فصل ۲

در پی غذای سالم

فَلیَنظُرِ الإنسَانُ الی طَعَامِهِ . (سورهٔ عبس ـ آیهٔ ۲۴)

انسان باید به غذای خویش (و آفرینش آن) بنگرد.

دانشمندان اجزای بنیادی جهان مادی را ماده و انرژی می‌دانند. یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که انرژی از راه‌های گوناگون با ماده ارتباط دارد؛ آن‌چنان‌که کاهش جرم خورشید به عنوان تنها منبع حیات‌بخش انرژی، تبدیل ماده به انرژی را تأیید می‌کند. از سوی دیگر نیاز به انرژی برای انجام هر فعالیت با هر آهنگی، وجود یک منبع انرژی نزدیک‌تر را آشکار می‌سازد؛ منبعی که در آن تغییرهای فیزیکی و به ویژه واکنش‌های شیمیایی انجام می‌شود. تأمین انرژی از سوزاندن سوخت‌ها و نیز گوارش غذا در بدن را می‌توان گواهی بر این مدعا دانست. امید است با بررسی و درک واکنش‌های گرماشیمیایی و سرعت انجام آنها، در استفادهٔ درست و مناسب از دو منبع سوخت و غذا تلاش کنیم.

غذا[1] همواره نقش محوری در رشد، تندرستی و زندگی انسان داشته است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که نیاکان ما بیشتر وقت خود را صرف تهیه وعده‌های غذایی می‌کردند؛ آن‌چنان‌که در طول روز اغلب در جست‌وجوی غذا و جمع‌آوری دانه‌های خوراکی بودند. آنها به تدریج یاد گرفتند که دانه‌ها را بکارند و فراورده‌ها را درو کنند. فرایندی که نخستین انقلاب در کشاورزی بود و باعث شد انسان‌ها حبوبات، غلات و... را به مقدار زیادی تولید کنند. اما افزایش جمعیت جهان عاملی تعیین‌کننده بوده و هست، به‌طوری‌که امروزه تأمین غذای حدود ۷/۵ میلیارد نفر ساکن کرهٔ زمین بسیار پیچیده و دشوار است، زیرا برای انجام این مهم سالانه بایستی حجم انبوهی از غلات، حبوبات، مواد پروتئینی و... تولید شود. نمودار ۱ تولید و مصرف جهانی غلات را در یک دههٔ اخیر نشان می‌دهد.

نمودار ۱ـ تولید و مصرف جهانی غلات در دههٔ اخیر

اینک می‌پذیرید که یکی از مهم‌ترین و شاید دشوارترین مسئولیت هر دولت، تأمین غذای افراد جامعه است. مسئولیتی که یکی از چالش‌های نگران‌کننده در عصر کنونی است.

برای تولید غذا در حجم انبوه به فعالیت‌های صنعتی گوناگونی مانند تولید، حمل‌ونقل، نگهداری، فراوری و... نیاز است؛ مجموعه حوزه‌هایی که صنایع غذایی نامیده می‌شوند. در این صنعت نیز همانند دیگر صنایع منابع شیمیایی بسیاری، سطح وسیعی از زمین‌های بایر و حجم عظیمی از آب‌های قابل استفاده در کشاورزی مصرف می‌شود. این نیازها تأیید می‌کند که یکی از مهم‌ترین و شاید سنگین‌ترین مسئولیت‌های هر دولت، تأمین غذای افراد جامعه است. مسئولیتی که در گذشته با قحطی و جنگ غذا تهدید می‌شد و امروزه نیز چالشی نگران‌کننده به شمار می‌رود.

آیا می‌دانید

میزان تولید گندم ایران در سال ۹۹ به بیش از ۱۴ میلیون تن رسید.

میزان تولید برنج ایران در سال ۹۹ به حدود ۲/۲ میلیون تن رسید.

پیشرفت دانش و فناوری موجب شده است که تولید فراورده‌های کشاورزی و دامی افزایش یابد و غذا به روش صنعتی تولید شود. در تولید انبوه، به دلیل فساد مواد غذایی و دشواری نگهداری آنها، حفظ کیفیت و ارزش مواد غذایی اهمیت بسزایی دارد.

۱ـ Food

خود را بیازمایید

جدول روبه‌رو، سرانهٔ مصرف سالانه برخی مواد خوراکی را نشان می‌دهد. با توجه به آن، به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.

الف) دیابت بزرگسالی یکی از بیماری‌های شایع در ایران است. مصرف بی‌رویهٔ کدام مواد در گسترش این بیماری نقش دارد؟

ب) گوشت قرمز و ماهی افزون بر **پروتئین**[۱]، محتوی انواع **ویتامین**[۲] و **مواد معدنی**[۳] است. چه پیشنهادهایی برای گنجاندن آنها در برنامهٔ غذایی خانواده خود دارید؟

پ) شیر و فراورده‌های آن، منبع مهمی برای تأمین پروتئین و به‌ویژه کلسیم است. کارشناسان تغذیه برمصرف مناسب آنها برای پیشگیری و ترمیم پوکی استخوان تأکید دارند. اگر شما یک مدیر تصمیم‌گیرنده در کشور باشید، چه راهکارهایی برای افزایش مصرف آنها ارائه می کنید؟

ت) کارشناسان تغذیه بر مصرف حبوبات مانند نخود، لوبیا، عدس و... در برنامهٔ غذایی تأکید دارند زیرا سرشار از مواد مغذی هستند. براساس برنامهٔ غذایی خانواده خود چه پیشنهادی برای افزایش مصرف آنها دارید؟

خوراکی	سرانه مصرف (kg)	
	جهان	ایران
نان	۲۵	۱۱۵
برنج	۲۲	۳۷
حبوبات	۲۲	۱۲
سبزیجات	۱۳۰	۱۰۰
میوه	۱۴۵	۹۵
گوشت قرمز	۳۷	۱۹
ماهی	۱۹	۹
تخم مرغ	۲۴	۹
شیر	۳۰۰	۹۰
شکر	۵	۳۰
نمک خوراکی	۳	۶
روغن	۱۴	۱۹

● سرانهٔ مصرف مادهٔ غذایی، مقدار میانگین مصرف آن را به‌ازای هر فرد در یک گسترهٔ زمانی معین نشان می‌دهد.

آیا می‌دانید

سازمان جهانی خواربار و کشاورزی (**FAO**)[۴] در راستای بالا بردن سطح زندگی و بهبود تغذیه، توزیع مناسب مواد غذایی و ایجاد امنیت غذایی در جهان فعالیت می کند. این سازمان در شهر رم، پایتخت کشور ایتالیا قرار دارد. برخی آمارهای این سازمان براساس مصرف سرانه مواد غذایی است.

آیا تاکنون اندیشیده‌اید که نقش غذا در بدن چیست؟ آیا غذا چیزی فراتر از یک پاسخ به احساس گرسنگی است؟ پژوهش‌ها و یافته‌های تجربی نشان می‌دهند که مصرف غذا، انرژی مورد نیاز بدن برای حرکت ماهیچه‌ها، ارسال پیام‌های عصبی، جابه‌جایی یون‌ها و مولکول‌ها از دیوارهٔ هر یاخته را تأمین می کند. غذا همچنین مواد اولیه برای ساخت و رشد بخش‌های گوناگون بدن مانند سلول‌های خونی، استخوان، پوست، مو، ماهیچه‌ها، آنزیم‌ها و... را فراهم می کند. همهٔ این فرایندها

۱ـ Protein
۲ـ Vitamin
۳ـ Minerals
۴ـ Food and Agriculture Organization

وابسته به انجام واکنش‌های شیمیایی هستند که هر یک آهنگ ویژه‌ای دارند؛ واکنش‌هایی که دمای بدن را نیز کنترل و تنظیم می‌کنند.

غذا به عنوان معجونی از مواد شیمیایی، محتوی ذره‌های گوناگون است. بخش عمدهٔ اتم‌ها، مولکول‌ها و یون‌های موجود در بدن شما از غذایی که می‌خورید، تأمین می‌شود. با این توصیف، تغذیهٔ درست شامل وعده‌های غذایی است که مخلوط مناسبی از انواع ذره‌ها را دربرمی‌گیرد و سوء تغذیه هنگامی خودنمایی می‌کند که وعده‌های غذایی با کمبود نوع خاصی از آنها همراه باشد. در این شرایط، بدن به‌تدریج ضعیف شده و شرایط بیماری فراهم خواهد شد. بدیهی است که افزایش نامتناسب برخی مولکول‌ها و یون‌ها در وعده‌های غذایی سبب افزایش وزن و دیگر بیماری‌ها خواهد شد.

اکنون این پرسش مطرح می‌شود که محتوای انرژی مواد غذایی گوناگون چقدر است؟ مواد مغذی موجود در خوراکی‌ها از چه نوعی هستند و به چه مقدار وجود دارند؟ برای افزایش زمان ماندگاری و ارزش غذایی خوراکی‌ها چه باید کرد؟ چگونه می‌توان بو و مزه مواد خوراکی را تغییر داد یا بهبود بخشید؟ برای تولید بیشتر و سریع‌تر مواد غذایی چه راه‌هایی وجود دارد؟ آیا انرژی موجود در مواد غذایی یکسان است؟

علم شیمی برای هر یک از این پرسش‌ها پاسخی دارد. **گرماشیمی**[1] و **سینتیک شیمیایی**[2] شاخه‌هایی از علم شیمی هستند که می‌توان پاسخ پرسش‌هایی از این دست را در آنها جست‌وجو کرد.

غذا، ماده و انرژی[3]

شاید برای شما هم پیش آمده باشد که بدون خوردن صبحانه به مدرسه بروید، پیاده‌روی یا ورزش کنید! پس از مدت کوتاهی احساس گرسنگی و بی‌حالی به شما دست می‌دهد به‌طوری که توانایی کافی برای تمرکز، فکرکردن و انجام فعالیت‌های ورزشی را نخواهید داشت. در این حال با خوردن کمی غذا یا تکه‌ای شیرینی، سرحال خواهید شد زیرا بدن شما انرژی کسب کرده است.

بدن ما برای انجام فعالیت‌های ارادی و غیرارادی گوناگون به ماده و انرژی نیاز دارد. برای نمونه هنگامی که قند خون پایین باشد می‌توان با خوردن سیب یا نوشیدن شربت آبلیمو و عسل و هنگامی که بدن دچار کمبود آهن باشد می‌توان با خوردن اسفناج و عدسی بدن را به حالت طبیعی بازگرداند. توجه کنید که ارزش مواد غذایی در تأمین ماده و انرژی مورد نیاز بدن یکسان نیست.

آیا می‌دانید

علوم و صنایع غذایی به مجموعه‌ای از علوم و فنون گفته می‌شود که به بررسی کیفیت فیزیکی، شیمیایی و زیست‌شناختی فراورده‌های کشاورزی و دامی و شیلات از لحاظ تولید، تبدیل، فراوری، نگهداری و حمل‌ونقل می‌پردازد به گونه‌ای که از مواد خام تا غذای آماده مصرف را پوشش می‌دهد.

آیا می‌دانید

شمار اتم‌های تشکیل‌دهنده بدن یک فرد ۷۰ کیلوگرمی در حدود $۳/۵ \times ۱۰^{۲۷}$ برآورد می‌شود.

