فصل دوم
در پی غذای سالم

ماده و انرژی

- دانشمندان اجزای بنیادی جهان مادی را ماده و انرژی می‌دانند.
- کاهش جرم خورشید، به عنوان تنها منبع حیات‌بخش انرژی، تبدیل ماده به انرژی را تأیید می‌کند.

تولید و تأمین غذا

- کاشتن دانه و درو کردن فراورده، نخستین انقلاب در صنعت کشاورزی بود.
- میزان تولید و بهره‌برداری از غلات در سال‌های اخیر روند افزایشی داشته است.
- برای تولید غذا در حجم انبوه، به فعالیت‌های صنعتی گوناگونی نیاز است که به مجموعهٔ این حوزه‌ها (تولید، حمل و نقل، نگهداری، فراوری و ...) صنایع غذایی گفته می‌شود.
- به علت افزایش جمعیت، یکی از مهم‌ترین مسئولیت‌های هر دولت تأمین غذای افراد جامعه است.
- امروزه غذا به روش صنعتی تولید می‌شود و به علت فساد مواد غذایی، حفظ کیفیت و ارزش آن‌ها، اهمیت دارد.

سرانه مصرف مواد غذایی

- سرانه مصرف مادهٔ غذایی، مقدار میانگین مصرف آن را به ازای هر فرد در یک گستره زمانی معین نشان می‌دهد.
- سرانه مصرف نان، برنج، شکر، نمک خوراکی و روغن در کشور ما بیش‌تر از جهان است.
- سرانه مصرف حبوبات، سبزیجات، میوه، ماهی، شیر، تخم‌مرغ و گوشت قرمز در کشور ما کمتر از جهان است.
- سرانه مصرف و رژیم غذایی مردم کشور ما نامناسب بوده و در راستای توسعه پایدار نیست.

نقش غذا در بدن

- تأمین انرژی مورد نیاز برای حرکت ماهیچه‌ها، ارسال پیام عصبی، جابه‌جایی، یون‌ها و مولکول‌ها از دیوارهٔ هر یاخته
- تأمین مواد اولیه برای ساخت و رشد بخش‌های گوناگون بدن مانند پوست، مو، سلول‌های خونی، استخوان، ماهیچه‌ها و ...
- تنظیم و کنترل دمای بدن
- مواد غذایی حاوی ترکیب‌های مورد نیاز بدن:

ماده غذایی	گوشت قرمز و ماهی	شیر و فرآورده‌های آن	سیب، شربت آبلیمو	اسفناج و عدسی
حاویِ	پروتئین، ویتامین و مواد معدنی	پروتئین و کلسیم	قند (گلوکز)	آهن

- کارشناسان تغذیه برای پیشگیری و ترمیم پوکی استخوان بر مصرف شیر و فراورده‌های آن تأکید دارند.
- کمبود آهن در بدن موجب بروز کم‌خونی خواهد شد.
- مصرف بی‌رویهٔ شکر، نان و برنج باعث گسترش نوعی بیماری به نام دیابت بزرگسالی می‌شود.

@DaneshSad

تغذیهٔ درست

- بخش عمدهٔ اتم‌ها، مولکول‌ها و یون‌های موجود در بدن، از غذا تأمین می‌شود.
- تغذیهٔ درست، شامل وعده‌های غذایی است که مخلوط مناسبی از انواع ذره‌ها را در برمی‌گیرد.
- هنگامی که وعده‌های غذایی با کمبود نوع خاصی از آن‌ها همراه باشد، سوء تغذیه رخ می‌دهد.
- افزایش نامتناسب برخی مولکول‌ها و یون‌ها، سبب افزایش وزن و دیگر بیماری‌ها می‌شود.

آزاد کردن انرژی مواد غذایی

- یکی از راه‌های آزاد کردن انرژی مواد غذایی، سوزاندن آن‌ها است.
- میزان انرژی حاصل از سوختن یک ماده غذایی، به جرم آن بستگی دارد.
- هر چه جرم ماده بیش‌تر باشد، انرژی آزاد شده در اثر سوختن آن بیش‌تر است:

۱ گرم گردو < ۲ گرم گردو :مقایسه انرژی حاصل از سوختن

- ارزش سوختی مواد با هم متفاوت است، در واقع به ازای سوختن گرم‌های برابر از مواد متفاوت، انرژی متفاوتی حاصل می‌شود:

۲ گرم ماکارونی < ۲ گرم گردو :مقایسه انرژی حاصل از سوختن

گرماشیمی و سینتیک در صنایع غذایی

- **پاسخ با گرماشیمی**

۱- محتوای انرژی مواد غذایی گوناگون چقدر است؟

۲- مواد مغذی موجود در خوراکی‌ها از چه نوعی هستند و به چه مقدار وجود دارند؟

۳- آیا انرژی موجود در مواد غذایی یکسان است؟

- **پاسخ با سینتیک**

۱- برای افزایش زمان ماندگاری و ارزش غذایی خوراکی‌ها چه باید کرد؟

۲- برای تولید بیش‌تر و سریع‌تر مواد غذایی چه راه‌هایی وجود دارد؟

۳- چگونه می‌توان بو و مزهٔ مواد غذایی را تغییر داد یا بهبود بخشید؟

دمای یک ماده از چه خبر می‌دهد؟

- مفهوم دما و گرما متفاوت است. دمای یک ماده میزان سردی و گرمی آن را نشان می‌دهد.
- هرچه دمای یک ماده بیش‌تر باشد، جنبش‌های نامنظم ذره‌های آن بیش‌تر است.
- می‌دانیم ذره‌های سازنده یک ماده در هر سه حالت گاز، مایع و جامد پیوسته در حال جنب و جوش هستند:

جامد < مایع < گاز :مقایسه میزان جنبش ذره‌های سازنده یک ماده

- هرچه دمای ماده بالاتر باشد، میانگین تندی و میانگین انرژی جنبشی ذره‌های سازنده آن بیش‌تر است.
- میانگین انرژی جنبشی ذرات یک ماده فقط وابسته به دما است.
- دما پارامتری است که میانگین انرژی جنبشی ذرات ماده را توصیف می‌کند.

@DaneshSad

@DaneshSad

انرژی گرمایی ماده

- مجموع انرژی جنبشی ذره های سازنده یک ماده، با انرژی گرمایی آن هم‌ارز است.
- انرژی گرمایی یک ماده، علاوه بر دمای آن تابع مقدار آن ماده نیز می‌باشد.
- انرژی گرمایی با دما و مقدار ماده رابطه مستقیم دارد، به‌طوری که هر چه مقدار ماده بیشتر و دمای آن بالاتر باشد، انرژی گرمایی بیش‌تری دارد.
- ممکن است دو مادهٔ مختلف که جرم و دمای یکسانی دارند، انرژی گرمایی یکسانی نداشته باشند! زیرا ظرفیت گرمایی ماده نیز در انرژی گرمایی آن مؤثر است.
- به عبارتی انرژی گرمایی یک ماده وابسته به نوع ماده، دما و جرم آن وابسته است.

