کاغذ ثبت کرد. در میان همه‌ی چیزهای دیگری که اینشتین کشف کرد، یکی هم این بود که پی برد بین جرم و انرژی رابطه‌ی تنگاتنگی برقرار است. (انرژی عبارت است از توانایی و استعداد اتفاق افتادن رویدادها، در حالی که جرم اساساً مجموع اجزای تشکیل دهنده‌ی یک شیء مادی است.)

از لحاظ شهودی، دوست داریم باور آوریم انرژی انرژی است و اشیا اشیا هستند، والسلام. اما اینشتین پی برد که انرژی و جرم در واقع دو جنبه‌ی متفاوت اما قابل جابجایی و جانشینی ماده‌ی عمومی و کلی واحدی است، که می‌توانیم اصطلاح بهتر جرم-انرژی را برای آن به کار ببریم. معادله‌ی اینشتین با آن سادگی شگفت‌آورش عبارت است از فرمول تعیین این‌که چقدر انرژی با چقدر جرم هم‌ارز است، و برعکس.

(به بیان قطعی و بدون چون و چرای ریاضی: اگر m بیانگر مقداری جرم و E نماد مقدار انرژی هم‌ارز آن باشد، بنابراین معادله می‌توانید مقداری انرژی را صرفاً از طریق ضرب کردن m بر عددی که با c نشان داده می‌شود، بیابید. عدد c فوق‌العاده بزرگ است. این عدد عبارت است از مجذور سرعت نور - از این رو می‌توانید مقدار عظیمی انرژی را از مقدار اندکی جرم استخراج کنید.)

علت این‌که معادله‌ی اینشتین در زندگی روزمره‌ی ما خیلی خیلی مطرح و با آن مناسب نیست (جز یک استثنا که بعداً خواهیم گفت) از این قرار است که تمامی فعالیت‌های معمولی و روزانه‌ی تولید انرژی ما، مانند سوخت و ساز غذا در بدن‌مان و سوزاندن ذغال سنگ و فراورده‌های نفتی، صرفاً فرایندهای شیمیایی‌اند، و در تمام فرایندهای شیمیایی، مقادیر جرمی که انرژی از آن استخراج می‌شود مطلقاً ناچیز و اندک‌اند.

چقدر اندک؟ بله، حتی اگر نیم کیلو تانیتی را منفجر کنیم، که شما هم موافقید که فرایندی شیمیایی است که مقدار نسبتاً زیادی انرژی آزاد می‌کند، تمامی آن انرژی از تبدیل فقط نیم میلیاردیم یک گرم جرم حاصل می‌شود. اگر

می‌توانستیم تیان‌تی را پیش از انفجار وزن کنیم و آنگاه تمامی دود و گازهای ایجاد شده پس از انفجار را هم گردآوری و توزین کنیم، پی می‌بردیم که جرم‌شان کم‌تر از نیم میلیاردیم یک گرم است.

این مقدار بسی کم‌تر از آن است که ارزش توجه داشته باشد. می‌توانیم چنین اختلاف وزن بسیار جزئی را فقط با حساس‌ترین ترازوهای جهان بسنجیم. از این رو در حالی که معادله‌ی اینشتین بدون هیچ استثنایی در مورد تمام فرایندهای مستلزم وجود انرژی صدق می‌کند - و اصلاً به کسی اجازه ندهید بگوید چنین نیست - به هیچ وجه در زندگی روزمره‌ی ما پیامدی ندارد.

این معادله برای تمام فرایندهای شیمیایی صدق می‌کند. از سوی دیگر، فرایندهای هسته‌ای، مانند واکنش‌های گداخت (همجوشی) هسته‌ای که در خورشید اتفاق می‌افتند و واکنش‌های شکافت هسته‌ای که در بمب اتمی انجام می‌شوند، به کلی داستان دیگری است. چون تمام جرم دنیا عملاً در هسته‌ی فوق‌العاده سنگین اتم‌ها قرار دارد، مقادیر بسیار بزرگ‌تر انرژی می‌تواند در یک فرایند هسته‌ای، اتم به اتم، رها شود، تا یک فرایند شیمیایی، میلیارد‌ها بار عظیم‌تر از این فرایند شیمیایی.

اما، آنچه که بمب اتمی را به قهرمان تمامی رهاکننده‌های انرژی برکزه‌ی زمین تبدیل کرده چیزی است به نام واکنش زنجیره‌ای. این فرایندی است که در آن به اندازه و معادل واکنش هر اتم دو واکنش دیگر راه می‌اندازد، و هر یک از این دو واکنش دو واکنش دیگر، و هر یک از آن چهار واکنش دو واکنش راه می‌اندازد، و هر یک از این هشت واکنش دو واکنش دیگر راه می‌اندازد و الی آخر، تا این‌که تعداد اتم‌های تحت واکنش به نحوی باورنکردنی زیاد می‌شوند، و همه‌ی آن‌ها را یک واکنش «آغازگر» تک اتمی جرقه می‌زند و روشن می‌کند. وقتی تعداد فوق‌العاده عظیمی اتم موجود باشند که در فاصله‌ی زمانی بینهایت کوتاهی واکنش اجرا می‌کنند، و هر یک به اندازه‌ی یک میلیارد واکنش شیمیایی معمولی انرژی تولید می‌کند، آنگاه با جهنمی از انفجار مواجه خواهید شد.

همه‌ی واکنش‌های زنجیره‌ای هم بد نیستند، اگر سرعت خود تکثیری واکنش زنجیره‌ای شکافت هسته‌ای را مهار کنیم، آنگاه واکنشگر (راکتور) هسته‌ای داریم. در واکنشگر هسته‌ای، انرژی به تدریج و به اندازه‌ی کافی خارج می‌شود تا برای به جوش آوردن آب و تولید بخار به منظور چرخاندن توربین‌های نیروگاه و تولید برق برای روشن کردن چراغ و امکان مطالعه‌ی همین کتاب، حرارت تولید شود.

این همان چیزی است که ما در کوچه و خیابان از معادله‌ی اینشتین دستگیرمان می‌شود.

نکته جرم در خلال واکنش شیمیایی معمولی به انرژی تبدیل می‌شود.

فقط کسانی که به اندازه‌ی کافی درس خوانده باشند این یکی را درک می‌کنند؛ حتی باید از معلم شیمی هم استمداد بطلبید. شیمیدانان عادت دارند از تغییرات جزئی جرم همراه با واکنش‌هایی شیمیایی چشم‌پوشند که اعتقاد دارند اصلاً تغییرات جرمی در این حالت‌ها اتفاق نمی‌افتد، و این همان چیزی است که در مدارس آموزش داده می‌شود. این استدلال را با یاد آوردن این نکته اثبات کنید که اینشتین هرگز نگفت: «همیشه $E=mc^2$ ، مگر در کلاس شیمی.»

اتم‌های سنگین چگونه وزن کم می‌کنند؟

می‌توانم بفهمم که ذغال سنگ و نفت حاوی انرژی‌اند، زیرا وقتی آن‌ها را می‌سوزانیم انرژی را به صورت گرما از خود بیرون می‌دهند. اما از اورانیم چگونه انرژی می‌گیریم؟ آیا می‌سوزد؟

اگر منظورتان از «سوزاندن» احتراق – برقراری واکنشی شیمیایی با اکسیژن

هوا - است، خیر. اما اگر منظورتان این است که اتم‌های اورانیم تا آخر مصرف می‌شوند، بله.

درباره‌ی ذغال سنگ، نفت، و اورانیم حاوی انرژی، حق با شماست. عملاً، هر ماده‌ای حاوی مقدار معینی انرژی است. این امر ذاتی آرایش منحصر بفرد اتم‌های آن و چگونگی قرار گرفتن آن‌ها در کنار یکدیگر است. اگر اتم‌ها به سستی کنار یکدیگر قرار گرفته باشند، امکان بالقوه‌ی بیشتری برای تغییر کردن دارند.

مثلاً، اتم‌ها در نیتروگلیسرین بسیار سست پیوند کنار هم قرار گرفته‌اند. نیتروگلیسرین چنان ماده‌ی ناپایداری است که فقط منتظر ضربه‌ی کوچکی است تا اتم‌هایش به سرعت (خیلی سریع) بازآرایی شوند و به ترکیب‌های کم انرژی‌تر و پایدارتری، به صورت تعداد متنوعی گاز، تبدیل شوند. انرژی رها شده در انفجار حاصل عبارت است از اختلاف بین انرژی نیتروگلیسرین اولیه و انرژی گازهایی که اتم‌هایش را به صورت آن‌ها بازآرایی کرده‌اند.

به‌طور کلی، اگر بتوانیم راهی برای بازآرایی کردن اتم‌های یک ماده و تبدیل‌شان به گروهی از اتم‌های کم انرژی پیدا کنیم، انرژی «از دست رفته» باید به شکلی، معمولاً به شکل گرما، خارج شود. وقتی ذغال سنگ یا نفت را در هوا می‌سوزانیم، به اتم‌هایشان (در کنار برخی اتم‌های اکسیژن) فرصتی می‌دهیم که خودشان را بازآرایی کنند. به صورت ترکیب‌های کم انرژی‌تری مثل کربن دی‌اکسید و آب درآیند. در این صورت می‌توانیم انرژی رها شده را به صورت گرما جمع‌آوری کنیم. تنها دلیل برای این‌که نمی‌توانیم از آب یا سنگ انرژی استخراج کنیم، این است که نمی‌توانیم ترکیبی کم انرژی‌تر را از اتم‌های آن‌ها بیابیم تا کمک‌شان کنیم خود را به این ترکیب‌ها بدل کنند. دست‌کم بدون این‌که انرژی مصرفی بیشتر از آن باشد که بتوانیم آن را باز گردانیم.

برای این‌که نفت، گاز طبیعی، و بنزین، تمام سوخت‌های متداول، بتوانند خود را به ترکیب‌های اتمی کم انرژی تبدیل کنند، باید اکسیژن در اختیارشان قرار گیرد تا با آن واکنش برقرار کنند (بسوزند). اما، اتم‌های اورانیم به چنین

کمکی نیاز ندارند. آن‌ها می‌توانند به آسانی و از طریق شکافته شدن - تقسیم کردن ماده‌شان به دو اتم کوچک‌تر به جای همان یک اتم بزرگ و سنگین - به حالت کم انرژی‌تری دست پیدا کنند. اتفاقاً این دو اتم کوچک‌تر نسبت به اتم اورانیم اولی، آرایش‌های سفت و سخت‌تر، پایدارتر و کم انرژی‌تر ذرات زیراتمی‌اند. کاهش بعدی در انرژی عبارت است شکافت هسته‌ای. در عمل، تنها هسته‌ی اتم اورانیم است که شکافته می‌شود؛ بقیه‌ی اجزای اتم (الکترون‌ها) از این حرکت پیروی می‌کنند.

اما تمام اتم‌ها هم قادر نیستند هسته‌ی خود را بشکافند تا انرژی رها کنند. فقط هسته‌های خیلی سنگین آماده و مستعدند که به این ترتیب شکسته شوند. آن‌ها چندان سنگین‌اند که اندکی ناستوارند، و خودشان را می‌لرزاند تا به محض وارد آمدن کوچک‌ترین تحریک و برانگیختگی به‌طور کامل از هم بشکافند. واکنشگر هسته‌ای اساساً انگیزاننده (تحریک کننده‌ی) بسیار کارآمدی است. این سامانه این هسته‌های اورانیم ناستوار را با ضربه‌ی نوترون‌ها که ذرات سنگین و بدون بار هسته‌ای‌اند، تحریک می‌کنند، و این تمام کمکی است که آن هسته‌ها نیاز دارند تا به معنای واقعی کلمه به آرایش‌های پایدارتری تبدیل شوند و از خود انرژی صادر کنند.

گوشزد

چرا هسته‌ی اورانیم آنقدر ناپایدار است که به شکافته شدن به دو بخش، گرایش شدید دارد؟

همه‌ی هسته‌های اتمی از ذراتی به نام نوکلئون درست شده‌اند. هسته‌ی بزرگی چون هسته‌ی اورانیم انبوهه‌ای است از بیش از دویست نوکلئون، و همگی آن‌ها در فضای بینهایت کوچکی گرد هم آمده‌اند. به دلیل چنین تعداد عظیم اشیا برای کنار هم نگه داشتن است که گیر و پیوند میانگینی هسته به یکدیگر را نسبتاً ضعیف می‌کند. مثل این است که تلاش کنیم تعدادی گوی گلف را در دستان‌مان نگه داریم بدون این‌که از سبد مخصوص نگهداری این توپ‌ها

استفاده کنیم.

هسته می تواند وضعیت متزلزل خود را بهبود بخشد و پیوند بهتری روی خودش اعمال کند در صورتی که بتواند به دو دسته ی دیگر که به آسانی قابل کنترل باشند، تقسیم یا شکافته شود - دو دسته گوی ها یا توپ های گلف که با اطمینان بیشتر و محکم تر بتوان آن ها را نگه داشت. این دو دسته ی کوچک تر گوی ها، که بهتر مهار می شوند، به احتمال کم تر شکافته یا شکسته می شوند. این ها امکان بالقوه ی محکم تری برای رفتار آشفته و پرنرژی دارند - میزان کم تری از آن چیزی که دانشمندان به آن انرژی پتانسیل می گویند.