هنگام روزه داری به ویژه نزدیک افطار اغلب احساس گرسنگی و سرما می‌کنید. در این شرایط، بدن نیاز به ماده و انرژی دارد تا دمای خود را کنترل کند. پس از افطار احساس گرمی دلچسبی خواهید داشت زیرا انرژی مواد غذایی در حال آزاد شدن است.

۱- Thermochemistry
۲- Chemical Kinetics
۳- Energy

کاوش کنید

درباره «**اثر نوع و مقدار ماده بر انرژی آن**» کاوش کنید.

وسایل و مواد مورد نیاز: چراغ الکلی یا شمع، لولهٔ آزمایش بزرگ، دماسنج، پایه، میله، گیره، انبر، ماکارونی و مغز گردو.

هشدار: از عینک ایمنی استفاده نموده و نکات ایمنی را هنگام کار با چراغ بونزن رعایت کنید.

۱ـ یک لولهٔ آزمایش بزرگ را با گیره به پایه و میله وصل کنید.

۲ـ درون آن تا ۶۰mL آب بریزید و دمای آن را اندازه‌گیری کنید(توجه داشته باشید که دماسنج با بدنه یا ته لوله تماس نداشته باشد).

۳ـ یک گرم یا $\frac{۱}{۴}$ مغزگردو بردارید و آن را با انبر یا میله نازک تا شعله‌ورشدن روی شعله بگیرید. بلافاصله آن را تا سوختن کامل زیر لولهٔ آزمایش نگهدارید. پس از سوختن کامل و خاموش‌شدن شعله، دمای پایانی آب را یادداشت کنید.

۴ـ آزمایش را جداگانه با دو گرم یا $\frac{۱}{۲}$ مغز گردو و همچنین با دو گرم ماکارونی تکرار و جدول زیر را کامل کنید سپس به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.

شمارهٔ آزمایش	مادهٔ غذایی	دمای آغازی آب (°C)	دمای پایانی آب (°C)
۱	یک گرم یا $\frac{۱}{۴}$ مغز گردو		
۲	دوگرم یا $\frac{۱}{۲}$ مغزگردو		
۳	دو گرم ماکارونی		

الف) با توجه به اینکه در آزمایش ۱ و ۲، نوع ماده‌ای که می‌سوزد یکسان است، چرا تغییر دمای آب تفاوت دارد؟

ب) با توجه به اینکه در آزمایش ۲ و ۳، مقدار ماده‌ای که می‌سوزد یکسان است، چرا تغییر دمای آب تفاوت دارد؟

پ) یافته‌های خود را از این آزمایش جمع‌بندی کنید.

یکی از راه‌های آزادشدن انرژی مواد، سوزاندن آنهاست. سوخت‌هایی مانند گاز شهری، بنزین، الکل و زغال هنگام سوختن انرژی آزاد می‌کنند و این انرژی برای گرم‌کردن خانه، پخت و پز و نیز به حرکت درآوردن خودروها مصرف می‌شود. همچنین مواد غذایی مانند

آیا می‌دانید

اسفناج و عدس، منبع غنی از آهن هستند و خوردن آنها از شما در برابر کم خونی محافظت می‌کنند.

تخم‌مرغ سرشار از انواع آمینواسیدهاست که گنجاندن آن در برنامهٔ غذایی به ساخت پروتئین‌ها در بافت‌های بدن کمک می‌کند.

گوشت ماهی به دلیل داشتن امگا ـ۳ سبب کاهش کلسترول خون شده و احتمال بیماری‌های قلبی را کاهش می‌دهد.

ماست منبعی غنی از منیزیم و کلسیم است.

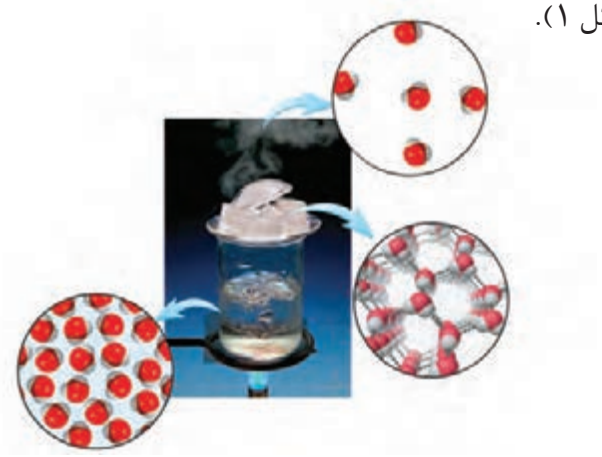
ماکارونی و گردو نیز هنگام سوختن، انرژی آزاد می‌کنند. در واقع هر مادهٔ غذایی انرژی دارد و میزان انرژی آن به جرمی بستگی دارد که می‌سوزد، انرژی‌ای که می‌تواند باعث تغییر دما شود. اما اینکه دمای یک ماده چه چیزی را نشان می‌دهد و با انرژی چه رابطه‌ای دارد، هدفی است که در ادامه دنبال خواهد شد.

کاکائو و خوراکی‌های محتوی آن باید در جای خنک نگهداری شوند. هنگامی که چنین خوراکی‌هایی را در جیب خود بگذارید یا در دست بگیرید، پس از مدتی ذوب شده و حالت خمیری و روان به خود می‌گیرند، زیرا دمای آنها افزایش یافته و جنبش ذره‌های سازنده آنها شدیدتر می‌شود.

در فیزیک پایه دهم، مفاهیم دما و گرما و کاربرد آنها در زندگی و برخی از فناوری‌ها را آموختید. در این فصل مفهوم دما و گرما را در فرایندها و واکنش‌های شیمیایی در موقعیت‌های گوناگون زندگی بررسی می‌کنید.

دمای یک ماده از چه خبر می‌دهد؟

نوشیدن چای داغ و آب خنک به ترتیب در هوای سرد و هوای گرم، لذت‌بخش است. در این تجربه‌های خوشایند «داغی یا خنکی نوشیدنی» و «سردی یا گرمی هوا» نشانه‌ای از تفاوت میان دمای آنهاست، کمیتی که میزان گرمی و سردی مواد را نشان می‌دهد. از آنجا که در شیمی بررسی ساختار مواد و فرایندها از دیدگاه ذره ای اهمیت و جایگاه ویژه‌ای دارد، نخست باید با مفهوم **دما**[1] از این دیدگاه آشنا شوید. برای درک آسان‌تر آن، تجربهٔ زیر را به دقت بررسی کنید (شکل ۱).



شکل ۱ـ اثر دما بر میزان جنبش مولکول‌ها

مطابق شکل ۱، هنگامی که به ظرف محتوی آب گرما داده می‌شود، به تدریج دمای آن افزایش می‌یابد تا اینکه سرانجام آب می‌جوشد و یخ موجود در بالای آن نیز ذوب می‌شود. آیا می‌دانید جنب‌وجوش مولکول‌ها در این فرایند چه تغییری می‌کند؟ جنب‌وجوش مولکول‌ها در کدام حالت فیزیکی شدیدتر است؟

بررسی شکل ۱ نشان می‌دهد با اینکه ذره‌های سازندهٔ یک ماده در سه حالت فیزیکی یکسان بوده و پیوسته در جنب‌وجوش هستند اما میزان جنبش ذره‌ها متفاوت از یکدیگر است، به‌طوری که جنبش‌های نامنظم ذره‌ها در حالت گاز شدیدتر از مایع و آن هم شدیدتر از حالت جامد است. همچنین هر چه دما بالاتر باشد، جنبش‌های نامنظم ذره‌های آن شدیدتر است. برای نمونه این جنبش‌ها در آب گرم شدیدتر از آب سرد است.

بوی غذای گرم آسان‌تر و سریع‌تر از غذای سرد به مشام می‌رسد. (چرا؟)

۱ـ Temperature

با بررسی این تجربه اینک می‌پذیرید که در دمای معین یک ویژگی مشترک مواد با هر حالت فیزیکی، وجود جنبش‌های نامنظم ذره‌های سازندهٔ آنها است. هر چه دمای ماده بالاتر باشد، میانگین **تندی**[1] و میانگین انرژی **جنبشی**[2] ذره‌های سازندهٔ آن بیشتر است. به دیگر سخن دمای یک ماده، معیاری برای توصیف میانگین تندی و میانگین انرژی جنبشی ذره‌های سازندهٔ آن است.

آیا می‌دانید

هر جرم «m» که با تندی «v» حرکت می‌کند، دارای انرژی‌جنبشی «$\frac{1}{2}mv^2$» است.

با هم بیندیشیم

۱ـ شکل زیر دو نمونه از هوای صاف شهر شما را با جرم یکسان نشان می‌دهد. با توجه به آن در هر مورد با خط زدن واژهٔ نادرست، عبارت را کامل کنید.

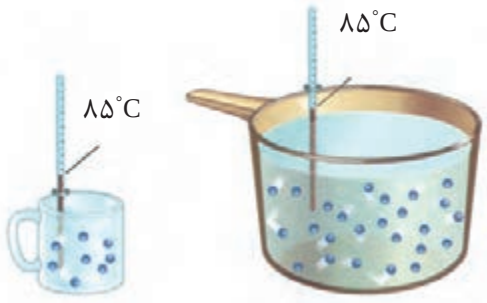
A B

الف) شکل A، نمونه‌ای از هوا را در $\frac{\text{ظهر}}{\text{شب}}$ نشان می‌دهد.

ب) شکل B، نمونه‌ای از هوا را در یک روز $\frac{\text{تابستانی}}{\text{زمستانی}}$ نشان می‌دهد.

پ) اگر مجموع انرژی جنبشی ذره‌های سازندهٔ یک نمونه ماده، هم‌ارز با **انرژی گرمایی**[3] آن باشد، انرژی گرمایی $\frac{A}{B}$ بیشتر بوده زیرا $\frac{\text{شمار مولکول‌های}}{\text{دمای}}$ آن بیشتر است.

۲ـ با توجه به شکل‌های زیر به پرسش‌های مطرح‌شده پاسخ دهید.



A B

الف) میانگین تندی مولکول‌های آب را در دو ظرف مقایسه کنید.

ب) انرژی گرمایی آب موجود در کدام ظرف بیشتر است؟ چرا؟

● یکای رایج دما، درجه سلسیوس (°C)، در حالی که یکای دما در «SI»، کلوین (K) است.

● نماد دما برحسب سلسیوس، «θ» و نماد دما برحسب کلوین، «T» است.

۱ـ Speed
۲ـ Kinetic Energy
۳ـ Thermal Energy

اینک دما را کمیتی می‌دانید که افزون بر میزان سردی و گرمی یک نمونه ماده، از میانگین تندی و میانگین انرژی جنبشی ذره‌های سازنده آن خبر می‌دهد. همچنین آموختید که انرژی گرمایی یک نمونه ماده، کمیتی است که هم به دما و هم به جرم ماده بستگی دارد.

