از درست کردن بستنی تا کشف قانون علمی

محمدرضا خوش‌بین خوش‌نظر
کارشناس گروه فیزیک
دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتب درسی

اراستو بی. ممبا[1] دانش‌آموز تانزانیایی دوره‌ی راهنمایی تحصیلی، در سال ۱۹۶۳ پدیده‌ای را کشف کرد که ظاهراً یکی از قوانین فیزیک را زیر سؤال می‌برد. در این رخداد مؤلفه‌های زیادی نقش دارند که جامعه‌ی فرهیخته‌ی آموزش‌وپرورش ما می‌تواند درس‌های فراوانی از آن بگیرد.

ممبا در درس آشپزی خود که ظاهراً یکی از دروس دوره‌ی راهنمایی تحصیلی تانزانیا بوده است، مجبور به ساختن بستنی می‌شود. او و سایر هم‌کلاسی‌هایش باید پس از تهیه‌ی مخلوط بستنی داغ، آن را در فریزر قرار می‌دادند تا خنک شود. در این‌جا دو حکایت وجود دارد. ممبا یا از ترس این‌که مبادا جایی برای بستنی او باقی نماند و یا برای این‌که کلاس را زودتر ترک کند، مخلوط بستنی خود را بلافاصله در فریزر قرار می‌دهد، درحالی که هم‌کلاسی‌هایش منتظر می‌مانند تا پس از خنک شدن مخلوط بستنی، آن را در فریزر قرار دهند. اما درکمال تعجب، بستنی ممبا در زمان کمتری نسبت به بستنی‌های خنک دوستانش یخ بست؛ اتفاقی که انگار فقط برای ممبا مهم بود و او را به این نتیجه‌ی منطقی رساند که شاید «**مایع‌های داغ سریع‌تر از مایع‌های سرد یخ می‌بندند**»؛ نتیجه‌ای که یکی از قوانین اساسی ترمودینامیک را زیر سؤال می‌برد.

ممبا این آزمایش را بارها و بارها تکرار کرد و باز به همان نتیجه رسید. از همین رو، نتیجه‌ی آزمایش‌های خود را برای معلم علومش شرح داد. ولی این معلم که در مجموعه‌ی محفوظات خود غرق شده بود، بی‌آن‌که آزمایش ممبا را انجام دهد، او را با عبارت زننده‌ی «تو باید قاطی کرده باشی» به استهزا گرفت. اما ممبا از پای ننشست و در تمام سال‌های بعد، به این نتیجه‌ی خود فکر کرد. حتی وقتی در دبیرستان هم با **قانون سرمایش نیوتن** آشنا شد، نتوانست از نتیجه‌ی خود که آزمایش آن را تأیید می‌کرد، دست بکشد. مفهوم قانون سرمایش نیوتن به بیان ساده چنین است: «هر جسم داغ نسبت به جسم سرد، با آهنگ کُندتری سرد می‌شود و هر جسم سرد، با آهنگ کُندتری نسبت به یک جسم داغ، گرم می‌شود»؛ قانونی که درمغایرت کامل با نتیجه‌ی آزمایش‌های ممبا بود. با وجود این ممبا، از پای ننشست. درآخرهای دوره‌ی دبیرستان ممبا، به سال ۱۹۶۹، فردی به نام **دکتر دنیس جی. اُسبُرن**[2] از دانشگاه دارالسلام برای ایراد سخن‌رانی در زمینه‌ی فیزیک، به دبیرستان ممبا رفت. پس از پایان سخن‌رانی، ممبا پرسشی دقیقاً به این مضمون را از دکتر اُسبُرن پرسید: «اگر در دو ظرف کاملاً مشابه، مقدار یکسانی آب، یکی در $35^{\circ}C$ و دیگری در دمای $100^{\circ}C$ بریزیم و هر دو را تا دمای $0^{\circ}C$ سرد کنیم، چرا آب گرم‌تر زودتر یخ می‌بندد؟»

این بار برخلاف معلم دوره‌ی راهنمایی، دکتر اُسبُرن ممبا را به استهزا نگرفت و بلافاصله با یک همکار مجّرب خود در امور آزمایشگاهی تماس گرفت و از او خواست این آزمایش

داستانِ ممبا، دانش‌آموز کنجکاو

اشاره

در مجموعه‌ی مقالات مجله‌ی رشد تکنولوژی آموزشی، می کوشیم به اهمیت آموزش و مؤلفه‌های آن مثل کلاس درس، شاگرد، معلم و برنامه‌ی درسی بپردازیم. به گمان بسیاری فناوری و جهان مجازی هیچ گاه نمی تواند جای گزین فضای واقعی محیط آموزشی شود. دراین مقاله به کشف مهم دانش آموزی تانزانیایی درسال‌ها پیش می‌پردازم که هم‌چنان درمجامع علمی مورد بحث است.