اما آن طور که اینشتین به ما آموخت، انرژی جرم است و جرم انرژی است. از این رو اگر این دو هسته ی کوچک تر نسبت به آن هسته ی بزرگ انرژی کم تری داشته باشند، آن را با داشتن جرم کم تر باید بروز دهند. این دو «نیم» هسته روی هم دیگر در واقع از آن تک هسته ی «کامل» وزن کم تری دارند، هرچند که حاوی همان تعداد «توپ گلف» اند. اگر جرم - وزن - آن دو هسته ی کوچک تر را که حاصل شکافته شدن هسته ی اورانیم است، با هم جمع کنید، در خواهید یافت که این مجموع حدود یک دهم درصد از جرم هسته ی اورانیم اولیه کم تر است. آن یک دهم یک درصد جرم «از دست رفته» به صورت تعداد زیادی انرژی جلوه می کند، زیرا بنا بر رابطه ی مشهور $E=mc^2$ ، جزء کوچکی از جرم معادل است با تعداد عظیمی انرژی.

شاید درک این موضوع اندکی دشوار باشد. اما اگر این ایده ها و آرا درست نبودند، چیزی چون انرژی هسته ای - یا هر یک از صدها رویداد هسته ای یا سایر رویداد که دانشمندان هر روز در آزمایشگاه شان شاهد رخداد آن ها هستند - وجود نمی داشت. همین که گزاره ی اینشتین مبنی بر قابل تبدیل بودن جرم و انرژی به یکدیگر را بپذیریم، تمامی این رویدادها را در حکم پیامدهای کاملاً طبیعی پذیرفته ایم، و نباید چندان برایمان شگفتی آفرین باشد.

ربایش آهنی

چه چیزی یک آهنربا را رباینده‌ی آهن می‌کند؟ چرا، مثلاً، آلومینیم یا مس را نمی‌رباید؟

آهنرباها فقط به سوی آهنرباهای دیگر ربوده می‌شوند. هر تکه آهن حاوی میلیاردها آهنربای ریز است، اما مس و آلومینیم این طور نیستند. تنها چیزی که قطب یک آهنربا می‌رباید قطب مخالف آهنربای دیگر است. در مورد بارهای الکتریکی هم دقیقاً این امر صادق است: تنها چیزی که یک بار الکتریکی مثبت جذب می‌کند (می‌رباید) یک بار الکتریکی منفی است، و برعکس. در مورد آهنربا، دو قطب مخالف را به جای «مثبت» و «منفی»، «شمال» و «جنوب» می‌نامیم. نیروی مستقیمی بین یک بار الکتریکی و چیزی که فاقد بار الکتریکی باشد، برقرار نیست. در مورد آهنرباها هم این طور است؛ اگر جسم دوم آهنربا نباشد، ربایشی هم در کار نخواهد بود. (برخی آثار تبدیلی بین الکتریسیته و مغناطیس برقرار است؛ می‌توانید ربایش‌های مغناطیسی را از بارهای متحرک و ربایش‌های الکتریکی را از آهنرباهای متحرک کسب کنید و به دست آورید. ما فقط آهنرباهای ایستاده و ساکن را در این کتاب ملاحظه خواهیم کرد.)

اتم‌های آهن به علت الکترون‌های منفی بارشان آهنرباهای ریزی‌اند - هر اتم آهن دارای بیست و شش الکترون با بار منفی است - که در ضمن دور زدن هسته مانند فرفره به دور خود می‌چرخند، به همان ترتیبی که زمین در حالی که خورشید را دور می‌زند، حول محور خودش هم می‌چرخد. این حرکت چرخشی یکی از آن وضعیت‌های «تبدیلی» الکتریکی-مغناطیسی را پدید می‌آورد، که در آن‌ها بارهای الکتریکی شبیه آهنرباها عمل می‌کنند. اما اکثر الکترون‌های آهن چنان آرایش می‌یابند که همگی به صورت جفت ردیف شوند، و وقتی الکترون‌های چرخان جفت جفت شوند، درست مانند دو آهنربای میله‌ای خاصیت مغناطیسی یکدیگر را خنثی می‌کنند: قطب شمال با

قطب جنوب و قطب جنوب با قطب شمال.

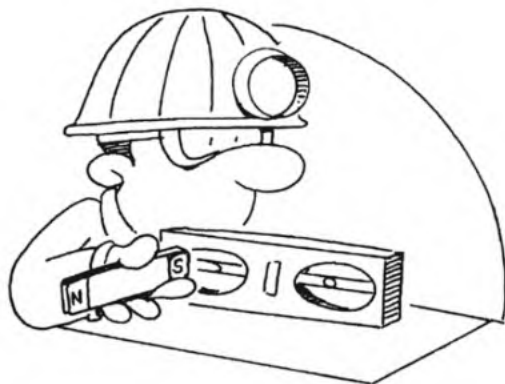
اما، چهار تا از الکترون‌های اتم آهن همدم و زوج ندارند، و از آنجا که به صورت جفت جفت در نمی‌آیند یک اثر مغناطیسی خالص و خنثی نشده به این اتم‌ها منتقل می‌کنند. بنابراین، اتم‌های آهن مغناطیسی‌اند و به سوی آهنربا ربوده و کشیده می‌شوند.

همه‌ی این‌ها درست، اما به هر جهت آهن به تنهایی چنین خواصی ندارد. چندین عنصر — حتی آلومینیم و مس — الکترون‌های جفت نشده در اتم‌هایشان دارند و بنابراین مغناطیسی‌اند. حتی اتم‌های اکسیژن الکترون‌های جفت نشده دارند و به سوی آهنربا کشیده و ربوده می‌شوند. البته نمی‌توانید ببینید که این اتفاق در هوا می‌افتد، اما اگر اکسیژن مایع را در آزمایشگاه روی یک آهنربای قوی بریزید، خواهید دید که به آن می‌چسبد.

اما، این نوع خاصیت مغناطیسی که از الکترون‌های جفت نشده (به زبان تخصصی: پارامغناطیسی) حاصل می‌شود، خیلی ضعیف است. قدرت آن حدود یک میلیونیم قدرت نوعی مغناطیس است که معمولاً ذهن‌مان متوجه آن است: آهن به سوی آهنربا کشیده و ربوده می‌شود. اما باز هم می‌توانید این امر را حتی در خانه هم مشاهده کنید، اگر به دقت بنگرید.

انجام دهید

یک تراز حباب‌دار نجاری را روی میز قرار دهید و یک آهنربای قوی را به یک سر حباب آن نزدیک کنید. با استفاده از یکی از علامت‌های راهنما روی لوله به عنوان نقطه‌ی مرجع، به دقت مشاهده کنید که چه می‌گذرد؛ اگر آهنربا به اندازه‌ی کافی قوی باشد خواهید دید که حباب هوا اندکی به سوی آهنربا حرکت می‌کند و جابجا می‌شود. اما، این حرکت به علت وجود اکسیژن در هوای حباب نیست که جذب آهنربا می‌شود. آهنربایی بسیار قوی لازم است تا این حرکت را مشاهده کنید. علت این امر آن است که مایع در تراز به واسطه‌ی نوعی خاصیت پارامغناطیسی از آهنربا رانده می‌شود. وقتی مایع به یک طرف می‌رود، حباب به طرف دیگر روانه می‌شود.



تفاوت در مورد نوع بسیار قوی‌تر خاصیت مغناطیسی آهن (به زبان تخصصی: فرومغناطیسی) از این قرار است که در یک قطعه آهن، نیازی نیست که آهنرباهای اتمی همیشه جهت‌گیری کاتوره‌ای (تصادفی) داشته باشند؛ یعنی هر کدام در یک جهت، شبیه به مجموعه‌ای از قطب‌نماها در یک انبار آهنربا. اگر به یک تکه آهن یا یک آهنربا ضربه بزنیم، می‌توانیم اتم‌های آهن را به صورت یک آرایش به خط کنیم، که جهت همگی به سوی قطب شمال‌شان و هم‌جهت، و قطب جنوب‌شان در جهت عکس است.

اتم‌های آهن، به علت اندازه و شکل دقیق‌شان سپس در همان آرایش منظم (به صف شده) باقی می‌مانند بدون این‌که پراکنده شوند یا این نظم خود را از دست بدهند. همین نظم اثر مغناطیسی افزایشی بسیار قوی‌ای، میلیون‌ها بار قوی‌تر از اثر مغناطیسی هر یک از اتم‌ها، ایجاد می‌کند. در نتیجه این تکه آهن مغناطیسی می‌شود؛ یعنی به یک آهنربا تبدیل می‌شود و سایر قطعه‌های آهن را می‌رباید.

فقط در سه عنصر، آهن، کبالت، و نیکل، اندازه و شکل اتم‌ها برای این‌که به صف شوند و به ترتیب صحیح قرار گیرند، مناسب‌اند. به همین دلیل است که این سه فلز تنها سه عنصر فرومغناطیسی‌اند. اما، آهن از بقیه قوی‌تر است.

بخش بدون شرح

در هموگلوبین و میوگلوبین خون هر آدم بالغ چهار تا پنج گرم آهن یافت می‌شود. آهن برای ادامه‌ی حیات ما بسیار مهم است و منیزیم تأثیر بسیار زیادی بر آهن دارد... [بنابراین] آهن‌ریاها آثار درمانی چشمگیری بر برخی ناخوشی‌ها چون دندان درد، سفت شدن سرشانه‌ها و سایر مفصل‌ها، احساس درد و ورم، التهاب دهانه‌ی رحم، اگزما، آسم، و نیز سرماخوردگی، جراحات و زخم‌ها دارد.

(برگرفته از کتاب مغناطیس درمانی^۱، رساله‌ای در باب «سلامتی» که برای ارتقای آموزش بالینی که با آهن‌ریا «درمان می‌کند»، در فروشگاه‌ها توزیع شده است.)

بزرگ‌ترین تفنگ بادی دنیا

اگر توپ بیس‌بالی را از نوک بلندترین ساختمان جهان پایین اندازیم و به سرکسی بخورد، آیا ممکن است این شخص را به کشتن دهد؟

خیر. عابریانی که از پیاده‌روی مجاور برج ۴۷۶ متری سیرز شیکاگو می‌گذرند، نباید از این موضوع هراسی به دل راه دهند. چه کلاه بر سرشان باشد یا خیر، از آزمایش‌های علمی صرفی که مثلاً شما انجام می‌دهید، خطر زیادی متوجه آن‌ها نیست.

آنچه که بی‌درنگ به ذهن‌تان می‌رسد شتاب گرانشی است؛ بر پایه‌ی تأثیر این شتاب، سرعت یک شیء در حال سقوط با گذشت زمان بیشتر می‌شود. در واقع این امر چگونگی کارکرد فیزیک حرکت سقوطی را توضیح می‌دهد. جسمی که سقوط می‌کند، پیوسته تحت تأثیر کشندگی نیروی گرانش قرار

1. Magnetictherapy

دارد، و مستقل از این که سرعتش در هر لحظه چقدر ممکن است باشد، نیروی گرانشی آن را به سوی خودش می‌کشد تا سرعتش هرچه بیشتر شود و کماکان به آن افزوده خواهد شد. یعنی شتاب پیدا می‌کند. مثل این است که گویی دارید یک کالسکه‌ی بچه یا گاری دستی را هل می‌دهید. هرچه طولانی‌تر به این هل دادن ادامه دهید، به سرعت این کالسکه افزوده می‌شود. در مورد اتومبیل هم همین حالت را شتاب گرفتن می‌گوییم.

پس، آیا تعجب‌آور نیست که اگر به توپ بیس‌بال مورد نظرمان زمان سقوط کافی بدهیم، سرانجام سرعت حرکتش به سرعت یک گلوله خواهد رسید؟ و در واقع، چرا به سرعت نور نرسد؟ محاسبه‌ای عملی در معادلات مربوط به گرانش نشان می‌دهند که یک جسم، پس از سقوط از ارتفاع ۴۷۶ متری، باید در هنگام رسیدن به زمین (یعنی پس از طی کردن آن ارتفاع) سرعتش به حدود ۳۲۲ کیلومتر بر ساعت برسد.

اما یک لحظه صبر کنید. فرض بر این است که در فضای بین بمب‌افکن و هدفش اصلاً هیچ چیزی وجود ندارد. اما وجود دارد، و آن هواست. و جسم سقوطی در حالی که در هوا راهش را می‌گشاید و سرعت می‌گیرد، یک اثر کندکننده حرکتش را محدود می‌کند. اکنون دو نیروی مخالف وارد می‌آیند: نیروی گرانشی که گرایش به سرعت بخشیدن به جسم دارد و نیروی واپس‌کشی (مقاومت) هوا که میل به کند کردن حرکت آن دارد.

این دو نیروی هوشمند، مانند هر یک از نیروهای مخالف در طبیعت، به مصالحه‌ی ریاضیاتی دقیقی می‌رسند. نیروی مقاوم هوا را یک جزء از نیروی گرانشی شتاب دهنده، مساوی و مختلف‌الجهت با آن، خنثی می‌کند، و به این وسیله سرعت نهایی که جسم، مستقل از مسافتی که طی یا سقوط می‌کند، به آن می‌رسد، محدود می‌شود. این جسم سقوط‌کننده فقط تا یک نقطه بر سرعت سقوطش افزوده می‌شود، و از آن به بعد با سرعتی ثابت به سقوط خود ادامه خواهد داد.

البته، مقاومت هوا در اشیای گوناگون فرق می‌کند که این تفاوت را می‌توانید با فرو انداختن اشیای مختلف از بام یک ساختمان ملاحظه کنید.

