جزوه شیمی یازدهم

فصل ۲

در پی غذای سالم

تالیف: استاد علیرضا زارع

از سری کتابهای شیمی ۷۴۷

فَلیَنظُرِ الإنسَانُ الی طَعَامِهِ. (سوره عبس، آیه ۲۴)

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

دانشمندان اجزای بنیادی جهان مادی را ماده و انرژی می دانند. یافته های تجربی نشان می دهد که انرژی از راه های گوناگون با ماده ارتباط دارد؛ آن چنان که کاهش جرم خورشید به عنوان تنها منبع حیات بخش انرژی، تبدیل ماده به انرژی را تأیید می کند.

نکته طلایی:تبدیل انرژی به ماده و بلعکس از دستاوردهای آلبرت انیشتین بوده است.رابط این دو کمیت مهم فیزیکی سرعت نور است.

یادمون باشه تو این فرمول مهم $E = mc^2$

m جرم ماده برحسب کیلوگرم

C سرعت نور برحسب متر بر ثانیه $3\times10^8 m.s^{-1}$

و E انرژی آزاد شده بر حسب ژول می باشد. $(1j = 1Kg.m^2.s^{-2})$

از سوی دیگر نیاز به انرژی برای انجام هر فعالیت با هر آهنگی، وجود یک منبع انرژی نزدیک تر را آشکار می سازد؛ منبعی که در آن تغییرهای فیزیکی و به ویژه واکنش های شیمیایی انجام می شود. تأمین انرژی از سوزاندن سوخت ها و نیز گوارش غذا در بدن را می توان گواهی بر این مدعا دانست. امید است با بررسی و درک واکنش های گرماشیمیایی و سرعت انجام آنها، در استفادهٔ درست و مناسب از دو منبع سوخت و غذا تلاش کنیم.

منبع اصلی و حیات بخش انرژی در زمین ←کاهش جرم خورشید است.

منابع انرژی نزدیک برای انجام فعالیتها ←سوزاندن سوختها و گوارش غذا

غذا[1] همواره نقش محوری در رشد، تندرستی و زندگی انسان داشته است. بررسی ها نشان می دهد که نیاکان ما بیشتر وقت خود را صرف تهیه وعده های غذایی می کردند؛ آن چنان که در طول روز اغلب در جست وجوی غذا و جمع آوری دانه های خوراکی بودند. آنها به تدریج یاد گرفتند که دانه ها را بکارند و فراورده ها را درو کنند. فرایندی که نخستین انقلاب در کشاورزی بود و باعث شد انسان ها حبوبات، غلات و... را به مقدار زیادی تولید کنند. اما افزایش جمعیت جهان عاملی تعیین کننده بوده و

[1] *Food*

هست، به طوریکه امروزه تأمین غذای حدود ۷/۵ میلیارد نفر ساکن کرۀ 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 دهۀ اخیر نشان می دهد.

نمودار ۱ـ تولید و مصرف جهانی غلات در دهۀ اخیر

اینک می پذیرید که یکی از مهم ترین و شاید دشوارترین مسئولیت هر دولت، تأمین غذای افراد جامعه است. مسئولیتی که یکی از چالش های نگران کننده در عصر کنونی است.

نکته طلایی: مهمترین حوزه های صنایع غذایی عبارتند از:

۱-تولید۲- حمل ونقل ۳-نگهداری۴- فراوری

هدف صنایع غذایی←تولید غذا در حجم انبوه

نیازهای صنایع غذایی← زمینهای کشاورزی و منابع آب

این نیازها تأیید می کند که یکی از مهم ترین و شاید سنگین ترین مسئولیت های هر دولت، تأمین غذای افراد جامعه است. مسئولیتی که در گذشته با قحطی و جنگ غذا تهدید می شد و امروزه نیز چالشی نگران کننده به شمار می رود.

آیا می دانید

علوم و صنایع غذایی به مجموعه ای از علوم و فنون گفته می شود که به بررسی کیفیت فیزیکی، شیمیایی و زیست شناختی فراورده های کشاورزی و دامی و شیلات از لحاظ تولید، تبدیل، فراوری، نگهداری و حمل و نقل می پردازد به گون های که از مواد خام تا غذای آماده مصرف را پوشش می دهد.

آیا می دانید

شمار اتم های تشکیل دهنده بدن یک فرد ۷۰ کیلوگرمی در حدود $۳/۵\times۱۰^{۲۷}$ برآورد می شود.

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.

آیا می دانید

میزان تولید گندم ایران در سال ۹۵ به ۱۳/۵ میلیون تن رسید. ایران در تولید گندم در مقام یازدهم دنیا قرار دارد.

آیا می دانید

میزان تولید برنج ایران در سال ۹۵ به ۱/۸ میلیون تن رسید. ایران در تولید برنج در مقام بیست و پنجم دنیا قرار دارد.

پیشرفت دانش و فناوری موجب شده است که تولید فراورده های کشاورزی و دامی افزایش یابد و غذا به روش صنعتی تولید شود.

نکته: در تولید انبوه، به دلیل فساد مواد غذایی و دشواری نگهداری آنها، حفظ کیفیت و ارزش مواد غذایی اهمیت بسزایی دارد.

خود را بیازمایید

جدول روبه رو، سرانهٔ مصرف سالانه برخی مواد خوراکی را نشان می دهد. با توجه به آن، به پرسش های مطرح شده پاسخ دهید.

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

ب) گوشت قرمز و ماهی افزون بر پروتئین[۲]، محتوی انواع ویتامین[۳] و مواد معدنی[۴] است.

---

[۲] Pr*otein*

[۳] *Vita* min

چه پیشنهادهایی برای گنجاندن آنها در برنامهٔ غذایی خانواده خود دارید؟

پ) شیر و فراورده های آن، منبع مهمی برای تأمین پروتئین و به ویژه کلسیم است.

کارشناسان تغذیه برمصرف مناسب آنها برای پیشگیری و ترمیم پوکی استخوان تأکید دارند. اگر شما یک مدیر تصمیم گیرنده 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. بر اساس برنامهٔ غذایی خانواده خود چه پیشنهادی برای افزایش مصرف

پاسخ خود را بیازمایید

الف) برنج و شکر

ب) موقع خرید مقدار بیشتری از این دو در سبد خرید تهیه شود، موقع پختن بخار پز شود تا پروتئین های آن کمتر به هدر برود، در برنامه غذایی هفتگی حداقل ۲ روز این مواد یعنی گوشت قرمز و ماهی گنجانده شود.

پ) ۱- آموزش و فرهنگ سازی افراد برای مصرف شیر

۲- توزیع شیر در مجالس به جای شیرینی و همین طور در مدارس

۳- کاهش قیمت شیر

۴- بالا بردن کیفیت شیر تولیدی جهت رغبت افراد برای خوردن

ت) در غذاهای روزمره خود سعی کنیم از حبوبات بیشتری مانند لوبیا، نخود و... استفاده کنیم.

---

[۴] *Minerals*

نکته طلایی : **نقش غذا در بدن**

۱-مصرف غذا، انرژی مورد نیاز بدن برای حرکت ماهیچه ها، ارسال پیام های عصبی، جابه جایی یون ها و مولکول ها از دیوارهٔ هر یاخته را تأمین می کند.

۲- غذا همچنین مواد اولیه برای ساخت و رشد بخش های گوناگون بدن مانند سلول های خونی، استخوان، پوست، مو، ماهیچه ها، آنزیم ها و... را فراهم می کند.

همهٔ این فرایندها وابسته به انجام واکنش های شیمیایی هستند که هر یک آهنگ ویژه ای دارند؛ واکنش هایی که دمای بدن را نیز کنترل و تنظیم می کنند.

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 به ازای هر فرد در یک گسترهٔ زمانی معین نشان می دهد.

نکات طلایی جدول بالا:

۱-مصرف نان در ایران تقریبا بیش از چهار برابر میانگین جهانی است.

۲-مصرف برنج تقریبا یک و نیم برابر میانگین جهانی است.

۳-مصرف شکر شش برابر شش برابر میانگین جهانی است.

۴-مصرف نمک دو برابر میانگین جهانی است.

۵- مصرف روغن یک و سه دهم برابر میانگین جهانی است.

۶-مصرف حبوبات و شیر و سبزیجات و همچنین ماهی و تخم مرغ و میوه و گوشت قرمز کمتر از میانگین جهانی است.

آیا می دانید

سازمان جهانی خواربار و کشاورزی (FAO) 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 بر اساس مصرف سرانه مواد غذایی است.

غذا به عنوان معجونی از مواد شیمیایی، محتوی ذره های گوناگون است. بخش عمدهٔ این اتم ها، مولکول ها و یون های موجود در بدن شما از غذایی که می خورید، تأمین می شود.

پس نتیجه می گیریم که ←تغذیهٔ درست شامل وعده های غذایی است که مخلوط مناسبی از انواع ذره ها را دربر می گیرد و سوء تغذیه هنگامی خودنمایی می کند که وعده های غذایی با کمبود نوع خاصی از آنها همراه باشد.

عوارض سو تغذیه: بدن به تدریج ضعیف شده و شرایط بیماری فراهم خواهد شد. بدیهی است که افزایش نامتناسب برخی مولکول ها و یون ها در وعده های غذایی سبب افزایش وزن و دیگر بیماری ها خواهد شد.

علم شیمی برای هر یک از این پرسش ها پاسخی دارد. ترموشیمی و سینتیک شیمیایی شاخه هایی از علم شیمی هستند که به پرسشهای زیر در مورد غذا و عوامل موثر آن پاسخ می دهند:

محتوای انرژی مواد غذایی گوناگون چقدر است؟

مواد مغذی موجود در خوراکی ها از چه نوعی هستند و به چه مقدار وجود دارند؟

برای افزایش زمان ماندگاری و ارزش غذایی خوراکی ها چه باید کرد؟

چگونه می توان بو و مزه مواد خوراکی را تغییر داد یا بهبود بخشید؟

برای تولید بیشتر و سریع تر مواد غذایی چه راه هایی وجود دارد؟

آیا انرژی موجود در مواد غذایی یکسان است؟

غذا، ماده و انرژی[۵]

شاید برای شما هم پیش آمده باشد که بدون خوردن صبحانه به مدرسه، پیاده روی یا ورزش کردن بروید! پس از مدت کوتاهی احساس گرسنگی و بی حالی به شما دست می دهد به طوری که توانایی کافی برای تمرکز، فکرکردن و انجام فعالیت های ورزشی را نخواهید داشت. در این حال با خوردن کمی غذا یا تکه ای شیرینی، سرحال خواهید شد زیرا بدن شما انرژی کسب کرده است.

بدن ما برای انجام فعالیت های **ارادی و غیرارادی گوناگون به ماده و انرژی** نیاز دارد. برای نمونه هنگامی که قند خون[۶] پایین باشد می توان با خوردن سیب یا نوشیدن شربت آبلیمو و عسل و هنگامی که بدن دچار کمبود آهن باشد می توان با خوردن اسفناج و عدسی بدن را به حالت طبیعی بازگرداند.

قند خون← راه جبران ←خوردن سیب یا نوشیدن شربت آبلیمو و عسل

آهن← راه جبران ←خوردن اسفناج و عدسی

نکته طلایی: توجه کنید که ارزش مواد غذایی در تأمین ماده و انرژی مورد نیاز بدن یکسان نیست.

آیا می دانید

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

---

۵ *Energy*

۶ *Blood Sugar*

تخم مرغ سرشار از انواع آمینو اسیدهاست که گنجاندن آن در برنامهٔ غذایی به ساخت پروتئین ها در بافت های بدن کمک می کند.

گوشت ماهی به دلیل داشتن امگا ۳ سبب کاهش کلسترول خون شده و احتمال بیماری های قلبی را کاهش می دهد.

ماست منبعی غنی از منیزیم و کلسیم است.

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.

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

۲- درون آن تا $۳۰ml$ آب بریزید و دمای آن را اندازه گیری کنید (توجه داشته باشید که دماسنج با بدنه یا ته لوله تماس نداشته باشد).

۳- یک گرم مغز گردو بردارید و آن را با انبر یا میله نازک تا شعله ورشدن روی شعله بگیرید.

بلافاصله آن را تا سوختن کامل زیر لولهٔ آزمایش نگهدارید. پس از سوختن کامل و خاموش شدن شعله، دمای پایانی آب را یادداشت کنید.

۴- آزمایش را جداگانه با دو گرم مغز گردو و همچنین با دو گرم ماکارونی تکرار و جدول زیر را کامل کنید سپس به پرسش های مطرح شده پاسخ دهید.

شمارهٔ آزمایش	مادهٔ غذایی	دمای آغازی آب ($^{\circ}C$)	دمای پایانی آب ($^{\circ}C$)
۱	یک گرم گردو		
۲	دو گرم گردو		
۳	دو گرم ماکارونی		

الف) با توجه به اینکه در آزمایش ۱ و ۲، نوع ماده ای که می سوزد یکسان است، چرا تغییر دمای آب تفاوت دارد؟

ب) با توجه به اینکه در آزمایش ۲ و ۳، مقدار ماده ای که می سوزد یکسان است، چرا تغییر دمای آب تفاوت دارد؟

پ) یافته های خود را از این آزمایش جمع بندی کنید؟

پاسخ کاوش کنید

پاسخ بخش ۴

شماره آزمایش	ماده غذایی	دمای آغازی آب (^{o}C)	دمای پایانی آب (^{o}C)
۱	یک گرم گردو	۲۳	۲۹
۲	دو گرم گردو	۲۳	۳۵
۳	دو گرم ماکارونی	۲۳	۲۷

الف) چون مقدار گردو به کار گرفته شده در ۲ آزمایش فرق دارد

ب) چون نوع ماده به کار گرفته شده در ۲ آزمایش فرق دارد یکی گردو و دیگری ماکارونی می باشد.

پ) مقدار گرمای مبادله شده در آزمایش انجام شده هم به نوع و هم به مقدار ماده بستگی دارد.

راه های آزادشدن انرژی

۱-یکی از راه های آزادشدن انرژی مواد، سوزاندن آنهاست. سوخت هایی مانند گاز شهری، بنزین، الکل و زغال هنگام سوختن انرژی آزاد می کنند و این انرژی برای گرم کردن خانه، پخت و پز و نیز به حرکت درآوردن خودروها مصرف می شود.

۲- هضم و سوخت و ساز (متابولیسم)غذا: مواد غذایی مانند ماکارونی و گردو نیز هنگام سوختن، انرژی آزاد می کنند.

نکته طلایی :هر مادۀ غذایی انرژی دارد و میزان انرژی آن به جرمی بستگی دارد که می سوزد، انرژی ای که می تواند باعث تغییر دما شود.

دمای یک ماده از چه خبر می دهد؟

نوشیدن چای داغ و آب خنک به ترتیب در هوای سرد و هوای گرم، لذت بخش است. در این تجربه های خوشایند «داغی یا خنکی نوشیدنی» و «سردی یا گرمی هوا» نشانه ای از تفاوت میان دمای آنهاست.

در واقع دما کمیتی است که میزان گرمی و سردی مواد را نشان می دهد.

از آنجا که در شیمی بررسی ساختار مواد و فرایندها از دیدگاه ذره ای اهمیت و جایگاه ویژه ای دارد، نخست باید با مفهوم دما[۷] از این دیدگاه آشنا شوید. برای درک آسان تر آن، تجربۀ زیر را به دقت بررسی کنید (شکل ۱).

[۷] *Temperature*

شکل ۱- اثر دما بر میزان جنبش مولکول ها

مطابق شکل ۱، هنگامی که به ظرف محتوی آب گرما داده می شود، به تدریج دمای آن افزایش می یابد تا اینکه سرانجام آب می جوشد و یخ موجود در بالای آن نیز ذوب می شود. طی این فرایند جنب وجوش مولکول ها به تدریج افزایش می یابد. بررسی شکل ۱ نشان می دهد با اینکه ذره های سازندهٔ یک ماده در سه حالت فیزیکی یکسان بوده و پیوسته در جنب وجوش هستند اما میزان جنبش ذره ها متفاوت از یکدیگر است، به طوری که جنبش های نامنظم ذره ها در حالت گاز شدیدتر از مایع و آن هم شدیدتر از حالت جامد است. همچنین هر چه دما بالاتر باشد، جنبش های نامنظم ذره های آن شدیدتر است. برای نمونه این جنبش ها در آب گرم شدیدتر از آب سرد است.

نکته طلایی: جنبشهای مولکولی اولا نامنظم بوده و ثانیا هم به حالت فیزیکی ماده و هم به دما بستگی دارند.

کاکائو و خوراکی های محتوی آن باید در جای خنک نگهداری شوند. هنگامی که چنین خوراکی هایی را در جیب خود بگذارید یا در دست بگیرید، پس از مدتی ذوب شده و حالت خمیری و روان به خود می گیرند، زیرا دمای آنها افزایش یافته و جنبش ذره های سازنده آنها شدیدتر می شود.

بوی غذای گرم آسان تر و سریع تر از غذای سرد به مشام می رسد. (چرا؟)چون افزایش دما جنبش مولکولها بیشتر شده و بنابراین سرعت انتشار آنها در محیط بیشتر می شود.

با بررسی این تجربه اینک می پذیرید که در دمای معین یک ویژگی مشترک مواد با هر حالت فیزیکی، وجود جنبش های نامنظم ذره های سازندهٔ آنها است.

نکته طلایی: هر چه دمای ماده بالاتر باشد، میانگین تندی[۸] و میانگین انرژی جنبشی[۹] ذره های سازندهٔ آن بیشتر است.

نکته طلایی: به دیگر سخن دمای یک ماده، معیاری برای توصیف میانگین تندی و میانگین انرژی جنبشی ذره های سازندهٔ آن است.

با هم بیندیشیم

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

آ) شکل A، نمونه ای از هوا را در $\frac{\text{ظهر}}{\text{شب}}$ نشان می دهد.

---

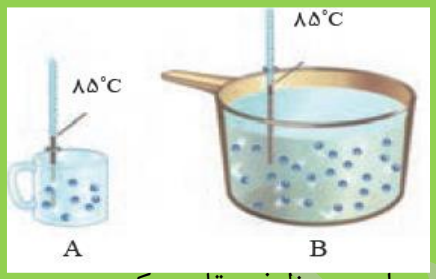
۸ *Speed*

۹ *Kinetic Energy*

ب) شکل B، نمونه ای از هوا را در یک روز $\frac{\text{تابستانی}}{\text{زمستانی}}$ نشان می دهد.

پ) اگر مجموع انرژی جنبشی ذره های سازنده یک نمونه ماده، هم ارز با انرژی گرمایی[۱۰] آن باشد، انرژی گرمایی $\frac{A}{B}$ بیشتر بوده زیرا $\frac{\text{شمار مولکول های}}{\text{دمای}}$ آن بیشتر است.

۲- با توجه به شکل های زیر به پرسش های مطرح شده پاسخ دهید.



آ) میانگین تندی مولکول های آب را در دو ظرف مقایسه کنید.

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

پاسخ با هم بیاندیشیم

۱- موارد صحیح به شرح زیر می باشند:

الف) شب ب) تابستانی پ) B- دمای

۲- آ) چون دمای دو ظرف یکسان است پس میانگین تندی مولکول ها برابر است.

ب) B- چون تعداد مولکول های موجود در ظرف B بیشتر است و هر چه تعداد مولکول بیشتر باشد انرژی گرمایی نیز بیشتر است. توجه کنید که انرژِ گرمایی کمیتی مقداری است لذا با افزایش مقدار ذرات مقدار آن نیز بیشتر می شود.

[۱۰] *Thermal Energy*

آیا می دانید

هر جرم «m» که با تندی «v» حرکت می کند، دارای انرژی جنبشی «$\frac{1}{2}mv^2$» است.

توجه کنید که:

* یکای رایج دما، درجه سلسیوس (^oC)، در حالی که یکای دما در «ST»، کلوین (K) است.

* نماد دما بر حسب سلسیوس، «θ» و نماد دما بر حسب کلوین، «T» است.

اطلاعاتی که دما در اختیار ما می گذارد عبارت است از:

میزان سردی و گرمی یک نمونه ماده،

میانگین تندی و میانگین انرژی جنبشی ذره های سازنده

نکته طلایی: انرژی گرمایی یک نمونه ماده، کمیتی است که هم به دما و هم به جرم ماده بستگی دارد. به کمیتهایی که به مقدار ماده وابسته اند کمیتهای مقداری می گوییم.

* ارزش دمایی «1^oC» برابر با «$1K$» است؛ از این رو، در فرایندهایی که دما تغییر می کند، «$\Delta\theta = \Delta T$» خواهد بود.

* روغن و چربی از جمله ترکیب های 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 مولکول های روغن، پیوندهای دوگانه بیشتری وجود داشته و واکنش پذیری بیشتری نیز دارد.

تهیهٔ غذای آب پز، تجربهٔ تفاوت دما و گرما[11]

آب پز کردن روشی ساده و مفید برای تهیهٔ بسیاری غذاها از جمله پختن تخم مرغ است. درون یک ظرف فلزی مقداری آب با دمای ۲۵^oC بریزید سپس درون آن یک تخم مرغ قرار دهید. بدیهی است که با گذشت زمان تخم مرغ در این دما نمی پزد 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 تخم مرغ پخته خواهد شد.

در این تجربه، ۲۵^oC تنها یک کمیت به نام دما را برای آب نشان می دهد. در واقع بیان دما، توصیف یک ویژگی از ماده است، در حالیکه برای افزایش دما و پختن تخم مرغ به ظرف گرما داده شد، فرایندی که دمای آب را به ۷۵^oC رساند. تغییر دما در این فرایند برابر است با:

$$\Delta\theta = \theta_۲ - \theta_۱ = ۷۵^oC - ۲۵^oC = ۵۰^oC$$

تغییر دما برای توصیف یک فرایند به کار می رود، در واقع انجام فرایند است که می تواند باعث تغییر دما شود. نتیجه اینکه دادوستد گرما می تواند باعث تغییر دما شود، کمیتی که از ویژگی های یک نمونه ماده نیست بلکه برای توصیف فرایندهایی از این دست به کار می رود.

در این تجربه دمای ماده با جذب گرما افزایش یافته است. توجه کنید اشاره به گرمای یک نمونه ماده از نظر علمی نادرست است.

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

---

[11] *Heat*

اینک دو ظرف فلزی یکسان در دمای اتاق (۲۵^oC) 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^oC برسانید و هم زمان محتویات تخم مرغی را به آرامی به هر یک بیفزایید با پدیدهٔ جالبی روبه رو خواهید شد (شکل ۲).

شکل ۲- تخم مرغ درون آب (الف) و روغن زیتون (ب) با دمای ۷۵^oC

تخم مرغ در این دما درون آب پخته می شود اما درون روغن زیتون تغییر محسوسی نخواهد کرد. آیا می دانید علت این پدیده چیست؟تفاوت در ظرفیت گرمایی این دو ماده دلیل اصلی این پدیده است. آب به دلیل داشتن ظرفیت گرمایی بالاتر گرمای بیشتری جذب کرده است و همین گرمای بیشتر سبب پختن تخم مرغ شده است. در واقع روغن زیتون با ظرفیت گرمایی کمتر توانایی پختن تخم مرغ را با این تغییر دما در همین زمان نخواهد داشت.

ظرفیت گرمایی

✓ **ظرفیت گرمایی؛** گرمای مورد نیاز برای افزایش دمای **یک جسم**، به اندازه‌ی **یک درجه سلسیوس** است.

✓ یکای ظرفیت گرمایی ($J.^oC^{-1}$) می‌باشد.

$$\textbf{ظرفیت گرمایی } C = \frac{q}{\Delta T}$$

✓ اگر تغییر دما برابر یک باشد، ظرفیت گرمایی جسم، با مقدار گرمای مبادله شده برابر است.

