در پی غذای سالم

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

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

تأمین غذا

ماده و انرژی ، اجزای بنیادی **جهان مادی** هستند .

یافته های تجربی نشان می دهد که انرژی از راه های گوناگون با ماده ارتباط دارد .

سال قبل این ارتباط را با رابطهٔ انیشتین درک کردیم .

$$E= mc^2$$

در رابطهٔ E = انرژی (بر حسب ژول) ، m = ماده (برحسب کیلوگرم) و

c= سرعت نور ($3\times10^{8}\ m.s^{-1}$)

کاهش جرم خورشید ، تبدل ماده به انرژی را تأیید می کند .

انسان برای انجام فعالیت های روزانه خود با هر آهنگی نیازمند به **انرژی** است . که این انرژی از **سوزاندن سوخت ها** و هم چنین **گوارش غذا** در بدن تأمین می شود .

در این بخش با بررسی و شناخت **واکنش های گرما شیمی** (ترموشیمی) **و سرعت انجام** آن ها ، سعی می کنیم استفاده درست و صحیح از دو **منبع سوخت و غذا** را بیاموزیم .

راه تأمین انرژی مورد نیاز انسان

جانوران ، از جمله انسان ، برای انجام فعالیت های خود **اغلب** نمی توانند از انرژی خورشید **به طور مستقیم** استفاده کنند . بنابراین از منابعی بهره می گیرند که در دسترس تر و نزدیک تر باشد تا بتوانند با **تغییرات فیزیکی** و به ویژه **واکنش های شیمیایی** ، انرژی مورد نیاز خود را تأمین کنند .

✓ سوختن ... و گوارش ... ، نمونه هایی از تأمین انرژی توسط انسان است .

البته همه می دانیم ، منشأ انرژی ذخیره شده در سوخت ها و گیاهان ، ... است .
بنابراین می توان گفت انرژی لازم برای همهٔ فعالیت های انسان در کرهٔ زمین به طور مستقیم و غیر مستقیم از ... تأمین می شود .

غذا

غذا ، همیشه نقش **محوری** در **رشد** ، **تندرستی** و زندگی انشان داشته است .

نیاکان ما در طول روز اغلب در جست و جوی **غذا و جمع آوری دانه های خوراکی** بوده اند .

نخستین انقلاب کشاورزی :

هنگامی بود که انسان یاد گرفت دانه ها را بکارد و فرآورده های آن ها را درو کند و به این ترتیب مقدار زیادی غلات و حبوبات تولید کند .

رشد جمعیت جهانی ، باعث شده، سالانه حجم انبوهی از غلات ، حبوبات ، مواد پروتئینی و ... تولید شود .

یک از مشکلات پیچیده و دشوار انسان امروزی ، تأمین غذای ۷/۵ میلیارد نفر ساکن زمین است .

نمودار زیر ، **تولید** ، **بهره برداری (مصرف)** و **ذخیره سازی** سالانهٔ غلات را از سال ۲۰۰۶ تا سال ۲۰۱۶ نشان می دهد .

مقیاس **سمت راست ذخیره شده** و مقیاس **سمت چپ تو لید و بهره برداری**

این نمودار نشان می دهد :

۱- در دههٔ اخیر میزان تولید و مصرف غلات به شدت ... یافته و روند ... دارد .

۲- هرچه میزان تولید غلات بیش تر شود ، میزان ذخره سازی آن نیز بیش تر می شود ، به شرط این که میزان تولید از میزان ... بیش تر باشد .

بهره برداری از غلات یعنی **مصرف مستقیم و یا فرآوری** آن به شکل های گوناگون

عبارت های زیر را کامل کنید .

- ✓ به مجموع فعالیت های صنعتی گوناگون مانند تولید ، حمل ونقل ، نگهداری ، فرآوری و غیره ، ..... گفته می شود .

در این صنعت سطح وسیعی از زمین های بایر و حجم عظیمی از آب های قابل استفاده در کشاورزی ، استفاده می شود .

- ✓ یکی از مسئولیت های مهم دولت ها ، ..... افراد جامعه است . مسئولیتی که در گذشته با ..... و ..... تهدید می شد .
- ✓ پیشرفت **دانش و فناوری** باعث شده است که تولید فرآورده های ..... و ..... افزایش یابد و غذا به روش ..... تولید شود .
- ✓ در تولید انبوه ، به دلیل ..... مواد غذایی و دشواری ..... آن ها ، حفظ کیفیت و ارزش مواد غذایی اهمیت بسزایی داشته باشد .

خودرا بیازمایید صفحه ی ۵۱ و نتایج حاصل از این فعالیت

سرانهٔ مصرف یک مادهٔ غذایی :

میانگین مصرف آن مادهٔ غذایی توسط یک فرد در یک بازهٔ زمانی معین است .

مثال :

مصرف سرانهٔ سالانهٔ نان در ایران ۱۱۵ کیلو گرم است .

یعنی به طور میانگین ، هر ایرانی در سال ۱۱۵ کیلوگرم نان مصرف می کند .

۱) جدول اسلاید بعد نشان می دهد که مصرف سرانه خوراکی های ..... نسبت به مصرف جهانی بالاتر است .

۲) مصرف بی رویهٔ خوراکی های مانند ..... باعث شایع شدن بیماری ..... در ایران شده است .

۳) خوراکی شیر و فراورده های آن ، منبع مهمی برای ..... و به ویژه ..... است .

۴) خوراکی ... سرشار از مواد مغذی هستند . مانند ....

۵) گوشت قرمز وماهی علاوه بر پروتئین ، دارای انواع ... و ... است .

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

مصرف سرانهٔ جهانی : ..... > ..... > .....

مصرف سرانهٔ در ایران : ..... > ..... > .....

غذا و نقش آن در بدن

غذا معجونی از مواد شیمیایی مختلف و محتوی ذره های گوناگون (اتم ها ، یون ها و مولکول ها) است .

تغذیهٔ درست شامل وعده های غذایی است که همهٔ انواع ذره های مورد نیاز بدن را در بر داشته باشد .

غذا دو نقش مهم زیر را برای بدن ایفا می کند .

۱) **تأمین انرژی لازم** برای حرکت ماهیچه ها ، ارسال پیام های عصبی ، جابجایی یون ها و مولکول ها از دیوارهٔ یاخته (سلول)

۲) **تأمین مواد اولیه** برای ساخت و رشد بخش های گوناگون بدن مانند سلول های خونی ، استخوان ، پوست ، مو ، ماهیچه ها ، آنزیم ها و ...

سوء تغذیه : هنگامی که وعده های غذایی نوع خاصی از ذره ها را **کم تر** یا **بیش تر** از حد نیاز داشته باشد ، سوء تغذیه بوجود می آید .

کمبود برخی ذره ها : باعث ضعیف شدن بدن و ایجاد شرایط مناسب برای بیمار شدن را فرهم می کند .

افزایش برخی ذره ها : باعث افزایش وزن و بیماری های مربوط به آن می شود .

چند سوال راجع به غذا :

- ✓ 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 ی مواد خوراکی را تغییر داد یا بهبود بخشید ؟
- ✓ برای تولید بیش تر و سریع تر مواد غذایی چه راه هایی وجود دارد ؟
- ✓ آیا انرژی موجود در مواد غذایی یکسان است ؟

گرماشیمی(ترموشیمی) و سینتیک شیمیایی ، شاخه هایی از علم شیمی هستند که می توانند به این سوال ها پاسخ دهند .

غذا ، ماده و انرژی

بدن انسان برای انجام فعالیت های ارادی و غیر ارادی گوناگون خود نیازمند ماده و انرژی است . غذا است که نیاز بدن را به ماده و انرژی تأمین می کند .

مثال :

- ✓ تآمین **انرژی بدن** بعد از یک فعالیت ورزشی ، با خوردن تکه ای شیرینی و یا کمی غذا
- ✓ جبران **قند خون** ، با خوردن سیب یا نوشیدن آبلیمو و عسل
- ✓ جبران **کمبود آهن** ، با خوردن اسفناج و عدسی

جالی خالی را پرکنید :

به هنگام روزه داری و نزدیک افطار اغلب **احساس گرسنگی وسرما** می کنید . در این شرایط ، بدن به ..... و ..... دارد تا **دمای** خود را کنترل کند .

پس از افطار (خوردن غذا) احساس **گرمی** دلچسبی خواهید داشت ، زیرا ..... مواد غذایی در حال آزاد شدن است .

« **ارزش مواد غذایی مختلف** ، در تأمین **ماده وانرژی** مود نیاز بدن انسان یکسان **نیست** .»

مثال :

همانطور که با سوختن ، سوخت هایی مانند گاز شهری ، بنزین ، الکل و زغال ، انرژی آن ها آزاد شده و به گرما تبدیل می شود ، سوزاندن مواد غذایی مانند گردو ، ماکارونی و ... نیز انرژی گرمایی تولید می کند .

آزمایش های مختلف (از جمله آزمایش صفحهٔ ۵۳کتاب) نشان می دهد که :

انرژی مواد غذایی به دو عامل بستگی دارد :

الف) نوع ماده غذایی

مثال : انرژی گرمایی حاصل از سوختن دو گرم مغز گردو بیش تر است از ۲ گرم ماکارونی است .

ب) مقدار مادهٔ غذایی

مثال : گرمای حاصل از سوختن ۱ گرم گردو، نصف گرمای حاصل از سوختن ۲ گرم گردو است .

کاوش کنید صفحهٔ ۵۳ کتاب

تمرین : کدام یک از عبارت های زیر درست است ؟

الف) سرانهٔ مصرف یک مادهٔ غذایی ، بیش ترین مقدار مصرف آن به ازای هر فرد در یک کسترهٔ زمانی معین است .

ب) یکای اندازه گیری انرژی گرمایی در SI ، $kg.m^{-2}.s^{-2}$ است .

پ) یکی از ویژگی های مشترک مواد در هر حالت فیزیکی وجود جنبش های نامنظم ذرات آن است .

ت) یکای دما در SI ، درجه سلسیوس (^oC) است .

۱) الف وب

۲) الف و ت

۳) پ و ت

۴) ب و پ

دمای یک ماده

از چه خبر می‌دهد؟

انرژی : به توانایی انجام کار انرژی می گویند .

به طوری که برای انجام هرکاری به یک منبع انرژی نیازداریم . هم چنین به طورکلی هر تغییری چه فیزیکی و چه شیمیایی حتماً با مبادله انرژی همرا ه است .

مثال : ...

یکا های انرژی :

ژول (J) ، کالری (cal) ، کیلو کالری (kcal) ، کیلو ژول (kJ)

$$۱\text{cal} = ۴/۱۸\text{J}$$

$$۱\text{kJ} = ۱۰۰۰\text{J}$$

$$۱\text{Cal} = ۱\text{kcal} = ۱۰۰۰\text{cal}$$

انرژی به صورت های گوناگون وجود دارد . مانند :

انرژی گرمایی ، انرژی تابشی ، انرژی الکتریکی و ...

انرژی گرمایی

هر جسم در حال حرکت دارای انرژی جنبشی است . که مقدار آن از رابطهٔ مقابل به دست می آید .

$$E_K = \frac{1}{2} mv^2$$

ذره های سازندهٔ یک جسم (اتم ها ، مولکول ها ویا یون ها) نیز پیوسته در حال حرکت هستند و انرژی جنبشی دارند، هر چند به ظاهر جسم ساکن است . این حرکت ها می توانند ، انتقالی ، چرخشی یا ارتعاشی باشند .

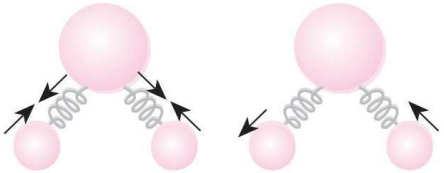
(حرکت انتقالی:حرکت مولکول های ماده از یک نقطه به نقطه ی دیگر

حرکت چرخشی : چرخش اتم های سازنده ی یک مولکول حول محور های مختلف

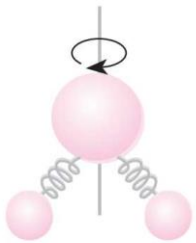
حرکت ارتعاشی : ارتعاش اتم های سازنده ی مولکول در راستای پیوند)

تعریف انرژی گرمایی :

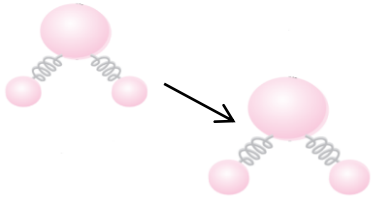
« به مجموع انرژی های جنبشی ذرات سازندهٔ یک جسم ، انرژی گرمایی آن جسم گفته می شود . »



ارتعاش



چرخش



انتقال

دو نکته مربوط به انرژی گرمایی:

نکته ۱:

انرژی گرمایی (مانند همهٔ انرژی ها) ، به مقدار مادهٔ بستگی دارد .

هر چه مقدار ماده بیش تر باشد ، **تعداد ذرات تشکیل دهندهٔ آن بیش تر** بوده ، بنابراین مجموع انرژی های جنبشی ذرات آن یا **انرژی گرمایی آن بیش تر** خواهد بود .

نکته ۲:

مقدار انرژی گرمایی یک جسم قابل اندازه گیری نیست .

مثال : ما نمی توانیم بگوییم ۱۰۰ گرم آب ۲۵ درجهٔ سانتیگراد ، چند ژول انرژی گرمایی دارد . (اما می توانیم بگوییم که وقتی دمای این مقدار آب به ۳۵ درجه سانتیگراد برسد چه مقدار به انرژی گرمایی آن اضافه شده است .)

دما:

دمای یک ماده ، معیاری برای توصیف میانگین سرعت (تندی) و یا میانگین انرژی جنبشی ذرات سازندهٔ ماده است .

- ✓ **در یک دمای معین ، میانگین تندی یا سرعت ذارت سازندهٔ جسم ، ثابت است .**
- ✓ **هنگامی که در اثر عوامل مختلف ، میانگین سرعت ذارت جسم افزایش یابد ، دمای جسم نیز بیش تر خواهد شد .**

❑ **یکاهای اندازه گیری دما :(دو یکای مهم)**

- مقیاس سیلیسیوس یا درجه سانتیگراد ($^\circ C$): که از نماد θ برای نشان دادن آن استفاده می شود.
- مقیاس کلوین (K)(در سیستم SI) :که از نماد T برای نشان دادن آن استفاده می شود.

❑ **در مقیاس کلوین دمای C^o ۲۷۳- ، دمای صفر در نظر گرفته شده ، که به آن صفر مطلق می گویند . بنابراین رابطه دمای کلوین با دمای سانتیگراد، به شکل زیر خواهد بود:**

دمای کلوین (K) = دمای سانتیگراد($^\circ C$) + ۲۷۳

✓ **توجه ، توجه :**

فاصله دو دمای مختلف در مقیاس سانتیگراد و کلوین از نظر عددی با هم برابر است . یعنی :

$$\Delta\theta = \Delta T$$

مثال:

دمای اولیه $\theta_1 = ۲۵^\circ C$ $\quad T_1 = ۲۵^\circ C + ۲۷۳ = ۲۹۸K$

دمای نهایی $\theta_2 = ۲۶^\circ C$ $\quad T_2 = ۲۶^\circ C + ۲۷۳ = ۲۹۹K$

$$\Rightarrow \begin{cases} \Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 = ۲۶ - ۲۵ = ۱^\circ C \\ \Delta T = T_2 - T_1 = ۲۹۹ - ۲۹۸ = ۱K \end{cases}$$

$$\Rightarrow \Delta\theta = \Delta T = ۱$$

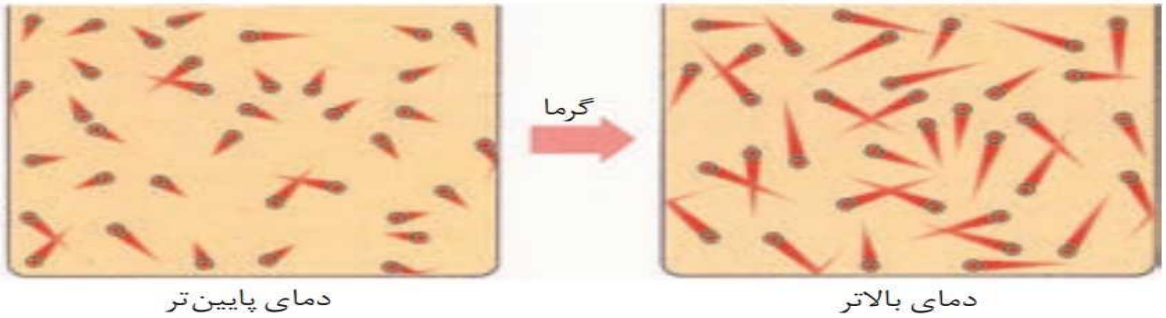
چند عبارت در مورد دما :

۱) **دما** معیاری ازمیزان **گرمی یا سردی** جسم است .

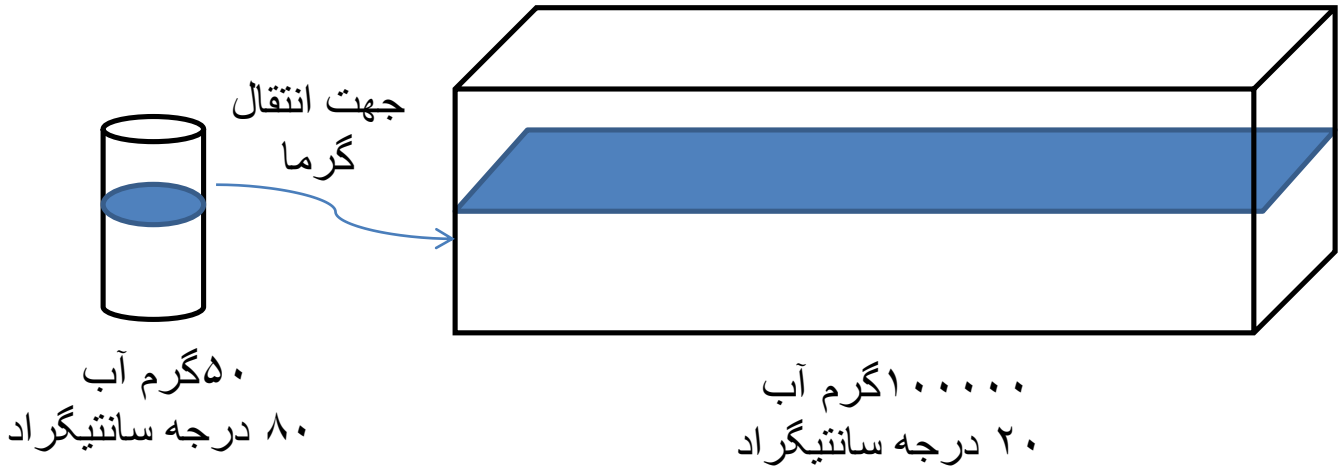
۲) **اختلاف دما** میان دو جسم ، ناشی از**اختلاف در میانگین انرژی جنبشی** ذره های تشکیل دهنده ی آن دوجسم است .

۳) **دمای** یک جسم به **مقدار** آن **بستگی ندارد**. (برخلاف انرژی گرمایی)

۴) به هنگام افزایش دمای جسم ، توزیع انرژی میان ذره های سازنده ماده یکسان نیست ، زیرا هر ذره بسته به موقعیت خود می تواند انرژی متفاوتی را در یافت کند . (به همین دلیل است که دما به عنوان معیاری از **میانگین** انرژی جنبشی ذره های یک جسم در نظر گرفته می شود .)



۵) گرما همیشه از جسم گرم تر به جسم سرد تر جریان می یابد .
(**جسم گرم تر** جسمی است که **دمای بالاتری** داشته باشد و **جسم سرد تر** جسمی است که **دمای پایین تری** داشته باشد.)



جاهای خالی را کامل کنید.

- کاکائو و خوراکی محتوی آن باید در جای **خنک** نگهداری شود . هنگامی که این خوراکی ها در جیب یا دست قرار بگیرد ، پس از مدتی **ذوب** شده و حالت خمیری و روان به خود می گیرد . زیرا : ..... آن ها افزایش یافته و ..... ذره های سازنده ی آن ها شدید تر می شود .
- بوی غذای گرم آسان تر و سریع تر از بوی غذای سرد به مشام می رسد .

زیرا .....

تفاوت دما وانرژی گرمایی

- ✓ **دما** به **میانگین انرژی جنبشی** ذرات سازنده ی جسم وابسته است . بنابراین **مقدار ماده** در **دمای** جسم **تأثیری ندارد.**
- ✓ اما **انرژی گرمایی** یک جسم را ، **مجموع انرژی های جنبشی** ذرات سازنده ی آن تشکیل می دهد . بنابراین هرچه **مقدار ماده** ی تشکیل دهنده ی جسم **بیش تر** باشد ، **انرژی گرمایی** آن ، **بیش تر** است .

مقایسه دما وگرما

- **دما** معیاری قراردادی برای بیان میزان گرمی جسم است.وبرای **توصیف یک نمونه ماده** بکار می رود . به عبارتی ، جزئی از ویژگی های یک ماده است .
- **انجام یک فرآیند** بر روی یک ماده می تواند باعث **تغییر دمای** آن شود .

بنابراین **تغییر دمای** یک ماده **نشان دهنده انجام یک فرآیند** بر روی آن است .

مثال : هنگامی که می گوییم دمای آب درون لیوان 15 ^{o}C است ، میزان گرمی آب را با دما توصیف کرده ایم .اما هنگامی که می گوییم دمای آب درون لیوان 10 ^{o}C افزایش یافته است ($\Delta\theta = ۱۰^{\circ}C$) میزان گرمی آب را توصیف نکرده ایم ، بلکه به فرآیندی اشاره کرده ایم که دمای آن را افزایش داده است .

- پس **تغییر دما** ، توصیفی برای **یک فرآیند** است نه توصیفی برای یک ماده.

و اما **گرما** :

- **گرما** را می توان هم ارز با **انرژی گرمایی** دانست که به دلیل تفاوت دما ، میان دو جسم جاری می شود .
- دما وگرما با یکدیگر تفاوت دارند ، **دما** معیاری قراردادی برای بیان میزان گرمی جسم است اما **گرما** صورتی از انرژی است
- یکی از روش های **تغییر دمای** ماده این است که گرما بدهد یا گرما بگیرد . بنابراین گرما نیز از ویژگی های ماده نیست ، بلکه همانند تغییر دما **توصیفی برای انجام یک فرآیند** است . فرایندی که می تواند گرماده باشد یا گرماگیر.

بنابراین:

اگربرای توصیف یک نمونه ماده ، به **دما** یا **انرژی گرمایی** آن اشاره شود مشکلی وجود نداره و خیلی خوبه . اما اگر به **تغییر دما** یا **گرمای** آن ماده ، برای توصیف آن اشاره شود ، بی معنیه و خیلی بده.

آیا گرما وانرژی گرمایی تفاوت دارد ؟

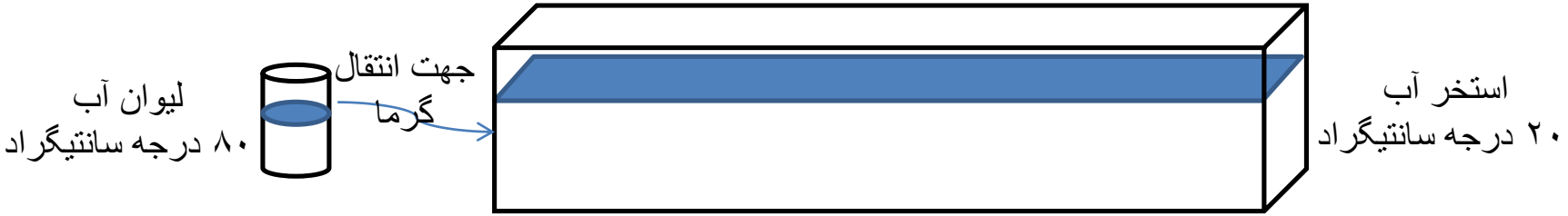
پاسخ این سوال مثبت است ، یعنی **گرما با انرژی گرمایی تفاوت دارد.**

ذره های تشکیل دهندهٔ یک جسم به طورپیوسته ونامنظم در حال حرکت هستند . بنابراین انرژی گرمایی دارند . پس **انرژی گرمایی** جزء ویژگی های یک ماده است و برای **توصیف** آن **ماده** به کار می رود .

اما :

گرما ، میزان انرژی گرمایی مبادله شده ، میان دو یا چند جسم ، با دمای متفاوت است . بنابراین ، **گرما** جزء ویژگی های ماده نیست و تنها برای بیان یک تغییر یا یک فرآیند به کار می رود .

برای درک بهتر مفاهیم دما ، گرما و انرژی گرمایی با هم ، به مقایسه ای میان آب لیوان و آب استخر زیر انجام شده دقت کنید .



- دمای آب لیوان بیش تر است یعنی آب لیوان از آب استخر (گرم تر / سرد تر) است .
- انرژی گرمایی آب استخر (بیش تر/ کم تر) است یعنی مجموع انرژی جنبشی مولکول های آب استخر(کم تر / بیش تر) است .
- میانگین انرژی جنبشی مولکول ها ی آب (استخر/ لیوان) بیش تر است .
- میانگین سرعت حرکت مولکول های آب (استخر/ لیوان) بیش تر است .
- برخورد مولکول های آب لیوان با دماسنج ..... است .
- چنانچه مسیری برای انتقال گرما فراهم شود ، گرما از آب ..... به آب ..... منتقل می شود .

سوال : اگر انرژی گرمایی را به مقدار پول درون یک کیف و دما را به ارزش یا بزرگی اسکناس های درون آن کیف تشبیه کنیم ، در این صورت :

آ) کدام کیف انرژی گرمایی بیش تر و کدام کیف دمای بالاتری دارد ؟ چرا؟

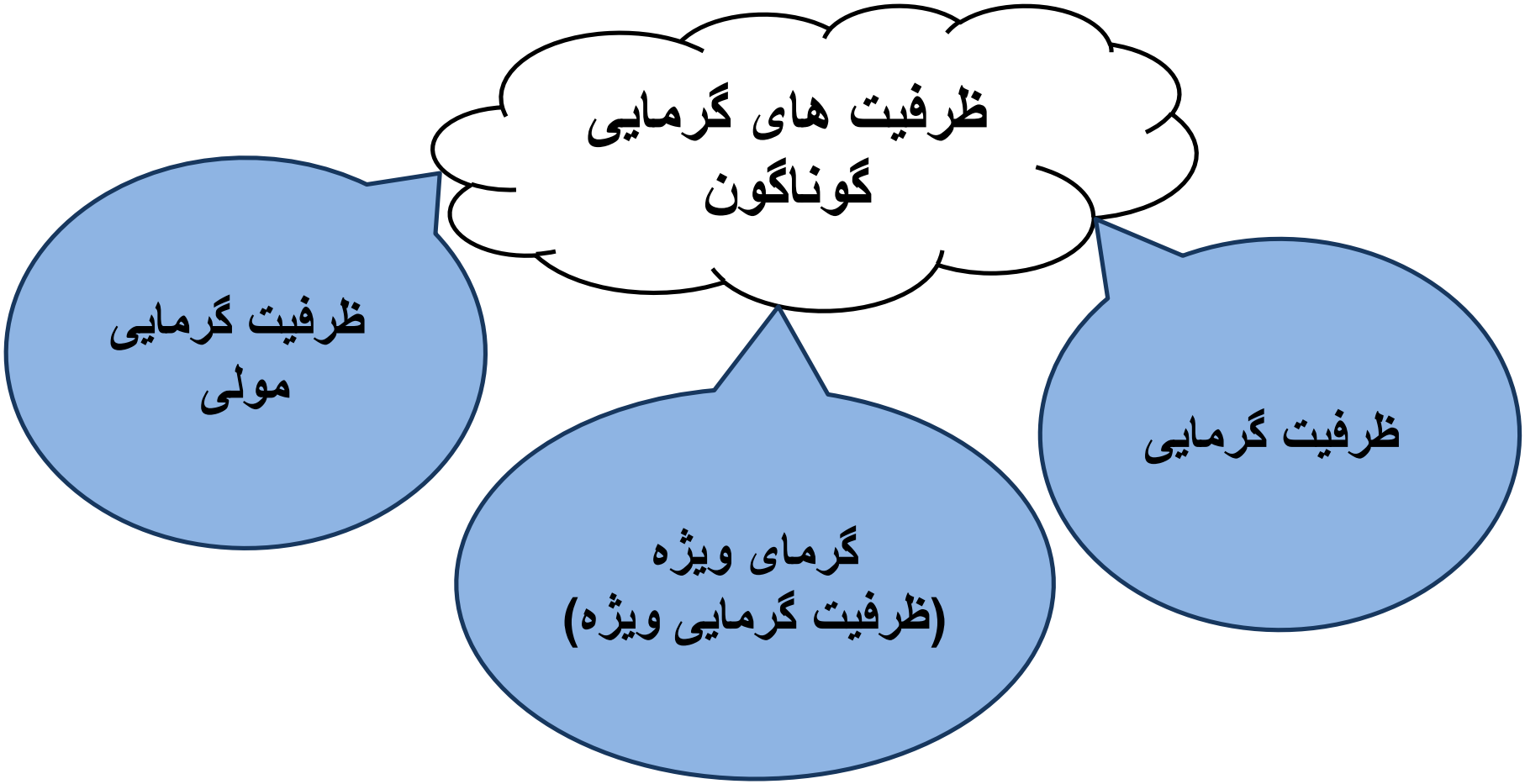
کیف یک
(۱۰۰قطعه اسکناس ۲۰۰ تومانی)

کیف دو
(۲ قطعه اسکناس ۵۰۰۰ تومانی)

ب) دما وانرژی گرمایی کیف زیررا، با کیف های بالا، مقایسه کنید.

کیف سه
(یک قطعه چک پول ۵۰۰۰۰تومانی)

چه قدر Q ؟ چه قدر $\Delta\theta$ ؟



برای تغییر دمای یک نمونه ماده ، باید آن ماده در طی یک فرآیند ، با محیط گرما مبادله کند .

تجربه نشان می دهد که هر چه گرمای مبادله شده (Q) بیش تر باشد ، تغییر دمای آن ماده ($\Delta\theta$) بیش تر خواهد بود . بنابراین :

$$Q \propto \Delta\theta \text{ یا } \Delta T$$

برای این که این تناسب تبدیل به یک تساوی شود ، به ثابت تناسبی مانند C نیاز است .

$$Q \propto \Delta\theta \xrightarrow{\text{ثابت تناسب C}} Q = C\Delta\theta \Rightarrow \quad C = \frac{Q}{\Delta\theta} \text{ یا } C = \frac{Q}{\Delta T}$$

در رابطه بالا : ثابت تناسب C ، **ظرفیت گرمایی** نامیده می شود .

ظرفیت گرمایی(C)

مقدار گرمایی که یک جسم می گیرد تا دمای آن یک درجه سانتیگراد (یک کلوین) افزایش یابد ، ظرفیت گرمایی آن ماده گفته می شود .

مثال : ظرفیت گرمایی ۵۰۰ گرم آب ، $۲۱۰۰ J.^{\circ}C^{-1}$ است .

یعنی ۵۰۰ گرم ، ۲۱۰۰ ژول گرما نیاز دارد تا دمای آن یک درجه سانتیگراد افزایش یابد .

سوال: ظرفیت گرمایی ۲۰۰۰ گرم آب،چقدر است ؟

نکته : ظرفیت گرمایی ۵۰۰ گرم آب با ظرفیت گرمایی ۲۰۰۰ گرم آب برابر نیست .

بنابراین نتیجه می گیریم که :

ظرفیت گرمایی یک ماده به جرم آن ماده بستگی دارد .