تهیهٔ غذای آب‌پز، تجربهٔ تفاوت دما و گرما[1]

آب‌پز کردن روشی ساده و مفید برای تهیهٔ بسیاری غذاها از جمله پختن تخم‌مرغ است. درون یک ظرف فلزی مقداری آب با دمای $۲۵^{\circ}C$ بریزید سپس درون آن یک تخم مرغ قرار دهید. بدیهی است که با گذشت زمان تخم‌مرغ در این دما نمی‌پزد مگر آنکه ظرف را روی شعله اجاق گاز قرار داده و به آن گرما بدهید. در این شرایط به تدریج دما افزایش یافته تا اینکه تخم‌مرغ بپزد. در این تجربه، $۲۵^{\circ}C$ تنها یک کمیت به نام دما را برای آب نشان می‌دهد. در واقع بیان دما، توصیف یک ویژگی از ماده است، در حالی که برای افزایش دما و پختن تخم‌مرغ به ظرف گرما داده شد، فرایندی که دمای آب را به $۷۵^{\circ}C$ رساند. تغییر دما در این فرایند برابر است با:

$$\Delta\theta = \theta_۲ - \theta_۱ = ۷۵^{\circ}C - ۲۵^{\circ}C = ۵۰^{\circ}C$$

مواردی از این دست نشان می‌دهد که تغییر دما برای توصیف یک فرایند به کار می‌رود، در واقع انجام فرایند است که می‌تواند باعث تغییر دما شود.

در این تجربه دمای ماده با جذب گرما افزایش یافته است، به دیگر سخن دادوستد گرما می‌تواند باعث تغییر دما شود. توجه کنید که گرما از ویژگی‌های یک نمونه ماده نیست و نباید برای توصیف آن به کار رود.

هنگام آشپزی نیز می‌توان به رابطه میان دما و گرما پی برد. تصور کنید ظرفی محتوی ۲۰۰ گرم روغن زیتون را با دمای $۲۵^{\circ}C$ در اختیار دارید. آیا برای افزایش دمای آن به $۵۰^{\circ}C$ یا $۷۵^{\circ}C$، گرمای یکسانی نیاز است؟ پاسخ منفی به این پرسش نشان می‌دهد که برای رساندن دمای روغن به $۷۵^{\circ}C$ باید گرمای بیشتری مصرف شود.

اینک دو ظرف فلزی یکسان در دمای اتاق ($۲۵^{\circ}C$) در نظر بگیرید که یکی محتوی ۲۰۰ گرم آب و دیگری محتوی ۲۰۰ گرم روغن زیتون است. اگر با گرما دادن، دمای هر یک را به $۷۵^{\circ}C$ برسانید و هم زمان محتویات تخم‌مرغی را به آرامی به هر یک بیفزایید با پدیدهٔ جالبی روبه رو خواهید شد (شکل ۲).

● ارزش دمایی «$۱^{\circ}C$» برابر با «$۱K$» است؛ از این‌رو، در فرایندهایی که دما تغییر می‌کند، «$\Delta\theta=\Delta T$» خواهد بود.

● روغن و چربی از جمله ترکیب‌های آلی هستند که به دلیل تفاوت در ساختار، رفتارهای فیزیکی و شیمیایی متفاوتی دارند. روغن دارای حالت فیزیکی مایع بوده اما چربی جامد است. از دیدگاه شیمیایی، در ساختار مولکول‌های روغن، پیوندهای دوگانه بیشتری وجود داشته و واکنش‌پذیری بیشتری نیز دارد.

آیا می‌دانید

بررسی و توصیف ماده و همچنین تغییر (فیزیکی و شیمیایی) آن یکی از مهم‌ترین قلمروهای دانش شیمی است، به‌طوری که پس از بررسی یک نمونه ماده، برای توصیف آن از کمیت‌هایی مانند دما (**T**)، حجم(**V**)، مول (**n**)، آنتالپی (**H**) و... استفاده می‌شود. این درحالی است که اگر ماده در فرایندی دچار تغییر فیزیکی یا شیمیایی شود، برای توصیف فرایند از تغییر کمیت‌هایی مانند **ΔT**، **ΔV**، **Δn**، **ΔH** و ... استفاده می‌شود. برای مثال یک مول آب در دمای اتاق با **T = ۲۹۸K** و **V = ۱۸mL** اما تبخیر آن با **ΔT** و **ΔV** توصیف می‌شود.

۱ـ Heat

ب) الف)

شکل ۲ـ تخم‌مرغ درون آب (الف) و روغن زیتون (ب) با دمای $75^{\circ}C$

تخم‌مرغ در این دما درون آب پخته می‌شود اما درون روغن زیتون تغییر محسوسی نخواهد کرد. آیا می‌دانید علت این پدیده چیست؟

گرما را با نماد «Q» نشان می‌دهند و یکای اندازه‌گیری آن در «SI»، ژول «J» است. $1J=1kgm^{2}s^{-2}$

با هم بیندیشیم

هنوز در برخی موارد از یکای کالری (cal) برای بیان مقدار گرما استفاده می‌شود. $1cal=4/18J$

با توجه به شکل‌های داده شده، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

۲۰۰ g آب ($75^{\circ}C$) $\xrightarrow{۴۱۸۰۰J}$ ۲۰۰ g آب ($25^{\circ}C$)

۲۰۰ g روغن زیتون ($75^{\circ}C$) $\xrightarrow{۱۹۷۰۰J}$ ۲۰۰ g روغن زیتون ($25^{\circ}C$)

الف) توضیح دهید چرا تخم‌مرغ در آب می پزد اما در روغن زیتون تغییر محسوسی نمی کند؟

ب) می دانید که **ظرفیت گرمایی**[1] ماده هم‌ارز با گرمای لازم برای افزایش دمای آن به اندازهٔ یک درجهٔ سلسیوس است. با این توصیف ظرفیت گرمایی آب و روغن زیتون را محاسبه و با یکدیگر مقایسه کنید.

پ) ظرفیت گرمایی ماده به چه عواملی بستگی دارد؟

ت) در فیزیک دهم آموختید که ظرفیت گرمایی یک گرم ماده، ظرفیت گرمایی ویژه یا **گرمای ویژه**[2] (c) آن ماده را نشان می‌دهد، مقدار این کمیت را برای آب و روغن زیتون حساب و باهم مقایسه کنید.

ث) رابطه‌ای میان ظرفیت گرمایی و گرمای ویژه یک ماده بیابید.

اینک می‌توان پختن تخم‌مرغ در آب $75^{\circ}C$ در مقایسه با روغن زیتون در همین دما را توضیح داد. با اینکه جرم هر دو مایع در این آزمایش برابر است اما آب به دلیل داشتن ظرفیت گرمایی

۱ـ Heat Capacity

۲ـ Specific Heat

بیشتر برای این میزان از تغییر دما، گرمای بیشتری جذب کرده است و همین گرمای بیشتر سبب پختن تخم‌مرغ شده است. در واقع روغن زیتون با ظرفیت گرمایی کمتر توانایی پختن تخم مرغ را با این تغییر دما در همین زمان نخواهد داشت. برای حساب کردن گرمای جذب یا آزاد شده در چنین فرایندهایی می‌توان از رابطهٔ $Q = mc\Delta\theta$ استفاده کرد.

این تجربه نشان می‌دهد که ظرفیت گرمایی در دما و فشار اتاق، افزون بر نوع ماده به مقدار آن نیز بستگی دارد. در حالی که گرمای ویژه در این شرایط، تنها به نوع ماده وابسته است. جدول ۱، گرمای ویژهٔ برخی مواد خالص را در دما و فشار اتاق نشان می‌دهد.

جدول ۱ـ گرمای ویژهٔ برخی مواد خالص در $25\ ^\circ C$ و $1\ atm$

ماده	گرمای ویژه ($J g^{-1}\ ^\circ C^{-1}$)	ماده	گرمای ویژه ($J g^{-1}\ ^\circ C^{-1}$)
آب	۴/۱۸۴	آلومینیم	۰/۹۰۰
سدیم کلرید	۰/۸۵۰	نقره	۰/۲۳۶
اتانول	۲/۴۳۰	طلا	۰/۱۲۸
کربن دی‌اکسید	۰/۸۴۰	اکسیژن	۰/۹۲۰

خود را بیازمایید

۱ـ یک استکان چای با دمای $90\ ^\circ C$ درون اتاقی با دمای $25\ ^\circ C$ قرار دارد. با گذشت زمان، دما و انرژی گرمایی آن چه تغییری می کند؟ چرا؟

۲ـ با خط زدن واژهٔ نادرست در هر مورد، عبارت زیر را کامل کنید.

گرما را می‌توان هم‌ارز با آن مقدار $\frac{\text{انرژی گرمایی}}{\text{دمایی}}$ دانست که به دلیل تفاوت در $\frac{\text{انرژی گرمایی}}{\text{دما}}$ جاری می‌شود.

۳ـ تکه‌ای نان و تکه‌ای سیب‌زمینی را با جرم و سطح یکسان در دمای $60\ ^\circ C$ درنظر بگیرید. اگر آنها را هم‌زمان در محیطی با دمای $20\ ^\circ C$ قرار دهیم کدام‌یک زودتر با محیط هم‌دما می‌شود؟ درستی پاسخ خود را در منزل بررسی کنید.

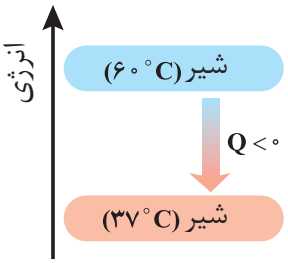
جاری شدن انرژی گرمایی

تجربهٔ خوردن شیر گرم در یک روز سرد زمستانی تجربهٔ خوشایندی است، تجربه‌ای لذت‌بخش که به بدن انرژی می‌بخشد. اگر دمای شیر گرم در حدود $60\ ^\circ C$ باشد پس از ورود به بدن، نخست

مقداری انرژی به شکل گرما از دست می‌دهد تا با بدن هم‌دما شود. شیمی‌دان‌ها برای درک آسان‌تر جاری شدن انرژی گرمایی در فرایندهایی از این دست، شیر گرم را **سامانه**[1] و بدن را **محیط**[2] پیرامون آن در نظر می‌گیرند، با این توصیف در این فرایند با جاری شدن انرژی از سامانه به محیط، دمای سامانه کاهش می‌یابد ($\Delta\theta < 0$). این ویژگی نشان می‌دهد که $Q < 0$ بوده و با فرایندی **گرماده**[3] سروکار داریم. الگوی نوشتاری این فرایند به صورت زیر است:

گرما + شیر ($37\ ^\circ C$) $\rightarrow$ شیر ($60\ ^\circ C$)

انجام این فرایند را از دیدگاه انرژی می‌توان با نمودار ۲ نشان داد.

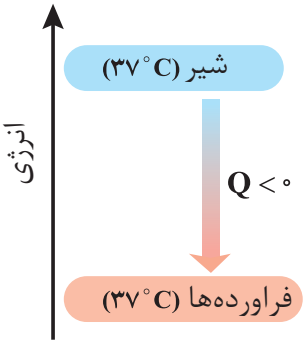


نمودار ۲ـ فرایند هم‌دما شدن شیر در بدن

شیر اشرف نوشیدنی‌ها، غذایی که مصرف آن برای همگان مفید است.

بستنی یک خوراکی دوست‌داشتنی، خنک و سرشار از مواد مغذی و انرژی‌زاست. فرایند هم دما شدن آن در بدن با جذب انرژی، در حالی که گوارش و سوخت و ساز آن با آزاد شدن انرژی همراه است.