✓ **ظرفیت گرمایی ویژه:** مقدار گرمای لازم، برای افزایش دمای **یک گرم** از یک جسم به اندازه‌ی یک **درجه‌ی سلسیوس** است.

Q = گرمای مبادله شده

M = جرم جسم

ظرفیت گرمایی ویژه $C = \frac{q}{m.\Delta T}$

✓ یکای ظرفیت گرمایی ویژه $(J.g^{-1}.^oC^{-1})$ است.

بین ظرفیت گرمایی و ظرفیت گرمایی ویژه رابطه‌ی زیر برقرار است:

ظرفیت گرمایی = M× ظرفیت گرمایی ویژه :M جرم جسم بر حسب گرم

پس ظرفیت گرمایی از ظرفیت گرمایی ویژه بیشتر است.

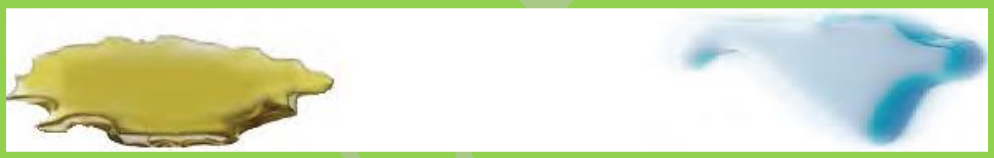
✓ظرفیت گرمایی ویژه آب در سه حالت جامد، مایع و گاز باهم متفاوت است.

بخار آب < یخ < آب مایع: ظرفیت گرمایی ویژه‌آب

پس ظرفیت گرمایی ویژه به حالت فیزیکی مواد وابسته است.

با هم بیندیشیم

با توجه به شکل های داده شده، به پرسش های زیر پاسخ دهید.



$۲۰۰g$ آب $(۲۵^oC) \xrightarrow{۴۱۸۰۰J}$ $۲۰۰g$ آب (۷۵^oC)

$۲۰۰g$ روغن زیتون $(۲۵^oC) \xrightarrow{۱۹۷۰۰J}$ $۲۰۰g$ روغن زیتون (۷۵^oC)

آ) توضیح دهید چرا تخم مرغ در آب می پزد اما در روغن زیتون تغییر محسوسی نمی کند؟

ب) می دانید که ظرفیت گرمایی[۱۲] ماده هم ارز 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 یک ماده به چه عواملی بستگی دارد؟

---

[۱۲] *Heat Capacity*

ت) در فیزیک دهم آموختید که ظرفیت گرمایی یک گرم ماده، ظرفیت گرمایی ویژه یا گرمای ویژه[۱۳] (c) آن ماده را نشان می دهد، مقدار این کمیت را برای آب و روغن زیتون حساب و باهم مقایسه کنید.

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

پاسخ با هم بیندیشیم

آ) با توجه به شکل مقدار گرمای مورد نیاز برای افزایش دمای آب ۲۵ درجه به ۷۵ درجه تقریباً ۲ برابر روغن زیتون در همان شرایط است و این عامل باعث می شود که تخم مرغ در آب پخته شود.

ب)

$$C_{H_2O} = \frac{Q}{\Delta t} \rightarrow C = \frac{۴۱۸۰۰}{۷۵-۲۵} = ۸۳۶ \frac{J}{^oC}$$

$$C_{Oil} = \frac{Q}{\Delta t} \rightarrow C = \frac{۱۹۷۰۰}{۷۵-۲۵} = ۳۹۴ \frac{J}{^oC}$$

پ) به مقدار و نوع ماده بستگی دارد.

ت)

$$C_{H_2O} = \frac{Q}{m\Delta t} \rightarrow C = \frac{۴۱۸۰۰}{۲۰۰(۷۵-۲۵)} = ۴.۱۸ J.g^{-۱}.^oC^{-۱}$$

$$C_{Oil} = \frac{Q}{m\Delta t} \rightarrow C = \frac{۱۹۷۰۰}{۲۰۰(۷۵-۲۵)} = ۱.۹۷ J.g^{-۱}.^oC^{-۱}$$

ث) $c = \frac{C}{m}$ که در این رابطه m جرم جسم و C ظرفیت گرمایی و c ظرفیت گرمایی ویژه می باشد.

[۱۳] *Specific Heat*

اینک می توان پختن تخم مرغ در آب ۷۵^oC 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 بیشتر برای این میزان از تغییر دما، گرمای بیشتری جذب کرده است و همین گرمای بیشتر سبب پختن تخم مرغ 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 می توان از رابطهٔ $Q = mc\Delta\theta$ استفاده کرد.

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

جدول ۱- گرمای ویژهٔ برخی مواد خالص در ۲۵^oC و $۱atm$

ماده	گرمای ویژه ($J g^{-1} K^{-1}$)	ماده	گرمای ویژه ($J g^{-1} K^{-1}$)
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

نکته طلایی: ترکیباتی که توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی دارند ظرفیت گرمایی بسیار بیشتری از بیشتر فلزات و ترکیبات یونی دارند.

تست نمونه

اگر دمای ۱۰ گرم از یک قطعه فلز خالص بر اثر جذب ۱۱۷/۵ ژول گرما به اندازه‌ی 50^{oC} بالاتر رود،این فلز کدام است؟ ظرفیت گرمایی ویژه‌ی فلزات سرب، نقره، نیکل وآلومینیوم را بر حسب $J.g^{-1}.^{o}C^{-1}$ برابر بااعداد $12/9\times10^{-2}, 23/5\times10^{-2}, 3/4\times10^{-1}$ و $9/02\times10^{-1}$ در نظر بگیرید. (سراسری ریاضی ۹۰)

۱) سرب ۲) نیکل ۳) آلومینیوم ٤) نقره

پاسخ: گزینه‌ی (۴)

ظرفیت گرمایی ویژه‌ی نقره $C=\frac{q}{m\Delta t}=\frac{117/5}{10\times50}=0/235=23/5\times10^{-2}$

مثال: برای افزایش دمای $۷۰gr$ آهن مقدار $۴kCal$ انرژی مصرف شده تا دمای آن $۲۰^{o}C$ بالا برود. ظرفیت گرمایی ویژه برای آنرا حساب کنید. $Fe=۵۶gr$

$$C^{*}=\frac{q}{m.\Delta T}=\frac{4\times10^{6}\ cal}{70\ gr\times20\ ^{o}C}=2857/14\frac{cal}{gr.^{o}C}$$

خود را بیازمایید

۱- یک استکان چای با دمای $۹۰^{o}C$ درون اتاقی با دمای $۲۵^{o}C$ قرار دارد. با گذشت زمان، دما و انرژی گرمایی آن چه تغییری می کند؟ چرا؟

۲- با خط زدن واژه نادرست در هر مورد، عبارت زیر را کامل کنید.

گرما را می توان هم ارز با آن مقدار $\frac{\text{انرژی گرمایی}}{\text{دمایی}}$ دانست که به دلیل تفاوت در $\frac{\text{انرژی گرمایی}}{\text{دما}}$ جاری می شود.

۳- تکه ای نان و تکه ای سیب زمینی را با جرم و سطح یکسان در دمای $۶۰^{o}C$ در نظر بگیرید.

اگر آنها را هم زمان در محیطی با دمای $۲۰^{o}C$ قرار دهیم کدام یک زودتر با محیط هم دما می شود؟

درستی پاسخ خود را در منزل بررسی کنید.

پاسخ خود را بیازمایید

۱- هم دما و هم انرژی گرمایی هر دو کاهش می یابد. چون با گذشت زمان انرژی گرمایی چای موجود در لیوان به محیط اطراف داده می شود و در نهایت با محیط هم دما می گردد.
۲- واژه های درست: انرژی گرمایی- دما
۳- تکه نان- چون مقدار آب درون تکه سیب زمینی خیلی خیلی بیشتر از تکه نان است و چون ظرفیت گرمایی آب بالاست باعث می شود که دیرتر گرما به محیط بدهد و سرد شود.

جاری شدن انرژی گرمایی

تجربهٔ خوردن شیر گرم در یک روز سرد زمستانی تجربهٔ خوشایندی است، تجربه ای لذت بخش که به بدن انرژی می بخشد. اگر دمای شیر گرم در حدود $۶۰^{o}C$ باشد پس از ورود به بدن، نخست مقداری انرژی به شکل گرما از دست می دهد تا با بدن هم دما شود. شیمی دان ها برای درک آسان تر جاری شدن انرژی گرمایی در فرایندهایی از این دست، شیر گرم را سامانه[۱۴] و بدن را محیط[۱۵] پیرامون آن در نظر می گیرند.

- ✓ **سامانه (سیستم)**؛ بخشی از جهان ، که مورد مطالعه و بررسی ما قرار می‌گیرد.
- ✓ **محیط:** جهان منهای سامانه را محیط می‌گویند. هرچیزی که در اطراف سامانه قرار دارد.

جاری شدن انرژی در سامانه‌ها

[۱۴] *System*

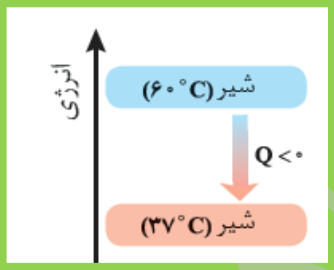
[۱۵] *Surroundings*

✓ **انرژی درونی یک سامانه؛** مجموع انرژی‌های **جنبشی و پتانسیل** ذره‌های تشکیل دهنده‌ی آن است.

در اثر یک فرآیند **فیزیکی یا شیمیایی** در یک سامانه، انرژی درونی آن سامانه تغییر می‌کند. با این توصیف در این فرایند با جاری شدن انرژی از سامانه به محیط، دمای سامانه کاهش می یابد $(\Delta\theta < ۰)$. این ویژگی نشان می دهد که $Q < ۰$ بوده و با فرایندی گرماده[۱۶] سروکار داریم. الگوی نوشتاری این فرایند به صورت زیر است:

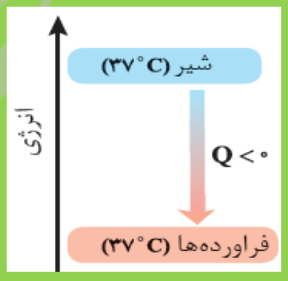
$$\text{گرما} + \text{شیر}\ (۳۷^{o}C) \rightarrow \text{شیر}\ (۶۰^{o}C)$$

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



نمودار ۲- فرایند هم دما شدن شیر در بدن

اما بخش عمدهٔ انرژی موجود در شیر هنگام فرایند گوارش و سوخت وساز به بدن می رسد. طی این فرایند دما ثابت باقی می ماند. فرایندهایی که با انجام واکنش های شیمیایی گوناگونی همراه است. به دیگر سخن انجام مجموعه این واکنش ها منجر به تولید انرژی و مواد اولیه مورد نیاز سوخت وساز یاخته ها خواهد شد. نمودار ۳، تغییر انرژی وابسته به مجموعه این واکنش ها را نشان می دهد.



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

---

[۱۶] *Exothermic*

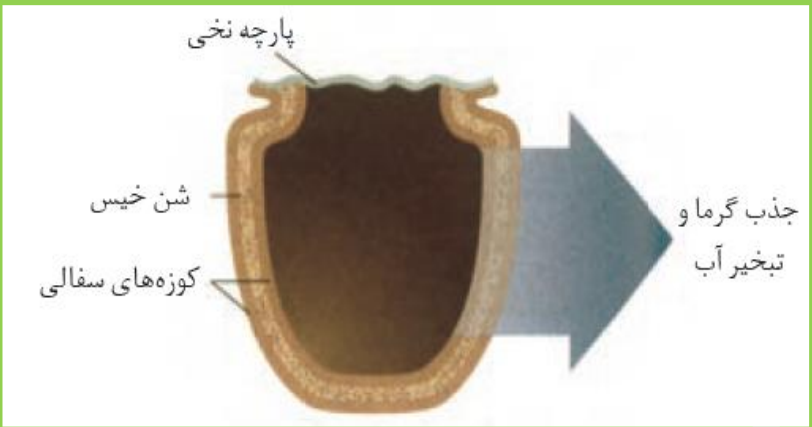
در این واکنش ها با اینکه دما ثابت است (۳۷^oC)، اما باز هم میان سامانه و محیط پیرامون، انرژی داد و ستد می شود.

* شیر اشرف نوشیدنی ها، غذایی که مصرف آن برای همگان مفید است.

بستنی یک خوراکی دوست داشتنی، خنک و سرشار از مواد مغذی و انرژی زاست. 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.

پیوند با صنعت

بسیاری از مردم مسلمان کشور نیجریه واقع در قاره آفریقا، در مناطق شمالی آن که خشک، بیابانی، بادخیز و محروم است، زندگی می کنند. مناطقی که تهیهٔ غذا در آنها دشوار اما نگهداری آن دشوارتر است. محمد باه آبا، معلم مسلمان 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 طولانی تری نگه می دارد (شکل ۳).



شکل ۳- ساختار یخچال صحرایی

نکات کلیدی این دستگاه:

۱-از دو ظرف سفالی (ساخته شده از خاک رس) که درون یکدیگر قرار دارند و فضای میان آنها را با شن خیس پر شده تشکیل شده است.

۲- درپوش این مجموعه، پوششی نخی و مرطوب است که تهویه را به آسانی انجام می دهد.

۳- نحوه ی عملکرد دستگاه: آب در بدنهٔ سفالی ظرف بیرونی نفوذ کرده و به آرامی تبخیر می شود، معادلهٔ انجام این فرایند به صورت زیر است:

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

این معادله نشان می دهد که برای تبخیر یک مول آب به ۴۴/۱ کیلوژول گرما نیاز است پس فرایندی گرماگیر است. جذب گرما در این فرایند باعث افت دما شده و فضای درونی دستگاه همراه با محتویات آن را خنک می کند؛ شرایطی که برای سالم نگهداشتن غذا به مدت طولانی تر مناسب است.

گرما در واکنش های شیمیایی (گرماشیمی[۱۷])

تغییراتی که ممکن است درهر واکنش شیمیایی مشاهده شود عبارت است از:

۱-با تغییر رنگ۲- تولید رسوب۳- آزاد شدن گاز ۴- ایجاد نور ۵-صدا همراه باشد۶- مبادله ی گرما

اما بین این موارد یک ویژگی بنیادی که در همهٔ آنهاوجود دارد، 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 واکنش ها، منجر به پیدایش ترموشیمی (گرماشیمی) شد. شاخه ای از علم شیمی که به بررسی کمی و کیفی گرمای واکنش های شیمیایی، تغییر آن و تأثیری که بر حالت ماده دارد، می پردازد. از آنجا که روزانه واکنش های شیمیایی بسیاری در اطراف ما و حتی درون بدن ما رخ می دهد، می توان به وسعت قلمرو ترموشیمی پی برد؛ شما نیز با کمی دقت درمی یابید که امروزه گرماشیمی نقش و اهمیت بسیاری در زندگی دارد. شکل ۴ نمونه هایی از آنها را نشان می دهد.

شکل ۴- الف) مواد غذایی پس از گوارش، انرژی لازم برای سوخت وساز یاخته ها را در بدن تأمین می کنند.

ب) سوختن سوخت ها، انرژی لازم برای حمل و نقل و نیز گرمایش محیط های گوناگون را فراهم می کنند.

پ) زغال کک، واکنش دهنده ای رایج در استخراج آهن بوده که تأمین کننده انرژی لازم برای انجام این واکنش نیز است.

---

[۱۷] *Thermochemistry*

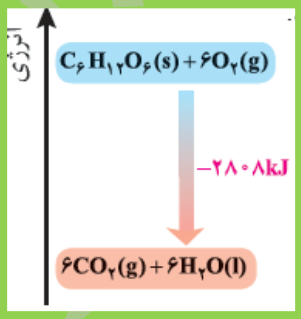
نقش و اهمیت گرماشیمی

۱- تامین انرژی لازم برای سوخت وساز یاخته ها و فعالیتهای حیاتی با خوردن غذا و سوخت وساز مواد غذایی که فرایندی گرماده است میسر است.

۲- سوختن سوخت ها، انرژی لازم برای حمل و نقل و نیز گرمایش محیط های گوناگون را تامین می کند که فرایندی گرماده است.

۳- در صنعت برای استخراج فلزات از سنگ معدن عموما نیاز به حرارت دادن سنگ معدن آنها داریم که فرایندی گرماگیر است و این گرما از سوختن سوختهایی چون زغال سنگ تامین می شود.

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

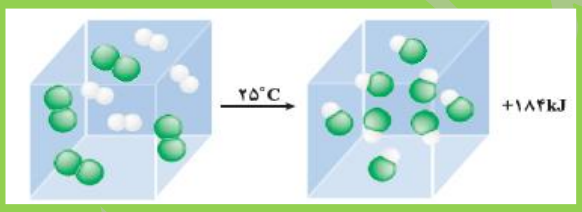


نمودار ۴- اکسایش گلوکز برای تولید انرژی در بدن

نکته طلایی: با وجود تولید انرژی در واکنش اکسایش گلوکز، دمای بدن تغییر محسوسی نمی کند، زیرا دمای مواد واکنش دهنده پیش از آغاز واکنش با دمای مواد فراورده پس از پایان واکنش برابر است ($\Delta\theta = ۰$)، در واقع واکنش در دمای ثابت انجام می شود.

اما چرا با وجود دادوستد گرما میان سامانهٔ واکنش و محیط پیرامون، دما ثابت می ماند؟چون گرمای آزاد شده صرف تغییر انرژی پتانسیل مواد اولیه و محصولات می شود و صرف فعل و انفعالات مربوط به شکستن پیوندهای قدیمی و تشکیل پیوندهای جدید می شود.

برای درک بهتر و برای پاسخ روشنتر به این پرسش، یک واکنش میان مولکول های دو اتمی[۱۸] را بررسی می کنیم. سامانه ای محتوی یک مول گاز هیدروژن و یک مول گاز کلر را با دمای $۲۵^{o}C$ در نظر بگیرید. با انجام واکنش شدید میان آنها افزون بر گاز هیدروژن کلرید، گرمای زیادی نیز تولید می شود. آزمایش نشان می دهد هنگامی که دمای سامانه پس از انجام واکنش به $۲۵^{o}C$ می رسد، گرمای اندازه گیری شده پس از تولید دو مول گاز هیدروژن کلرید برابر با $۱۸۴kJ$ است (شکل ۵).



شکل ۵- نمونه ای از انجام یک واکنش گرماده در دمای ثابت

نکات طلایی واکنشهایی که مثل اکسایش گلوکز در دمای ثابت انجام می شوند:

۱-دمای مواد واکنش دهنده پیش از آغاز واکنش با دمای مواد فراورده پس از پایان واکنش برابر است

۲-مقدار گرمای آزادشده طی این فرایندها ناشی از تفاوت انرژی گرمایی (مجموع انرژی جنبشی ذره ها) در مواد واکنش دهنده و فراورده نیست. زیرا در دمای ثابت، تفاوت چشمگیری میان انرژی گرمایی آنها وجود ندارد.

۳- شیمی دان ها گرمای جذب یا آزاد شده در هر واکنش شیمیایی را به طور عمده وابسته به تفاوت میان انرژی پتانسیل مواد واکنش دهنده و فراورده می دانند.

---

[۱۸] *Potential Energy*

۴-انرژی پتانسیل یک نمونه ماده، انرژی نهفته شده در آن است، انرژی ای که ناشی از نیروهای نگه دارنده ذره های سازنده آن است.

برای درک این مفهوم، به ساختار مولکول های گازی مواد شرکت کننده در واکنش یاد شده توجه کنید.

$$H-H(g)+Cl-Cl(g)\rightarrow ۲H-Cl(g)$$

در هر مولکول از این مواد، تنها دو اتم با یک پیوند اشتراکی به یکدیگر متصل اند، **اما نوع اتم های 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 می دهد که با انجام یک واکنش شیمیایی و تغییر در شیوه اتصال اتم ها به یکدیگر، **تفاوت آشکاری** در انرژی پتانسیل وابسته به آنها ایجاد می شود؛ تفاوت انرژی ای که در واکنش ها به شکل گرما ظاهر می شود.

نکته طلایی: در برخی منابع از انرژی پتانسیل[۱۹] موجود در یک نمونه ماده، با نام انرژی شیمیایی[۲۰] یاد می شود.

آیا می دانید

افتادن سیب از درخت بر روی زمین نتیجه نیروی گرانش بوده و نشانه ای از وجود پتانسیل گرانشی است در حالی که رسانایی الکتریکی محلول الکترولیت نتیجه نیروی جاذبه میان یون های ناهمنام بوده و نشانه ای از وجود پتانسیل الکتریکی است. در واقع پتانسیل ها نتیجه ای از برهم کنش های گوناگون هستند.

---

[۱۹] *Chemical Energy*

[۲۰] *Diatomic Molecules*

با هم بیندیشیم

۱- با توجه به واکنش های زیر پاسخ دهید:

$$N_۲(g)+۳H_۲(g)\xrightarrow{۲۵^\circ C}۲NH_۳(g)+۹۲kJ$$
$$N_۲H_۴(g)+H_۲(g)\xrightarrow{۲۵^\circ C}۲NH_۳(g)+۱۸۳kJ$$

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

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

۲- گرافیت و الماس دو آلوتروپ کربن هستند که فراوردهٔ واکنش سوختن کامل آنها، گازکربن دی اکسید است.

$$C(s,\text{گرافیت})+O_۲(g)\rightarrow CO_۲(g)+۳۹۳/۵kJ$$
$$C(s,\text{الماس})+O_۲(g)\rightarrow CO_۲(g)+۳۹۵/۴kJ$$

آ) 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 $۷/۲g$ گرافیت، چند کیلوژول گرما آزاد می شود؟

۳- با توجه به واکنش $۲H_۲(g)+O_۲(g)\rightarrow ۲H_۲O(g)+۴۸۴kJ$، پیش بینی کنید گرمای واکنش $۲H_۲(g)+O_۲(g)\rightarrow ۲H_۲O(l)$ کدام است $(+۴۲۲kJ,-۴۲۲kJ,+۵۷۲kJ,-۵۷۲kJ)$؟ چرا؟

دریافتید که گرمای یک واکنش در دما و فشار ثابت، به نوع و مقدار مواد واکنش دهنده، نوع فراورده و حالت فیزیکی مواد شرکت کننده بستگی دارد. کمیتی که یکی از ویژگی های کاربردی و بنیادی هر واکنش به شمار می رود.

پاسخ با هم بیندیشیم

۱- آ) چون نوع و مقدار ماده اولیه در ۲ واکنش با هم فرق دارد.

ب) از آنجا که سطح انرژی فراورده های هر دو واکنش یکسان است و چون مقدار گرمای کمتری در واکنش ۱ آزاد شده پس سطح انرژی واکنش دهنده ها کمتر بوده و پایدارتر می باشند.

۲- آ) چون پایداری و همین طور ساختار این دو ماده با یکدیگر متفاوت می باشد.

ب) گرافیت. چون فراورده در هر دو واکنش کربن دی اکسید می باشد و چون واکنش سوختن گرافیت انرژی یا گرمای کمتری آزاد کرده است پس سطح انرژی واکنش دهنده های آن کمتر و پایدارتر است.

پ) C (گرافیت)

$$۷.۲gC \times \frac{۱molC}{۱۲gC} \times \frac{۳۹۳.۵kJ}{۱molC} = ۲۳۶.۱kJ$$

۳- مقدار ۵۷۲- کیلوژول، زیرا اولاً واکنش مورد نظر از نوع سوختن است و گرمای واکنش های سوختن منفی است (چون گرماده می باشد) و ثانیاً چون در این واکنش حالت استاندارد ترمودینامیکی آب مایع است پس آب ابتدا به صورت مایع تولید می گردد و سپس با گرفتن و جذب گرما به بخار تبدیل می شود پس این عامل باعث می شود که گرمای بیشتر آزاد گردد.