ظرفیت گرمایی را می توان از رابطه ی زیر به دست آورد:

$$C = \frac{Q}{\Delta\theta}$$

ظرفیت گرمایی

Q : گرمای مبادله شده

$\Delta\theta$: تغییر دما

یکای ظرفیت گرمایی ..... یا ..... است .

تمرین : یک قطعه آهن به جرم ۵۰۰ گرم ، ۲۲۵۰ژول گرما می گیرد تا دمای آن از ۲۵ درجه ی سانتیگراد به ۳۵ درجه سانتیگراد برسد . ظرفیت گرمایی این قطعه آهن را بدست آورید .

$$Q = ۲۲۵۰J$$

$$\theta_۱ = ۲۵^\circ C$$

$$\theta_۲ = ۳۵^\circ C$$

$$\Delta\theta = \theta_۲ - \theta_۱$$

$$= ۳۵ - ۲۵$$

$$C = \frac{Q}{\Delta\theta} = \text{———}$$

عوامل مؤثر بر ظرفیت گرمایی

۱- مقدار ماده

هر چه مقدار ماده بیش تر باشد ، ظرفیت گرمایی آن بیش تر است .

مثال :

ظرفیت گرمایی ۱۰۰۰ گرم آب ⟶ ۴۱۸۰ J .^{o}C

ظرفیت گرمایی ۱۰۰ گرم آب ⟶ ۴۱۸ J .^{o}C

۲- نوع ماده

ماهیت و نوع ماده نیز بر روی ظرفیت گرمایی آن مؤثر است .

مثال :

ظرفیت گرمایی ۱۰۰ گرم **روغن زیتون** ⟶ ۱۹۷ J .^{o}C

ظرفیت گرمایی ۱۰۰ گرم **آب** ⟶ ۴۱۸ J .^{o}C

به سوالات زیر پاسخ دهید ؟

۱) ظرفیت گرمایی آب چقدر است ؟

۲) روغن با چربی چه فرقی دارد ؟

نکته مهم : با توجه به پاسخ سوال ۱ نتیجه می گیریم که :

ظرفیت گرمای یک ماده ..... نیست و بستگی به ..... آن دارد . بنابراین ظرفیت گرمایی ، کاربرد کمی دارد و به جای آن از ..... استفاده می شود .

ظرفیت گرمایی ویژه(c)

مقدار گرمایی که یک گرم از جسمی می گیرد تا دمای آن یک درجه سانتیگراد (یک کلوین) افزایش یابد ، ظرفیت گرمایی ویژه ی آن جسم نامیده می شود .

مثال : ظرفیت گرمایی ویژه ی آب مایع ، $۴/۱۸۴ J.g^{-1}.^{\circ}C^{-1}$ است .

یعنی یک گرم آب مایع ، ۴/۱۸۴ ژول گرما نیاز دارد تا دمای آن یک درجه سانتیگراد افزایش یابد .

نکته : ظرفیت گرمایی ویژه به **جرم** ماده بستگی **ندارد** .(زیرا در هر صورت برای یک گرم ماده تعریف می شود .) اما به **نوع ماده (و حالت ماده)** وابسته است .

توجه : ظرفیت گرمایی ویژه ی یک ماده علاوه بر نوع آن ، به حالت آن نیز بستگی دارد .

مثال : ظرفیت گرمایی ویژه ی آب در سه حالت جامد ، مایع و گاز

حالت آب	جامد (یخ)	مایع	گاز (بخار)
ظرفیت گرمایی ویژه $(J.g^{-1}.^{\circ}C^{-1})$	۲/۰۷۶	۴/۱۸۴	۲/۰۴۳

ظرفیت گرمایی ویژه را می توان از رابطه ی زیر به دست آورد:

$$c = \frac{Q}{m.\Delta\theta}$$

یا

$$c = \frac{Q}{m.\Delta T}$$

ظرفیت گرمایی ویژه = c

گرمای مبادله شده = Q

جرم (بر حسب گرم) = m

تغییر دما = ΔT یا $\Delta\theta$

نکته : رابطه میان ظرفیت گرمایی(C) و ظرفیت گرمایی ویژه(c) را می توان به شکل مقابل نوشت :

$$c = \frac{Q}{m.\Delta\theta} \Rightarrow c = \frac{C}{m} \Rightarrow \boxed{C = m.c}$$

C

سوال : در چه صورت ظرفیت گرمایی یک ماده با ظرفیت گرمایی ویژه آن برابر است؟

مثال : ۱۰ گرم اتانول به ۱۲۳ ژول گرما نیاز دارد تا دمای آن از ۲۵ درجه سانتیگراد به ۳۰ درجه ی سانتیگراد افزایش یابد . ظرفیت گرمایی ویژه ی اتانول را حساب کنید .

$$m = ۱۰g$$

$$q = ۱۲۳J$$

$$\theta_۱ = ۲۵^\circ C$$

$$\theta_۲ = ۳۰^\circ C$$

$$\Delta\theta = \theta_۲ - \theta_۱$$

$$= ۳۰ - ۲۵ = ۵^\circ C$$

تمرین :

برای کاهش دمای ۲۵۰ گرم اتانول از دمای $25^{\circ}C$ به دمای $3^{\circ}C$ چه مقدار گرما باید از آن گرفته شود ؟ (ظرفیت گرمایی ویژه ی اتانول $2/46 J.g^{-1}.^{\circ}C^{-1}$ است .)

تمرین:کدام یک از عبارت های زیر درست است ؟ (گزینه ۲-۵ – ۹۶)

$(c(H_2O)=4.18J.g^{-1}.^oC^{-1}$, $1cal=4.18J)$

۱) ظرفیت گرمایی ماده به سه عامل دما ، فشار و مقدار ماده بستگی دارد .

۲) ظرفیت گرمایی یک جسم همواره از ظرفیت گرمایی ویژه آن بیش تر است .

۳) ظرفیت گرمایی ۱۰ گرم آب در دما وفشار اتاق برابر با $1cal.^oC^{-1}$ است .

۴) در شرایط یکسانی از جرم ، دما و فشار ، هر چه گرمای ویژهٔ جسم بیش تر باشد تغییرات دمایی آن کم تر است .

تمرین : دو ظرف یکسان حاوی مقدار مساوی آب و روغن زیتون در دمای 25ºC موجود است . اگر تخم مرغ در آب 75ºC در مدت ۵ دقیقه پخته شود در همین زمان در روغن زیتون در چه دمایی پخته خواهد شد ؟

($c(\text{زیتون}) = 2\,J.g^{-1}.{}^{o}C^{-1}$ و $c(\text{آب}) = 4.2\,J.g^{-1}.{}^{o}C^{-1}$)

۱) 105ºC

۲) 130ºC

۳) 80ºC

۴) 100ºC

ظرفیت گرمایی مولی

مقدار گرمایی است که ، یک مول از جسمی می گیرد تا دمای آن یک درجه سانتیگراد (یک کلوین) افزایش یابد .

مثال : ظرفیت گرمایی مولی گازآمونیاک ، $۳۵/۶۳۲ J.mol^{-۱}.^{\circ}C^{-۱}$ است .

یعنی یک مول گاز آمونیاک ، ۳۵/۶۳۲ ژول گرما نیاز دارد تا دمای آن یک درجه سانتیگراد افزایش یابد .

نکته : ظرفیت گرمایی مولی همانند ظرفیت گرمایی ویژه به جرم ماده بستگی ندارد . (زیرا در هر صورت ، برای یک مول ماده ، تعریف می شود .)

ظرفیت گرمایی مولی را می توان از رابطه ی زیر به دست آورد:

$$\text{ظرفیت گرمایی مولی} = \frac{q}{n.\Delta\theta}$$

q = گرمای مبادله شده

n = تعداد مول ها

$\Delta\theta$ = تغییر دما

نکته : رابطه میان ظرفیت گرمایی ویژه و ظرفیت گرمایی مولی را می توان به شکل زیر نوشت :

جرم مولی × ظرفیت گرمایی ویژه = ظرفیت گرمایی مولی

مثال :

اگر افزایش دمای ۷۵ g سرب به مقدار $10^{\circ}C$ به ۹۶ J گرما نیاز داشته باشد ، ظرفیت گرمایی ویژه وظرفیت گرمایی مولی سرب را محاسبه کنید .(Pb = ۲۰۷/۲)

تمرین:

برای افزایش دمای ۱۰ گرم اتیلن گلیکول ($C_2H_6O_2$) از ۲۰ °C به ۳۵ °C ، به ۳۶۰ ژول گرما نیاز است . (C =۱۲ ، H =۱ و O =۱۶)

آ) ظرفیت گرمایی مولی اتیلن گلیکول چند $\frac{cal}{mol.^\circ C}$ است ؟

ب) ظرفیت گرمایی ۵۰ گرم از این ماده چند $\frac{kJ}{^\circ C}$ است ؟

تمرین : مقدار ۲۵ ژول گرما به فلز A با ظرفیت گرمایی ویژه ی $۰/۲۵ \frac{J}{g.^{\circ}C}$ و چگالی $۶/۵ \frac{g}{cm^{۳}}$ ، می دهیم تا دمای آن از $۲۵^{o}C$ به $۳۰^{o}C$ برسد . حجم فلز A را بدست آورید .

یک تست ، یک نکته

ظرفیت گرمایی قطعه ای گرافیت برابر $۲۱/۶\ J.^oC^{-1}$ است . اگر ظرفیت گرمایی مولی گرافیت برابر $۸/۶۴\ J.mol^{-1}.^oC^{-1}$ باشد ، شمار اتم های کربن موجود در این قطعه گرافیت چقدر است ؟

۱) $۱/۵۰۵ \times ۱۰^{۲۴}$

۲) $۲/۴۰۸ \times ۱۰^{۲۳}$

۳) $۱/۵۰۵ \times ۱۰^{۲۳}$

۴) $۲/۴۰۸ \times ۱۰^{۲۴}$

رابطه ی ظرفیت گرمایی و ظرفیت گرمایی مولی به شکل زیر است .

ظرفیت گرمایی مولی جسم × تعداد مول جسم = ظرفیت گرمایی جسم

با استفاده از رابطه بالا ، تعداد مول های کربن را بدست آورده سپس تعداد اتم ها را حساب می کنیم.

رابطه تغییر دما با ظرفیت گرمایی و ظرفیت گرمایی ویژه

الف) رابطه تغییر دما با ظرفیت گرمایی

فرمول مقابل نشان می دهد که در صورت ثابت بودن مقدار Q ، ظرفیت گرمایی با تغییر دما ، رابطه ی عکس دارد .

$$\uparrow C = \frac{Q}{\Delta\theta} \downarrow$$

بنابراین می توان نتیجه گرفت که بدون توجه به جرم دو یا چند ماده :

تغییر دما کم تر ⟵ ظرفیت گرمایی بیش تر ⟵ با Q های مساوی

مثال : با توجه به اطلاعات مقابل مشخص کنید که با دادن ۲۰۰۰ J انرژی به هریک از این سه قطعه فلز دمای کدامیک بیش تر، تغییر خواهد کرد ؟

C (500gAl)= 450 J .$^{o}C^{-1}$

C (100gAu)= 12/8 J .$^{o}C^{-1}$

C (1000Ag)= 236 g .$^{o}C^{-1}$

الف) رابطه تغییر دما با ظرفیت گرمایی ویژه

فرمول مقابل نشان می دهد که در صورت ثابت بودن مقدار Q و m ، ظرفیت گرمایی با تغییر دما ، رابطه ی عکس دارد .

$$\uparrow C = \frac{Q}{m.\Delta\theta} \downarrow$$

بنابراین می توان نتیجه گرفت که برای چند مادهٔ مختلف :

با Q های مساوی و m برابر ⟵ ظرفیت گرمایی ویژه بیش تر ⟵ تغییر دما کم تر

مثال : با توجه به اطلاعات مقابل ، مشخص کنید که با دادن ۲۰۰۰ J گرما به ۱۰۰ گرم ازهریک از این سه ماده ، دمای کدامیک تغییربیش تری خواهد داشت ؟

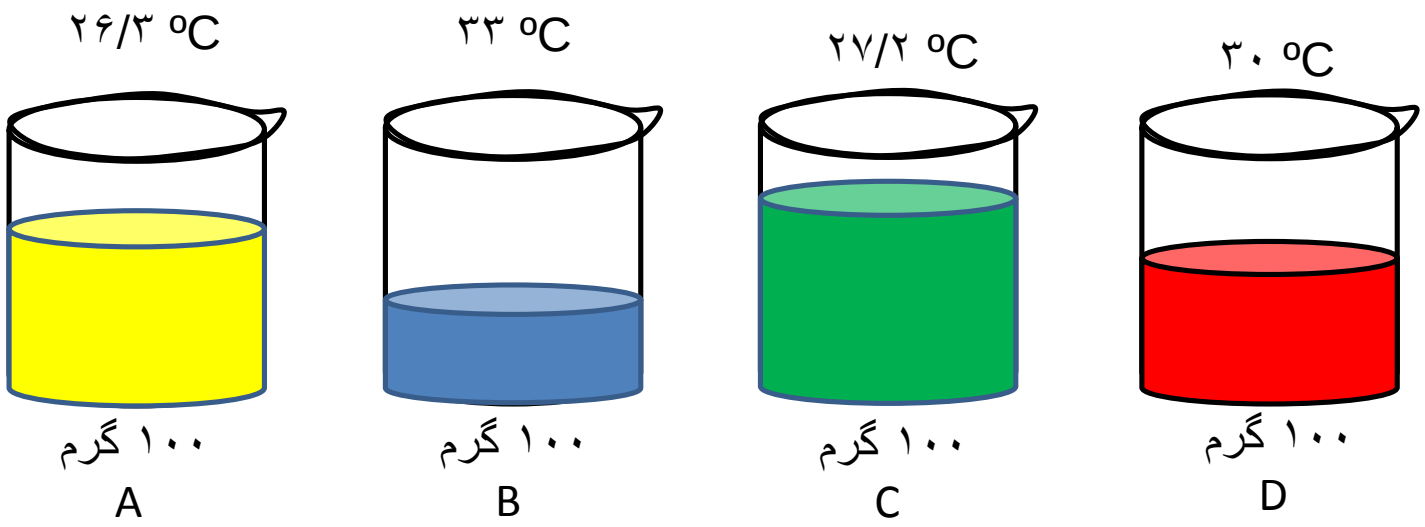
c (آب مایع)= 4/184 $J.g^{-1}.^oC^{-1}$

C (اتانول)= ۲/۴۳ $J.g^{-1}.^oC^{-1}$

C (کربن دی اکسید)= ۰/۸۴ $J.g^{-1}.^oC^{-1}$

تمرین :

چهار نمونهٔ ۱۰۰ گرمی از چهار مایع گوناگون با دمای ۲۵°C در بشرهای A تا D وجود دارد . به هر یک از این مایع ها ۱۰۰۰ ژول گرما می دهیم . اگر دمای پایانی هر یک از آن ها به دمای نشان داده شده در شکل برسد ، این چهار مایع را به ترتیب افزایش گرمای ویژه مرتب کنید .



توجه توجه :

جدول ۱ـ گرمای ویژهٔ برخی مواد خالص در ۲۵ °C و ۱atm

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

این جدول نشان می دهد :

۱- رسانایی گرمایی با ظرفیت گرمایی ویژه، رابطه عکس دارد . فلزاتی مانند Al,Ag و Au *رسانای گرما* هستند ، اما ظرفیت گرمایی ویژه ی *پایینی* دارند .

در این بین فلز طلا که *بیش ترین رسانایی گرمایی* را دارد ، دارای کم ترین ظرفیت گرمایی ویژه است .

۲- اگر به جرم های برابر از چند ماده مختلف، مقدار گرمای برابری داده شود ، فلزات ، به ویژه طلا ، افرایش دمای بیش تری خواهد داشت .

۳- در میان مواد جدول بالا، **آب** بیش ترین ظرفیت گرمایی ویژه را دارد . این ویژگی آب ، باعث می شود مجموعه ی آب های کرهٔ زمین همانند ترموستات یا دمای بسیار بزرگ عمل کرده و دمای کره زمین را در طول شبانه روز متعادل نگهدارند .

۴- عنوان بالای جدول به ما می گوید که ظرفیت گرمایی ویژه علاه بر **نوع ماده** و **حالت آن** به **دما وفشار** نیز بستگی دارد .

نکته: در میان مواد شیمیایی ، گاز هیدروژن($H_2 = 2g.mol^{-1}$) بیش ترین ظرفیت گرمایی ویژه را د ارد . زیرا هر یک گرم آن تعداد زیادی مولکول را در می گیرد. ($۳/۰۱\times۱۰^{۲۳}$تا مولکول H_2)

تمرین : اگر در شرایط یکسان ، به جرم یکسان از ..... و ..... ، ۲۰۰J گرما دهیم ، تغییر دمای ..... بیش تر خواهد بود . (گاج – بهمن ۹۶)

۱) طلا – کربن دی اکسید – طلا

۲) آب – روغن زیتون – آب

۳) نان – سیب زمینی- سیب زمینی

۴) سدیم کلرید – اتانول – اتانول

تمرین : کدام جمله درست بیان شده است ؟ (مرآت بهمن ۹۶)

۱) دمای ماده با میانگین انرژی جنبشی آن رابطهٔ عکس دارد .

۲) تغییر دما برای توصیف یک فرآیند به کار می رود .

۳) ارزش گرمایی $1^{o}C$ و $1K$ با هم برابر است

۴) ساختار روغن و چربی یکسان است .

تمرین : به مقدار یکسانی از سه مادهٔ A،B و C به میزان یکسانی گرما داده ایم و در اثر این گرما دمای مادهٔ A دو برابر مادهٔ B و نصف مادهٔ C بالا رفته است . کدام مقایسه در بارهٔ ظرفیت گرمایی ویژهٔ این سه ماده صحیح است ؟ (مرآت بهمن ۹۶)

۱) A>B>C

۲) B>A>C

۳) C>B>A

۴) B>C>A

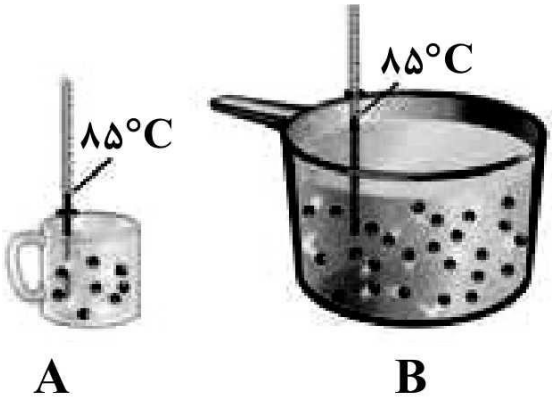
تمرین : با توجه به شکل کدام گزینه درست است ؟ (گزینه۲-۹۶)

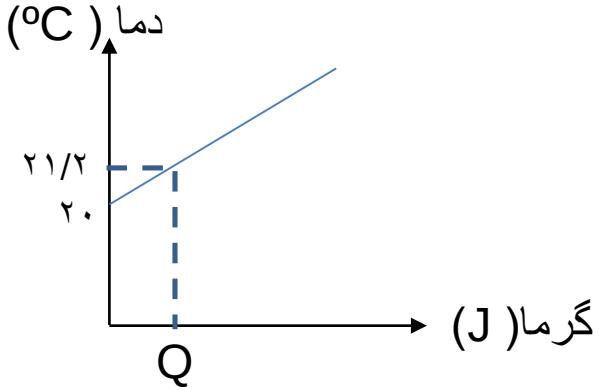
۱) میانگین تندی ذره های سازندهٔ ماده در ظرف B بیش تر از ظرف A است .

۲) برای افزایش دما به میزان 10^oC ، محتوای این دو ظرف به انرژی گرمایی یکسانی نیاز دارند .

۳) ظرفیت گرمایی آب در ظرف B ، دو برابر ظرفیت گرمایی آب در ظرف A است .

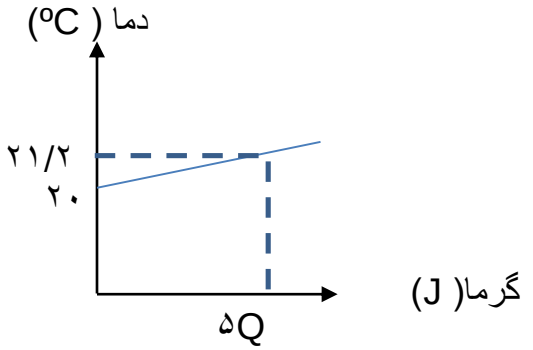
۴) انرژی گرمایی یک سانتی متر مکعب از مواد ظرف A و B با هم برابر است .

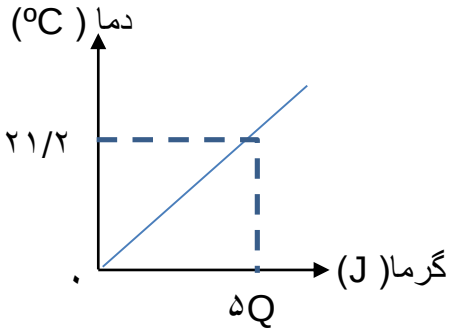


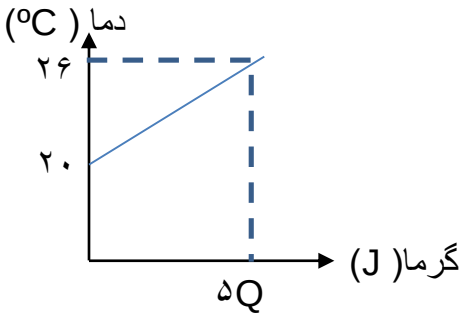


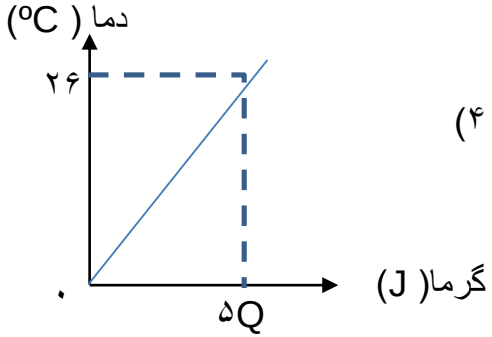
تمرین : نمودار مقابل ، تغییرات دمایی یک گرم کربن دی اکسید را پس از دریافت مقدار معینی گرما نشان می دهد . با توجه به این نمودار ، اگر پنج برابر این مقدار گرما به یک گرم فلز نقره داده شود ، کدام نمودار می تواند مربوط به این تغییرات دمایی باشد ؟(گزینه ۲ -۹۶)

($c(co_2)=0.84$, $c(Ag)=0.235$: $J.g^{-1}.{}^{o}c^{-1}$)

۱)


۲)


۳)


۴)


تمرین : نمونه ای از گاز اکسیژن به حجم ۳۹/۲L که در دمای ۰ºC و فشار ۱atm قرار دارد با جذب ۱/۰۰۸ کیلو ژول به دمای ۲۰ºC می رسد . ظرفیت گرمایی $۳/۰۱\times۱۰^{۲۲}$ مولکول اکسیژن در دمای ۰ºC و فشار ۱atm چند ژول بر درجهٔ سانتیگراد است ؟ (در طی فرآیند گرم کردن فشار ثابت است .) ($O=16g.mol^{-1}$)

(گاج –بهمن ۹۶)

۱) ۲۸/۸

۲) ۱۴/۴

۳) ۱/۴۴

۴) ۲/۸۸

سامانه و محیط پیرامون آن

سامانه (سیستم):

به بخشی از جهان ، که برای مطالعه و بررسی *انتخاب می شود*، سامانه ی سیستم می گویند .

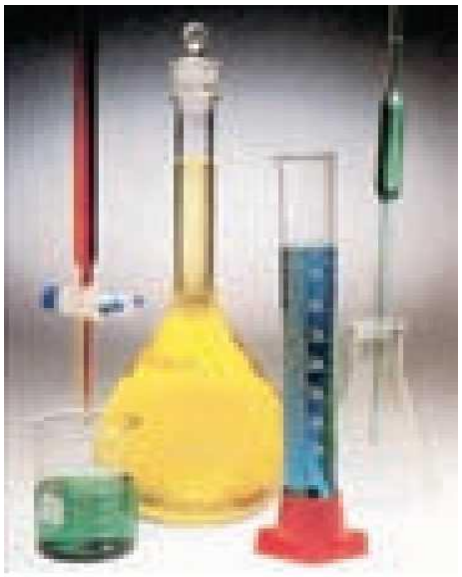
محیط سامانه:

به هر چیزی ازجهان هستی ، که پیرامون سامانه و جود دارد، محیط سامانه می گویند.

مثال :

محتویات درون بالون زیر را به عنوان سامانه انتخاب می کنیم. بنابراین :

هرچیزی دیگری که پیرامون سامانه قرار دارد محیط سامانه نامیده می شود.



الف – سامانه از محیط گرما بگیرد .(گرما گیر باشد.)

در این وضعیت انرژی سامانه افزایش یافته و علامت Q مثبت است.

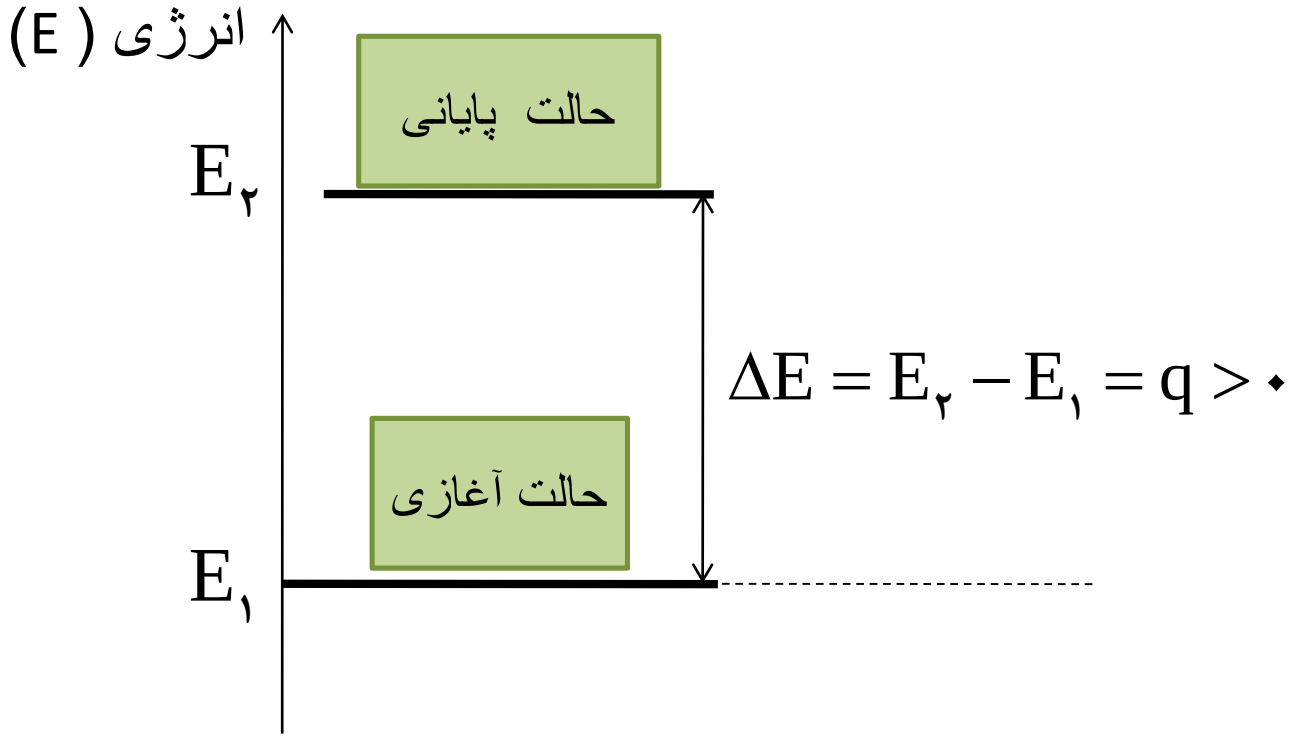
زیرا با جذب گرما توسط سامانه انرژی پایانی آن ($E_۲$) از انرژی درونی آغازی آن ($E_۱$) بیش تر می شود بنابراین اختلاف آن ها بزرگ تر از صفر بوده و عددی مثبت است .

$$E_۲ > E_۱ \Rightarrow \Delta E = E_۲ - E_۱ = Q > ۰$$

عدد بزرگ تر عدد کوچک تر

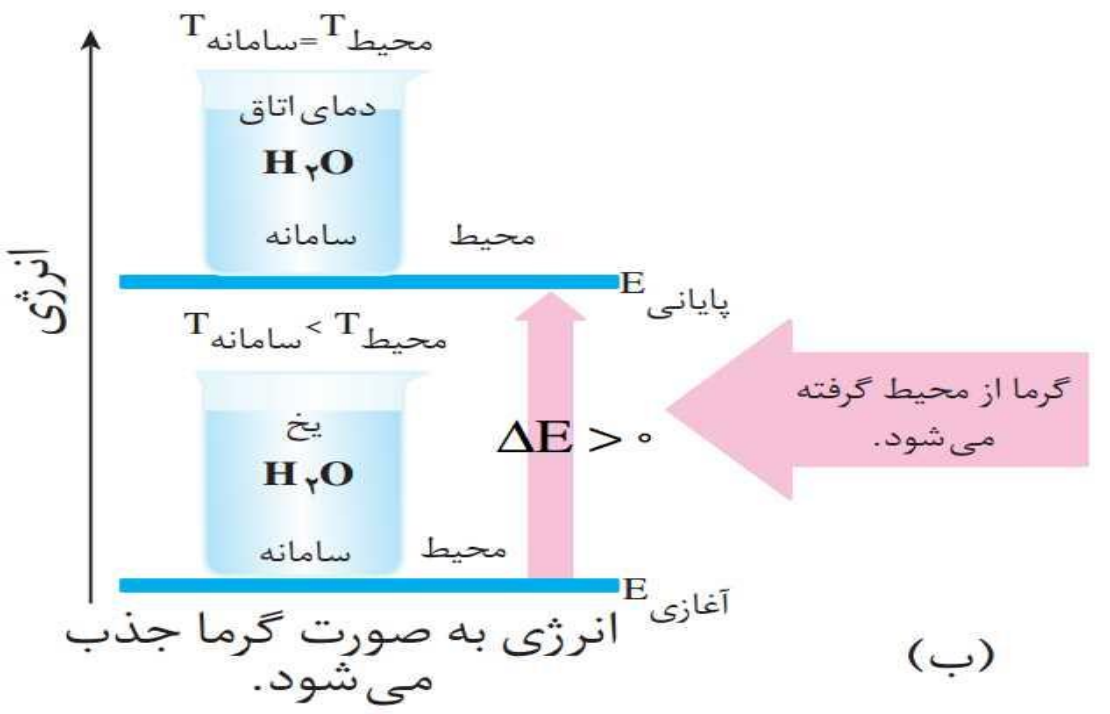
چگونگی رسم نمودار تغییر انرژی سامانه

برای رسم نمودار ، یک محور عمودی برای انرژی در نظر می گیریم .جهت این محور رو به بالا است .



یک فرآیند گرماگیر

مثال ۱: سامانه ای بسته ، که از ۱۰۰گرم یخ با دمای صفر درجه سانتیگراد تشکیل شده ، روی میزآزمایشگاه قرارمی گیرد . ازمحیط آزمایشگاه گرما می گیرد و پس از مدتی با آن هم دما می شود . نمودار تغییر انرژی آن ،به شکل زیر است:



سوال : در صورتی که دمای آزمایشگاه $20^{o}C$ باشد ، ΔE(Q) سامانه را حساب کنید .(ازگرمایی که توسط اجزای دیگر سامانه به جز آب ، مبادله می شود صرف نظر شود .)