را انجام دهد و او را از نتیجه‌ی آن آگاه سازد. دستیار آزمایشگاه پس از نخستین آزمایش نظر ممبا را تأیید کرد، ولی چون برای او نیز این نتیجه عجیب می‌نمود، به دکتر اُسبُرن اطمینان داد نگران نباشید آن‌قدر تکرار می‌کنم تا نتیجه‌ی **درست** به دست آید که منظور از **درست** همان نتیجه‌ای بود که نظریه‌ی ممبا را رد می‌کرد. ولی پس از چندین و چندآزمایش، او نیز به همان نتیجه‌ی ممبا رسید.

در نتیجه، دکتر اُسبُرن به همراه ممبا مقاله‌ی کلاسیک و بسیار مشهوری را به چاپ رساندند که تاکنون ارجاعات فراوانی به آن شده است. من به دلیل اهمیت این مقاله، برخلاف معمول، نشانی آن را برای مطالعه‌ی خوانندگان علاقه‌مند در همین‌جا می‌آورم:

Mpemba, Erasto B. and Osborne Denis G. (1969) “cool”? Physicas Education (Institue of physics) 4: 172 -175.

نتیجه‌ی انتشار این مقاله، تولد اثری موسوم به **اثر ممبا** بود؛ اثری که هنوز مورد منازعه است، چرا که در هر حال با اصل پذیرفته شده‌ی قانون سرمایش نیوتن هم‌خوانی ندارد. **یرل‌واکر** در کتاب «نمایش هیجان انگیز فیزیک[۳]» سه دلیل را برای این پدیده بر شمرده است که چون ممکن است خارج از حوصله‌ی برخی از خوانندگان این مقاله باشد، آن را به پیوست مقاله موکول می‌کنم و در این‌جا به چند نتیجه‌گیری از داستان می‌پردازم.

هر جسم داغ نسبت به جسم سرد، با آهنگ کُندتری سرد می‌شود و هر جسم سرد، با آهنگ کُندتری نسبت به یک جسم داغ، گرم می‌شود

نتیجه‌گیری

بیایید دوباره داستان کشف ممبا را مرور کنیم و ببینیم ممکن است چه چیزهایی عایدمان شود. من پاره‌ای از آن‌ها را در این‌جا می‌آورم.

- **کلاس آشپزی.** کلاس آشپزی ممبا را می‌توان در مشابه‌سازی با نظام آموزشی ایران، با کلاس‌های حرفه و فن دوره‌ی راهنمایی مقایسه کرد. خاطرم هست در درس حرفه و فن دوره‌ی راهنمایی خود، با اجزای اتومبیل آشنا می‌شدیم؛ بی‌آن‌که آن‌ها را مستقیماً ببینیم. بعد هم محفوظات خود را در امتحان پس می‌دادیم. خاطرم هست تنها کار عملی که ظاهراً خودم انجام داده بودم، دوختن دستمال سفره‌ای بود که آن را هم به زن‌عمویم که خیاط قابلی بود، دادم تا بدوزد، چرا که بالاترین نمره به بی نقص‌ترین کار داده می‌شد و خاطرم هست که دستمال سفره‌ی من در کلاس، جزو پر نقص‌ترین‌ها بود؛ انگار بقیه کارشان را به خیاط‌های مجرب‌تری داده بودند!

توجه کنید که اگر ممبا نحوه‌ی ساختن بستنی را از روی کتاب می‌خواند و در امتحان عیناً همان را پس می‌داد، هیچ وقت «اثر ممبا» کشف نمی‌شد. ممبا مجبور به

ساختن بستنی (بادست خودش) شد.

● **اتفاق**. در بسیاری از کشف‌های علمی اتفاق نقشی بی‌چون و چرا بازی کرده است. **این داستان نشان می‌دهد که اتفاق فقط بر سر راه دانشمندان نیست که سبز می‌شود. ما در احاطه‌ی اتفاقاتی هستیم که متأسفانه همه‌ی آن‌ها برای اکثر ما عادی به نظر می‌رسند**. انگار همگی ما از «تحیّر» خالی شده‌ایم.ما نمی‌توانیم «متحیّر» شویم. این همان است که باید با نهیبی، در خود و دانش‌آموزانمان پیدا کنیم.

● **مدرسه و دانشگاه**. چه بخواهیم و چه نخواهیم، دانشگاه برای شکوفایی اندیشه‌ها محیط مناسب‌تری است. مدرسان دانشگاه در مرتبه‌ی علمی بالاتری قرار دارند و می‌توانند بسترهای بهتر و بیشتری را برای شکوفایی علمی تدارک ببینند. آمدن دکتر اُسبُرن به مدرسه‌ی ممبا، نسیم دانشگاه را به مدرسه‌ی ممبا برد. مدارس ما باید هر از گاهی از مدرسان دانشگاه برای ایراد سخن‌رانی عمومی دعوت کنند؛ چه بسا ممباهایی دیگر هم ظهور کنند!

