ضرورت حذف جیوه در برخی از آزمایش‌های کتاب درسی فیزیک (۲) و آزمایشگاه

پریوا صفری
دبیر فیزیک منطقه ۱۲ آموزش و پرورش شهر تهران

اشاره

در روزهای دهم و یازدهم اکتبر ۲۰۱۳، کنفرانسی به نام میناماتا[1] با حضور نمایندگانی از ۱۳۹ کشور جهان از جمله جمهوری اسلامی ایران با هدف منع استفاده از جیوه در ژاپن برگزار شد و متن کنوانسیون ممنوعیت استفاده از جیوه به اتفاق آرا به تصویب رسید. براساس این کنوانسیون، استفاده از جیوه و ترکیبات و محصولات آن در باتری‌ها، سوییچ‌ها، رله‌ها، لامپ‌های مهتابی، صابون‌ها و مواد آرایشی، برخی اقلام دندان‌پزشکی و پزشکی شامل دماسنج و فشارسنج باید متوقف شود. همچنین کشورهای عضو موظف‌اند تا استفاده از جیوه و ترکیبات آن را در صنایع مختلف کاهش دهند و تا سال ۲۰۲۰ میلادی به‌طور کامل حذف کنند.

این امر بهانه‌ای شد تا در مقالهٔ حاضر به معرفی جیوه و عوارض آن بر سلامتی انسان‌ها پرداخته و برخی از آزمایش‌های طرح شده در کتاب درسی فیزیک (۲) و آزمایشگاه، که در آن‌ها به‌طور مستقیم از جیوه استفاده شده است بپردازیم. پیشنهاد می‌شود با توجه به خطرات ناشی از جیوه، این آزمایش‌ها از کتاب درسی حذف و یا با آزمایش‌های ایمن‌تری جایگزین گردند.

کلیدواژه‌ها: جیوه، آزمایش‌های کتاب درسی فیزیک ۲، آزمایشگاه

مقدمه

در اوایل سال ۱۹۵۰، مأموران ساحل میناماتا در جزیرهٔ کیوشوی ژاپن متوجه رفتارهای عجیب و غریبی در حیوانات آن منطقه شدند. گربه‌ها حرکات عصبی از خود نشان می‌دادند و به‌طور ناگهانی جیغ می‌کشیدند و پرندگان حین پرواز سقوط می‌کردند. علائم بیماری مرموز در ماهی‌ها هم مشاهده شد که جزء مهمی از برنامهٔ غذایی قشر کم‌درآمد را تشکیل می‌دهند.

در سال ۱۹۵۶ علائم این بیماری مرموز در انسان‌ها نیز مشاهده گردید. این امر سبب گشت تا در سال ۱۹۵۷ ماهی‌گیری به‌طور رسمی در میناماتا ممنوع اعلام شود. پس از مدتی مشخص شد که یک شرکت پتروشیمی، با ریختن مواد زائد فلزهای سنگین از جمله جیوه به دریا، عامل این بیماری مرموز بوده است. اقدام این شرکت موجب آلوده شدن آبزیان به جیوه و گسترش آن به سایر موجودات زنجیره غذایی نظیر پرندگان دریایی و ساکنان منطقه شده بود. در فاجعه میناماتا بیش از ۱۴۰۰ نفر مردند و ۲۰۰۰۰ نفر هم مسموم شدند.

بعد از فاجعه، پژوهش‌های گسترده‌ای در زمینه سمّی بودن جیوه و اثرات مهلک آن بر دستگاه اعصاب انجام گرفت. کارن وترهان[2] استاد شیمی دانشگاه نیو همپشایر[3] از جمله پژوهشگرانی بود که در زمینه اثر جیوه و ترکیبات آن بر روی دستگاه‌های زنده و به‌ویژه نقش آن‌ها در ایجاد سرطان تحقیق می‌کرد. وترهان می‌دانست که جیوه بسیار سمی است و برای همین اقدامات احتیاطی لازم را به‌کار می‌برد. وی در حالی‌که عینک ایمنی می‌زد و از دستکش‌های لاستیکی استفاده می‌کرد، آزمایش را در زیر یک دودکش انجام می‌داد و تنها با مقادیر اندک جیوه کار می‌کرد.

در ژانویه ۱۹۹۷ وترهان از ظهور علائم معینی در بدن خودش، نظیر لرزش انگشتان دست و پا و لکنت زبان، نگران شد. سپس مشکلاتی در تعادل فیزیکی وی بروز کرد و زمینهٔ دیدش کمتر گردید. در ۲۸ ژانویه ۱۹۹۷ آزمایش‌های بالینی نشان داد که میزان جیوهٔ خون وی، ۴۰۰۰ میکروگرم بر لیتر

است که ۸۰ برابر آستانهٔ مسمومیت با جیوه محسوب می‌شود. دو هفته بعد او به حالت کما رفت و در ۸ ژوئن ۱۹۹۷ در ۴۸ سالگی درگذشت.