تفاوت دما و گرما و انرژی گرمایی

- دمای یک نمونه، ماده نمایانگر میانگین انرژی جنبشی ذرات تشکیل‌دهندهٔ آن ماده است.
- انرژی گرمایی یک نمونه ماده، نمایانگر مجموع انرژی جنبشی ذرات تشکیل‌دهنده آن ماده است.
- دما مستقل از مقدار ماده است، در حالی که انرژی گرمایی به مقدار ماده بستگی دارد.
- بیان دما، توصیف یک ویژگی از ماده است. در حالی که تغییر دما برای توصیف یک فرایند به کار می‌رود.
- داد و ستد گرما، باعث تغییر دما می‌شود.
- گرما از ویژگی‌های ماده نیست ، برای توصیف یک فرایند استفاده می‌شود و برای توصیف ماده نباید از آن استفاده کرد.
- گرما، هم‌ارز با آن مقدار انرژی گرمایی است که به دلیل تفاوت در دما جاری می‌شود.
- انرژی گرمایی یک ماده قابل اندازه‌گیری نیست ولی گرما، یعنی انرژی گرمایی تبادل شده با استفاده از روابط ظرفیت گرمایی اندازه‌گیری می‌شود.

ظرفیت گرمایی

- به مقدار گرمایی گفته می‌شود که اگر به ماده‌ای داده شود دمای آن $1^\circ C$ یا $1\ k$ افزایش می‌یابد.
- ظرفیت گرمایی هر ماده‌ای با جرم آن رابطه مستقیم دارد، یعنی ظرفیت گرمایی با افزایش جرم، افزایش می‌یابد.
- ظرفیت گرمایی هر ماده در دما و فشار اتاق، به نوع ماده و مقدار (جرم) آن وابسته است.
- ظرفیت گرمایی یک که دمای آن در اثر Q ژول گرما، به اندازه ΔT افزایش یافته برابر است با:

$$\text{ظرفیت گرمایی} = \frac{Q}{\Delta T}$$

ظرفیت گرمایی ویژه (گرمای ویژه)

- به مقدار گرمایی گفته می‌شود که اگر به یک گرم از ماده داده شود، دمای آن $1^\circ C$ یا $1K$ افزایش یابد.
- یکای ظرفیت گرمایی ویژه $J.g^{-1}.^\circ C^{-1}$ یا $J.g^{-1}.K^{-1}$ است.
- ظرفیت گرمایی ویژه، برخلاف ظرفیت گرمایی، به جرم ماده بستگی ندارد. گرمای ویژه در دما و فشار اتاق تنها به نوع ماده وابسته است.
- ظرفیت گرمایی ویژه یک جسم به جرم m گرم که در اثر گرما دادن به مقدار Q ژول، به اندازه ΔT افزایش دما دارد از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{ظرفیت گرمایی ویژه } c = \frac{Q}{m\Delta T}$$

- رابطه ظرفیت گرمایی و گرمای ویژه:

$$\text{ظرفیت گرمایی} = m \times c_{\text{ویژه}}$$

- از میان دو جسم مختلف با جرم یکسان، آن که ظرفیت گرمایی ویژه کم‌تری دارد، به ازای دادن گرمای یکسان افزایش دمای بیش‌تری پیدا می‌کند.

جاری شدن انرژی گرمایی

- تعادل گرما میان دو جسم: اگر دو ماده که مقدار دمای آن‌ها با یکدیگر متفاوت است، در کنار هم قرار بگیرند، گرما از جسم با دمای بالاتر به جسم با دمای پایین‌تر منتقل می‌شود تا هر دو جسم هم‌دما شوند.
- واکنش گرماده:

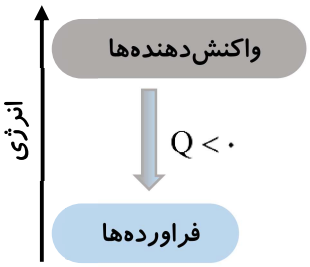
$Q+$ فراورده‌ها $\rightarrow$ واکنش‌دهنده‌ها

انرژی از سامانه به محیط منتقل می‌شود. (گرما از سامانه خارج می‌شود.)

علامت Q و $\Delta\theta$ برای سامانه منفی و برای محیط مثبت

نمودار این واکنش‌ها به صورت روبه‌رو است:

مثال: خوردن یک لیوان شیر با دمای $60^\circ C$ و هم‌دما شدن آن با بدن، فرایند گوارش شیر و بستنی



- واکنش گرماگیر:

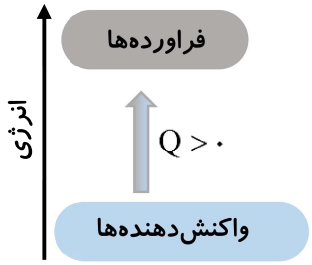
فراورده‌ها $\rightarrow Q+$ واکنش‌دهنده‌ها

گرما از محیط به سامانه منتقل می‌شود. (گرما به سامانه وارد می‌شود.)

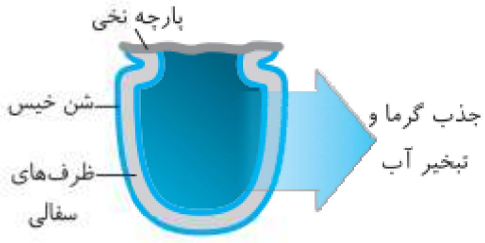
علامت Q و $\Delta\theta$ برای سامانه مثبت و برای محیط منفی

نمودار این واکنش‌ها به صورت روبه‌رو است:

مثال: خوردن بستنی و هم‌دما شدن آن با بدن



یخچال صحرایی



- توسط محمد باه‌آبا اختراع شده است.
- بدون نیاز به انرژی الکتریکی، غذا را مدتی خنک نگه می‌دارد.
- اجزای سازندهٔ آن: دو ظرف سفالی از خاک رس - شن خیس در میان دو ظرف - پارچهٔ نخی به عنوان درپوش
- آب از قسمتی که در آن شن خیس قرار دارد، از بدنه سفالی ظرف به بیرون نفوذ کرده و به آرامی تبخیر می‌شود:

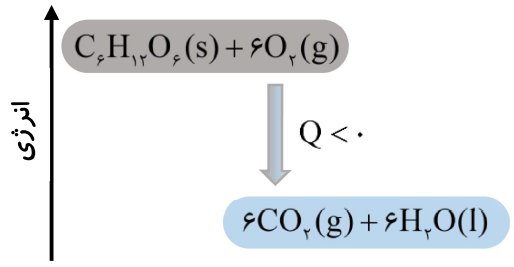
$$H_2O(l) + 44/1\,kJ \rightarrow H_2O(g)$$

- جذب گرما باعث افت دما شده و فضای درونی دستگاه همراه با محتویات آن را خنک کرده و مواد غذایی برای مدت بیش تری سالم می‌مانند.