اما بخش عمدهٔ انرژی موجود در شیر هنگام فرایند گوارش و سوخت‌وساز به بدن می‌رسد. فرایندهایی که با انجام واکنش‌های شیمیایی گوناگونی همراه است. به دیگر سخن، انجام مجموعه این واکنش‌ها منجر به تولید انرژی و مواد اولیه مورد نیاز سوخت‌وساز یاخته‌ها خواهد شد. نمودار ۳، تغییر انرژی وابسته به مجموعه این واکنش‌ها را نشان می‌دهد.



نمودار ۳ـ آزاد شدن انرژی در فرایند گوارش و سوخت و ساز شیر در بدن

در این واکنش‌ها با اینکه دما ثابت است($37\ ^\circ C$)، اما باز هم میان سامانه و محیط پیرامون، انرژی دادوستد می‌شود.

۱ـ System
۲ـ Surroundings
۳ـ Exothermic

آیا می‌دانید

شیمی‌فیزیک[1]،شاخه‌ای از علم شیمی است که این علم تجربی را بر مبنای مفاهیم فیزیکی و زبان ریاضی بنا نهاده و گسترش می‌دهد. این شاخه همهٔ شیمی را به یکدیگر مرتبط می‌کند به طوری که با اصول علمی آن می‌توان ساختار و تغییر ماده را درک کرد. سینتیک شیمیایی، طیف‌سنجی، الکتروشیمی و ... از جمله مباحث آن است.

گرما در واکنش‌های شیمیایی (گرماشیمی)

می‌دانید که هر واکنش‌شیمیایی ممکن است با تغییر رنگ، تولید رسوب، آزاد شدن گاز و ایجاد نور و صدا همراه باشد اما یک ویژگی بنیادی در همهٔ آنها داد و ستد گرما با محیط پیرامون است. از این رو هر واکنش شیمیایی ممکن است گرماده یا گرماگیر باشد. بررسی و مطالعهٔ این ویژگی در واکنش‌ها، منجر به پیدایش ترموشیمی (گرماشیمی) شد؛ شاخه‌ای از علم شیمی که به بررسی کمی و کیفی گرمای واکنش‌های شیمیایی، تغییر آن و تأثیری که بر حالت ماده دارد، می‌پردازد. از آنجا که روزانه واکنش‌های شیمیایی بسیاری در اطراف ما و حتی درون بدن ما رخ می‌دهد، می‌توان به وسعت قلمرو ترموشیمی پی برد؛ شما نیز با کمی دقت درمی‌یابید که امروزه گرماشیمی نقش و اهمیت بسیاری در زندگی دارد. شکل ۳نمونه‌هایی از آنها را نشان می‌دهد.

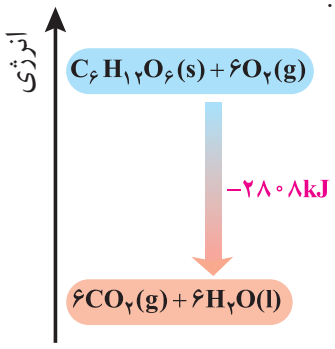
الف)

ب)

پ)

شکل ۳ـ الف) مواد غذایی پس از گوارش، انرژی لازم برای سوخت‌وساز یاخته‌ها را در بدن تأمین می‌کنند.
ب) سوختن سوخت‌ها، انرژی لازم برای حمل و نقل و نیز گرمایش محیط‌های گوناگون را فراهم می‌کنند.
پ) زغال کک، واکنش‌دهنده‌ای رایج در استخراج آهن و تأمین‌کننده انرژی لازم برای انجام واکنش است.

منبع انرژی در بدن غذا است. منبعی که انرژی آن پس از انجام واکنش های شیمیایی گوناگون به بدن می‌رسد. بدیهی است که هر یک از این واکنش‌ها می تواند گرماده یا گرماگیر باشد؛ واکنش‌هایی که برای انجام شدن باید گرما از دست بدهند یا جذب کنند. نمودار ۴ یکی از این واکنش‌ها را نشان می‌دهد.



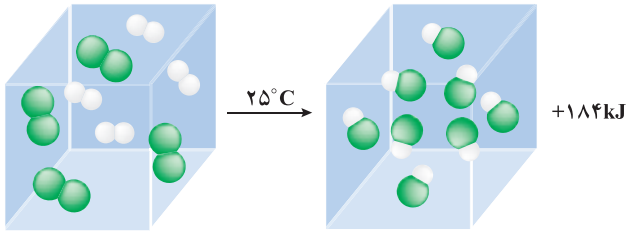
نمودار ۴ ـ اکسایش گلوکز برای تولید انرژی در بدن

جالب اینکه با وجود تولید انرژی در واکنش اکسایش گلوکز، دمای بدن تغییر محسوسی

۱ـ Physical Chemistry

نمی‌کند، زیرا دمای مواد واکنش‌دهنده پیش از آغاز واکنش با دمای مواد فراورده پس از پایان واکنش برابر است($\Delta\theta=0$)، در واقع واکنش در دمای ثابت انجام می‌شود، اما چرا با وجود دادوستد گرما میان سامانهٔ واکنش و محیط پیرامون، دما ثابت می‌ماند؟

برای پاسخ به این پرسش، یک واکنش میان **مولکول‌های دو اتمی**[3] را بررسی می‌کنیم. سامانه‌ای محتوی یک مول گاز هیدروژن و یک مول گاز کلر را با دمای $25^{\circ}C$ در نظر بگیرید. با انجام واکنش میان آنها افزون بر گاز هیدروژن‌کلرید، گرمای زیادی نیز تولید می‌شود. آزمایش نشان می‌دهد هنگامی که دمای سامانه پس از انجام واکنش به $25^{\circ}C$ می‌رسد، گرمای اندازه‌گیری شده پس از تولید دو مول گاز هیدروژن کلرید برابر با $184kJ$ است (شکل ۴).



شکل ۴ ـ نمونه‌ای از انجام یک واکنش گرماده در دمای ثابت

پژوهش‌ها نشان می‌دهد که این مقدار گرمای آزادشده ناشی از تفاوت انرژی گرمایی (مجموع انرژی جنبشی ذره‌ها) در مواد واکنش‌دهنده و فراورده نیست! زیرا در دمای ثابت، تفاوت چشمگیری میان انرژی گرمایی آنها وجود ندارد. شیمی‌دان‌ها گرمای جذب یا آزادشده در هر واکنش شیمیایی را به طور عمده وابسته به تفاوت میان انرژی پتانسیل مواد واکنش‌دهنده و فراورده می‌دانند. با این توصیف، انرژی پتانسیل یک نمونه ماده، انرژی نهفته‌شده در آن است، انرژی‌ای که ناشی از نیروهای نگه‌دارندهٔ ذره‌های سازندهٔ آن است.

برای درک این مفهوم، به ساختار مولکول‌های گازی مواد شرکت‌کننده در واکنش یادشده توجه کنید.

$$H-H\,(g) + Cl-Cl\,(g) \rightarrow 2H-Cl\,(g)$$

در هر مولکول از این مواد، تنها دو اتم با یک پیوند اشتراکی به یکدیگر متصل‌اند، اما نوع اتم‌های متصل به هم در هر مولکول متفاوت از دیگری است؛ به دیگر سخن نیروهای نگهدارندهٔ اتم در هر مولکول و در نتیجه استحکام پیوندها از یکدیگر متفاوت خواهد بود.

این الگو نشان می‌دهد که با انجام یک واکنش شیمیایی و تغییر در شیوهٔ اتصال اتم‌ها به یکدیگر، تفاوت آشکاری در انرژی پتانسیل وابسته به آنها ایجاد می‌شود؛ تفاوت انرژی‌ای که در واکنش‌ها به شکل گرما ظاهر می‌شود.

● در برخی منابع از **انرژی پتانسیل**[1] موجود در یک نمونه ماده، با نام **انرژی شیمیایی**[2] یاد می‌شود.

آیا می‌دانید

افتادن سیب از درخت بر روی زمین نتیجه نیروی گرانش بوده و نشانه‌ای از وجود پتانسیل گرانشی است در حالی که رسانایی الکتریکی محلول الکترولیت نتیجه نیروی جاذبه میان یون‌ها و قطب‌های ناهمنام بوده و نشانه‌ای از وجود پتانسیل الکتریکی است. در واقع پتانسیل‌ها نتیجه‌ای از برهم‌کنش‌های گوناگون هستند.

۱ـ Potential Energy
۲ـ Chemical Energy
۳ـ Diatomic Molecules

آیا می‌دانید

N_2H_4، هیدرازین نامیده می‌شود، ماده‌ای پرانرژی که به‌عنوان سوخت موشک استفاده می‌شود.

با هم بیندیشیم

۱ـ با توجه به واکنش‌های زیر پاسخ دهید:

$$N_2(g) + 3H_2(g) \xrightarrow{25^\circ C} 2NH_3(g) + 92kJ$$

$$N_2H_4(g) + H_2(g) \xrightarrow{25^\circ C} 2NH_3(g) + 183kJ$$

الف) چرا گرمای آزاد شده در دو واکنش متفاوت است؟ توضیح دهید.

ب) در کدام واکنش، مواد واکنش‌دهنده پایدارتر است؟ چرا؟

۲ـ گرافیت و الماس دو آلوتروپ کربن هستند که فراوردهٔ واکنش سوختن کامل آنها، گاز کربن‌دی‌اکسید است.

$$C(s, \text{گرافیت}) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 393/5\ kJ$$

$$C(s, \text{الماس}) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 395/4\ kJ$$

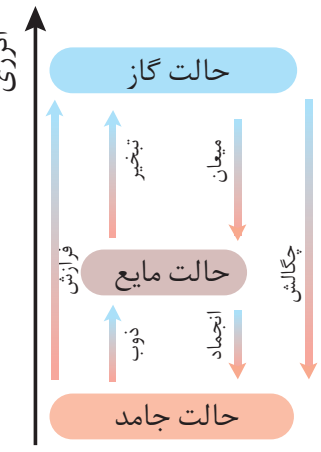
الف) چرا گرمای حاصل از سوختن یک مول گرافیت متفاوت از یک مول الماس است؟

ب) الماس پایدارتر است یا گرافیت؟ چرا؟

پ) از سوختن کامل 7/2 g گرافیت، چند کیلوژول گرما آزاد می‌شود؟

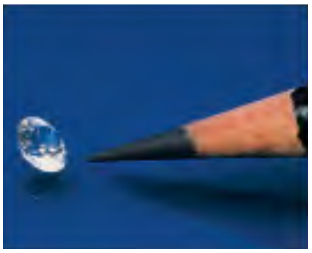
۳ـ با توجه به واکنش $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g) + 484kJ$، پیش‌بینی کنید گرمای واکنش $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l)$ کدام است (−۵۷۲ kJ، +۵۷۲ kJ، −۴۲۲ kJ، +۴۲۲ kJ)؟ چرا؟

دریافتید که گرمای یک واکنش در دما و فشار ثابت، به نوع و مقدار واکنش‌دهنده‌ها، نوع فراورده‌ها و حالت فیزیکی آنها بستگی دارد. کمیتی که یکی از ویژگی‌های کاربردی و بنیادی هر واکنش به شمار می‌رود.



تغییر حالت فیزیکی مواد خالص با تغییر انرژی همراه است.

