علم در عمل

جان لینهان

ترجمه‌ی
منیژه مدبر

انتشارات مازیار

فهرست مطالب

پیش‌گفتار ۹

چرا چیزها کار می‌کنند؟ ۱۱

یخبندان، انبساط، و بعد اصطکاک ۱۲
صداهای ناشنیده ۱۵
آب، همه‌جا آب ۱۹
عبور از آینه ۲۵
مقاومت مصالح ۲۸
گرم و سرد ۳۴
داستان تکان‌دهنده ۴۲
دوچرخ‌ها بهترین‌اند ۴۹
علم و نی‌انبان ۵۳
چپ و راست ۵۸

تاریخ ۶۳

آزمایشی که محقق نشد ۶۴
پدران پرواز ۷۰
سوار بر امواج ۷۶
آتش کهن ۷۹
چگونه می‌توان سد راه علم شد ۸۳
تلسکوپ جادرل بنک ۸۶
تعیین وقت محلی ۹۰
تصادف یا برنامه؟ ۹۴
آزمایشگاه کاوندیش ۹۷

علم و جامعه ۱۰۵

مقررات عبور و مرور ۱۰۶
رابطه‌ی محیط زیست و بیماری ۱۰۹
باران رادیواکتیو و سلامتی ۱۱۲
کری دیسکوتکی ـ خطری که ۱۱۶
هرگز وجود نداشت ۱۱۶
انرژی هسته‌ای در جنگ ۱۱۹
علم و جامعه ۱۲۴

زمین، خورشید و ستارگان ۱۳۱

مغناطیس بزرگ ۱۳۲
جشنی برای ولکان ۱۳۷
ساعت آفتابی خیلی بیش از این ۱۴۰
حرف‌هاست ۱۴۰
بازگشت به آغاز ۱۴۳
اتفاقی به قدمت زمین ۱۴۷
غنی‌سازی دریا ۱۵۱
قاره‌های سرگردان ۱۵۴

حساب و موضوعاتی از این دست ۱۶۱

بازی با اعداد ۱۶۲
تلاش برای به دست آوردن اعداد ۱۶۵
کاملاً تصادفی ۱۶۵
پاسکال و احتمال ۱۶۸
نشان ضربدری که هر محصلی می‌شناسد ۱۷۴
معما و مسئله ۱۷۷
حسابِ معلومات عمومی ۱۸۱

دنیای زندگان ۱۸۷

بیگانه‌ای در ساحل ۱۸۸
حسی که از آن نمی‌توان گذشت ۱۹۱
رژیم غذایی ۱۹۷
مواد غذایی طبیعی و مصنوعی ۲۰۱
موسیقی پزشکی ۲۰۵
الکترود در مغز ۲۰۸
وقتی که عادت اعتیاد می‌شود ۲۱۲
علف برایتان مفید است ۲۱۵
سرگذشت خون ۲۱۸
انسان و مولکول ۲۲۲
فرجام دایناسورها ۲۳۰

آدم‌ها ۲۳۵

نخستین نشانه‌های نبوغ ۲۳۶
هنر زهر دادن خاندان بورجا ۲۳۹
مغز انسان ۲۴۳
دکتر لیوینگستون ۲۴۶
صندلی الکتریکی ۲۴۸
جان دی و ناوگان اسپانیا ۲۵۲
من به ویتگنشتاین یاد دادم ۲۵۶

حماقت و غرور ۲۵۹

هندسه‌ی الهی ۲۶۰
جادوگری علمی ۲۶۵
ستارگان در روز روشن ۲۷۱
درآوردن جادو جنبل از هوا ۲۷۴
بازده نزولی ۲۷۷
پیش‌بینی آینده ۲۸۲
علم و ماوراءالطبیعه ۲۸۵

یخبندان، انبساط، و بعد اصطکاک

در دوره‌ای که دانشگاه استرات کلاید هنوز آندرسونین نامیده می‌شد، به دانشگاه دیگری در گلاسکو گاهی به شوخی تامسونین می‌گفتند که معنی‌اش این بود عده‌ای از اساتید آن از خانواده‌ی تامسون‌اند. در سال تحصیلی ۹-۱۸۴۸ پنج تن از اعضای این خانواده از جمله ویلیام تامسون، که بعدها به لرد کلوین مشهور شد، و پدرش در این دانشگاه تدریس می‌کردند.