@DaneshSad

گرما در واکنش‌های شیمیایی (گرماشیمی)

- یکی از ویژگی‌های بنیادی همهٔ واکنش‌های شیمیایی، داد و ستد گرما با محیط پیرامون است.
- گرماشیمی شاخه‌ای از علم شیمی است که به بررسی کمی و کیفی گرمای واکنش‌های شیمیایی، تغییر آن و تأثیری که بر حالت ماده دارد می‌پردازد.
- منبع انرژی در بدن غذا است که پس از انجام واکنش‌های شیمیایی گوناگون به بدن می‌رسد. این واکنش‌ها می‌توانند گرماده یا گرماگیر باشند.
- اکسایش گلوکز در بدن، برای تولید انرژی، نمونه‌ای از واکنش‌های گرماده است. با وجود تولید انرژی گرمایی در این واکنش، دمای بدن تغییر محسوسی نمی‌کند.



- در واکنش فتوسنتز (که عکس واکنش اکسایش گلوکز است) مقداری انرژی از محیط جذب می‌شود، بنابراین فتوسنتز نمونه‌ای از واکنش‌های گرماگیر است. $(Q>0)$

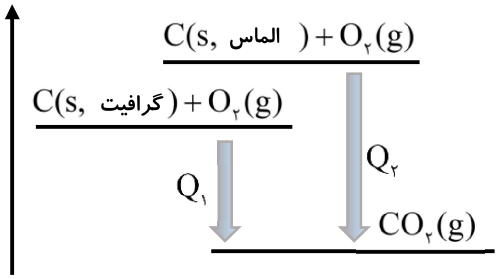
انرژی پتانسیل (انرژی شیمیایی)

- انرژی پتانسیل یک نمونه ماده، انرژی نهفته در آن است و هم‌ارز با انرژی ناشی از نیروهای نگه‌دارندهٔ ذره‌های سازنده آن است.
- شیمی‌دان‌ها گرمای جذب یا آزاد شده در هر واکنش شیمیایی را به‌طور عمده وابسته به تفاوت میان انرژی پتانسیل مواد واکنش‌دهنده و فراورده می‌دانند.
- با انجام یک واکنش شیمیایی و تغییر در شیوهٔ اتصال اتم‌ها به یکدیگر، تفاوت آشکاری در انرژی پتانسیل وابسته به آن‌ها ایجاد می‌شود، این تفاوت انرژی در واکنش‌ها اغلب به‌صورت گرما ظاهر می‌شود.
- نیروهای نگهدارندهٔ اتم در هر مولکول و در نتیجه استحکام پیوندها علاوه بر نوع پیوند (یگانه، دوگانه و سه‌گانه بودن پیوند)، به نوع اتم‌های درگیر در پیوند نیز وابسته است.

آلوتروپ‌های کربن

- الماس و گرافیت، دو آلوتروپ (دگرشکل) کربن هستند که اگر در اکسیژن به‌طور کامل بسوزند، $CO_2(g)$ تولید می‌کنند:

$$C(s,\ \text{گرافیت})+O_2(g)\rightarrow CO_2(g)+393/5\,kJ\ \ Q_1$$
$$C(s,\ \text{الماس})+O_2(g)\rightarrow CO_2(g)+395/4\,kJ\ \ Q_2$$



- از واکنش سوختن الماس و گرافیت مقدار متفاوتی گرما آزاد می‌شود، زیرا این دو ماده، سطح انرژی و پیوندهای متفاوت و در نتیجه استحکام پیوند متفاوتی دارند.
- سطح انرژی گرافیت پایین‌تر از الماس بوده و پایدارتر از الماس است.
- در هر دو واکنش، انرژی پتانسیل واکنش‌دهنده‌ها بالاتر از فراورده‌ها بوده و پایداری واکنش‌دهنده‌ها کمتر از فراورده‌هاست.

@DaneshSad

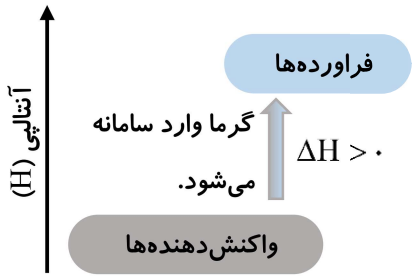
آنتالپی، محتوای انرژی ماده

- به مجموع انرژی جنبشی و پتانسیل ذره‌های تشکیل‌دهندهٔ یک ماده، محتوا یا سطح انرژی آن ماده می‌گوییم.
- شیمی‌دان‌ها انرژی کل یک ماده در دما و فشار ثابت را هم‌ارز با محتوای انرژی یا آنتالپی (H) آن می‌دانند.
- تغییر آنتالپی (ΔH) واکنش هم‌ارز با گرمایی است که در فشار ثابت با محیط پیرامون داد و ستد می‌کند این گرما با رابطه زیر بیان می‌شود.

$$\Delta H = Q_P = H_{(\text{مواد فراورده})} - H_{(\text{مواد واکنش‌دهنده})}$$

- در واکنش‌های گرماده، آنتالپی مواد فراورده کمتر از آنتالپی مواد واکنش‌دهنده است و $\Delta H < 0$ می‌باشد.
- در واکنش‌های گرماگیر آنتالپی مواد فراورده بیش‌تر از آنتالپی مواد واکنش‌دهنده است و $\Delta H > 0$ می‌باشد.
- نمودار آنتالپی در واکنش‌های گرماده و گرماگیر:





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

$$N_2O_4(g) + Q \rightarrow 2NO_2(g)$$
$$3O_2(g) + Q \rightarrow 2O_3(g)$$

ΔH واکنش‌های رفت و برگشت

- عکس واکنش‌های گرماگیر $(\Delta H > 0)$ در صورت انجام‌پذیر بودن، گرماده $(\Delta H < 0)$ است.
- ΔH واکنش برگشت، قرینه ΔH واکنش رفت است.
- اگر ضرایب استوکیومتری معادله واکنشی را در عددی ضرب کنیم، ΔH واکنش نیز در همان عدد ضرب می‌شود.

$$A \rightarrow B, \Delta H = A\ kJ$$
$$B \rightarrow A, \Delta H = -A\ kJ$$
$$mA \rightarrow mB, \Delta H = mA\ kJ$$

عوامل مؤثر بر ΔH واکنش

- برای بیان ΔH واکنش باید موارد روبه‌رو مشخص باشد

۱- نوع مواد واکنش‌دهنده و فراورده

۲- ضریب استوکیومتری مواد واکنش

۳- حالت فیزیکی واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها

۴- دما و فشار سامانه

- هر چه اختلاف انرژی واکنش‌دهنده‌ها با فراورده‌ها بیش‌تر باشد، گرمای واکنش (بدون توجه به علامت) بیش‌تر خواهد بود.