مثلاً، یک مرغ پرکنده، نسبت به مرغی پردازد، با مقاومت کمتری از جانب هوا مواجه می‌شود. بنابراین سرعت نهایی (سرعت حد) اشیای مختلفی که در هوا پایین انداخته می‌شوند، متفاوت خواهد بود. اگر اصلاً هوایی وجود نداشته باشد، پس از مدت یکسانی که از آغاز سقوطشان می‌گذرد، سرعتشان هم یکسان خواهد شد، مستقل از این که وزنشان چقدر باشد.

در مورد توپ بیس‌بال، مقاومت هوا چنان است که سرعت نهایی‌اش در سطح خیابان کاملاً بی‌خطر است، هرچند هم که بر سر یک تاس فرود آید. و این توپ فقط پس از سقوط مسافتی به ارتفاع چند طبقه به سرعت حد (سرعت نهایی) خود خواهد رسید، از این رو گسیل یک هیئت تحقیقاتی علمی به شیکاگو برای تحقیق در این امر به تمامی غیرضروری است.

البته، به یاد داشته باشید که سرعت به تنهایی نیست که قدرت ویرانگر یک موشک را تعیین می‌کند؛ آن عامل موثر تکانه^۱ (اندازه‌ی حرکت) است. تکانه عبارت است از ترکیبی از سرعت و جرم (در واقع، جرم ضرب در سرعت). هرچند که سرعت نهایی گوی بولینگ فرو افتاده نباید مثل گلوله باشد، تأثیر و عملکردش بر عابر پیاده به علت جرم (و در نتیجه وزن) آن می‌تواند نسبتاً جدی باشد، اما احتمالاً این را حدس زده بودید.

موسیقی جاز کیهانی

در درس شیمی آموخته‌ایم که تمامی اتم‌ها و مولکول‌ها در حرکت دائم‌اند. اما پس از آن در درس فیزیک فرا گرفته‌ایم که چیزی چون حرکت دائمی وجود ندارد، و هیچ چیزی نمی‌تواند برای همیشه حرکت کند بدون این که عاملی آن را هل بدهد. (احتمالاً خود آیزاک نیوتون دقیقاً به این زبان موضوع را بیان نکرده است.) به این ترتیب، تمام اتم‌ها و مولکول‌ها را چه کسی هل می‌دهد و به حرکت وامی‌دارد؟

فرض کنید، برای اجرای یک نمایش موزیکال گروهی، خوانندگان تک تک به صحنه آمده و به تک‌خوانی پرداخته باشند. آیا به نظر شما در این صورت هرچه برنامه‌ریزی شده بوده، نقش بر آب نشده است؟ اما برنامه‌ریزی علوم مدرسه دقیقاً از این قرار طراحی می‌شود: معلمان فیزیک و شیمی بازیگران تک‌خوان (و تک اجرا) بر صحنه‌های جداگانه‌اند، و هیچ مرحله‌ای در مدرسه منظور نشده که آن‌ها را در کنار هم و هماهنگ با یکدیگر ارائه کند.

البته، هر دو یادآوری که کردید درست‌اند. حلقه‌ی گمشده از این قرار است: هیچکس تمامی اتم‌ها و مولکول‌های پیرامون شما را هل نمی‌دهد و راه نمی‌اندازد، بلکه چند میلیارد سال پیش یک هل حسابی به آن‌ها داده شده است.

جنبش اتم‌ها و مولکول‌ها، مانند جنبش و حرکت هر چیز دیگری، شکلی از انرژی به نام انرژی جنبشی است. در مورد اتم‌ها و مولکول‌ها، انرژی جنبشی به صورت انطباق پی در پی با اطراف و برخورد با یکدیگر، مقید فقط به قیدها و محدوده‌ها، نمایش داده می‌شود که بیانگر چگونگی ارجاع شیمیدان‌ها به انواع گوناگون ربایش‌ها، یا چسبندگی‌ها، بین ذرات، است. حرکت جمعی اتم‌ها و مولکول‌ها را گرما می‌نامیم.

این واقعیت که تمام این ذرات همواره در حرکت‌اند، به این معنا نیست که هر تکه‌ای از ماده با اندازه‌ی قابل رؤیت - مثلاً، یک دانه از پودر نمک - مثل گندمی که بو می‌دهند، به اطراف جست و خیز کند. سه میلیارد میلیارد اتم در آن دانه‌ی نمک (بله، من عملاً آن را محاسبه کرده‌ام) در تمام جهت‌های ممکن در حال نوسان‌اند، از این رو یکدیگر را خنثی می‌کنند. دانه‌ی نمک در آستانه‌ی جهش ناگهانی از روی میز غذاخوری نیست. کندوی زنبور عسل کران تا کران سرزمین را طی نمی‌کند زیرا زنبورهای داخل آن دیوانه‌وار به هر سو پرواز می‌کنند. (در واقع، آن‌ها عملاً در داخل کندو خیلی هم موقر و متین هستند، مگر این که کسی انگولک‌شان کرده باشد.)

پس، پرسش بزرگ از این قرار است که ذرات عالم انرژی جنبشی خود را از کجا می‌آورند؟ آیا یک انگیزنده‌ی (هل) بزرگ و اولیه وجود داشته است؟

در واقع، بله. تمامی ماده در جهان هستی همه‌ی انرژی‌اش را در لحظه‌ی آفرینش در قالب «مهبانگ»^۱ (یا انفجار بزرگ) به دست آورده که، بنا بر نظریه‌ای که در سطح گسترده‌ای پذیرفته شده، حدود ده یا بیست میلیارد سال پیش جهان هستی را به حرکت درآورد (کیهان‌شناسان هنوز هم بر سر تاریخ دقیق مهبانگ در حال مباحثه و مجادله‌اند). و میلیارد‌ها سال بعد، هر ذره در جهان هستی هنوز هم تحت هل دادن و انگيخته شدن است.

اما، سرعت همه‌ی آن ذرات یکسان نیست. وقتی انرژی گرمایی به دیگ سوپ روی اجاق می‌دهیم، ذرات سوپ، به‌طور میانگین، سرعت بیشتری پیدا می‌کنند. و وقتی با قرار دادن بطری نوشابه در یخچال، انرژی گرمایی را از آن دور می‌کنیم، ذرات نوشابه، به‌طور میانگین، آهسته‌تر حرکت خواهند کرد (سرعت‌شان کاهش می‌یابد).

البته، می‌دانید که آنچه در اجاق بالا و در یخچال پایین می‌رود، دماست: میانگین انرژی جنبشی ذرات در یک نمونه‌ی ماده، چه سوپ باشد، نوشابه، یک انسان، یا یک ستاره. کلید واژه عبارت است از میانگین.

اکنون واضح است که نمی‌توانیم با یک زمان‌سنج به داخل دیگ سوپ برویم و زمان را برای هر یک از میلیارد‌ها میلیارد ذره‌ی آن اندازه بگیریم و میانگین سرعت همه‌ی آن‌ها را به دست آوریم تا دمای آن اندازه‌گیری و معلوم شود. پس ناگزیر شده‌ایم وسیله‌ای را به نام دماسنج ابداع کنیم. (این ابزار را شخصی به نام گابریل فارنهایت اختراع کرد). مایعی درخشان و بسیار مرئی به نام جیوه در داخل این دماسنج می‌ریزند که وقتی دما بالا می‌رود منبسط می‌شود و در یک لوله‌ی شیشه‌ای بالا می‌رود و در هنگام پایین آمدن دما، انقباض می‌یابد و در آن لوله پایین می‌رود. جیوه به علت یک واکنش زنجیره‌ای از برخوردها منبسط می‌شود. ذرات ماده‌ای که می‌خواهیم دمايش را اندازه بگیریم با دیواره‌ی خارجی دماسنج جیوه‌ای برخورد می‌کنند. این برخوردها موجب برخورد ذرات شیشه با ذرات جیوه در داخل لوله می‌شوند. ذرات جیوه‌ی برخورد کرده از آن پس نسبت به قبل سریع‌تر حرکت

می‌کنند، فضاهای پریپیچ و خم بیشتری را در اختیار می‌گیرند، و جیوه باید انبساط یابد و در لوله بالا برود.

به این ترتیب، تمام اتم‌ها و مولکول‌های عالم هنوز هم با انرژی جهانی آغازین، با سرعت‌های متفاوت وابسته به دمایشان، در حال لرزش و تکان‌اند. و انرژی همه‌اش همین است. انرژی یگانه پول رایج در جهان هستی است. می‌توان آن را از یک شکل به شکل دیگر تبدیل کرد، درست مثل پولی که می‌تواند بین پول‌های رایج کشورهای مختلف جهان مبادله شود. یک جسم می‌تواند انرژی را تلف و جسم دیگر آن را کسب کند، درست مانند پول که می‌تواند در یک معامله‌ی مالی مبادله شود. انرژی حتی می‌تواند به جرم تبدیل شود، مانند پول که می‌توان آن را به کالا تبدیل کرد. تنها کاری که نمی‌تواند انجام دهد این است که ایجاد شود (بلافاصله بعد از مه‌بانگ، ضرابخانه از چرخه‌ی کسب و کار خارج شد) یا این‌که از بین برود. مقدار معینی از آن را در جریان مه‌بانگ به دست آوردیم، و تاکنون با همین بودجه روزگار خود را طی کرده‌ایم، در شکل گرما و سایر شکل‌هایی که انرژی می‌تواند به آن تبدیل شود.

در صورتی که فکر می‌کنید خورشید پیوسته در حال تولید کردن انرژی جدید است و آن را به صورت گرما و نور برای ما گسیل می‌کند، مجدداً تأمل کنید. خورشید و ستارگان فقط دارند این شکل‌های انرژی مقداری از انرژی واقع در نهانگاه را که آن را به شکل جرم دارند، تبدیل می‌کنند. هیچ چیز (انرژی) جدیدی تولید نمی‌شود.

اما آیا این باتری کیهانی، که میلیاردها سال پیش پُر شده، هرگز تمام نمی‌شود؟

دلایلی وجود دارد که بر پایه‌ی آن‌ها قبول کنیم این اتفاق خواهد افتاد. تمامی انرژی در جهان هستی به تدریج اما سرسختانه و بی‌امان دارد به چیز دیگری تبدیل می‌شود: انترپی^۱، یا بی‌نظمی – یعنی، آشوب کل. اما از این بابت خیلی نگران نباشید. از دیرباز این اتفاق دارد می‌افتد – در واقع از شش

میلیارد سال پیش – و خورشید خواهد مرد.

نکته چیزی به عنوان حرکت دائمی وجود دارد، که تا وقتی جهان هستی عمر دارد، ادامه می‌یابد.

واله و شیدای دستگاه متری

ناگهان نوشابه‌ها را نه بر حسب کوارت^۱ یا فیت^۲، بلکه بر حسب لیتر به بازار دادند. آیا این نخستین گام در یک انقلاب دستگاه متری است که دارد روی می‌دهد؟ آیا به راستی ناگزیریم به یک دستگاه اندازه‌گیری به کلی جدید روی آوریم؟ عیب و نقص دستگاه اندازه‌گیری که در حال حاضر داریم با آن کار می‌کنیم، چیست؟

در میان تمام کشورهای جهان، فقط چهار کشور – برونئی، میانمار (برمه)، یمن، و ایالات متحده‌ی آمریکا – هنوز هم دستگاه اندازه‌گیری متری را اختیار نکرده‌اند. آیا این امکان وجود دارد که بقیه‌ی کشورهای جهان پی ببرند که این چهار کشور تاکنون از این امر غافل مانده‌اند؟

ببینیم که این دستگاه اندازه‌گیری پر سروصدا و عجیب و غریب انگلیسی (که خود انگلیسی‌ها هم دیگر چندان از آن استفاده نمی‌کنند) چگونه باید اصلاح شود. فهرست اجزای تشکیل دهنده در یک دستورالعمل کیک قهوه از این قرار است:

۱ فنجان خامه

۱/۴ قاشق چای‌خوری جوش شیرین

۳/۴ قاشق چای‌خوری بیکینگ پودر (گرد نان‌پزی)

۲. quart، واحد اندازه‌گیری مایعات (در دستگاه انگلیسی)، برابر با ۱/۴ لیتر.

۳. fifth، یک پنجم گالن یا ۱/۴ کوارت.

۱۳ فنجان آرد کیک (آرد شیرینی)

۲ عدد تخم مرغ

۱ فنجان شکر

۱ فنجان کره

حالا فرض کنید که می‌خواهید نصف کیک را بپزید که در این دستورالعمل آمده است. باید مقدار هر یک از این اجزا را نصف کنید.

حال بیسیم نصف یک و یک سوم، نصف یک و یک چهارم،... نصف یک و سه چهارم،... بقدر است. بسیار خوب، گنجایش یک فنجان هشت اونس (یا شانزده اونس) است، پس نصف یک و سه چهارم فنجان آرد عبارت است از یک و سه چهارم ضرب در هشت تقسیم بر دو، یا... چرا فقط باید نصف دو تا تخم مرغ را اختیار کنم — می‌توانم این کار را در ذهنم انجام دهم — و در مورد بقیه‌ی مواد حدسش را بزنید.