ب – سامانه به محیط گرما بدهد .(گرما ده باشد.)

در این وضعیت انرژی درونی سامانه کاهش یافته وعلامت Q منفی است.

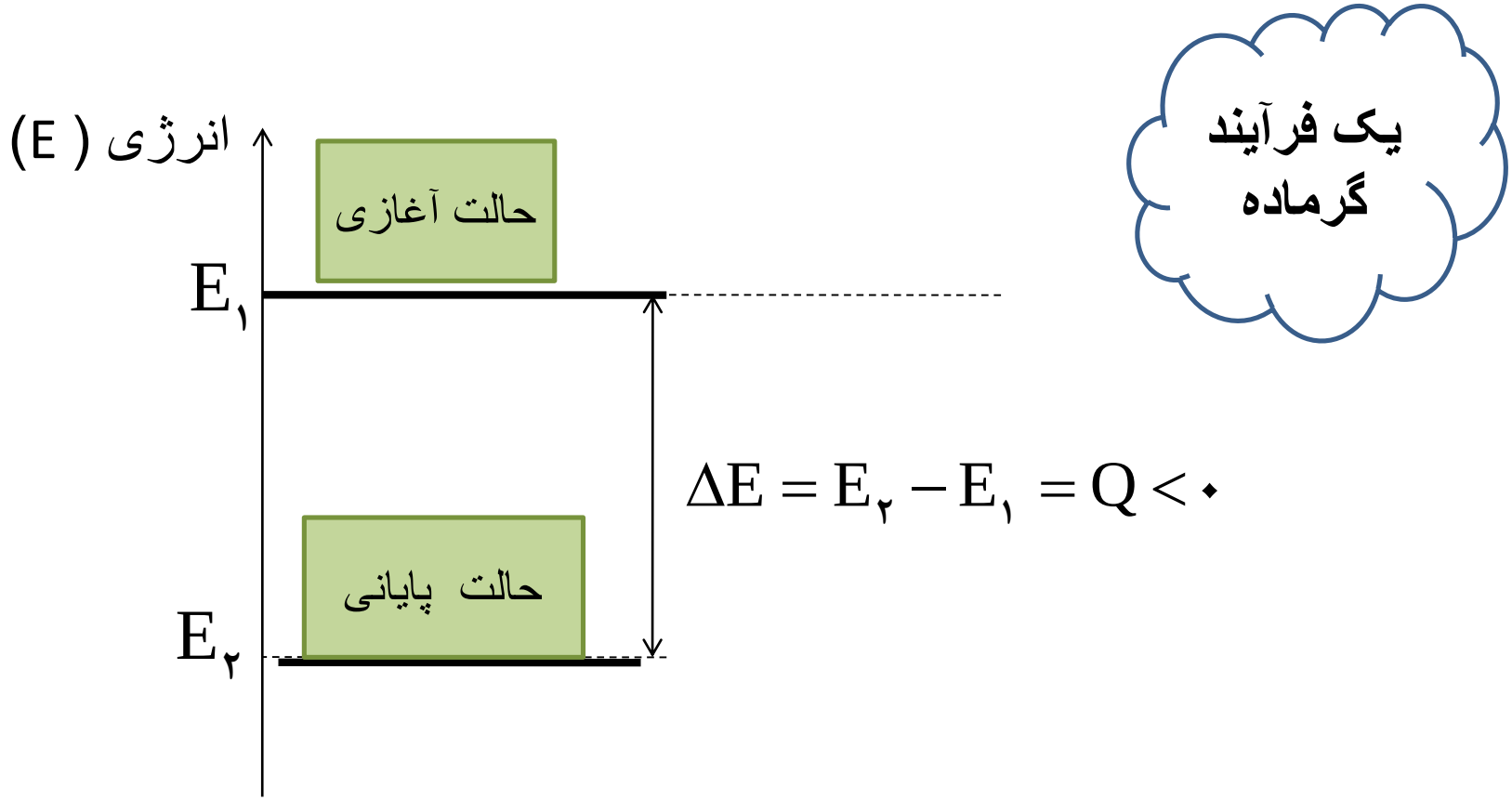
زیرا با دادن گرما توسط سامانه ، انرژی پایانی آن ($E_۲$) از انرژی درونی آغازی آن ($E_۱$) کم تر می شود بنابراین اختلاف آن ها کوچک تر از صفر بوده و عددی منفی است .

$$E_۲ < E_۱ \Rightarrow \Delta E = E_۲ - E_۱ = Q < ۰$$

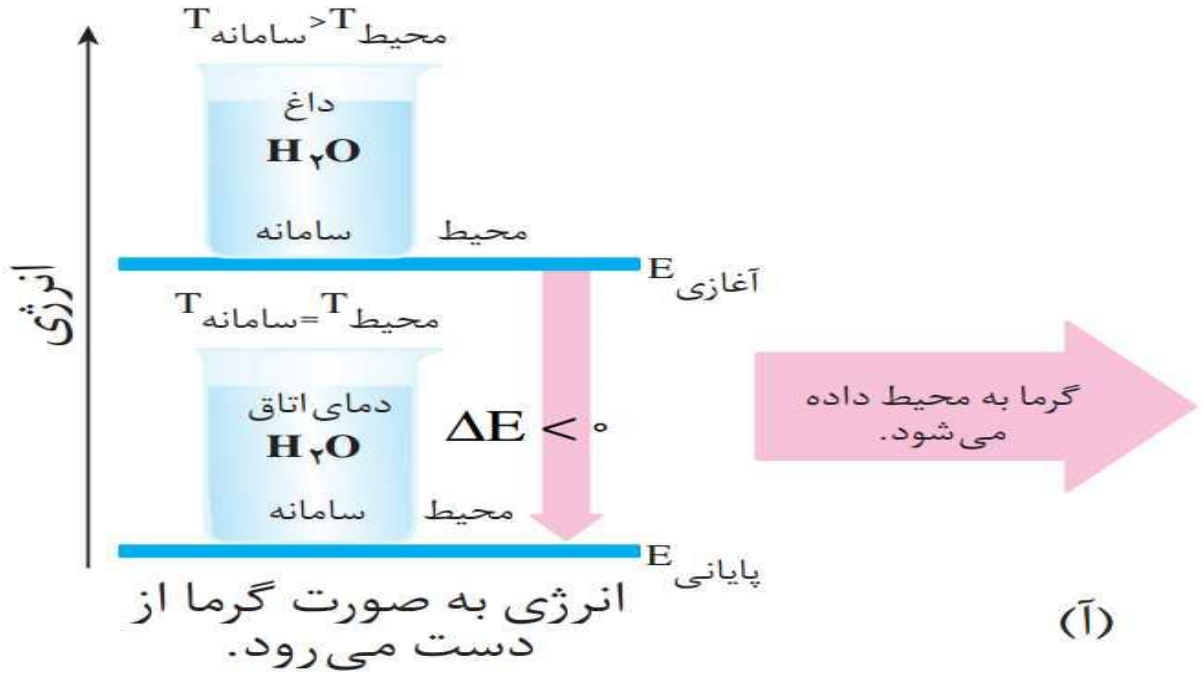
$$E_۲ < E_۱ \Rightarrow \Delta E = E_۲ - E_۱ = q < ۰$$

عدد کوچک تر عدد بزرگ تر

واما نمودار تغییر انرژی سامانه



مثال ۲: سامانه ای بسته که از ۱۰۰گرم آب داغ با دمای ۸۰درجه سانتیگراد تشکیل شده ، روی میزآزمایشگاه قرارمی گیرد . به محیط آزمایشگاه گرما می دهد و پس از مدتی با آن هم دما می شود . نمودار تغییر انرژی درونی آن به شکل زیر است:



سوال : در صورتی که دمای آزمایشگاه $20^{o}C$ باشد ، ΔE سامانه را حساب کنید .(با از گرمایی که توسط اجزای دیگر سامانه به جز آب مبادله می شود صرف نظر شود).

تمرین : خوردن شیر داغ با دمای ۶۰ درجهٔ سانتیگراد ، باعث تبادل انرژی میان شیر و بدن می شود . این تبادل انرژی را می توان به دو مرحلهٔ زیر تفکیک کرد .

مرحلهٔ اول : هم دما شدن شیر با بدن

شیر (37^oC) → شیر(60^oC)

مرحلهٔ دوم : گوارش و سوخت وساز شیر در بدن

فرآورده ها (37^oC) $\xrightarrow{\text{سوخت وساز}}$ شیر ($37\ ^oC$)

آ) گرماگیر بودن و گرما بودن هر مرحله را مشخص کنید .

ب) Q را در معادله هر مرحلهٔ وارد کنید .

پ) علامت Q را برای هرمرحلهٔ تعیین کنید .

ت) نمودار تغییر انرژی را برای هر مرحلهٔ رسم کنید .

توجه توجه : **بخش عمدهٔ انرژی** موجود در مادهٔ غذایی ، **هنگام گوارش** (بعد از هم دما شدن) به بدن می رسد . (یعنی مرحلهٔ دوم)

تمرین : خوردن بستنی با دمای ۱۵- درجهٔ سانتیگراد ، باعث تبادل انرژی میان آن و بدن می شود . این تبادل انرژی را می توان به دو مرحلهٔ زیر تفکیک کرد .

مرحلهٔ اول : هم دما شدن بستنی با بدن

مرحلهٔ دوم : گوارش و سوخت وساز بستنی در بدن

آ) گرماگیر بودن و گرما بودن هر مرحله را مشخص کنید.

ب) معادلهٔ فرآیند انجام شده در مرحله را نوشته و Q را در آن وارد کنید .

پ) علامت Q را برای هرمرحلهٔ تعیین کنید .

ت) نمودار تغییر انرژی را برای هر مرحلهٔ رسم کنید .

(پیوند با صنعت)
صفحهٔ ۶۰

تمرین : گرمای تبخیر مولی آب ۴۱/۱kJ است .

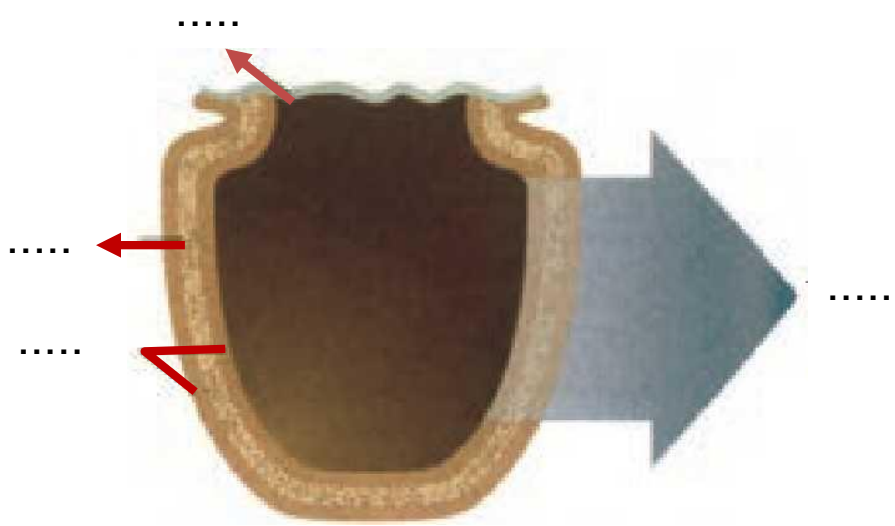
آ) معادله فرآیند تبخیر آب را نوشته و گرمای فوق را در معادله وارد کنید .

ب) نمودار تغییر انرژی را به هنگام تبخیر آب رسم کنید .

پ) علامت Q در این فرآیند مثبت است یا منفی ؟

یخچال صحرایی

یخچال صحرایی توسط محمد باه آبا اهل نیجریه طراحی و ساخته شده است . ساختار و طرز کار این دستگاه چگونه است ؟



پایان قسمت اول جلسه آینده امتحان

ترموشیمی (گرماشیمی)

یک واکنش شیمیایی **ممکن است** با تغییر رنگ ، تولید رسوب ، آزاد شدن گاز و ایجاد نور و صدا همراه باشد . اما در **همهٔ آن ها** ، مبادلهٔ گرما با محیط انجام می دهد .

بنابراین :

داد وستد گرما میان یک واکنش شیمیایی و محیط انجام آن ، **یک ویژگی بنیادی** برای همهٔ واکنش ها به حساب می آید .

ترموشیمی ، دانشی است که این ویژگی بنیادی را مورد توجه قرار می دهد .

تعریف ترموشیمی:

ترموشیمی ، شاخه ای از علم شیمی است که :

۱- به **بررسی کمی وکیفی گرمای** واکنش های شیمیایی می پردازد .

۲- **تغییرات انرژی گرمایی** را بررسی می کند .

۳- **تأثیر انرژی گرمایی را بر روی حالت** مواد مطالعه می کند .

نقش و اهمیت ترموشیمی در زندگی

واکنش های زیادی در درون بدن و اطراف ما صورت می گیرد که با **تبادل گرما** همراه هستند . مانند :

✓ **گوارش مواد غذایی** که انرژی لازم برای سوخت وساز یاخته ها را فراهم می کند .

✓ **سوختن سوخت ها** که انرژی لازم برای حمل و نقل و گرمایش محیط های گوناگون را فراهم می کند .

✓ **سوختن زغال کک** که انرژی لازم برای استخراج آهن را تأمین می کند .

زغال کک : مادهٔ جامدی است که از تقطیر زغال سنگ بدست می آید ودرصد کربن آن بالاتراز زغال سنگ است .

منبع انرژی بدن

منبع انرژی بدن غذا است . انرژی غذا پس از انجام واکنش های گوناگون به بدن می رسد . هر یک از این واکنش ها می توانند گرماگیر یا گرماده باشند .

مثال ۱: اکسایش گلوکز در بدن گرماده است .

واکنش و نمودار تغییر انرژی آن را بنویسید .

مثال ۲ : فرایند فتوسنتز (عکس واکنش اکسایش گلوکز) گرما گیر است . واکنش آن نوشته و نمودار تغییر انرژی را رسم کنید .

چگونه ممکن است با وجود تبادل گرما ، دمای سامانه ثابت بماند ؟

به هنگام اکسایش گلوکز در بدن ، گرمای زیادی میان واکنش ومحیط آن (بدن) مبادله می شود ، اما دمای بدن همچنان ثابت باقی می ماند . ($\Delta\theta=0$)

$$C_6H_{12}O_6(s) + 6O_2(g) \rightarrow 6CO_2(g) + 6H_2O(l) + Q$$

دمای ۳۷°C دمای ۳۷°C

دمای یکسان واکنش دهنده ها (سمت چپ) و فرآورده ها (سمت راست) نشان می دهد که **انرژی گرمایی** واکنش دهنده ها و فرآورده ها تفاوت چندانی ندارد .

بنابراین منشأ گرمای زیادی که به بدن می دهد از کجاست ؟

دانشمندان بر این باورند که یک نمونه ماده علاوه بر انرژی گرمایی مقداری انرژی پتانسیل (شیمیایی) دارد . در واکنش های گرماده ، مانند واکنش بالا ، بخشی از انرژی پتانسیل واکنش دهند ها به انرژی گرمایی تبدیل شده و موادی با انرژی پتانسل کم تر ایجاد می شود .

در دمای ثابت ۳۷°C

$$C_6H_{12}O_6(s) + 6O_2(g) \rightarrow 6CO_2(g) + 6H_2O(l) + Q$$

انرژی پتانسیل بیش تر — انرژی پتانسیل کم تر

قانون پایستگی انرژی ⟸ انرژی پتانسیل کم تر + Q = انرژی پتانسیل بیش تر

توجه توجه : انرژی گرمایی مبادلهٔ دریک واکنش شیمیایی **به طورعمده** وابسته به تفاوت در **انرژی پتانسیل** واکنش دهنده ها و فرآورده ها است .

منشأ انرژی پتانسیل (شیمیایی)

انرژی پتانسیل یک نمونه ماده ، انرژی ناشی از نیروهای نگهدارنده ذره های سازنده ماده کنار یگدیگر است .

به مثال زیر توجه کنید :

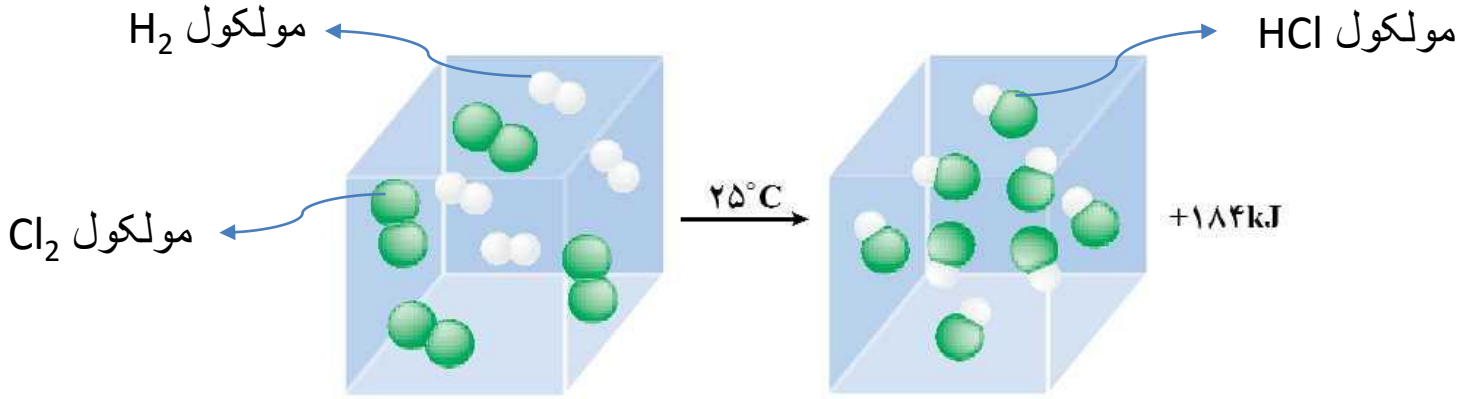
سامانه ای شامل **یک مول گاز** هیدروژن و یک **مول گاز کلر** با دمای ۲۵ ^{o}C را در نظر بگیرید . گاز های هیدروژن و کلر موجود در سامانه با شدت واکنش داده و ۲ مول گاز **هیدروژن کلرید** با دمای ۲۵ ^{o}C تولید می کنند ودر اثر انجام این واکنش ۱۸۴کیلوژول انرژی گرمایی آزاد می شود .

به توجه به دمای ثابت سامانه (۲۵ ^{o}C) ، این انرژی گرمایی ناشی از تفاوت انرژی پتانسیل مواد واکنش دهنده و فرآورده در سامانه است .

(نه از تفاوت انرژی گرمایی . چرا؟)

چرا این تفاوت انرژی پتانسیل میان واکنش دهنده ها وفرآورده ها وجود دارد ؟

برای یافتن پاسخ این سوال به شکل اسلاید بعد توجه کنید .



$$H - H\,(g) + Cl - Cl\,(g) \rightarrow 2\ H - Cl\,(g) + 184\ kJ$$

انرژی پتانسیل فرآورده ها > انرژی پتانسیل واکنش دهنده ها

همانطور که می بینید ، با انجام واکنش ، شیوه اتصال اتم ها به تغییر کرده و همین عامل باعث تفاوت در انرژی پتانسیل واکنش دهنده ها و فرآورده ها شده است . و این تفاوت انرژی به شکل گرما در واکنش ظاهر شده است .

تمرین : چه تعداد از مطالب زیر در مورد واکنش میان گاز های هیدروژن و کلر در دمای ثابت، درست است ؟ (گاج بهمن ۹۶)

آ) واکنش مورد نظر در دمای $25^{o}C$ به طور شدید انجام می شود .

ب) در این واکنش ، انرژی جنبشی یا همان انرژی شیمیایی فرآورده ها از واکنش دهند ه ها کم تر است .

پ) گرمای مبادله شده در این واکنش ، ناشی از تفاوت انرژی گرمایی در مواد واکنش دهنده و فرآورده است .

ت) در دما وفشار ثابت ، حجم فرآورده ی تولید شده برابر با مجموع حجم واکنش دهنده ی مصرفی است .

۱) ۱

۲) ۲

۳) ۳

۴) ۴

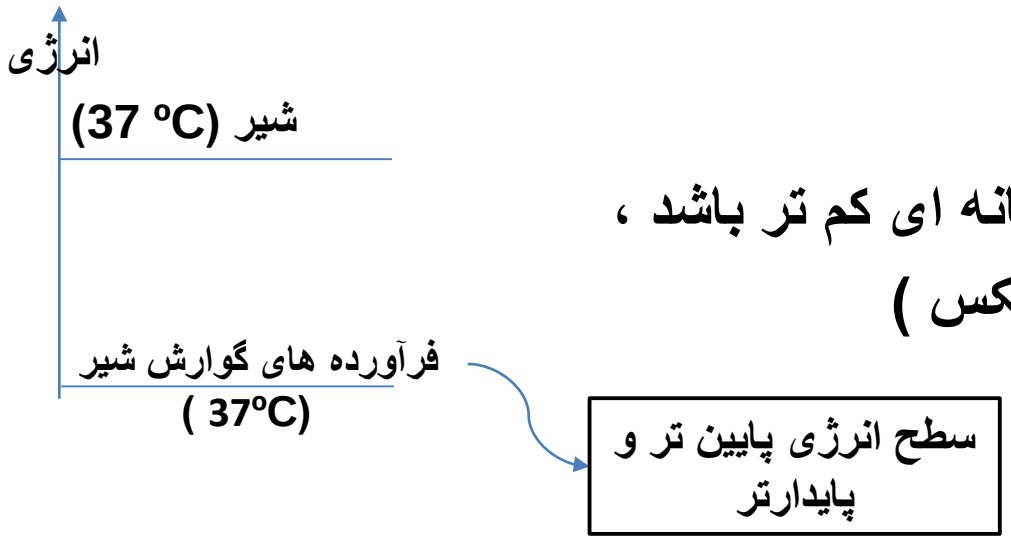
محتوا یا سطح انرژی سامانه

هر سامانه ای به جز انرژی گرمایی ، مقداری انرژی پتانسیل دارد که به مجموع این دو انرژی ، محتوا یا سطح انرژی سامانه می گویند .

انرژی گرمایی + انرژی پتانسیل = محتوا یا سطح انرژی سامانه

انرژی گرمایی = مجموع انرژی های جنبشی ذرات سامانه

انرژی پتانسیل یا انرژی شیمیایی = انرژی ناشی از برهم کنش (جاذبه و دافعه) ذرات سامانه



نکتهٔ مهم : **هر چه محتوای انرژی سامانه ای کم تر باشد ، پایداری آن بیش تر است . (رابطهٔ عکس)**

تمرین : چه تعداد از عبارت های زیر درست است ؟(گاج-بهمن ۹۶)

آ) یک ویژگی بنیادی در همه ی واکنش های شیمیایی ، داد وستد گرما با محیط است .

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

پ) در معادلهٔ موازنه شده ی واکنش اکسایش گلوکز، ضریب سه ماده با هم برابر است .

ت) در واکنش های گرماگیر ، سطح انرژی مواد ، افزایش و پایداری آن ها کاهش می یابد .

۱) ۱

۲) ۲

۳) ۳

۴) ۴

عوامل موثر بر گرمای واکنش
در دما وفشار ثابت

گرمای یک واکنش ، یکی از ویژگی های کاربردی و بنیادی آن است .

گرمای یک واکنش به عوامل زیر بستگی دارد .

۱- نوع واکنش دهنده ها

$N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g) + 92kJ$

$N_2H_4(g) + H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g) + 183kJ$

۲- نوع فراورده ها

$C(s,\text{گرافیت}) + O_2(g) \rightarrow CO(g) + 110\ kJ$

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

۳- مقدار واکنش دهنده ها

$$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l) + 572\ kJ$$

$$H_2(g) + \frac{۱}{۲}O_2(g) \rightarrow H_2O(l) + 286\ kJ$$

۴ – حالت فیزیکی واکنش دهنده ها و فرآورده

$$C_2H_5OH(l) + 3\ O_2(g) \rightarrow 2\ CO_2(g) + 3H_2O(g) + 1368\ kJ$$

$$C_2H_5OH(g) + 3\ O_2(g) \rightarrow 2\ CO_2(g) + 3H_2O(g) + 1406/6\ kJ$$

$$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g) + 484\ kJ$$

$$2\ H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2\ H_2O(l) + 572\ kJ$$

توجه توجه : دما وفشار هم بر روی مقدار گرمای واکنش اثر دارد . ۴ عامل بالا ، عوامل مؤثر در دما وفشار ثابت است .

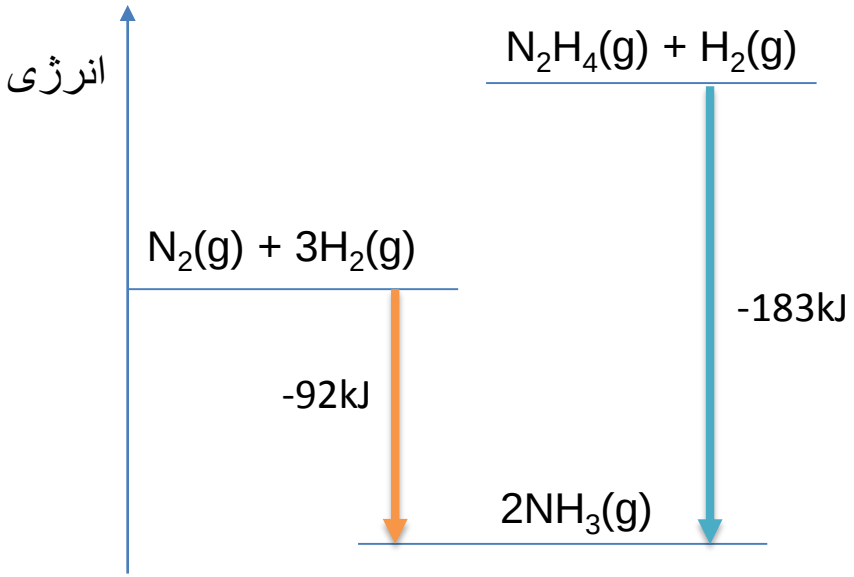
با هم بیندیشیم صفحهٔ ۶۳ را حل کنید . (خیلی خیلی مهم)

در ارتباط با « با هم بیندیشیم » صفحه ۶۳

1) $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g) + 92kJ$

2) $N_2H_4(g) + H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g) + 183kJ$

هیدرازین



- ✓ این نمودار نشان می دهد که واکنش دهنده های واکنش دوم سطح انرژی بالاتری ازواکنش دهنده های واکنش اول دارند ، بنابراین **N_2H_4 یک ترکیب باسطح انرژی بالا و ناپایدار است** .
- ✓ هر دو واکنش در دمای ثابت (25^oC) انجام می شوند بنابراین انرژی گرمایی حاصل از هر دو واکنش مربوط به تفاوت انرژی پتانسیل واکنش دهنده ها با فراورده ها است .
- ✓ تفاوت انرژی گرمایی آزاد شده در این دو واکنش مربوط به تفاوت مقدار هیدروژن در واکنش دهنده ها و هم چنین نوع پیوند ها در N_2 و N_2H_4 است .

آلوتروپ یا دگرشکل

به شکل های مختلف مولکولی یا بلوری یک عنصر در طبیعت ، آلوتروپ ها یا دگرشکل های آن عنصر گفته می شود .

آلوتروپ های یک عنصر از نظر سطح انرژی ، خواص فیزیکی وشیمیایی ، نوع و ماهیت پیوند و گاهی جرم مولی ، با هم تفاوت دارند .

مثال :

آلوتروپ های عنصر اکسیژن

۱) گاز اکسیژن (O_2) به جرم مولی $32g.mol^{-1}$

۲) گاز اوزون (O_3) به جرم مولی $48\ g.mol^{-1}$

اوزون نسبت به اکسیژن ناپایدارتر بوده ، بنابراین سطح انرژی ..... دارد .

آلوتروپ های کربن

۱) گرافیت (C) به جرم مولی $12g.mol^{-1}$

۲) الماس (C) به جرم مولی $12g.mol^{-1}$

الماس نسبت به گرافیت ، سطح انرژی بالاتری داشته بنابراین ..... کم تر است .

۳) دوده

۴) فولرن

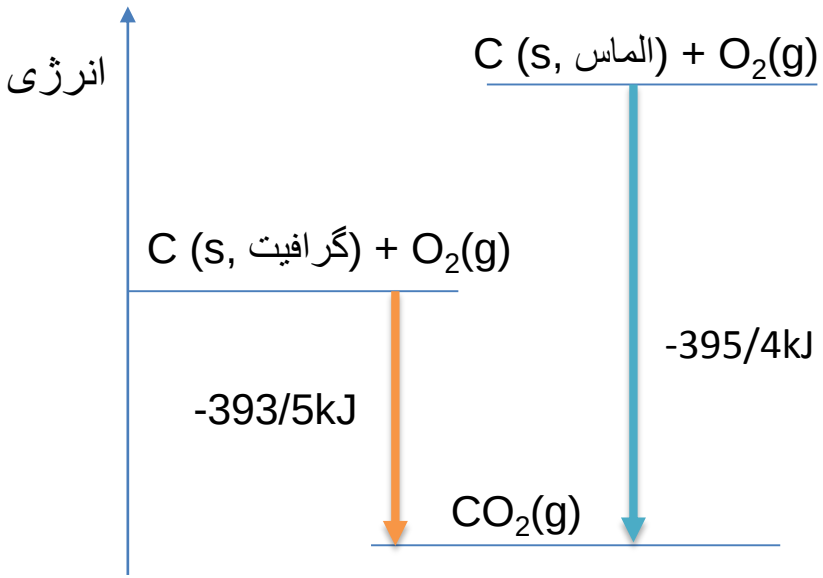
گرافیت و الماس

عنصر کربن دارای چندین آلوتروپ است که دوتا از آلوتروپ های مهم آن **الماس** و **گرافیت** هستند .

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

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

واکنش ها و نمودار مقابل نشان می دهد که :

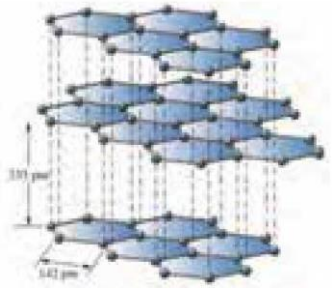


✓ الماس نسبت به گرافیت سطح انرژی بالاتری داشته و ناپایدارتر است .

این تفاوت ، مربوط به ساختار این دو آلوتروپ و پیوند میان اتم های کربن است .

✓ در گرافیت هر کربن به سه اتم کربن پیوند داشته و سا ختار لایه ای دارد .

✓ در الماس هر کربن با چهار اتم کربن پیوند دارد و ساختار آن سه بعدی است .



تمرین : گرمای مبادله شده در یک واکنش شیمیایی به چه تعداد موارد زیر بستگی دارد ؟
(گاج – بهمن ۹۶)

- نوع مواد واکنش دهنده
- مقدار مواد واکنش دهنده
- حالت فیزیکی واکنش دهنده ها
- حالت فیزیکی فرآورده ها
- دمای انجام واکنش
- فشار انجام واکنش

۱) ۶
۲) ۵
۳) ۴
۴) ۳

تمرین : گرمای آزاد شده در یک واکنش شیمیایی ، بیش تر ناشی از کدام مورد است ؟ (سنجش – بهمن ۹۶)

۱) تغییر حالت فیزیکی مواد

۲) تغییر در شیوهٔ اتصال اتم ها

۳) تفاوت جرم واکنش دهنده ها و فرآورده ها

۴) تفاوت در انرژی جنبشی واکنش دهنده ها و فرآورده ها

تمرین : چه تعداد از مطالب زیر در مورد الماس و گرافیت درست است ؟

(گاج-بهمن ۹۶)

آ) گرافیت و الماس دو آلوتروپ کربن هستند که فرآورده ی واکنش سوختن کامل آن ها ، گاز CO_2 است .