در شیمی ۱ آموختید که اتم‌ها در حالت پایه با جذب انرژی به اتم‌های برانگیخته تبدیل می‌شوند. اتم‌های برانگیخته، پرانرژی‌تر و ناپایدارترند.

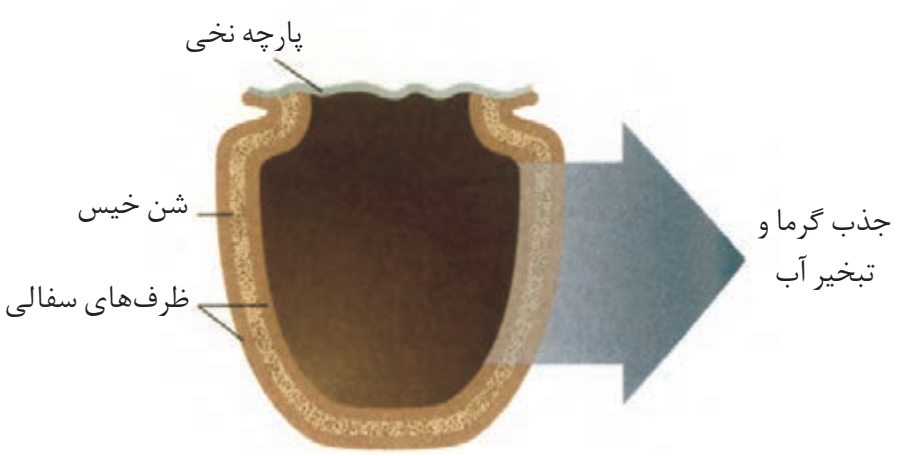


الماس و گرافیت، دو آلوتروپ کربن

پیوند با صنعت

بسیاری از مردم کشور نیجریه در مناطق خشک، بیابانی و بادخیز زندگی می‌کنند. مناطقی که تهیهٔ غذا در آنها دشوار اما نگهداری آن دشوارتر است. محمد باه آبا، معلم نیجریایی با طراحی و ساخت دستگاهی ساده و ارزان به مردم کشورش خدمتی ارزنده ارائه کرد. دستگاهی که همانند یک یخچال اما بدون نیاز به انرژی الکتریکی، غذا را خنک و برای مدت طولانی‌تری

نگه‌می‌دارد (شکل۵).



شکل ۵ـ ساختار یخچال صحرایی

مطابق شکل ۵، او برای ساخت این دستگاه، دو ظرف سفالی (ساخته شده از خاک رس) را درون یکدیگر قرار داد و فضای میان آنها را با شن خیس پر کرد. درپوش این مجموعه، پوششی نخی و مرطوب است که تهویه را به آسانی انجام می‌دهد. آب در بدنهٔ سفالی ظرف بیرونی نفوذ کرده و به آرامی تبخیر می‌شود، معادلهٔ انجام این فرایند به صورت زیر است:

$$H_2O(l) + ۴۴/۱\ kJ \rightarrow H_2O(g)$$

این معادله نشان می‌دهد که برای تبخیر یک مول آب به ۴۴/۱ کیلوژول گرما نیاز است. جذب گرما در این فرایند باعث افت دما شده و فضای درونی دستگاه همراه با محتویات آن را خنک می‌کند؛ شرایطی که برای سالم نگهداشتن غذا به مدت طولانی‌تر مناسب است.

آیا تاکنون آبی گوارا و خنک از کوزه نوشیده‌اید؟ کوزه، ظرفی سفالی است که ایرانیان از گذشته‌های دور برای نگهداری آب آشامیدنی از آن استفاده می‌کردند. این سفالینه نیز از خاک‌رس تهیه می‌شود و در بدنهٔ خود روزنه‌های بسیار ریزی دارد. هنگامی که کوزه حاوی آب باشد، آب به آسانی به دیوارهٔ آن نفوذ کرده تا جایی که حتی سطح بیرونی آن را نیز نمناک می‌کند. در این شرایط، به‌تدریج آب از سطح بیرونی کوزه تبخیر شده و گرمای لازم برای این فرایند از محتویات کوزه تأمین می‌شود. فرایندی که باعث کاهش دما و خنک‌شدن آب خواهد شد.

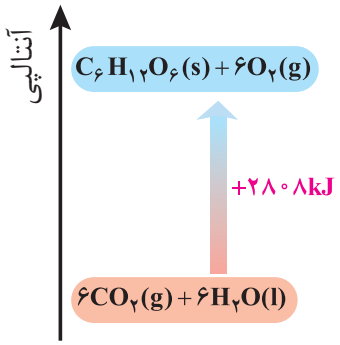
آنتالپی[۱]، همان محتوای انرژی است

هر نمونه ماده شامل مجموعه‌ای از شمار بسیار زیادی ذره‌های سازنده است. این ذره‌ها افزون بر جنبش‌های نامنظم، با یکدیگر برهم‌کنش نیز دارند. در واقع، ذره‌های سازندهٔ یک نمونه ماده افزون بر انرژی جنبشی، دارای انرژی پتانسیل نیز هستند. می‌دانید که یک نمونه ماده با مقدار آن در دما و فشار معین توصیف می‌شود، به‌طوری که ۲۰۰ گرم آب در دما و فشار اتاق را می‌توان یک نمونه ماده دانست. اینک ظرفی را در نظر بگیرید که محتوی این نمونه ماده باشد، چنین مجموعه‌ای یک سامانه به‌شمار می‌رود.

۱ـ Enthalpy

● همهٔ مواد پیرامون ما در دما و فشار اتاق، آنتالپی معینی دارند.

شیمی‌دان‌ها انرژی کل چنین سامانه‌ای را هم‌ارز با محتوای انرژی یا آنتالپی آن می‌دانند. با این توصیف هر سامانه در دما و فشار ثابت، آنتالپی معینی دارد. بدیهی است که با انجام واکنش شیمیایی گرماگیر در یک سامانه، مواد با محتوای انرژی (آنتالپی) کمتر به موادی با انرژی (آنتالپی)بیشتر تبدیل می‌شوند (نمودار۵).



نمودار ۵ـ آنتالپی واکنش در فتوسنتز

انجام این واکنش، برخلاف اکسایش گلوکز با جذب انرژی همراه است . از آنجا که دادو ستد انرژی در واکنش‌ها به طور عمده به شکل گرما ظاهر می‌شود، شیمی‌دان‌ها تغییر آنتالپی هر واکنش را هم‌ارز با گرمایی می‌دانند که در فشار ثابت با محیط پیرامون دادوستد می‌کند و آن‌را با Q_p نشان می‌دهند.

● برای یک واکنش اغلب به جای تغییر آنتالپی واکنش، واژهٔ آنتالپی واکنش به کار می‌رود.

نماد آنتالپی، «H» است در حالی‌که نماد تغییر آنتالپی، «ΔH» می‌باشد؛ کمیتی که با رابطه زیر بیان می‌شود:

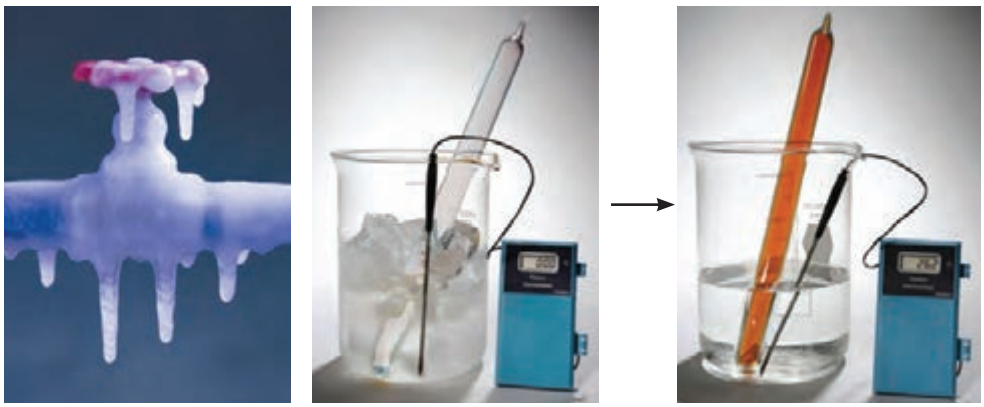
$$\Delta H\,(\text{واکنش}) = H\,(\text{مواد فراورده}) - H\,(\text{مواد واکنش‌دهنده}) = Q_p$$

خود را بیازمایید

۱ـ نماد Q را در هر معادله وارد کرده سپس علامت «ΔH» را در هر مورد مشخص کنید.

الف) $CO_2(s) \rightarrow CO_2(g)$

ب) $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$



ت) $H_2O(l) \rightarrow H_2O(s)$ $\quad$ $N_2O_4(g) \longrightarrow 2NO_2(g)$ پ)

● مقدار عددی «ΔH»، یک فرایند بزرگی آن را نشان می‌دهد، درحالی که علامت مثبت و منفی تنها نشان‌دهندهٔ گرماگیر و گرماده بودن آن است.

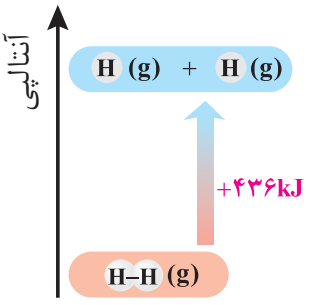
۲ـ اگر برای تولید یک مول گاز اوزون از گاز اکسیژن، آنتالپی به اندازهٔ ۱۴۳ kJ افزایش یابد، آنتالپی واکنش $3O_2(g) \rightleftarrows 2O_3(g)$ را در جهت رفت و در جهت برگشت حساب کنید.

آنتالپی پیوند و میانگین آن

انجام یک واکنش شیمیایی نشانه‌ای از تغییر در شیوهٔ اتصال اتم‌ها به یکدیگر است که به تغییر در ساختار و خواص مواد منجر می‌شود. یکی از خواصی که در واکنش‌های شیمیایی تغییر می‌کند، محتوای انرژی مواد است. این توصیف از واکنش، اهمیت پیوندهای شیمیایی و نقش انرژی وابسته به آنها را در گرمای یک واکنش نشان می‌دهد. برای درک انرژی پیوند می‌توان بحث را با پیوند میان ساده‌ترین اتم‌ها ادامه داد.

یک نمونه گاز هیدروژن، مجموعه‌ای از شمار بسیار زیادی مولکول‌های دواتمی بوده و هر مولکول شامل دو اتم هیدروژن با یک پیوند اشتراکی است. انتظار می‌رود برای تبدیل این مولکول‌ها به اتم‌های جدا از هم انرژی صرف شود. شواهد تجربی نشان می‌دهد که انرژی لازم برای شکستن پیوندهای اشتراکی موجود در یک مول $H_2(g)$ و تبدیل آن به دو مول $H(g)$، حدود ۴۳۶ kJ است (نمودار ۶).

$$H_2(g) + 436\ kJ \rightarrow 2H(g)$$



نمودار ۶ـ آنتالپی پیوند H–H

جدول ۲ـ آنتالپی برخی پیوندها

پیوند	آنتالپی ($kJ\ mol^{-1}$)
Cl-Cl	۲۴۲
Br-Br	۱۹۳
I-I	۱۵۱
H-F	۵۶۷
H-Cl	۴۳۱
O=O	۴۹۵
N≡N	۹۴۵

در ترموشیمی به مقدار ۴۳۶kJ، آنتالپی پیوند «H–H» می‌گویند و آن را با نماد $\Delta H\,(H-H) = ۴۳۶\,kJmol^{-۱}$ نشان می‌دهند. جدول ۲، آنتالپی برخی پیوندها را نشان می‌دهد.