خوش اقبالی

اکنون جهان شکوهمند جدیدی را تصور کنید که در آن همه چیز بر حسب یکاهای متری اندازه‌گیری و سنجیده می‌شود. دستورالعمل کیک قهوه از این قرار خواهد شد:

دستورالعمل کامل	دستورالعمل نصف
۳۲۰ گرم خامه‌ی ترش	۱۶۰ گرم خامه‌ی ترش
۶ گرم جوش شیرین	۳ گرم جوش شیرین
۹ گرم بیکنینگ پودر	۴/۵ گرم بیکنینگ پودر
۲۳۰ گرم آرد کیک	۱۱۵ گرم آرد کیک
۲ عدد تخم مرغ	۱ عدد تخم مرغ
۳۰۰ گرم شکر	۱۵۰ گرم شکر
۱۱۰ گرم کره	۵۵ گرم کره

کار خیلی ساده شد، این‌طور نیست؟

اکنون همه‌ی آنچه که باید بدانید این است که در جهان یک گرم چه

می‌گذرد، این طور نیست؟ در واقع خیر. اگر در این جهان پر شکوه جدید یک «بسیار ریزسنج» داشته باشید که هر چیزی را مستقل از گرم اندازه می‌گیرد، از کجا خواهید دانست که بزرگی یک گرم چقدر است؟ فقط ۱۶۰ تا از آن‌ها، ۳ تا از آن‌ها، $\frac{1}{4}$ از آن‌ها و الی آخر را اندازه می‌گیریم، هرچه که می‌خواهد باشند. آیا واقعاً می‌دانید یک «اونس» چیست؟ همه‌ی آنچه که می‌دانید این است که اونس عبارت است از مقدار معینی از ماده که کسی یا کسانی ناشناخته، به دلایل نامعلوم، مدت‌های بسیار مدیدی قبل، درباره‌ی آن تصمیم گرفتند و آن را تعیین کردند.

افزون بر این، قطعاً باید با سه نوع اونس کلنچار برویم و دست و پنجه نرم کنیم: مایع، وزن اوردیوپویز^۱، و سنگ تروی^۲؛ و این‌ها همه با هم فرق می‌کنند. این‌ها حتی چیز یکسان و واحدی را هم اندازه نمی‌گیرند؛ دوتا از آن‌ها وزن را اندازه می‌گیرند و یکی هم حجم را اندازه‌گیری می‌کند.

گرم واحد جرم است. تعیین جرم اشیا روی ترازو خیلی دقیق‌تر و قابل تکیه‌تر از پر کردن فنجان، قاشق جای خوری، قاشق غذاخوری و اندازه‌گیری با آن‌هاست، بخصوص این‌که مواد مورد اندازه‌گیری چندان قابل کنترل هم نباشند. بسیار خوب، در این صورت ناگزیرید یک ترازوی آشپزخانه خریداری کنید.

اکنون، از آشپزخانه خارج شویم و به کارگاه برویم. می‌خواهیم تخته‌ای را به طول هفت فوت و نه و پنج هشتم اینچ را به سه قسمت مساوی ببریم. در اینجا نیز با کمک محاسبه موفق به این کار می‌شویم. (پاسخ، که اساساً در کم‌تر از یک ساعت می‌توانید به دست آورید، عبارت است از دو فوت و هفت و سه دوم اینچ؛ البته با تقریب.) در آن دنیای شکوهمند جدید، تخته را با یک متر تسمه‌ای اندازه می‌گیرید و مشاهده می‌کنید که طولش ۲۳۸ سانتی‌متر است. یک سومش می‌شود $79\frac{1}{3}$ سانتی‌متر. و مسئله به همین سادگی حل می‌شود.

۱. avoirdupois، وزن بر مبنای پوند. م

توجه کنید که ناگزیر نشدید که بدانید هر اینچ $۲/۵۴$ سانتی‌متر است، به همان ترتیب که وقتی اجزای تشکیل دهنده‌ی کیک خود را توزین می‌کردید، ناچار نبودید بدانید هر اونس $۲۸/۳۵$ گرم است. یک سانتی‌متر را به صورت فاصله‌ی بین دو عدد مجاور روی متر نواری یا تسمه‌ای، و گرم را یکی از تقسیم‌بندی‌های کوچک روی ترازو مجسم می‌کنید.

خیلی‌ها از قرار گرفتن دستگاه متری نومید می‌شوند زیرا این یکاها (واحد‌ها) - گرم، سانتی‌متر و مانند آن‌ها - را مجسم کردن بر حسب اونس و اینچ آشنا برای آن‌ها، دشوار می‌یابند. به بیان دیگر، تبدیل دستگاه‌های قدیم و جدید است که دشوار به نظر می‌رسد. و در واقع همین طور هم هست. کسی می‌خواهد همیشه با اعدادی مثل $۲/۵۴$ یا $۲۸/۳۵$ سروکار داشته باشد و هر لحظه آن‌ها را ضرب و تقسیم کند؟ هیچ تردیدی نیست که تبدیل هر واحدی در ایالات متحده‌ی آمریکا - از دستورالعمل غذایی تا نقشه‌های جاده، تا تمام تولیدات صنعتی - به دستگاه متری بسیار پرزحمت و دشوار است. هیچ کسی از این وضع دفاع نمی‌کند.

اما این هم استدلال اشتباهی برای پافشاری بر دستگاه متری است. آیا اکنون ما ناگزیریم تبدیل‌های بسیار دشوار را هر روز در دستگاه انگلیسی اجرا کنیم؟ سه اینچ مساوی یک فوت؛ سه فوت مساوی یک یارد؛ ۱۷۶۰ یارد برابر یک مایل؛ ۱۶ اوردیوپویز برابر یک پوند؛ ۱۶ اونس مایع برابر یک پینت؛ ۲ پینت برابر یک کوارت؛ ۴ کوارت یک گالن، و الی آخر. ناگفته پیداست که کلنجار رفتن با یک، بوشل، بارل، قاتوم، گره دریایی، و صدها یکای دیوانه‌کننده‌ی دیگر.

در دستگاه متری، فقط یک واحد برای هر نوع اندازه‌گیری وجود دارد. و تنها ارقام تبدیلی که به آن‌ها نیاز دارید عبارت‌اند از ۱۰ ، ۱۰۰ ، و ۱۰۰۰ ؛ نه ۳ ، ۴ ، ۱۲ ، ۱۶ ، یا $۲۸/۵$. ۱۰۰ سانتی‌متر می‌شود یک متر، ۱۰۰۰ متر می‌شود یک کیلومتر، ۱۰۰۰ گرم برابر یک کیلوگرم است، و الی آخر. کاربرد اجزای دستگاه متری خودش ساده است، همان گونه که از این واقعیت آشکار می‌شود که هر دانش‌آموز دبستان یا هر خانه‌داری در ۹۴ درصد جمعیت

جهان در تبدیل و کار کردن با آن‌ها هیچ مشکلی ندارند.
همین که این دوره‌ی گذار دردناک ما سپری شد، زندگی زیبا می‌شود. اما
هرچه بیشتر درنگ کنیم، این گذار هم سخت‌تر خواهد شد.
ایالات متحده مبتلا به دندان درد جانگاهی است و برای درمان این دندان
(گذار به دستگامتری) و مراجعه به دندانپزشک، دارد این پا و آن پا می‌کند.

نپرسیدی، اما...

برخی گزارشگران وضع هوا را هم اکنون به درجه‌ی سلسیوس بیان و
اعلام می‌کنند، اما فرمول‌های تبدیل (سلسیوس به فارنهایت) که در مدرسه
به ما یاد داده‌اند پیچیده‌اند و به خاطر سپردن‌شان ناممکن است. آیا راه
آسانی برای تبدیل درجه‌ی سلسیوس به فارنهایت وجود دارد؟

بله، راه بسیار آسان‌تری برای این تبدیل وجود دارد، و باعث شرمساری است
که آن را در مدرسه به بچه‌ها یاد نمی‌دهند. همین که آن فرمول‌های پیچیده با
همه‌ی آن پراتزها و ارقام ۳۲ در کتاب درسی می‌آیند، به نظر می‌رسد که
کاربرد عملی آن‌ها و به خاطر سپردن‌شان را باید امری محال پنداشت.
در اینجا روش ساده‌ای را بیان می‌کنیم:

برای تبدیل دمای سلسیوس به فارنهایت، به آن دما عدد ۴۰ را
اضافه کنید، حاصل را در ۱/۸ ضرب و نتیجه را از ۴۰ کم کنید.

همه‌ی کاری که باید انجام دهید همین است.

مثلاً، برای تبدیل کردن دمای ۱۰۰ درجه‌ی سلسیوس به فارنهایت، ۴۰ را
به آن می‌افزاییم که می‌شود ۱۴۰، سپس این عدد را در ۱/۸ ضرب می‌کنیم تا
۲۵۲ به دست آید، و آنگاه ۴۰ را از این عدد کم می‌کنیم تا به رقم ۲۱۲ برسیم.
همان عددی است که آن را می‌شناسید! این دمای جوش آب است: ۱۰۰
درجه‌ی سلسیوس برابر است با ۲۱۲ درجه‌ی فارنهایت.

برای تبدیل کردن دمای فارنهایت به سلسیوس، فقط ۴۰ را به آن اضافه کنید، بر ۱/۸ تقسیم، و از رقم حاصل عدد ۴۰ را کم کنید.

مثال: برای تبدیل ۳۲ درجه‌ی فارنهایت به سلسیوس، ۴۰ را به آن می‌افزاییم تا ۷۲ به دست آید، و رقم اخیر را بر ۱/۸ تقسیم می‌کنیم که می‌شود ۴۰، سپس عدد ۴۰ را از آن کم می‌کنیم که می‌شود صفر! این دمای یخ بستن (انجماد) آب است: ۳۲ درجه‌ی فارنهایت برابر است با ۰ درجه‌ی سلسیوس. تمام آن چیزی که باید به خاطر بسپارید این است که یا باید در ۱/۸ ضرب یا بر آن تقسیم کنید. دمای فارنهایت همیشه رقم بزرگ‌تری است از رقم مربوط به دمای سلسیوس. از این رو وقتی می‌خواهید به فارنهایت تبدیل کنید، در ۱/۸ ضرب کنید!

گوشزد

چرا این روش کارساز است؟ به علت این که شرکت‌ها با آن سروکار دارند. سلسیوس و فارنهایت مقیاس دمای آن‌ها را تشکیل می‌دهند. اتفاقاً معلوم می‌شود که ۴۰ درجه‌ی زیر صفر در هر دو مقیاس دمای یکسانی است. از این رو اضافه کردن رقم ۴۰، اساس آن‌ها را دقیقاً یکسان می‌کند. در این صورت تمام کاری که باید انجام دهیم عبارت است از اصلاح کردن و تصحیح اندازه‌های مختلف درجه‌ها (یک درجه‌ی سلسیوس دقیقاً ۱/۸ برابر یک درجه‌ی فارنهایت است)، و سرانجام رقم ۴۰ را که خودمان اضافه کردیم، حذف می‌کنیم.

اثبات مفصل این امر که چرا این روش کارساز است در اینجا چندان اهمیتی ندارد. اما، آنچه که درست و دقیق است، این که همیشه کار می‌کند.

مواد سنگین

چرا هلیوم سنگین تر از هواست؟ در واقع، چرا چیزی از چیز دیگری سبک‌تر

یا سنگین تر است؟

همه چیز از ذرات، اتم‌ها و مولکول‌ها، ساخته می‌شوند. اما صرفاً این نیست که برخی ذرات سبک‌تر از ذرات دیگرند، هرچند که بخش عمده‌ی موضوع همین است. این علت هم در کار است که برخی ذرات نسبت به ذرات دیگر، سفت و سخت‌تر تنگ هم قرار گرفته‌اند.

سرب چگال‌تر - یعنی، سنگین‌تر - از آب هم حجمش است، عمدتاً به این علت که سنگینی اتم‌های سرب بیشتر از یازده برابر مولکول‌های آب است. اما حتی اگر ذرات سرب و آب هم‌وزن (هم‌جرم) هم می‌بودند، در چگالی آن‌ها تفاوتی ناشی از چگونگی قرار گرفتن این ذرات برقرار می‌بود. مثلاً، آب مایع چگال‌تر از آب جامد (یخ) است، هرچند که هر دو از ذرات یکسانی، یعنی مولکول‌های آب تشکیل شده‌اند. اما در مایع، مولکول‌ها تنگ هم‌تر در کنار هم قرار گرفته‌اند تا در جامد. از این رو وقتی می‌گویید که یک ماده از ماده‌ی دیگر چگال‌تر است زیرا ذراتش سنگین‌ترند، لزوماً همه‌ی گازها را بازگو نمی‌کنند.

گازها، نسبت به مایعات و جامدات داستان به کلی متفاوتی دارند، زیرا اصلاً تنگ هم قرار نگرفته‌اند؛ مولکول‌هایشان در هر سوی فضا، به کلی رها از یکدیگر، در حرکت و پروازند. تمام مولکول‌های گاز، در فشار یکسان، دقیقاً در گستره‌ی یکسانی کنار یکدیگر چپیده (در واقع، نه‌چیده)‌اند؛ یعنی، میانگین فاصله‌ی آن‌ها از یکدیگر یکی است، چه اتم‌های هلیوم باشند یا مولکول‌های هوا.

به این ترتیب، کنار هم قرار گرفتن یا چپیده شدن گاز اصلاً چیزی نیست که گازی به اعتبار آن چگال‌تر شود. چگالی هلیوم حدود یک هفتم چگالی هوا در فشار یکسان است، صرفاً به این علت که وزن ذراتش یک هفتم میانگین چگالی ذره‌ی هواست.