ب) واکنش تبدیل گرافیت به الماس با مصرف انرژی همراه است .

پ) درصد جرمی کربن در گرافیت ، بیش تر از الماس است .

ت) در دما و فشار یکسان ، الماس پایدارتر از گرافیت است .

۱) ۴

۲) ۳

۳) ۲

۴) ۱

تمرین : با توجه به واکنش : $3O_2(g) \rightarrow 2O_3(g)$, $\Delta H = +286kJ$ ، برای تجزیه ۰/۵ مول اوزون ، چند کیلوژول گرما مبادله می شود و علامت Q ، کدام است ؟ (سنجش- بهمن ۹۶)

۱) ۷۱/۵ ، منفی

۲) ۱۴۳ ، مثبت

۳) ۷۱/۵ ، مثبت

۴) ۱۴۳، منفی

آنتالپی (H)

به محتوای انرژی یک سامانه، یعنی مجموع انرژی های جنبشی (گرمایی) و انرژی های پتانسیل (شیمیایی) آن ، در دما وفشار ثابت ، آنتالپی سامانه گفته می شود .

بنابراین :

انرژی کل یک سامانه در دما وفشار ثابت = آنتالپی سامانه (H)

آنتالپی یک سامانه از جنس انرژی است و انرژی هیچ سامانه ای را نمی توان به طور مطلق اندازه گیری کرد .

اما تغییر آنتالپی (ΔH) یک سامانه را می توان اندازه گیری کرد . بررسی های دانشمندان نشان می دهد که :

تغییر آنتالپی (ΔH) یک سامانه برابر با گرمایی است که در **فشار ثابت** با محیط پیرامون مبادله می کند . یعنی :

$$\Delta H = H_2 - H_1 = Q_p$$

$$\Delta H = H_2 - H_1 = Q_p$$

H_2: آنتالپی نهایی سامانه (غیر قابل اندازه گیری)

H_1: آنتالپی اولیه سامانه (غیر قابل اندازه گیری)

Q_p: گرمای مبادله شده توسط سامانه در فشار ثابت (قابل اندازه گیری)

این رابطه برای یک واکنش شیمیایی به شکل زیر بکار می رود .

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = H_{\text{فرآورده ها}} - H_{\text{واکنش دهنده ها}} = Q_p$$

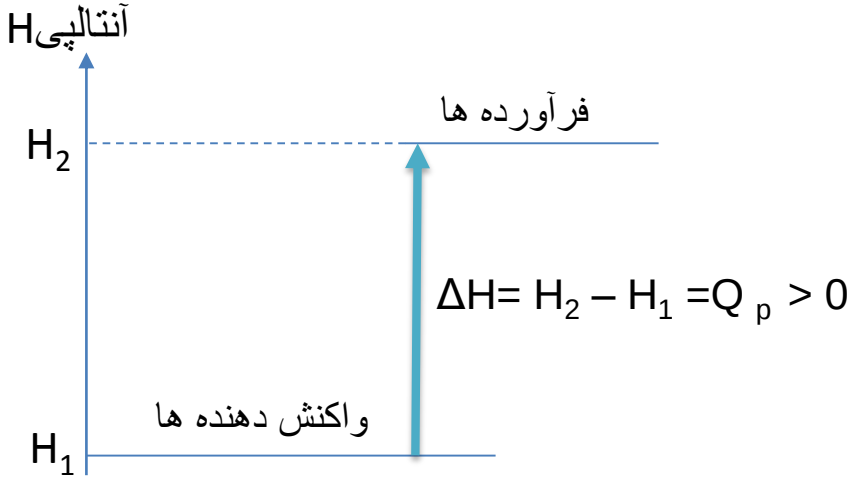
نکته : مقدار عددی ΔH یا قدر مطلق آن بزرگی آن را نشان می دهد، در حالی که علامت ΔH نشان دهندهٔ گرماگیر بودن یا گرماده بودن واکنش است .

توجه : در اغلب موارد به جای واژه « تغییر آنتالپی واکنش»، از واژهٔ « آنتالپی واکنش » استفاده می شود .

علامت ΔH در فرآیند های گرماگیر و گرماده

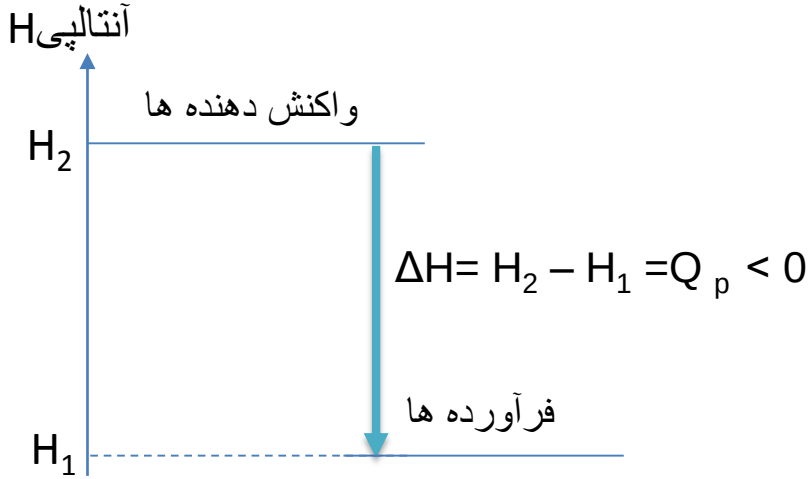
الف) فرآیندهای گرماگیر

در فرآیند های گرماگیر ، آنتالپی سامانه با جذب گرما بیش تر شده ($H_2 > H_1$)، بنابراین علامت **ΔH** مثبت خواهد بود .



الف) فرآیندهای گرماده

در فرآیند های گرماده ، آنتالپی سامانه با دادن گرما کاهش می یابد ($H_1 > H_2$)، بنابراین علامت **ΔH** منفی خواهد بود .



سوال : در فرآیند های بی گرما ، مقدار **ΔH** چقدر خواهد بود ؟ نمودار تغییر آنتالپی آن را رسم کنید .

عوامل مؤثر بر آنتالپی واکنش

قبلا عواملی را که بر گرمای یک واکنش در دما وفشار ثابت مؤثر بود بیان کردیم و دانستیم که تغییر آنتالپی یا آنتالپی یک واکنش برابر با گرمای مبادله شده توسط آن واکنش در فشار ثابت است . ($\Delta H = Q_p$)

بنابراین همهٔ عواملی که بر گرمای واکنش مؤثر بودند ، بر آنتالپی واکنش نیز مؤثر هستند . مانند :

۱- دما وفشارسامانه

به هنگام گزارش آنتالپی یک سامانه علاوه بر مشخص بودن دما وفشار ، باید دما وفشار برای واکنش دهنده ها و فراورده ها یکسان باشد .

۲- مقدار واکنش دهنده ها

۳- حالت فیزیکی واکنش دهنده ها و فرآورده ها

سوال :

در کدام یک از واکنش های زیر ، گرمای بیش تری آزاد می شود ؟

۱) $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$

۲) $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l)$

۳) $2H_2(l) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l)$

۴) $2H_2(l) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$

چند نکته در مورد آنتالپی واکنش

۱- اگر معادلهٔ یک فرآیند فیزیکی یا شیمیایی وارونه (معکوس) شود ، تغییر آنتالپی آن قرینه می شود .

زیرا اگر واکنش در جهت رفت گرماده باشد ($\Delta H<0$)، در جهت برگشت گرماگیر خواهد بود .($\Delta H>0$)

$N_2(g) + 3\,H_2(g) \rightarrow 2\,NH_3(g) + 92kJ \qquad \Delta H = -92kJ$

$2\,NH_3(g) + 92kJ \rightarrow N_2(g) + 3\,H_2(g) \qquad \Delta H = +92kJ$

✓ این دو واکنش را می توان به شکل زیر نمایش داد که به طور قرار دادی ΔH برای واکنش رفت نمایش داده می شود .

$N_2(g) + 3\,H_2(g) \rightleftarrows 2\,NH_3(g) + 92kJ \qquad \Delta H = -92kJ$

توجه : **تعریف واکنش ترموشیمیایی (واکنش گرماشیمیایی):**
واکنش شیمیایی است که با ΔH مربوط به آن ، نمایش داده می شود.
(مانند واکنش های بالا)

۲- اگر دو طرف معادله ی یک واکنش را در عددی ضرب و یا بر عددی تقسیم کنیم ، آنتالپی واکنش نیز در آن عدد ضرب و یا بر آن عدد تقسیم می شود .

$2\ H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2\ H_2O(l) \qquad \Delta H = -572\ kJ$

$H_2(g) + \frac{۱}{۲}\ O_2(g) \rightarrow H_2O(l) \qquad \Delta H = \frac{-۵۷۲}{۲} = -286\ kJ$

$4\ H_2(g) + 2\ O_2(g) \rightarrow 4\ H_2O(l) \qquad \Delta H = 2\ (-572\ kJ) = -1144\ kJ$

آنتالپی و استوکیومتری

برای محاسبه گرمای یک واکنش با استفاده از آنتالپی آن ، از ضریب تبدیل استفاده می کنیم . برای آشنایی با این ضریب تبدیل به مثال زیر توجه کنید :

$$2\,H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2\,H_2O(l) \qquad \Delta H = -572\ kJ$$

این واکنش نشان می دهد که :

« ۲ مول گاز هیدروژن با ۱ مول گازاکسیژن واکنش داده و ۲ مول آب مایع تشکیل شده و ۵۷۲ کیلوژول گرما آزاد می شود . »

بنابراین کسر های تبدیل زیر را می توان برای این واکنش نوشت :

$$\frac{۲\text{mol}H_۲}{-۵۷۲\text{kJ}} \qquad \frac{۱\text{mol}O_۲}{-۵۷۲\text{kJ}} \qquad \frac{۲\text{mol}H_۲O}{-۵۷۲\text{kJ}}$$

تمرین :از سوختن ۸ گرم گاز هیدروژن با توجه به واکنش زیر ، چند کالری گرما آزاد می شود ؟ ($H=1 , O=16 : g.mol^{-1}$)

$$2\,H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2\,H_2O(l) \qquad \Delta H = -572\ kJ$$

$8\ g\ H_2$ — $?\ Cal$

$$?\,cal = ۸\,g\,H_۲ \times \frac{۱\,mol\,H_۲}{۲\,g H_۲} \times \frac{-۵۷۲ kJ}{۲ mol H_۲} \times \frac{۱۰۰۰ J}{۱ kJ} \times \frac{۱ cal}{۴/۱۸ J} = ۲۷۳۶۸۴/۲۱ kJ$$

ضریب تبدیل جدید

تمرین :از سوختن ۱/۲ گرم منیزیم در گاز اکسیژن 30kJ گرما آزاد می شود . گرمای لازم برای واکنش تجزیه زیر ، برحسب کیلو ژول کدام است ؟ ($Mg=24 : g.mol^{-1}$)

$$2MgO \rightarrow 2\,Mg + O_2$$

۱) ۶۰

۲) ۶۰۰

۳) ۱۲۰۰

۴) ۲۴۰۰

تمرین : نمونه ای از گاز SO_3 درون یک سیلندر با پیستون متحرک قرار داده شده است . اگر ۴۰ % این گاز مطابق واکنش زیر تجزیه شود ، حجم گاز های درون سیلندر در شرایط STP برابر ۶۷/۲ لیتر خواهد بود . بر اثر تجزیه کامل نمونه ی اولیه ی SO_3 چند کیلوژول گرما مبادله می شود ؟ (گاج-بهمن ۹۶)

$$2SO_3(g) \rightarrow 2SO_2(g) + O_2(g) \quad \Delta H = +200kJ$$

۱) ۲۴۰

۲) ۲۲۰

۳) ۲۰۰

۴) ۲۵۰

تمرین : کدام موارد زیر در شاخه ی ترموشیمی (گرما شیمی) بررسی می شود ؟

آ) بررسی کمی و کیفی گرمای واکنش های شیمیایی

ب) تغییر گرمای واکنش ها و تأثیر آن بر حالت ماده

پ) تأثیر دما بر سرعت انجام واکنش های شیمیایی

ت) محاسبه انرژی حاصل از مواد غذایی

ث) مقایسهٔ کمی و کیفی بازده واکنش های گرما گیر و گرماده

۱) «آ» و «ب» و «پ»

۲) «آ» و «ب» و «ت»

۳) «ب» و «پ» و «ث»

۴) «آ» و «پ» و «ث»

برخی از تغییر آنتالپی های مهم

۱- آنتالپی تشکیل ($\Delta H_{تشکیل}$)

۲- آنتالپی سوختن ($\Delta H_{سوختن}$)

۳- آنتالپی تبخیر ($\Delta H_{تبخیر}$)

۴- آنتالپی ذوب ($\Delta H_{ذوب}$)

۵- آنتالپی تصعید ($\Delta H_{تصعید}$)

۶- آنتالپی پیوند و متوسط آنتالپی پیوند($\Delta H_{پیوند}$)

آنتالپی تشکیل

به تغییر آنتالپی واکنشی گفته می شود که ،در طی آن یک مول ماده ای از عنصرهای سازنده اش ،در دما وفشار معین تشکیل شود.

مثال : آنتالپی استاندارد تشکیل متان $-۷۵kJ.mol^{-۱}$ است .

یعنی به هنگام تشکیل یک مول متان ، از عنصر های سازنده اش در شرایط استاندارد ، ۷۵ کیلوژول گرما آزاد می شود .

و آنرا چنین می نویسند :

$$\Delta H^{\circ}_{\text{تشکیل}}\ [CH_{۴}(g)] = -۷۵kJ.mol^{-۱}$$

معادله شیمیایی مناسب و نمودارتغییر انرژی ، برای تغییر آنتالپی :

$$\Delta H^\circ_{\text{تشکیل}}\ [CH_4(g)] = -75\,kJ.mol^{-1}$$

به شکل زیر است :

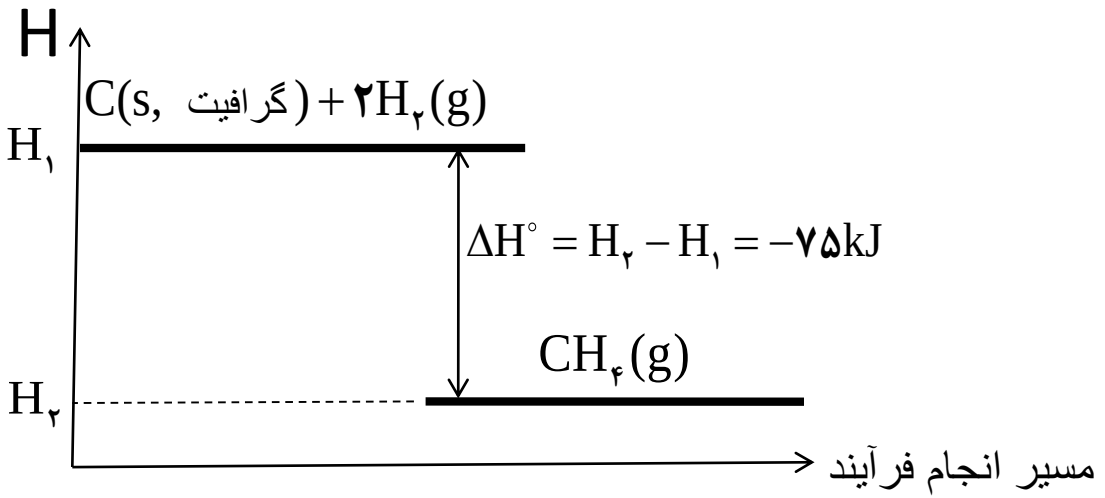
$$C(s, \text{گرافیت}) + 2H_2(g) \rightarrow CH_4(g) \qquad \Delta H^\circ = -75\,kJ$$

و یا

$$C(s, \text{گرافیت}) + 2H_2(g) \rightarrow CH_4(g) + 75\,kJ$$

معادله ی شیمیایی

نمودار تغییر آنتالپی:



تمرین : آنتالپی استاندارد تشکیل اتن ($C_2H_4(g)$) ، ۵۲ کیلو ژول بر مول است :

آ) مفهوم این عدد را توضیح دهید .

ب) معادله شیمیایی مناسب با این تغییر آنتالپی را بنویسید .

پ) نمودار تغییر آنتالپی را برای آن رسم کنید.

تمرین : در هر مورد واکنش شیمیایی مناسب را نوشته و نمودار تغییر آنتالپی را رسم کنید.

۱) $\Delta H^\circ_{\text{تشکیل}}[NaCl(s)] = -۴۱۱ kJ.mol^{-۱}$

۲) $\Delta H^\circ_{\text{تشکیل}}[CH_۳OH(l)] = -۲۷۸ kJ.mol^{-۱}$

۳) $\Delta H^\circ_{\text{تشکیل}}[NO_۲(g)] = ۳۴ kJ.mol^{-۱}$

نکته :

به طور قراردادی آنتالپی استاندارد تشکیل ($\Delta H^{o}_{\text{تشکیل}}$) پایدارترین دِگر شکل یک عنصر در حالت استاندارد ، صفر در نظر گرفته شده است.

به عنوان مثال آنتالپی استاندارد تشکیل گرافیت (پایدارترین آلوتروپ کربن) صفر است .

$$\Delta H^{\circ}_{\text{تشکیل}}[C(s), \text{گرافیت}] = ۰$$

اما آنتالپی استاندارد تشکیل الماس $+۱/۹ kJ.mol^{-۱}$ است.

سوال : آیا می توانید واکنش تشکیل الماس و نمودار تغییر آنتالپی مربوط به این واکنش را رسم کنید ؟

آنتالپی پیوند

مقدار انرژی لازم برای شکستن یک مول پیوند کووالانسی در حالت گازی (به طوری که الکترون های پیوندی بین دو اتم به طور مساوی تقسیم شود.) را آنتالپی پیوند یا انرژی پیوند می گویند .

مثال :

« آنتالپی پیوندِ H-H برابر با ۴۳۶ کیلو ژول بر مول است . »

یعنی برای شکستن یک مول پیوند کووالا نسی H-H در حالت گازی به ۴۳۶ کیلو ژول انرژی نیاز است . و آن را چنین می نویسند :

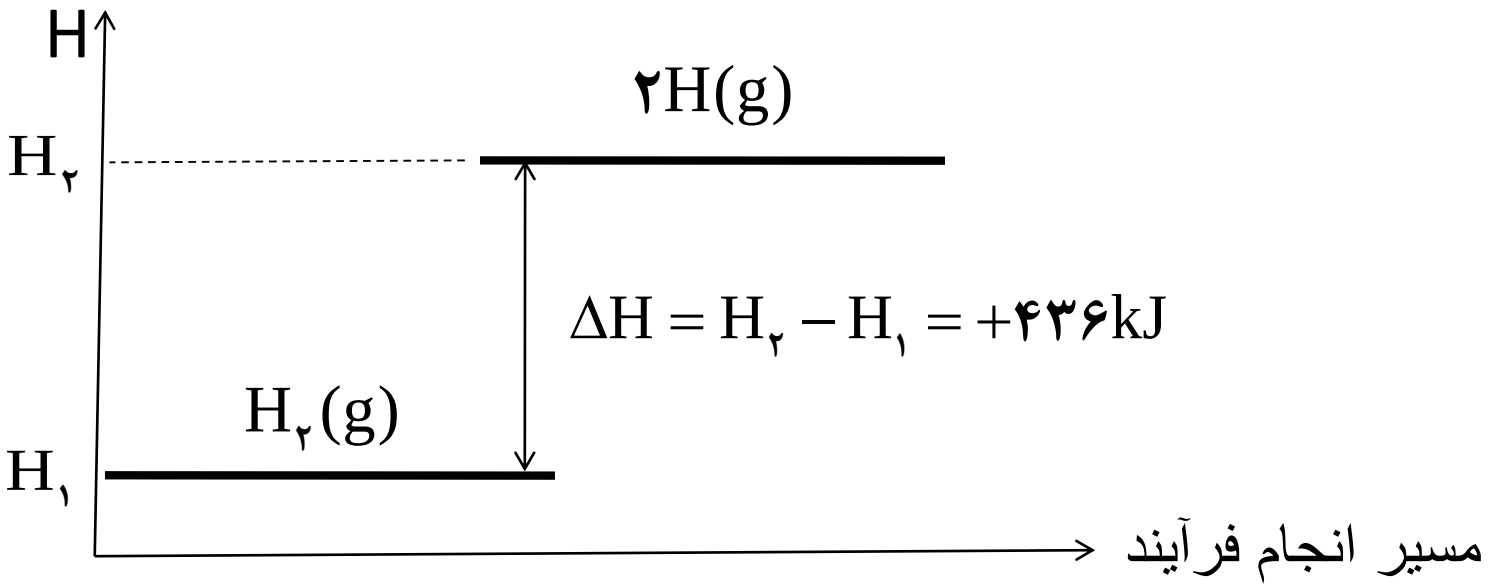
$$\Delta H_{H-H} = +\mathbf{436}\,kJ.mol^{-1}$$

معادله شیمیایی مناسب با این تغییر آنتالپی و نمودار آن به شکل زیر است .

یا :

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

$$H\!-\!H(g) + 436kJ \longrightarrow H^{\bullet}(g) + {}^{\bullet}H(g)$$



تمرین :

معادله شیمیایی مناسب با تغییر آنتالپی زیررا نوشته و نمودارِ مربوط به آن را رسم کنید .

$$\Delta H_{(O=O)} = ۴۹۶ kJ.mol^{-۱}$$

چند نکته در رابطه با آنتالپی پیوند

نکته ۱:

آنتالپی پیوند فقط در حالت گازی تعریف می شود .

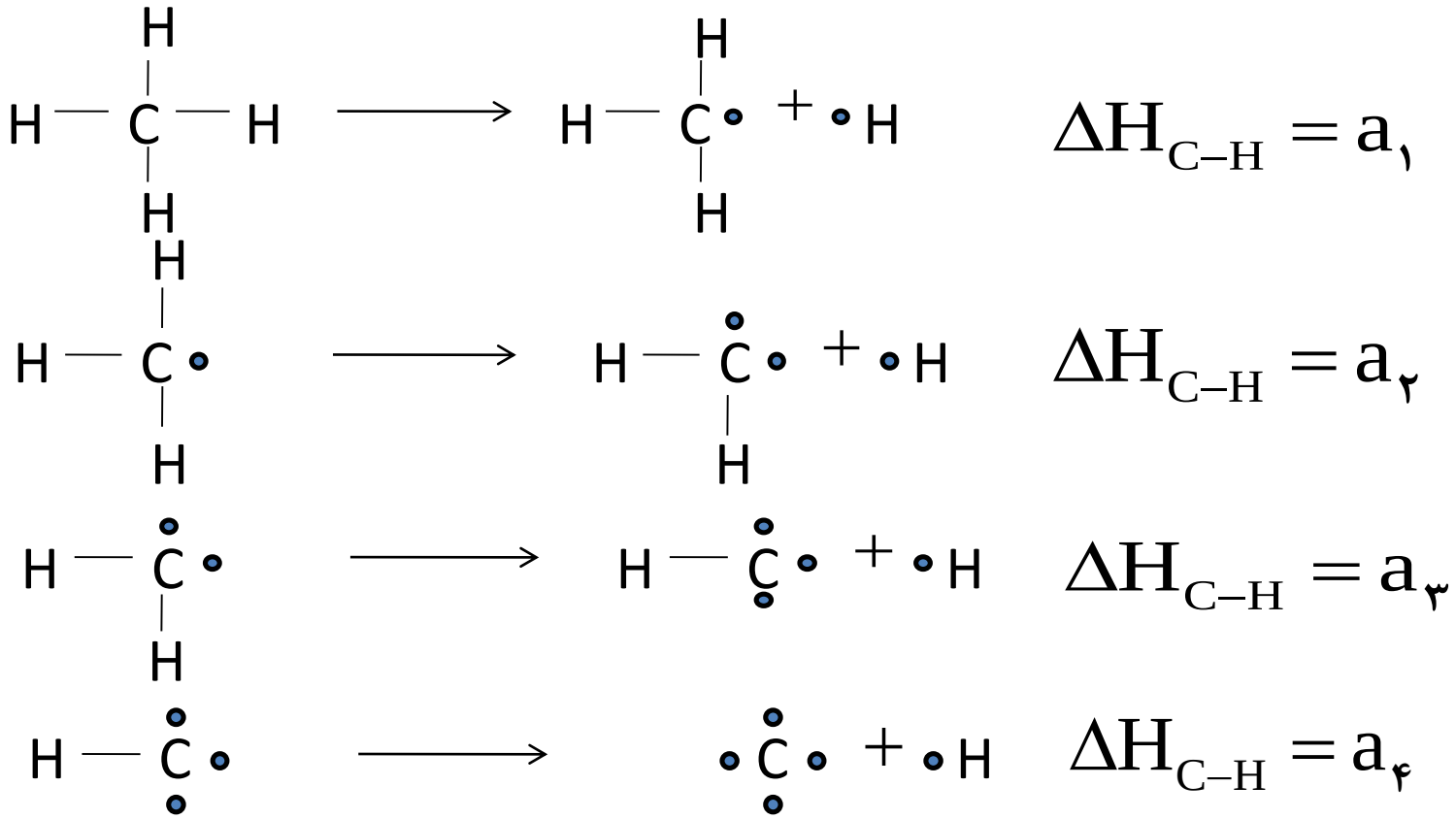
زیرا برای تغییر حالت ماده از جامد یا مایع به گاز انرژی لازم است و این انرژی ،باعث خطا در اندازه گیری انرژی پیوند می شود.

نکته ۲ :

*در **اغلب** موارد برای بیان آنتالپی پیوند ، **متوسط آنتالپی** آن پیوند اندازه گیری و بیان می شود .*

زیرا مقدارآنتالپی یک پیوند خاص مانند C-H در ترکیب های مختلف وحتی در یک ترکیب، متفاوت است .

مثال : در ساختار متان (CH_4) چهار پیوند C-H وجود دارد . فرایند شکسته شدن یک به یک این پیوند ها به شکل زیراست:



قطعاً ΔH این چهار واکنش که برابربا ΔH پیوند C-H است ، با هم برابر نخواهد بود . چرا ؟

بنابراین ΔH پیوند C-H به طور میانگین محاسبه وبیان می شود :

$$\Delta H_{C-H} = \frac{a_۱ + a_۲ + a_۳ + a_۴ + ... + a_n}{n}$$

تمرین : با توجه به واکنش زیر میانگین آنتالپی پیوند C – H در مولکول متان را بدست آورید .

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

نکته ۳:

دو عامل مهم موثر بر آنتالپی پیوند (انرژی پیوند) عبارتند از :

آ) طول پیوند (شعاع اتم های شرکت کننده در پیوند)

هر چه شعاع اتم های شرکت کننده در پیوند کم تر باشد، طول پیوند کوتاه تر بوده ، انرژی پیوند بیش تر باشد .

ترتیب آنتالپی پیوند $Cl-Cl > Br-Br > I-I$

ب) تعداد پیوند بین دو اتم (مرتبه پیوند)

هر چه مرتبه پیوند میان دو اتم بیش تر باشد، انرژی پیوند بیش تر است .

ترتیب آنتالپی پیوند $C \equiv C > C = C > C - C$

نکته ۴ :

انرژی یا آنتالپی پیوند ، مقدار انرژی لازم برای گسستن یا شکستن یک مول پیوند است که علامت آن همواره مثبت است .

اما انرژی یا آنتالپی تشکیل پیوند ، مقدارانرژی است که به هنگام تشکیل یک مول پیوند ،در حالت گازی آزاد می شود . و علامت آن همواره منفی است .

مقدار انرژی پیوند با مقدارانرژی تشکیل پیوند برابر است ، اما علامت آن ها قرینه ی یکدیگر است .

$$\Delta H_{\text{پیوند}} = -(\Delta H_{\text{تشکیل پیوند}})$$

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

جدول ۳- میانگین آنتالپی برخی پیوندها

پیوند	میانگین آنتالپی ($kJ\ mol^{-1}$)
C–O	۳۸۰
N–H	۳۹۱
O–H	۴۶۳
C–C	۳۴۸
C=C	۶۱۴
C≡C	۸۳۹
C=O	۷۹۹

سوال:

آ) چرا در عنوان جدول شماره ۲ از کلمه میانگین استفاده نشده ولی در جدول ۳ ازکلمه میانگین استفاده شده است ؟

ب) چرا آنتالپی پیوند H - F از آنتالپی پیوند H – Cl بیش تر است ؟

پ) چرا آنتالپی پیوند C - O از آنتالپی پیوند C = O بیش تر است ؟

خود را بیازمایید　　صفحهٔ ۶۶

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

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

تمرین : در چه تعداد از موارد زیر ، آنتالپی پیوند درست مقایسه شده است ؟

(گاج – بهمن ۹۶)

آ) $\Delta H(Br - Br) < \Delta H(I - I)$

ب) $\Delta H(H - Cl) < \Delta H(H - F)$

پ) $\Delta H(Cl - Cl) < \Delta H(H - H)$

ت) $\Delta H(C \equiv C) < \Delta H(N \equiv N)$

۱) ۱

۲) ۲

۳) ۳

۴) ۴

تمرین : اگر بدانیم $\Delta H(C-H)$ و $\Delta H(C-C)$ به ترتیب ۴۱۵ و ۳۴۸ کیلو ژول بر مول است ، ΔH واکنش i به اندازهٔ ..... کیلو ژول ..... از ΔH واکنش ii است . (گاج-بهمن ۹۶)

i) $C_2H_6(g) \rightarrow 2C(g) + 6H(g)$

ii) $C_3H_8(g) \rightarrow 3C(g) + 8H(g)$

۱) ۱۱۱۱، کم تر

۲) ۱۱۱۱ ، بیش تر

۳) ۱۱۷۸، کم تر

۴) ۱۱۷۸ ، بیش تر

تمرین : چند مورد از مطالب زیر درست است ؟

- آنتالپی پیوند C≡C ، از آنتالپی پیوند N≡N کم تر است .
- آنتالپی پیوند C≡C ، سه برابر آنتالپی پیوند C - C است .
- آنتالپی واکنش : $H_2O\ (g) \rightarrow O(g) + 2H(g)$ ، دو برابر آنتالپی پیوند O – H است .
- آنتالپی هرپیوند ، برابر انرژی لازم برای شکستن آن و تبدیل آن به اتم های گازی سازندهٔ آن است .

۱) ۱

۲) ۲

۳) ۳

۴) ۴

تمرین : برای تبدیل یک مول اتان به اتم های سازندهٔ آن ، چند کیلو ژول انرژی نیاز است ؟ (میانگین انتالپی های پیوند های C-H و C-C ، به ترتیب برابر ۴۱۵ و ۳۴۸ کیلو ژول بر مول است .)

۱) ۲۸۸۳

۲) ۲۸۳۸

۳) ۲۹۰۵

۴) ۳۲۶۵

پیوند با زندگی (صفحه ۶۶)

ادویه ها

کاربردها

۱) **افزودن به غذا** برای ایجاد رنگ ، بو و مزهٔ خوشایند

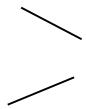
۲) **استفاده به عنوان دارو** برای جلوگیری از گرسنگی ، افزایش سوخت وساز ، جلوگیری از التهاب ، پیشگیری از سرطان وگاهی بهبود ویا رفع آن

- ✓ ترکیبات آلی موجود در ادویه ها علاوه بر کربن و هیدروژن ، عنصر های دیگری مانند اکسیژن و گاهی نیتروژن و گوگرد را در ساختار خود دارند .
- ✓ **تفاوت در ساختار** این ترکیبات آلی باعث **تفاوت در خواص** آن ها می شود .
- ✓ **گروه عاملی** موجود در این ترکیبات نقش تعیین کننده ای در تعیین خواص این ترکیبات و ادویه ها دارند .