آیا می دانید

$N_۲H_۴$، هیدرازین نامیده می شود، ماده ای پرانرژی که برای سوخت موشک استفاده می شود.

آیا می دانید

در شیمی پایه دهم آموختید که اتم ها در حالت پایه با جذب انرژی به اتم های برانگیخته تبدیل می شوند. اتم های برانگیخته، پرانرژی تر و ناپایدارترند.

الماس و گرافیت، دو آلوتروپ کربن

تعریف دگرشکل یا آلوتروپ: به شکلهای مختلف یک عنصر که در طبیعت بطور آزاد یافت می شوند گفته می شود.

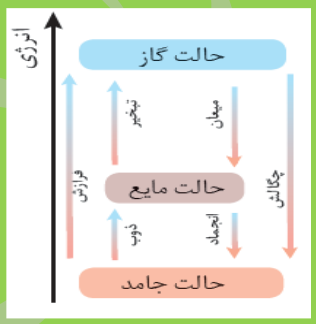
آنتالپی[۲۱]، همان محتوای انرژی است

هر نمونه ماده شامل مجموعه ای از شمار بسیار زیادی ذره های سازنده است. این ذره ها افزون بر جنبش های نامنظم، با یکدیگر برهم کنش نیز دارند. در واقع، ذره های سازنده یک نمونه ماده افزون بر انرژی جنبشی، دارای انرژی پتانسیل نیز هستند.

توجه کنید که : یک نمونه ماده با مقدار آن در دما و فشار معین توصیف می شود، به طوری که ۲۰۰ گرم آب در دما و فشار اتاق را می توان یک نمونه ماده دانست. اینک ظرفی را در نظر بگیرید که محتوی این نمونه ماده باشد، چنین مجموعه ای یک سامانه به شمار می رود.

آیا می دانید

تغییر حالت فیزیکی مواد خالص با تغییر انرژی همراه است.



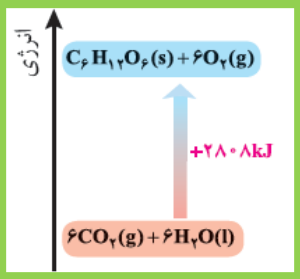
شیمی دان ها انرژی کل چنین سامانه ای را هم ارز با محتوای انرژی یا آنتالپی آن می دانند. با این توصیف هر سامانه در دما و فشار ثابت، آنتالپی معینی دارد.

پس آنتالپی به دما و فشار وابسته است.

---

[۲۱] *Enthalpy*

بدیهی است که با انجام واکنش شیمیایی گرماگیر در یک سامانه، مواد با محتوای انرژی (آنتالپی) کمتر به موادی با انرژی (آنتالپی) بیشتر تبدیل می شوند (نمودار ۵).



نمودار ۵- آنتالپی واکنش در فتوسنتز

انجام این واکنش، برخلاف اکسایش گلوکز با جذب انرژی همراه است. از آنجا که داد و ستد انرژی در واکنش ها به طور عمده به شکل گرما ظاهر می شود، شیمی دان ها تغییر آنتالپی هر واکنش را هم ارز و معادل با گرمایی می دانند که در فشار ثابت با محیط پیرامون دادوستد می کند و آن را با Q_p نشان می دهند.

نماد آنتالپی، «H» است در حالی که نماد تغییر آنتالپی، « ΔH » می باشد؛ کمیتی که با رابطه زیر بیان می شود:

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

نکته طلایی: در واکنشهای گرماده $\Delta H < 0$ و در واکنشهای گرماگیر $\Delta H > 0$ است.

خود را بیازمایید

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

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

۲- اگر برای تولید یک مول گاز اوزون از گاز اکسیژن، آنتالپی به اندازهٔ $572kJ$ افزایش یابد، آنتالپی واکنش $3O_2(g) \rightleftarrows 2O_3(g)$ را در جهت رفت و در جهت برگشت حساب کنید.

پاسخ خود را بیازمایید

۱- الف) $CO_2(s) + Q \rightarrow CO_2(g), \Delta H > 0$

ب) $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g), \Delta H < 0$

پ) $N_2O_4(g) + Q \rightarrow 2NO_2(g), \Delta H > 0$

ت) $H_2O(l) + H_2O(s), \Delta H < 0$

۲- چون ۲ مول اوزون تولید شده پس طبق اطلاعات سؤال خواهیم داشت:

$$2mol \times \frac{572kJ}{1mol} = +1144kJ$$

در جهت برگشت آنتالپی یا ΔH تنها علامت آن عوض می شود پس خواهیم داشت:

$$\Delta H = -1144kJ$$

نکته طلایی: مقدار عددی (ΔH) ، یک فرایند بزرگی آن را نشان می دهد، درحالی که علامت مثبت و منفی تنها نشان دهنده گرماگیر و گرماده بودن آن است

بخاطر بسپارید که:

* همه مواد پیرامون ما در دما و فشار اتاق، آنتالپی معینی دارند.

* برای یک واکنش اغلب به جای تغییر آنتالپی واکنش، واژه آنتالپی واکنش به کار می رود.

عوامل مؤثر بر ΔH یک واکنش:

۱. حالت فیزیکی مواد شرکت کننده در واکنش

۲. مقدار (تعداد مولها= ضریب) مواد شرکت کننده در واکنش

۳. دما و فشار حاکم بر واکنش

۴. غلظت واکنش دهنده‌ها اگر به حالت محلول باشند.

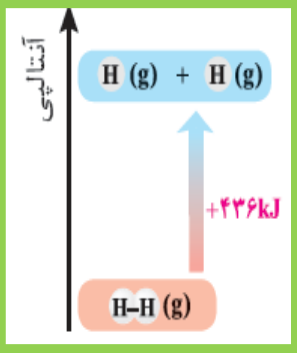
آنتالپی پیوند و میانگین آن

انجام یک واکنش شیمیایی نشانه ای از تغییر در شیوهٔ اتصال اتم ها به یکدیگر است که به تغییر در ساختار و خواص مواد منجر می شود. یکی از خواصی که در واکنش های شیمیایی تغییر می کند، محتوای انرژی مواد است. این توصیف از واکنش، اهمیت پیوندهای شیمیایی و نقش انرژی وابسته به آنها را در گرمای یک واکنش نشان می دهد. برای درک انرژی هر پیوند می توان بحث را با پیوند میان ساده ترین اتم ها ادامه داد.

یک نمونه گاز هیدروژن، مجموعه ای از شمار بسیار زیادی مولکول های دواتمی بوده و هر مولکول شامل دو اتم هیدروژن با یک پیوند اشتراکی است. انتظار می رود برای تبدیل این مولکول ها به اتم

های جدا از هم انرژی صرف شود. شواهد تجربی نشان می دهد که انرژی لازم برای شکستن پیوند های اشتراکی موجود در یک مول $H_2(g)$ و تبدیل آن به دو مول $H(g)$، حدود $436kJ$ است (نمودار ۶).

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



نمودار ۶- آنتالپی پیوند H-H

در ترموشیمی به مقدار $436kJ$، آنتالپی پیوند «H-H» می گویند و آن را با نماد $\Delta H(H-H) = 436kJmol^{-1}$ نشان می دهند. جدول ۲، آنتالپی برخی پیوندها را نشان می دهد.

جدول ۲- 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

اینک شاید بپرسید که شیمی دان ها چگونه آنتالپی پیوند را برای مولکول های چنداتمی مانند H_2O، NH_3 و CH_4 تعیین و گزارش می کنند؟ در مولکول هایی از این دست، اتم مرکزی به چند اتم کناری

یکسان با پیوند های اشتراکی متصل است. یافته های تجربی نشان می دهد که برای چنین مولکول هایی به کار بردن میانگین آنتالپی پیوند مناسب تر است.

نکته طلایی: چون انرژی لازم برای شکستن همه‌ی پیوندهای مشابه ی یک مولکول یکسان نیست، از متوسط آنتالپی پیوند استفاده می‌شود.

برای نمونه براساس واکنش:

$$CH_4(g) + 1660kJ \rightarrow C(g) + 4H(g)$$

میانگین آنتالپی پیوند «C-H» در جدول ها، $415kJmol^{-1}$ درج شده است. به دیگر سخن $\Delta H(C-H) = 415kJmol^{-1}$ است. اما چرا؟

چون انرژی لازم برای شکستن همه‌ی پیوندهای مشابه‌ی مولکول متان یکسان نیست، از متوسط آنتالپی پیوند استفاده می‌شود. برای این منظور گرمای آزاد شده را که ۱۶۶۰ کیلوژول است تقسیم بر چهار پیوند می کنیم و به عدد ۴۱۵ خواهیم رسید.

نکات مهم مقدار میانگین آنتالپی پیوندها :

۱- در پیوندهای غیر قطبی هرچه شعاع اتمهای درگیر در پیوند و جرم آنها کمتر باشد آنتالپی پیوند بیشتر است.

۲- پیوندهای قطبی آنتالپی پیوند بزرگتری نسبت به پیوندهای غیرقطبی هم مرتبه دارند.

۳- در پیوند بین دو اتم چنانچه مرتبه ی پیوند بیشتر شود آنتالپی پیوند هم افزایش می یابد.

۴- در پیوندهای قطبی با افزایش قطبیت انرژی پیوند نیز افزایش می یابد.

خود را بیازمایید

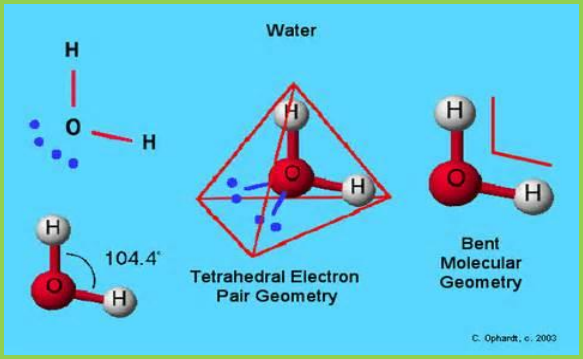
با استفاده از داده های جدول۳، آنتالپی هریک از واکنش های زیر را پیش بینی کنید.

الف) $H_2O(g) \rightarrow O(g) + 2H(g)$ ب) $NH_2(g) + H(g) \rightarrow NH_3(g)$

پاسخ خود را بیازمایید

الف) بر طبق ساختار لوییس آب که در زیر رسم شده است باید دو پیوند $O-H$ در آن شکسته شود. بنابراین

$\Delta H = ۲ \times ۴۶۳ = ۹۶۲ kJ$



ب) بر اساس این واکنش و ساختار پیوندها تنها یک پیوند $N-H$ بنابراین خواهیم داشت:

$\Delta H = -۳۹۱ kJ$

پیوند با زندگی

ادویه ها و نکات مهم آنها:

۱- ادویه ها نقش جالبی در **تمدن و تاریخ ملت ها** دارند به طوری که بو و مزه لذت بخش غذاهای بومی در هر جای جهان، اغلب به دلیل افزودن ادویه های ویژه ای به آنها است.

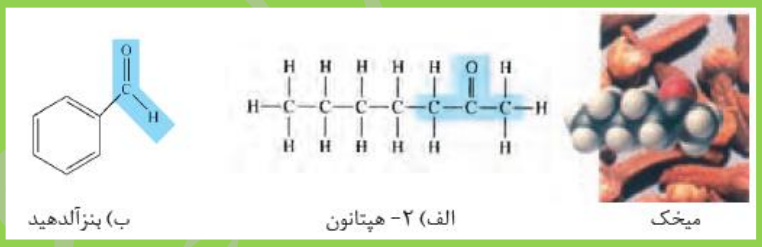
۲- این افزون بر رنگ، بو و مزه خوشایندی که به غذا می دهند.

۳-ادویه ها مصرف دارویی نیز دارند آن چنان که امروزه این مواد برای جلوگیری از گرسنگی، افزایش سوخت و ساز، جلوگیری از التهاب، پیشگیری از سرطان و گاهی بهبود یا رفع آن به کار می روند.

۴- شواهد تجربی نشان می دهد که تفاوت در خواص ادویه ها به دلیل تفاوت در ساختار این مواد آلی است.

نکته طلایی: یافته های تجربی نشان می دهند که چنین خواصی در ادویه ها به طور عمده وابسته به ترکیب های آلی موجود در آنها است؛ ترکیب هایی که در ساختار خود افزون بر اتم های هیدروژن و کربن، اتم های اکسیژن، گاهی نیتروژن و گوگرد نیز دارند.

بررسی مواد آلی موجود در ادویه ها نشان می دهد که وجود آرایش ویژه ای از اتم ها به نام گروه عاملی[۲۲] نقش تعیین کننده ای در خواص آنها دارد. در هر یک از این گروه ها شیوه اتصال اتم ها به یکدیگر یا پیوند میان آنها اهمیت ویژه ای دارد. برای نمونه آرایش اتم های کربن و اکسیژن با پیوند دوگانه نشانهٔ وجود یک گروه عاملی به نام کربونیل[۲۳] (C=O) گروهی که به آلدهیدها و کتون ها خواص ویژه ای می بخشد (شکل ۶).



شکل ۶- نمایش گروه عاملی کربونیل در ۲- هپتانون و بنزآلدهید.

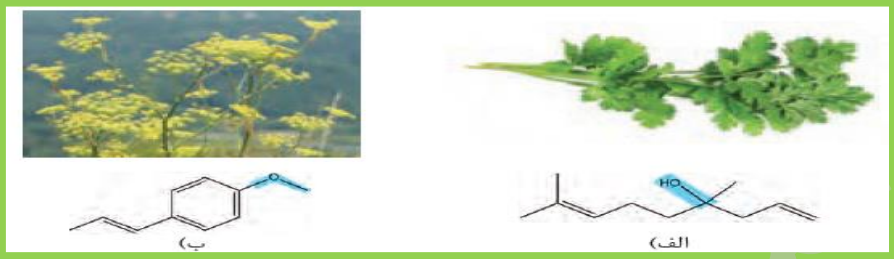
چه تفاوت و چه شباهتی میان گروه عاملی آلدهیدی و کتونی وجود دارد؟ هر دو این گروههای عاملی دارای کربونیل که پیوند دوگانه ی اکسیژن – کربن است می باشند.

---

[۲۲] *FunctionalGroup*

[۲۳] *Carbonyl*

اما در ساختار برخی ادویه ها گروه های عاملی دیگری نیز وجود دارد. گروه هایی که در آنها اتم اکسیژن به یک یا دو اتم کربن با پیوند یگانه متصل است. این گروه های عاملی به ترتیب هیدروکسیل[۲۴] $(-O-H)$ و گروه اتری $(-O-)$ نام دارند. برای نمونه طعم و بوی گشنیز و رازیانه به طور عمده وابسته به وجود این گروه های عاملی است (شکل ۷).



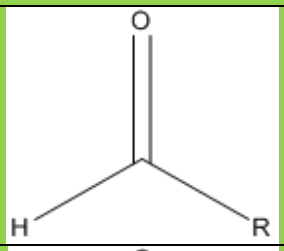
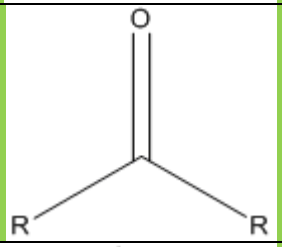
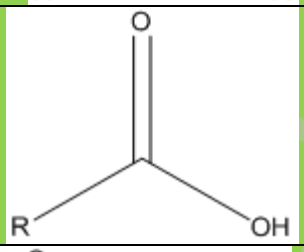
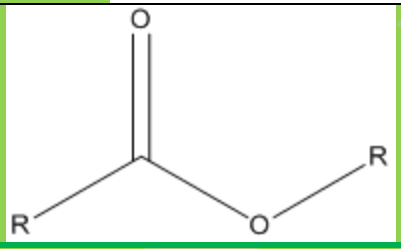
شکل ۷- نمونه ای از ترکیب های آلی موجود در (الف) گشنیز و (ب) رازیانه

نکته طلایی: گروه عاملی، آرایش منظمی از اتم هاست که به مولکول آلی دارای آن، خواص فیزیکی و شیمیایی منحصر به فردی می بخشد.

بادام

[۲۴] *Hydroxyl*

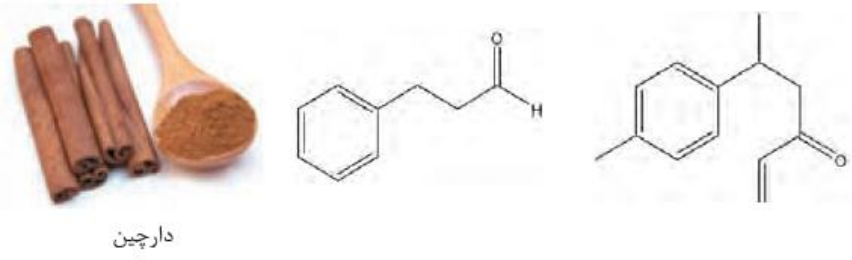
✓**در جدول مقایسه‌ای زیر مهمترین گروههای عاملی معرفی شده‌اند.**

نام خانواده	نام گروه عاملی	فرمول ساختاری گروه عاملی	مثال
الکل	هیدروکسیل	OH	اتانول
اتر	اتر	R-O-R	دی متیل اتر
آلدهید	آلدهید		استالدهید (اتانال)
کتون	کربونیل		استون (پروپانون)
اسید	کربوکسیل		استیک اسید
استر	استر		اتیل

خود را بیازمایید

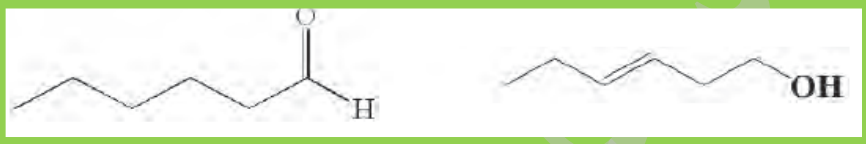
۱- هر ساختار زیر یک ترکیب آلی موجود در آن ادویه را نشان می دهد. گروه های عاملی موجود در هر مولکول را مشخص کنید و نام آنها را بنویسید.

زردچوبه



دارچین

۲- با توجه به ساختار ترکیب های الی زیر به پرسش های مطرح شده پاسخ دهید.



آ) شمار و نوع اتم های سازنده آنها را با یکدیگر مقایسه کنید.

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

پ) آیا محتوای انرژی آنها را یکسان پیش بینی می کنید ؟ توضیح دهید.

پاسخ خود را بیازمایید

۱- گروه عاملی آلدهیدی در دارچین وجود دارد و گروه عاملی کتونی در زرد چوبه داریم.

۲- شمار اتم ها: $C=۶ , O=۱ , H=۱۲$

نوع اتم ها اکسیژن (O) و کربن (C) و هیدروژن (H)

ب) خیر- چون فرمول ساختاری آن ها با هم فرق دارد. گروه عاملی ترکیب اول هیدروکسیل و دوم آلدهید است.

پ) خیر- چون نوع پیوندهای تشکیل دهنده آن ها متفاوت است که در نتیجه آن محتوای انرژی متفاوتی دارند.

نکته طلایی: شیمی دان ها به موادی که فرمول مولکولی یکسان اما ساختار متفاوتی دارند، ایزومری (همپار) می گویند. خواص فیزیکی و شیمیایی ایزومرها با هم متفاوت است.

نکته طلایی: جفت ترکیب‌های آلی زیر به شرط داشتن تعداد کربن‌های برابر با هم ایزومرند:

۱- آلدهیدها و کتون‌ها $(C_nH_{2n}O)$ مثل: استون و پروپانال (C_3H_6O)

۲- الکل‌ها و اترها $(C_nH_{2n+2}O)$ مثل: اتانول و دی متیل اتر (C_2H_6O)

۳- آلکن‌ها و سیکلوآلکان‌ها (C_nH_{2n}) مثل: ۱- بوتن و سیکلوبوتان (C_4H_8)

۴- کربوکسیلیک اسیدها و استرها $(C_nH_{2n}O_2)$ مثل: پروپانوبیک اسید و متیل اتانوآت (C_4H_8)

آیا می دانید

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

آنتالپی سوختن، تکیه گاهی برای تأمین انرژی

کباب کردن انواع گوشت، نمونه ای 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 می شود و از سوی دیگر خوردن کباب، مواد و انرژی لازم برای انجام فعالیت های بدن را تأمین می کند.

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

بدن ما از غذا، مواد گوناگونی دریافت می کند. این مواد شامل کربوهیدرات ها، چربی ها، پروتئین ها، آب، ویتامین ها و مواد معدنی بوده که سه ماده نخست افزون بر تأمین مواد اولیه برای سوخت وساز یاخته ها، منابعی برای تأمین انرژی آنها نیز هستند. در این میان تنها کربوهیدرات ها هستند که در بدن به گلوکز شکسته شده و گلوکز حاصل از آنها در خون حل می شود. خون این ماده را به یاخته ها می رساند (گلوکز، قندخون است) و این ماده هنگام اکسایش در یاخته ها، انرژی تولید می کند؛ این روند به آسانی انرژی مورد نیاز یاخته ها را تأمین می کند.

خلاصه ی مهم:

کربوهیدرات ها ← به گلوکز شکسته می شود←گلوکز حاصل از آنها در خون حل می شود← خون گلوکز را به یاخته ها می رساند ← گلوکز دچار اکسایش در یاخته ها شده ← انرژی تولید می کند.

اما پرسش این است که چرا بدن ما، چربی را بیشتر ذخیره می کند؟

پژوهش ها نشان می دهد که چربی ارزش سوختی بیشتری از کربوهیدرات ها و پروتئین ها نیز دارد. به دیگر سخن انرژی حاصل از اکسایش یک گرم چربی بیشتر از دو ماده غذایی دیگر است (جدول ۴).

جدول ۴- ارزش سوختی سه مادهٔ غذایی

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

با این الگو می توان مقدار انرژی ای که با مصرف مقدار معینی از هر غذا به بدن می رسد را حساب کرد. برای این کار می توان از جدول هایی همانند جدول ۵ که در منابع علمی معتبر موجود است، استفاده کرد.

جدول ۵- ارزش سوختی برخی خوراکی ها 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

نکته طلایی : باید توجه داشت که میزان انرژی مورد نیاز بدن هر فرد به وزن، سن و میزان فعالیت های روزانه او بستگی دارد.

هر مقدار اضافی از مواد و انرژی دریافتی از مواد غذایی به طور عمده به شکل چربی در بدن ذخیره شده و باعث چاقی می شود. آشکار است که تهیهٔ هر غذای گرمی به انرژی نیاز دارد، انرژی ای که به طور عمده از واکنش سوختن سوخت های فسیلی تأمین می شود. یکی از این سوخت ها متان است که بخش عمدهٔ گاز شهری را تشکیل می دهد. این ماده در حضور اکسیژن کافی به طور کامل می سوزد و افزون بر $CO_2(g)$ و $H_2O(g)$، مقدار زیادی انرژی تولید می کند. این ویژگی در واکنش های سوختن باعث شده که سوختهای فسیلی تکیه گاهی برای تأمین انرژی در صنعت، کشاورزی و زندگی روزانه باشند.

تعریف آنتالپی سوختن:

شیمی دان ها بر اساس این واکنش ها، آنتالپی سوختن یک ماده را هم ارز با آنتالپی واکنشی می دانند که در آن یک مول ماده در اکسیژن کافی به طور کامل می سوزد.

جدول ۶، آنتالپی سوختن برخی ترکیب های آلی را در $۲۵^{\circ}C$ نشان می دهد.