@DaneshSad

آنتالپی پیوند

- انرژی لازم برای شکستن پیوند اشتراکی یک مول مولکول دو اتمی گازی و تبدیل آن به دو مول اتم جدا از هم گازی.
- برای محاسبهٔ آنتالپی یک پیوند معین، واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها باید در حالت گازی باشند.
- آنتالپی پیوند همواره مثبت است، زیرا فرایند شکستن پیوند گرماگیر است:

$$H_2(g) + 436kJ \rightarrow 2H(g) \quad , \quad \Delta H_{(H-H)} = +436kJ.mol^{-1}$$

- برای پیوندهایی که مولکول دو اتمی دارند آنتالپی پیوند و برای سایر پیوندها از میانگین آنتالپی پیوند استفاده می‌کنیم.
- در مولکول‌هایی مانند CH_4، انرژی لازم برای شکستن هر چهار پیوند $C-H$ با هم متفاوت است به همین دلیل برای پیوندهایی که مولکول دو اتمی ندارند، میانگین آنتالپی پیوند تعریف می‌کنیم.
- هرچه طول پیوند اشتراکی کمتر باشد، استحکام پیوند بیش‌تر بوده و در نتیجه انرژی پیوند نیز بیش‌تر است.
- هرچه شعاع اتمی برای اتم‌های تشکیل‌دهندهٔ یک پیوند اشتراکی، کمتر باشد، طول پیوند کمتر و استحکام و انرژی پیوند بیش‌تر است.

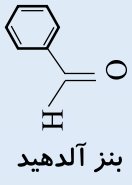
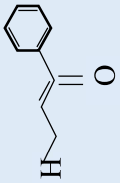
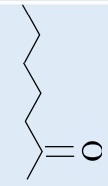
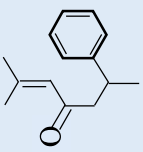
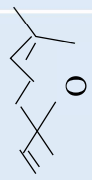
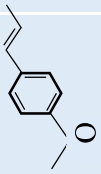
برخی گروه‌های عاملی مربوط به ترکیب‌های آلی

- گروه عاملی، آرایش منظمی از اتم‌هاست که به مولکول آلی خواص فیزیکی و شیمیایی منحصر به فردی می‌بخشد.
- خواص ادویه‌ها (بو، مزه، رنگ خوشایند و مصرف دارویی) به علت وجود ترکیب‌های آلی در ساختار آن‌ها است.
- در جدول زیر برخی از ترکیب‌های آلی معروف و گروه عاملی آن‌ها را مشاهده می‌کنید:

نام خانواده	آلدهیدها	کتون‌ها	الکل‌ها	اترها	کربوسیلیک اسیدها
فرمول ساختاری	$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$	$R'-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-R$	$R-OH$	$R'-O-R$	$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$
فرمول ساختاری و نام گروه عاملی	$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$ آلدهیدی	$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-$ کتونی	$-OH$ هیدروکسیل	$-O-$ اتری	$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$ کربوکسیل

چند ماده غذایی مهم و ترکیب آلی موجود در آن‌ها

- در جدول زیر چند ماده غذایی مهم که در ساختار آن‌ها، ترکیب آلی وجود دارد را مشاهده می‌کنید:

نام ماده غذایی	بادام	دارچین	میخک	زردچوبه	گشنیز	رازیانه
فرمول مولکولی ترکیب آلی موجود در آن	C_7H_6O	C_9H_8O	$C_7H_{14}O$	$C_{15}H_{20}O$	$C_{10}H_{17}OH$	$C_{10}H_{12}O$
مدل نقطه – خط ترکیب آلی	 بنز آلدهید					
گروه عاملی موجود در ترکیب آلی	آلدهیدی	آلدهیدی	کتونی	کتونی	الکلی (هیدروکسیل)	اتری

@DaneshSad

ایزومر یا همپار

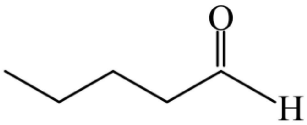
- شیمی‌دان‌ها به موادی که فرمول مولکولی یکسان، اما فرمول ساختاری (نحوهٔ اتصال اتم‌ها) آن‌ها متفاوت است ایزومر (همپار) می‌گویند.
- خواص هر ماده به ساختار آن بستگی دارد بنابراین ایزومرها که از نظر ساختار مولکولی تفاوت دارند، دارای خواص فیزیکی و شیمیایی متفاوتی هستند.
- ایزومرها از نظر محتوای انرژی نیز با یکدیگر تفاوت دارند.
- چند مثال از ترکیب‌هایی که ایزومر هستند:

نام ترکیب آلی	فرمول مولکولی	نتیجه
آلدهیدها	$C_nH_{2n}O$	آلدهیدها و کتون‌های یک عاملی، خطی و سیر شده با تعداد کربن برابر ایزومر یکدیگرند.
کتون‌ها		
الکل‌ها	$C_nH_{2n+2}O$	الکل‌ها و اترهای یک عاملی خطی و سیر شده با تعداد کربن برابر ایزومر یکدیگرند.
اتر		
سیکلوآلکان‌ها	C_nH_{2n}	سیکلوآلکان‌ها و آلکن‌ها هم‌کربن ایزومر یکدیگرند.
آلکن‌ها		

ممکن است، آلدهیدها، کتون‌ها، الکل‌ها و اترها دو به دو ایزومر یکدیگر باشند، به عنوان مثال یک آلدهید می‌تواند با یک الکل نیز ایزومر باشد!



الکل سیرنشده $(C_5H_{10}O)$



آلدهید سیرشده $(C_5H_{10}O)$

منابع تأمین انرژی در بدن

- کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها، مواد اولیه و انرژی را برای سوخت و ساز یاخته‌ها فراهم می‌کنند.
- فقط کربوهیدرات‌ها در بدن به گلوکز شکسته می‌شوند و گلوکز آن‌ها، در خون حل می‌شود.
- گلوکز، قند خون است و انرژی مورد نیاز یاخته‌ها را تأمین می‌کند.
- بدن چربی‌ها را بهتر و بیش‌تر از کربوهیدرات‌ها ذخیره می‌کند، زیرا چربی‌ها به دلیل ناقطبی بودن، در آب که قطبی است، حل نمی‌شوند.

@DaneshSad

ارزش سوختی

- به گرمای حاصل از سوختن یک گرم از ماده سوختنی گفته می‌شود و با یکای $kJ.g^{-1}$ معرفی می‌شود.
- ارزش سوختی یک گرم چربی، بیشتر از یک گرم کربوهیدرات و یک گرم پروتئین است.
- ارزش سوختی یک گرم کربوهیدرات و یک گرم پروتئین با هم برابر است.
- مقایسه ارزش سوختی : $(۳۸kJ.g^{-1})$ چربی $>$ $(۱۷kJ.g^{-1})$ کربوهیدرات = پروتئین
- ارزش سوختی در منابع معتبر علمی، بدون علامت منفی گزارش شده است.
- هر مقدار اضافی از انرژی دریافتی از مواد غذایی به طور عمده به شکل چربی در بدن ذخیره شده و باعث چاقی می‌شود.