گروه عاملی

به آرایش مشخصی ازاتم ها در یک ترکیب آلی گفته می شود که به مولکول آن ترکیب آلی خواص فیزیکی وشیمیایی ویژه‌ای می بخشد .

به عنوان مثال آرایش اتم های اکسیژن و کربن با پیوند دوگانه ، در گروه هایی از ترکیبات آلی (آلدهید ها و کتون ها) خواص ویژه ای به این ترکیبات می بخشند . که به این مجموعه گروه عاملی کربونیل می گویند .

گروه عاملی کربونیل 

قاز قبل نیز با چند نمونه از گروه های عاملی آشنا شده اید :

- ✓ گروه عاملی آلکنی ($C=C$) در آلکن ها
- ✓ گروه عاملی آلکینی ($C\equiv C$) در آلکین ها
- ✓ حلقه بنزنی (یا) در ترکیبات آروماتیک

نکته : **آلکان ها گروه عاملی ندارند** .

ترکیبات آلی اکسیژن دار

در ساختار این ترکیبا ت علاوه بردوعنصر کربن و هیدروژن ، عنصر اکسیژن نیز حضور دارد .

بر اساس گروه عاملی این ترکیبات را به گروه های مختلف دسته بندی می شوند که برخی از آن ها عبارتند از :

آلدهید ها ، کتون ها ، الکل ها ، اترها ، اسیدها ، استرها

آلدهید ها

نام گروه عاملی	گروه عاملی	فرمول کلی
آلدهیدی	$-\overset{\overset{O}{\|\|}}{C}-H$	$R-\overset{\overset{O}{\|\|}}{C}-H$

$$R = H-, CH_3-, C_2H_5-, \ldots$$

ساده ترین آلدهید : متانال (فرمالدهید)

$$H-\overset{\overset{O}{\|\|}}{C}-H$$

دومین عضو خانواده آلدهید ها : اتانال (استالدهید)

$$CH_3-\overset{\overset{O}{\|\|}}{C}-H$$

سومین عضو خانواده آلدهید ها :

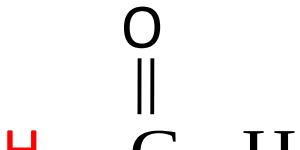
طریقهٔ نامگذاری

نام آلکان هم کربن + پسوند ال

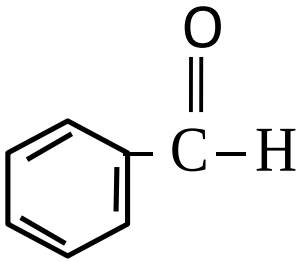
چند آلدهید:

فرمالدهید (متانال) : ساده ترین آلدهید که محلول آن برای نگهداری نمونه های جانوری بکار می رود .

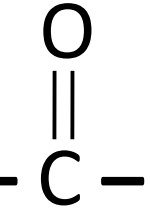
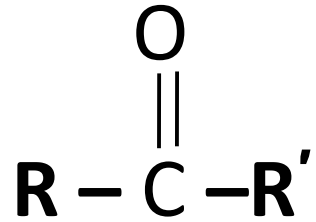
فرمالدهید ساده‌ترین آلدهید است که محلول آبی آن برای نگهداری نمونه‌های جانوری به کار می‌رود.



بنزالدهید : ماده آلی موجود در بادام



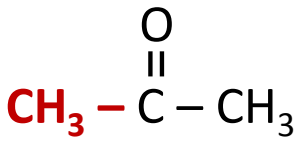
کتون ها

نام گروه عاملی	گروه عاملی	فرمول کلی
آلدهیدی		

$R , R' = \cancel{H-} , CH_3 - , C_2H_5 - , \ldots$

طریقهٔ نامگذاری

نام آلکان هم کربن + پسوند -ون

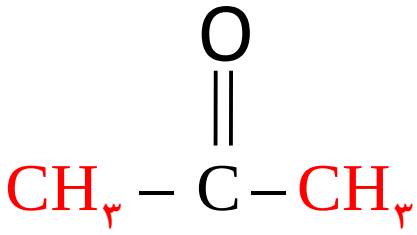


ساده ترین کتون : پروپانون (استون)

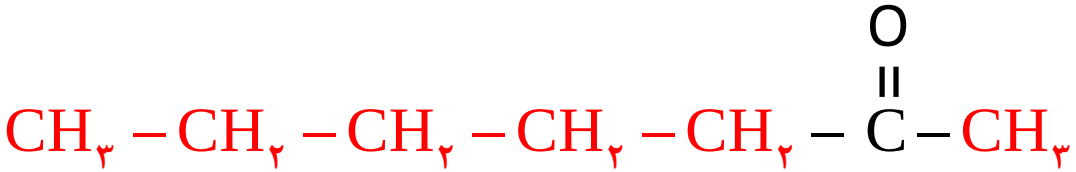
دومین عضو خانواده کتون ها :

چند کتون :

ساده ترین کتون ،استون (پروپانون) است که به عنوان حلال لاک کاربرد دارد .



۲- هپتانون ، کتونی است که در گیاه میخک یافت می شود .



سوال مهم : چه تفاوت وشباهتی میان گروه عاملی کتون ها و آلدهید ها وجود دارد ؟

الکل ها

نام گروه عاملی	گروه عاملی	فرمول کلی
الکلی (هیدروکسیل)	–OH	R –OH

R = ~~H-~~ , CH_3 - , C_2H_5 - ,...

ساده ترین الکل :
متانول (متیل الکل یا الکل چوب)

$CH_3 - OH$

دومین عضو خانواده الکل ها :
اتانول (اتیل الکل یا الکل قند)

$CH_3 - CH_2 - OH$

سومین عضو خانواده الکل ها :

طریقهٔ نامگذاری

نام آلکان هم کربن + پسوند -ول

اترها

نام گروه عاملی	گروه عاملی	فرمول کلی
اتری	$-O-$	$R-O-R'$

$$R , R' = \cancel{H-} , CH_3- , C_2H_5- , \ldots$$

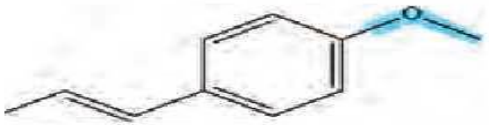
ساده ترین اتر : دی متیل اتر CH_3-O-CH_3

طریقهٔ نامگذاری

نام گروه های آلکیل به ترتیب حروف الفبای انگلیسی
+
پسوند اتر

دومین عضو خانواده اترها :

نکته : طعم و بوی گشنیز و رازیانه به طورعمده وابسته به گروه های عاملی هیدروکسیل (OH -) و اتری (– O –) در آن ها است . مشخص کنید که در هریک از این ادویه ها کدام گروه عاملی وجود دارد ؟



ب)

الف)

شکل ۷ ـ نمونه‌ای از ترکیب‌های آلی موجود در (الف) گشنیز و (ب) رازیانه

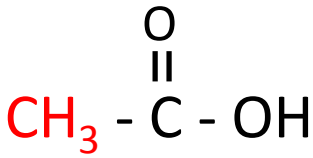
اسیدهای آلی (کربوکسیلیک اسیدها)

نام گروه عاملی	گروه عاملی	فرمول کلی
کربوکسیل		

$$R = H-, CH_3-, C_2H_5-, \ldots$$

ساده ترین اسید آلی :
متانوییک اسید (فرمیک اسید یا جوهر مورچه)

دومین عضو خانواده اسید های آلی :
اتانوییک اسید (استیک اسید یا جوهر سرکه)

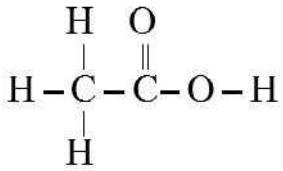


سومین عضو خانواده اسید های آلی :

طریقهٔ نامگذاری

نام آلکان هم کربن
+ پسوند – وییک
+ کلمه اسید

- ✓ متانوییک اسید (ساده ترین اسید آلی) با فرمول شیمیایی HCOOH اولین بار در سال ۱۶۷۰ از تقطیر مورچهٔ سرخ بدست آمده وکشف شد . گزیدگی بوسیلهٔ مورچهٔ سرخ و ورود این اسید به بدن باعث سوزش و خارش در محل گزیدگی می شود .
- ✓ اتانوییک اسید (استیک اسید)، اسید موجود در سرکه است که یکی از پرکاربرد ترین اسید ها در زندگی روزانه است .



شکل ۱۳ـ ساختار استیک اسید و کاربردی از آن

صفحهٔ ۱۰۹ کتاب

استر ها

نام گروه عاملی	گروه عاملی	فرمول کلی
استری	$-\overset{\overset{O}{\|\|}}{C}-O-$	$R-\overset{\overset{O}{\|\|}}{C}-O-R'$

$R = H-, CH_3-, C_2H_5-, \ldots$

$R' = \cancel{H-}, CH_3-, C_2H_5-, \ldots$

ساده ترین استر:
متیل متانوات

$$H-\overset{\overset{O}{\|\|}}{C}-O-CH_3$$

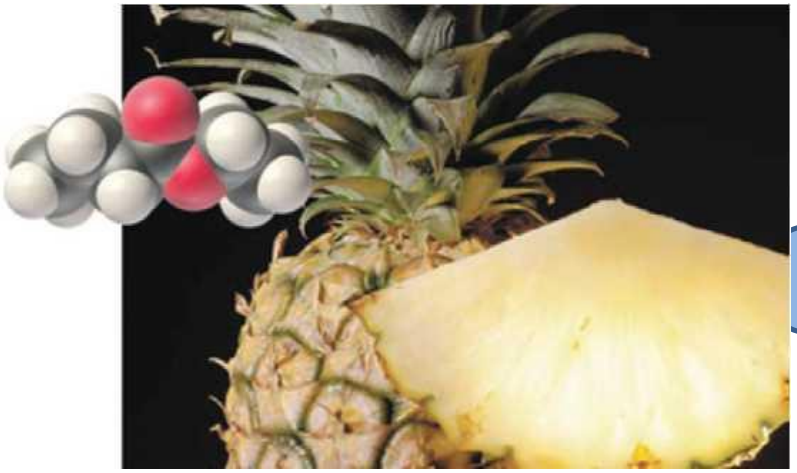
دومین عضو خانواده استرها:
متیل اتانوات

$$CH_3-\overset{\overset{O}{\|\|}}{C}-O-CH_3$$

یک استر دیگر :

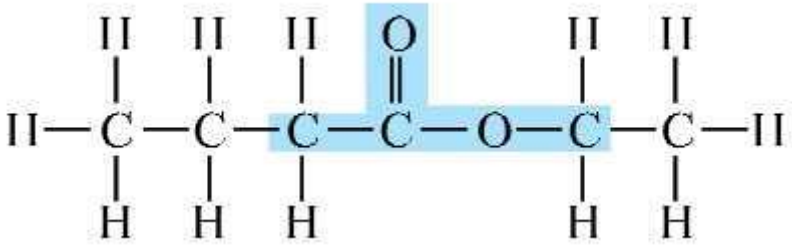
طریقهٔ نامگذاری

نام گروه آلکیل متصل به اکسیژن + نام آلکان هم کربن با بقیه استر + پسوند ات



استرها یکی از ترکیبات آلی هستند که باعث طعم و بوی خوش گل ها ومیوه ها می شوند . مانند مزه ی آناناس

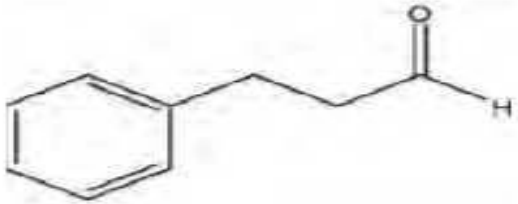
مزه ی خوب آناناس مربوط به استر زیر است . نام این استر را بنویسید .

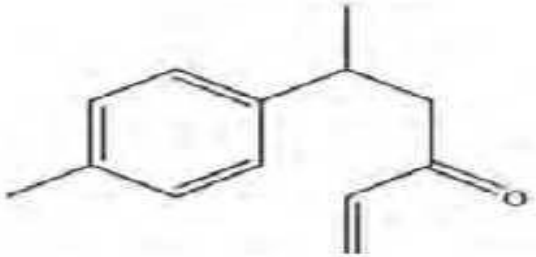


خود را بیازمایید صفحهٔ ۶۷

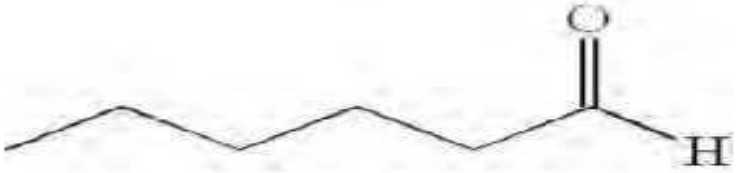
۱ـ هر ساختار زیر یک ترکیب آلی موجود در آن ادویه را نشان می‌دهد. گروه‌های عاملی موجود در هر مولکول را مشخص کنید و نام آنها را بنویسید.

دارچین





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



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

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

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

تمرین : (کنکور ریاضی ۹۲)

کدام فرمول شیمیایی به یک استر مربوط و نام آن درست است؟

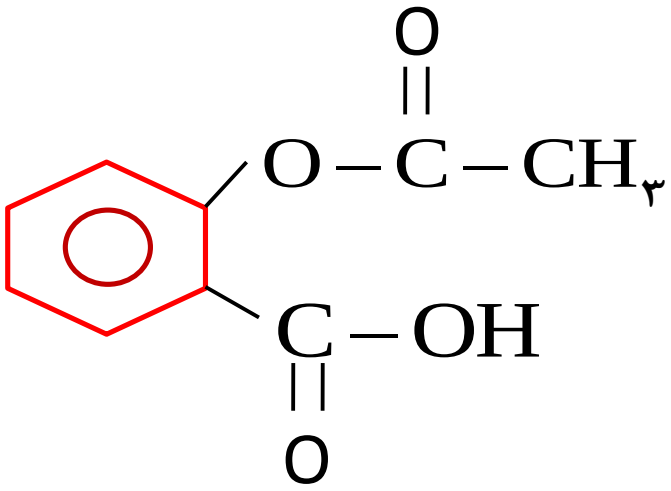
۱) $CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O\,Na$ ، متیل استات

۲) $H-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-CH_3$ ، سدیم اتانوات

۳) C_2H_5-ONa ، سدیم استات

۴) $CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-CH_2-CH_3$ ، اتیل اتانوات

تمرین : آسپرین دارویی مسکن درد و تب والتهاب است . همچنین تپش های قلبی ووقوع سکته را کاهش می دهد .این دارو به طور طبیعی در پوست درخت بید یافت می شود . گروه های عاملی را در ساختار آن مشخص کنید .



تمرین : (کنکور تجربی ۹۲)

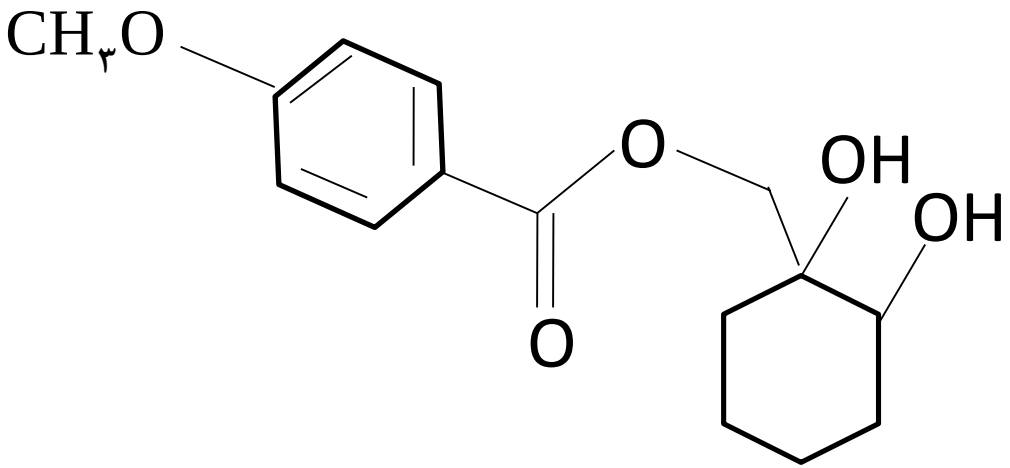
کدام گزینه درباره ترکیبی با فرمول زیر، درست است ؟

۱) فاقد گروه استری است و می تواند پیوند هیدروژنی تشکیل دهد .

۲) همه اتم های اکسیژن در آن دارای ۴ قلمرو الکترونی اند .

۳) یک گروه عاملی کتونی و دو گروه عاملی هیدروکسیل دارد .

۴) فرمول مولکولی آن $C_{۱۵}H_{۲۰}O_{۵}$ است .



تمرین : (کنکور تجربی ۹۳)

پروپین با ۲- پروپانول در کدام مورد مشابه است ؟($O = ۱۶, C = ۱۲, H = ۱ : g.mol^{-۱}$)

۱) درصد جرمی هیدروژن

۲) انحلال پذیری در آب

۳) مجموع شمار جفت الکترون های پیوندی

۴) ...

تمرین : (کنکور تجربی ۹۳)

با توجه به ساختار مولکولی ترکیب روبرو ، کدام عبارت نادرست است ؟

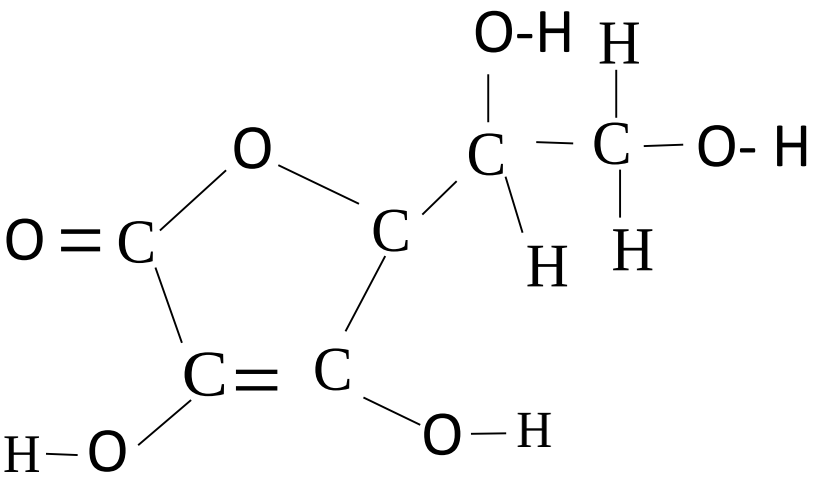
۱) گروه عاملی اتری و استری در ساختار آن شرکت دارد .

۲) شمار قلمرو های الکترونی اتم های اکسیژن در آن یکسان نیست .

۳) شمار اتم های کربن مولکول آن با مولکول ۲-۲ – دی متیل بوتان یکسان است .

۴) شمار جفت الکترون های ناپیوندی در مولکول آن از مولکول اگزالیک اسید بیش تر است .

(توجه :اگزالیک اسید HOOC – COOH)



تمرین : چه تعداد از عبارت های زیر درست است ؟ (گاج – بهمن ۹۶)

آ) فرمول مولکولی $C_6H_{12}O$ را می توان به یک آلدهید و نیز به یک اتر نسبت داد .

ب) گروه عاملی آرایش منظمی از اتم هاست که به مولکول آلی دارای آن ، خواص فیزیکیو شیمیایی منحصر به فردی می بخشد .

پ) آرایش اتم های کربن و اکسیژن با پیوند دوگانه ، نشانهٔ وجود یک گروه عاملی به نام کربوکسیل در ترکیب آلی است .

ت) ترکیب های آلی موجود در ادویه ها تنها شامل سه عنصر هیدروژن ، کربن و اکسیژن هستند .

۱) ۱

۲) ۲

۳) ۳

۴) ۴

تمرین : کدام مطلب نادرست است ؟ (سنجش –ب ۹۶)

۱) مولکول هپتانون ، دارای گروه عاملی کربونیل است .

۲) در ترکیب آلی موجود در رازیانه ، گروه عاملی اتری وجود دارد .

۳) در مولکول بنزالدهید ، ۴ پیوند اشتراکی بین اتم ها وجود دارد .

۴) طعم و بوی گشنیز به طور عمده ، وابسته به وجود گروه عاملی کربونیل در ترکیب آلی موجود در آن است .

تمرین : کدام یک از مطالب زیر درست است ؟ (گاج-بهمن ۹۶)

۱) با انجام یک واکنش شیمیایی و تغییر در شیوه ی اتصال اتم ها به یکدیگر ، تفاوت آشکاری در انرژی پتانسیل وابسته به آن ها ایجاد می شود .

۲) علامت ΔH واکنش های $N_2O_4(g) \rightarrow 2NO_2(g)$ و $CO_2(s) \rightarrow CO_2(g)$ متفاوت است .

۳) آنتالپی پیوند O=O بیش تر از پیوند O-O بوده ، اما دو برابر آن نیست .

۴) طعم و بوی گشنیز و رازیانه به طور عمده به ترتیب وابسته به وجود گرو ه های -OH و – O - است .

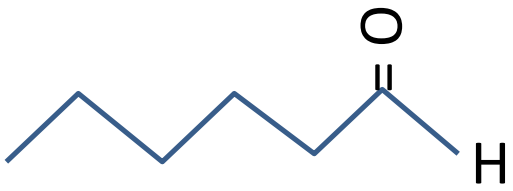
تمرین : با در نظر گرفتن دو ساختار آلی زیر ، کدام یک از گزینه های داده شده درست خواهد بود ؟

۱) تعداد اتم های گروه عاملی دو ترکیب داده شده متفاوت است .

۲) فرمول مولکولی دو ترکیب متفاوت و خواص فیزیکی و شیمیایی دو ترکیب یکسان است .

۳) تنها در یکی از ترکیب های داده شده تعداد اتم های هیدروژن دو برابر اتم کربن است .

۴) تعداد پیوند های اشتراکی میان اتم ها در دو ترکیب داده شده متفاوت است .



آنتالپی سوختن

به تغییر آنتالپی یا گرمای واکنشی گفته می شودکه در طی آن یک مول ازماده ای در مقدار کافی اکسیژن خالص بسوزد .

مثال : آنتالپی سوختن متان $-۸۹۰ kJ.mol^{-۱}$ است .

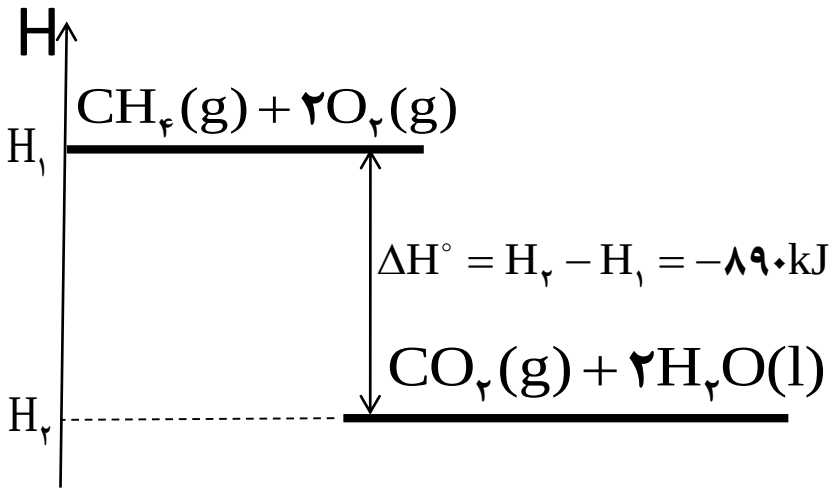
یعنی به هنگام سوختن کامل یک مول متان در اکسیژن خالص و در دما وفشار معین ، ۸۹۰ کیلوژول گرما آزاد می شود .

و آنرا چنین می نویسند :

$$\Delta H^{\circ}_{\text{سوختن}}[CH_{۴}(g)] = -۸۹۰\ kJ.mol^{-۱}$$

معادله شیمیایی مناسب و نمودارتغییرات انرژی مناسب ، با این تغییر آنتالپی، به شکل زیر است :

$$CH_۴(g) + ۲O_۲(g) \rightarrow CO_۲(g) + ۲H_۲O(l) \qquad \Delta H^\circ = -۸۹۰kJ$$



نکته :

آنتالپی استاندارد سوختن مواد، همواره منفی است . چرا؟

تمرین : آنتالپی سوختن اتن ($C_2H_4(g)$) ، $-1409 kJ.mol^{-1}$ است :

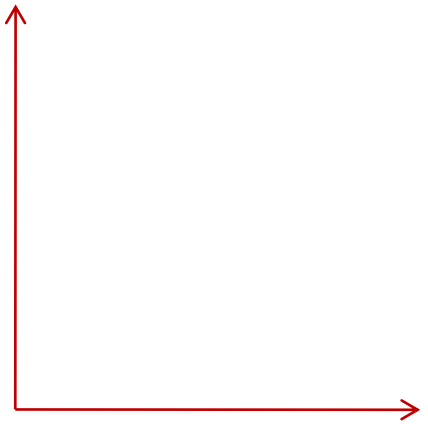
آ) مفهوم این عدد را توضیح دهید .

ب) معادله شیمیایی مناسب با این تغییر آنتالپی را بنویسید .

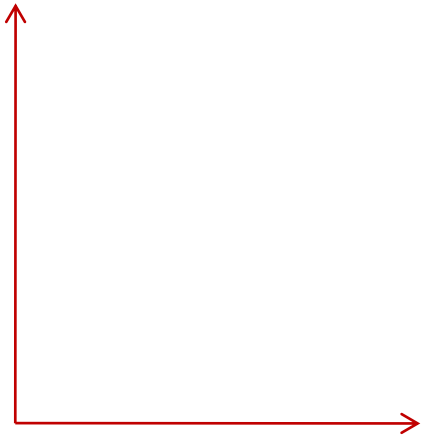
پ) نمودار تغییر آنتالپی را برای آن رسم کنید.

تمرین : در هر مورد واکنش شیمیایی مناسب را نوشته و نمودار تغییر آنتالپی را رسم کنید.

۱) $\Delta H^{\circ}_{\text{سوختن}}[C_3H_8(g)] = -2220 kJ.mol^{-1}$



۲) $\Delta H^{\circ}_{\text{سوختن}}[CH_3OH(l)] = -715 kJ.mol^{-1}$



سوال : آنتالپی کدام واکنش زیر را می توان به آنتالپی سوختن بوتان در دمای اتاق نسبت داد ؟

۱) $C_4H_{10}(g) + \frac{۱۳}{۲} O_2(g) \rightarrow 4\ CO_2\ (g) + 5\ H_2O(g)$

۲) $2C_4H_{10}(g) + 13\ O_2(g) \rightarrow 8\ CO_2\ (g) + 10\ H_2O(l)$

۳) $2C_4H_{10}(g) + 13\ O_2(g) \rightarrow 8\ CO_2\ (g) + 10\ H_2O(g)$

۴) $C_4H_{10}(g) + \frac{۱۳}{۲} O_2(g) \rightarrow 4\ CO_2\ (g) + 5\ H_2O(l)$

ارزش سوختی : به مقدار انرژی که از سوختن یا اکسایش یک گرم ماده بدست می آید ، ارزش سوختی آن ماده می گویند . ارزش سوختی برحسب کیلوژول بر گرم ($kJ.g^{-1}$) بیان می شود .

تمرین : ارزش سوختی متان (CH_4) و متانول (CH_3OH) را با کمک جدول زیر حساب کنید.($g.mol^{-1}$: C=12 , O= 16 , H=1)

جدول ۶ـ آنتالپی سوختن برخی ترکیب های آلی در ۲۵°C

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

چند نکته در مورد گرمای سوختن ترکیبات آلی

نکته ۱ : هر چه **جرم مولی** یک هیدروکربن **بیش تر** باشد ، **گرمای سوختن مولی** آن نیز **بیش تر** است .(می خواد آلکان باشه یا آلکن یا آلکین)

گرما سوختن مولی : $C_3H_6 > C_3H_4 > C_2H_6 > C_2H_4 > C_2H_2 > CH_4$

جرم مولی (g) : $42 > 40 > 30 > 28 > 26 > 16$

تمرین : ارزش سوختی ترکیبات بالا را با کمک جدول ۶ (اسلاید قبل) محاسبه کنید . چه نتیجه ای می گیرید ؟

نکته ۲ : **گرمای سوختن مولی** الکل ها با **افزایش جرم مولی** آن ها **بیش تر** می شود .
(مشابه با هیدروکربن ها)

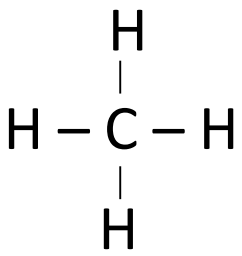
-۱۳۶۸ kJ -۷۲۶ kJ

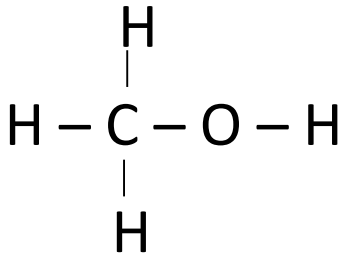
گرما سوختن مولی (kJ) : $C_2H_5OH > CH_3OH$

جرم مولی (g) : 46 > 32

نکته ۳ : گرمای سوختن یک آلکان از گرمای سوختن الکل هم کربن با آن بیش تر است . زیرا در ساختار الکل پیوند های قوی تر C – O و O – H وجود دارد که شکستن آن ها به انرژی بیش تری نیاز داشته و همین عامل باعث می شود که گرمای سوختن کم تری داشته باشد .

گرما سوختن مولی :
$CH_4 > CH_3OH$
$C_2H_6 > C_2H_5OH$





نکته ۴ : مقایسه گرمای سوختن الکان ها ، الکن ها ، آلکین ها و الکل های هم کربن به شکل زیر است :

مقایسه گرمای سوختن : **آلکین ها > الکل ها > آلکن ها > آلکان ها**
(با شرط برابر بودن تعداد کربن)

تمرین : تر کیب ها ی ، اتان (C_2H_6) ، اتانول (C_2H_5OH) ، اتین (C_2H_2) و اتن (C_2H_4) را از نظر گرمای سوختن با هم مقایسه کنید .

نکته ۵ : به اتانول **سوخت سبز** می گویند .

تعریف سوخت سبز : به سوخت هایی گفته می شود که در ساختار خود علاوه بر کربن و هیدروژن ، **اکسیژن** هم دارند . مانند اتانول ، متانول و ...
سوخت سبز از پسماند گیاهانی مانند نیشکر ، سویا و دیگر دانه های روغنی بدست می آید .

تمرین : (ریاضی ۹۳)

اگر ΔH° سوختن متانول برابر $-۷۰۰ KJ.mol^{-۱}$ باشد . چند گرم از آن بسوزد تا گرمای آزاد شده بتواند ۱۲۵ گرم آب با دمای $۱۰^\circ C$ را در فشار atm ۱ به جوش آورد ؟

($C_{(H_۲O)} = ۴/۲ J.g^{-۱}.^\circ C, O = ۱۶, C = ۱۲, H = ۱ : g.mol^{-۱}$)

۱) ۲/۱۶

۲) ۱/۶۸

۳) ۲/۵۲

۴) ۳/۳۶

تمرین : آنتالپی سوختن ترکیبات آلی ..... هنگامی کم تر است که .....

۱) از خانواده آلکان ها – تعداد پیوند های اشتراکی میان اتم ها بیش تر باشد .

۲) ایزومر با یکدیگر – تعداد اتم های کربن بیش تر باشد .