جیمز برادر ویلیام موفق نشد به کرسی مهندسی دست یابد، با این حال شب‌ها در اتاق کارش می‌ماند و تحقیقات خود را در خلوت دنبال می‌کرد. در زمستان آن سال ویلیام برخی از افکار هوشمندانه‌اش را درباره‌ی نظریه‌ی گرما بسط داد و به این نتیجه رسید که با افزایش فشار، نقطه‌ی انجماد آب کاهش می‌یابد. این تأثیر چندان به چشم نمی‌آمد، چون فشاری در حدود ۱/۵ آتمسفر لازم بود تا نقطه‌ی انجماد آب $1^{\circ}C$ تغییر کند. اما ویلیام، که بعدها استاد فلسفه‌ی طبیعی شد، آزمایش‌هایی برای تأیید این محاسبات انجام داد.

در یکی از این آزمایش‌ها، ظرف شیشه‌ای محکمی را با مخلوط آب و یخ پر کرد و دماسنجی در آن قرار داد. تا زمانی که آب و یخ هر دو در ظرف باقی بودند، دمایی که دماسنج نشان می‌داد همان نقطه‌ی انجماد آب بود. پیستونی که بالای دستگاه نصب شده بود با قدرت می‌چرخید و پایین می‌آمد و فشار بر مخلوط را افزایش می‌داد. خوشبختانه، ظرف نشکست و دما به طور محسوسی پایین آمد؛ با برداشتن فشار اضافی دما به مقدار اولیه‌اش برگشت.

پایین آمدن نقطه‌ی انجماد بر اثر افزایش فشار یکی از چند ویژگی غیرعادی آب است که به انبساط آن در هنگام انجماد مربوط می‌شود. به دلیل همین انبساط، چگالی یخ از آب کم‌تر است و کوه‌های یخ به جای فرو رفتن به ژرفای آب، روی آن می‌مانند که گاه خسارت به بار می‌آورند. اما از سوی دیگر، اینکه یخ خیلی راحت روی آب شناور می‌ماند هم به نفع کسانی است که اسکیت و سرسره‌بازی می‌کنند و هم مناسب حال ماهی‌هاست؛ چون اگر

آب از کف دریاچه رو به بالا شروع به یخ زدن می‌کرد، ماهی‌ها نمی‌توانستند زمستان را از سر بگذرانند.

ورزش‌های زمستانی، همه‌شان در گرو لغزندگی برف و یخ‌اند. علت این خاصیت تنها همین اواخر به نحو قابل پذیرشی توضیح داده شد. در آستانه‌ی سده‌ی بیستم این نظر مطرح بود که روانی حرکت اسکیت به این دلیل است که فشار تیغه‌های آن نقطه‌ی ذوب یخ را پایین می‌آورد و از این رو موجب ذوب مقداری از آن می‌شود. علاوه بر این، با نمایش فیلم هم نشان داده می‌شد که چگونه پس از عبور اسکیت‌باز، آب دوباره یخ می‌بست.

این توضیح قابل پذیرش بود و نیم قرن تمام به همین صورت در کتاب‌های درسی گنجانده شد. اما بعد کاملاً اشتباه از آب درآمد. محاسبه‌ی ساده‌ای نشان می‌دهد که هر تغییری در نقطه ذوب یخ، حتی از سوی اسکیت‌بازی سنگین وزن، بیش از یک دهم درجه نیست. با این حال همگان می‌دانند که وقتی دمای هوا (و یخ) چندین درجه زیر صفر است راحت‌تر می‌توان اسکیت‌بازی کرد.

چند دهه پیش دکتر اف. پی. بودن، استاد فیزیک دانشگاه کمبریج، مشغول اسکی در کوه‌های آلپ بود که پشت برف ماند و مجبور شد چند روزی را در کلبه‌ای کوهستانی بگذارند. در آن‌جا وقت کافی برای فکر کردن داشت. چوب‌های اسکی که او را به کلبه رساند، در دمای $-20^{\circ}C$ خیلی روان حرکت می‌کردند. بگذریم از این که حتی فیل هم نمی‌تواند آنقدر فشار ایجاد کند که یخ در آن دما ذوب شود.

بودن به این نتیجه رسید که کتاب‌های درسی در این مورد در اشتباه‌اند و حرکت روان چوب‌های اسکی بر روی برف بایستی ناشی از لایه‌ی نازکی از آب باشد که گرمای اصطکاک آن را ایجاد می‌کند. بعد برای مدتی طولانی در آلپ ماند و با انجام چند آزمایش ابتکاری کار را با تفریح همراه کرد.