واکنش سوختن

- گرماده است. $(\Delta H < ۰)$
- سوختن سوخت‌های فسیلی، هیدروکربن‌ها و الکل‌ها گازهای $CO_۲$ ، $H_۲O$ و مقدار زیادی انرژی (نور و گرما) آزاد می‌کند.
- سوخت‌های فسیلی، تکیه‌گاهی برای تأمین انرژی در صنعت کشاورزی و زندگی هستند.
- یکی از فراورده‌های سوختن کامل مواد آلی در دمای اتاق، $H_۲O(l)$ است که حالت مایع دارد.

آنتالپی سوختن

- هم‌ارز با آنتالپی واکنشی است که در آن یک مول از ماده در مقدار کافی اکسیژن خالص، به طور کامل می‌سوزد.
- آنتالپی سوختن همهٔ مواد منفی است، زیرا سوختن فرایندی گرماده است.
- سوختن ΔH به ازای سوختن یک مول ماده سوختنی اندازه‌گیری می‌شود، بنابراین یکای آن $kJ.mol^{-1}$ یا $Kcal.mol^{-1}$ است.
- معمولاً هر چه جرم یک هیدروکربن بیش‌تر باشد، از سوختن آن گرمای بیش‌تری آزاد می‌شود.
- هرچه جرم مولی یک هیدروکربن بیش‌تر باشد، آنتالپی سوختن آن بیش‌تر است.
- از میان هر دو هیدروکربن، آنکه تعداد کربن بیش‌تری دارد، آنتالپی سوختن بیش‌تری نیز دارد:

مقایسهٔ آنتالپی سوختن برحسب کیلوژول بر مول: $C_۳H_۸ > C_۲H_۶ > CH_۴$

- در میان هیدروکربن‌هایی با تعداد کربن برابر، آنکه تعداد هیدروژن بیش‌تری دارد، آنتالپی سوختن بیش‌تری دارد:

مقایسهٔ آنتالپی سوختن برحسب کیلوژول بر مول: $C_۲H_۶ > C_۲H_۴ > C_۲H_۲$

- در مقایسه آنتالپی سوختن جرم‌های برابری از دو هیدروکربن، هیدروکربنی که جرم مولی کم‌تری دارد، گرمای بیشتری در هنگام سوختن آزاد می‌کند.

مقایسهٔ آنتالپی سوختن یک گرم (ارزش سوختی): $CH_۴ > C_۲H_۶$

۳۰گرم بر مول ۱۶گرم بر مول

- اگر تعداد کربن آلکان و الکل یکسان باشد، آنتالپی سوختن آلکان بیش‌تر از الکل است:

مقایسهٔ آنتالپی سوختن: $CH_۴ > CH_۳OH$

@DaneshSad

سوخت سبز

- سوخت سبز در ساختار خود افزون بر کربن و هیدروژن، اکسیژن نیز دارد.
- از پسماندهای گیاهانی مانند سویا، نیشکر و دیگر دانه‌های روغنی استخراج می‌شوند.
- در اثر سوختن یک گرم، آلاینده‌های کم‌تری نسبت به سوختن یک گرم به دست می‌آید.

مقایسهٔ میزان تولید آلاینده: $C_2H_6 > C_2H_5OH$

- اتانول به دلیل تولید آلاینده کمتر یک سوخت سبز بوده و برای حفظ محیط زیست مناسب‌تر است.
- گرمای آزاد شده به ازای سوختن یک گرم اتان، بیش‌تر از یک گرم اتانول است:

ارزش سوختی: $C_2H_6 > C_2H_5OH$

گرماسنجی، روش مستقیم تعیین ΔH واکنش

- تجربه نشان می‌دهد که گرمای تولید یا مصرف شده در واکنش‌های شیمیایی قابل اندازه‌گیری است.
- برای محاسبه و تعیین ΔH واکنش می‌توان از روش‌های مستقیم (گرماسنجی) یا روش‌های غیر مستقیم (قانون هس و آنتالپی پیوند) استفاده کرد.
- در روش گرماسنجی، از گرماسنج لیوانی استفاده می‌کنیم. گرماسنج لیوانی گرمای واکنش را در فشار ثابت، یعنی آنتالپی واکنش (ΔH) را اندازه‌گیری می‌کند این گرماسنج برای تعیین ΔH فرایندهای انحلال و واکنش‌هایی که در حالت محلول انجام می‌شوند، مناسب است.
- اجزای گرماسنج لیوانی عبارتند از: دو لیوان که عایق گرما هستند، در پوش یونالیتی، دماسنج و هم‌زن محاسبهٔ گرما در گرماسنج لیوانی شامل مراحل زیر است:

۱ ⇐ اندازه‌گیری دمای اولیه (θ_1) آب یا محلول داخل گرماسنج

۲ ⇐ اضافه کردن واکنش‌دهنده و انجام واکنش موردنظر

۳ ⇐ اندازه‌گیری دمای نهایی (θ_2) آب یا محلول

۴ ⇐ محاسبهٔ گرمای واکنش با استفاده از $Q = mc\Delta\theta$

قانون هس، روش غیرمستقیم تعیین ΔH واکنش

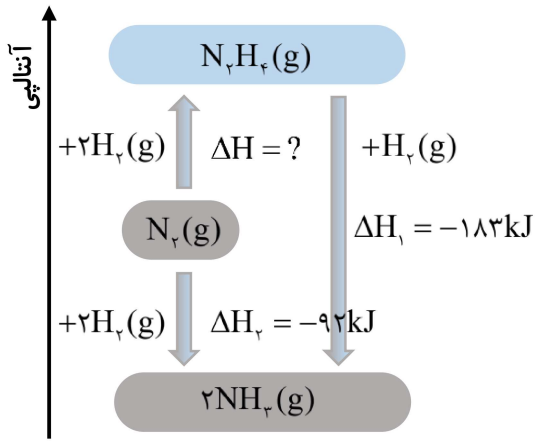
- آنتالپی بسیاری از واکنش‌های شیمیایی که خود مرحله‌ای از یک واکنش پیچیده هستند و یا به آسانی انجام نمی‌شوند را نمی‌توان با روش تجربی (گرماسنجی) اندازه‌گیری کرد.
- نخستین بار هنری هس، دریافت که گرمای واکنش، به راهی که برای انجام آن در پیش گرفته می‌شود، وابسته نیست.
- قانون هس به قانون جمع‌پذیری گرمای واکنش‌ها معروف است.
- بیان علمی قانون هس: اگر معادله واکنشی را بتوان از جمع معادلهٔ دو یا چند واکنش دیگر به دست آورد، ΔH آن نیز از جمع جبری ΔH همان واکنش‌ها به دست می‌آید.
- واکنش‌هایی که ΔH آن‌ها به روش مستقیم (گرماسنجی) قابل اندازه‌گیری نیست و باید از قانون هس استفاده کرد:

@DaneshSad

واکنش	معادله نمادی واکنش	یک نکته در مورد این واکنش
تشکیل کربن مونواکسید (CO)	$C(s, \text{گرافیت}) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow CO(g)$	ΔH واکنش تشکیل CO را نمی‌توان به روش تجربی تعیین کرد.
تشکیل گاز متان (CH_4)	$C(s, \text{گرافیت}) + 2H_2(g) \rightarrow CH_4(g)$	با استفاده از این واکنش نمی‌توان در آزمایشگاه گاز متان تولید کرد.
تشکیل هیدروژن پراکسید (H_2O_2)	$H_2(g) + O_2(g) \rightarrow H_2O_2(l)$	تهیه H_2O_2 از واکنش مستقیم گازهای H_2 و O_2 ممکن نیست.
تشکیل هیدرازین (N_2H_4)	$N_2(g) + 2H_2(g) \rightarrow N_2H_4(g)$	این واکنش، مرحلهٔ اول از تهیه آمونیاک به روش هابر است.

تولید آمونیاک، یک واکنش دو مرحله‌ای

- شواهد تجربی نشان می‌دهد که تهیه آمونیاک به روش هابر از گازهای N_2 و H_2 مطابق نمودار زیر، یک واکنش دومرحله‌ای است:



اول مرحلهٔ: $N_2(g) + 2H_2(g) \rightarrow N_2H_4(g)$ $\quad \Delta H_1 = ?$

مرحلهٔ دوم: $N_2H_4(g) + H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$ $\quad \Delta H_2 = -183kJ$

فرایند هابر (جمع مرحله‌های ۱ و ۲): $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$

- ΔH مرحلهٔ اول را نمی‌توان به‌طور مستقیم اندازه‌گیری کرد.
- پایداری هیدرازین (N_2H_4) از گازهای آمونیاک و نیتروژن کمتر است:

مقایسهٔ سطح انرژی : $N_2H_4 > N_2 > NH_3$

مقایسهٔ پایداری : $NH_3 > N_2 > N_2H_4$

آنتالپی پیوند، روش غیرمستقیم تعیین ΔH واکنش

- در واکنش‌هایی که همهٔ مواد، گازی شکل‌اند، با تقریب خوبی می‌توان ΔH واکنش را از رابطهٔ زیر محاسبه نمود:

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = [\text{مجموع آنتالپی پیوندها در مواد فراورده}] - [\text{مجموع آنتالپی پیوندها در مواد واکنش‌دهنده}]$$

- هر چه مولکول‌ها ساده‌تر باشند، ΔH محاسبه شده از رابطه بالا با داده‌های تجربی مطابقت بیش‌تری دارد.

@DaneshSad

- در مسائل این قسمت باید ساختار لوویس مولکول‌ها را رسم کنیم تا نوع و تعداد پیوندها را تشخیص دهیم:

$$A_2(g) + B_2(g) \rightarrow 2AB(g) \rightarrow A-A + B-B \rightarrow 2A-B$$
$$\rightarrow \Delta H = [\Delta H_{A-A} + \Delta H_{B-B}] - 2[\Delta H_{A-B}]$$

غذای سالم

- تاریخ مصرف مواد غذایی نشان می‌دهد که غذا چه مدتی سالم می‌ماند و قابل مصرف است.
- برخی روش‌های افزایش مدت زمان ماندگاری مواد غذایی: خشک کردن میوه‌ها، تهیه ترشی و نمک سود کردن
- عواملی مانند رطوبت، نور، اکسیژن و دما سرعت فاسد شدن مواد غذایی را افزایش می‌دهند. در نتیجه، نگهداری مواد غذایی در محیط‌های سرد، خشک و تاریک، برای افزایش مدت زمان ماندگاری آن‌ها توصیه می‌شود.
- بسیاری از میوه‌ها را در فصل برداشت خشک می‌کنند تا آن‌ها را برای مصرف در سایر فصول، ذخیره کنند.
- گاز اکسیژن

۱- واکنش‌پذیری زیادی دارد. مواد غذایی در معرض گاز اکسیژن سریع‌تر فاسد می‌شوند.

۲- وجود پوست و پوشش میوه‌ها و خشکبار به صورت طبیعی، مانع از ورود اکسیژن و جانداران ذره‌بینی به درون میوه می‌شود.

- راه‌های نوین افزایش زمان ماندگاری مواد غذایی، تهیه کنسرو، بسته‌بندی نوین، افزودن نگه‌دارنده‌ها، بسته‌بندی خوراکی‌ها با خالی کردن هوای درون ظرف آن‌ها.

آهنگ واکنش

- بیانی از زمان ماندگاری مواد است و نشان می‌دهد هر تغییر شیمیایی در چه گستره‌ای از زمان رخ می‌دهد.
- هر چه گسترهٔ زمان انجام یک واکنش کوچک‌تر باشد، آهنگ انجام آن تندتر است و واکنش سریع‌تر انجام می‌شود.
- شیمی‌دان‌ها، آهنگ انجام واکنش را در گستره‌ای از زمان با نام سرعت واکنش بیان می‌کنند.
- زمان انجام واکنش‌های شیمیایی، بازهٔ زمانی از چند صدم ثانیه تا چند سده را در بر می‌گیرد.
- دسته‌بندی واکنش‌ها از نظر سرعت:

نوع واکنش	خیلی سریع	سریع	کند	بسیار کند
مثال	واکنش شیمیایی انفجار که منجر به تولید زیادی از گازهای داغ می‌شود.	افزودن $AgNO_3$ به NaCl باعث تشکیل سریع رسوب AgCl می‌شود	زنگ زدن آهن	پوسیده شدن کاغذ (تجزیه سلولز کاغذ)

- سینتیک شیمیایی شاخه‌ای از علم شیمی است که به مطالعهٔ شرایط و چگونگی انجام واکنش‌های شیمیایی و عوامل مؤثر بر سرعت آن‌ها می‌پردازد.

عوامل مؤثر بر سرعت واکنش

- ۱) دما: افزایش دما سرعت واکنش‌ها را افزایش می‌دهد.

مثال ۱: برای نگهداری طولانی مدت فراورده‌های گوشتی و پروتئینی، آن‌ها را به حالت منجمد ذخیره می‌کنند.

مثال ۲: محلول بنفش رنگ پتاسیم پرمنگنات با یک اسید آلی در دمای اتاق به کندی واکنش می‌دهد اما با گرم شدن، محلول، به سرعت بی‌رنگ می‌شود.

@DaneshSad

- ۲) ماهیت واکنش‌دهنده: هر چه واکنش‌دهنده فعال‌تر باشد، سرعت واکنش نیز بیش‌تر خواهد بود.