۳) با تعداد اتم برابر از آلکن ها و آلکین ها – جرم مولی ترکیب کم تر باشد .

۴) از خانوادهٔ الکل های یک عاملی – تعداد اتم های هیدروژن متصل به اکسیژن کم تر باشد .

آنتالپی سوختن ، تکیه گاهی برای تأمین انرژی

کباب کردن گوشت ! نمونه ای کاربردی از گرما شیمی (ترموشیمی) در زندگی روزمره است . از دو جنبه زیر :

۱- گرمایی که برای پختن گوشت لازم است از سوختن زغال یا گاز طبیعی بدست می آید .

۲- خوردن کباب خوشمزه مواد وانرژی لازم برای انجام فعالیت های بدنی را فراهم می کند .

غذا وارزش سوختی آن

تعریف غذا : به کلیهٔ موادی که با خوردن آن ها **ماده وانرژی مورد نیاز بدن** تأمین می شود، غذا می گویند .

تمامی این مواد در شش دستهٔ زیر قرار می گیرند .

● آب ● کربوهیدرات ها ●چربی ها ●پروتئین ها ●مواد معدنی ●ویتامین ها

نکته ۱: از میان شش گروه مواد غذایی بالا فقط اکسایش چربی ها ، پروتئین ها و کربوهیدرات ها منجر به **تولید انرژی** در بدن می شوند .

جدول زیر ارزش سوختی سه مادهٔ انرژی زای بدن را نشان می دهد .

نوع ماده غذایی	چربی	پروتئین	کربوهیدرات ها
فراورده های حاصل از اکسایش	آب و کربن دی اکسید	آب و کربن دی اکسید و اوره	آب و کربن دی اکسید
ارزش سوختی ($kJ.\ g^{-1}$)	۳۸	۱۷	۱۷

نکته ۲: از اکسایش پروتئین در بیرون از بدن گاز نیتروژن (N_2) تولید شده اما از اکسایش آن در بدن اوره ($CO(NH_2)_2$) حاصل می شود .

نکته ۳: وجود آب ، مواد معدنی و ویتامین ها برای بدن ضروری هستند ، هرچند در تولید انرژی نقشی ندارند .

نکته ۴ : **انرژی مورد نیاز** بدن هر فرد در هر روز به **وزن ، سن و میزان فعالیت های روزانه** بستگی دارد . اگر مصرف مواد غذایی بیش از نیاز روزانه فرد باشد ، این مواد غذایی به شکل چربی در بدن ذخیرهٔ شده و موجب چاقی می شود .

نکته۵ : گلوکز به **قند خون** معروف است . از میان سه مادهٔ غذایی انرژی زا ، **فقط کربوهیدرات ها** هستند که در بدن به گلوکز شکسته شده و مقدار گلوکز خون را بالا می برند . این گلوکز بوسیله خون به یاخته ها رسیده و از اکسایش آن ، انرژی مورد نیاز آن ها تأمین می شود .

(شکر موجود در شیرینی ها به سرعت گلوکز خون را بالا می برد اما کربوهیدرات های موجود در سبزی و میوه به کندی این کار را انجام می دهند .)

معادلهٔ واکنش ترموشیمیایی اکسایش قند خون در یاخته ها :

$$C_6H_{12}O_6\,(s) + 6\,O_2(g) \rightarrow 6\,CO_2(g) + 6\,H_2O(l) \qquad \Delta H = -2808kJ$$

تمرین : انرژی حاصل از خوردن ۲۰۰ گرم نان معادل انرژی حاصل از اکسایش چند گرم گلوکز در بدن است ؟ درصد جرمی کربوهیدرات ، چربی و پروتئین در نان به ترتیب برابر ۵۲ ، ۳ و ۹ است .

تمرین : **مواد خوراکی زیر را بر اساس ارزش سوختی که دارند ، مرتب کنید .**

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

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

توجه : هرچند که واکنش سوختن یا اکسایش مواد خوراکی گرماده است و آنتالپی منفی دارند ، اما **ارزش سوختی** آن ها **بدون علامت منفی** گزارش می شود .

خود را بیازمایید

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

در منابع علمی معتبر برای پروپان ۲۲۱۹,۲- و برای ۱- بوتن ۲۷۱۷- است.

جدول ۶ـ آنتالپی سوختن برخی ترکیب های آلی در ۲۵°C

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

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

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

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

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**[1] به شمار می‌رود؟

تمرین : کدام یک از مطالب زیر درست است ؟

۱) ظرفیت گرمایی با یکاهای $J.g^{-1}.^oC^{-1}$ و $J.g^{-1}.k^{-1}$ بیان می شود .

۲) اشاره به انرژی گرمایی یک نمونه ماده از نظر علمی نادرست است .

۳) مقایسه واکنش پذیری روغن و چربی ، برعکس مقایسه ی میان قدرت نیروی بین مولکولی آن ها است .

۴) گوشت قرمز و ماهی منبع مهمی برای نأمین پروتئین و انواع مواد معدنی به شمار می روند ، اما فاقد ویتامین ها هستند .

پایان قسمت دوم جلسه آینده امتحان

روش های تعیین

آنتالپی (گرمای) واکنش های شیمیایی

الف) روش مستقیم

ب) روش های غیر مستقیم

۱- *با استفاده از قانون هس*

۲- *با استفاده از آنتالپی پیوند ها*

۳- *با استفاده از آنتالپی استاندارد تشکیل*

تعیین گرمای واکنش به روش مستقیم

برای این کار باید مقدار ی از واکنش دهنده ها را در شرایط مناسب درون یک گرماسنج (کالری متر) برهم اثر داده و گرمای مبادله شده را اندازه گیری کنیم .

گرماسنج دستگاهی است که برای اندازه گیری گرمای آزاد شده یا جذب شده در یک واکنش شیمیایی به کاربرده می شود .

گرماسنج دارای دیواره ای عایق است وبا محیط مبادله ی گرما ندارد . بنابراین گرمایی که توسط واکنش جذب یا آزاد می شود دمای کالری متر را تغییر می دهد . باکمک این تغییر دما ومحاسباتی که انجام می شود، می توان گرما و یا تغییرانتالپی واکنش را بدست آورد .

انواع گرماسنج

۱- گرماسنج لیوانی

ساختار گرماسنج :

- ✓دو لیوان یک بار مصرف که در داخل هم قرارداده شده اند .
- ✓قطعه ای یونالیت که به عنوان درپوش بکار می رود .
- ✓یک دماسنج و یک همزن که با ایجاد منفذ ی در درپوش یونالیتی درون لیوان قرار گرفته است.

طرز کار گرماسنج لیوانی

✓دمای آب یا واکنش دهنده ی اولی را که درون گرماسنج ریخته ایم اندازه گیری می کنیم. (θ_1)

✓درپوش یونالیتی را برداشته واکنش دهنده دوم را به درون گرماسنج منتقل می کنیم و بلافاصله در پوش یونالیتی را می بندیم .

✓ضمن به هم زدن مخلوط وانجام واکنش بالاترین دما (برای واکنش های گرماده) یا کم ترین دما (برای واکنش های گرماگیر) که دماسنج نشان می دهد را اندازه می گیریم .(θ_2).

✓با استفاده از رابطه ی زیر گرمای واکنش را حساب می کنیم .

گرمای واکنش = ظرفیت گرمایی گرماسنج $\times(\theta_2 - \theta_1)$

ظرفیت گرمایی گرماسنج مقدار گرمایی است کل اجزای گرما سنج می گیرد تا دما ی آن یک درجه ی سانتیگراد افزایش یابد.

نکته ی مهم :

در گرما سنج لیوانی فشار ثابت است .

زیرا از طریق منفذ های اطراف دماسنج و بهم زن ، سامانه با محیط پیرامونش ارتباط دارد و براحتی می تواند تغییر حجم دهد . با تغییر حجمی که برای سامانه ایجاد می شود فشار آن با فشار محیط برابر بوده و ثابت خواهد ماند .

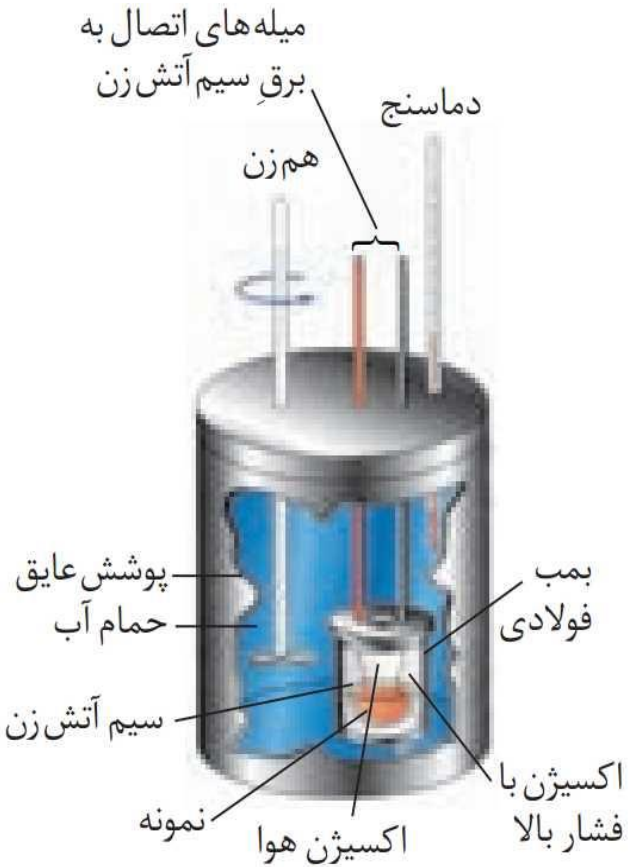
پس گرماسنج لیوانی گرمای واکنش را در فشار ثابت اندازه گیری می کند که برابر با تغییر آنتالپی واکنش است .

$$Q_p = \Delta H$$

۲- گرماسنج بمبی

از این گرما سنج برای اندازه گیری دقیق گرمای سوختن یک ماده ،استفاده می شود .

ساختار گرماسنج :



✓یک ظرف عایق که با مقدار معینی آب پر شده (حمام آب) و درون آن یک دماسنج ویک بهم زن قرارداده شده است .

✓یک محفظه فولادی به نام بمب که درون حمام آب قرار گرفته است و واکنش مورد نظر در آن انجام می شود .

✓ سیم اتش زن که درون بمب قرار دارد وبا اتصال به منبع برق انرژی اولیه برای شروع واکنش را فراهم می کند .

نکته ی مهم :

در گرما سنج بمبی حجم ثابت است . زیرا محفظه ی فولادی اجازه ی تغییر حجم به سامانه را نمی دهد . بنابراین فشار در آن ثابت نیست و **نمی تواند** ΔH واکنش را اندازه گیری کند .

(گرماسنج بمبی گرمای واکنش را در حجم ثابت اندازه گیری می کند که برابر با تغییر انرژی درونی واکنش است . $Q_v = \Delta E$)

تمرین : چه تعداد از عبارت های زیر در مورد گرماسنج لیوانی نادرست است ؟

آ) سامانه ای عایق با امکانات مبادلهٔ ماده با محیط پیرامون می باشد .

ب) تغییر دمای اندازه گیری شده برابر گرمای واکنش می باشد .

پ) با استفاده از آن می توان گرمای واکنش انجام شده در فاز گازی و در فشار ثابت را بدست آورد .

ت) تغییر جنس هم زن و بدنهٔ گرماسنج ، دمای اندازه گیری شده توسط دماسنج را تغییر نخواهد داد .

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

سوال : (کنکورریاضی ۹۲)

در یک بمب کالریمتری دارای ۲kg آب ، مخلوطی از ۰/۵ مول گاز متان و ۲ مول گازاکسیژن سوزانده شده است . دمای تقریبی درون کالریمتر چند درجه ی سیلیسیوس افزایش می یابد ؟ (از گرمای جذب شده به وسیله ی بدنه ی کالریمتر و اجزای آن صرف نظر شود . ظرفیت گرمایی ویژه ی آب برابر با $۴/۲ J.g^{-1}.^{\circ}C^{-1}$ است و $\Delta E_{\text{سوختن}}[CH_4(g)] = -۸۹۰ kJ.mol^{-1}$).

۱) ۱۳

۲) ۲۶

۳) ۵۳

۴) ۱۰۶

تعیین گرمای واکنش های شیمیایی

به روش های غیر مستقیم

گرما یا تغییر آنتالپی بسیاری از واکنش های شیمیایی را نمی توان به طور مستقیم و با کمک گرماسنج اندازه گیری کرد . زیرا :

۱) بسیاری از واکنش ها تحت شرایط بسیار سختی انجام می شوند .

۲) گاهی یک واکنش ممکن است بخش از یک فرایند زیست شناختی پیچیده باشد که انجام آن به طور مجزا امکان پذیر نیست .

و...

برای تعیین گرمای چنین واکنش هایی از روش های غیر مستقیم استفاده می شود ، که با آن ها آشنا می شویم .

روش غیر مستقیم یک

تعیین گرمای واکنش با استفاده از قانون هس

قانون هس بر اساس تابع حالت بودن آنتالپی بیان شده است .بر اساس این قانون :

« اگر معادله واکنشی از جمع معادله های دو یاچند واکنش دیگر بدست آید ، ΔH این واکنش برابر با جمع جبری ΔH واکنش های دیگر خواهد بود.»

برای این که بتوانیم از این روش استفاده کنیم لازم است ، چند نکته را یاد آور شویم .

نکته ۱ :

اگر معادله واکنشی را وارونه کنیم ، علامت ΔH آن هم قرینه می شود.

مثال:

واکنش اصلی (گرماده)

$$۲H_۲(g) + O_۲(g) \rightarrow ۲H_۲O(l) + ۵۷۲kJ \qquad \Delta H^\circ = -۵۷۲kJ$$

واکنش وارونه (گرما گیر)

$$۲H_۲O(l) + ۵۷۲kJ \rightarrow ۲H_۲(g) + O_۲(g) \qquad \Delta H^\circ = +۵۷۲kJ$$

نکته ۲ :

اگر معادله واکنشی ، در عددی ضرب و یا بر عددی تقسیم شود ، ΔH آن نیز باید در همان عدد ضرب ویا تقسیم شود .

مانند:

$$۲H_۲(g)+O_۲(g)\rightarrow ۲H_۲O(l)+۵۷۲kJ \qquad \Delta H^\circ=-۵۷۲kJ$$ **واکنش اصلی**

این واکنش را بر ۲ تقسیم می کنیم :

$$\frac{۲}{۲}H_۲(g)+\frac{۱}{۲}O_۲(g)\rightarrow \frac{۲}{۲}H_۲O(l)+\frac{۵۷۲}{۲}kJ \qquad \Delta H^\circ=\frac{-۵۷۲}{۲}kJ$$

$$H_۲(g)+\frac{۱}{۲}O_۲(g)\rightarrow H_۲O(l)+۲۸۶kJ \qquad \Delta H^\circ=-۲۸۶kJ$$ **در نتیجه :**

ویا :

$$۱N_۲(g) + ۱O_۲(g) + ۱۸۰kJ \rightarrow ۲NO(g) \quad \Delta H = +۱۸۰kJ$$ واکنش اصلی

این واکنش را در ۲ ضرب می کنیم :

$$۲ \times ۱N_۲(g) + ۲ \times ۱O_۲(g) + ۲ \times ۱۸۰kJ \rightarrow ۲ \times ۲NO(g) \quad \Delta H = ۲ \times (+۱۸۰)kJ$$

در نتیجه :

$$۲N_۲(g) + ۲O_۲(g) + ۳۶۰kJ \rightarrow ۴NO(g) \quad \Delta H = +۳۶۰kJ$$

مثال ۱ : به واکنش های زیر توجه کنید :

۱) $C(s, \text{گرافیت}) + \frac{۱}{۲}O_۲(g) \rightarrow CO(g) \quad \Delta H_۱ = ?$

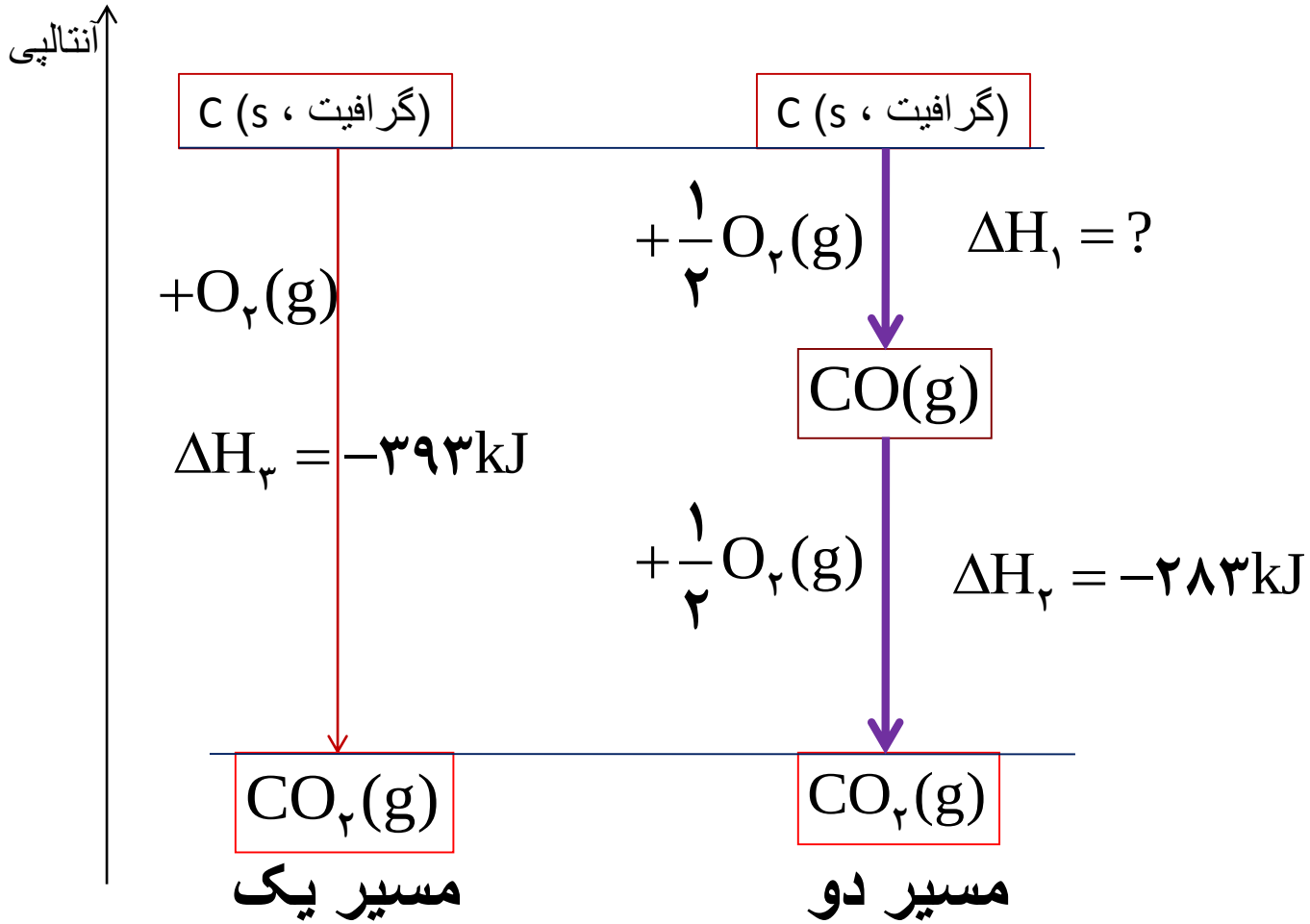
۲) $CO(g) + \frac{۱}{۲}O_۲(g) \rightarrow CO_۲(g) \quad \Delta H_۳ = -۲۸۳kJ$

۳) $C(s, \text{گرافیت}) + O_۲(g) \rightarrow CO_۲(g) \quad \Delta H_۲ = -۳۹۴kJ$

تعیین گرمای واکنش ۲و۳ به طور مستقیم امکان پذیر است ولی گرمای واکنش ۱ را نمی توان مستقیم اندازه گیری کرد . زیرا کنترل شرایط برای این که از ترکیب کربن با اکسیژن فقط کربن مونوکسید حاصل شود غیر ممکن است .

اما با توجه نمودار و با کمک قانون هس تعیین گرمای واکنش ۱ براحتی امکان پذیر است .

برای تولید کربن دی اکسید از عناصر سازنده اش دو مسیر متفاوت وجود دارد .



با توجه به تابع حالت بودن آنتالپی ، تغییر آنتالپی در مسیر یک ودو با هم برابر است . بنابراین :

$$\Delta H_{۳} = \Delta H_{۱} + \Delta H_{۲}$$

تغییر آنتالپی در مسیر دو = تغییر آنتالپی در مسیر یک

$$-۳۹۴\text{kJ} = \Delta H_{۱} + -۲۸۳\text{kJ}$$

$$\Delta H_{۱} = -۱۱۱\text{kJ}$$

بر اساس قانون هس می توان گفت که چون واکنش کل از جمع واکنش های ۱ و ۲ بدست می آید بنابراین ΔH این واکنش برابر با مجموع ΔH واکنش های یک و دو است.

$$C(s،\text{گرافیت}) + \frac{۱}{۲}O_۲(g) \rightarrow \cancel{CO(g)} \qquad \Delta H^\circ_۱ = ?$$

$$+$$

$$\cancel{CO(g)} + \frac{۱}{۲}O_۲(g) \rightarrow CO_۲(g) \qquad \Delta H^\circ_۲ = -۲۸۳kJ$$

$$C(s،\text{گرافیت}) + O_۲(g) \rightarrow CO_۲(g) \qquad \Delta H^\circ_{\text{کل}} = -۳۹۴kJ$$

$$\Delta H^\circ_{\text{کل}} = \Delta H^\circ_۱ + \Delta H^\circ_۲$$

$$-۳۹۴ = \Delta H^\circ_۱ + (-۲۸۳kJ)$$

$$\Delta H^\circ_۱ = -۱۱۱kJ$$

مثال ۲ : آمونیاک طی یک سازوکار دو مرحله ای از عناصر سازنده اش بوجود می آید .

- در مرحله اول از واکنش هیدروژن ونیتروژن ، هیدرازین بوجود می آید .

۱) $۲H_۲(g) + N_۲(g) \rightarrow N_۲H_۴(g) \qquad \Delta H_۱ = ?$

- در مرحله دوم هیدرازین با هیدروژن واکنش داده و آمونیاک شکل می گیرد.

۲) $N_۲H_۴(g) + H_۲(g) \rightarrow ۲NH_۳(g) \qquad \Delta H_۲ = -۱۸۳kJ$

تغییر آنتالپی یا گرمای واکنش مرحله ی یک را به روش مستقیم نمی توان تعیین کرد ولی گرمای واکنش مرحله ی دوم و واکنش کلی به روش مستقیم قابل اندازه گیری است . اما قانون هس به ما کمک می کند تا گرمای واکنش مرحله ی یک را به دست آوریم :

$$\begin{aligned} &۱)\quad ۲H_۲(g)+N_۲(g)\rightarrow N_۲H_۴(g) \qquad \Delta H_۱=?\\ +\\ &۲)\quad N_۲H_۴(g)+H_۲(g)\rightarrow ۲NH_۳(g) \qquad \Delta H_۲=-۱۸۳kJ \end{aligned}$$

$$۳H_۲(g)+N_۲(g)\rightarrow ۲NH_۳(g) \qquad \Delta H_{کل}=-۹۲kJ$$

$$\Delta H_{کل}=\Delta H_۱+\Delta H_۲$$

$$-۹۲kJ=\Delta H_۱+-۱۸۳kJ$$

$$\boxed{\Delta H_۱=+۹۱kJ}$$

تمرین : آیا می توانید دومسیر متفاوت برای سنتز آمونیاک از عناصر سازنده اش را بارسم نمودار تغییر آنتالپی نشان دهید ؟

(بله که می تونم !)

چند جمله در بارهٔ گاز مرداب (متان)

- ✓ متان ساده ترین هیدروکربن و نخستین عضو خانواده آلکان ها است .
- ✓ بخش عمدهٔ گاز طبیعی را متان تشکیل می دهد .
- ✓ این گاز می تواند از تجزیه گیاهان بوسیلهٔ باکتری های بی هوازی ، در زیر آب نیز تولید شود .
- ✓ شرایط تولید گاز متان بوسیله باکترهای بی هوازی در مرداب ها فراهم است . به همین دلیل گاز متان را گاز مرداب نیز می نامند .
- ✓ عنصرهای سازندهٔ متان ، هیدروژن و گرافیت (کربن) است . ولی **نمی توان** از واکنش مستقیم گاز هیدروژن با گرافیت ، گاز متان تهیه کرد .

$$C(s, \text{گرافیت}) + 2H_2(g) \rightarrow CH_4(g) \quad \Delta H = ?$$

زیرا تأمین شرایط بهینه برای انجام این واکنش بسیار دشوار و پر هزینه است .

بنابراین اگر روی کنجکاوی بخواهیم ΔH این واکنش را داشته باشیم ، باید از روش های غیرمستقیم ، مانند قانون هس ، استفاده کنیم .

تمرین : آنتالپی واکنش زیر را:

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

با استفاده از واکنش های ترموشیمیایی زیر، بدست آورید .

۱) $C(s, \text{گرافیت}) + O_۲(g) \rightarrow CO_۲(g) \qquad \Delta H^\circ_۱ = -۳۹۴kJ$

۲) $H_۲(g) + \frac{۱}{۲}O_۲(g) \rightarrow H_۲O(l) \qquad \Delta H^\circ_۲ = -۲۸۶kJ$

۳) $CH_۴(g) + ۲O_۲(g) \rightarrow CO_۲(g) + ۲H_۲O(l) \quad \Delta H^\circ_۳ = -۸۹۰kJ$

پاسخ :

اگر بتوانیم از جمع سه معادله ی داده شده ، به واکنش اصلی(واکنشی که ΔH آن مجهول است) برسیم ، آنگاه با کمک قانون هس می توان ΔH آن را بدست آورد . **اما معمولاً چنین نیست !**

بنابراین **باید تغییرات لازم** را در صورت لزوم ، درمعادله های داده شده ایجاد کنیم تا از جمع آن ها ، واکنش اصلی بدست آید .

این تغییرات می تواند شامل وارونه کردن معادله ها ، ضرب کردن معادله ها ویا تقسیم آن ها بر عددی مناسب باشد .

اما چگونه می توانیم تشخیص دهیم که، آیا لازم است تغییری در این معادله ها ایجاد شود یا خیر؟ واگر تغییری ایجاد می شود ، این تغییر چگونه باشد ؟

برای تشخیص نوع تغییر لازم :

معادله یک را با واکنش اصلی مقایسه می کنیم تا یک ماده مشترک بین آن دو بیابیم .
(این ماده نباید در معادله ی دیگر حضور داشته باشد.)

این ماده مشترک باید از دو نظر با واکنش اصلی هماهنگ باشد:

۱) حضور در سمت راست یا چپ معادله ،

اگر با واکنش اصلی هماهنگ باشد، بسیار عالی. اگر نباشد باید معادله را وارونه کنیم .

۲) ضریب استوکیومتری،

اگر ضریب آن ها با هم یکسان باشد ، بسیار عالی . وگرنه معادله را درعددی مناسب ضرب یا برآن تقسیم می کنیم تا ضریب آن ها یکسان شود .

این کار را برای معادله دو وسه نیز انجام می دهیم .

آن گاه معادله ها ی تغییر یافته یا نیافته را با هم جمع می کنیم ، اگر واکنش اصلی بدست آمد کار بخوبی انجام شده و از مجموع ΔH آن ها ،ΔH واکنش اصلی بدست خواهد آمد.

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

➢**با مقایسه معادله ۱ با واکنش اصلی :**
گرافیت ماده مشترک است . چون گرافیت درمعادله ۱ همانند واکنش اصلی در سمت چپ قراردارد و ضریب آن یک است پس معادله ۱ تغییری نمی کند .

➢**با مقایسه ی معادله ۲ با واکنش اصلی :**
گازهیدروژن ماده مشترک است . هیدروژن در معادله ۲ همانند واکنش اصلی در سمت چپ قرار دارد اما ضریب آن با واکنش اصلی یکسان نیست بنابراین معادله ۲ را در عدد ۲ ضرب کرده ومعادله جدید را ، معادله ۴ می نامیم .

➢**با مقایسه ی معادله ۳ با واکنش اصلی :**
گازمتان ماده مشترک است . ضریب متان در معادله ۳ همانند واکنش اصلی است اما در سمت چپ قرار دارد در حالی که متان در واکنش اصلی سمت راست است بنابراین معادله ۳ را وارونه می کنیم ومعادله جدید را ، معادله ۵می نامیم .

۱) $C(s, \text{گرافیت}) + O_۲(g) \rightarrow CO_۲(g) \quad \Delta H^\circ_۱ = -۳۹۴kJ$

۲) $H_۲(g) + \frac{۱}{۲}O_۲(g) \rightarrow H_۲O(l) \quad \Delta H^\circ_۲ = -۲۸۶kJ$

۳) $CH_۴(g) + ۲O_۲(g) \rightarrow CO_۲(g) + ۲H_۲O(l) \quad \Delta H^\circ_۳ = -۸۹۰kJ$

---

۱) $C(s, \text{گرافیت}) + O_۲(g) \rightarrow CO_۲(g) \quad \Delta H^\circ_۱ = -۳۹۴kJ$

بدون تغییر

۴) $۲H_۲(g) + O_۲(g) \rightarrow ۲H_۲O(l) \quad \Delta H^\circ_۴ = ۲ \times -۲۸۶ = -۵۷۲kJ$

ضریب ۲ معادله ی ۲

۵) $CO_۲(g) + ۲H_۲O(l) \rightarrow CH_۴(g) + ۲O_۲(g) \quad \Delta H^\circ_۵ = +۸۹۰kJ$

وارونه معادله ی ۳

اکنون معادله های بدست آمده را با هم جمع می کنیم . تا به واکنش اصلی و ΔH آن دست پیدا کنیم .

بدون تغییر ۱) $C(s,\text{گرافیت}) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$ $\quad \Delta H^\circ_1 = -۳۹۴kJ$

ضریب ۲ معادله ی ۲ ۴) $۲H_2(g) + O_2(g) \rightarrow ۲H_2O(l)$ $\quad \Delta H^\circ_4 = ۲ \times -۲۸۶ = -۵۷۲kJ$

وارونه معادله ی ۳ ۵) $CO_2(g) + ۲H_2O(l) \rightarrow CH_4(g) + ۲O_2(g)$ $\quad \Delta H^\circ_5 = +۸۹۰kJ$

$+$

$C(s,\text{گرافیت}) + ۲H_2(g) \rightarrow CH_4(g)$ $\quad \Delta H^\circ_{\text{واکنش}} = \Delta H^\circ_1 + \Delta H^\circ_4 + \Delta H^\circ_5$

$\Delta H^\circ_{\text{واکنش}} = -۳۹۴ + -۵۷۲ + ۸۹۰$

$\boxed{\Delta H^\circ_{\text{واکنش}} = -۷۶kJ}$

تمرین ۲ (صفحهٔ ۷۳ کتاب)

NO و CO دو گاز آلوده کننده ی هواهستند که از اگزوزخودرو خارج می شوند . یک شیمی دان محیط زیست ،از طریق واکنش زیر راه های تبدیل این گازها را به گاز های کم ضررتر، بررسی کرده است .

$$۲CO(g) + ۲NO(g) \rightarrow ۲CO_۲(g) + N_۲(g) \quad \Delta H = ?$$

با استفاده ازاطلاعات داده شده برای واکنش های زیر، ΔH واکنش یاد شده را محاسبه کنید .