جدول ۶- آنتالپی سوختن برخی ترکیب های آلی در $۲۵^{\circ}C$

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	$C_2H_4(g)$	-۱۹۳۸
$C_2H_4(g)$	-۱۴۱۰	$CH_3OH(l)$	-۷۲۶
$C_3H_6(g)$	-۲۰۵۸	$C_2H_5OH(l)$	-۱۳۶۸

✓ **آنتالپی استاندارد سوختن همه ی مواد، منفی یا گرماده است.**

$\Delta H^o_{\text{سوختن}} < 0$

✓ در هیدروکربن ها: هرچه تعداد کربنها و یا هیدروژن ها بیشتر (جرم مولی بیشتر) باشد آنتالپی استاندارد سوختن آنها، بیشتر است.

آنتالپی سوختن مولی : $C_4H_{10} > C_3H_8 > C_2H_6 > C_2H_4 > C_2H_2$

بوتان پروپان اتان اتن اتین

توجه مهم : با اینکه همه واکنش های سوختن گرماده است؛ اما ارزش سوختی در منابع معتبر علمی **بدون علامت منفی** گزارش شده است.

آیا می دانید

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

نکته : یکی از فراورده های سوختن کامل مواد آلی در دمای اتاق، H_2O است که حالت گاز دارد.

نکته : سوخت های سبز در ساختار خود افزون بر هیدروژن و کربن، اکسیژن نیز دارند و از پسماند های گیاهانی مانند سویا، نیشکر و دیگر دانه های روغنی استخراج می شوند.

خود را بیازمایید

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

۲- با توجه به معادلهٔ واکنش سوختن کامل اتان و اتانول به پرسش های مطرح شده پاسخ 25^oC دهید.

$$2C_2H_6(g)+7O_2(g)\xrightarrow{25^oC}4CO_2(g)+6H_2O(l)+3120kJ$$
$$C_2H_5OH(g)+3O_2(g)\xrightarrow{25^oC}2CO_2(g)+3H_2O(l)+1368kJ$$

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

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[۲۵] به شمار می رود؟

پاسخ خود را بیازمایید

۱- چون آنتالپی سوختن مقدار منفی است و می دانیم با افزایش تعداد کربن گرمای بیشتری در موقع سوختن آزاد می شود در نتیجه مقدار قدرمطلق آنتالپی برای آن ترکیب بیشتر خواهد بود. و چون ۱- بوتن جرم مولی بیشتری دارد پس قدرمطلق آنتالپی سوختن آن نیز بیشتر است.

جرم مولی ۱- بوتن $C_4H_8=56g.mol^{-1}$ و آنتالپی سوختن پروپان برابر $C_3H_8=44g.mol^{-1}$

۲- آ- در واکنش سوختن اتان چون ۲ مول اتان در واکنش شرکت کرده است بنابراین گرمای سوختن یک مول آن $\frac{-3120kJ}{2mol}=-1560kJ.mol^{-1}$ علامت منفی به دلیل گرماده بودن واکنش است از طرفی گرمای سوختن ۱ مول اتانول نیز برابر $-1368kJ.mol^{-1}$ می باشد. در نتیجه گرمای سوختن یک مول اتان بیشتر است.

ب) $1gC_2H_5OH\times\frac{1molC_2H_5OH}{46gC_2H_5OH}\times\frac{2molCO_2}{1molC_2H_5OH}\times\frac{44gCO_2}{1molCO_2}=1.91gCO_2$

$$1gC_2H_6\times\frac{1molC_2H_6}{30gC_2H_6}\times\frac{4molCO_2}{2molC_2H_6}\times\frac{44gCO_2}{1molCO_2}=2.93gCO_2$$

از این محاسبات نتیجه می گیریم که جرم کربن دی اکسید تولید شده از سوختن یک گرم اتانول کمتر است.

پ) بر طبق محاسبات بالا زیرا مقدار کربن دی اکسیدی که از سوختن آن تولید می شود نسبت به دیگر سوخت ها بسیار کمتر است و آلودگی هوای کمتری دارد.

---

[۲۵] *Green Fuel*

تعیین ΔH واکنش های شیمیایی

آموختید که انجام فرایندهای فیزیکی و شیمیایی منجر به تغییر محتوای انرژی مواد می شود، از این رو انجام هریک از آنها با جذب یا از دست دادن گرما همراه است. تجربه نشان می دهد که گرمای تولید یا مصرف شده در واکنش های شیمیایی با دقت بالا قابل اندازه گیری بوده و یکی از هدف هایی است که در ترموشیمی دنبال می شود.

روشهای تعیین گرمای واکنش

این روشها به دو دسته **مستقیم و غیرمستقیم** تقسیم می‌شوند.

گرماسنجی، روش مستقیم اندازه گیری ΔH یک واکنش

در روش مستقیم تعیین آنتالپی واکنش از دستگاهی به نام گرماسنج[۲۶] استفاده می شود. نمونه ساده ای از آن را می توان از دو لیوان یک بار مصرف (پلی استایرنی) تهیه کرد، لیوان هایی که عایق گرما هستند. اگر دو لیوان را درون هم قرار دهید و به درپوشی از یونولیت که در آن دماسنج و همزن تعبیه شده مجهز کنید، یک گرماسنج لیوانی ساخته اید (شکل ۸).

شکل ۸- ساختارگرماسنج لیوانی

[۲۶] *Clorimeter*

درون این سامانه، نخست مقدار معینی آب یا محلول ریخته و دمای آغازی آن تعیین می شود. پس از افزودن ماده دوم به آن و انجام واکنش، دمای پایانی و در پی آن تغییر دما مشخص خواهد شد. اینک با استفاده از جرم مواد موجود و گرمای ویژهٔ آنها می توان گرمای واکنش را در فشار ثابت حساب کرد، گرمایی که هم ارز با آنتالپی واکنش است.

نوع گرماسنج	گرماسنج لیوانی	گرماسنج بمبی
شرایط انجام واکنش	در فشار ثابت(کار انجام می‌شود)	در حجم ثابت(کار انجام نمی‌شود)
گرمای اندازه‌گیری شده	تغییر آنتالپی واکنش $(q_p = \Delta H)$	تغییر انرژی درونی واکنش $(q_v = \Delta E)$
کاربرد	اندازه گیری گرمای واکنش هایی که در فاز محلول انجام می‌شوند.	اندازه‌گیری دقیق گرمای سوختن مواد
دقت اندازه گیری	کمتر	بیشتر

روشهای غیرمستقیم روش های غیرمستقیم برای تعیین ΔH واکنش

آنتالپی بسیاری از واکنش های شیمیایی را نمی توان به روش گرماسنجی اندازه گیری کرد، زیرا برخی از آنها مرحله ای از یک واکنش پیچیده هستند و برخی دیگر به آسانی انجام نمی شوند. آشکار است که تأمین شرایط بهینه برای انجام آنها بسیار دشوار است. شیمی دان ها برای تعیین ΔH چنین واکنش هایی از روش های غیرمستقیم بهره می برند.

✓ **به عنوان مثال:**

۱- گرمای تشکیل هیدروازین از واکنش:

$$N_{2(g)} + 2H_{2(g)} \rightarrow N_2H_{4(g)}$$

۲- گرمای تشکیل کربن مونواکسید از واکنش:

$$C_{(s)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow CO_{(g)}$$

✓ **بطور مستقیم قابل سنجش نیست. این جاست که به ضرورت تعیین آنتالپی این گونه واکنشها، به کمک روشهای غیرمستقیم پی خواهیم برد.**

جمع پذیری گرمای واکنش ها، قانون هس[۲۷]

✓ **قانون هس:** اگر معادله ی یک واکنش را بتوان از جمع معادله های دو یا چند واکنش دیگر به دست آورد، ΔH واکنش مجموع را می‌توان از جمع جبری ΔH همه‌ی واکنشهای تشکیل دهنده آن به دست آورد.

✓ در مثال زیر، چون واکنش چهارم از مجموع سه واکنش بالایی به دست آمده است، پس می‌توان نوشت:

$$\begin{aligned} &1)\ A \longrightarrow B \quad , \Delta H_1 \\ &2)\ B \longrightarrow C \quad , \Delta H_2 \\ &3)\ C \longrightarrow D \quad , \Delta H_3 \\ &\hline \\ &4)\ A \longrightarrow D \quad , \Delta H_4 \end{aligned}$$

$$\Delta H_4 = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$$

✓اگر واکنشی از جمع چند واکنش مجزا تشکیل شود، ΔH آن مجموع ΔHهای واکنش های مجزا است.

در واقع: $\Delta H_{\text{کل}} = \Delta H_۱ + \Delta H_۲ + ... + \Delta H_n$

متان، ساده ترین هیدروکربن و نخستین عضو خانواده آلکان ها، بخش عمده گاز طبیعی را تشکیل می دهد. این گاز از تجزیه گیاهان به وسیله باکتری های بی هوازی نیز در زیر آب تولید می شود. شاید تصور کنید که گاز متان را می توان مطابق معادلۀ زیر از واکنش میان گرافیت و گاز هیدروژن در آزمایشگاه تهیه کرد:

$$C(s, \text{گرافیت}) + ۲H_۲(g) \rightarrow CH_۴(g), \Delta H = ?$$

آزمایش ها و یافته های تجربی نشان می دهند که تأمین شرایط بهینه برای انجام این واکنش بسیار دشوار و پرهزینه است، به همین دلیل برای تعیین ΔH این واکنش می توان از واکنش های دیگری بهره برد که پیش از این ΔH آنها تعیین شده است. این واکنش های ترموشیمیایی می توانند واکنش

---

[۲۷] *Hess's Law*

سوختن یک مول گرافیت، یک مول گاز هیدروژن و یک مول گاز متان باشد که معادله هریک از آنها در $۲۵^{\circ}C$ به صورت زیر است:

$$۱) C(s, \text{گرافیت}) + O_۲(g) \rightarrow CO_۲(g), \Delta H_۱ = -۳۹۳/۵kJ$$

$$۲) H_۲(g) + \frac{۱}{۲}O_۲(g) \rightarrow H_۲O(l), \Delta H = -۲۸۶kJ$$

$$۳) CH_۴(g) + ۲O_۲(g) \rightarrow CO_۲(g) + ۲H_۲O(l), \Delta H_۳ = -۸۹۰kJ$$

با کمی دقت درمی یابید که به آسانی نمی توان از جمع سه واکنش ترموشیمیایی بالا به واکنش موردنظر رسید. در این شرایط باید از قواعد رایج در ترموشیمی بهره برد.

در واکنش موردنظر، نخستین واکنش دهنده گرافیت با ضریب استوکیومتری برابر با ۱ است که در معادلهٔ نخست نیز با همان ویژگی ها دیده می شود. دومین واکنش دهنده، گاز هیدروژن با ضریب استوکیومتری برابر با ۲ است که در معادله دوم نیز واکنش دهنده اما با ضریب استوکیومتری برابر با ۱ است؛ از این رو، باید این معادله ترموشیمیایی در ۲ ضرب شود.

$$۴) ۲H_۲(g) + O_۲(g) \rightarrow ۲H_۲O(l), \Delta H_۴ = -۵۷۲kJ$$

سومین ماده در واکنش موردنظر، $CH_۴(g)$ بوده که تنها فراورده با ضریب استوکیومتری برابر با یک است، ماده ای که در سومین معادله، یک واکنش دهنده با همان ضریب استوکیومتری است. وارونه کردن این معادله هدف ما را تأمین می کند.

$$۵) CO_۲(g) + ۲H_۲O(l) \rightarrow CH_۴(g) + ۲O_۲(g), \Delta H_۵ = +۸۹۰kJ$$

اینک از جمع معادله های ۱، ۴ و ۵ می توان به معادله ترموشیمیایی مورد نظر رسید. این روند نشان می دهد که ΔH آن برابر با جمع جبری $\Delta H_۱$، $\Delta H_۴$ و $\Delta H_۵$ خواهد بود.

$$۱) C(s, \text{گرافیت}) + O_۲(g) \rightarrow CO_۲(g) \qquad \Delta H_۱ = -۳۹۳/۵kJ$$
$$۴) ۲H_۲(g) + O_۲(g) \rightarrow ۲H_۲O(l) \qquad \Delta H_۴ = -۵۷۲kJ$$
$$۵) CO_۲(g) + ۲H_۲O(l) \rightarrow CH_۴(g) + ۲O_۲(g) \qquad \Delta H_۵ = +۸۹۰kJ$$
$$C(s, \text{گرافیت}) + ۲H_۲(g) \rightarrow CH_۴(g), \qquad \Delta H = (-۳۹۳/۵kJ) + (-۵۷۲kJ)$$
$$\Delta H = \Delta H_۱ + \Delta H_۴ + \Delta H_۵ + ۸۹۰kJ = -۷۵/۵kJ$$

پژوهش ها نشان می دهد که نخستین بار هنری هس دریافت که گرمای یک واکنش معین به راهی که برای انجام آن در پیش گرفته می شود، وابسته نیست. به دیگر سخن استفاده از روش های غیر مستقیم برای تعیین ΔH یک واکنش معتبر است، به شرطی که شرایط انجام همه واکنش ها یکسان باشد. امروزه از این نتیجه با نام قانون هس یاد می شود، قانونی که به جمع پذیری گرمای واکنش ها معروف است. بیان علمی قانون هس براساس مفهوم ΔH، به صورت زیراست:

«اگر معادله واکنشی را بتوان از جمع معادله دو یا چند واکنش دیگر به دست آورد، ΔH آن نیز از جمع جبری ΔH همان واکنش ها به دست می آید.»

چند راهکار مفید برای استفاده از قانون هس:

۱. ΔH دو واکنش رفت و برگشت، قرینه‌ی یکدیگرند. (ΔH واکنش معکوس در یک منفی ضرب می-شود).

۲. اگر واکنشی در عددی ضرب یا تقسیم شود، ΔH آن واکنش نیز در همان عدد ضرب یا تقسیم می-شود.

۳. معمولاً واکنشی که ΔH آن مجهول است، را واکنش هدف می‌نامیم. سعی کنید سایر واکنش ها را که ΔH مشخص دارند) را با کمک راهکارهای ۱ و ۲ به طریقی مرتب نمایید که حاصل جمع جبری آ نها، واکنش هدف باشد.

۴. پس از مرتب کردن واکنشها مولکولهای مشابه(باید حالت فیزیکی هم مشابه باشد) در طرفین ← ساده شده ولی اگر در یک سمت باشند با هم جمع می شوند.

۵.اگر یک مولکول در دو واکنش مشابه باشد هرگز آنرا مبنای مقایسه با واکنش کلی قرار نمی دهیم.در واقع از هر معادله مولکولی را انتخاب می‌کنیم که فقط و فقط در آن واکنش وجود دارد نه در واکنشهای دیگر.

مثال: به کمک آنتالپی های واکنش های زیر، آنتالپی واکنش کلی را محاسبه کنید.

$$2B(s)+3H_2(g)\rightarrow B_2H_6(g) \qquad \Delta H=?$$

۱) $۲B(s)+\frac{۳}{۲}O_۲(g)\rightarrow B_۲O_۳(s) \qquad \Delta H_۱=-۱۲۰kj \rightarrow$ بدون تغییر

2) $B_2H_6(g)+\frac{3}{2}O_2(g)\rightarrow B_2O_3(s)+3H_2O(g) \qquad \Delta H_2=-2000kj \rightarrow$ عکس

۳) $H_۲(g)+\frac{۱}{۲}O_۲(g)\rightarrow H_۲O(l) \qquad \Delta H_۳=-۳۰۰kj \rightarrow \times ۳$

۴) $H_۲O(l)\rightarrow H_۲O(g) \qquad \Delta H_۴=۴۰kj \rightarrow \times ۳$

$\Delta H_{\text{کل}}=-۱۲۰۰kj+۲۰۰۰kj-۹۰۰kj+۱۲۰kj=۲۰kj$

۱- همانطور که دیدید اصلا با اکسیژن و ضریب آن در معادله یک کاری نداشتیم چون در واکنشهای دیگر هم وجود داشت و ضریب بور با معادله ی اصلی مبنای مقایسه قرار گرفت و چون با ضریب بور در معادله اصلی یکسان بود آن معادله را بدون تغییر گذاشتیم و آنتالپی بی تغییر ماند.

۲- در معادله دوم سراغ ماده ی $B_2H_6(g)$ رفتیم چون فقط در این معادله است. با مقایسه ضریب آن با معادله ی اصلی متوجه شدیم باید معادله ی دوم را برعکس کنیم چون $B_2H_6(g)$ در معادله ی اصلی در طرف دوم است.

و آنتالپی در یک منفی ضرب شد.

۳- در معادله ی سوم سراغ هیدروژن رفتیم و آنرا مبنای مقایسه با واکنش کل قرار دادیم و بنابراین معادله را در عدد ۳ ضرب کردیم و آنتالپی هم در عدد ۳ ضرب شد.

۴- بعد از نوشتن معادلات جدید متوجه شدیم چون آب در معادله ی کلی نیست باید مولکولهای آب با واکنشهای دیگر ساده شده باشند پس برای حذف آب مایع مجبور شدیم آنرا در یک ۳ ضرب کنیم تا با آب مایع معدله ی سوم ساده شود. پس آنتالپی هم در یک ۳ ضرب شد.

نکته طلایی

گاهی با مقایسه‌ی یک واکنش با معادله‌ی کلی؛ نه مواد اولیه و نه محصول با مواد واکنش کلی مشابه نیست.در این موارد با آرامش بقیه‌ی معادلات را بررسی کرده و در انتها با مقایسه‌ی این واکنش با شکل جدید و اصلاح شده سایر معادلات به راحتی می‌توان تغییرات لازم را روی آن اعمال کرد که بتوان آنرا حذف کرد. مثل مثال بسیار مهم بالا که روی معادله‌ی چهارم این ترفند را پیاده کردیم.

شکل ۹- سوختن متان در سطح مرداب. گاز متان نخستین بار از سطح مرداب ها جمع آوری شده، از این رو به گاز مرداب معروف است.

آیا می دانید

یکی از منابع باور نکردنی اما به اثبات رسیده تولید گاز متان، موریانه ها هستند. هنگامی که این حشره چوب را می خورد، سلولز آن پس از گوارش به برخی مواد از جمله متان تبدیل می شود. این حشره سالانه بیش از ۱۷۰ میلیون تن متان تولید می کند.

نکته طلایی: اگر واکنش شیمیایی با ΔH وابسته به آن بیان شود، به آن واکنش گرما (ترمو) شیمیایی[۲۸] می گویند

[۲۸] *Thermochemical* Re*action*

خود را بیازمایید

۱- هیدروژن پراکسید (H_2O_2) ماده ای است که با نام تجاری آب اکسیژنه به فروش می رسد.

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

$$H_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g)\rightarrow H_2O(l) \qquad \Delta H=-286kJ$$
$$2H_2O_2(l)\rightarrow 2H_2O(l)+O_2(g) \qquad \Delta H=-196kJ$$

ب) توضیح دهید چرا تهیه این ماده از واکنش مستقیم گازهای هیدروژن و اکسیژن ممکن نیست؟

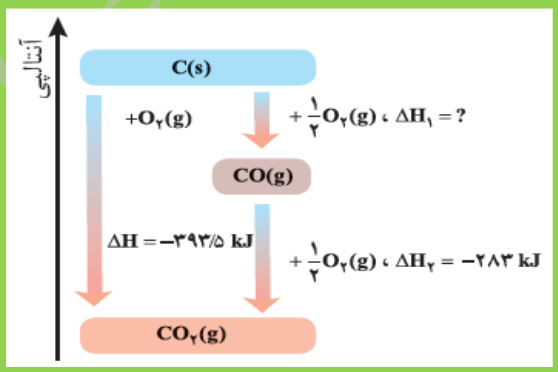
۲- در شیمی دهم آموختید که گازهای آلاینده مانند NO و CO از اگزوز خودروها به هواکره وارد می شوند. شیمی دان های هواکره انجام واکنش زیر را برای تبدیل این آلاینده ها به گازهایی پایدارتر و با آلایندگی کمتر، طراحی کرده اند.

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

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

$$CO(g)+\frac{1}{2}O_2(g)\rightarrow CO_2(g) \qquad \Delta H=-283kJ$$
$$N_2(g)+O_2(g)\rightarrow 2NO(g) \qquad \Delta H=+181kJ$$

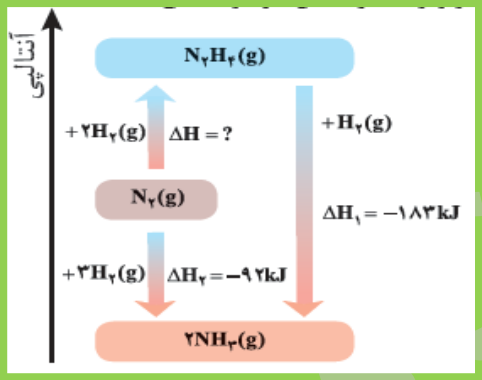
۳- واکنش سوختن کامل گرافیت را می توان مجموعه ای از دو واکنش پی درپی مطابق نمودار زیر دانست.



آ) شواهد نشان می دهد که ΔH واکنش تولید $CO(g)$ را نمی توان به روش تجربی تعیین کرد. دربارهٔ علت آن گفت وگو کنید.

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

۴- شواهد تجربی نشان می دهند که تهیهٔ آمونیاک به روش هابر از گازهای نیتروژن و هیدروژن مطابق نمودار زیر یک واکنش دو مرحله ای است.



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

ب) آنتالپی واکنش تولید هیدرازین را حساب کنید.

پاسخ خود را بیازمایید

۱- الف)

$$H_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g)\rightarrow H_2O(g) \quad \Delta H_1=-286kJ$$

$$\frac{1}{2}(2H_2O(l)+O_2(g)\rightarrow 2H_2O_2(l)) \quad \Delta H_3=+98kJ$$

$$H_2(g)+O_2(g)\rightarrow H_2O_2(l) \quad \Delta H=\Delta H_1+\Delta H_3=-188kJ$$

ب) چون تهیه آب اکسیژنه بر طبق معادله های بالا در ابتدا نیازمند تشکیل یک حد واسط است که در این شرایط واکنش در دو مرحله پیش می رود که مرحله اول آن آب به عنوان حد واسط تشکیل و در مرحله دوم مصرف می شود.

۲- بر طبق معادله واکنش های داده شده واکنش اول را در ۲ ضرب و واکنش دوم را معکوس می کنیم بنابراین خواهیم داشت:

$$2CO(g)+O_2(g)\rightarrow 2CO_2(g) \qquad \Delta H_2=-566kJ$$
$$2NO(g)\rightarrow N_2(g)+O_2(g) \qquad \Delta H_4=-181kJ$$
$$2CO(g)+2NO(g)\rightarrow 2CO_2(g)+N_2(g) \qquad \Delta H=\Delta H_2+\Delta H_4=-747kJ$$

۳- آ) چون در واکنش و نمودار داده شده گاز CO تولید می شود که این گاز نیز از سوختن ناقص گرافیت بر طبق معادله داده شده تولید می شود. از طرفی خود این گاز نیز به شدت سمی و خطرناک است (بیرنگ و بی بو) و این عامل نیز شرایط را برای انجام واکنش به صورت تجربی سخت می کند.

ب)

$$CO_2(g)\rightarrow CO(g)+\frac{1}{2}O_2(g) \qquad \Delta H_2=+283kJ$$
$$C(s)+O_2(g)\rightarrow CO_2(g) \qquad \Delta H_1=-393.5kJ$$
$$C(s)+\frac{1}{2}O_2(g)\rightarrow CO(g) \qquad \Delta H=\Delta H_1+\Delta H_2=-110.5kJ$$

۴- الف) آمونیاک- چون روی نمودار سطح انرژی کمتری دارد. پس پایدارتر است.