این کارها به یک برنامه‌ی مفصل تحقیق درباره‌ی مسائل کلی اصطکاک و روغن‌کاری (که اکنون به آن نام وزین فیزیک اصطکاکی داده شده است) انجامید و در حال حاضر کاربردهای بسیاری در علم و صنعت دارد.

... پشت برف مانده در کلبه‌ای کوهستانی با وقت کافی برای فکر کردن.

اگر سُر خوردن چوب اسکی واقعاً به دلیل لایه‌ی نازک آب زیر آن باشد، بایستی اصطکاک در دماهای خیلی پایین افزایش یابد، چون در این دماها برف به آسانی آب نمی‌شود. آزمایش‌های بودِن نشان داد که این موضوع به راستی جای بررسی بیشتر دارد. اصطکاک روی برف خیلی خشک (در دمای حدود ۶۰°C-) تقریباً برابر اصطکاک روی ماسه‌ی خشک است. کاشفان قطب قطعاً این مسئله را تجربه کردند و چه بسا همین امر در ناپدید شدن گروه کاپیتان اسکات در بازگشت از قطب جنوب دخالت داشته است.

پس از آن بودِن شروع به آزمایش روی واکس چوب اسکی و مواد دیگری کرد که برای کم کردن اصطکاک به کار می‌روند. او پیش‌بینی کرد که PTFE (پلی‌تترافلوئور اتیلن که ماده‌ی سفید بسیار سفت و سختی است) باید حتی از واکس بهتر باشد. این موضوع با آزمایش‌های بیشتر، که بر اساس اندازه‌گیری سرعت چوب‌های اسکی بود، تأیید شد. گاهی روی این چوب‌ها وزنه می‌گذاشتند و گاهی هم مشتاقان پرتحرک اسکی، سوارشان می‌شدند.

نتایج کاملاً قانع کننده بود. اسکی‌بازی با ۶۳ کیلوگرم وزن، وقتی سوار بر

چوب اسکی‌ای شد که واکس معمولی خورده بود، سطح شیبدار ۲۰۰ متری را در ۸۳ ثانیه پیمود، در صورتی که با چوب اسکی پوشیده از PTFE در ۵۴ ثانیه. از آن موقع، کشف بودِن مورد توجه جماعت اسکی‌باز قرار گرفته است. برای برخی کارهای خاص، مثل مسابقات اسکی سرعت، حرفه‌ای‌ها ممکن است روش سنتی واکس زدن را ترجیح دهند اما برای اسکی‌بازهای عادی PTFE بهتر جواب می‌دهد. از همه‌ی این‌ها که بگذریم، کشف بودِن صحت دو موضوع اساسی را نشان می‌دهد. نخست این که کتاب‌های درسی می‌توانند اشتباه داشته باشند، و از آن مهم‌تر این که فیزیک مایه‌ی سرگرمی است.

صداهای ناشنیده

مخالفت غیر منتظره‌ی استاد الهیات، کنون آ.ام رمزی[1] که بعدها اسقف اعظم کلیسای کنتربری شد، چرت اعضای شورای عالی دانشگاه دورهام را پاره کرد. ۴۰ سال پیش، در یک بعدازظهر گرم، آنان مشغول تصویب برنامه‌های درسی و آیین‌نامه‌های دوره‌های مختلف دانشگاهی بودند.

موضوعی که رمزی به آن ایراد گرفت، یک سلسله سخنرانی درباره‌ی «مافوق صوت»[2] بود. اساتید که گیج شده بودند از او خواستند که دلایل مخالفت‌اش را مطرح کند. رمزی با لحن آمرانه‌ای گفت: «مافوق صوت اصطلاح مناسبی نیست و ترکیب صحیح آن "hyper-acoustics" است.» البته، این واژه‌ی جدید وارد تقویم‌های دانشگاهی نشد و در هیچ فرهنگ لغتی هم پیدا نمی‌شود. با این حال، در روندی عادی، «مافوق صوت» به تدریج جای خود را به «فراصوت»[3] داد.

این فناوری با صداهایی بسیار پُربسامد سروکار دارد که گوش انسان قادر به شنیدن آن‌ها نیست، اما کاربردهای بسیار جالبی در پزشکی و صنعت دارد. اولین کسی که شروع به مطالعه‌ی این موضوع کرد، فرانسیس گالتون،

1. Canon A.M Ramsey
2. supersonics
3. ultrasonics