۱) $CO(g) + \frac{۱}{۲}O_۲(g) \longrightarrow CO_۲(g) \qquad \Delta H = -۲۸۳kJ$

۲) $N_۲(g) + O_۲(g) \longrightarrow ۲NO(g) \qquad \Delta H = +۱۸۱kJ$

سوال ۲- گاز آب نامی است که برای مخلوطی از H_2 و CO به کار برده می شود .این مخلوط با عبوردادن بخار آب از روی زغال چوب در دمای ۱۰۰۰ °C به دست می آید .

$$C(s, \text{گرافیت}) + H_2O(g) \rightarrow CO(g) + H_2(g)$$

معمولاً هیدروژنِ گاز آب جدا وخالص می شود و به عنوان ماده ی اولیه برای تولید آمونیاک به کار می رود . با استفاده از واکنش های ترموشیمیایی زیر، ΔH^o برای واکنش تشکیل گازآب را محاسبه کنید .

$$C(s, \text{گرافیت}) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) \qquad \Delta H_1^\circ = -۳۹۴kJ$$

$$۲CO(g) + O_2(g) \rightarrow ۲CO_2(g) \qquad \Delta H_2^\circ = -۵۶۶kJ$$

$$۲H_2(g) + O_2(g) \rightarrow ۲H_2O(g) \qquad \Delta H_3^\circ = -۴۹۰kJ$$

تمرین :

سوسک بمب افکن برای دفاع از خود ، مخلوطی از چند ماده را به سمت دشمن پرتاب می کند ، به طوری که ، این مواد به سرعت ، طبق واکنش زیر با هم واکنش می دهند و گرمای زیادی آزاد می کنند .

$$C_۶H_۶O_۲(aq) + H_۲O_۲(aq) \rightarrow C_۶H_۴O_۲(aq) + ۲H_۲O(l)$$

با استفاده از واکنش های زیر ΔH این واکنش را محاسبه کنید .

۱) $C_۶H_۶O_۲(aq) \rightarrow C_۶H_۴O_۲(aq) + H_۲(g) \quad \Delta H = ۱۷۷kJ$

۲) $H_۲O_۲(aq) \rightarrow H_۲O(l) + \frac{۱}{۲}O_۲(g) \quad \Delta H = -۹۴/۶kJ$

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

خود را بیازمایید صفحهٔ ۷۳ را حل کنید . (خیلی مهم)

تمرین : (نهایی- خرداد ۹۲)

با کمک تغییر آنتالپی واکنش های داده شده ، تغییر آنتالپی واکنش داخل کادر را محاسبه کنید .

$$۲N_۲(g) + O_۲(g) \rightarrow ۲N_۲O(g)$$

۱) $C(s, \text{گرافیت}) + N_۲O(g) \rightarrow CO(g) + N_۲(g) \quad , \Delta H^\circ_۱ = -۱۹۳kJ$

۲) $C(s, \text{گرافیت}) + O_۲(g) \rightarrow CO_۲(g) \quad , \Delta H^\circ_۲ = -۳۹۳/۵kJ$

۳) $۲CO_۲(g) \rightarrow ۲CO(g) + O_۲(g) \quad , \Delta H^\circ_۳ = +۵۶۶kJ$

تمرین : (نهایی- شهریور ۹۲)(۲/۲۵ نمره)

با توجه به معادله ی واکنش های زیر :

۱) $C_3H_8(g) + 5O_2(g) \rightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(g) \quad , \Delta H_1 = -2056kJ$

۲) $C_3H_8(g) + 5O_2(g) \rightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(l) \quad , \Delta H_2 = -2220kJ$

آ) تغییر آنتالپی کدام واکنش آنتالپی استاندارد سوختن پروپان را نشان می دهد ؟ برای انتخاب خود دلیل بنویسید .

ب) به کمک معادله ی واکنش های بالا وبا استفاده از قانون هس ، آنتالپی استاندارد تبخیر آب « $H_2O(l) \rightarrow H_2O(g)$ » را محاسبه کنید .

سوال: (کنکور تجربی ۹۲)

با توجه به واکنش های زیر:

$$۱)Fe_۳O_۴(s)+CO(g)\rightarrow ۳FeO(s)+CO_۲(g)\quad \Delta H=+۲۲kJ$$

$$۲)Fe(s)+CO_۲(g)\rightarrow FeO(s)+CO(g)\quad \Delta H=-۱۱kJ$$

$$۳)۳Fe_۲O_۳(s)+CO(g)\rightarrow ۲Fe_۳O_۴(s)+CO_۲(g)\quad \Delta H=-۴۸/۵kJ$$

گرمای مبادله شده برای کاهش هرمول آهن (III) اکسید به فلز آهن برابر چند کیلوژول است ؟

۱) -۷۰/۵

۲) -۹۲/۵

۳) +۱۰۳/۵

۴) +۲۰/۵

تمرین : (کنکور ریاضی ۹۳)

با توجه به واکنش های زیر :

a) $O_2(g) + 2ClF(g) \rightarrow Cl_2O(g) + OF_2(g)$, $\Delta H = +168KJ$

b) $O_2(g) + 2F_2(g) \rightarrow 2OF_2(g)$, $\Delta H = -44KJ$

c) $2ClF_3(l) + 2O_2(g) \rightarrow Cl_2O(g) + 3OF_2(g)$, $\Delta H = +394KJ$

ΔH واکنش تولید $ClF_3(l)$ از گازهای ClF و F_2 برابر چند کیلو ژول است ؟

۱) -۱۳۵

۲) -۲۷۰

۳) +۵۱۸

۴) +۲۵۹

تمرین : (کنکور تجربی ۹۳)

با توجه به واکنش های زیر ، به ازای تبدیل هر گرم فسفر به فسفر پنتاکلرید ، چند کیلو ژول گرما آزاد می شود ؟ ($P = ۳۱ : g.mol^{-۱}$)

a) $P_۴(s) + ۶Cl_۲(g) \rightarrow ۴PCl_۳(g), \Delta H = -۱۱۴۸kJ$

b) $PCl_۵(g) \rightarrow PCl_۳(g) + Cl_۲ \quad , \Delta H = +۱۱۶kJ$

۱) ۱۳

۲) ۱۵

۳) ۱۷/۵

۴) ۲۱/۵

روش غیر مستقیم دو

تعیین گرمای واکنش با استفاده از آنتالپی های استاندارد تشکیل

آنتالپی یا گرمای استاندارد یک واکنش را به کمک رابطه زیر و با استفاده از آنتالپی استاندارد تشکیل مواد شرکت کننده در واکنش می توان محاسبه کرد :

$$\Delta H^{\circ}_{\text{واکنش}} = [\sum \Delta H^{\circ}_{\text{تشکیل}}(\text{فراورده ها})] - [\sum \Delta H^{\circ}_{\text{تشکیل}}(\text{واکنش دهنده ها})]$$

($\sum$ = مجموع)

مثال : آنتالپی استاندارد واکنش زیر را با استفاده از داده های جدول به دست آورید .

$$C_2H_5OH(l) + 3O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(l) \qquad \Delta H^\circ = ?$$

ماده	$C_2H_5OH(l)$	$CO_2(g)$	$H_2O(l)$
$\Delta H^\circ_{\text{تشکیل}}\ (kJ.mol^{-1})$	-۲۷۸	-۳۹۴	-۲۸۶

$$\Delta H^\circ_{\text{واکنش}} = [\sum \Delta H^\circ_{\text{تشکیل}}(\text{فراورده ها})] - [\sum \Delta H^\circ_{\text{تشکیل}}(\text{واکنش دهنده ها})]$$

$$\sum \Delta H^\circ_{\text{تشکیل}}(\text{فراورده ها}) = ۲\Delta H^\circ_{\text{تشکیل}} CO_۲(g) + ۳\Delta H^\circ_{\text{تشکیل}} H_۲O(l)$$

$$= ۲ \times (-۳۹۴) + ۳ \times (-۲۸۶) = -۱۶۴۶\text{kJ}$$

$$\sum \Delta H^\circ_{\text{تشکیل}}(\text{واکنش دهنده ها}) = ۱\Delta H^\circ_{\text{تشکیل}} C_۲H_۵OH(l) + ۳\Delta H^\circ_{\text{تشکیل}} O_۲(g)$$

$$= ۱ \times (-۲۷۸) + ۳ \times (۰) = -۲۷۸\text{kJ}$$

$$\Delta H^\circ_{\text{واکنش}} = -۱۶۴۶\text{kJ} - (-۲۷۸\text{kJ}) = -۱۳۶۸\text{kJ}$$

یاد آوری :

آنتالپی استاندارد تشکیل پایدارترین آلوتروپ یک عنصر، به طور قراردادی ، صفر در نظر گرفته شده است .

بنابراین آنتالپی استاندارد تشکیل گاز اکسیژن (O_2) برابر با صفر است .

تمرین : (کنکور تجربی ۹۳)

با توجه به واکنش های داده شده ، انرژی تشکیل کلسیم کربنات برابر چند $kJ.mol^{-1}$ است ؟

$$۲CaO(s) \rightarrow ۲Ca(s) + O_۲(g) \quad , \Delta H = +۱۲۷۰ kJ$$

$$CaCO_۳(s) \rightarrow CaO(s) + CO_۲(g) \quad , \Delta H = +۱۸۰ \ kJ$$

$$C(s) + O_۲(g) \rightarrow CO_۲(g) \quad , \Delta H = -۳۹۳ kJ$$

۱) ۱۴۸۳-

۲) ۱۲۰۸-

۳) ۱۱۱۸-

۴) ۶۹۷-

روش غیر مستقیم سه

تعیین گرمای واکنش با استفاده ازآنتالپی های پیوند و میانگین آن ها

در این روش تصور براین است که به هنگام انجام واکنش ، شماری از پیوند ها ی اشتراکی در مولکول های مواد واکنش دهنده شکسته شده و سپس شماری پیوند جدید تشکیل می شود تا مولکول های فرآورده بوجود آیند .

به عنوان مثال واکنش زیر را در نظر بگیرید :

$$H_2(g) + Cl_2(g) \longrightarrow 2HCl(g)$$

برای انجام این واکنش باید پیوند های H – H و Cl – Cl در مولکول واکنش دهنده ها شکسته شده و پیوند H – Cl در مولکول فراورده ها تشکیل شود .

برای درک این مطلب باید بتوانیم فرمول ساختاری مولکول مواد واکنش دهنده و فراورده را رسم کنیم .

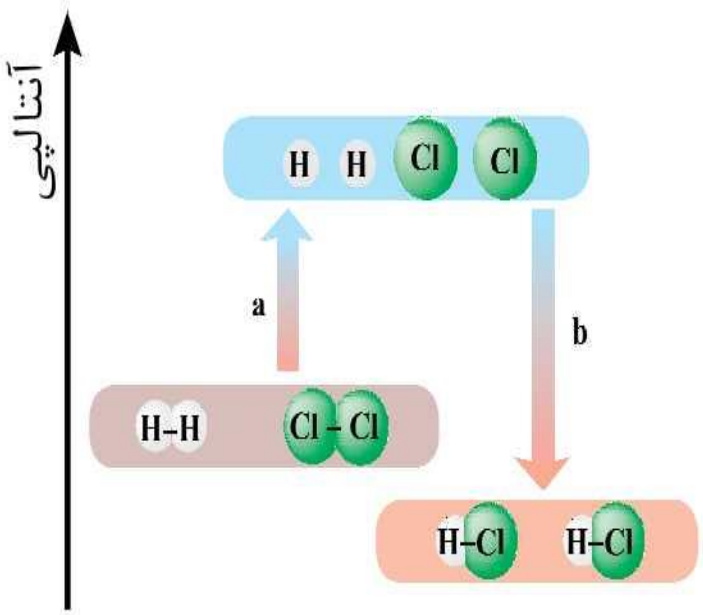
$$H-H(g) + Cl-Cl(g) \longrightarrow H-Cl(g) + H-Cl(g)$$

نمودار زیر تغییر آنتالپی را به هنگام انجام واکنش نشان می دهد .

در این نمودار :

a : مجموع آنتالپی پیوند در واکنش دهنده ها نشان می دهد.(فرآیندی گرماگیر)

B: مجموع آنتالپی های تشکیل پیوند در فرآورده ها را نشان می دهد .(فرآیندی گرماده)



$\Delta H_{(H-H)} = 436\ kJ.mol^{-1}$

$\Delta H_{(Cl-Cl)} = 242\ kJ.mol^{-1}$

$\Delta H_{(H-Cl)} = 431\ kJ.mol^{-1} \rightarrow \Delta H_{(H-Cl)\ \text{تشکیل}} = -431 kJ.mol^{-1}$

$a = \Delta H_{(H-H)} + \Delta H_{(Cl-Cl)} = 1mol \times 436\ kJ.mol^{-1} + 1mol \times 242 kJ.mol^{-1} = +678\ kJ$

$b = 2\,\Delta H_{(H-Cl)\ \text{تشکیل}} = 2\ mol \times -431\ kJ.mol^{-1} = -862\ kJ$

$\Delta H_{\text{واکنش}} = a + b \rightarrow \Delta H_{\text{واکنش}} = (+678kJ) + (-862kJ) =$

$678kJ - 862kJ = -184kJ$

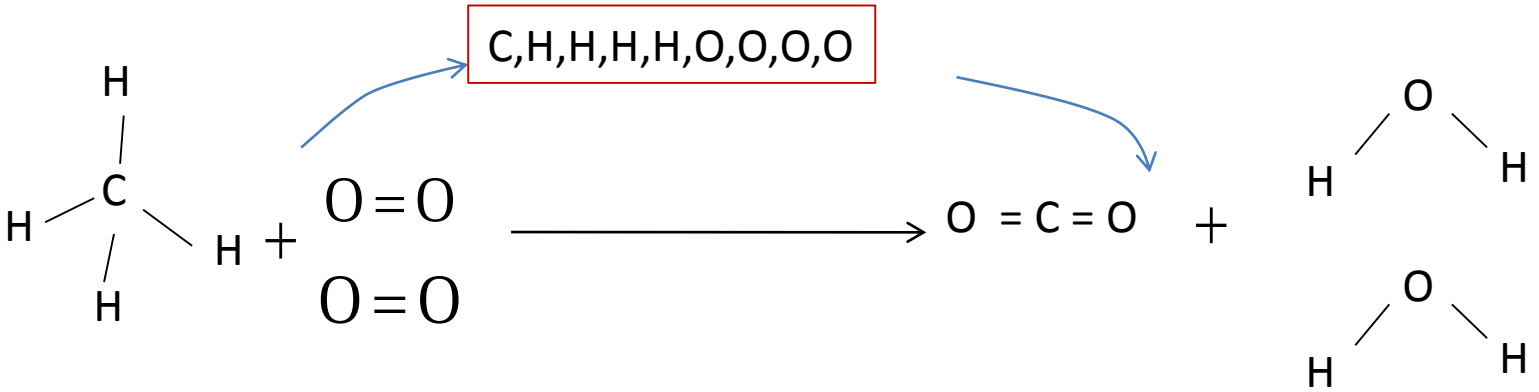
مجموع آنتالپی های پیوند در واکنش دهنده ها

مجموع آنتالپی های پیوند در فراورده ها

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = [\sum \Delta H_{\text{پیوند}}(\text{واکنش هنده ها})] - [\sum \Delta H_{\text{پیوند}}(\text{فراورده ها})]$$

تمرین (حل شده) : آنتالپی واکنش زیر را با استفاده از آنتالپی های پیوند حساب کنید .

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



انرژی پیوند هایی که در این واکنش مشاهده می شوند ،عبارتند از :

پیوند	C-H	O=O	C=O	O-H
انرژی پیوند($kJ.mol^{-1}$)	۴۱۲	۴۹۶	۸۰۵	۴۶۳

بنابراین :

$$a=\sum_{\text{پیوند}}\Delta H\ (\text{واکنش دهنده ها})=[۴\Delta H_{\text{پیوند}}\ (C-H)+۲\Delta H_{\text{پیوند}}\ (O=O)]=۴\times۴۱۲+۲\times۴۹۶=۲۶۴۰\text{kJ}$$

$$b=\sum_{\text{پیوند}}\Delta H\ (\text{فراورده ها})=[۲\Delta H_{\text{پیوند}}\ (C=O)+۴\Delta H_{\text{پیوند}}\ (O-H)]=۲\times۸۰۵+۴\times۴۶۳=۳۴۶۲\text{kJ}$$

$$\Delta H_{\text{واکنش}}=\sum_{\text{پیوند}}\Delta H\ \text{واکنش دهنده ها}-\sum_{\text{پیوند}}\Delta H\ \text{فراورده ها}$$

$$=۲۶۴۰-۳۴۶۲=-۸۲۲\text{kJ}$$

$$\Delta H_{\text{واکنش}}=-۸۲۲\text{kJ}$$

چند نکته

نکته یک :

برای بدست آوردن گرمای یک واکنش با استفاده از آنتالپی های پیوند لازم است فرمول ساختاری مواد شرکت کننده در واکنش را بدانیم تا بتوانیم نوع پیوندها را تشخیص دهیم . فرمول ساختاری با استفاده از ساختار لوییس بدست می آید که با چگونگی رسم ساختار لوییس در کتاب شیمی ۱ آشنا شدید .

نکته دو :

استفاده از آنتالپی های پیوند برای محاسبه ی گرمای واکنش فقط برای واکنش هایی مناسب است که همه مواد شرکت کننده به حالت گاز باشند . زیرا آنتالپی پیوند در حالت گازی اندازه گیری شده و اغلب به طور میانگین بیان می شود .

نکته ۳ :

مقدار اندازه گیری شده ی آنتالپی یک واکنش با استفاده از آنتالپی های پیوند با مقداری که به روش مستقیم و از طریق گرماسنجی برای آن واکنش بدست می آید متفاوت است .

$CH_۴(g) + ۲O_۲(g) \rightarrow CO_۲(g) + ۲H_۲O(g) \quad \Delta H = -۸۰۸kJ$ به روش گرماسنجی

$CH_۴(g) + ۲O_۲(g) \rightarrow CO_۲(g) + ۲H_۲O(g) \quad \Delta H = -۸۲۲kJ$ با استفاده از آنتالپی های پیوند

زیرا :

آنتالپی پیوند ها اغلب به طور میانگین بیان واستفاده می شود و مقدار آن ها دقیق نیست .

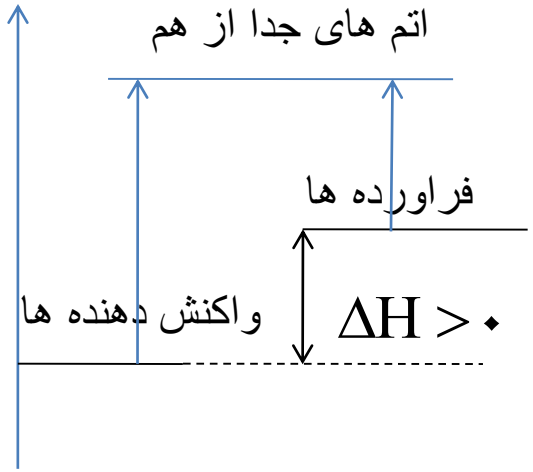
استفاده از گرماسنج برای اندازه گیری گرمای واکنش نیز بدون خطا نیست. این خطا می تواند خطای ابزاری یا فردی باشد .

توجه : هرچه مولکول های شرکت کننده در **واکنش ساده تر** باشند ، آنتالپی محاسبه شده با **داده های تجربی** ، که از روش گرماسنجی بدست می آید ، **هم خوانی** بیش تری دارد .

نکته ۴ :

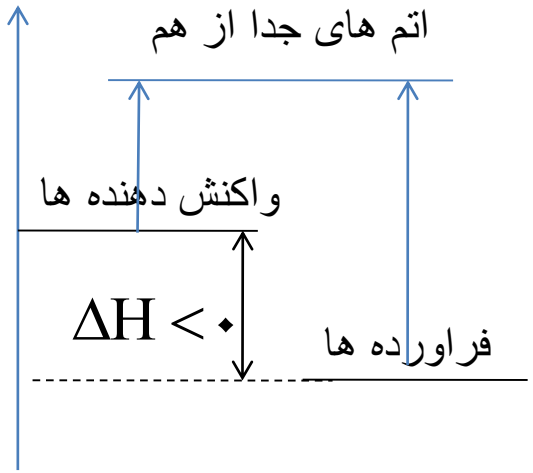
در واکنش های گرماگیر :

مجموع آنتالپی های پیوند واکنش دهنده ها بیشتر از مجموع انتالپی های پیوند فراورده هاست .



در واکنش های گرماده :

مجموع آنتالپی های پیوند واکنش دهنده ها کم تر از مجموع انتالپی های پیوند فراورده هاست .



خود را بیازمایید

صفحه ی ۷۵

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

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

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

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

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

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

تمرین : ΔH واکنش : $N\equiv N\ (g) + O{=}O\ (g) \rightarrow 2\ N{=}O(g)$ ، برابر چند کیلو ژول است ؟ (آنتالپی های پیوند های $N\equiv N$ ، $O{=}O$ و $N{=}O$ را به ترتیب برابر ۹۴۱ ، ۴۹۸، ۶۰۷ کیلو ژول بر مول در نظر بگیرید .(سنجش، ب ۹۶)

۱) ۲۲۵+

۲) ۲۲۵-

۳) ۸۳۲+

۴) ۸۳۲-

تمرین:

آنتالپی واکنش های زیر را با استفاده از آنتالپی پیوندها به دست آورید ونمودار تغییر آنتالپی را برای آن ها رسم کنید .

۱) $CH_4(g) + 3Cl_2(g) \rightarrow CHCl_3(g) + 3HCl(g)$

۲) $C_2H_4(g) + H_2O(g) \rightarrow C_2H_5OH(g)$

پاسخ واکنش یک

۱) $CH_4(g) + 3Cl_2(g) \rightarrow CHCl_3(g) + 3HCl(g)$

پاسخ واکنش دو

۲) $C_2H_4(g) + H_2O(g) \rightarrow C_2H_5OH(g)$

تمرین : (نهایی – خرداد ۹۲)

پلی وینیل کلرید (PVC) که در ساختن لوله ، اسباب بازی و ... کاربرد دارد را می توان از وینیل کلرید تهیه کرد که یکی از روش های تهیه ی آن ، واکنش گازی ایتن و هیدروژن کلرید می باشد .

$$H-C\equiv C-H(g)+H-Cl(g)\longrightarrow \begin{matrix} H & & H \\ & C=C & \\ H & & H \end{matrix}(g)$$

با توجه به داده های جدول زیر آنتالپی واکنش بالا را محاسبه کنید .(۱/۷۵ نمره)

پیوند	$C-H$	$C\equiv C$	$H\equiv Cl$	$C=C$	$C-Cl$
آنتالپی پیوند $(kJ.mol^{-1})$	۴۱۲	۸۳۷	۴۳۱	۶۱۲	۳۳۸

بسته های گرما ساز وسرما ساز فوری

این بسته ها بیش تر مورد استفاده ورزشکاران قرار می گیرد . چون می توانند در مدت کوتاهی موضع آسیب دیده را سرد یا گرم کنند .

اساس کار :

اساس کار این بسته ها ، انحلال یک ترکیب یونی در آب است که می تواند گرماده یا گرما گیر باشد .

اجزای این بسته ها :

یک کیسه پلاستیکی است که درون آن ، بستهٔ کوچکی آب به همراه مقدار معینی ترکیب یونی است .

چگونگی عملکرد این بسته ها :

هنگامی که به کیسه پلاستیکی ضربه وارد می شود ، بستهٔ کوچک آب درون آن پاره شده و ترکیب یونی در آب حل می شود ، که این انحلال می تواند گرماده یا گرماگیر باشد .

✓ در بسته های **گرما ساز** فوری از ترکیب یونی **کلسیم کلرید** استفاده می شود .
معادله ترموشیمیایی فرآیند انحلال آن در آب به شکل زیر است :

$$CaCl_2(s) \xrightarrow{\text{در آب}} Ca^{2+}(aq) + 2Cl^-(aq) + 83kJ$$

✓ در بسته های **سرما ساز** فوری از ترکیب یونی **آمونیوم نیترات** استفاده می شود .
معادله ترموشیمیایی فرآیند انحلال آن در آب به شکل زیر است :

$$NH_4NO_3(s) + 23kJ \xrightarrow{\text{در آب}} NH_4^+(aq) + NO_3^-(aq)$$

تمرین (ترکیبی): کدام یک از مطالب زیر درست است ؟

۱) داد وستد انرژی در واکنش ها تنها به شکل گرما ظاهر می شود .

۲) گرما را می توان هم ارز با آن مقدار دمایی دانست که به دلیل تفاوت در انرژی گرمایی جاری می شود .

۳) گاز نیتروژن (N_2) در مقایسه با گاز هیدرازین (N_2H_4) پایدارتر است .

۴) در معادلهٔ واکنش تولید بخار آب از گاز های هیدروژن و اکسیژن ، نماد Q کنار واکنش دهنده ها نوشته می شود .

تمرین : کدام یک از عبارت های زیر به درستی بیان نشده است ؟ ($H= 1\ g.mol^{-1}$)

۱) در واکنش شیمیایی ، تنها ، محتوای انرژی مواد تغییر نمی کند .

۲) انرژی لازم برای واکنش $H_{(l)} \rightarrow 2H(g)$ کم تر از $\Delta H(H\text{-}H)(kJ.mol^{-1})$ می باشد .

۳) برای تبدیل ۵ گرم مولکول هیدروژن گازی به اتم های جدا از هم ، انرژی معادل $\Delta H(H\text{-}H)(kJ.mol^{-1})$ ۲/۵ مورد نیاز است .

۴) تغییر در شیوهٔ اتصال اتم ها به یکدیگر منجر به تغییر در ساختار و خواص مواد می شود .

سرعت واکنش های شیمیایی و

عوامل مؤثر بر آن

غذای سالم

انسان همواره در طول تاریخ در جست و جوی روش هایی بوده است که بتواند مواد غذایی را برای مدت طولانی تری **سالم** نگه دارد .

عواملی محیطی مختلفی مانند **رطوبت ، دما ، نور و اکسیژن** در چگونگی و زمان نگهداری غذا مؤثرند .

- ✓ **رطوبت :** در محیط مرطوب ، میکروب ها شروع به رشد و تکثیر نموده و باعث کپک زدن و فساد آن می شوند .
- ✓ **دما :** هر چه دما بالاتر باشد سرعت واکنش های شیمیایی که منجر به فساد مواد غذایی می شوند افزایش یافته و زود تر فاسد می شود .
- ✓ **نور** : برخورد نور به بعضی از مواد غذایی باعث تغییرات شیمیایی نامطلوب در آن ها شده و غذا را فاسد می کند .
- ✓ **اکسیژن** : اکسیژن واکنش پذیری زیادی دارد ، بنابراین مواد غذایی که در هوای آزاد و در معرض اکسیژن قرار می گیرند سریع تر فاسد می شوند .

با شناخت این عوامل انسان توانسته است روش های مناسبی را برای نگهداری مواد غذایی به کار ببرد . مانند :

خشک کردن میوه ها

تهیه ترشی و مربا

نمک سود کردن

تهیه کنسرو

افزودن نگهدارند ها

یخچال های صنعتی و سرد خانه ها

....

مواد نگهدارنده

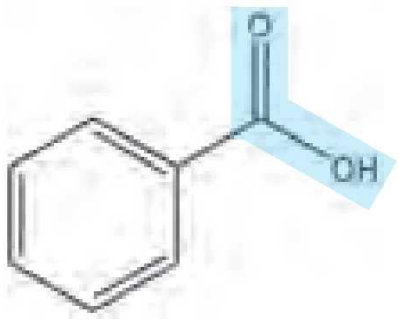
با وجود استفاده از فناوری های گوناگون مانند بسته بندی ، کنسرو سازی ، انجماد و... توسط صنایع غذایی ، هنوز هم در نگهداری و ماندگاری غذا با مشکلات زیادی روبرو بودند .

مواد شیمیایی گوناگون با نام **افزودنی ها** به صنایع غذایی کمک کرد تا هم رنگ و طعم و هم زما ن ماندگاری مواد غذایی را افزایش دهند .

مواد نگهدارنده ، یکی از افزودنی ها به مواد غذایی است که **ماندگاری** آن ها را **افزایش** می دهند .

این مواد با کاهش سرعت واکنش هایی که منجر به فاشد شدن مواد غذایی می شوند ، از آن ها محافظت می کنند .

بنزوییک اسید موجود در توت فرنگی و تمشک ، یکی از مواد نگهدارنده است که در صنایع غذایی استفاده می شود .



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

تمرین : فرمول مولکولی بنزوییک اسید (E210) و فرمول مولکولی نمک سدیم آن (E212) را بنویسید .

خود را بیازمایید

۱ـ هر یک از موارد زیر نقش چه عاملی را در سرعت واکنش نشان می‌دهد؛ توضیح دهید.

الف) برای نگهداری طولانی‌مدت فراورده‌های گوشتی و پروتئینی، آنها را به حالت منجمد ذخیره می‌کنند.

ب) روغن‌های مایع که در ظرف مات و کدر بسته‌بندی شده‌اند، زمان ماندگاری بیشتری دارند.

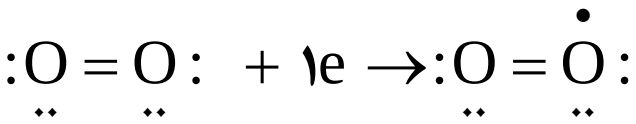
پ) قاووت گردی مغذی و تهیه شده از مغز آفتاب‌گردان، پسته و ... است. این سوغات کرمان زودتر از مغز این خوراکی‌ها فاسد می‌شود.

رادیکال ها

در بدن انسان به دلیل انجام واکنش های متنوع و پیچیده ، **رادیکال هایی** به وجود می آیند که با انجام واکنش های سریع به بافت های بدن آسیب رسانده و باعث **سرطان و پیری زودرس** می شود .

- **رادیکال ها** ، گونهٔ پر انرژی و ناپایداری هستند که در ساختار خود الکترون های جفت نشده (تک) دارند . در این گونه ها اتم هایی وجود دارند که از قاعدهٔ اکتت پیروی نمی کنند . همین ویژگی باعث شده است که از واکنش پذیری بالایی برخوردار باشند .

مانند : رادیکال آزاد اکسیژن



در انسان مهمترین رادیکال آزاد اکسیژن است. مولکول اکسیژن در معرض تشعشعات مختلف، استرس، دودهای ناشی از استعمال دخانیات و ... با گرفتن یک الکترون از دیگر مولکول‌ها، تبدیل به رادیکال شده و دست به کار تخریب دیگر مولکول‌ها، سلول‌ها و دی ان ای می‌شود.

توجه: در هوای آلوده رادیکال های NO و NO_2 وجود دارند که تنفس بیش از حد این گازها بیماری های تنفسی (مانند سرطان ریه) را در پی دارد .

تمرین : نام این گاز ها را نوشته و سا ختار لوییس آن ها را رسم کنید .

بازدارنده ها (آنتی اکسیدان ها)

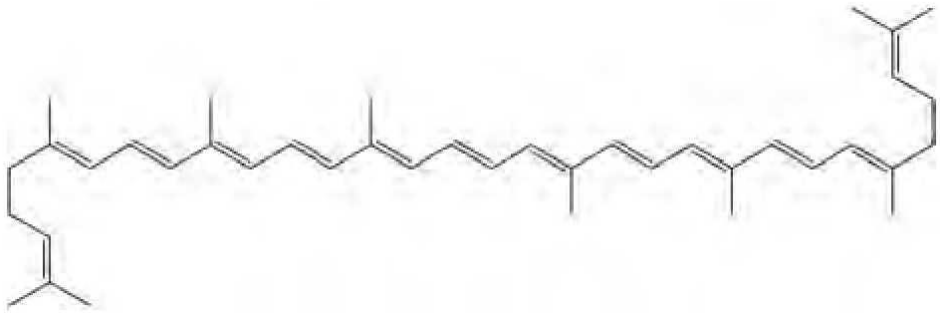
بازدارنده ها ، برخی ترکیبات آلی سیر نشده با نام ریز مغذی هستند که با حضور خود در بدن ، از انجام واکنش های نامطلوب و ناخواسته ای که بوسیله رادیکال ها ممکن انجام شود ، جلو گیری می کنند .