ب)

$$2NH_3(g)\rightarrow N_2H_4(g)+H_2(g) \qquad \Delta H_2=+183kJ$$
$$N_2(g)+3H_2(g)\rightarrow 2NH_3(g) \qquad \Delta H_3=-92kJ$$
$$N_2(g)+2H_2(g)\rightarrow N_2H_4 \qquad \Delta H=\Delta H_2+\Delta H_3=91kJ$$

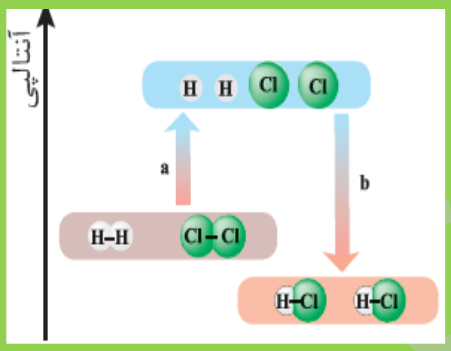
آیا می دانید

محلول رقیق آب اکسیژنه یک محلول ضد عفونی کننده است که خاصیت رنگ بری و لکه بری نیز دارد.

آنتالپی پیوند، راهی برای تعیین ΔH واکنش

شیمی دان ها به کار بردن آنتالپی پیوند و میانگین آن را روشی برای تعیین آنتالپی یک واکنش می دانند، زیرا ΔH یک واکنش به راهی که انتخاب می شود، وابسته نیست (تابع مسیر نیست). به دیگر سخن آنتالپی های پیوند کمک می کند تا از روش غیر مستقیم دیگری برای تعیینΔH برخی

واکنش ها بهره برد؛ راهی که در آن تصور می شود شماری از پیوندهای اشتراکی در مولکول های مواد واکنش دهنده، شکسته شده سپس شماری پیوند جدید تشکیل می شود تا مولکول های 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 فراورده این واکنش تولید می شود.



نمودار ۷- 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 می دهد، به طوری که این مقدار انرژی هم ارز با مجموع آنتالپی این پیوندهاست:

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

کمیت b در این نمودار، انرژی حاصل از تشکیل پیوندهای اشتراکی $H-Cl$ را در دو مول از آن نشان می دهد، از این رو کمیت b هم ارز با دو برابر آنتالپی این پیوند اما با علامت منفی است

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

اینک از جمع جبری کمیت های a و b، آنتالپی واکنش به دست می آید:

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

فرمول اساسی آنتالپی پیوند در معادلات شیمیایی عبارت است از:

$$\Delta H(\text{واکنش})=\begin{bmatrix}\text{مجموع آنتالپی پیوندها}\\ \text{در مواد واکنش دهنده}\end{bmatrix}-\begin{bmatrix}\text{مجموع آنتالپی پیوندها}\\ \text{در مواد فراورده}\end{bmatrix}$$

شیمی دان ها به کار بردن آنتالپی های پیوند را برای تعیین ΔH واکنش هایی مناسب می دانند که همهٔ مواد شرکت کننده در آنها به **حالت گازند**. در چنین واکنش هایی هر چه مولکول های مواد شرکت کننده ساده تر باشند، آنتالپی واکنش محاسبه شده با داده های تجربی همخوانی بیشتری دارد.

نکته طلایی: به کار بردن میانگین آنتالپی پیوندها برای تعیین ΔH واکنش های گازی با مولکول های پیچیده تر و دارای حالتی غیر از فرم گازی، اغلب در مقایسه با داده های تجربی، تفاوتی آشکار نشان می دهد.

خود را بیازمایید

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

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

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

آ) $N \equiv N(g) + ۳H_۲(g) \rightarrow H_۲N - NH_۲(g) \qquad \Delta H = +۹۱kJ$

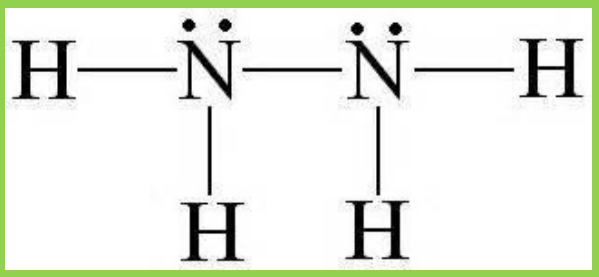
ب) $۲CH_۴(g) \rightarrow C_۲H_۶(g) + H_۲(g) \qquad \Delta H = +۶۵kJ$

پ) $۲H_۲(g) + O_۲(g) \rightarrow ۲H_۲O(g)$

پاسخ خود را بیازمایید

۱- به طور کلی در هنگام انجام واکنش های شیمیایی یک یا چند پیوند در واکنش دهنده ها شکسته شده و از طرفی یک یا چند پیوند در فراورده ها تشکیل می شود. از طرفی شکستن پیوند گرماگیر و تشکیل پیوند گرماده پس برای اینکه گرمای واکنش محاسبه کنیم از همان رابطه که دانش آموز استفاده کرده باید استفاده کرد.

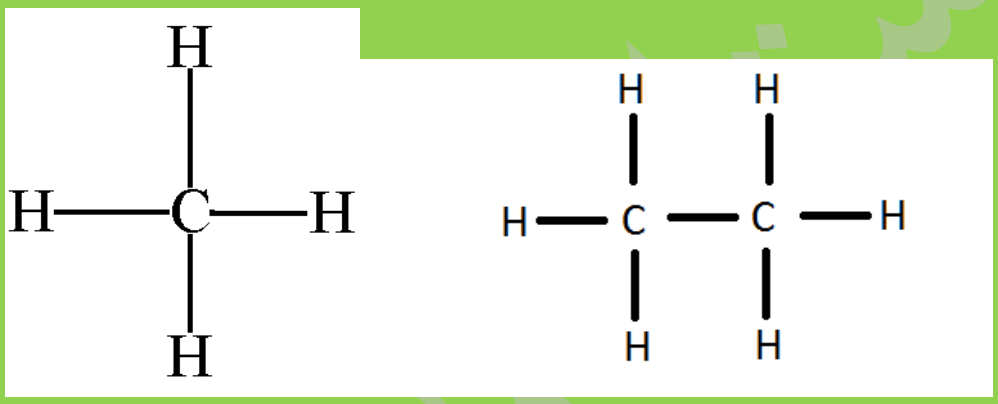
۲- الف)



$$\Delta H = H_{۱} - H_{۲} \rightarrow$$

$$\Delta H = [\Delta H_{N \equiv N} + ۲ \times \Delta H_{H-H}] - [۴ \times \Delta H_{N-H} + \Delta H_{N-N}] \xrightarrow{\text{جاگذاری}} \Delta H = ۸۶\, kJ$$

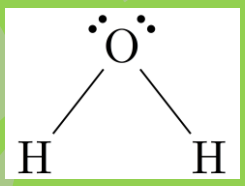
ب)



$$\Delta H = H_{۱} - H_{۲} \rightarrow$$

$$\Delta H = [۲ \times ۴\Delta H_{C-H}] - [۶ \times \Delta H_{C-H} + \Delta H_{H-H} + \Delta H_{C-C}] \xrightarrow{\text{جاگذاری}} \Delta H = ۴۲\, kJ$$

پ)



$$\Delta H = H_{۱} - H_{۲} \rightarrow$$

$$\Delta H = [\Delta H_{O=O} + ۲\Delta H_{H-H}] - [۲ \times ۲\Delta H_{O-H}] \xrightarrow{\text{جاگذاری}} \Delta H = -۴۸۵\, kJ$$

با توجه به محاسبات تنها مورد پ دقیقاً با مقدار محاسبه شده برابر است و دو مورد دیگر اندکی تفاوت دارد.

با تغییر محتوای انرژی مواد شرکت کننده از جمله سوخت ها و مواد غذایی در واکنش ها آشنا شدید. اما از دیگر ویژگی های مهم یک واکنش، آهنگ انجام آن است؛ کمیتی که در تهیه و نگهداری مواد غذایی سالم نقش کلیدی و تعیین کننده دارد.

غذای سالم

همهٔ خوراکی ها و غذاها تاریخ مصرف دارند. آیا تاکنون اندیشیده اید که تاریخ مصرف مواد چه معنایی دارد؟ تاریخ مصرف مواد غذایی نشان می دهد که چه مدتی سالم می ماند و قابل مصرف است. انسان همواره در طول تاریخ در جست وجوی روش هایی بوده که بتواند مادهٔ غذایی را برای مدت های طولانی تری سالم نگه دارد و ذخیره کند. شکل ۱۰ برخی روش های نگهداری آنها را نشان می دهد.

الف) خشک کردن میوه‌ها ب) تهیهٔ ترشی پ) نمک‌سود کردن

شکل ۱۰- برخی روش های افزایش زمان ماندگاری مواد غذایی

نکته طلایی: تجربه نشان می دهد که محیط سرد، خشک و تاریک برای نگهداری انواع مواد غذایی مناسب تر از محیط گرم، روشن و مرطوب است.

نگهداری اغلب مواد غذایی در سرد خانه ها تأییدی بر این تجربه است. در واقع عوامل محیطی مانند رطوبت، اکسیژن، نور و دما در چگونگی و زمان نگهداری غذا مؤثرند.

نکته : در محیط مرطوب، میکروب ها شروع به رشد و تکثیر نموده تا جایی که مادهٔ غذایی کپک زده و سرانجام فاسد می شود. اما در محیط خشک امکان رشد این جانداران ذره بینی وجود ندارد، از این رو می توان خشکبار را آسان تر و به مدت طولانی تری در این محیط نگهداری کرد.

نیاکان ما نیز بر همین اساس بسیاری از میوه ها را در فصل برداشت خشک می کردند تا آنها را برای مصرف در فصل های دیگر ذخیره کنند. می دانیم که اکسیژن گازی واکنش پذیر است و تمایل زیادی برای انجام واکنش با دیگر مواد دارد. بر اساس این ویژگی، مواد غذایی در هوای آزاد و در معرض اکسیژن، سریع تر فاسد می شوند.

نکته: وجود پوست و پوشش میوه ها و خشکبار یک عامل طبیعی برای افزایش زمان ماندگاری است زیرا مانع از ورود اکسیژن و جانداران ذره بینی به درون آنها می شود.

این ویژگی نشان می دهد که حذف اکسیژن از محیط نگهداری مواد غذایی و خوراکی ها سبب افزایش زمان ماندگاری و بهبود کیفیت آنها خواهد شد. برای این منظور از تکنیکهای زیر می توان استفاده کرد:

۱- خالی کردن هوای درون ظرفها و بسته های محتوی مواد غذایی

۲- استفاده از بسته بندی های عایق که از ورود هوا به مواد غذایی جلوگیری می کند.

آیا می دانید

اگر گندم در محیطی سرد و خشک نگهداری شود تا ۲۵ سال کیفیت خود را حفظ می کند و سالم می ماند؛ درحالی که در محیط گرم و خشک تا ۵ سال سالم می ماند! امروزه گندم در مقیاس صنعتی در مکان هایی تاریک، خنک و خشک به نام سیلو نگهداری می شود. روشی که حضرت یوسف از آن بهره برده بود.

آیا می دانید

بیماری غذازاد از سه منبع فیزیکی، شیمیایی و زیست شناختی موجود در مادۀ غذایی ناشی می شود. مادۀ غذایی ممکن است شامل سنگ ریزه و برخی ناخالصی ها باشد. وجود مواد شیمیایی مانند آفت کش ها، حشره کش ها و سموم می تواند بیماری های گوناگونی را ایجاد کنند. همچنین وجود جانداران ذره بینی می تواند سبب فساد مادۀ غذایی شده و منجر به ایجاد بیماری شود. غذای سالم، غذایی است که از نگاه فیزیکی، شیمیایی و زیست شناختی برای بدن ضرر ندارد.

خود را بیازمایید

۱- هر یک از موارد زیر نقش چه عاملی را در سرعت واکنش نشان می دهد؛ توضیح دهید.

الف) برای نگهداری طولانی مدت فراورده های گوشتی و پروتئینی، آنها را به حالت منجمد ذخیره می کنند.

ب) روغن های مایع که در ظرف مات و کدر بسته بندی شده اند، زمان ماندگاری بیشتری دارند.

پ) قاووت گردی مغذی و تهیه شده از مغز آفتاب گردان، پسته و... است. این سوغات کرمان زودتر از مغز این خوراکی ها فاسد می شود.

پاسخ خود را بیازمایید

۱- الف) دما: چون با کاهش دما سرعت انجام واکنش های شیمیایی کم شده و در دماهای بسیار پایین تا مرز توقف نیز پیش می رود.
ب) چون اگر ظرف روشن باشد انرژی خورشید (نور) باعث شکسته شدن تعدادی از پیوندهای روغن شدن و ماهیت آن را تغییر می دهد.
پ) چون سطح تماس مواد مخلوط شده در آن بسیار زیاد است و هر چه سطح تماس بیشتر باشد سرعت واکنش بیشتر است. (گرد مواد قاووت تماس بیشتری با اکسیژن دارند و زودتر فاسد می شوند.)

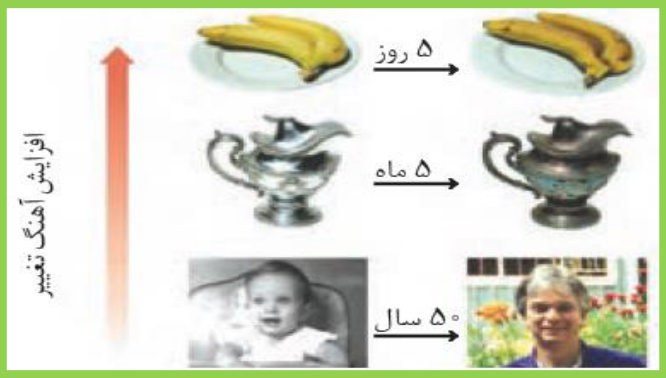
پیشرفت علوم تجربی سبب شده تا برای افزایش زمان ماندگاری مواد غذایی و بهبود کیفیت آنها از روش های گوناگونی مانند تهیهٔ کنسرو، بسته بندی نوین، افزودن نگهدارنده ها و... استفاده شود. در این راستا یخچال های صنعتی، سردخانه ها و... تکمیل کننده این فرایند هستند. اکنون باید به این پرسش پاسخ داد که نقش دانش شیمی در نگهداری مواد غذایی چیست؟ چرا افزایش دما سبب کاهش زمان ماندگاری اغلب مواد غذایی می شود؟ اکسیژن چه رفتاری با مواد غذایی دارد؟ چرا مواد غذایی را باید در محلی تاریک و دور از تابش مستقیم نور خورشید نگه داشت؟ پاسخ به این پرسش ها را می توان در رفتار مواد با یکدیگر و اثر عوامل گوناگون روی رفتار آنها جست وجو کرد. در واقع سینتیک شیمیایی به عنوان شاخه ای از علم شیمی افزون بر بررسی آهنگ تغییر شیمیایی در واکنش ها، عوامل مؤثر بر این آهنگ را نیز بررسی میک‌ند. با آشنایی و درک چنین مفاهیمی می توان روش های گوناگون نگهداری سالم مواد غذایی را یافت و آنها را گسترش داد.

آهنگ واکنش

تهیه و تولید سریع تر یا کندتر یک فراوردهٔ صنعتی، دارویی یا غذایی بر کیفیت و زمان ماندگاری آن نقش تعیین کننده ای دارد.

آهنگ واکنش[۲۹] بیانی از زمان ماندگاری مواد است، کمیتی که نشان می دهد هر تغییر شیمیایی در چه گستره ای از زمان رخ می دهد. هر چه گسترهٔ زمان انجام آنها کوچکتر باشد، آهنگ انجام تندتر است و واکنش سریع تر انجام می شود (شکل ۱۱).

[۲۹] Re*action Rate*



شکل ۱۱- مقایسهٔ آهنگ چند فرایند طبیعی

این شکل فرایندهایی را نشان می دهد که تفاوت آهنگ انجام آنها آشکار بوده و مقایسه آنها به صورت کیفی آسان است. شیمی دان ها آهنگ واکنش را در گستره معینی از زمان با نام سرعت واکنش بیان می کنند. توجه کنید که گسترهٔ زمان انجام واکنش ها از چند صدم ثانیه تا چند سده را در برمی گیرد (شکل ۱۲).

شکل ۱۲- انجام برخی واکنش های شیمیایی با سرعت های گوناگون

آیا می دانید

در انفجار مواد شیمیایی، انبساط بسیار سریع گازهای آزاد شده، شوک موجی بسیار قوی با فشار بیش از ۷۰۰،۰۰۰ اتمسفر در سرتاسر محیط پیرامون منتشر کرده که با سرعتی بیش از $۹۰۰۰ms^{-۱}$، باعث تخریب فیزیکی بناها می شود.

بررسی ها نشان می دهد که زمان انجام واکنش ها به عوامل گوناگونی وابسته است. در قسمت بعدی به بررسی عوامل موثر بر سرعت واکنشهای شیمیایی می پردازیم.

عوامل مؤثر بر سرعت واکنشهای شیمیایی

۱. **طبیعت (ماهیت، نوع یا جنس) واکنش دهنده ها:** با این که عامل به عنوان یک متغیر، برای بهبود سرعت یک واکنش، مطرح نیست ولی از عوامل دیگر **مهمتر** است. به عنوان مثال: ماهیت پتاسیم ایجاب می‌کند که این فلز، به سرعت با آب سرد واکنش دهد ولی ماهیت آهن، فقط اجازه ی زنگ زدن را به این فلز می‌دهد.

۲. **حالت فیزیکی و سطح تماس واکنش دهنده‌ها:** هرچه سطح تماس واکنش دهنده‌ها با هم بیشتر باشد سرعت واکنش بین آنها هم بیشتر خواهد بود. به طوری که:

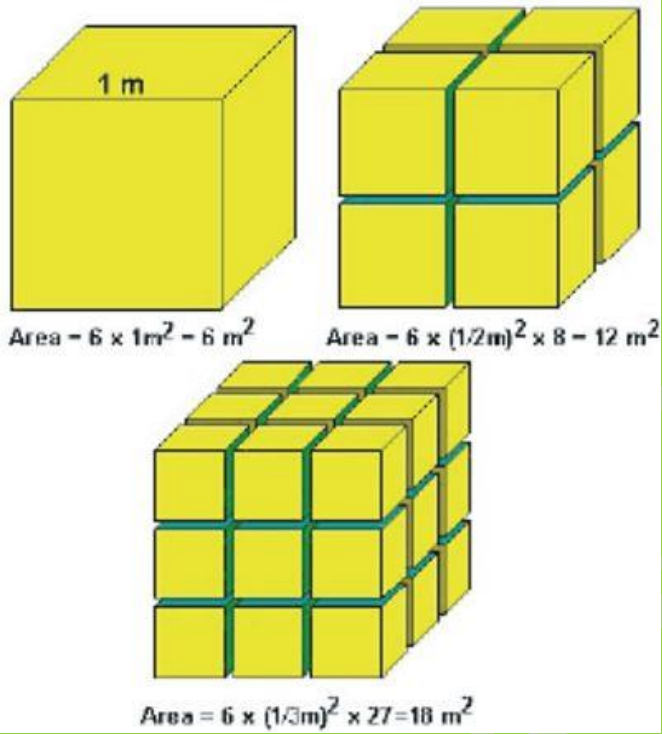
حالت جامد < حالت محلول (مایع) < حالت گازی: سرعت واکنش

✓ اگر واکنش دهنده‌ها، هم فاز باشند (همگن باشند)؛ به دلیل سطح تماس بیشتر، سرعت واکنش نیز بیشتر خواهد بود. به عنوان مثال: سرعت واکنش بخار سدیم با اکسیژن، بیشتر از سرعت واکنش سدیم جامد با اکسیژن است:

$$4Na(g) + O_2(g) \xrightarrow{\text{تند}} 2Na_2O(s)$$

$$4Na(g) + O_2(g) \xrightarrow{\text{آهسته}} 2Na_2O(s)$$

نکته: با پودر کردن ذرات جامد سطح تماس بیشتر شده بنابراین سرعت واکنش بیشتر خواهد شد.



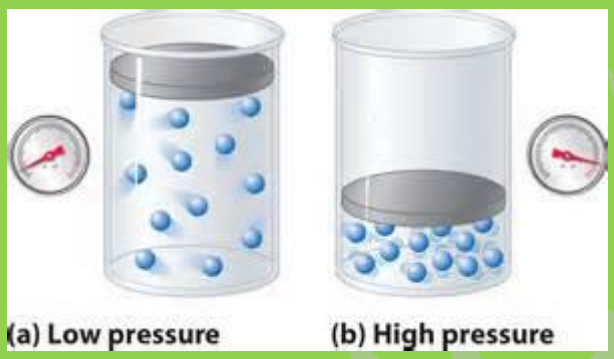
افزایش سطح تماس با پودر شدن

۳. **غلظت واکنش دهنده‌ها:** مطابق نظریه ی برخورد؛ با افزایش غلظت به سبب افزایش تعداد برخوردهای مؤثر سرعت واکنش نیز افزایش می‌یابد.

به عنوان مثال: واکنش الیاف آهن داغ شده در ارلنی پرشده از گاز اکسیژن خالص، با سوختن الیاف همراه است و این در حالی است که الیاف آهن در هوا فقط داغ شده و قرمز می‌شوند اما نمی‌سوزند. علت این تفاوت، غلظت بیشتر اکسیژن در ارلن است.

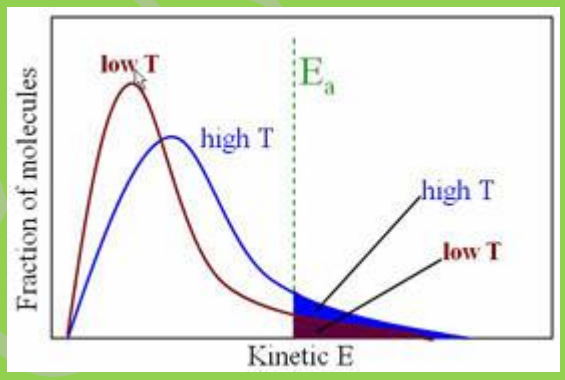
اثر غلظت واکنشگرها

۴. **فشار:** در واکنش های دارای واکنش دهنده‌های گازی شکل، افزایش فشار (یا کاهش حجم ظرف) باعث افزایش سرعت واکنش می‌شود. ؛ با افزایش فشار به سبب افزایش تعداد برخوردهای مؤثر سرعت واکنش نیز افزایش می‌یابد.

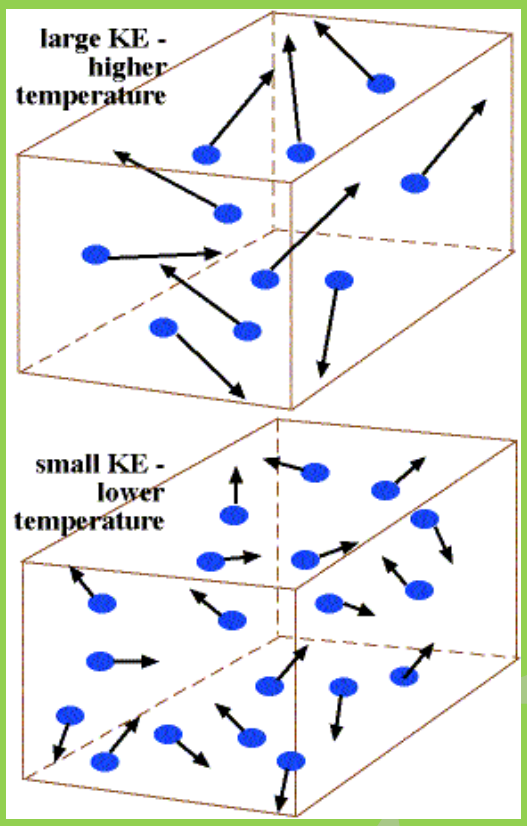


اثر فشار بر افزایش برخوردهای واکنش

۵. **دمای واکنش:** افزایش دما باعث افزایش تعداد برخوردها و تأمین برخوردها و تأمین انرژی ذره‌های واکنش دهنده‌ها، هنگام برخورد شده و در نهایت با افزایش تعداد برخوردهای مؤثر، سرعت واکنش را افزایش می‌دهد. افزایش دما، توانایی واکنش دهنده‌ها را برای تشکیل حالت گذار (پیچیده فعال) افزایش می‌دهد.