مثال: فلزهای قلیایی سدیم و پتاسیم با آب سرد واکنش می‌دهند، اما سرعت واکنش آن‌ها با هم متفاوت است.

- ۳) سطح تماس: هر چه سطح تماس میان واکنش‌دهنده‌ها بیش‌تر باشد، سرعت واکنش بیش‌تر است.

مثال ۱: قاووت، از مغز خوراکی‌ها سریع‌تر فاسد می‌شود.

مثال ۲: هرچه مساحت جانبی یک تکه زغال بیش‌تر باشد، سرعت واکنش سوختن آن بیش‌تر است.

مثال ۳: شعلهٔ آتش، گرد آهن موجود در کپسول چینی را داغ و سرخ می‌کند، در حالی که پاشیدن و پخش کردن آن بر روی شعله، سبب سوختن آن می‌شود.

- ۴) غلظت: هر چه غلظت واکنش‌دهندهٔ گاز و محلول بیش‌تر باشد، سرعت واکنش نیز بیش‌تر می‌شود.

مثال ۱: بیماران دارای مشکلات تنفسی، در شرایط اضطراری، نیاز به تنفس از کپسول اکسیژن دارند.

مثال ۲: الیاف آهن داغ و سرخ شده، در هوا نمی‌سوزد، در حالی که همان مقدار الیاف داغ و سرخ شده، در یک ارلن پر از اکسیژن می‌سوزد.

- ۵) کاتالیزگر: سرعت واکنش‌های شیمیایی، با وجود کاتالیزگر افزایش می‌یابد.

مثال ۱: افزودن دو قطره از محلول KI، سرعت واکنش تجزیه H_2O_2 را به شدت افزایش می‌دهد.

مثال ۲: برخی افراد با مصرف کلم و حبوبات، دچار نفخ می‌شوند، زیرا فاقد آنزیمی هستند که آن‌ها را کامل و سریع هضم کند.

مثال ۳: واکنش سوختن قند آغشته به خاک باغچه، سریع‌تر انجام می‌شود.

کربوکسیلیک اسیدها

در ساختار هر عضو این خانواده، یک یا چند گروه کربوکسیل $(-COOH)$ یا $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$ وجود دارد.

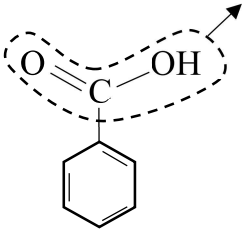
- فرم ساختاری کربوکسیلیک اسیدها به صورت روبه‌رو است:

$$\text{یا } \begin{matrix} H \\ R \end{matrix}\Big\} -\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$$

- R در ساختار کربوکسیلیک اسیدها می‌تواند هیدروژن یا یک گروه هیدروکربنی به صورت خطی، حلقوی، سیرشده یا سیرنشده باشد.
- آشناترین عضو آن‌ها، اتانوئیک اسید با فرمول مولکولی CH_3COOH است.
- ساده‌ترین و اولین عضو این خانواده متانوئیک اسید $(HCOOH)$ است.

نگهدارنده‌ها

گروه کربوکسیل



- نگهدارنده‌ها سرعت واکنش‌های شیمیایی را که منجر به فساد مواد غذایی می‌شوند، کاهش می‌دهند.
- یکی از نگهدارنده‌های مهم، بنزوئیک اسید است که در تمشک و توت‌فرنگی وجود دارد.
- بنزوئیک اسید یک کربوکسیلیک اسید آروماتیک است زیرا در ساختار خود یک حلقه بنزنی دارد.
- فرمول مولکولی بنزوئیک اسید C_6H_5COOH یا $C_7H_6O_2$ است.

@DaneshSad

علم سینتیک

- شاخه‌ای از علم شیمی که به مطالعهٔ موارد روبه‌رو می‌پردازد .

الف) شرایط انجام واکنش‌های شیمیایی

ب) چگونگی انجام واکنش‌های شیمیایی

پ) محاسبهٔ سرعت واکنش‌ها

ت) عوامل مؤثر بر سرعت

- شیمی‌دان‌ها با استفاده از علم سینتیک به دنبال سرعت بخشیدن به واکنش‌های مفید و کاهش سرعت یا توقف واکنش‌های مضر هستند.

سرعت واکنش از دیدگاه کمّی

- مقایسهٔ دقیق، میان سرعت واکنش‌ها، هنگامی از صحت و اعتبار علمی برخوردار است که به شکل کمّی بیان شود.
- سرعت مصرف یا تولید یک مادهٔ شرکت‌کننده در واکنش در گسترهٔ زمانی قابل اندازه‌گیری، سرعت متوسط نام دارد. در واقع سرعت واکنش مقدار پیشرفت واکنش در واحد زمان است.
- سرعت متوسط را با نماد $\overline{R}$ نمایش می‌دهند این کمّیت، همواره مثبت است.
- تجربه نشان می‌دهد سرعت متوسط مصرف یا تولید مواد شرکت‌کننده در واکنش با اندازه‌گیری کمّیت‌هایی مانند جرم، حجم، فشار و ... قابل تعیین است.
- سرعت واکنش‌های شیمیایی در شرایط یکسان با هم تفاوت دارد.
- با گذشت زمان، سرعت مصرف واکنش‌دهنده‌ها و سرعت تولید فراورده‌ها، هر دو کاهش می‌یابند.
- فرمول محاسبهٔ سرعت متوسط مصرف یک واکنش‌دهنده:

$$\overline{R}_{(\text{واکنش‌دهنده})} = -\frac{\Delta n_{(\text{واکنش‌دهنده})}}{\Delta t}$$

- فرمول محاسبهٔ سرعت متوسط تولید یک فراورده:

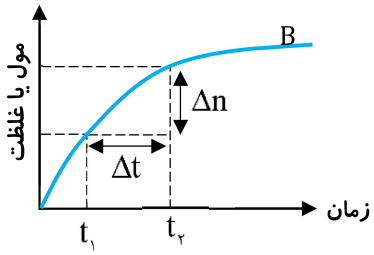
$$\overline{R}_{(\text{فراورده})} = \frac{\Delta n_{(\text{فراورده})}}{\Delta t}$$

واکنش فلز روی با محلول مس (II) سولفات

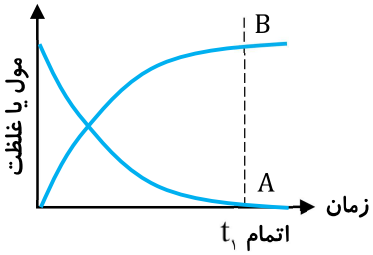
- $Zn(s) + \underbrace{CuSO_4(aq)}_{\text{آبی‌رنگ}} \rightarrow \underbrace{ZnSO_4(aq)}_{\text{بی‌رنگ}} + Cu(s)$
- واکنش‌پذیری روی، بیش‌تر از مس است.
- با گذشت زمان $Cu^{2+}(aq)$ و $Zn(s)$ مقدار کاهش و مقدار $Zn^{2+}(aq)$ و $Cu(s)$ افزایش می‌یابد.
- با گذشت زمان به تدریج، از شدت رنگ آبی محلول که مربوط به یون $Cu^{2+}(aq)$ است، کاسته می‌شود.