در ده سال گذشته فعالیت‌های زیادی از طرف گروه‌ها و تشکّل‌های فرهنگی، اجتماعی و صنعتی صورت گرفته تا محدودیت‌های استفاده از جیوه در صنعت و فعالیت‌های علمی افزایش یابد. این فعالیت‌های بشر دوستانه سرانجام در کنفرانس میناماتا که در روزهای دهم و یازدهم اکتبر ۲۰۱۳ با حضور نمایندگانی از ۱۳۹ کشور جهان از جمله جمهوری اسلامی ایران در ژاپن برگزار شد به ثمر نشست و متن کنوانسیون ممنوعیت استفاده از جیوه به اتفاق آرا به تصویب رسید.

جیوه، فلزی دل‌ربا اما قاتل

جیوه که آن را در فارسی سیماب هم می‌نامند، عنصری شیمیایی است که در جدول تناوبی دارای نماد Hg و عدد اتمی ۸۰ است. فلز جیوه یک مایع درخشنده، نقره‌ای رنگ، متمایل به سفید و بی‌بو است و در صورت گرم شدن به شکل بخار بی‌بو و بی‌رنگ در می‌آید. این عنصر تنها فلز مایع در دمای اتاق است و در دماسنج‌ها، فشارسنج‌ها و سایر وسایل علمی کاربرد دارد.

تا چند دهه گذشته فلز جیوه را به عنوان یک ماده کاملاً بی‌خطر می‌شناختند، اما در چند سال گذشته گزارش‌های تکان‌دهنده‌ای مبنی بر سمّی بودن آن و جذب راحت از طریق بافت‌های پوستی، تنفسی و گوارشی ارائه شده است. ورود بیش از حد مجاز جیوه به بدن باعث مسمومیت شدید، از کار افتادن دستگاه‌های آنزیمی، صدمه دیدن کلیه‌ها، دستگاه عصبی، شش‌ها و در نهایت مرگ می‌گردد. همچنین تماس‌های طولانی مدت با مقدار کمی جیوه باعث خستگی مفرط، کاهش وزن، لرزش اندام‌ها، تغییر رفتارهای شخصی و بیماری آلزایمر می‌شود.

بخار جیوه از مایع آن اثر سمّی بیشتری دارد. به علت پایین بودن فشار بخار جیوه (۰/۰۰۱۸۵ میلی‌متر در ۲۵ °C)، این فلز به راحتی در دمای اتاق تبخیر و در هوا پخش می‌شود و به غلظت اشباع شدهٔ ۲۰ میلی‌گرم در متر مکعب یا ۲/٤ ppm می‌رسد. اگر این اتفاق در یک محیط سربسته نظیر آزمایشگاه، کارخانه یا منزل مسکونی رخ دهد، می‌تواند فاجعه آفرین باشد.

جیوه تنها فلزی است که می‌تواند بسیاری از فلزات از جمله طلا را در خود حل کند. این فلز در کارخانه‌ها و مراکز صنعتی (استخراج و تصفیه طلا)، لوازم خانگی، پزشکی و الکتریکی (لامپ، دماسنج، ترموستات، ملغمه‌های دندان‌پزشکی) مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ بنابراین می‌تواند در مکان‌های مختلفی که بیشتر شامل مدارس و دانشگاه‌ها (۲۰٪)، منازل مسکونی(۱۷٪)، مراکز درمانی (۱۷٪)، مراکز تفریحی (۱۳٪) و مراکز تولیدی (۱۰٪) است منتشر شود و انسان را تحت تأثیر قرار دهد.

هوایی که در دمای اتاق با بخار جیوه اشباع شده باشد، بسیار سمّی و خورنده است (خطر در دماهای بالاتر افزایش می‌یابد)؛ بنابراین با این عنصر باید در نهایت دقت رفتار شود. لازم است ظروف جیوه به‌صورت مطمئن پوشانده شوند تا از سر رفتن یا تبخیر آن جلوگیری شود. گرم کردن جیوه یا ترکیبات آن همیشه باید در آزمایشگاه مجهز به هواکش‌های مناسب و قوی انجام شود.

هر جایی که جیوه به‌کار می‌رود، احتمال ریختن جیوه نیز وجود دارد. این عنصر پس از ریختن به ذرات ریزتری تجزیه و در تمام سطح آزمایشگاه یا منزل مسکونی پخش می‌شود. ذرات درشت نیز به سرعت به هزاران ذره کوچک‌تر تبدیل می‌شوند و همه جا را آلوده می‌کنند.