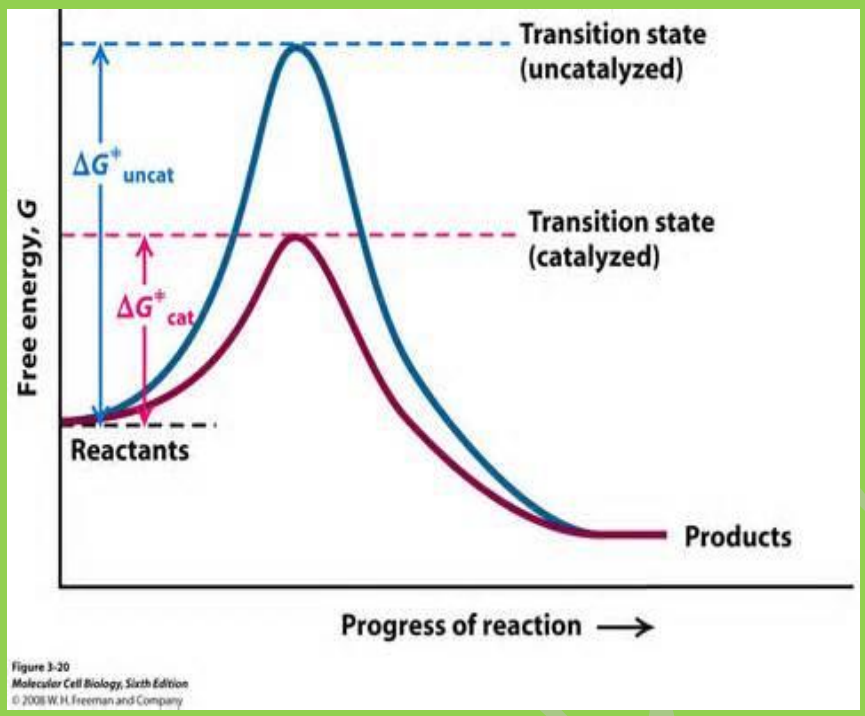
اثر دما بر روی انرژی فعالسازی



اثر دما روی افزایش برخوردهای موثر

۶. **انرژی فعال سازی:** هرچه انرژی فعال سازی یک واکنش کمتر باشد، ساختار پیچیده فعال پایدارتر و سرعت واکنش بیشتر است.

۷. **کاتالیزگر:** استفاده از کاتالیزگر مناسب، سرعت انجام واکنش را به طور چشم‌گیری، افزایش می‌دهد. چون باعث تغییر مسیر واکنش شیمیایی شده و آنرا از مسیر با انرژی فعالسازی کمتر به پیش می‌برد.



تغییر مسیر واکنشها با استفاده از کاتالیزور

نکته طلایی: کاتالیزگر، باعث افزایش سرعت واکنش می شود. کاتالیزگر با کاهش انرژی فعال سازی واکنش و کاهش سطح انرژی پیچیده ی فعال، سرعت واکنش را افزایش می‌دهد.
نکته طلایی: کاتالیزگر انرژی فعال سازی واکنش های رفت و برگشت را به یک اندازه کاهش می‌دهد.
نکته طلایی: کاتالیزگر با تغییر راه انجام واکنش، مسیر انجام واکنش را آسانتر می کند.

کاوش کنید

«دربارهٔ عوامل موثر بر سرعت واکنش کاوش کنید»

مواد و ابزار لازم: عینک ایمنی، قرص جوشان، آب، قوطی فیلم عکاسی، استوانه مدرج، هاون چینی، دماسنج و زمان سنج.

نکات ایمنی: به دلیل پرتاب شدن قوطی فیلم عکاسی، آزمایش را در فاصله مناسبی از خود و هم کلاسی ها انجام دهید.

آزمایش ۱

الف) درون قوطی فیلم عکاسی $۵mL$ آب با دمای $۲۰^{\circ}C$ بریزید.

ب) به آن $\frac{۱}{۲}$ قرص جوشان بیفزایید و بلافاصله درپوش آن را محکم ببندید سپس آن را وارونه روی زمین قرار دهید.

پ) زمان لازم برای پرتاب شدن قوطی را با استفاده از زمان سنج اندازه گیری و در جدول داده شده یادداشت کنید.

ت) همین آزمایش را با $\frac{۱}{۴}$ قرص جوشان تکرار و زمان را یادداشت کنید.

از مشاهده های خود چه نتیجه ای می گیرید؟ با افزایش مقدار و غلظت واکنش دهنده سرعت افزایش پیدا می کند.

آزمایش ۲

الف) این بار درون قوطی فیلم عکاسی $۵mL$ آب با دمای ۴۰^oC بریزید.

ب) به آن $\frac{۱}{۲}$ قرص جوشان بیفزایید و بلافاصله درپوش آن را محکم ببندید سپس آن را وارونه روی زمین قرار دهید.

ب) زمان پرتاب شدن قوطی را اندازه گیری و در جدول صفحه بعد یادداشت کنید.

ت) این آزمایش را در دمای ۵^oC تکرار و نتیجه را درجدول بنویسید.

از مشاهده های خود چه نتیجه ای می گیرید.

با افزایش دما سرعت واکنش افزایش می یابد.

آزمایش	مقدار قرص جوشان	شکل قرص جوشان	دمای آب	زمان پرتاب شدن قوطی (ثانیه)
۱ـ الف				
۱ـ ب				
۲ـ الف				
۲ـ ب				
۳				

آزمایش ۳

الف) نیمی از قرص را به خوبی در هاون چینی بسائید.

ب) آن را به درون قوطی فیلم عکاسی محتوی $۵mL$ آب با دمای ۲۰^oC بیفزایید و بلافاصله درپوش آن را محکم ببندید سپس آن را وارونه روی زمین قرار دهید.

پ) زمان پرتاب شدن قوطی را اندازه گیری و در جدول بالا یادداشت کنید.

از مشاهده های خود چه نتیجه ای می گیرید؟

با پودر کردن ذرات جامد سطح تماس بیشتر شده بنابراین سرعت واکنش بیشتر خواهد شد.

انجام آزمایش های بالا نشان داد که با افزایش دما، افزایش مقدار واکنش دهنده ها و افزایش سطح تماس می توان سرعت انجام واکنش ها را افزایش داد. همچنین از پیش می دانید که واکنش سوختن قند آغشته به خاک باغچه سریع تر است زیرا در خاک باغچه کاتالیزگر مناسب برای این واکنش وجود

دارد. البته باید توجه داشت که مواد واکنش دهنده گوناگون با سرعت های متفاوتی در واکنش شرکت می کنند (در فصل اول با واکنش پذیری متفاوت فلزها آشنا شدید).

آیا می دانید

در اغلب قرص های جوشان افزون بر ویتامین ث، جوش شیرین، سیتریک اسید، تارتاریک اسید و.... وجود دارد.

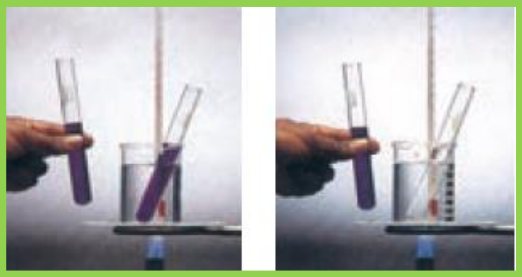
خود را بیازمایید

در هر یک از موارد زیر با توجه به شکل، علت اختلاف در سرعت واکنش را توضیح دهید.

الف) فلزهای قلیایی سدیم و پتاسیم در شرایط یکسان با آب سرد به شدت واکنش می دهند، اما سرعت واکنش ها متفاوت است.

ب) شعله آتش، گردِ آهن موجود در کپسول چینی را داغ و سرخ می کند؛ در حالی که پاشیدن و پخش کردن گردِ آهن بر روی شعله، سبب سوختن آن می شود.

پ) محلول بنفش رنگ پتاسیم پرمنگنات با یک اسید آلی در دمای اتاق به کندی واکنش می دهد، اما با گرم شدن، محلول به سرعت بی رنگ می شود.



ت) الیاف آهن داغ و سرخ شده در هوا نمی سوزد، در حالی که همان مقدار الیاف آهن داغ و سرخ شده در یک ارلن پر از اکسیژن می سوزد.

بیمارانی که مشکلات تنفسی دارند در شرایط اضطراری نیاز به تنفس از کپسول اکسیژن دارند.

ث) محلول هیدروژن پراکسید در دمای اتاق به کندی تجزیه شده و گاز اکسیژن تولید می کند، در حالی که افزودن دو قطره از محلول پتاسیم یدید، سرعت واکنش را به طور چشمگیری افزایش می دهد.

پاسخ خود را بیازمایید

الف) چون واکنش پذیری فلزات قلیایی در یک گروه از بالا به پایین بیشتر می شود و الکترون لایه ظرفیت خود را سریعتر از دست می دهد پس پتاسیم پایین تر و واکنش پذیری بیشتر دارد.
ب) چون در حالتی که گرد آهن پاشیده می شود. سطح تماس بیشتر است و واکنش با سرعت و شدت بیشتری انجام می شود.
پ) چون با افزایش دما برخوردهای مؤثر ذرات بیشتر شده و در نتیجه سرعت واکنش افزایش می یابد.
ت) چون در ارلن پر از اکسیژن غلظت اکسیژن بیشتر است و در نتیجه با افزایش غلظت سرعت واکنش بیشتر می شود.
ث) چون محلول پتاسیم یدید نقش کاتالیزگر دارد و در نتیجه باعث افزایش سرعت واکنش می شود.

برخی افراد با مصرف کلم و حبوبات دچار نفخ می شوند زیرا فاقد آنزیمی هستند که آنها را کامل و سریع هضم کند.

پیوند با صنعت

با آغاز قرن بیستم، گرایش مردم به شهرنشینی به ویژه در کشورهای صنعتی، باعث پدید آمدن شهرهای بزرگ تر شد. شهرهایی که در آنها تهیه و تولید غذا به روش سنتی، دیگر پاسخگوی نیازها نبود. در چنین شرایطی ذخیره سازی و صادرات غذا به عنوان صنعتی نو خودنمایی کرد. صنعتی که با بهره گیری از فناوری های گوناگون از جمله بسته بندی، کنسرو سازی، انجماد و... به سرعت در سرتاسرجهان گسترش یافت. اما هنوز شرکت های صنایع غذایی با چالش هایی در نگهداری و ماندگاری غذا روبه رو هستند. افزون بر این فناوری ها، استفاده از مواد شیمیایی با ویژگی های خاص به عنوان افزودنی ها سبب افزایش زمان ماندگاری و کیفیت مواد غذایی شد.

نکته طلایی: افزودنی ها، مواد شیمیایی مانند نگهدارنده، رنگ دهنده، طعم دهنده و... هستند که به صورت هدفمند به مواد خوراکی یا غذاها افزوده می شوند. برای نمونه نگهدارنده ها، سرعت واکنش های شیمیایی که منجر به فساد مادهٔ غذایی می شود را کاهش می دهند.

یکی از این مواد، بنزوئیک اسید است که در تمشک و توت فرنگی وجود دارد (شکل ۱۳).

شکل ۱۳- بنزوئیک اسید، یک کربوکسیلیک اسید آروماتیک است.

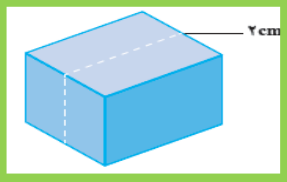
این ترکیب آلی عضوی از خانواده کربوکسیلیک اسیدهاست. خانواده ای که در ساختار هر عضو آن یک یا چند گروه عاملی کربوکسیل $(COOH)$ وجود دارد. آشناترین عضو آن، اتانوییک (استیک) اسید با فرمول CH_3COOH است.

آیا می دانید

در صنایع غذایی برای مواد افزودنی از نمادی به نام عدد E استفاده می شود. عددی که نوع ماده افزودنی را نشان می دهد. برای نمونه بنزوئیک اسید با $E۲۱۰$ و نمک سدیم آن با $E۲۱۲$ مشخص می شود.

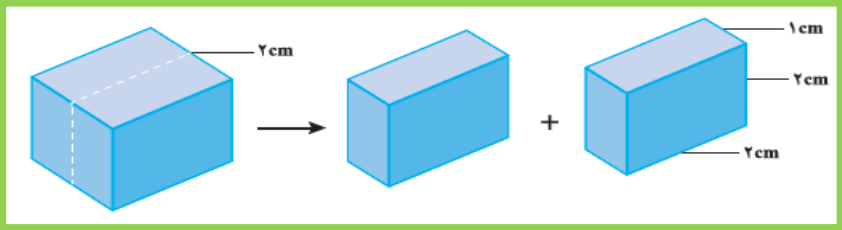
پیوند با ریاضی

یک تکه زغال چوب به شکل مکعب با طول ضلع $۲cm$ در نظر بگیرید. حجم این تکه زغال برابر با $۸cm^۳$، در حالی که مساحت جانبی آن برابر با $۲۴cm^۲$ است (چرا؟).



۱- کدام کمیت (حجم یا مساحت جانبی)، سطح تماس این تکه زغال را با شعله هنگام سوختن نشان می دهد؟ توضیح دهید.

۲- اگر این مکعب از وسط یک ضلع برش بخورد و به دو مکعب مستطیل تقسیم شود، حساب کنید حجم زغال و سطح تماس آن چه تغییری می کند؟



۳- بر اساس تحلیل خود از پرسش های بالا، علت تفاوت در سرعت واکنش سوختن تکهٔ زغال با گرد آن را توضیح دهید.

پاسخ پیوند با ریاضی

اگر مکعبی به ضلع x داشته باشیم حجم آن از رابطه زیر بدست می آید:

$V = x^۳ \rightarrow V = ۲^۳ = ۸cm^۳$

از طرفی مساحت همین مکعب به ضلع x از رابطه زیر بدست می آید:

$S = ۶x^۲ \rightarrow V = ۶(۲)^۲ = ۲۴cm^۲$

۱- مساحت جانبی- زیرا واکنش پذیرترین قسمت یک ماده سطح خارجی آن است و سطوح داخلی به دلیل مخفی بودن عاری از هرگونه واکنش پذیری به صورت مستقیم با دیگر مواد هستند.

۲- با برش حجم کل زغال هیچ تغییری نمی کند ولی سطح تماس آن بیشتر می شود به روابط زیر توجه کنید:

سطح تماس در هر مکعب $(۱\times۲)\times۴+(۲\times۲)\times۲=۱۶$

از طرفی چون دو مکعب داریم بنابراین سطح تماس برابر ۳۲ خواهد شد.

۳- چون گرد زغال سطح تماس بیشتری با مواد واکنش دهنده دارد پس واکنش پذیری بیشتری دارد.

اینک می پذیرید که واکنش های شیمیایی در طبیعت، صنعت و آزمایشگاه با سرعت های متفاوتی انجام می شوند.

واکنش های شیمیایی از منظر تاثیر بر زندگی ما به دو دسته تقسیم می شوند:

۱-برخی از این واکنش ها مانند گوارش، تنفس، تهیهٔ داروها و تولید فراورده های صنعتی مفید و ضروری هستند.

۲- اما برخی دیگر مانند خوردگی وسایل آهنی، تولید آلاینده ها، زرد و پوسیده شدن کاغذ کتاب، زیان بار و ناخواسته اند.

شیمی دان ها از یک سو در پی یافتن راه هایی برای کاهش سرعت یا توقف واکنش های ناخواسته اند و از سوی دیگر به دنبال سرعت بخشیدن به واکنش هایی هستند که بتوانند فراورده های گوناگونی با صرفهٔ اقتصادی تولید کنند.

برای دستیابی به چنین اهدافی باید درباره شرایط و چگونگی انجام واکنش های شیمیایی و عوامل مؤثر بر سرعت آنها آگاهی داشته باشند. سینتیک شیمیایی[۳۰] شاخه ای از شیمی است که این آگاهی را در اختیار ما می گذارد.

سرعت واکنش از دیدگاه کمّی

اما سرعت واکنش در پژوهش های علمی، فناوری های نو، تولید فراورده های دارویی و... آنچنان اهمیت دارد که باید با دقت اندازه گیری و گزارش شود. به دیگر سخن مقایسهٔ دقیق میان سرعت واکنش ها هنگامی از صحت و اعتبار علمی برخوردار است که به **شکل کمّی** بیان شود.

از آنجا که در یک واکنش شیمیایی با گذشت زمان، واکنش دهنده ها مصرف و فراورده ها تولید می شوند، می توان آهنگ مصرف واکنش دهنده ها و تولید فراوده ها را در بازه ای از زمان اندازه گیری کرد (شکل ۱۴).

شکل ۱۴- واکنش محلول سفیدکننده با ۰/۰۵ مول نوعی رنگ غذا

در این واکنش با گذشت زمان به تدریج از شدّت رنگ محلول کاسته شده تا اینکه در پایان واکنش، محلول تا مرز بی رنگ شدن پیش رفته است. این ویژگی بیانگر آن است که مقدار رنگ غذا کاهش می یابد و مقدار آن تقریباً به صفر می رسد.

---

۳۰ *Chemical Kinetics*

نکته طلایی: سرعت مصرف با تولید یک مادهٔ شرکت کننده در واکنش در گسترهٔ زمانی قابل اندازه گیری را سرعت متوسط آن ماده می گویند و آن را با $\bar{R}$ نمایش می دهند. از این رو، $\bar{R}(A)$ سرعت متوسط تولید یا مصرف مادهٔ A را نشان می دهد.

محاسبه‌ی سرعت متوسط

✓ برای محاسبه‌ی سرعت متوسط مصرف و یا تولید یک ماده از رابطه ی کلی زیر، استفاده می‌شود:

سرعت متوسط یک ماده $\bar{R}$ = ± تغییرات مقدار ماده / زمان تغییرات

✓ سرعت یک واکنش را می‌توان بر حسب ویژگی‌های قابل اندازه‌گیری واکنش دهنده‌ها یا فرآورده‌ها از جمله: جرم، حجم، غلظت، تعداد مول، فشار، دما، چگالی، رنگ و ... تعیین نمود.

✓ با توجه به واحد سرعت که درتست خواسته شده می‌توان از یکی از روابط زیر در محاسبه‌ی سرعت متوسط استفاده نمود:

$$\bar{R} = \pm\frac{\Delta n}{\Delta t} \;,\; \bar{r} = \pm\frac{\Delta[\,]}{\Delta t} \;,\; \bar{r} = \pm\frac{\Delta v}{\Delta t} \;,\; \bar{R} = \pm\frac{\Delta m}{\Delta t}$$

$\Delta t =$ بازه ی زمانی تعیین سرعت، $\Delta n =$ تغییرات تعداد مول ها، $\Delta[\,] =$ تغییرات در غلظت مواد، $\Delta v =$ تغییرات در مقدار حجم مواد گازی و $\Delta m =$ تغییرات در جرم ماده می باشند.

✓ **در یک واکنش شیمیایی موازنه شده، نسبت سرعت‌های دو ماده ، با نسبت ضرایب آن دو ماده برابر است.**

در واکنش نمادین روبه رو:

$$A + 2B \rightarrow C + 3D$$

$$* \frac{\bar{R}A}{\bar{R}B} = \frac{1}{2} \;,\; \frac{\bar{R}B}{\bar{R}D} = \frac{2}{3} \;,\; \frac{\bar{R}A}{\bar{R}C} = \frac{1}{1} = 1 \rightarrow \bar{R}A = \bar{R}C$$

در یک واکنش شیمیایی موازنه شده، هرچه ضریب استوکیومتری یک ماده بیشتر باشد، سرعت آن ماده نیز بیشتر و شیب منحنی نمودار تغییرات غلظت- زمان آن تندتر است.

به عنوان مثال در واکنش؛ $4H_2(g) + Fe_3o_4(s) \rightarrow 3Fe(s) + 4H_2O(g)$ **سرعت مصرف** $40H_2$ **برابر سرعت مصرف** Fe_3O_4 **می‌باشد و** $4\bar{R}Fe = 3\bar{R}H_2O$.

✓ برای واکنش نمادین $A \rightarrow B$ سرعت واکنش دربازه‌های زمانی ۰-۲ و ۲-۴ و ۴-۶ به صورت زیر مقایسه می‌شود:

$$\bar{R}_{0-2} > \bar{R}_{2-4} > \bar{R}_{4-6}$$

✓ برای واکنش فرضی $aA+bB\rightarrow cC+dD$ می‌توان نوشت:

سرعت واکنش: $\frac{\overline{R}_A}{a}=\frac{\overline{R}_B}{b}=\frac{\overline{R}_C}{c}=\frac{\overline{R}_D}{d}=R$

همچنین می‌توان نوشت:

$$\overline{R}_{\text{واکنش}}=\frac{-1}{a}\frac{\Delta[A]}{\Delta t}=\frac{-1}{b}\frac{\Delta[B]}{\Delta t}=\frac{-1}{c}\frac{\Delta[C]}{\Delta t}=\frac{-1}{d}\frac{\Delta[D]}{\Delta t}$$

✓ برای تعیین سرعت یک واکنش (سرعت کل واکنش نه سرعت برحسب یک ماده از واکنش) می‌توان سرعت مصرف یا تشکیل یکی از مواد موجود در معادله‌ی واکنش را بر ضریب استوکیومتری آن ماده تقسیم نمود.

نکته: سرعت یک واکنش، با سرعت متوسط ماده‌ای که ضریب آن یک است، برابر است.

خود را بیازمایید

۱- بر اساس شکل ۱۴، آهنگ مصرف رنگ غذا را برحسب مول بر دقیقه $(mol\,\min^{-1})$ حساب کنید.

۲- دانش آموزی درون یک محلول محتوی ۰/۰۳ مول مس (II) سولفات، تیغه ای از جنس روی قرار داده است. شکل زیر پیشرفت واکنش $Zn(s)$ با $CuSO_4(aq)$ را در این آزمایش نشان می دهد، با توجه به آن به پرسش ها پاسخ دهید.

آ) واکنش پذیری فلز روی را با مس مقایسه کنید.

ب) با گذشت زمان مقدار $Cu^{2+}(aq)$ و $Cu(s)$ چه تغییری می کند؟ چرا؟

پ) اگر شمار مول های مصرف شده از هر واکنش دهنده در واحد زمان بیانگر سرعت مصرف آن باشد، سرعت مصرف $Cu^{2+}(aq)$ را برحسب $mol\,\min^{-1}$ حساب کنید.

پاسخ خود را بیازمایید

۱-

$$\overline{R} = \frac{\Delta n}{\Delta t} \rightarrow \overline{R} = \frac{۰.۰۵ mol}{۵ \min} = ۰.۰۱ \; mol.\min^{-۱}$$

۲- الف) واکنش پذیری روی بیشتر است. چون با گذاشتن تیغه روی در محلول $CuSO_۴$ واکنش رخ داده است.

ب) با گذشت زمان مقدار $Cu(s)$ افزایش و مقدار $Cu^{۲+}(aq)$ کاهش می یابد. چون رنگ محلول آبی $Cu^{۲+}(aq)$ به مرور به سمت بی رنگی میل کرده است.