اینک شاید بپرسید که شیمی‌دان‌ها چگونه آنتالپی پیوند را برای مولکول‌های چنداتمی مانند $NH_۳$، $H_۲O$ و $CH_۴$ تعیین و گزارش می‌کنند؟ در مولکول‌هایی از این دست، اتم مرکزی به چند اتم کناری یکسان با پیوندهای اشتراکی متصل است. یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که برای چنین مولکول‌هایی به کار بردن میانگین آنتالپی پیوند مناسب‌تر است. برای نمونه براساس واکنش:

$$CH_۴\,(g) + ۱۶۶۰\,kJ \rightarrow C\,(g) + ۴H\,(g)$$

میانگین آنتالپی پیوند «C–H» در جدول‌ها، $۴۱۵\,kJmol^{-۱}$ درج شده (چرا؟)، به دیگر سخن $\Delta H(C-H) = ۴۱۵\,kJ\,mol^{-۱}$ است. جدول ۳، میانگین آنتالپی برخی پیوندها را نشان می‌دهد.

جدول ۳ـ میانگین آنتالپی برخی پیوندها

پیوند	میانگین آنتالپی ($kJ\,mol^{-۱}$)
C–O	۳۸۰
N–H	۳۹۱
O–H	۴۶۳
C–C	۳۴۸
C=C	۶۱۴
C≡C	۸۳۹
C=O	۷۹۹
N–N	۱۶۳
O–O	۱۴۶

خود را بیازمایید

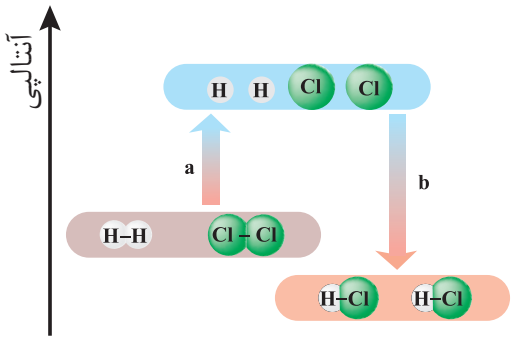
با استفاده از داده‌های جدول ۳، آنتالپی هریک از واکنش‌های زیر را پیش‌بینی کنید.

الف) $H_۲O\,(g) \longrightarrow O(g) + ۲H(g)$ ب) $NH_۲(g) + H(g) \longrightarrow NH_۳(g)$

آموختید که انجام فرایندهای فیزیکی و شیمیایی منجر به تغییر محتوای انرژی مواد می‌شود، ازاین‌رو انجام هریک از آنها با جذب یا از دست دادن گرما همراه است. تجربه نشان می‌دهد که گرمای تولید یا مصرف شده در واکنش‌های شیمیایی قابل اندازه‌گیری بوده و یکی از هدف‌هایی است که در ترموشیمی دنبال می‌شود.

آنتالپی پیوند، راهی برای تعیین ΔH واکنش

شیمی‌دان‌ها به‌کار بردن آنتالپی پیوند و میانگین آن را روشی برای تعیین آنتالپی یک واکنش می‌دانند. به دیگر سخن آنتالپی‌های پیوند کمک می‌کند تا از یک روش محاسباتی برای تعیین ΔH برخی واکنش‌ها بهره برد؛ راهی که در آن تصور می‌شود شماری از پیوندهای اشتراکی در مولکول‌های مواد واکنش دهنده، شکسته شده سپس شماری پیوند جدید تشکیل می‌شود تا مولکول‌های فراورده پدید آیند؛ با این توصیف دوباره به واکنش میان گازهای هیدروژن و کلر توجه کنید (نمودار ۷). این بار با این تصور که با شکسته شدن پیوندهای اشتراکی در مواد واکنش دهنده و تشکیل پیوندهای جدید، تنها فراوردهٔ این واکنش تولید می‌شود.



نمودار ۷ـ الگویی برای واکنش H_2 با Cl_2 و تولید HCl

کمیت a در نمودار ۷، انرژی لازم برای شکستن پیوندهای اشتراکی H–H و Cl–Cl را در یک مول از هر کدام آنها نشان می‌دهد، به‌طوری که این مقدار انرژی هم ارز با مجموع آنتالپی این پیوندهاست:

$$a = (۱\,mol \times ۴۳۶\ kJmol^{-۱}) + (۱\,mol \times ۲۴۲\ kJmol^{-۱}) = ۶۷۸\ kJ$$

کمیت b در این نمودار، انرژی حاصل از تشکیل پیوندهای اشتراکی H–Cl را در دو مول از آن نشان می‌دهد، از این رو کمیت b هم‌ارز با دو برابر آنتالپی این پیوند اما با علامت منفی است :

$$b = -(۲mol \times ۴۳۱\ kJmol^{-۱}) = -۸۶۲\ kJ$$

اینک از جمع جبری کمیت‌های a و b، آنتالپی واکنش به دست می‌آید:

$$\Delta H\,(\text{واکنش}) = a + b = ۶۷۸\ kJ + (-۸۶۲\ kJ) = -۱۸۴\ kJ$$

شیمی‌دان‌ها به کار بردن آنتالپی‌های پیوند را برای تعیین ΔH واکنش‌هایی مناسب می‌دانند که همهٔ مواد شرکت‌کننده در آنها به حالت گازند. در چنین واکنش‌هایی هرچه مولکول‌های مواد شرکت‌کننده ساده‌تر باشند، آنتالپی واکنش محاسبه شده با داده‌های تجربی همخوانی بیشتری دارد. به دیگر سخن به کار بردن میانگین آنتالپی پیوندها برای تعیین ΔH واکنش‌های گازی با مولکول‌های پیچیده‌تر اغلب در مقایسه با داده‌های تجربی، تفاوتی آشکار نشان می‌دهد.

خود را بیازمایید

۱ـ دانش‌آموزی برای تعیین آنتالپی یک واکنش گازی از رابطهٔ زیر استفاده کرده است، درستی این رابطه را بررسی کنید.

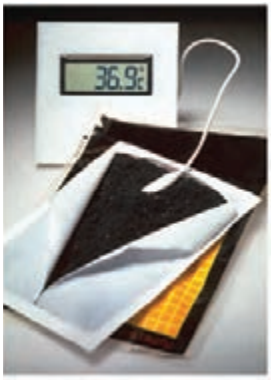
$$\Delta H\,(\text{واکنش}) = \left[\begin{array}{c}\text{مجموع آنتالپی پیوندها}\\ \text{در مواد فراورده}\end{array}\right] - \left[\begin{array}{c}\text{مجموع آنتالپی پیوندها}\\ \text{در مواد واکنش‌دهنده}\end{array}\right]$$

آیا می‌دانید

در هوای سرد زمستان برای گرم نگه‌داشتن دست‌ها می‌توان از کیسه‌های گرمازا استفاده کرد. این کیسه‌ها حاوی مواد شیمیایی هستند که در اثر مخلوط شدن با یکدیگر واکنش می‌دهند و گرما آزاد می‌شود. در برخی از این کیسه‌ها از واکنش اکسایش آهن برای تولید گرما استفاده می‌شود.

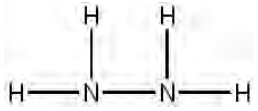
$$۴Fe(s) + ۳O_۲(g) \rightarrow ۲Fe_۲O_۳(s)$$

دمای محتویات کیسه پیش از انجام واکنش شیمیایی



دمای محتویات کیسه پس از انجام واکنش شیمیایی

در ارزشیابی‌های پایانی، نهایی و آزمون‌های سراسری در این گونه پرسش‌ها باید فرمول ساختاری مواد شرکت‌کننده داده شود.



۲ـ با استفاده از جدول میانگین آنتالپی پیوندها، ΔH هر یک از واکنش‌های ترموشیمیایی زیر را حساب نموده و با ΔH داده شده مقایسه کنید.

الف) $N \equiv N\,(g) + 3H_2(g) \longrightarrow H_2N - NH_2(g)$ $\quad \Delta H = +91\,kJ$

ب) $2CH_4\,(g) \longrightarrow C_2H_6\,(g) + H_2\,(g)$ $\quad \Delta H = +65\,kJ$

پ) $2H_2\,(g) + O_2\,(g) \longrightarrow 2H_2O\,(g)$ $\quad \Delta H = -484\,kJ$

پیوند با زندگی

ادویه‌ها نقش جالبی در تمدن و تاریخ ملت‌ها دارند به‌طوری که بو و مزه لذت بخش غذاهای بومی در هر جای جهان، اغلب به دلیل افزودن ادویه‌های ویژه‌ای به آنها است. این مواد افزون بر رنگ، بو و مزه خوشایندی که به غذا می‌دهند، مصرف دارویی نیز دارند آن‌چنان که امروزه این مواد برای جلوگیری از گرسنگی، افزایش سوخت‌وساز، جلوگیری از التهاب، پیشگیری از سرطان و گاهی بهبود یا رفع آن به‌کار می‌روند.

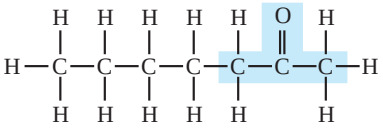
یافته‌های تجربی نشان می‌دهند که چنین خواصی در ادویه‌ها به طور عمده وابسته به ترکیب‌های آلی موجود در آنها است؛ ترکیب‌هایی که در ساختار خود افزون بر اتم‌های هیدروژن و کربن، اتم‌های اکسیژن، گاهی نیتروژن و گوگرد نیز دارند. شواهد تجربی نشان می‌دهد که تفاوت در خواص ادویه‌ها به‌دلیل تفاوت در ساختار این مواد آلی است. بررسی مواد آلی موجود در آنها نشان می‌دهد که وجود آرایش ویژه‌ای از اتم‌ها به نام **گروه عاملی**[1] نقش تعیین‌کننده‌ای در خواص آنها دارد. در هر یک از این گروه‌ها شیوه اتصال اتم‌ها به یکدیگر یا پیوند میان آنها اهمیت ویژه‌ای دارد . برای نمونه آرایش اتم‌های کربن و اکسیژن با پیوند دوگانه ($\rangle C=O$) نشانهٔ وجود یک گروه عاملی به نام **کربونیل**[2] است، گروهی که به آلدهیدها و کتون‌ها خواص

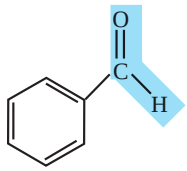
● گروه عاملی، آرایش منظمی از اتم‌هاست که به مولکول آلی دارای آن، خواص فیزیکی و شیمیایی منحصر به فردی می‌بخشد.

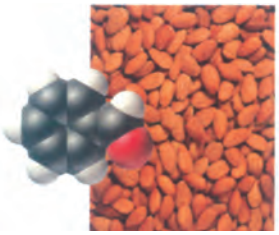
۱ـ Functional Group
۲ـ Carbonyl

ویژه‌ای می‌بخشد(شکل ۶).