به همین علت، امروزه در دماسنج‌هایی که فقط به‌منظور اندازه‌گیری دمای آب و هوا ساخته می‌شود، از الکل رنگین استفاده می‌شود. البته هنوز هم در بسیاری از دماسنج‌های پزشکی به علت دقت بالای جیوه از این عنصر استفاده می‌گردد، اما هنگام استفاده از این دماسنج‌ها باید توجه زیادی کرد. زیرا شکسته شدن آن‌ها به پخش جیوه در محیط می‌انجامد.

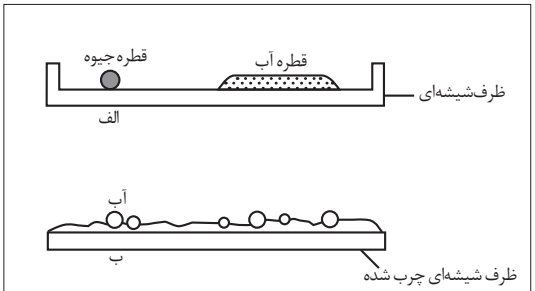
استفاده از جیوه در آزمایش‌های فیزیک

آزمایش‌های مختلفی در کتاب‌های درسی فیزیک دوره متوسطه وجود دارند که در آن‌ها به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم از جیوه استفاده شده است. برای مثال در آزمایش‌های مربوط به «ماده و گرما» در کتاب فیزیک (۱) و آزمایشگاه (فصل دوم)، در انجام بیشتر آزمایش‌ها باید از دماسنج جیوه‌ای برای اندازه‌گیری دما استفاده کرد. همچنین در فعالیت‌ها و آزمایش‌های مربوط به بخش «ویژگی‌های ماده» در فیزیک (۲) و آزمایشگاه (فصل پنجم) برای بررسی نیروهای هم‌چسبی، کشش سطحی و خاصیت مویینگی مواد، به‌طور مستقیم از جیوه استفاده شده است که در ادامه جزئیات آن‌ها بیان می‌شود.

۱. فعالیت ۵-۱۲: بررسی نیروی دگرچسبی: در این فعالیت نیروی چسبندگی جیوه از آب بیشتر است و به صورت قطره روی شیشه باقی می‌ماند. در فعالیت دوم سطح شیشه را چرب می‌کنند. این اقدام سبب کمتر شدن نیروی دگرچسبی از نیروی چسبندگی آب می‌شود و در نتیجه قطره‌های آب همانند جیوه در سطح شیشه به‌صورت کروی در می‌آیند. در این آزمایش به‌طور مستقیم از جیوه فلزی در یک ظرف درباز استفاده شده است. این امر باعث تبخیر سریع جیوه، پخش

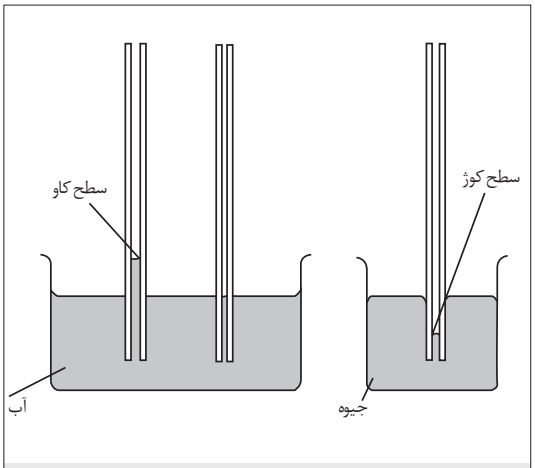
بخار جیوه از مایع آن اثر سمّی بیشتری دارد. به علت پایین بودن فشار بخار جیوه (۰/۰۰۱۸۵ میلی‌متر در ۲۵ °C)، این فلز به راحتی در دمای اتاق تبخیر و در هوا پخش می‌شود و به غلظت اشباع شدهٔ ۲۰ میلی‌گرم در متر مکعب یا ۲/۴ ppm می‌رسد

در محیط و ورود به دستگاه تنفسی افراد حاضر در محیط می‌شود (شکل ۱).