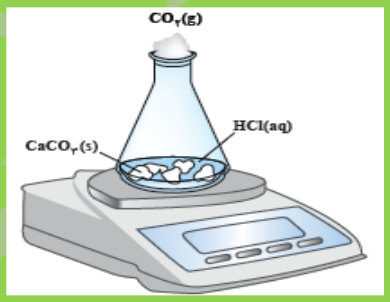
پ)

$$\overline{R} = \frac{\Delta n}{\Delta t} \rightarrow \overline{R} = \frac{۰.۰۳ mol}{۱۲۰ \min} = ۲.۵ \times ۱۰^{-۴} \; mol.\min^{-۱}$$

نکته طلایی : تجربه نشان می دهد که سرعت متوسط مصرف یا تولید مواد شرکت کننده را می توان با اندازه گیری کمیت هایی مانند جرم، فشار و... تعیین کرد.

با هم بیندیشیم

واکنش کلسیم کربنات را با محلول هیدروکلریک اسید در دما و فشار اتاق مطابق شکل زیر در نظر بگیرید.



$$CaCO_۳(s) + ۲HCl(aq) \rightarrow CaCl_۲(aq) + CO_۲(g) + H_۲O(l)$$

جدول زیر، جرم مخلوط این واکنش را برحسب زمان برای این آزمایش نشان می دهد. با توجه به داده های جدول، به پرسش های مطرح شده پاسخ دهید:

زمان (ثانیه)	۰	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰
جرم مخلوط واکنش (گرم)	۶۵/۹۸	۶۵/۳۲	۶۴/۸۸	۶۴/۶۶	۶۴/۵۵	۶۴/۵۰	۶۴/۵۰
جرم کربن‌دی‌اکسید (گرم)	۰	۰/۶۶	۱/۱۰	.....	.....	.....	.....

الف) چرا با گذشت زمان از جرم مخلوط واکنش کاسته می شوند؟

ب) جدول را کامل کنید.

پ) با گذشت زمان جرم گاز آزاد شده چه تغییری می کند؟ چرا؟

ت) در چه زمانی واکنش به پایان می رسد؟ چرا؟

ث) جدول زیر را کامل کنید. $(1 molCO_2 = 44g)$

زمان (s)	$n(CO_2)$, (mol)	$\Delta n(CO_2)$, (mol)	$\overline{R}(CO_2)=\frac{\Delta n(CO_2)}{\Delta t}$, $(mol\ s^{-1})$
۰	۰		
۱۰	$۱/۵۰\times ۱۰^{-۲}$	$۱/۵۰\times ۱۰^{-۲}$	$۱/۵۰\times ۱۰^{-۳}$
۲۰	$۲/۵۰\times ۱۰^{-۲}$	$۱/۰۰\times ۱۰^{-۲}$	$۱/۰۰\times ۱۰^{-۳}$
۳۰	$۳/۰۰\times ۱۰^{-۲}$	.....	.....
۴۰	.....	.....	.....
۵۰	.....	.....	.....

ج) نمودار مول- زمان را برای گاز CO_2 بر روی کاغذ میلی متری زیر رسم کنید.

چ) سرعت متوسط تولید CO_2 با گذشت زمان چه تغییری می کند؟ چرا؟

ح) آزمایش نشان می دهد که نمودار مول زمان برای هر سه فراورده در واکنش کلسیم کربنات با محلول هیدروکلریک اسید از هر لحاظ یکسان است. چرا؟

پاسخ با هم بیندیشیم

الف) چون یکی از فراورده های واکنش گاز کربن دی اکسید است که از ظرف واکنش خارج می شود.

ب)

زمان (ثانیه)	۰	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰
جرم مخلوط واکنش (گرم)	۶۵/۹۸	۶۵/۳۲	۶۴/۸۸	۶۴/۶۶	۶۴/۵۵	۶۴/۵۰	۶۴/۵۰
جرم کربن دی اکسید (گرم)	۰	۰/۶۶	۱/۱۰	۱/۲۵	۱/۳۶	۱/۴۵	۱/۴۵

پ) در آغاز زیاد شده است و هنگامی که کربن دی اکسید تولید شده در زمان ۵۰ ثانیه به مقدار ثابتی رسیده است و نتیجه می گیریم که واکنش تمام و به پایان رسیده است.

ت) در ۵۰ ثانیه- چون از این زمان به بعد مقدار گاز کربن دی اکسید تولید شده به مقدار ثابتی رسیده است و دیگر تغییر نکرده است.

ث)

زمان (s)	$n(CO_2),(mol)$	$\Delta n(CO_2),(mol)$	$\overline{R}(CO_2)=\frac{\Delta n(CO_2)}{\Delta t},(mols^{-1})$
۰	۰	$۱/۵۰\times۱۰^{-۲}$	$۱/۵۰\times۱۰^{-۳}$
۱۰	$۱/۵۰\times۱۰^{-۲}$	$۱/۰۰\times۱۰^{-۲}$	$۱/۰۰\times۱۰^{-۳}$
۲۰	$۲/۵۰\times۱۰^{-۲}$	۵×۱۰^{-۳}	۵×۱۰^{-۴}
۳۰	$۳/۰۰\times۱۰^{-۲}$	۹×۱۰^{-۳}	۹×۱۰^{-۴}
۴۰	$۳/۰۹\times۱۰^{-۲}$	$۱/۱\times۱۰^{-۳}$	$۱/۱\times۱۰^{-۴}$
۵۰	$۳/۲\times۱۰^{-۲}$		

چ) کم می شود. چون مقدار کربن دی اکسید تولید شده به مرور کاهش یافته است. (بر طبق جدول)

ح) چون ضریب استوکیومتری هر ۳ فراورده یکسان است.

سرعت متوسط و شیب نمودار مول- زمان

با چگونگی محاسبهٔ سرعت متوسط تولید فراورده در یک واکنش شیمیایی آشنا شدید. نمودار ۸، نمودار مول زمان را برای کلسیم کلرید تولید شده در واکنش کلسیم کربنات با محلول هیدروکلریک اسید نشان می دهد.

نمودار ۸- نمودار مول زمان برای فراورده

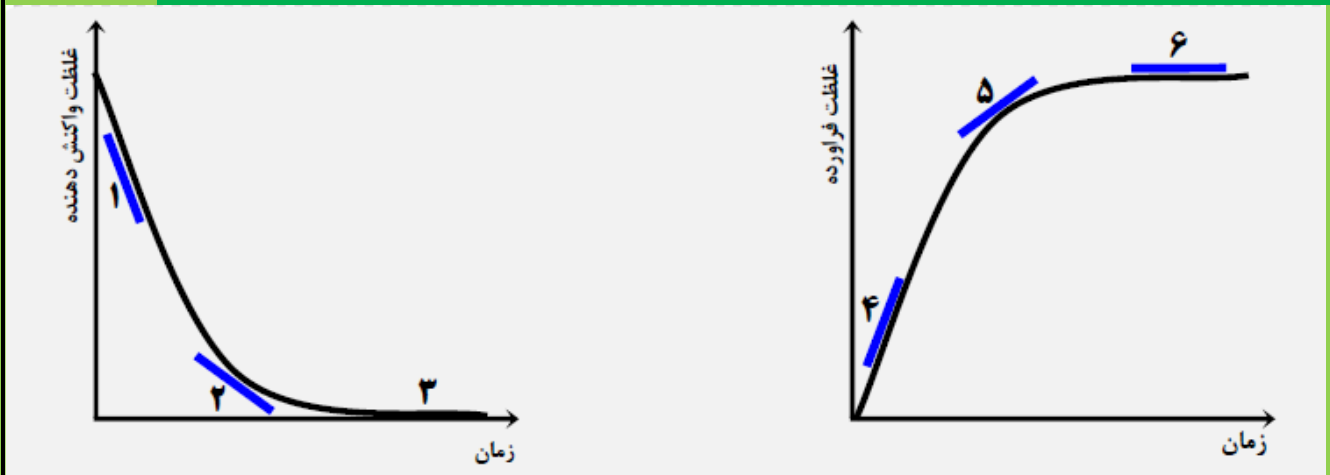
در نمودار ۸، نقطه A نشان می دهد که در زمان $t_۱ = ۱۰s$، مول های کلسیم کلرید برابر با $n_۱ = ۰/۰۱۵mol$ و نقطه B نشان می دهد که در زمان $t_۲ = ۲۰s$، مول های این ماده برابر با $n_۱ = ۰/۰۲۵mol$ است. از این رو:

$$\Delta n(CaCl_۲) = n_۲ - n_۱ = ۰/۰۲۵mol - ۰/۰۱۵mol = ۰/۰۱۰mol$$

این مقدار، تغییر مول های کلسیم کلرید را در گسترهٔ زمانی ۱۰ تا ۲۰ ثانی $(\Delta t = t_۲ - t_۱ = ۲۰s - ۱۰s = ۱۰s)$ نشان می دهد. نسبت، شیب خط AB در نمودار مول- زمان است. این نسبت علامت مثبت دارد و سرعت متوسط تولید کلسیم کلرید را در بازهٔ زمانی ۱۰ تا ۲۰ ثانیه مشخص می کند.

نمودار ۸ همچنین نشان می دهد هر چه واکنش به پایان آن نزدیک تر می شود، شیب نمودار مول-زمان کندتر شده تا اینکه از ثانیهٔ ۵۰ به بعد برابر با صفر می شود. از این رو، می توان نتیجه گرفت این واکنش با گذشت ۵۰ ثانیه به پایان رسیده است و پس از آن دیگر فراورده ای تولید نمی شود.

نکته: در نمودار غلظت و سرعت بر حسب زمان شیب خط مماس بر منحنی در هر نقطه سرعت واکنش را نشان می‌دهد.



- در نقطه‌ی (۱) غلظت واکنش دهنده ها زیاد، سرعت واکنش زیاد است و شیب منحنی زیاد است.
- در نقطه‌ی (۲) با کاهش غلظت واکنش دهنده ها، سرعت واکنش کاهش یافته و شیب منحنی نیز کم تر خواهد شد.
- در نقطه‌ی (۳) با تمام شدن واکنش دهنده ها، سرعت واکنش به صفر رسیده و شیب منحنی به صفر میل می کند.
- در نقطه‌ی (۴) غلظت فراورده ها به سرعت زیاد شده، سرعت واکنش زیاد است و شیب منحنی بسیار زیاد است.
- در نقطه‌ی (۵) با افزایش غلظت فراورده ها و کاهش غلظت واکنش دهنده ها از سرعت واکنش کاسته شده و شیب منحنی کم می‌شود.
- در نقطه‌ی (۶) دیگر فراورده ای تولید نمی شود و با تمام شدن واکنش دهنده ها، سرعت واکنش به صفر رسیده و شیب منحنی به صفر میل می کند.

خود را بیازمایید

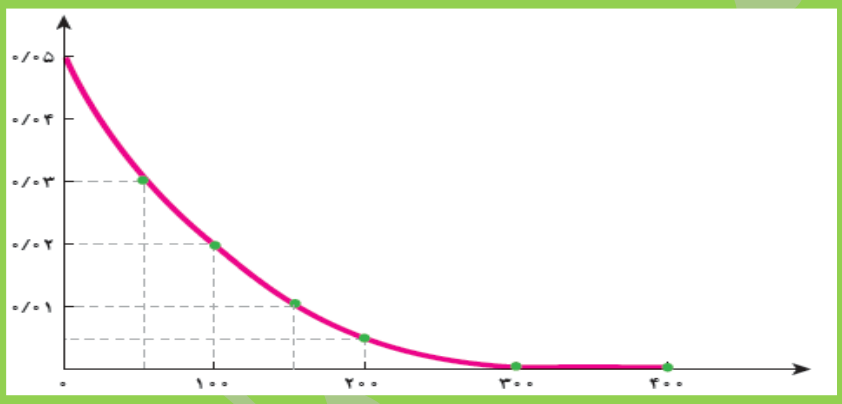
۱- در واکنش $CaCO_3(s)$ با $HCl(aq)$، چه رابطه ای بین سرعت متوسط مصرف این دو ماده وجود دارد؟ این رابطه را بنویسید.

۲- یکی از آلاینده های هوا که باعث تولید باران اسیدی می شود، گاز گوگرد تری اکسید است که مطابق واکنش زیر تولید می شود:

$$۲SO_۲(g)+O_۲(g)\rightarrow ۲SO_۳(g)$$

اگر در شرایط معین $\bar{R}(O_۲)=۰/۰۱mols^{-۱}$ باشد، $\bar{R}(SO_۳)$ و $\bar{R}(SO_۲)$ را بر حسب $mol\,min^{-۱}$ حساب کنید.

۳- با توجه به نمودار زیر که تغییر مول های نوعی رنگ غذا در واکنش با یک محلول سفیدکننده را نشان می دهد، به پرسش های مطرح شده پاسخ دهید.



الف) مول های واکنش دهنده (رنگ غذا) با گذشت زمان چه تغییری می کند؟ چرا؟

ب) شیب نمودار مول زمان چه علامتی دارد؟ چرا؟

پ) توضیح دهید چرا علامت منفی در رابطهٔ زیر نوشته می شود.

$$\bar{R}(\text{واکنش‌دهنده})=-\frac{\Delta n(\text{واکنش‌دهنده})}{\Delta t}$$

ت) سرعت متوسط مصرف رنگ غذا را برحسب مول بر دقیقه حساب کنید.

پاسخ خود را بیازمایید

۱- سرعت مصرف HCl دو برابر سرعت مصرف $CaCO_3$ می باشد. چون ضریب استوکیومتری آن ۲ برابر است. پس خواهیم داشت:

$$\overline{R}_{HCl} = ۲\overline{R}_{CaCO_3}$$

-۲

$$\overline{R}_{O_2} = ۰.۰۱\frac{mol}{s} \times \frac{۶۰s}{۱\min} = ۰.۶ mol.\min^{-۱} \rightarrow \overline{R}_{SO_2} = ۲\overline{R}_{O_2} = ۱.۲$$

و چون ضریب استوکیومتری SO_2 ، SO_3 با یکدیگر برابر است پس سرعت مصرف آنها نیز با هم برابر است.

۳- الف) کم می شود تا زمانی که به صفر برسد چون بر اساس نمودار که شیب منفی دارد این موضوع قابل برداشت است.

ب) منفی- چون نمودار حالت نزولی دارد.

پ) به دلیل اینکه با گذشت زمان از مقدار واکنش دهنده ها کم شده بنابراین مقدار عددی Δn منفی خواهد شد. و از طرفی چون سرعت همیشه مقداری مثبت است پس یک علامت منفی در فرمول ضرب می کنیم.

ت) بر طبق نمودار زمان پایان واکنش ثانیه ۳۰۰ می باشد پس خواهیم داشت:

$$\overline{R} = \frac{-(۰-۰.۰۵)mol}{۵\min} = ۰.۰۱ mol.\min^{-۱}$$

پیوند با زندگی

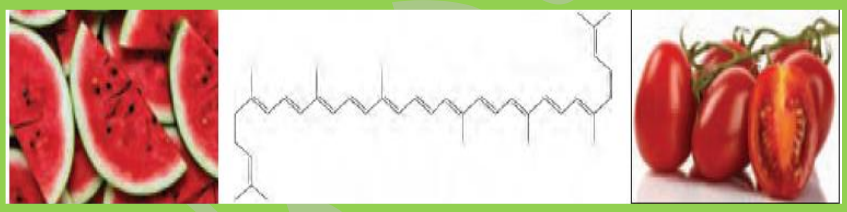
خوراکی های طبیعی رنگین، بازدارنده هایی مفید و مؤثر

یافته ها و شواهد تجربی نشان می دهد که برنامهٔ غذایی محتوی سبزیجات و میوه های گوناگون، به دلیل داشتن ترکیب های آلی سیرنشده ای به نام ریز مغذی ها ،نقش بازدارندگی موثری در برابر سرطان ها و پیری زودرس دارند.این ترکیب ها در حفظ سلامت بافت ها و اندام دخالت دارند، هر چند نقش کامل این مواد هنوز به طور دقیق مشخص نشده است اما برخی از آنها به عنوان بازدارنده از انجام واکنش نامطلوب و ناخواسته به دلیل حضور رادیکال ها جلوگیری می کنند.

نکته طلایی: رادیکال، گونهٔ پرانرژی و ناپایداری است که در ساختار خود، الکترون جفت نشده دارد، در واقع محتوی اتم هایی است که از قاعدهٔ هشت تایی پیروی نمی کنند. بدیهی است که رادیکال ها واکنش پذیری بالایی دارند.

اهمیت جذب رادیکالها: در بدن ما به دلیل انجام واکنش های متنوع و پیچیده، رادیکال هایی به وجود می آیند که اگر به وسیلهٔ باز دارنده ها جذب نشوند، می توانند با انجام واکنش های سریع به بافت های بدن آسیب برسانند.

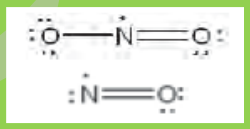
با این توصیف مصرف خوراکی های محتوی بازدارنده ها سبب خواهد شد که رادیکال ها به دام بیفتند تا با کاهش مقدار آنها از سرعت واکنش های ناخواسته کاسته شود (شکل ۱۵).



شکل ۱۵- هندوانه و گوجه فرنگی محتوی لیکوپن بوده که فعالیت رادیکال ها را کاهش می دهد.

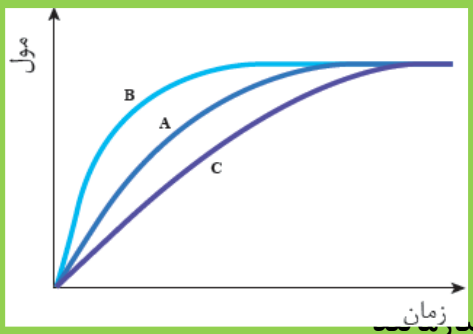
آیا می دانید

رادیکال ها نه تنها در بدن بلکه در محیط زندگی نیز وجود دارند. برای نمونه هوای آلوده دارای رادیکال های NO و NO_2 است.



خود را بیازمایید

در نمودار داده شده، منحنی A نشان دهندهٔ تغییر مول های یکی از مواد فراورده در واکنش فرضی است. با دلیل مشخص کنید کدام منحنی(B یا C) نشان دهندهٔ افزودن بازدارنده و کدام یک نشان دهندهٔ افزودن کاتالیزگر به سامانهٔ واکنش است؟



پاسخ خود را بیازمایید

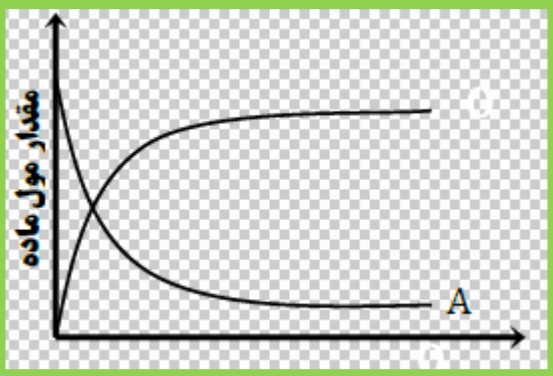
منحنی C افزودن بازدارنده را نشان می دهد چون شیب کمتری دارد.
منحنی B- برای زمانی است که از کاتالیزگر استفاده کرده ایم. چون شیب بیشتری دارد پس سرعت واکنش بیشتر است.

سرعت واکنش

دریافتید که شیب نمودار مول زمان برای هر یک از شرکت کننده ها در واکنش، متناسب با ضریب استوکیومتری آن است. به طوری که اگر ضریب استوکیومتری شرکت کننده ها یکسان نباشد، سرعت متوسط آنها متفاوت خواهد بود. شیمی دان ها برای درک آسان پیشرفت واکنش در واحد زمان، از یک مفهوم کاربردی به نام سرعت واکنش استفاده می کنند.

نمودار غلظت- زمان (سرعت متوسط)

در واکنشهای یک طرفه (کامل) مواد واکنش دهنده پس از پایان واکنش، مصرف می‌شوند. در ابتدا سرعت واکنش زیاد است و با گذشت زمان کاهش می‌یابد، نمودار «غلظت- زمان» را به صورت زیر رسم می‌کنیم:



نمودار سرعت- زمان واکنش یک طرفه ی $A \rightarrow B$

✓ همان طوری که از نمودارهای فوق مشخص است، منحنی تغییرات غلظت بر حسب زمان برای یک واکنش دهنده نزولی و برای یک فراورده صعودی است.

نکته های طلایی:

* سمنو که از جوانه گندم تهیه می شود محتوی مواد غذایی گوناگونی از جمله مالتوز است.

* برای شرکت کننده ها در فاز گاز و محلول، می توان سرعت متوسط مصرف یا تولید را افزون بر یکای مول بر زمان بایکای مول بر لیتر بر زمان نیز گزارش کرد.

* غلظت مولی یک ماده را با نوشتن فرمول شیمیایی آن درون یک کروشه نمایش می دهند.

غلظت مولی $[A] = A$

با هم بیندیشیم

۱- سرعت متوسط تولید گاز آمونیاک در شرایط معینی بر اساس معادله واکنش زیر در گسترهٔ زمانی معینی برابر با $۴\times۱۰^{۲} mols^{-۱}$ است.

$$N_۲(g) + ۳H_۲(g) \rightarrow ۲NH_۳(g)$$

الف) سرعت متوسط مصرف $N_۲(g)$ و $H_۲(g)$ را در این گسترهٔ زمانی حساب کنید.

ب) سرعت متوسط تولید یا مصرف هر شرکت کننده را به ضریب استوکیومتری آن تقسیم کنید. از حاصل این تقسیم ها چه نتیجه ای می گیرید؟

پ) حاصل تقسیم در قسمت ب، سرعت واکنش نام دارد. برای این واکنش با استفاده از سرعت متوسط تولید یا مصرف مواد شرکت کننده، رابطهٔ سرعت واکنش را بنویسید.

ت) ارتباط معادلهٔ شیمیایی موازنه شده واکنش را با رابطهٔ صفحه بعد توضیح دهید.

ث) سرعت متوسط کدام ماده با سرعت واکنش برابر است؟ توضیح دهید.

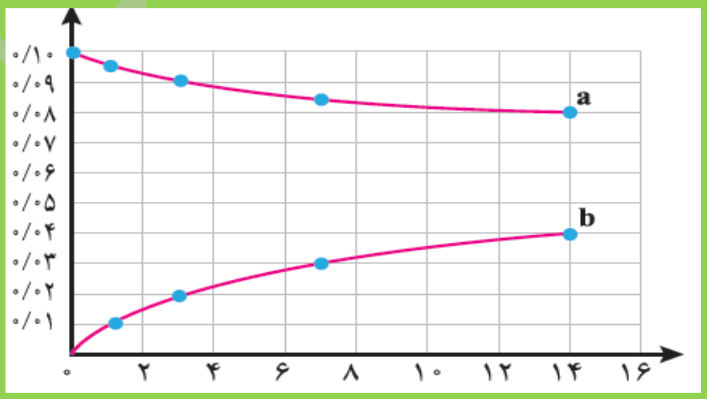
$$\overline{R}(\text{واکنش}) = +\frac{\Delta n(NH_3)}{2\Delta t} = -\frac{\Delta n(H_2)}{3\Delta t} = -\frac{\Delta n(N_2)}{\Delta t}$$

۲- قند موجود در جوانه گندم (مالتوز) مطابق واکنش زیر به گلوکز تبدیل می شود.

$$C_{12}H_{22}O_{11}(aq) + H_2O(l) \rightarrow 2C_6H_{12}O_6(aq)$$

این واکنش در دمای ثابت و شرایط معین بررسی شده و جدول زیر، داده های تجربی آن را نشان می دهد. با توجه به آن و نمودار داده شده، به پرسش های زیر پاسخ دهید.