میخک


الف) ۲- هپتانون

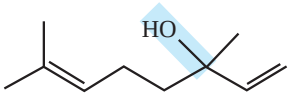

ب) بنزآلدهید

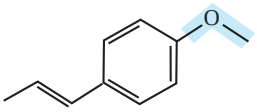

بادام

شکل۶ـ نمایش گروه عاملی کربونیل در ۲- هپتانون و بنزآلدهید .
چه تفاوت و چه شباهتی میان گروه عاملی آلدهیدی و کتونی وجود دارد؟

اما در ساختار برخی ادویه‌ها گروه‌های عاملی دیگری نیز وجود دارد. گروه‌هایی که در آنها اتم اکسیژن به یک یا دو اتم کربن با پیوند یگانه متصل است. این گروه‌های عاملی به ترتیب **هیدروکسیل**[۱] (O-H -) و گروه اتری (-O-) نام دارند. برای نمونه طعم و بوی گشنیز و رازیانه به طور عمده وابسته به وجود این گروه‌های عاملی است (شکل ۷).

گشنیز


الف)


ب)

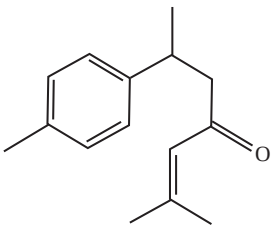
رازیانه

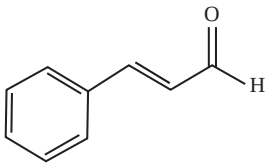
شکل۷ـ نمونه‌ای از ترکیب‌های آلی موجود در (الف) گشنیز و (ب) رازیانه

خود را بیازمایید

۱ـ هر ساختار زیر یک ترکیب آلی موجود در آن ادویه را نشان می‌دهد. گروه‌های عاملی موجود در هر مولکول را مشخص کنید و نام آنها را بنویسید.

زردچوبه





دارچین

۱ـ Hydroxyl

۲ـ با توجه به ساختار ترکیب‌های آلی زیر به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.

الف) شمار و نوع اتم‌های سازنده آنها را با یکدیگر مقایسه کنید.

ب) آیا خواص فیزیکی و شیمیایی آنها یکسان است؟ چرا؟

پ) آیا محتوای انرژی آنها را یکسان پیش‌بینی می‌کنید ؟ توضیح دهید.

شیمی‌دان‌ها به موادی که فرمول مولکولی یکسان اما ساختار متفاوتی دارند، ایزومر (همپار) می‌گویند.

هنگام کباب‌کردن گوشت و خوردن آن نقش و اهمیت ترموشیمی را احساس می‌کنید.

آنتالپی سوختن، تکیه‌گاهی برای تأمین انرژی

کباب‌کردن انواع گوشت، نمونه‌ای کاربردی و خوشایند از ترموشیمی به ویژه آنتالپی سوختن در زندگی است. انرژی لازم برای پختن گوشت در این فرایند از سوختن زغال یا گاز شهری فراهم می‌شود و از سوی دیگر خوردن کباب، مواد و انرژی لازم برای انجام فعالیت‌های بدن را تأمین می‌کند.

این دیدگاه شیمیایی در تهیهٔ غذا کمک می‌کند تا افزون بر درک و تعیین آنتالپی واکنش سوختن مواد، به ارزش غذایی انواع خوراکی‌ها نیز توجه شود.

بدن ما از غذا، مواد گوناگونی دریافت می‌کند. این مواد شامل کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها، پروتئین‌ها، آب، ویتامین‌ها و مواد معدنی بوده که سه ماده نخست، افزون بر تأمین مواد اولیه برای سوخت‌وساز یاخته‌ها، منابعی برای تأمین انرژی آنها نیز هستند. در این میان تنها کربوهیدرات‌ها هستند که در بدن به گلوکز شکسته شده و گلوکز حاصل از آنها در خون حل می‌شود. خون این ماده را به یاخته‌ها می‌رساند (گلوکز، قندخون است) و این ماده هنگام اکسایش در یاخته‌ها، انرژی تولید می‌کند؛ این روند به آسانی انرژی مورد نیاز یاخته‌ها را تأمین می‌کند. اما پرسش این است که چرا بدن ما، چربی را بیشتر ذخیره می‌کند؟

پژوهش‌ها نشان می‌دهد که چربی ارزش سوختی بیشتری از کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها نیز دارد. به دیگر سخن، انرژی حاصل از اکسایش یک گرم چربی بیشتر از دو ماده غذایی دیگر است (جدول ۴).

جدول ۴ـ ارزش سوختی سه مادهٔ غذایی

مادهٔ غذایی	کربوهیدرات	چربی	پروتئین
ارزش سوختی (kJg^{-1})	۱۷	۳۸	۱۷

با این الگو می‌توان مقدار انرژی‌ای که با مصرف مقدار معینی از هر غذا به بدن می‌رسد را

آیا می‌دانید

واکنش سوختن پروتئین‌ها در آزمایشگاه با واکنش اکسایش آنها در بدن متفاوت است، زیرا پروتئین‌ها مواد آلی نیتروژن دارند که از سوختن کامل آنها افزون بر CO_2، H_2O و انرژی، گاز N_2 نیز تولید می‌شود. در حالی که از اکسایش آنها در بدن، نیتروژن به طور عمده به شکل اوره درمی‌آید.

با اینکه همهٔ واکنش‌های سوختن گرماده است؛ اما ارزش سوختی در منابع معتبر علمی بدون علامت منفی گزارش شده است.

آیا می‌دانید

هر کیلوگرم از بدن به‌طور میانگین به ۱۰۰ کیلوژول انرژی در شبانه‌روز نیاز دارد تا وظایف خود را در پایین‌ترین سطح انجام دهد. این در حالی است که آهنگ مصرف انرژی در یک فرد ۷۰ کیلوگرمی هنگام فعالیت سبکی مانند باغبانی یا پیاده‌روی حدود ۸۰۰ کیلوژول و هنگام دویدن حدود ۲۰۰۰ کیلوژول در هر ساعت است.

حساب کرد. برای این کار می‌توان از جدول‌هایی همانند جدول ۵ که در منابع علمی معتبر موجود است، استفاده کرد. باید توجه داشت که میزان انرژی مورد نیاز بدن هر فرد به وزن، سن و میزان فعالیت‌های روزانهٔ او بستگی دارد. هر مقدار اضافی از مواد و انرژی دریافتی از مواد غذایی به‌طور عمده به شکل چربی در بدن ذخیره شده و باعث چاقی می‌شود.

آشکار است که تهیهٔ هر غذای گرمی به انرژی نیاز دارد، انرژی‌ای که به‌طور عمده از واکنش سوختن سوخت های فسیلی تأمین می شود. یکی از این سوخت‌ها متان است که بخش عمدهٔ گاز شهری را تشکیل می‌دهد. این ماده در حضور اکسیژن کافی به طور کامل می‌سوزد و افزون بر $CO_2(g)$ و $H_2O(g)$، مقدار زیادی انرژی تولید می کند. این ویژگی در واکنش‌های سوختن باعث شده که سوخت‌های فسیلی تکیه‌گاهی برای تأمین انرژی در صنعت، کشاورزی و زندگی روزانه باشند.

شیمی‌دان‌ها بر اساس این واکنش‌ها، آنتالپی سوختن یک ماده را هم‌ارز با آنتالپی واکنشی می‌دانند که در آن یک مول ماده در اکسیژن کافی به طور کامل می‌سوزد. جدول ۶، آنتالپی سوختن برخی ترکیب های آلی را در $25^\circ C$ نشان می‌دهد.

جدول ۶- آنتالپی سوختن برخی ترکیب های آلی در $25^\circ C$

مادهٔ آلی	آنتالپی سوختن ($kJ\ mol^{-1}$)	مادهٔ آلی	آنتالپی سوختن ($kJ\ mol^{-1}$)
$CH_4(g)$	-۸۹۰	$C_2H_2(g)$	-۱۳۰۰
$C_2H_6(g)$	-۱۵۶۰	$C_3H_4(g)$	-۱۹۳۸
$C_2H_4(g)$	-۱۴۱۰	$CH_3OH(l)$	-۷۲۶
$C_3H_6(g)$	-۲۰۵۸	$C_2H_5OH(l)$	-۱۳۶۸

خود را بیازمایید

۱ـ با توجه به جدول ۶ آنتالپی سوختن پروپان (C_3H_8) و ۱ـ بوتن (C_4H_8) را پیش‌بینی کرده سپس با مراجعه به منابع علمی معتبر درستی پیش‌بینی خود را بررسی کنید.

۲ـ با توجه به معادلهٔ واکنش سوختن کامل اتان و اتانول به پرسش‌های مطرح‌شده پاسخ دهید.

$$2C_2H_6(g) + 7O_2(g) \xrightarrow{25^\circ C} 4CO_2(g) + 6H_2O(l) + 3120\ kJ$$

$$C_2H_5OH(l) + 3O_2(g) \xrightarrow{25^\circ C} 2CO_2(g) + 3H_2O(l) + 1368\ kJ$$

الف) ارزش سوختی هریک را محاسبه و با یکدیگر مقایسه کنید.

جدول ۵- ارزش سوختی برخی خوراکی‌ها که محتوی کربوهیدرات، چربی و پروتئین هستند.

خوراکی	ارزش سوختی ($kJ\ g^{-1}$)
نان	۱۱/۵
پنیر	۲۰/۰
تخم‌مرغ	۶/۰
شکلات	۱۸/۰
شیر	۳/۰
بادام زمینی	۲۳

- یکی از فراورده‌های سوختن کامل مواد آلی در دمای اتاق، H_2O است و حالت مایع دارد.

آیا می‌دانید

برای اندازه‌گیری دقیق گرمای سوختن یک ماده می توان از گرماسنج بمبی استفاده کرد.

ب) جرم CO_2 حاصل از سوختن یک گرم از هریک را محاسبه و با یکدیگر مقایسه کنید.

پ) توضیح دهید چرا اتانول **سوخت سبز**[1] به شمار می‌رود؟

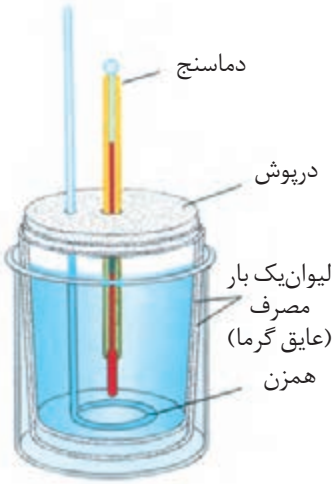
● سوخت‌های سبز در ساختار خود افزون بر هیدروژن و کربن، اکسیژن نیز دارند و از پسماندهای گیاهانی مانند سویا، نیشکر و دیگر دانه‌های روغنی استخراج می‌شوند.

در میان تار نماها

با مراجعه به منابع علمی معتبر گزارشی از مواد انرژی‌زا یا نیروزا در ورزش‌های قهرمانی و آثار زیان‌بار آنها بر بدن تهیه و در کلاس ارائه کنید.