آهای! این DNA مال چه کسی است؟

این لکه‌های کوچک سیاه که کارشناسان در دادگاه تحت عنوان «مدرک DNA» این و آن ارائه می‌دهد، چیستند؟ آیا خود DNA اند؟

خیر. آن خطوط تیره‌ی سیاه کرک مانند نردبانی دقیقاً یکی از راه‌های باز نمودن برخی چیزهای بسیار کوچک، که حتی با میکروسکوپ هم دیده نمی‌شوند، به اعضای هیئت منصفه در محاکم و دانشمندان علم زیست‌شناسی برای تحقیقات علمی‌اند. این‌ها عبارت‌اند از آخرین نتایج تعدادی دستکاری آزمایشگاهی که هرگز در دادگاه توضیح داده نمی‌شوند. اما پیش از آن که آن‌ها را تشریح کنیم، آیا DNA واقعی بر ما منت می‌گذارد و خودی نشان می‌دهد؟

DNA پیچیده‌ترین و هولناک‌ترین ماده‌ی روی کره‌ی زمین است، اما اگر از کاربرد کلمات پیچیده دوری جویم و آن جنبه را در نظر بگیریم که هرچه بیشتر بخواهیم بیشتر فرا می‌گیریم، فهم و درک آن خیلی دشوار نخواهد بود.

فرض کنید شما طبیعت باشید، و بخواهید طرحی کلی از حیات را بجوید که در مورد تمام موجودات زنده، هم جانوران و هم گیاهان، کارساز و کارآمد باشد. بزرگ‌ترین مسئله‌ای که با آن مواجه‌اید عبارت است از چگونگی گذار از نسلی به نسل دیگر. رویهم‌رفته، تولید کردن یک گل سرخ زیبا، یک سوسک، یا اسب، مستقل از این‌که چقدر دشوار خواهد بود، کمکی به شما نمی‌کند که خیلی فراتر بروید مگر این‌که به گل سرخ، سوسک، یا اسب قدرت تکثیر بدهید. پس، یک گل سرخ چگونه می‌تواند گل سرخی مثل خود پدید آورد؟ یک اسب چگونه می‌تواند اولادش را پدید آورد که آن هم یک اسب باشد، و نه یک برگ پهن علف یا سوسک - با چهار بال به جای شش بال، بدون سبزینه یا شاخک و الی آخر؟

تعداد کثیری مشخصه‌های آشکار وجود دارند که باید به آن‌ها توجه کرد و

به کارشان بست تا اطمینان حاصل شود که هر نسل جایگزینی نیز از همان الگو پیروی کرده است. طبیعت چگونه نظام یافته که، بارها و بارها، بدون بهره‌گیری از مداد و قلم و کاغذ، نوار مغناطیسی یا دیسک نوری، مقادیر بسیار فشرده‌ای اطلاعات پیچیده را ضبط و پخش کند، که رویهمرفته، مثلاً، «اسب» حاصل و ثمره‌ی آن‌ها باشد؟

پاسخ: آن‌ها را روی نوارهایی از ماده‌ای درخور توجه به نام DNA می‌نویسد، گویی که آن‌ها را روی نوارهای ویدیویی و یا صوتی ریخته است. DNA کوتاه‌نوشتی برای دیوکسی ریبونوکلیک اسید است. این ماده از خوشه‌های خاصی از اتم‌های معینی ساخته می‌شود، که به صورت نوارهای درازی به خط شده‌اند که به صورت مارپیچ و حلزون پیچ خورده و سپس به صورت بسته‌های کوچک فشرده‌ای با هم برخورد کرده و درون هسته‌هایی مجتمع شده‌اند که عملاً متعلق به هر یاخته‌ی هر جزء از هر صورت حیات بر روی کره‌ی زمین، از فیل شش تنی تا باکتری‌های تک یاخته‌ای و وکلای دعاوی! هستند.

اطلاعات روی نوارهای DNA به صورت رمز نوشته می‌شوند. این رمز مشتمل است بر دنباله‌های دقیقی که خوشه‌های اتم‌ها در امتداد آن نوار، به آن صورت آرایش یافته‌اند. اگر خوشه‌های اتم‌ها را به صورت کلمات تصور کنید، دنباله‌های آن‌ها، جمله را تشکیل می‌دهند. دنباله‌های خاص خوشه‌های اتم اجزای خاص اطلاعات را منتقل می‌کنند، درست به همان گونه که دنباله‌های خاص کلمات در یک جمله، معنا یا پیام خاصی را می‌رسانند.

دانشمندان به این «کلمات» خوشه‌ی اتمی نوکلئید^۱ و به «جمله‌ها»، ژن می‌گویند. هر «جمله‌ی» ژن یک جزء (بیت) اساسی از اطلاعات درباره‌ی آن چیزی را بیان می‌دارد که کره اسب - یا بچه سوسک یا نوزاد آدمی - آن خواهد بود یا نخواهد بود. ژن‌ها حتی هر کودک را از دیگری تمیز می‌دهند. در یک تک نوار DNA انسان، تعداد بسیار زیادی (شاید، میلیون‌ها) «کلمه» یافت می‌شود، که به صورت تعداد بسیار زیادی (شاید یکصد هزار) ژن

«جمله» ترکیب شده‌اند، که به استثنای دوقلوهای همسان، در میان بیش از شش میلیون آدمی که بر کره‌ی زمین زندگی می‌کنند - یا در میان آنان که تاکنون بر کره‌ی زمین زیسته و از بین رفته‌اند - هیچ دو نفری دقیقاً مانند هم نبوده و نیستند.

حالا به احتمالات بیندیشید. اگر سیدی داشتید که چند میلیون کلمه در آن بود و برایتان چشم‌بندی می‌زدند و کلمات زیادی را، یکی یکی، از آن بیرون می‌کشیدید، برای ایجاد کتابی (نسبتاً طولانی) متشکل از یکصد هزار جمله، فکر می‌کنید احتمال تکرار این فرایند و درآوردن مجموعه‌ی کلمات دقیقاً یکسان در دنباله‌ای یکسان - یعنی دقیقاً رسیدن به کتابی یکسان، چیست؟ در مورد انسان‌ها، این احتمال حتی به علت جدایی تاریخی و جغرافیایی، حتی کم‌تر است؛ شانس موفقیت در زاییدن دقیقاً یک بچه آفریقایی سیاه‌پوست معین به وسیله‌ی یک زن حامله‌ی سوئدی حتی کم‌تر از آن است که در ریاضیات محاسبه می‌کنند.

پس، اگر هر انسانی بر روی زمین یک مجموعه‌ی یگانه و منحصر‌بفرد ژن بر روی نوار DNA خود داشته باشد، آیا با آزمایش کردن DNA او می‌توانیم به مشخصه‌های آن شخص پی ببریم؟ علی‌الاصول جواب مثبت است، با این تفاوت که هنوز هم به تمامی دنباله‌ی ژن‌های DNA هر کس دست نیافته‌ایم. اما اگر DNA در هر یاخته‌ی بدن، از پوست تا خون، مو، ناخن، منی، یافت می‌شود، آیا نمی‌توانیم جنایتکاری را، مثلاً، از طریق انطباق DNA یک مظنون با DNA یاخته‌های یافته شده در صحنه‌ی جنایت، شناسایی کنیم؟ قطعاً می‌توانیم. و تحلیل DNA در پزشکی قانونی و دعاوی دادگاه‌ها هم در همین زمینه است.

این کار را چگونه انجام می‌دهند؟ DNA را از نمونه‌های یاخته استخراج و آن را با آنزیم‌هایی بررسی می‌کنند که DNA را «رشد می‌دهند» - یعنی نسخه‌های همانند آن را بازسازی و تکثیر می‌کنند، تا این‌که به اندازه‌ای برسند که بشود کارهای آزمایشگاهی را روی آن‌ها انجام داد. آنگاه سایر آنزیم‌ها نوارها را به قطعه‌هایی با اندازه‌های قابل کنترل تقسیم می‌کنند؛ مانند بخش

کردن یک کتاب به صفحات، پاراگراف‌ها، جمله‌ها، و عبارت‌ها. آنگاه کارورزان و متخصصان تمامی قطعه‌های جدا شده را مطابق اندازه‌ی آن‌ها تقسیم‌بندی و جدا می‌کنند (خواهیم گفت که چگونه) و می‌پرسند که دقیقاً کدام آرایش‌های کلمات در هر دو نمونه‌ای که می‌خواهند آن‌ها را با هم مقایسه کنند، بروز پیدا می‌کنند. قطعه‌های یکسان به معنی DNA شخص واحد و مشخص است.

در این باره فکر کنید. اگر بتوانید دو کتاب را به صدها تکه تقسیم کنید که اجزای آن از چند صفحه مشابه یا مجموعه‌های همسانی از پاراگراف‌ها و دقیقاً با نظم یکسانی باشد، آنگاه با کمال تعجب دو نسخه‌ی یکسان از کتاب را خواهید داشت (یا خدای ناکرده، یک سرقت ادبی مرتکب شده‌اید).

حالا برگردیم به آن لکه‌های سیاه زشت. آن خطوط سیاه نردبانی باریک را قطعه‌های DNA می‌سازند، که مطابق با اندازه‌شان در یک وسیله‌ی برقی در امتداد نوعی پیست اسب‌دوانی پخش شده‌اند. متخصصان به این تقسیمات یک بار الکتریکی منفی می‌دهند و این امکان را پدید می‌آورند که به آهستگی در امتداد سطحی به سوی یک قطب الکتریکی مثبت جابجا شوند. کوچک‌ترین و روشن‌ترین قطعه سریع‌تر جابجا می‌شود و مسافت طولانی‌تری را طی می‌کند، و وقتی مسابقه پایان یافت در بالاترین نقطه‌ی نردبان قرار می‌گیرد؛ قطعه‌های سنگین‌تر به درجات گوناگون عقب می‌مانند. به این ترتیب، مطابق با اندازه‌شان پخش و توزیع می‌شوند.

گروه‌های بسیار بسیار کوچک قطعه‌های DNA جدا شده پرتوزا (رادیاواکتیو) می‌شوند، به گونه‌ای که تابش آن‌ها بر لکه‌هایی روی صفحه‌ی عکاسی اثر و رد بر جای می‌گذارند، و به این ترتیب مکان نهایی خود را روی پیست اسب‌دوانی به‌طور دیداری نمایان می‌کنند. صفحه‌ی ظاهر شده‌ی فیلم، علامت‌های قرار گرفته در معرض تابش را به صورت سیاه رنگ بروز می‌دهند که همان چیزی است که دانشمندان آن را می‌سنجند، و به آن وسیله ساختارهای DNA دو نمونه را با هم مقایسه می‌کنند. مواضع یکسان پایانی در انتهای مسابقه حاکی از DNA یکسان و بنابراین فرد واحد است، که احتمال آن

هم بسیار بالاست.

البته، همیشه احتمالی بسیار بسیار جزئی وجود دارد که قاتل یک اسب بوده باشد.

مصرفش کن و دورش بینداز

این روزها برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی و منابع، تمام انواع چیزها را بازگردانی می‌کنیم. آیا می‌توانیم خود انرژی را بازگردانی کنیم؟

اگر منظور از بازگردانی عبارت باشد از تبدیل چیزی به شکلی مفیدتر، حتماً پاسخ مثبت است. همیشه این کار را انجام می‌دهیم. نیروگاه‌ها انرژی آب، ذغال سنگ یا هسته‌ای را به برق تبدیل می‌کنند. در توستر (نان برشته‌کن) آشپزخانه، انرژی الکتریکی را به انرژی گرمایی تبدیل می‌کنیم. در موتور اتومبیل مان انرژی شیمیایی به انرژی مکانیکی (انرژی جنبشی) تبدیل می‌شود. شکل‌های مختلف انرژی قابل تبدیل به یکدیگرند؛ تمام کاری که باید انجام دهیم عبارت است از ابداع و اختراع کردن ماشین مناسبی که این کار را انجام دهد.

اما یک گیر و گرفتاری وجود دارد؛ شاید بزرگ‌ترین گرفتاری در کل جهان هستی: هر بار انرژی را تبدیل می‌کنیم، مقداری از ارزش آن از دست می‌رود. این امر فقط به آن علت نیست که ابزار و وسایل ما ناکارآمدند یا این‌که ما لایقید و شلخته هستیم؛ موضوع بنیادی‌تر از این‌هاست. مثل تبدیل ارز در یک کشور خارجی است؛ یک نماینده‌ی مبادله‌ی ارز کیهانی وجود دارد که همواره در هر معامله مقداری از آن کم می‌کند. نام این کارگزار مبادله‌ی ارز یا صراف کیهانی قانون دوم ترمودینامیک است.

این قانون در واقع یک شوخی است از این قرار که مایه‌ی دلخوشی و مایه‌ی دردسر است.

اولاً، مایه‌ی دلخوشی. این همان قانون بقای انرژی است، که به آن قانون اول ترمودینامیک هم می‌گویند. بنابراین قانون، انرژی نه می‌تواند به‌وجود آید و نه می‌تواند از بین برود. انرژی را می‌توان از یکی از شکل‌های بسیارش به صورتی دیگر - گرمایی، نوری، شیمیایی، الکتریکی، جرم، و الی آخر - تغییر داد و تبدیل کرد، اما بنا بر قانون اول مقدار آن همواره باید ثابت بماند؛ انرژی هرگز ناپدید نمی‌شود. مقدار جرم - انرژی در جهان هستی در لحظه‌ی پیدایش آن تثبیت شد. هرگز نمی‌توانیم انرژی را تمام کنیم (مثل وقتی که بنزین اتومبیل مان تمام می‌شود).