زمان (دقیقه) / غلظت مولی ($molL^{-1}$)	۰	۱	۳	۷	۱۴
$[C_6H_{12}O_6]$	۰	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۴
$[C_{12}H_{22}O_{11}]$	۰/۱۰	۰/۰۹۵	۰/۰۹	۰/۰۸۵	۰/۰۸



الف) در سه دقیقهٔ نخست، (گلوکز) $\overline{R}$ و (مالتوز) $\overline{R}$ را بر حسب $mol\,L^{-1}s^{-1}$ حساب کنید.

ب) سرعت واکنش را در هفت دقیقه نخست و هفت دقیقه دوم حساب کنید. کدام یک بیشتر است؟ چرا؟

پ) هر یک از منحنی های A و B مربوط به کدام ماده شرکت کننده است؟ توضیح دهید.

پاسخ با هم بیندیشیم

۱- الف)

$$\overline{R}_{H_2} = \frac{3}{2}\overline{R}_{NH_3} \rightarrow \overline{R}_{H_2} = 6\times10^{-2}\,mol.s^{-1}$$

$$\overline{R}_{N_2} = \frac{1}{2}\overline{R}_{NH_3} \rightarrow \overline{R}_{N_2} = 2\times10^{-2}\,mol.s^{-1}$$

ب)

$$\frac{\overline{R}_{NH_3}}{2} = 2\times10^{-2} \qquad \frac{\overline{R}_{N_2}}{1} = 2\times10^{-2} \qquad \frac{\overline{R}_{H_2}}{3} = 2\times10^{-2}$$

از تقسیم سرعت هر ماده بر ضریب آن، سرعت متوسط کل واکنش بدست می آید که برای هر سه ماده برابر است که نتیجه می گیریم در هر واکنش سرعت متوسط همواره ثابت است.

پ)

$$\overline{R} = \frac{\overline{R}_{NH_3}}{1} = \frac{\overline{R}_{NH_3}}{2} = \frac{\overline{R}_{N_2}}{3}$$

ت) نتیجه می گیریم که در یک واکنش موازنه شده از تقسیم سرعت متوسط مصرف یا تولید هر ماده بر ضریب آن سرعت واکنش بدست می آید.

ث) گاز نیتروژن- چون این ماده دارای ضریب استوکیومتری ۱ می باشد. چ نتیجه می گیریم که در یک واکنش موازنه شده از تقسیم سرعت متوسط مصرف یا تولید هر ماده بر ضریب آن سرعت واکنش بدست می آید.

ث) گاز نیتروژن- چون این ماده دارای ضریب استوکیومتری ۱ می باشد. چ نتیجه می گیریم که در یک واکنش موازنه شده از تقسیم سرعت متوسط مصرف یا تولید هر ماده بر ضریب آن سرعت واکنش بدست می آید.
ث) گاز نیتروژن- چون این ماده دارای ضریب استوکیومتری ۱ می باشد. چ نتیجه می گیریم که در یک واکنش موازنه شده از تقسیم سرعت متوسط مصرف یا تولید هر ماده بر ضریب آن سرعت واکنش بدست می آید.

ث) گاز نیتروژن- چون این ماده دارای ضریب استوکیومتری ۱ می باشد. چ نتیجه می گیریم که در یک واکنش موازنه شده از تقسیم سرعت متوسط مصرف یا تولید هر ماده بر ضریب آن سرعت واکنش بدست می آید.

ث) گاز نیتروژن- چون این ماده دارای ضریب استوکیومتری ۱ می باشد. چون هر ماده ای که ضریب استوکیومتری ۱ بعد از موازنه داشته باشد سرعت آن سرعت کلی واکنش همواره برابر است.

۲- الف)

$$\overline{R} = \frac{-(۰.۰۹-۰.۱)mol/L}{۱۸۰s} = ۵.۵\times۱۰^{-۵} mol.L^{-۱}.s^{-۱}$$ سرعت مصرف مالتوز

$$\overline{R} = \frac{(۰.۰۲-۰)mol/L}{۱۸۰s} = ۱.۱\times۱۰^{-۴} mol.L^{-۱}.s^{-۱}$$ سرعت تولید گلوکز

ب) هفت دقیقه اول

$$\overline{R} = \frac{-(۰.۰۸۵-۰.۱)mol/L}{۷\min} = ۰.۰۰۲۱۴ mol.L^{-۱}.\min^{-۱}$$

$$\rightarrow R = \frac{۰.۰۰۲۱۴}{۱} = ۰.۰۰۲۱۴ mol.L^{-۱}.\min^{-۱}$$

هفت دقیقه دوم

$$\overline{R} = \frac{-(۰.۰۸-۰.۰۸۵)mol/L}{۷\min} = ۰.۰۰۰۷۱۴ mol.L^{-۱}.\min^{-۱}$$

$$\rightarrow R = \frac{۰.۰۰۰۷۱۴}{۱} = ۰.۰۰۰۷۱۴ mol.L^{-۱}.\min^{-۱}$$

سرعت واکنش در هفت دقیقه اول بیشتر است. چون در زمان های اولیه واکنش غلظت واکنش دهنده ها بیشتر است.

پ) منحنی a مربوط به مالتوز و منحنی b مربوط به گلوکز است.

غذا، پسماند و ردپای آن

زندگی ما و ادامهٔ آن بر روی زمین به تأمین نیازهای ضروری مانند هوا، آب، غذا و... وابسته است. اما میزان نیاز و بهره مندی از این منابع برای همه **یکسان نیست**. دلیل این تفاوت را باید در **سبک زندگی** هر فرد جستجو کرد زیرا هر انسان در طول عمر خود، ردپاهایی متفاوتی در محیط زیست برجای می گذارد.

نکته : سبک زندگی میزان نیاز و میزان بهره مندی از منابع را برای هر فرد تعیین می کند.

در شیمی دهم با ردپای کربن دی اکسید و آب آشنا شدید. ردپاهایی که دو چهرهٔ آشکار و پنهان دارند.

ردپای غذا: دارای دو چهره است: چهره آشکار و چهره پنهان

۱- چهرهٔ آشکار آن نشان می دهد که سالانه حدود ۳۰٪ غذایی که در جهان فراهم می شود یعنی حدود ۱/۳ میلیارد تن در سال از بین رفته یا به زباله تبدیل می شود. این درحالی است که آمارها نشان می دهد که به ازای هر هفت نفر در جهان، یک نفر گرسنه است! خبری که هدر رفتن منابع اقتصادی را آشکار می سازد.

۲-اما چهرهٔ پنهان این ردپا اولا شامل همهٔ منابعی است که در تهیهٔ غذا از آغاز تا سر سفره سهم داشته اند که عبارتند از مدیریت منابع، نیروی انسانی برای تولید و تأمین مواد اولیه و انرژی، فراوری، ابزار و دستگاه های مورد نیاز، بسته بندی، حمل و نقل، آب و انرژی مصرفی، زمین های بایر و...

ثانیا دیگر چهرهٔ پنهان دیگر این ردپا، تولید گازهای گلخانه ای به ویژه کربن دی اکسید است، آن چنان که سهم تولید این گاز در ردپای غذا به مراتب بیش از سوختن سوخت ها در خودروها، کارخانه ها و... است.

از آنجا که جمعیت جهان، رشد اقتصادی، افزایش سطح رفاه و... رو به افزایش است، تقاضا برای غذا نیز پیوسته افزایش می یابد. تقاضایی که برای تأمین آن منابع آب، انرژی، مواد اولیه و زمین بیشتری را می طلبد. بدیهی است که با این روند ردپای غذا روی محیط زیست سنگین تر شده و مساحت کل مورد نیاز برای تأمین اقلام ضروری زندگی بیشتر خواهد شد (نمودار ۹).

نمودار ۹- پیش بینی مساحت زمین مورد نیاز برای تأمین غذا

چگونه ردپای غذا را کاهش دهیم؟

مدیران جامعه جهانی با طراحی و انتخاب راه حل های اجرایی مناسب و هماهنگ، بهره وری را در مراحل تولید و تأمین غذا افزایش دهند تا ردپای آن کاهش یابد.

آشکار است که اجرای هریک از این برنامه ها در گرو همت و تلاش یکایک ساکنان زمین است.

خود را بیازمایید

ستون سمت راست در جدول زیر چهار الگو برای کاهش ردپای غذا را نشان می دهد.

الگوی کاهش ردپای غذا	بیانی از اصل شیمی سبز
خرید به اندازهٔ نیاز	کاهش مصرف انرژی
کاهش مصرف گوشت و لبنیات	طراحی مواد و فراورده‌های شیمیایی سالم‌تر
استفاده از غذاهای بومی و فصلی	کاهش تولید زباله و پسماند
کاهش مصرف غذاهای فراوری شده	کاهش ورود مواد شیمیایی ناخواسته به محیط‌زیست

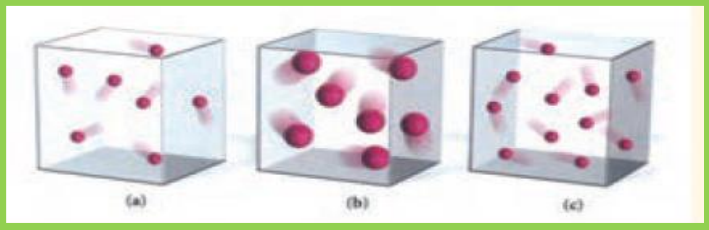
مشخص کنید هر بیانی از اصل شیمی سبز در ستون سمت چپ با کدام الگو همخوانی دارد؟

پاسخ خود را بیازمایید

الگوی کاهش رد پای غذا	بیانی از اصل شیمی سبز
خرید به اندازهٔ نیاز	کاهش مصرف انرژی
کاهش مصرف گوشت و لبنیات	طراحی مواد و فراورده های شیمیایی سالم تر
استفاده از غذاهای بومی و فصلی	کاهش تولید زباله و پسماند
کاهش مصرف غذاهای فراوری شده	کاهش ورود مواد شیمیایی ناخواسته به محیط زیست

تمرین های دوره ای

۱- هر یک از سامانه ها در شکل زیر محتوی یک نمونه گاز نجیب در دمای اتاق است. با توجه به آن به پرسش های مطرح شده پاسخ دهید.



آ) در کدام ظرف ها هلیم و در کدام ظرف آرگون وجود دارد؟ چرا؟

ب) انرژی گرمایی سامانه a و b را با یکدیگر مقایسه کنید.

پ) انرژی گرمایی سامانه a و c را با یکدیگر مقایسه کنید.

ت) اگر گازهای موجود در این سامانه ها بدون داد و ستد انرژی با محیط پیرامون مخلوط شوند، کدام کمیت (دما انرژی گرمایی) تغییر می کند؟ توضیح دهید.

۲- اغلب ورزشکاران برای درمان آسیب دیدگی های خود از بسته هایی استفاده می کنندکه به سرعت گرما را انتقال می دهند. اساس کار این بسته ها، انحلال برخی ترکیب های یونی در آب است. با توجه به معادله های ترموشیمیایی زیر به پرسش های مطرح شده پاسخ دهید:

$$NH_4NO_3(s) + 26kJ \xrightarrow{\text{درآب}} NH_4^+(aq) + NO_3^-(aq)$$
$$CaCl_2(s) \xrightarrow{\text{درآب}} Ca^{2+}(aq) + 2Cl^-(aq) + 83kJ$$

آ) کدام فرایند انحلال برای سرد کردن محل آسیب دیدگی مناسب است؟ چرا؟

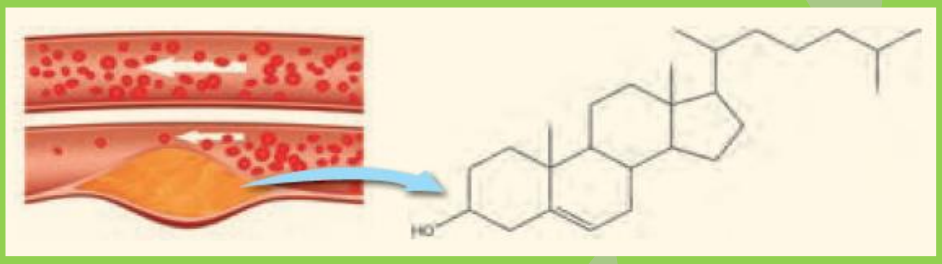
ب) از انحلال کامل $2/22g$ کلسیم کلرید خشک درآب چند کیلوژول گرما آزاد می شود؟

۳- چربی ذخیره شده در کوهان شتر هنگام اکسایش افزون بر آب مورد نیاز، انرژی لازم برای فعالیت های جانور را نیز تأمین می کند. واکنش ترموشیمیایی آن به صورت زیر است:

$$۲C_{۵۷}H_{۱۱۰}O_{۶}(s)+۱۶۳O_{۲}(g)\rightarrow ۱۱۴CO_{۲}(g)+۱۱۰H_{۲}O(l)\ ,\ \Delta H=-۷۵۵۲۰kJ$$

حساب کنید از اکسایش هر کیلوگرم چربی، چند کیلوژول انرژی آزاد می شود؟

۴- کلسترول، یکی از مواد آلی موجود در غذاهای جانوری است که مقدار اضافی آن در دیوارهٔ رگ ها رسوب می کند، فرایندی که منجر به گرفتگی رگ ها و سکته می شود. با توجه به ساختار آن به پرسش های مطرح شده پاسخ دهید.



آ) توضیح دهید چرا شیمی دان ها آن را یک الکل سیر نشده می دانند؟

ب) با توجه به جدول شمارهٔ ۳، در شرایط یکسان کدام پیوندهای اشتراکی یگانه در ساختار کلسترول آسان تر شکسته می شود؟ چرا؟

۵- از مصرف هر گرم آلومینیم در واکنش ترمیت، $۱۵/۲۴kJ$ گرما آزاد می شود.

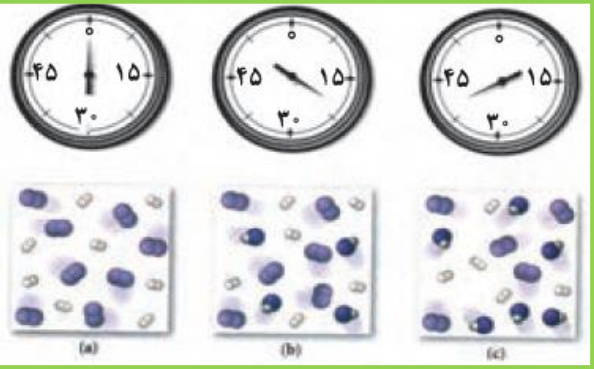
$$۲Al(s)+Fe_{۲}O_{۳}(s)\rightarrow Al_{۲}O_{۳}(s)+۲Fe(l)$$

آ) این مقدار گرما، دمای صدگرم آب خالص را چند درجهٔ سلسیوس افزایش می دهد؟

ب) ΔH واکنش ترمیت را حساب کنید.

۶- با توجه به واکنش ترموشیمیایی: $H_{۲}(g)+I_{۲}(s)+۵۳kJ\rightarrow ۲HI(g)$، آنتالپی واکنش $H_{۲}(g)+I_{۲}(g)\rightarrow ۲HI$ حساب کنید. **راهنمایی:** آنتالپی فرازش (تصعید) یُد را $۶۲/۵kJmol^{-۱}$ در نظر بگیرید.

۷- شکل زیر واکنش میان گاز هیدروژن و بخار بنفش رنگ ید را در دمای معینی نشان می دهد.



اگر هر ذره هم ارز با ۰/۱ مول از ماده و سامانه دو لیتری باشد، سرعت واکنش را پس از ۲۰ دقیقه (b) و پس از ۴۰ دقیقه (c) $mol\,L^{-1}h^{-1}$ حساب و با یکدیگر مقایسه کنید.

۸- ΔH واکنش $C_2H_4(g)+H_2(g)\xrightarrow{25c}C_2H_6(g)$ را با استفاده از :

آ) جدول ۲ و ۳ حساب کنید.

ب) آنتالپی سوختن اتن، اتان و هیدروژن که به ترتیب برابر با ۱۴۱۰-، ۱۵۶۰- و ۲۸۶- کیلو ژول بر مول است، حساب کنید.

پ) ΔH محاسبه شده از کدام قسمت را برای یک گزارش علمی انتخاب می کنید؟ توضیح دهید.

۹- با توجه به جدول زیر به پرسش های مطرح شده پاسخ دهید.

۱۰۰ g خوراکی / ارزش غذایی (kcal) — ماده غذایی	برگه زردآلو	سیب	بادام
	۲۴۱	۵۲	۵۷۹
چربی (گرم)	۰/۵۱	۰/۱۷	۴۹/۹۰
کلسترول (میلی گرم)	-	-	-
کربوهیدرات (گرم)	۷۸/۷۰	۲۴/۲۰	۲۵/۹۰
پروتئین (گرم)	۳/۳۹	۰/۲۶	۲۱/۲۰

آ) اگر بدن فردی نیاز فوری و ضروری به تأمین انرژی داشته باشد، کدام خوراکی را پیشنهاد می کنید؟ چرا؟

ب) مصرف کدام خوراکی را برای فعالیت های فیزیکی که در مدت طولانی تری انجام می شوند، مناسب می دانید؟ توضیح دهید.

پ) اگر یک فرد ۷۰ کیلوگرمی، ۲۵ گرم بادام خورده باشد، برای مصرف انرژی حاصل از آن چه مدت باید پیاده روی کند؟ آهنگ مصرف انرژی در پیاده روی را $۱۹۰ kcal h^{-۱}$ در نظر بگیرید.

پاسخ تمرینات دوره ای

۱- آ) در ظرف a و $c-$ گاز هلیم و در ظرف b گاز آرگون وجود دارد. چون شعاع اتمی هلیم نسبت به آرگون کوچکتر است.

ب) برابر است. چون اولاً دمای دو ظرف یکسان است و ثانیاً تعداد ذرات گازی در هر دو ظرف برابر است.

پ) a از c کمتر است. چون تعداد ذرات و دمای ذرات در ظرف c بیشتر است.

ت) دما ثابت می ماند چون یک کمیت شدتی است و به تعداد ذرات بستگی ندارد و انرژی گرمایی تغییر می کند چون تعداد ذرات ظرف بیشتر می شود.

۲- آ) معادله اول یعنی انحلال آمونیوم نیترات چون یک انحلال گرماگیر است و دمای محل آسیب دیده را کاهش می دهد.

ب)

$$۲.۲۲ g CaCl_۲ \times \frac{۱ mol CaCl_۲}{۱۱۰.۹ g CaCl_۲} \times \frac{۸۳ kJ}{۱ mol CalCl_۲} = ۱.۶۶ kJ$$

۳- چربی $= fat$

جرم مولی چربی $= ۸۹۰$

$$۱ kg_{fat} \frac{۱۰۰۰ g_{fat}}{۱ kg_{fat}} \times \frac{۱ mol_{fat}}{۸۹۰ g_{fat}} \times \frac{۷۵۵۲۰ kJ}{۲ mol_{fat}} = ۴۲۴۰۴.۴۸ kJ$$

۴- آ) به دلیل داشتن پیوند دوگانه سیرنشده است و از طرفی یک عامل OH الکلی نیز دارد.

ب) با توجه به پیوندهای یگانه موجود در ساختار کلسترول $O-H$ $C-H$ $C-O$ $C-C$ و با توجه مقادیر آنتالپی آنها در جدول ۳، نتیجه می گیریم که پیوند $C-C$ راحت تر شکسته می شود.

۵- آ)

$$Q = mC\Delta t \rightarrow \Delta t = \frac{۱۵.۲۴ \times ۱۰۰۰}{۱۰۰ \times ۴.۱۸۴} = ۳۶.۴۲^{o}C$$

ب)

$$۱gAl \times \frac{۱molAl}{۲۷gAl} = ۰.۰۳۷mol \rightarrow \Delta H = \frac{۱۵.۲۴}{۰.۰۳۷} = ۴۱۱.۸۹kJ$$

در معادله واکنش ترمیت چون ۲ مول آلومینیوم شرکت کرده پس مقدار آنتالپی واکنش در ۲ ضرب می کنیم و از طرفی چون گرما آزاد شده است علامت آن منفی خواهد بود در نتیجه $\Delta H = -۸۲۳.۷۸kJ$

۶-

$$H_{۲}(g) + I_{۲}(s) \rightarrow ۲HI(g) \qquad \Delta H_{۱} = ۵۳kJ$$
$$\underline{I_{۲}(g) \rightarrow I_{۲}(s) \qquad \Delta H_{۳} = -۶۲.۵kJ}$$
$$H_{۲}(g) + I_{۲}(g) \rightarrow ۲HI(g) \quad \Delta H = \Delta H_{۱} + \Delta H_{۳} = -۹.۵kJ$$

۷- در بازه زمانی ۰ تا ۲۰ دقیقه خواهیم داشت:

$$\overline{R_{H_{۲}}} = -\frac{\Delta[H_{۲}]}{\Delta t} = \frac{\frac{-(۰.۶ - ۰.۸)}{۲L}}{۰.۳۳h} = ۰.۳mol.L^{-۱}.h^{-۱} \rightarrow R_{reaction} = \frac{\overline{R_{H_{۲}}}}{۱} = ۰.۳$$

در بازه زمانی ۰ تا ۴۰ دقیقه خواهیم داشت:

$$\overline{R_{H_{۲}}} = -\frac{\Delta[H_{۲}]}{\Delta t} = \frac{\frac{-(۰.۵ - ۰.۸)}{۲L}}{۰.۶۶h} = ۰.۲۲mol.L^{-۱}.h^{-۱} \rightarrow R_{reaction} = \frac{\overline{R_{H_{۲}}}}{۱} = ۰.۲۲$$

۸- آ)

؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟

$$\Delta H = H_{۱} - H_{۲} \rightarrow$$
$$\Delta H = [۴\Delta H_{C-H} + \Delta H_{C-C} + \Delta H_{H-H}] - [۶ \times \Delta H_{C-H} + \Delta H_{C-C}] \xrightarrow{\text{جاگذاری}} \Delta H = -۱۲۴kJ$$

ب) با توجه به مقادیر آنتالپی های سوختن خواهیم داشت:

$$\Delta H = H_{۱} - H_{۲} \rightarrow$$
$$\Delta H = [-۱۵۶۰] - [-۲۸۶ + (-۱۴۱۰)] \rightarrow \Delta H = ۱۳۶kJ$$

پ) قسمت الف) به دلیل اینکه آنتالپی های ذکر شده در قسمت آنتالپی استاندارد سوختن نیست ولی در قسمت آ آنتالپی پیوند در حالت استاندارد است.

۹- آ) برگ زردآلو، چون نسبت به بقیه کربوهیدرات بیشتری دارد و این کربوهیدرات ها سریعتر در بدن جذب می شوند و انرژی را سریع تر آزاد می کنند

ب) بادام، چون با توجه به جدول ارزش غذایی کالری و انرژی بیشتری تولید می کند.

پ) با یک محاسبه و تناسب ساده می توان مدت زمان لازم برای پیاده روی و مصرف انرژی بادام خورده شده را بدست آورد: بر طبق جدول از هر ۱۰۰ گرم بادام ۵۷۹ کیلوکالری انرژی آزاد می شود. پس

۵۷۹ کیلو کالری		۱۰۰ گرم
x		۲۵ گرم

در نتیجه مقدار $x = ۱۴۴/۷۵$ خواهد شد که از تقسیم این مقدار بر ۱۹۰ کیلوکالری که آهنگ مصرف انرژی در پیاده روی است زمان بر حسب ساعت بدست می آید.

$$\frac{۱۴۴.۷۵kcal.h}{۱۹۰kcal} = ۰.۷۶h \rightarrow \approx ۴۶\,\text{min}$$

استاد زارع