▲ شکل ۱.بررسی نیروی چسبندگی آب و جیوه (شکل از کتاب درسی)

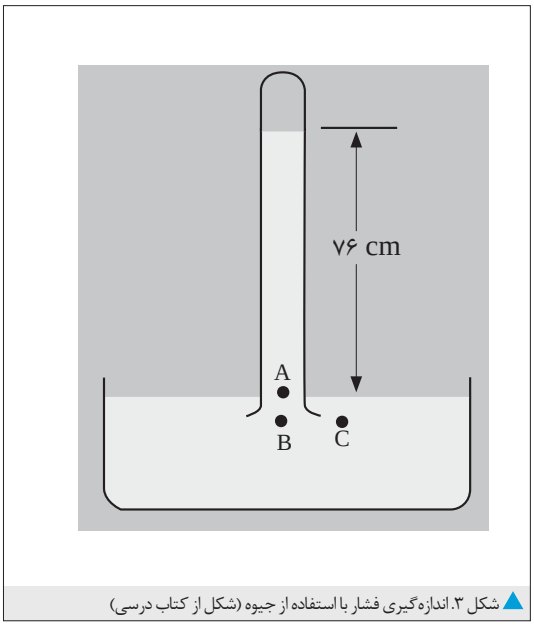
۲. آزمایش ۵-۳: بررسی خاصیت موییینگی: در این آزمایش با بهره‌گیری از چند لولهٔ مویین با قطرهای متفاوت و وارد کردن آن‌ها در ظرف‌های آب و جیوه، علاوه بر بررسی خاصیت موییینگی و میزان بالا رفتن آب و جیوه در لوله‌های موییین، تأثیر نیروی چسبندگی بر سطح آن‌ها و پیدایش سطوح کاو و کوژ مورد بررسی قرار می‌گیرد (شکل ۲).



▲ شکل ۲. بررسی خاصیت موییینگی در آب و جیوه (شکل از کتاب درسی)

همان‌طور که در شکل مشاهده ۲ می‌شود، در انجام این آزمایش هم از یک ظرف در باز، حاوی مقدار زیادی جیوه استفاده شده است. این آزمایش هم در زمرهٔ آزمایش‌های بسیار خطرناک قرار دارد و در مدت زمان کوتاهی می‌تواند فضای اتاق را از بخار جیوه اشباع کند.

۳. آزمایش ۵-۵: ساخت فشار سنج: در این آزمایش با بهره‌گیری از یک لوله آزمایش بلند و یک ظرف حاوی جیوه، دستگاه فشارسنج ساخته می‌شود (شکل ۳). به نظر می‌رسد در حین اجرای این آزمایش، علاوه‌بر بخار شدن جیوه از ظرف بدون سرپوش، خطر تماس دست با جیوه نیز وجود دارد.



▲ شکل ۳. اندازه‌گیری فشار با استفاده از جیوه (شکل از کتاب درسی)

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

جیوه فلزی بسیار فعال است و می‌تواند با بسیاری از عناصر دیگر از جمله عناصر زیستی به سرعت واکنش کند و تغییراتی را در DNA افراد و همچنین دستگاه مغز و اعصاب به‌وجود آورد. این فلز به علت پایین بودن فشار بخار، خیلی سریع در هوای آزاد و در ظرف‌های بدون سرپوش تبخیر می‌شود و بخار آن فضا را اشباع می‌کند. فعالیت، نفوذپذیری و میزان سمّی بودن بخار جیوه بیشتر از حالت مایع آن است. بنابراین باید مراقب بود تا حد امکان از کاربرد جیوه در آزمایشگاه خودداری شود.

چون انجمن‌های علمی بین‌المللی استفاده از جیوه در آزمایشگاه‌ها و مصارف دیگر را ممنوع اعلام کرده‌اند و همچنین دبیران فیزیک برای حفظ سلامتی خود و دانش‌آموزان آزمایش‌های مربوط به جیوه را انجام نمی‌دهند، بنابراین لازم است تا چنین آزمایش‌هایی از کتاب‌های درسی حذف شوند و با آزمایش‌های ایمن‌تری جایگزین گردند. البته به علت مهم بودن آزمایش‌های مذکور، می‌توان آن‌ها را با رویکرد توصیفی و به‌صورت آزمایش انجام گرفته در کتاب درسی توضیح داد (همانند رویکرد توصیف آزمایش‌ها در کتاب فیزیک پیش‌دانشگاهی). استفاده از فیلم‌های آموزشی و شبیه‌سازی آزمایش‌های انجام گرفته راه حل دیگری است که می‌توان از آن استفاده کرد.

برای افزایش بیشتر ایمنی آزمایشگاه‌ها پیشنهاد می‌شود که استفاده از دماسنج‌های جیوه‌ای متوقف گردد و به‌جای آن‌ها از دماسنج‌های الکلی استفاده شود.

پی‌نوشت‌ها

1. Minamata Convention on Mercury
2. Karen Wetterhahn (1948 –1997)
3 . New Hampshire

منابع

DeFerranti, R., Kohler, P., Malan, A.S. (2013). Minamata Diplomatic Conference Highlights. International Institute for Sustainable Development. Retrieved 11 October 2013.
Naomi Lubick and David Malakoff (2013). Mercury Pollution With Pact's Completion, The Real Work Begins. Science 341: 1443.