چقدر عالی! پس همه‌ی ما باید انرژی‌ای را که در اختیار داریم به هر شکلی از آن که اتفاقاً در زمان خاصی نیاز داریم، تبدیل و مجدداً تبدیل کنیم - نور را از لامپ می‌گیریم، برق را از باتری، حرکت را از موتور - و بارها و بارها از آن استفاده می‌کنیم. آیا ما انرژی را بازگردانی (بازیافت) می‌کنیم همان‌گونه که قوطی آلومینیومی را بازگردانی می‌کنیم؟

متأسفانه، خیر. این نظر اشتباه است. مایه‌ی دلسردی اینجا رخ می‌نماید. قانون دوم ترمودینامیک می‌گوید که هر زمان که انرژی را از یک صورت آن به شکل دیگرش تبدیل می‌کنیم، اندکی از سودمندی آن را هدر می‌دهیم. نمی‌توانیم خود انرژی را تلف کنیم - بنا بر قانون اول ترمودینامیک این کار ممنوع است - اما مقداری از توانایی (استعداد) انجام کار آن را هدر می‌دهیم. و اگر نمی‌توانید با آن کار انجام دهید، پس انرژی به چه دردی می‌خورد؟

علت این‌که مقداری از شدت و قدرت کار تلف می‌شود این است که هر بار انرژی را از یک شکل به شکلی دیگر تبدیل می‌کنیم، مقداری از آن به صورت انرژی گرمایی هدر می‌رود، چه این گرما را بخواهیم یا نخواهیم.

در حدود ۶۰ درصد انرژی ذغال سنگ که در نیروگاه‌های محلی می‌سوزانند به صورت گرما تلف می‌شود؛ فقط حدود ۴۰ درصد آن به برق تبدیل می‌شود، و قسمت اعظم این انرژی الکتریکی نیز در مسیرش از طریق خطوط انتقال تلف می‌شود. پس، ۹۸ درصد انرژی الکتریکی‌ای که در لامپ روشنایی قرار می‌دهید، به صورت گرما تلف می‌شود. قسمت اعظم انرژی

شیمیایی بنزین در رادیاتور و لوله آگروز به صورت گرما هدر می‌رود. حتی اگر هم تمامی این عملیات پیچیده صد درصد هم کارآمد بود، مقداری گرما به طور اجتناب‌ناپذیری هدر می‌رفت. حتی وقتی آب در یک چرخ آبی گردش می‌کند، مقدار اندکی از انرژی آب به صورت گرمای ناشی از اصطکاک در یاتاقان‌های چرخ هدر می‌رود.

انتظار این‌که اصلاً گرمایی شکل نگیرد مانند این است که انتظار داشته باشیم اصطکاکی در میان نباشد. و انتظار وجود نداشتن اصطکاک مانند این است که انتظار داشته باشیم ماشین تا ابد کار کند و هیچگاه حرکتش کند نشود. یعنی، حرکت دائمی. یعنی، انرژی گرفتن از هیچ. و این هم محال و ناممکن است (ر.ک. قانون اول ترمودینامیک). بنابراین هرچا انرژی، کار ایجاد می‌کند باید گرما هم شکل بگیرد.

اما گرما باز هم انرژی است، این طور نیست؟ قطعاً همین طور است. پس چرا نمی‌توانیم آن گرما را اخذ کنیم و به صورت کار و یک انرژی مفید، برگردانیم؟

حالا مایه‌ی دردسر واقعی قانون دوم را باز می‌گوییم: در واقع می‌توانیم این کار را انجام دهیم، اما نه به‌طور کامل. در حالی که سایر شکل‌های انرژی را می‌توان صد درصد به گرما تبدیل کرد، گرما را نمی‌شود با کارایی صد درصد به شکل دیگری تبدیل کرد. چرا؟ زیرا گرما حرکت تصادفی (کاتوره‌ای)، و نامنظم مولکول‌هاست. و به محض آن‌که انرژی شما در آن شرایط آشوبناک قرار گرفت، نمی‌توانید کار کاملاً مفیدی از آن بگیرید. فقط سعی می‌کنید زمینی را با «خیل» اسبانی شخم بزنید که در تمام جهات در حال دویدن‌اند. به این ترتیب، همچنان‌که چرخش فلک ادامه دارد، تمامی شکل‌های انرژی، اندک اندک، بی‌وقفه به نحوی اجتناب‌ناپذیر به گرما تبدیل می‌شوند. انرژی جهان به تدریج به حرکت بی‌فایده و آشوبناک ذرات تبدیل می‌شود. هرچه بیشتر مصرف کنیم، بیشتر هدر می‌دهیم.

جهان هستی، مانند یک باتری ارزان، دارد ته می‌کشد.

در یک خیابان یک طرفه قرار داریم،

روز خوبی داشته باشید.

پدر، چرا چنین شد؟

شاید سوآل احمقانه‌ای باشد، اما چه چیزی باعث اتفاق افتادن یا نیفتادن رویدادها می‌شود؟ آب سرازیری می‌رود، اما نه سربالایی. می‌توانم در قهوه‌ام شکر بریزم، اما اگر شکر زیادی بریزم نمی‌توانم آن را دوباره از قهوه بیرون آورم. می‌توانم یک چوب کبریت را روشن کنم، اما نمی‌توانم چوب کبریت سوخته را به نسوخته بدل کنم (برگردانم). آیا قانونی کیهانی وجود دارد که تعیین کند چه اتفاقی می‌تواند روی دهد و کدام نمی‌تواند؟

هیچ سوآلی احمقانه نیست. در واقع، این پرسش شاید عمیق‌ترین پرسش در تمامی علم باشد. با همه‌ی این احوال، پاسخ نسبتاً ساده‌ای دارد - از وقتی که یک نابغه به نام جوسایا ویلارد گیبس در اواخر قرن نوزدهم، از همه‌ی آن سر درآورد.

پاسخ از این قرار است که در هر جای طبیعت بین دو کیفیت بنیادی توازن برقرار است: انرژی، که احتمالاً چیزهایی درباره‌ی آن می‌دانید؛ و آنتروپی، که احتمالاً درباره‌ی آن چیزی نمی‌دانید (اما به زودی خواهید دانست). این توازن است که به تنهایی تعیین می‌کند اتفاقی می‌تواند بیفتد یا خیر.

اتفاقاتی به خودی خود می‌توانند رخ دهند، اما در جهت مخالف نمی‌توانند رخ بنمایند مگر این‌که از بیرون کمکی (انگیزشی) دریافت کنند. مثلاً، می‌توانیم با تانکر یا از طریق تلمبه آب را به بالای تپه یا سراسیمپ برسانیم. و اگر واقعاً می‌خواهیم این کار را انجام دهیم، می‌توانیم آن شکر را هم از طریق تبخیر کردن آب و سپس جداسازی شیمیایی شکر از دانه‌های قهوه، شکر را از قهوه مجدداً بیرون بکشیم. تبدیل چوب کبریت سوخته به نسوخته خیلی دشوارتر است، اما با صرف وقت کافی و بهره‌گیری از

تجهیزات لازم، لشکر کوچکی از شیمیدان‌ها احتمالاً می‌توانند کبریت اولیه را از خاکستر، دود، و گازهایی که بر اثر سوختن آن تولید شده، بازگردانند. نکته آنجاست که در هر یک از این موارد مقدار زیادی مداخله - ورودی انرژی از خارج - ضروری است. طبیعت، که به کلی به حال خودش رها شده، اجازه می‌دهد همه چیز خود به خود اتفاق افتند، به تنهایی و به دست خودشان. اما رویدادهای دیگر هرگز خود به خود اتفاق نخواهند افتاد، حتی اگر صبر کنیم و منتظر شویم، بدون مداخله، تا روز قیامت. جان کلام طبیعت این است که اگر توازن بین انرژی و آنتروپی درست و متناسب باشد، اتفاق خواهد افتاد؛ اگر آن توازن برقرار نباشد، آن اتفاق هم نخواهد افتاد.

ابتدا به انرژی بپردازیم. آنگاه آنتروپی را توضیح خواهیم داد. به‌طور کلی، هر چیزی تلاش می‌کند که اگر بتواند انرژی‌اش را افزایش دهد. در یک آبشار، آب انرژی گرانشی پس‌رانده شده‌اش را از سرباز می‌کند و در آبگیر فرو می‌ریزد. (می‌توانیم از این انرژی در به گردش درآوردن یک چرخ آبی استفاده کنیم.) اما همین که آب به داخل آبگیر وارد شد، دیگر آن انرژی به «انرژی مرده» تبدیل می‌شود؛ دست‌کم تا آنجا که سخن از انرژی گرانشی است. این انرژی دوباره می‌تواند به آن بالا برگردد. تعداد زیادی واکنش شیمیایی به دلایل مشابهی اتفاق خواهند افتاد: مواد شیمیایی از طریق تبدیل خود به خودشان به مواد شیمیایی مختلفی که انرژی کمی دارند، از شر انرژی فروخورده و پس‌رانده‌ی خود خلاص می‌شوند. سوختن چوب کبریت مثالی از این حالت است.

به این ترتیب، اگر همه چیز یکسان باشد، گرایش طبیعت از این قرار است که هر چیزی تا آنجا که بتواند انرژی خود را کاهش می‌دهد. این قانون شماره‌ی یک است.

اما کاهش انرژی نیمی از ماجرای است که عامل اتفاق افتادن رویدادهاست. نیمه‌ی دیگرش افزایش آنتروپی است. آنتروپی فقط یک واژه‌ی زینتی برای بی‌نظمی، یا اتفاقی بودن است؛ یعنی آرایش آشوبناک و نامنظم چیزها و اشیاء. بازیکنان فوتبال، در جریان بازی در آرایشی منظم قرار می‌گیرند - آن‌ها به

صورتی بی‌نظم در زمین قرار نمی‌گیرند، و بنابراین آنتروپی پایینی دارند. اما، پس از اتمام بازی ممکن است به صورتی بی‌نظم‌تر و در آرایشی با آنتروپی بالاتر، در تمام زمین پراکنده شوند.

در مورد تک تک ذراتی، اتم‌ها و مولکول‌هایی، که تمام مواد را تشکیل می‌دهند نیز همین امر صادق است. در هر لحظه‌ی معین، می‌توانند در آرایشی منظم باشند، و در آن میان به بی‌نظمی و اغتشاشی هم برسند که نوعی آرایش بشمار می‌آید. یعنی، از مقادیر کم گرفته تا زیاد می‌توانند مقادیر گوناگون آنتروپی را داشته باشند.

اما اگر سایر چیزها (یعنی، انرژی) مساوی باشند، گرایش طبیعت این است که هر چیزی به هر چه بی‌نظم شدن میل می‌کند - یعنی، هر چیزی تا آنجا که بتواند آنتروپی‌اش را افزایش می‌دهد. این قانون شمارهی دو است. مادام که آنتروپی افزایش یابد به‌طوری که بیشتر از آن مقداری باشد که جبران شود (یعنی به ازای آن چیزی کاهش یابد)، می‌تواند افزایشی «غیرطبیعی» در انرژی اتفاق افتد. یا این‌که، کاهش «غیرطبیعی» در آنتروپی می‌تواند پیش آید مادام که انرژی دستخوش کاهش جبران‌کننده باشد.

پس، این پرسش که آیا رویدادی می‌تواند خود به خود در طبیعت پیش آید یا خیر - بدون دخالت عامل خارجی - به مسئله‌ی توازن بین قوانین انرژی و آنتروپی تبدیل خواهد شد.

موضوع آبشار چیست؟ علت این رویداد آن است که کاهش انرژی عظیمی روی می‌دهد؛ عملاً هیچ اختلاف آنتروپی بین شرایط آب در بالا و در پایین وجود ندارد. این فرایندی است که انرژی آن را راه می‌اندازد و پیش می‌برد. یعنی، انرژی انگیزنده است.

در مورد شکر در قهوه جریان چیست؟ شکر به این علت حل می‌شود که افزایش آنتروپی عظیمی در کار است؛ مولکول‌های شکر که در آب شناورند خیلی نامنظم‌ترند از وقتی که به صورت بلورهای دانه‌های شکر محکم به یکدیگر بسته شده‌اند. در این میان، عملاً هیچ اختلاف انرژی بین شکر جامد و شکر محلول وجود ندارد. (قهوه در هنگام حل شدن شکر نه داغ‌تر و نه

سردتر می‌شود، این طور نیست؟) این فرایندی است که آنتروپی آن را راه می‌اندازد یعنی آنتروپی انگیخته است.

درباره‌ی چوب کبریت، آشکار است که، کاهش انرژی زیادی در کار است؛ انرژی شیمیایی نهفته در آن به صورت گرما و نور رها می‌شود. اما افزایش آنتروپی عظیمی هم در کار است؛ دود و گازهای متلاطم خیلی نامنظم‌ترند از وقتی که چوب کبریت کوچک و فشرده‌ای بود. پس این واکنش از جانب قوانین طبیعت دوچندان استقبال می‌شود، و در همان لحظه‌ای با شور و حرارت بسیار اتفاق می‌افتد که مقدمات را فراهم می‌آورد. هم آنتروپی و هم انرژی آن را راه می‌اندازند.

چه می‌شد اگر با فرایندی سروکار داشتیم که در آن یکی از این کمیت‌ها، انرژی یا آنتروپی، «راه خطایی» را در پیش می‌گرفت؟ بله، این فرایند باز هم می‌تواند اتفاق افتد اگر کمیت دیگری راه «درست» را در پیش گیرد که به اندازه‌ی کافی قوی باشد که بر آن چیره شود. یعنی، انرژی بتواند افزایش یابد مادام که آنتروپی آنقدر افزایش پیدا کند که با آن به موازنه و تعادل برسد؛ و آنتروپی بتواند کاهش یابد مادام که کاهش انرژی آنقدر زیاد باشد که با آن موازنه برقرار کند.