● **فردیّت**. فردیت از آن مواردی است که عملاً برای کسب آن نمی‌توان نسخه‌ی خاصی پیچید. ما از خانواده‌ی ممبا و نظام آموزشی تانزانیا بی‌خبریم. بی‌شک هر دوی این‌ها در این کشف نقش داشته‌اند، به خصوص که می‌دانیم تانزانیا در دوره‌ای طولانی، مستعمره‌ی انگلستان بود و پس از پایان استعمار، جزو کشورهای مشترک المنافع شد. بنابراین، بی‌تردید نظام آموزشی آن از نظام آموزشی بریتانیا متأثر بوده است. ولی ژنتیک، چیزی خارج از حیطه‌ی هر نظام آموزشی یا پرورشی است. بی‌شک اراده‌ی ممبا که حتی با یادگیری یک قانون مشهور فیزیک هم‌چنان بر ایده‌ی خود پا می‌فشارد، ستودنی است.

● **معلم بد، معلم خوب**. ما در این‌جا دو گونه معلم داریم و به اعتقاد من در هر نظام آموزشی، معلم اساسی‌ترین نقش را بازی می‌کند. معلم علوم ممبا او را با عبارت زننده‌ای به استهزا گرفت و بی‌آن‌که آزمایش ممبا را انجام دهد، او را تحقیر کرد. توجه کنید، اگر ممبا آن فردیت و اراده‌ی مثال‌زدنی را نداشت که شش سال آن ایده را با خود حفظ کند و اگر اتفاق دوم زندگی او، آمدن دکتر اُسبُرن به دبیرستان، رخ نمی‌داد، هیچ‌گاه «اثر ممبا» کشف نمی‌شد. موفقیت ممبا یک استثناست. نباید همیشه به اتفاقات دل بست. **معلمان بد، درست در برابر معلمان خوب، بدترین آفت‌های نظام آموزشی هستند.**

● **و ...**

در هر نظام آموزشی، معلم اساسی‌ترین نقش را بازی می‌کند. معلم علوم مُمبا او را با عبارت زننده‌ای به استهزا گرفت و بی‌آن‌که آزمایش مُمبا را انجام دهد، او را تحقیر کرد

پیوست: دلایل فیزیکی متحمل برای اثر ممبا

در این‌جا برای خوانندگانی که با مباحث فیزیکی آشنایی بیشتری دارند، دلیل عمده‌ی احتمالی برای وقوع اثر ممبا را به نقل از کتاب نمایش هیجان‌انگیز فیزیک که ترجمه‌ی آن به قلم نگارنده به زودی منتشر می‌شود، می‌آورم:

۱. در حین تبخیر آبی که در ابتدا داغ‌تر است، جرم و انرژی بیشتری از دست می‌رود. اگر با پوشاندن ظرف‌ها تبخیر حذف شود، اثر ممبا در اکثر موارد رخ نخواهد داد.

۲. چگالی آب در حین سرد شدن از ۴ °c تا نقطه‌ی انجماد (۰ °c)، تغییر عجیبی پیدا می‌کند: برخلاف بیشتر مایعات، آب در حین آخرین مرحله‌ی افت دما، انبساط می‌یابد. سپس، وقتی دمای نمونه‌ی آب به زیر ۴ °c افت می‌کند، بخش‌های سردتر آن، سبک‌تر می‌شوند و بنابراین بالا می‌روند، در حالی که بخش‌هایی که اندکی گرم‌ترند، سنگین‌ترند و بنابراین به زیر می‌روند. بر اثر این اختلاط، آبی که قدری گرم‌تر است، در طول دیواره‌ی ظرف و تا سطح بالایی که ناپوشیده است، بالا می‌رود و اجازه می‌دهد انرژی گرمایی از دست برود. آزمایش‌ها حاکی از آن‌اند که وقتی آب در دمای بالاتری شروع به یخ‌زدن می‌کند، این اختلاط با شدت بیشتری رخ می‌دهد. بنابراین، آبی که در ابتدا داغ‌تر است، ممکن است عمدتاً به دلیل این مرحله‌ی ناگهانی آخر، در اختلاط و سرد شدن، زودتر به نقطه‌ی انجماد برسد.

۳. آب بیش از آن‌که ناگهان یخ ببندد، اَبَر سرد می‌شود (یعنی تا زیر نقطه‌ی انجماد سرد می‌شود). آبی که در ابتدا سردتر است، نسبت به آب گرم‌تر، در دمای پایین‌تری اَبَرسرد می‌شود و بنابراین در زمان طولانی‌تری یخ می‌بندد.

پی‌نوشت

1. Erasto B. Mpemba
2. Dr Denise G. Osborne
3. The Flying Circus of Physics