@DaneshSad

نمودارهای مول – زمان و غلظت – زمان در واکنش



- شیب نمودار مول – زمان در هر بازه زمانی، سرعت متوسط واکنش در آن بازه را مشخص می‌کند: $\overline{R} = \frac{\Delta n}{\Delta t}$



- با گذشت زمان از مقدار واکنش‌دهنده‌ها کاسته و بر مقدار فراورده‌ها افزوده می‌شود، به همین دلیل نمودار پیشرفت برای واکنش‌دهنده‌ها نزولی و برای فراورده‌ها صعودی است:
- شیب نمودار مول یا غلظت – زمان همانند $\overline{R}_A$، $\overline{R}_B$ چه برای واکنش‌دهنده‌ها و چه برای فراورده‌ها با گذشت زمان کاهش می‌یابد.
- پس از پایان واکنش غلظت همهٔ مواد شرکت‌کننده در واکنش به مقدار ثابتی رسیده و شیب نمودار برابر صفر می‌شود (نمودار افقی می‌شود).
- تغییر مول یا تغییر غلظت واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها، متناسب با ضرایب استوکیومتری است به طوری که هر چه ضریب استوکیومتری بزرگ‌تر باشد، تغییر مول، تغییر غلظت، شیب نمودار و سرعت بیش‌تر است.
- نمودار غلظت – زمان برای مواد مایع (l) و جامد (s) خالص به صورت یک خط افقی است.

سرعت واکنش

- شیمی‌دان‌ها برای درک آسان پیشرفت واکنش در واحد زمان، از مفهوم کاربردی سرعت واکنش استفاده می‌کنند.
- حاصل تقسیم سرعت تولید یا مصرف یک مادهٔ شرکت‌کننده در واکنش بر ضریب استوکیومتری آن، سرعت واکنش را نشان می‌دهد.
- در واکنش فرضی $(aA + bB \rightarrow cC + dD)$ سرعت واکنش از این رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\overline{R}_{(\text{واکنش})} = \frac{-\Delta n(A)}{a\Delta t} = \frac{-\Delta n(B)}{b\Delta t} = \frac{\Delta n(C)}{c\Delta t} = \frac{\Delta n(D)}{d\Delta t}$$

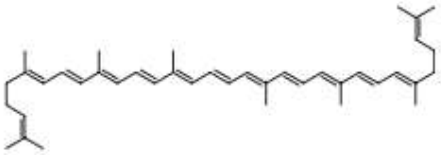
بازدارنده‌ها

- سبزیجات و میوه‌ها، نقش بازدارندگی مؤثری در برابر سرطان‌ها و پیری زودرس دارند.
- میوه‌ها و سبزیجات، محتوی ترکیب‌های آلی سیرنشده‌ای به نام ریز مغذی‌ها هستند.
- برخی ریزمغذی‌ها، به عنوان بازدارنده، از انجام واکنش‌های نامطلوب و ناخواسته که به دلیل حضور رادیکال‌ها انجام می‌شوند، جلوگیری می‌کنند.
- رادیکال، گونهٔ فعال و ناپایداری است که در ساختار خود الکترون جفت نشده دارد و محتوی اتم‌هایی است که از قاعدهٔ هشت‌تایی پیروی نمی‌کنند.
- اگر رادیکال‌ها به وسیلهٔ بازدارنده‌ها جذب نشوند، با انجام واکنش‌های سریع، به بافت‌های بدن آسیب می‌رسانند.
- مصرف خوراکی‌های محتوی بازدارنده‌ها با کاهش مقدار رادیکال‌ها، از سرعت واکنش‌های ناخواسته می‌کاهد.

@DaneshSad

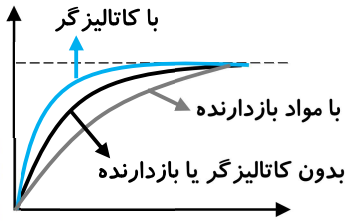
لیکوپن

- در هندوانه و گوجه‌فرنگی یافت می‌شود و با نقش بازدارندگی خود، فعالیت رادیکال‌ها را کاهش می‌دهد.
- ساختار آن به صورت مقابل است:



- فرمول مولکولی آن به صورت $C_{۴۰}H_{۵۶}$ بوده و در ساختار آن ۱۳ پیوند دوگانه و ۸ شاخه فرعی متیل $(-CH_۳)$ وجود دارد.

تأثیر کاتالیزگر و مواد بازدارنده بر منحنی مول – زمان



- کاتالیزگرها بدون اینکه مصرف شوند، سرعت واکنش‌ها را افزایش می‌دهند.
- استفاده از کاتالیزگر، مقدار نهایی فراورده‌ها را تغییر نمی‌دهد، فقط همان مقدار فراورده در زمان کم‌تری تولید می‌شود.
- مواد نگهدارنده، عکس کاتالیزگرها عمل می‌کنند، یعنی نگهدارنده‌ها باعث می‌شوند، همان مقدار فراورده در زمان طولانی‌تری به دست آید.
- توجه کنید که عوامل موثر بر سرعت مثل دما یا کاتالیزگر، سرعت واکنش‌ها و در نتیجه سرعت تولید یا مصرف مواد واکنش را به همان نسبت تغییر می‌دهند، شیب نمودار مول – زمان و مقدار آن‌ها را در واحد زمان تغییر می‌دهند ولی باعث تغییر مقدار مواد در پایان واکنش نمی‌شوند.

غذا، پسماند و ردپای آن

- به دلیل تفاوت در سبک زندگی افراد، میزان نیاز و بهره‌مندی از منابع برای همه یکسان نیست.
- ردپای غذا:

۱) چهرهٔ آشکار: سالانه حدود ۳۰٪ غذای تولیدی به مصرف نمی‌رسد و به زباله تبدیل می‌شود و یا از بین می‌رود.

۲) چهرهٔ پنهان:

۱- همهٔ منابعی که در تهیهٔ غذا از آغاز تا سر سفره نقش داشته‌اند.

۲- تولید گازهای گلخانه‌ای به ویژه $CO_۲$: سهم تولید $CO_۲$ در ردپای غذا به مراتب بیشتر از سوختن سوخت‌ها در خودروها و کارخانه‌ها است.

- با توجه به افزایش جمعیت کرهٔ زمین، ردپای غذا روی محیط زیست، سنگین‌تر می‌شود.
- با توجه به الگوی مصرف کنونی، مساحت مورد نیاز برای تأمین غذای همه افراد در آینده، حدود دو برابر مساحت کرهٔ زمین است.

@DaneshSad