کاری که ویلارد گیبس انجام داد عبارت بود از طراحی و نگارش پرسشی برای این توازن انرژی - آنتروپی. اتفاقاً اگر پاسخ این پرسش با یک علامت منفی همراه باشد، فرایند مورد نظر آن است که طبیعت به آن اجازه می‌دهد که خود به خود اتفاق افتد. اگر پاسخ با علامت مثبت همراه باشد، فرایند ناممکن است. مطلقاً ناممکن و محال، مگر این‌که آدمی یا چیز دیگری با آوردن مقداری انرژی از خارج، از اجرای قوانین طفره برونند.

همواره می‌توانیم با مصرف انرژی کافی بر قانون آنتروپی طبیعت مبنی بر این‌که همه چیز به سوی بی‌نظمی می‌رود، غلبه کنیم. مثلاً، با تلاش زیاد می‌توانیم ده میلیون تن طلای محلولی را، اتم به اتم، گرد آوریم که در تمامی اقیانوس‌های کره‌ی زمین پراکنده‌اند، و فقط آنجا مانده‌اند که جمع‌شان کنیم. اما این مقدار طلا در حجم ۱/۳۵ میلیارد کیلومتر مکعب آب اقیانوس‌ها و

به طور تصادفی و کاتوره‌ای پراکنده شده‌اند، که دارای آرایشی با آنتروپی فوق‌العاده بالاست. مسئله این است که برای جدا کردن و پالایش آن انرژی‌ای لازم است که هزینه‌اش خیلی بیشتر از ارزش همه‌ی آن طلا خواهد بود. می‌گویند ارشمیدس (۲۸۷-۲۱۲ پیش از میلاد) در تشریح پرشورش از قوانین مکانیک گفته است «اهرمی با طول کافی و تکیه‌گاهی به من بدهید، تا کره‌ی زمین را از جا بکنم.» اگر او از آنتروپی و اهمیت نظم چیزی می‌دانست، حتماً به جمله‌اش این را می‌افزود که «انرژی کافی در اختیارم بگذارید تا کل جهان را به نظم و ترتیب آورم و هر چیزی را سر جای خودش قرار دهم.»

شرح برخی واژه‌ها و اصطلاحات

شتاب (acceleration): افزایش سرعت به تناسب سپری شدن زمان.

اسید، باز (قلیا)، و نمک (Acid, base, salt): اسیدها و بازها موادی شیمیایی با خواص متضادند که وقتی با هم ترکیب شوند یکدیگر را خنثی می‌کنند و آب و نمک تشکیل می‌دهند. نمک طعام متعارف‌ترین نوع نمک است. کربن دیوکسید و سرکه اسیدهای معمولی‌اند. آمونیاک و قلیاب از جمله‌ی بازهای متعارف بشمار می‌آیند.

آلیاژ (Alloy): فلزی که از ذوب کردن توأم دو یا چند فلز خالص درست شده باشد.

اتم (Atom): ذره‌ای بسیار ریز، که همه‌ی مواد از آن ساخته می‌شوند. ۱۱۰ نوع اتم شناخته شده است. اتم‌ها تقریباً همیشه در قالب ترکیب‌های گوناگون با هم پیوند برقرار می‌کنند و مولکول‌ها را تشکیل می‌دهند.

کالری (calorie): مقداری از انرژی گرمایی. مطابق آنچه که شیمیدان‌ها از این کلمه می‌گویند، کالری عبارت است از مقدار گرمایی که یک گرم آب می‌گیرد تا دمایش یک درجه‌ی سلسیوس بالاتر رود. کالری انرژی غذایی که متخصصان تغذیه به کار می‌برند برابر است با هزار برابر کالری شیمیدان‌ها.

موئینگی (capillary): لوله‌ای بسیار باریک، یا هر فضای بسیار باریکی که مایع بتواند در آن جاری شود. آب و برخی مایعات دیگر خود به خود در چنین فضاهای باریکی بالا می‌روند زیرا مولکول‌هایشان را جدار یا دیواره‌های این لوله جذب می‌کند.

کربوهیدرات‌ها (carbohydrates): خانواده‌ای از مواد شیمیایی گیاهی که مواد نشاسته‌ای، مواد قندی، و مواد سلولزی را در بر می‌گیرند.

نیروی مرکزگریز (centrifugal force): نیرویی که باعث می‌شود اجسامی که مسیر دایره‌ای را می‌پیمایند، به حرکت به سوی بیرون گرایش پیدا کنند. اگر گاهی از نیروی مرکزگرا (*centripetal force*) شنیده‌اید، آن را فراموش کنید؛ این اصطلاح فقط به نحوی غیر ضروری گیج‌کننده است.

ترکیب شیمیایی (chemical compound): ماده‌ای خالص و قابل تشخیص که مولکول‌هایش از انواع و تعداد معینی اتم‌ها ساخته می‌شوند. غالباً ترکیب‌های شیمیایی خالص در طبیعت یافت نمی‌شوند زیرا تقریباً هر چیزی در جهان از ترکیب‌ها و آمیزه‌های آن‌ها ساخته شده‌اند.

میعان (condensation): وقتی بخار به اندازه‌ی کافی سرد و به مایع تبدیل شود، می‌گویند چگالیده یا مایع شده است. میعان وارونه‌ی عمل جوشیدن است، که در آن مایع چندان داغ می‌شود که به بخار بدل شود.

کسینوس (cosine): در هر مثلث قائم‌الزاویه عبارت است از نسبت ضلع مجاور هر زاویه‌ی حاده به وتر آن مثلث است. در ضمن همان شخصی *cosine* روی ماشین حساب هم هست.

بلور (crystal): جامدی که از آرایش هندسی منظمی از ذرات تشکیل شده باشد. این جامد با برخورداری از شکل خارجی هندسی منظم، آن آرایش درونی منظم را منعکس می‌کند.

چگالی (Density): معیاری از سنگینی حجم (کُپه‌ی) معینی از یک ماده. مثلاً چگالی آب یک گرم بر سانتی‌متر مکعب است. برای مقایسه، چگالی سرب یازده گرم بر سانتی‌متر مکعب است.

حل شدن (Dissolving): وقتی ماده‌ای در آب حل شود، چون عملاً از هم فرو می‌پاشد ظاهراً ناپدید می‌شود؛ مولکول‌هایش از یکدیگر جدا می‌شوند و در میان مولکول‌های آب به صورتی تنگاتنگ در می‌آمیزند. این آمیزه را محلول می‌گویند. «قدرت» محلول حاکی از میزان ماده‌ی حل شده در هر مقدار معین آب است. شیمیدانان، به دلایل مخصوص خودشان، بر استفاده از غلظت به جای قدرت، اصرار می‌ورزند.

تابش الکترومغناطیسی (Electromagnetic radiation): انرژی خالص به شکل

موج، که با سرعت نور در فضا سیر می‌کند. انواع شناخته شده‌ی انرژی الکترومغناطیسی از امواج رادیویی تا میکروموج‌ها تا نور (هم مرئی و هم نامرئی) تا پرتوهای ایکس تا پرتوهای گاما را در بر می‌گیرند. امواج الکترو-مغناطیسی دارای طول موج و بسامد ارتعاش‌اند؛ هرچه طول موج کوتاه‌تر باشد، بسامد این انرژی بالاتر است.

الکترون (Electron): ذره‌ای ریز و باردار. مکان همیشگی (یا زیستگاه بومی) آن خارج از هسته، مغز بسیار سنگین، یک اتم است. الکترون‌ها به آسانی از اتم‌هایشان جدا می‌شوند و می‌توانند گرد خودشان بچرخند.

آنزیم (Enzyme): واکنش‌یار (کاتالیزور) طبیعی - ماده‌ای که فرایندی شیمیایی را بدون این‌که خودش به مصرف برسد یا تمام شود یا به هر طریق تغییر کند، شتاب می‌بخشد. فقدان آنزیم‌ها در گیاهان و جانوران فرایندهای حیات را که با سرعت معقولی اتفاق می‌افتد، بسیار کند می‌کند.

گرما (Heat): یکی از صورت‌های انرژی، که حرکت اتم‌ها و مولکول‌ها در ماده جلوه‌ی آن بشمار می‌آید.

ظرفیت گرمایی (Heat capacity): مقدار گرمای اضافه شده‌ای که برای بالا بردن دمای یک ماده به اندازه‌ی چند درجه‌ی مشخص، لازم است. مثلاً، آب پیش از آن که خیلی داغ شود مقدار زیادی گرما دریافت می‌کند؛ ظرفیت گرمایی آب زیاد است.

گرمای نهان ذوب (Heat of fusion): مقدار گرمایی که یک جامد می‌گیرد تا ذوب شود. معمولاً بر حسب تعداد کالری‌های لازم برای ذوب کردن یک گرم آن بیان می‌شود.

ترکیب غیر آلی یا آلی (Inorganic or organic compound): شیمی‌دانان تمامی مواد شیمیایی را به دو رده تقسیم کرده‌اند: غیر آلی (معدنی) و آلی. مولکول‌های ترکیب‌های آلی حاوی اتم‌های کربن‌اند؛ ترکیب‌های غیر آلی چنین نیستند. تقریباً تمام مواد شیمیایی دخیل در حیات گیاهی و جانوری آلی‌اند.

یون (Ion): یون عبارت است از اتم یا گروهی از اتم‌ها که بار الکتریکی دارند،

که از طریق از دست دادن برخی الکترون هایشان یا دریافت الکترون های اضافی، به دست آمده باشند. اکثر کانی ها به جای اتم ها یا مولکول های بدون بار، به صورت یون یافت می شوند.

انرژی جنبشی (kinetic energy): انرژی جنبشی عبارت است از آن گونه انرژی که به شکل کشش، یا حرکت، باشد. توپ بیس بالی که ضربه به آن برخورد کرده باشد دارای انرژی جنبشی آشکاری است. اما گرما نیز یکی از شکل های انرژی است زیرا از جنبش اتم ها و مولکول های هر شیء تشکیل می شود، هرچند که آن شیء خودش در حال حرکت نباشد.

مولکول (Molecule): هر ذره ی ریز، که تقریباً تمام مواد از آن ساخته می شوند. مواد گوناگون به این علت مختلف اند که مولکول هایشان ترکیب، آرایش، اندازه، یا شکل متفاوتی دارند. مولکول ها، به نوبه ی خود، از ذرات حتی ریزتری به نام اتم تشکیل می شوند. اتم ها هم به نوبه ی خود شامل الکترون ها هستند که پیرامون هسته پراکنده اند.

هسته (Nucleus): مغز مرکزی سنگین اتم. عملاً حاوی تمامی جرم یا وزن اتم. هزاران بار از الکترون های اتم سنگین تر است.

قطبی (Polar): ماده ی قطبی از مولکول هایی ساخته می شود که الکترون های اتم های آن ها در یک سرش متمرکزترند، تا در سر دیگرش، که آن سر را، در مقایسه با سر دیگر، دارای بار الکتریکی منفی می کند. چنین مولکولی به نیروهای الکتریکی و مغناطیسی پاسخ می دهد، در حالی که مولکول ناقطبی نسبت به این نیروها خنثی و بی تفاوت است. مولکول های آب قویاً قطبی اند؛ که آب به این علت از خواص منحصر بفردی برخوردار است.

بسیار (Polymer): ماده ای که مولکول های بزرگ آن از مولکول های کوچک تر بسیار زیادی تشکیل می شوند، که به هم پیوند خورده اند. پلاستیک ها و پروتئین ها بسیارند.

انرژی پتانسیل (potential energy): نوعی انرژی که به نحوی نظم یافته و منتظر است رها شود تا کار مفید انجام دهد. مثال ها: انرژی پتانسیل گرانشی

(تخته سنگی که در کناره‌ی دره‌ای عمیق معلق مانده باشد)، انرژی پتانسیل شیمیایی (لوله‌ی دینامیت)، و انرژی پتانسیل هسته‌ای (مجموعه‌ای از اتم‌های اورانیم).

فشار (Pressure): مقدار نیرویی که به هر واحد یک سطح وارد می‌آید. غالباً بر حسب کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع اندازه‌گیری می‌شود.

پروتئین (Protein): بسیاری که در گیاهان و جانوران یافت می‌شود، و مولکول‌های بلند آن‌ها را مولکول‌های آمینواسیدی تشکیل می‌دهند که درهم فشرده شده‌اند. آمینواسیدها عبارت‌اند از ترکیب‌های شیمیایی آلی حاوی نیتروژن که در سوخت و ساز انسان نقش اساسی دارند.

واکنش اکسایش-کاهش (Redox reaction = reduction-oxidation reaction): واکنشی شیمیایی که در آن الکترون‌ها از یک نوع اتم، مولکول، یا یون به دیگری گذرانده می‌شوند.

طیف (Spectrum): نمایشی از تمام طول موج‌های تابشی که یک ماده‌ی مشخص گسیل یا جذب می‌کند. خورشید طیف گسترده‌ای از تابش، از جمله طیف مرئی گسیل می‌کند: رنگین کمان رنگ‌هایی که چشم آدمی می‌تواند ببیند.

دما (Temperature): عدد و رقمی که میانگین انرژی جنبشی، یا انرژی حرکتی، تمام ذرات یک ماده را بیان می‌کند.