جمع‌پذیری گرمای واکنش‌ها، قانون هس[2]

آنتالپی بسیاری از واکنش‌های شیمیایی را نمی‌توان به روش تجربی(شکل ۸) اندازه‌گیری کرد، زیرا برخی از آنها مرحله‌ای از یک واکنش پیچیده هستند و برخی دیگر به آسانی انجام نمی‌شوند. آشکار است که تأمین شرایط بهینه برای انجام آنها بسیار دشوار است. شیمی‌دان‌ها برای تعیین ΔH چنین واکنش‌هایی از روش‌های دقیق دیگری همانند قانون هِس بهره می‌برند.



شکل۸ـ ساختار گرماسنج لیوانی. دستگاهی که به کمک آن می‌توان گرمای واکنش را در فشار ثابت به روش تجربی تعیین کرد. این گرماسنج برای تعیین ΔH فرایندهای انحلال و واکنش‌هایی که در حالت محلول انجام می‌شوند، مناسب است.

می‌دانید که متان، ساده‌ترین هیدروکربن و نخستین عضو خانوادهٔ آلکان‌ها است و بخش عمدهٔ گاز طبیعی را تشکیل می‌دهد. این گاز از تجزیه گیاهان به‌وسیلهٔ باکتری‌های بی‌هوازی نیز در زیر آب تولید می‌شود.(شکل۹) شاید تصور کنید که گاز متان را می‌توان مطابق معادلهٔ زیر از واکنش میان گرافیت و گاز هیدروژن در آزمایشگاه تهیه کرد:

$$C(s\text{، گرافیت}) + 2H_2(g) \longrightarrow CH_4(g) \qquad \Delta H = ?$$

آزمایش‌ها و یافته‌های تجربی نشان می‌دهند که تأمین شرایط بهینه برای انجام این واکنش بسیار دشوار و پرهزینه است، به همین دلیل برای تعیین ΔH این واکنش می‌توان از واکنش‌های دیگری بهره برد که ΔH آنها پیش از این تعیین شده است. این واکنش‌های ترموشیمیایی می‌توانند واکنش سوختن یک مول گرافیت، یک مول گاز هیدروژن و یک مول گاز متان باشند که معادلهٔ هریک از آنها در $25^\circ C$ به‌صورت زیر است:

● اگر واکنش شیمیایی با ΔH وابسته به آن بیان شود، به آن **واکنش گرما(ترمو)شیمیایی**[3] می‌گویند.

$$۱)\ C(s\text{، گرافیت}) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) \qquad \Delta H_1 = -۳۹۳/۵\,kJ$$

$$۲)\ H_2(g) + \frac{۱}{۲}O_2(g) \longrightarrow H_2O(l) \qquad \Delta H_2 = -۲۸۶\,kJ$$

$$۳)\ CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l) \qquad \Delta H_3 = -۸۹۰\,kJ$$

۱ـ Green Fuel
۲ـ Hess's Law
۳ـ Thermochemical Reaction

با کمی دقت درمی‌یابید که به آسانی نمی‌توان از جمع سه واکنش ترموشیمیایی صفحهٔ قبل به واکنش موردنظر رسید. در این شرایط باید از قواعد رایج در ترموشیمی بهره برد.

در واکنش موردنظر، نخستین واکنش‌دهنده گرافیت با ضریب استوکیومتری برابر با ۱ است که در معادلهٔ نخست نیز با همان ویژگی‌ها دیده می‌شود. دومین واکنش‌دهنده، گاز هیدروژن با ضریب استوکیومتری برابر با ۲ است که در معادلهٔ دوم نیز واکنش‌دهنده اما با ضریب استوکیومتری برابر با ۱ است؛ از این‌رو، باید این معادله ترموشیمیایی در ۲ ضرب شود.

$$۴)\ 2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(l) \qquad \Delta H_4 = -۵۷۲\ kJ$$

سومین ماده در واکنش موردنظر، $CH_4(g)$ بوده که تنها فراورده با ضریب استوکیومتری برابر با ۱ است، ماده‌ای که در سومین معادله، واکنش‌دهنده با همان ضریب استوکیومتری است. وارونه کردن این معادله هدف ما را تأمین می‌کند.

$$۵)\ CO_2(g) + 2H_2O(l) \longrightarrow CH_4(g) + 2O_2(g) \qquad \Delta H_5 = +۸۹۰\ kJ$$

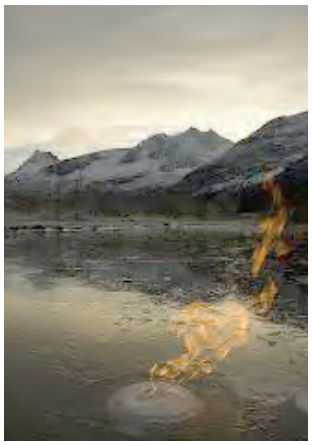
اینک از جمع معادله‌های ۱، ۴ و ۵ می‌توان به معادلهٔ ترموشیمیایی مورد نظر رسید. این روند نشان می‌دهد که ΔH آن برابر با جمع جبری ΔH_1، ΔH_4 و ΔH_5 خواهد بود.

$$۱)\ C(s,\ \text{گرافیت}) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) \qquad \Delta H_1 = -۳۹۳/۵kJ$$
$$۴)\ 2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(l) \qquad \Delta H_4 = -۵۷۲kJ$$
$$۵)\ CO_2(g) + 2H_2O(l) \longrightarrow CH_4(g) + 2O_2(g) \qquad \Delta H_5 = +۸۹۰kJ$$

$$C(s, \text{گرافیت}) + 2H_2(g) \longrightarrow CH_4(g)\ ,\ \Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_4 + \Delta H_5$$
$$= (-۳۹۳/۵kJ) + (-۵۷۲kJ) + ۸۹۰kJ = -۷۵/۵kJ$$

نخستین بار هنری هس دریافت که گرمای یک واکنش معین به راهی که برای انجام آن درپیش گرفته می‌شود، وابسته نیست. به دیگر سخن با استفاده از ΔH دو یا چند واکنش دیگر می‌توان ΔH یک واکنش معین را به‌دست آورد، به شرطی که شرایط انجام همهٔ واکنش‌ها یکسان باشد. امروزه از این نتیجه با نام قانون هس یاد می‌شود، قانونی که به جمع‌پذیری گرمای واکنش‌ها معروف است. بیان علمی قانون هس براساس مفهوم ΔH، به‌صورت زیر است:

«اگر معادلهٔ واکنشی را بتوان از جمع معادلهٔ دو یا چند واکنش دیگر به دست آورد، ΔH آن نیز از جمع جبری ΔH همان واکنش‌ها به دست می‌آید».



شکل ۹- سوختن متان در سطح مرداب. گاز متان نخستین بار از سطح مرداب‌ها جمع‌آوری شده، از این‌رو به گاز مرداب معروف است.

آیا می‌دانید

یکی از منابع باور نکردنی اما به اثبات رسیده تولید گاز متان، موریانه‌ها هستند. هنگامی که این حشره چوب را می‌خورد، سلولز آن پس از گوارش به برخی مواد از جمله متان تبدیل می‌شود. این حشره سالانه بیش از ۱۷۰ میلیون تن متان تولید می‌کند.

آیا می‌دانید

محلول رقیق آب اکسیژنه یک محلول ضدعفونی‌کننده است که خاصیت رنگ‌بری و لکه‌بری نیز دارد.

خود را بیازمایید

۱ـ هیدروژن پراکسید (H_2O_2) ماده‌ای است که با نام تجاری آب اکسیژنه به فروش می‌رسد.

الف) با استفاده از واکنش‌های زیر، آنتالپی واکنش $H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow H_2O_2(l)$ را حساب کنید.

$$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(l) \qquad \Delta H = -286\ kJ$$

$$2H_2O_2(l) \longrightarrow 2H_2O(l) + O_2(g) \qquad \Delta H = -196\ kJ$$

ب) توضیح دهید چرا تهیهٔ این ماده از واکنش مستقیم گاز هیدروژن با اکسیژن ممکن نیست؟

۲ـ در شیمی ۱ آموختید که گازهای آلاینده مانند NO و CO از اگزوز خودروها به هواکره وارد می‌شوند. شیمی‌دان‌های هواکره انجام واکنش زیر را برای تبدیل این آلاینده‌ها به گازهایی پایدارتر و با آلایندگی کمتر، طراحی کرده‌اند.

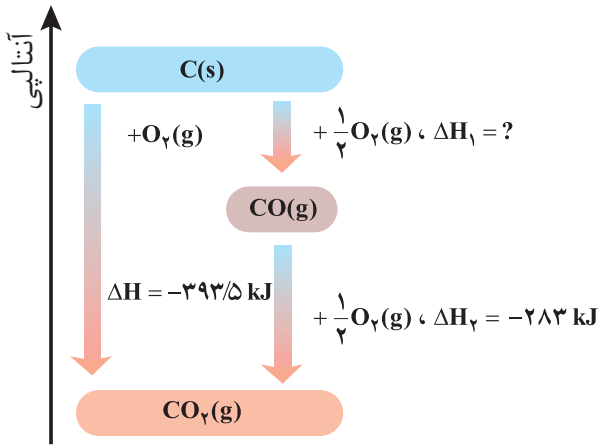
$$2CO(g) + 2NO(g) \longrightarrow 2CO_2(g) + N_2(g) \qquad \Delta H = ?$$

آنتالپی واکنش بالا را با استفاده از واکنش‌های ترموشیمیایی زیر حساب کنید.

$$CO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) \qquad \Delta H = -283\ kJ$$

$$N_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2NO(g) \qquad \Delta H = +181\ kJ$$

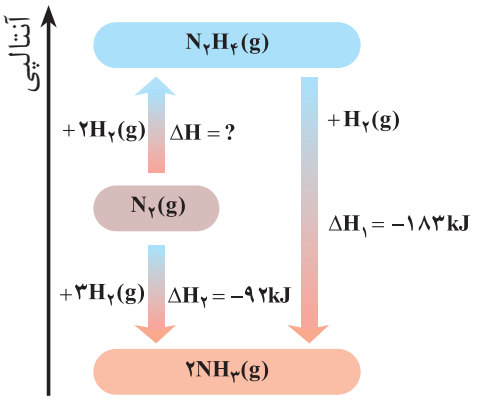
۳ـ واکنش سوختن کامل گرافیت را می‌توان مجموعه‌ای از دو واکنش پی‌درپی مطابق نمودار زیر دانست.



الف) شواهد نشان می‌دهد که ΔH واکنش تولید $CO(g)$ را نمی‌توان به روش تجربی تعیین کرد. دربارهٔ علت آن گفت‌وگو کنید.

ب) ΔH واکنش تولید $CO(g)$ را از گرافیت و گاز اکسیژن حساب کنید.

۴ـ شواهد تجربی نشان می‌دهند که تهیهٔ آمونیاک به روش هابر از گازهای نیتروژن و هیدروژن مطابق نمودار زیر یک واکنش دو مرحله‌ای است.



الف) در شرایط یکسان، هیدرازین پایدارتر است یا آمونیاک؟ چرا؟

ب) آنتالپی واکنش تولید هیدرازین را حساب کنید.

تا اینجا با تغییر محتوای انرژی مواد شرکت‌کننده از جمله سوخت‌ها و مواد غذایی در واکنش‌ها آشنا شدید. اما از دیگر ویژگی‌های مهم یک واکنش، آهنگ انجام آن است؛ کمیتی که در تهیه و نگهداری مواد غذایی سالم نقش کلیدی و تعیین‌کننده دارد.