پرتوهای گاما ۲۶۹	اکسایش ۱۱۶	آب جوش ۶۴
پرتوهای یخ‌زدای طبیعی ۱۴۲	اکسند ۵۹	آب خالص ۱۲۴
پرک ۱۵	اکسید فریک ایدار شده ۱۱۶	آب سبک ۱۸
پرکراتیلن ۱۵	اکسید فریک هیدراته ۱۱۶	آب سخت ۱۸
پروتئین ماهی ۱۷۴	اکسیده ۵۹	آب نبات ۲۰
پره‌های برف ۲۰۳	الکتریسته، از مواد شیمیایی ۵۳	آب نما ۲۵۵
پشت اردک ۱۴	الکل و آب ۲۴۳	آب نمک ۱۲۴
پکتین ۷۵	امواج رادیویی ۲۶۹	آتش‌بازی ۲۰۹
پلاتین ۲۷۳	امولسیون عکاسی ۱۷۳	آدامس بادکنکی ۲۳۹
پلاستیک ۱۴۳	انترویی ۲۹۲	آسیاب‌های نمک ۹۷
پل بروکلین ۲۵۱	انرژی جنبشی ۲۹۰، ۲۲۲	آشپزی
پلی تترافلورو اتیلن PTFE ۱۰۰	انقلاب صنعتی ۱۹۸	آفتاب‌سوختگی ۱۸۱
پیش‌تنش‌گذاری ۱۱۴	اورانیم ۱۱۶	آلبومین ۷۳
پیوندهای دوگانه ۱۶۶	آوردیوپوینز ۲۹۵	آلومینیم (اکسایش ۱۱۷)
پیوند هیدروژنی ۲۴۱، ۱۲۸	اینشتین، البرت ۲۷۷	آلیاژهای سکه ۱۸۸
✓	✓	آنزیم‌های گوارش ۱۷۵
تابش ۳۵	باتری	آهنربا ۱۰۸
تابش الکترومغناطیس ۲۶۸، ۸۸	پر کردن ۵۶	✓
تابش فروسرخ ۲۶۸، ۱۹۶، ۳۶	ساختن ۵۵	ایر پلاسما ۲۱۸
تابش‌های یوننده ۲۷۲	ولتاژ ۵۵	آب سرد ۲۴۸، ۲۰۶
تایرانومیل ۴۶	باز شدن یخ غذا ۱۴۲	ایرهای الکترونی ۱۳۰
تبخیر ۱۴	باکتری	ایرهای توفان‌زا ۱۹۳
تبدیل دمای سلسیوس به فارنهایت	در فساد ماهی ۱۷۴	اتم‌سفر ۲۶۰
۲۹۷	دستگاه‌های برف ساز ۲۰۶	اتیل کلرید ۲۲۴
تبدیل یک‌گانه انگلیسی ۲۹۶	بالن هلیوم ۲۱۲	اتیل گلیکول ۱۱۹
تبدیل یک‌گانه متر ۲۹۴	بتن ۱۱۵	اثر ارتفاع بر جوشیدن ۲۵۷
تراکم‌ناپذیر ۲۵۴	بخار ۲۲	اثر فشار هوا (بالن ۱۷۷)
تصعید ۲۰۰	برج سیرز ۲۸۷	اثر گلخانه‌ای ۱۹۵
تعادل ۱۴۴	برف مصنوعی ۲۰۵	اثر وضع هوا بر دمای جوش ۲۹۷
تفلون ۱۰۰	برنج ۱۸۶	ادمیرال نیمیتس ۲۲۶
تقویت‌کننده‌ی طعم ۱۵۹	برنز ۱۸۶	ارشمیدس ۲۲۵
روغن‌های اشباع نشده ۱۶۶	بسیار ۱۰۳	استیروفوم ۳۷
تکانه ۲۸۹	بلانکت، روی ۱۰۰	اسکیت روی یخ ۲۶۰
تلمبه‌ی دوچرخه ۱۳۳، ۱۳۱، ۲۸	بمب اتمی ۲۷۷	اسمز ۱۰۶
توربیلی، لوانجلیتا ۱۹۱	بی‌کینگ پودر ۲۹۴	اسیدهای آمینه ۱۶۰
✓	بیماری کیسون ۲۳۳	اصطکاک ۲۱۷
جامدات اقیانوسی ۹۳	بی‌نظمی ۳۰۸	اصل ارشمیدس ۲۲۴
جریان الکتریکی ۵۴	✓	اصل برنولی ۱۳۵
جنگل‌های بارانی ۱۹۹	پارا دی کلروبنزن ۲۰۱	افزایش آنترویی ۳۰۸
جو زمین ۱۹۷	پارافین ۱۶۷	افشانه ۱۰۴
جوش شیرین ۷۹	پارامغناطیس ۲۸۵	اکسالیک اسید ۱۰۹

✓	دوب شدن ۱۲۴	جوشیدن ۶۲
طلا	✓	جیوه
۳۱۱ در اقیانوس ها	راکتور هسته‌ای ۲۸۰	خسی ۲۴۳
متوقف‌کننده‌ی پرتو ایکس ۲۷۳	ربایش مولکولی در آب ۲۴۳	دما سنج طبی ۵۱
طیف ۲۶۹	ربایش و اندروالس ۱۲۹	دما سنج هوا ۱۹۱
طیف‌گسیلی ۲۰۹، ۲۷	ربایش‌های مولکولی آب ۱۳۰	✓
✓	رسانش ۳۵	چراغ‌های نئون ۲۱۱
ظرفیت گرمایی ۲۴۶، ۱۷۸	رطوبت ۲۴۰	چربی اشباع شده ۷۷
✓	رمزگذاری DNA ۳۰۱	چربی تخم مرغ ۷۳
عایق ۳۵	رنگ ابر ۱۹۳	چربی‌های اشباع نشده ۷۸
عمل ۱۱۹	رنگ	چرک
عکاسی فرو سرخ ۲۷۰	نور ۲۷	چسبیدگی ۱۴
✓	روان ساز ۱۲۹	چسبندگی ۱۰۰
غشا ۱۰۶	روغن زیتون ۲۴۲	چگالی ۲۲۵
✓	روغن و چربی ۱۶۶	چگالی آب دریا ۲۳۱
فرایندهای شیمیایی ۲۷۸	✓	✓
فراینده‌های ۲۷۹	زنگ زدگی ۱۱۵	حالت پایه ۲۰۹
فرومغناطیس ۲۸۶	زیر دریایی‌ها ۲۲۷	حباب‌های کف صابون ۲۱
فساد ماهی ۱۷۴	سدیم بی‌کربنات ۷۹	حرکت اتم‌ها و مولکول‌ها ۳۳
فشار ۱۳۱	سدیم هیپوکلریت ۵۹	حرکت دائمی ۲۸۹
فشار اسمزی ۱۰۷	سطح آب اقیانوس‌ها ۱۹۹	حرکت سقوطی ۲۸۷
فشار جوی	سفیده‌ی تخم مرغ ۷۳	حل کردن ۱۲۷
اندازه‌گیری ۱۹۰	سقف‌های مسی ۱۸۵	حل کردن بلور قند ۱۵۳
کنار دریا ۱۹۲	سکه ۱۸۵	✓
نقطه‌ی جوش ۱۲۲	سلولز ۷۴	خاکستر جوب ۱۲
فشار سنج ۱۹۱	سنگ آهک ۲۱، ۱۲	خشک‌شویی ۱۵
فوتوسنتز ۱۹۶	سنگ تروی ۳۹۵	خشک‌کن ۱۳۸
✓	سوختن در فریزر ۱۵۵	خون ۱۰۶
قانون بقای انرژی ۳۰۵، ۲۷۵	سوخت و ساز در بدن ۱۴۶	✓
قانون دوم ترمودینامیک ۳۰۴، ۲۶۸	✓	دستگاه متری ۲۹۳
قانون طبیعت ۲۶۹	شائل فضایی ۲۱۶	دلمه ۲۹
قانون گازها ۲۱۴	شتاب گرانشی ۲۸۷	دمای جو زمین ۲۱۳
قطب‌های الکتریکی ۱۲۷	شکافت هسته‌ای ۲۸۲	دمای شیشه ۱۱۴
قطبی بودن ۲۴۱	شمع	دمای کرده‌ی زمین ۱۹۹
قلیا ۱۲	چرا شعله زرد است ۲۴	دود سیگار ۴۲
قوانین حرکت نیوتون ۲۶۸	چگونه می‌سوزد ۲۲	دی سدیم -۱۵۰ یانوزینات ۱۶۰
قهوه ۱۵۳	شناوری ۲۲۷، ۲۲۵	دیگ بخار ۲۱
✓	سوری نمک ۹۶	دیوکسی‌ریبونوکلیتیک اسید DNA
کارامل سازی ۷۲	شوینده ۱۸	۳۰۱
کازئین ۷۸، ۴۵	شیشه‌ی اتومبیل ۱۱۳	✓
کالری	✓	ذرت
در پروتئین ۱۴۷	صابون کاستیل ۱۲	ذرت قند ۱۴۹
در چربی ۱۰۴	✓	شریت ذرت ۱۴۸
در کربوهیدرات ۱۴۷	ضد یخ ۱۱۹	کربوهیدرات ۱۴۸

در چربی ۱۰۴	مخمر ۱۶۱	نیتریک اکسید ۱۹۰
کاهش انرژی ۳۰۸	مس	نیروی رو به بالا ۲۱۲
کیالت ۲۸۷	پنی ۱۸۵	نیروی رو به پایین ۲۱۲
کراکر نمکی ۱۴۹	خوردگی ۱۱۷	نیروی مرکزگرز ۱۶۳
کربنات در جوش شیرین و	سقف ۱۸۵	نیکل ۵۵
خمیرمایه ۷۹	مغناطیس درمانی ۲۸۷	نیم تراوا ۱۰۶
کربن دیوکسید	مقدار شدت جریان ۱۱۲	✓
انترگلخانه‌ای ۱۹۸	مکانیک لاستیک ۱۶۲	واکنش زنجیره‌ای ۲۷۹
به صورت گاز و مایع ۲۸	مکیت ۶۱	واکنش‌های اکسایش-کاهش ۵۳
مولکول‌ها ۳۰	مکمل‌های کلسیمی ۱۵۷	وان حمام ۱۱
کربن مونوکسید ۱۳۷، ۱۳۶، ۱۳۳	منیزیم استیرات ۲۰	ورق فلزات ۱۴۲
کربنیک اسید ۲۸، ۱۹	مواد شیمیایی ۵۳	ولتاژ ۱۱۲
کربوهیدرات ۷۳	موج ۱۷۹	
کره ۷۷	موج شوکی ۲۱۸	هسته‌ی زمین ۱۱۶
کره‌ی تصفیه شده ۷۷	مولکول‌های قطبی ۶۷	هلم ۲۱۲
کشش سطحی ۲۳۸، ۱۶	مونوسدیم گلوتمات ۱۵۹	هم افزایی ۱۵۹
کلاژن ۱۷۲	مهبانگ ۲۹۱	همرفت ۳۵
کلسیم ۱۵۸	مه در بطری ۱۴۳	همرفت واداشته ۳۶
کم خون ۱۰۹	میکروموج ۸۷	هموگلوبین ۱۶۲
کوکاکولا ۱۵۱	میلار ۲۱۵	هوا
کیک قهوه ۲۹۳	میوگلوبین ۱۶۲، ۷۷	الودگی ۱۰۹
✓	✓	جریان خون ۳۳۲، ۱۳۷
گرانش ۱۹۳	نسبیت ۲۷۸	رسانش گرما ۳۶
گرد خمیرمایه ۷۹	نسیم دریا ۱۷۸	سرمایش ۱۵۴
گرمایش و سرمایش ۱۵۳	نفت خام ۱۶۵	شفافیت ۱۹۰
گرم کن ۴۰	نقره ۱۴۲، ۱۱۶	فشار در تایر ۴۶
گریه سالت لیکس ۲۲۷	نقطه‌ی انجماد ۱۱۹، ۸۶، ۳۹	قالب یخ ۲۶۶
گلوزر ۱۴۹	نقطه‌ی جوش	محلول در آب ۲۴۷، ۲۳۴
گوی بیلیارد ۱۷۱، ۷۱	آب ۶۱	مولکول ۱۹۱
گیس، ویلارد ۳۰۷	دمای جوش ۶۶	نیروی گرانشی ۲۱۳
✓	سوپ مرغ ۶۷	وزن ۱۳۹
لاستیک دوچرخه ۱۳۱ تا ۱۳۳	شهد شکر ۷۱	هواپیما ۱۳۵
لاستیک	نقطه‌ی ذوب ۸۵	هوای داغ ۳۶
کش آمدن ۳۴	نم سنج ۱۹۱	هوای فشرده ۲۰۶
مولکول ۳۳	نمک آفتابی ۹۴	هیدروکربن ۱۳۰، ۲۲
لامپ‌های گرمایی ۲۷۰	نمک دریا ۹۲	✓
لترمن، دیوید ۱۶۲	نمک سنگ ۹۳	یخ خشک ۱۶۸
لوله‌های آب ۲۱	نوترون ۲۸۲	یخ زدن ۸۵
✓	نور مرئی ۲۷۰	یخ و نمک ۴۹
ماشین‌های برف‌ساز ۲۰۵	نوکلتوئید ۳۰۱	یخ‌های قطبی ۲۱۹
مالتوز ۱۴۹	نوکلتون ۲۸۲	یون ۶۵
مبادله‌ی یونی ۲۰	نیتروگلیسرین ۲۸۱	یون‌های سدیم ۶۶