این ترکیبات با بدام انداختن رادیکال ها مانع انجام واکنش های نامطلوب به وسیلهٔ آن ها می شوند .

سبزیجات و میوه های گوناگون (به خصوص از نوع رنگی آن ها) سرشار از مواد بازدارنده هستند که می توانند از بدن در مقابل رادیکال ها محافظت کرده و از سرطان و پیری زود رس پیشگیری کنند. مانند لیکوپن، فلاوونویید ، آنتوسیانین ، بتا کاروتن و...

لیکوپن در گوجه فرنگی و هندوانه یافت می شود .

فرمول مولکولی این ترکیب را بنویسید .



تمرین : هندوانه و گوجه فرنگی ، دارای ترکیبات آلی ... هستند که فعالیت گونه های .... را کاهش می دهد و این گونه ها ، حاوی اتم هایی هستند که از قاعده ی هشتایی پیروی ..... .

۱) سیر نشده – پر انرژی – نمی کنند

۲) سیر شده – کم انرژی – نمی کنند

۳) سیر نشده - پر انرژی – نمی کنند

۴) سیر نشده – کم انرژی – می کنند

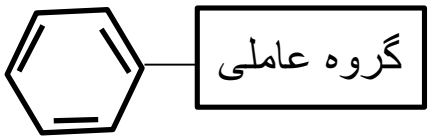
تمرین : اگر به ترکیب مقابل گروه عاملی ..... متصل گردد، ترکیبی بدست می آید که ...

۱) کربوکسیل – باعث کاهش زمان ماندگاری مواد غذایی می شود .

۲) هیدروکسیل – انحلال پذیری بیش تری در مقایسه با بنزن در آب خواهد داشت .

۳) اتری – پایدار بوده و ساختار آن الکترون جفت نشده دیده نمی شود .

۴) آلدهیدی – تعداد اتم های کربن متفاوتی با (۲- هپتانون) دارد .



آهنگ واکنش

آهنگ واکنش ، کمیتی است که نشان می دهد هر تغییر شیمیایی در چه گستره ای از زمان انجام می شود .

هر چه گستره زمان انجام یک تغییر شیمیایی کوچک تر باشد ، آهنگ انجام آن واکنش تند تر است و یا به عبارتی سریع تر انجام می شود .

- ✓ گستره زمانی انجام برخی واکنش ها بسیار کوتاه است .(در حد چند صدم ثانیه) طبیعی است این واکنش ها از آهنگی سریع برخور دار هستند . مانند انفجار
- ✓ گستره زمانی انجام برخی واکنش ها بسیار کند است. (در حد چندین سال) طبیعی است که این واکنش ها از آهنگی بسیار کند برخوردار هستند . مانند پوسیدن کاغذ

تعریف سرعت واکنش : شیمیدان ها آهنگ واکنش را در گسترهٔ معینی از زمان (یک ثانیه ، یک دقیقه ، ...) **سرعت واکنش** می نامند .

الف) **انفجار**[1]، واکنش شیمیایی بسیار سریعی است که در آن از مقدار کمی مادهٔ منفجر شونده به حالت جامد یا مایع، حجم زیادی از گازهای داغ تولید می‌شود.

ب) افزودن محلول سدیم کلرید به محلول نقره نیترات باعث تشکیل سریع رسوب سفیدرنگ نقره کلرید می‌شود.

پ) اشیای آهنی در هوای مرطوب به کندی زنگ می‌زنند. زنگار تولید شده در این واکنش ترد و شکننده است و فرو می‌ریزد.

ت) بسیاری از کتاب‌های قدیمی در گذر زمان زرد و پوسیده می‌شود. این پدیده نشان می‌دهد که واکنش تجزیهٔ سلولز کاغذ بسیار کند رخ می‌دهد.

شکل ۱۲ـ انجام برخی واکنش‌های شیمیایی با سرعت‌های گوناگون

سینتیک شیمیایی

واکنش های شیمیایی زیادی هر روزه در اطراف ما وحتی در درون بدن ما صورت می گیرد ، که **برخی مفید و برخی مضر** هستند .

برخی واکنش های مفید مانند :

گوارش ، تنفس ، تهیه دارد ها و تولید فرآورده های صنعتی

برخی واکنش های مضر مانند :

خوردگی وسایل آهنی ، تولید آلاینده ها ، زرد و پوسیده شدن کاغذ کتاب

دانشمندان در پی این هستند که واکنش های **مضر** را تا حد امکان کند یا **متوقف** کنند و شرایط مناسب را برای **انجام** واکنش های **مفید** فراهم سازند .

سینتیک شیمیایی با بررسی شرایط و چگونگی انجام واکنش های شیمیایی و عوامل موثر بر سرعت آن ها ،این آگاهی و توانایی را در اختیار دانشمندان قرار دهند .

تعریف سینتیک شیمیایی : شاخه ای از علم شیمی است که موارد زیر را مطالعه می کند .

۱- شرایط انجام واکنش های شیمیایی

۲- چگونگی انجام واکنش های شیمیایی

۳- محاسبه سرعت انجام واکنش های شیمیایی

۴- عوامل موثر برسرعت واکنش های شیمیایی

پیشرفت واکنش با سرعت واکنش فرق می کند .

پیشرفت واکنش نشان می دهد که چه مقدار از واکنش دهنده ها ، به فراورده ها تبدیل شده است .

- اگر مقدار زیادی از واکنش دهنده ها به فراورده ها تبدیل شده باشد ، پیشرفت واکنش زیاد است .
- اگر مقدار کمی از واکنش دهنده ها به فراورده ها تبدیل شده باشد ، پیشرفت واکنش کم است .

پیشرفت واکنش هیچ ربطی به سرعت واکنش ندارد . ممکن است پیشرفت یک واکنش خوب باشد ، ولی سرعت انجام واکنش بسیار کند باشد . در این صورت واکنش تا مرز کامل شدن پیش می رود ولی برای رسیدن به این پیشرفت زیاد ، زمان بسیار زیادی نیاز است .

مثال : واکنش **تجزیه سلولز** (پوسیده شدن وزرد شدن برگ های کاغذ ی یک کتاب) تا مرز پوسیده شدن کامل پیش می شود ولی این واکنش به قدری کند است که به سال های زیادی زمان نیاز دارد .

عوامل موثر بر سرعت واکنش های شیمیایی

۱- ماهیت واکنش دهنده ها

۲ – سطح تماس واکنش دهنده ها

۳- دما

۴- غلظت

۵ – کاتالیزگر

۱- ماهیت واکنش دهنده ها

مهم ترین عامل موثر بر سرعت واکنش های شیمیایی ، **ماهیت** مواد واکنش دهنده است.

مثال۱ : O_2 و H_2 با یک جرقه به طور انفجاری با هم واکنش می دهند و آب تولید می شود ، ولی N_2 و H_2 نمی توانند با ایجاد جرقه با هم واکنش داده وترکیب شوند . زیرا ....

مثال ۲ : فلز آلومینیوم با آب سرد واکنش نمی دهد اما فلز پتاسیم با آب واکنشی انفجاری دارد .زیرا ....

این مثال ها نشان می دهد که :

« هر چه مواد واکنش دهنده از واکنش پذیری شیمیایی بیش تری برخوردار باشند ، سرعت انجام واکنش آن ها بیش تر است . »

نکته : هر چند ماهیت واکنش دهنده ها مهم ترین عامل مؤثر بر سرعت واکنش است ولی از آن نمی توان به عنوان یک عامل بهبود دهنده سرعت واکنش استفاده کرد . زیرا ...

۲- سطح تماس واکنش دهنده ها

سرعت واکنش میان مواد گوناگون ، وقتی سطح تماس بیش تری برای آن ها فراهم می شود بیش تر خواهد بود . (رابطهٔ مستقیم)

زیرا سطح تماس بیش تر، باعث می شود ذرات سازندهٔ مواد واکنش دهنده با هم برخورد های بیش تری را در زمان معین داشته باشند و واکنش سریع تر انجام می شود .

مثال۱ : قرص جوشان هر چه خرد تر شود در آب سریع تر واکنش داده وگاز کربن دی اکسید را با سرعت بیش تری آزاد می کند .

مثال ۲ : نزدیک کردن شعله به پود ر آهن ، باعث سوختن و شعله ور شدن آن نمی شود ولی پاشیدن پودر آهن بر روی شعله ، باعث سوختن و شعله ور شدن آن می شود .

مثال ۳ :

نکته :

اگر واکنش دهنده ها در یک فاز باشند مثلاً همگی گاز باشند یا همگی محلول در آب باشند ، واکنش با سرعت بیش تری انجام می شود ، در مقایسه با این که ، واکنش دهنده ها در فازهای متفاوت باشند .

زیرا حضور واکنش دهنده ها در یک فاز باعث می شود بهتر در هم مخلوط شده و در تماس با یکدیگر باشند . بنابراین احتمال برخورد میان ذرات واکنش دهنده بیش تر بوده و سرعت واکنش افزایش می یابد .

اگر واکنش دهنده ها **یکی گاز ودیگری جامد** و یا دو **مایع مخلوط نشدنی** باشند ، محل برخورد ذرات واکنش دهنده ،به محل تماس دو ماده خلاصه می شود ، بنابراین واکنش به کندی پیشرفت می کند.

به طور کلی : برای یک واکنش معین ، سطح تماس ذره های واکنش دهنده و سرعت واکنش در حالت های فیزیکی مختلف به صورت زیر است :

جامد < مایع < گاز

تمرین : در هرمورد ، کدام واکنش سریع تر پیش می رود ؟ چرا ؟

۱) $\begin{cases} I_۲(s) + H_۲(g) \rightarrow ۲HI(g) \\ I_۲(g) + H_۲(g) \rightarrow ۲HI(g) \end{cases}$

۲) $\begin{cases} \text{پودر منیزیم} + HCl(aq) \rightarrow MgCl_۲(aq) + H_۲(g) \\ \text{نوار منیزیم} + HCl(aq) \rightarrow MgCl_۲(aq) + H_۲(g) \end{cases}$

۳- اثر دما

افزایش دما ، سرعت واکنش ها را افزایش می یابد .

زیرا افزایش دما ، انرژی ذرا ت را به هنگام برخورد افزایش می دهد . بنابراین برخورد های موثر افزایش یافته و سرعت واکنش بیش تر می شود.

- با افزایش دما ، **هم سرعت واکنش های گرماگیر** و **هم سرعت واکنش های گرماده** ، افزایش می یابد .

مثال ۱: برای نگهداری طولانی مدت فرآورده های گوشتی و پروتئینی ، آن ها را منجمد می کنند زیرا دمای پایین سرعت فرآیند های شیمیایی که منجر به فساد آن ها می شود را کاهش می دهد .

مثال ۲ : محلول بنفش رنگ پتاسیم پر منگنات ($KMnO_4$) با اسید آلی در دمای اتاق به کندی واکنش داده و بی رنگ می شود ، اما در دمای بالا به سرعت بی رنگ می شود .

مثال ۳:

آهسته تر

$$Mg(s) + H_2O(l) \rightarrow Mg(OH)_2(aq) + H_2(g)$$

آب سرد

سریع تر

$$Mg(s) + H_2O(l) \rightarrow Mg(OH)_2(aq) + H_2(g)$$

آب جوش

نکته (برای علاقمندان شیمی) : افزایش دما جنبش ذرات ماده واکنش دهنده را افزایش داده واز دو طریق باعث افزایش سرعت واکنش می شود :

۱- افزایش تعداد برخورد ها در واحد زمان و در واحد حجم ظرف .

۲- افزایش انرژی ذرات به هنگام برخورد با یکدیگر .

هر دو مورد باعث می شود تعداد برخورد های موثر میان ذرات واکنش دهنده افزایش یافته و واکنش سریع تر انجام شود .

- البته تأثیر افزایش دما ، روی افزایش انرژی ذرات به هنگام برخورد بیش تر است .

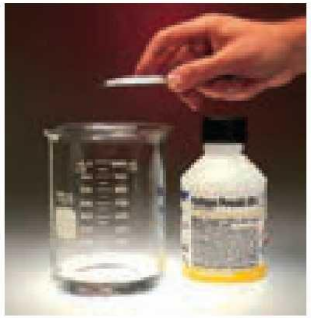
تجربه نشان می دهد که با افزایش $10^{\circ}C$ دما ، تعداد برخورد ها حدود ٪۲ بیش تر می شود ، در حالی که سرعت واکنش ۱۰۰ تا ٪۳۰۰ افزایش می یابد .این افزایش زیاد سرعت ، به علت انرژی بیش تر ذرات، به هنگام برخورد است .

۴- کاتالیزگر

کاتالیزگر ماده ای است که سرعت واکنش را زیاد کرده و در پایان واکنش بدون تغییر باقی می ماند.

بنابراین از یک کاتالیزگر بارها وبارها می توان استفاده کرد .

مثال :



محلول هیدروژن پراکسید (آب اکسیژنه) در دمای اتاق به کندی تجزیه شده و گاز اکسیژن تولید می کند .

در حالی افزودن چند قطره محلول پتاسیم یدید به آن باعث می شودبا سرعت زیادی واکنش تجزیه آن انجام شود .

توجه : یون یدید (I^-) حاصل از محلول KI نقش کاتالیزگررا در این واکنش ایفا می کند و یون K^+ ، نقشی نداشته و یون تماشاچی است .

$$H_2O_2\,(aq) \xrightarrow{I^-(aq)} 2H_2O(l) + O_2(g)$$

چند مثال دیگر از کاتالیزگرها

مثال ۱ : برخی افراد با مصرف کلم و حبوبات دچار نفخ می شوند ، زیرا بدن آن ها فاقد آنزیمی است که بتواند به عنوان کاتالیزگرسرعت هضم چنین موادی را افزایش دهد .

مثال ۲ : قندی که آغشته به خاک باغچه است سریع تر می سوزد زیرا ، خاک باغچه کاتالیزگر مناسب برای این واکنش است .

دو مثال دیگر : (یادآوری شیمی دهم)

- گاز هیدروژن واکسیژن در دمای اتاق و در کنار یکدیگر ، سال های طولانی واکنش نمی دهند اما در حضور فلز پلاتین به سرعت با هم ترکیب شده و تبدیل به آب می شوند .

$$2\,H_2\,(g) + O_2\,(g) \xrightarrow{pt} 2H_2O(l)$$

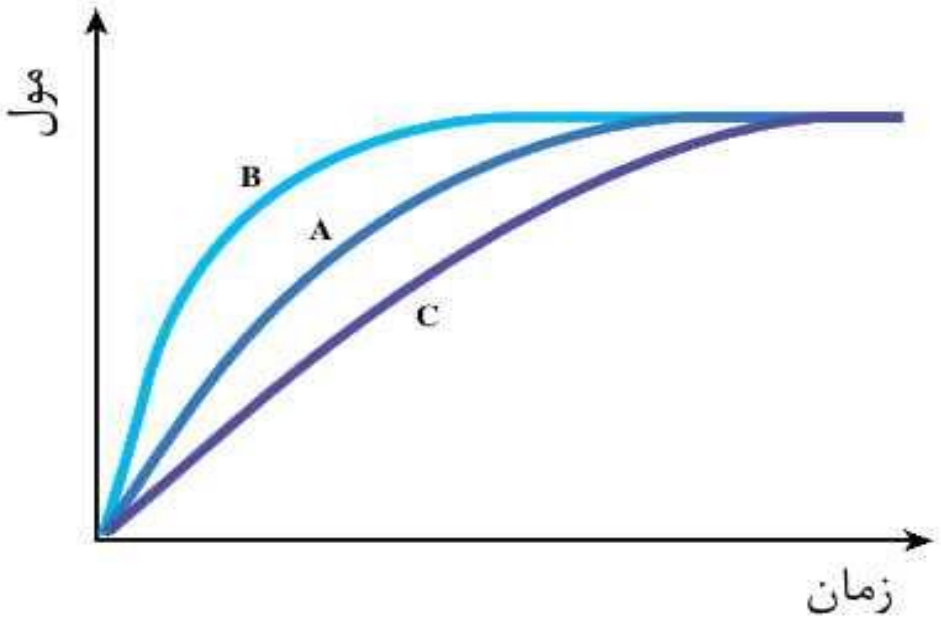
- فرآیند هابر در حضور کاتالیزگر آهن به شکل بهینه انجام می شود .

$$N_2\,(g) + 3H_2\,(g) \underset{}{\overset{Fe(s)}{\rightleftharpoons}} 2NH_3(g)$$

خود را بیازمایید

صفحهٔ ۹۰

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



۵- اثر غلظت

در **بیش تر واکنش ها** با افزایش غلظت ، سرعت واکنش بیش تر می شود . زیرا میزان برخورد ذرات واکنش دهنده با یکدیگر افزایش یافته ، واکنش سریع تر انجام می شود .

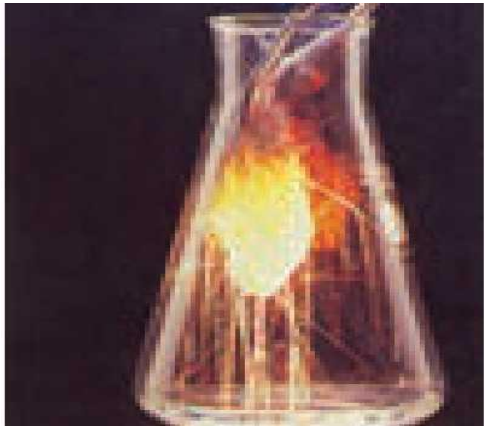
مانند :

خیلی کند $Fe\ (\text{گداخته}) + O_2(\text{هوا}) \longrightarrow F_2O_3(s)$

درصد خلوص ۲۱%

سریع $Fe\ (\text{گداخته}) + O_2(\text{خالص}) \longrightarrow F_2O_3(s)$

درصد خلوص ۱۰۰%



اثر تغییر فشار بر روی سرعت واکنش

اثر تغییر فشار بر روی مواد گازی همانند اثر تغییر غلظت است. زیرا با افزایش فشار، ملکول های گاز به هم نزدیک شده غلظت بیشتر می شود و بالعکس.

در واکنش های یک طرفه (برگشت ناپذیر) عامل فشار در صورتی بر واکنش موثر است که حداقل یکی از مواد واکنش دهنده گازی شکل باشند.

مثلا در واکنش های زیر افزاش فشار سرعت واکنش ۲ را افزایش می دهد ولی بر واکنش ۱ اثر ندارد.

۱) $H_2O_{2(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$

۲) $BaO_{(s)} + CO_{2(g)} \rightarrow BaCO_{3(s)}$

مفهوم غلظت

مفهوم غلظت معمولاً برای مخلوط های همگن (محلول) دو یا چند ماده به کار می رود .

برای بیان غلظت یک ماده در یک مخلوط ، از روش های متعددی استفاده می شود . مانند درصد جرمی ، درصد حجمی ، غلظت مولی (ملاریته) و قسمت در میلیون (ppm) و ...

غلظت مولی ، یکی از کاربردی ترین روش های بیان غلظت است .

تعریف غلظت مولی : بیان مول های حل شونده در یک لیتر محلول را غلظت مولی یا ملاریتهٔ محلول می نامند . یکای مولاریته ، مول بر لیتر ($mol.L^{-1}$) است . و با نماد [...] نشان داده می شود .

برای محاسبه غلظت مولی از رابطهٔ زیر استفاده می شود .

$$[A]=\frac{n}{V}$$

n = تعداد مول ها

V= حجم محلول بر حسب لیتر

تمرین: ۴/۹ گرم سولفوریک اسید خالص را در مقداری آب حل کرده و حجم محلول را با افزودن آب مقطر به ۵۰۰ میلی لیتر می رسانیم . غلظت مولی محلول حاصل را حساب کنید . ($H_2SO_4 = 98\ g.mol^{-1}$)

تمرین : در کپسولی به حجم ۱۰ لیتر ، مقداری هوای فشرده وجود دارد . اگر جرم گاز اکسیژن موجود در کپسول ۴ گرم باشد غلظت مولی اکسیژن را در کپسول حساب کنید .

غلظت مادهٔ جامد ومایع خالص

- برای محاسبه غلظت مولی ماده جامد ومایع خالص ، باید تعداد مول آن (n) را بر حجم خود ماده (V) تقسیم کنیم .

$$[A]=\frac{n}{V} \quad (1)$$

- برای تعیین تعداد مول ماده (n) باید جرم آن (m) را بر جرم مولی آن (M) تقسیم کنیم .

$$n=\frac{m}{M} \quad (2)$$

- از طرفی می دانیم چگالی یک ماده (d) از تقسیم جرم آن (m) بر حجم آن (V) بدست می آید .

$$d=\frac{m}{V} \Rightarrow V=\frac{m}{d} \quad (3)$$

(۱) (۲) (۳)
$$[A]=\frac{n}{V} \Rightarrow [A]=\frac{\frac{m}{M}}{\frac{m}{d}} \Rightarrow \boxed{[A]=\frac{d}{M}}$$

باید d در این رابطه برحسب گرم بر لیتر باشد .

نتیجه : **چون جرم مولی و چگالی یک مادهٔ جامد یا مایع خالص در یک دمای معین ثابت است و به مقدارآن بستگی ندارد بنابراین غلظت آن نیز عددی ثابت بوده و با افزودن و کاستن از مقدار آن ، تغییری نمی کند .**

تمرین ۱:

غلظت مولی آب را حساب کنید.($H_2O = 18\ g.mol^{-1}$, $d\ (H_2O)=1000 g.L^{-1}$)

تمرین ۲: کدام یک از عوامل می تواند سرعت واکنش زیر را افزایش دهد ؟ چرا ؟

$$C(s,\ \text{گرافیت}) + O_2\ (g) \rightarrow CO_2\ (g)$$

آ) افزایش فشار گاز اکسیژن

ب) افزودن مقدار بیش تری کربن (گرافیت)

تمرین : کدام یک از گزینه های زیر درست است ؟

۱) آهنگ واکنش کمیتی است که نشان می دهد محصول حاصل از هر واکنش تا چه زمانی مورد استفاده قرار می گیرد .

۲) هر چه مدت زمان انجام واکنش بیش تر باشد ، یعنی آهنگ واکنش بیش تر است .

۳) انفجار واکنش بسیار سریع است ، بنابراین آهنگ واکنش آن نیز بسیار زیاد می باشد .

۴) سریع تر سوختن الیاف آهن در ارلن پر از اکسیژن نسبت به هوا ، به دلیل افزایش سطح تماس الیاف آهن با اکسیژن است .

تمرین : با توجه به نمودار های زیر ، چه تعداد از عبارت های زیر درست اند ؟(شیب نمودار نشان دهندهٔ سرعت واکنش است)

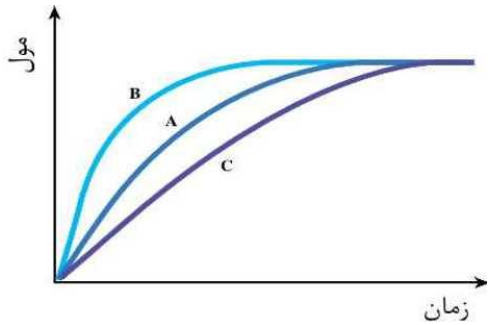
آ) نمودار های A و B می تواند ، مربوط به واکنش محلول پتاسیم پرمنگنات با اسید آلی ، به ترتیب در دماهای 35 و 24 درجهٔ سانتیگراد باشد .

ب) با استفاده از خاک (شن) ، نمودار سوختن قند می تواند از A به C تبدیل شود.

پ) در واکنش تجزیهٔ کلسیم کربنات جامد ، با خرد کردن آن ، نمودار C می تواند به نمودار B تبدیل شود .

ت) در واکنش $X(s) + H_2O(l) \rightarrow$ ، اگر X ، سدیم و پتاسیم باشد ، نمودار آن ها می تواند به ترتیب A و B باشد .

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴



پایان قسمت سوم جلسه آینده امتحان

سرعت واکنش از دیدگاه کمی

در مباحث قبلی ، با سرعت واکنش های شیمیایی به طور **کیفی** و در مقایسه با هم آشنا شدیم .

اما در پژوهش های علمی ، فناوری های نو ، تولید داروها و ... لازم است سرعت واکنش ها به طور دقیق و به شکل **کمی** اندازه گیری و بیان شود .

چون در یک واکنش شیمیایی با گذشت زمان از مقدار واکنش دهند ها کاسته شده و بر مقدار فرآورده ها افزوده می شود، پس می توان سرعت واکنش را به طور کمی و براساس مصرف ویا تولید یک از مواد شرکت کننده در واکنش اندازه گیری و بیان کرد .

معمولاً سرعت مصرف یا تولید یک ماده درطی انجام یک واکنش ، کند شده ودر نهایت به صفر می رسد ، به همین دلیل سرعت واکنش به صورت **متوسط** ودر یک بازه زمانی معین اندازه گیری می شود

به بیان دیگر ، آهنگ مصرف یا تولید یک ماده ی شرکت کننده در واکنش در گستره ی زمانی قابل اندازه گیری را سرعت متوسط آن ماده می گویند . و آنرا با $\overline{R}$ نمایش می دهند . (Rate= نرخ آهنگ یا سرعت)

مثال ۱ : سرعت مصرف رنگ غذا را بر حسب مول بر دقیقه با توجه به شکل زیر حساب کنید . (شکل صفحهٔ ۸۴ کتاب)

(الف) (ب) (پ)

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

مثال ۲ : خود را بیازمایید صفحهٔ ۸۵ کتاب

۲ـ دانش‌آموزی درون یک محلول محتوی ۰/۰۳ مول مس (II) سولفات، تیغه‌ای از جنس روی قرار داده است. شکل زیر پیشرفت واکنش $Zn(s)$ با $CuSO_4(aq)$ را در این آزمایش نشان می‌دهد، با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید.

آ) واکنش‌پذیری فلز روی را با مس مقایسه کنید.

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

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

سرعت مصرف یا تولید یک ماده را می توان بر حسب تغییر مول(Δn) ، تغییر غلظت ($\Delta[\ ]$) و یا تغییر حجم (ΔV) ، تغییر فشار (ΔP) ، تغییر جرم (Δm) و ... آن ماده در واحد زمان اندازه گیری کرد .

اما استفاده از برخی از این روش ها ، دارای محدودیت هایی است .

- **اندازه گیری سرعت بر حسب تغییر مول در واحد زمان** $(\frac{\Delta n}{\Delta t})$

برای هر حالتی از ماده قابل استفاده است .

گازها (g) ، جامدات (s) ، مایعات (l) و محلول های آبی(aq)

- **اندازه گیری سرعت بر حسب تغییر غلظت در واحد زمان** $(\frac{\Delta[\ ]}{\Delta t})$

فقط برای گازها (g) ، و محلول های آبی(aq) قابل استفاده است .

اندازه گیری سرعت بر حسب تغییر حجم در واحد زمان $(\frac{\Delta V}{\Delta t})$

فقط برای گازها (g) ، قابل استفاده است زیرا در طول انجام واکنش با تولید یا مصرف گاز ها تغییر حجم قابل توجهی ایجاد شده و این تغییر حجم با تغییر تعداد مول های آن ها متناسب است .

❑ از **تغییر فشار** و **تغییر جرم** کم تر استفاده می شود .

اندازه گیری سرعت متوسط تولید یا مصرف مواد شرکت کننده در واکنش

برحسب تغییر مول

مثال :واکنش فرضی زیر را در نظر می گیریم :

$$aA + bB \rightarrow cC + dD$$

در این واکنش با گذشت زمان و پیشرفت واکنش از تعداد مول های A و B کاسته شده و به تعداد مول های C و D افزوده می شود .

اکنون می خواهیم سرعت مصرف ماده A را محاسبه کنیم :

t_1 زمان اولیه

$n_{1(A)}$ تعداد مول های اولیه ی A

t_2 زمان ثانویه

$n_{2(A)}$ تعداد مول های نهایی A

$$n_{2(A)} < n_{1(A)} \Rightarrow$$

$$\Delta n_{(A)} = n_{2(A)} - n_{1(A)} < 0$$

$$\bar{R}_A = -\frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1} = -\frac{\Delta n_{(A)}}{\Delta t} > 0$$

در رابطه فوق قبل از کسر علامت منفی به کار رفته است زیرا سرعت واکنش هیچ گاه منفی نخواهد بود .

واکنش فرضی زیر را در نظر بگیرید :

$$aA + bB \rightarrow cC + dD$$

اکنون می خواهیم سرعت مصرف ماده C را محاسبه کنیم :

t_1 زمان اولیه

$n_{1(C)}$ تعداد مول های اولیه ی C

t_2 زمان ثانویه

$n_{2(C)}$ تعداد مول های نهایی C

$$n_{2(C)} > n_{1(C)} \Rightarrow$$

$$\Delta n_{(C)} = n_{2(C)} - n_{1(C)} > 0$$

$$\bar{R}_C = \frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta n_{(C)}}{\Delta t} > 0$$

در رابطه فوق قبل از کسر علامت منفی نیازی نیست زیرا بر حسب تولید فراورده مثبت بدست می آید .

تمرین :برای واکنش فرضی زیر :

$$aA + bB \rightarrow cC + dD$$

فرمول محاسبه سرعت مصرف B و تولید D را بنوسید

نکته ۱ : علامت منفی در رابطه محاسبه سرعت برای واکنش دهنده ها و علامت مثبت برای فراورده ها به کار می رود .

یک نکته جالب: برای رهایی از علامت مثبت و منفی ، می توان از علامت قدر مطلق استفاده کرده و رابطه فوق را به صورت زیر نوشت :

$$\bar{R}_X = \frac{|\Delta n_{(X)}|}{\Delta t}$$

(X می تواند واکنش دهنده و یا فراورده باشد .)

نکته ۲ : یکای سرعت بر اساس رابطه اسلاید قبل می تو اند $mol.S^{-1}$ یا $mol.min^{-1}$ یا $mol.h^{-1}$ باشد . طبیعی است که یکای $mol.s^{-1}$ معمولا برای واکنش های سریع تر استفاده می شود .

مثال : ۱۰ مول گاز N_2O_4 را در ظرفی قراد دادیم تا مطابق با معادله ی زیر تجزیه شود . بعد از ۳۰ دقیقه از شروع واکنش مقدار آن به ۵ مول رسیده است . سرعت مصرف N_2O_4 را بر حسب **مول بر دقیقه** و **مول بر ساعت** بدست آورید .

n_1=10 mol
n_2= 5 mol

$\Delta n = n_2 - n_1 = 5-10 = -5 mol$

t_1=0
t_2= 30 min

$\Delta t = t_2 - t_1 = 30 - 0 = 30 min$

$$\bar{R}_{N_2O_4} = \frac{|\Delta n_{(N_2O_4)}|}{\Delta t} = \frac{|-5 mol|}{30 min} = 0/17 \frac{mol}{min}$$

دو نکته در مورد سرعت تولید ویا مصرف مواد شرکت کننده در واکنش

نکته یک : سرعت واکنش تابع غلظت واکنش دهنده هااست . **بیش تر واکنش ها** در آغاز یعنی هنگامی که غلظت واکنش دهنده ها زیاد است سریع انجام می شوند ، ولی با گذشت زمان و با مصرف واکنش دهنده ها سرعت آن ها رفته رفته کاهش می یابد .

نکته ۲ : با گذشت زمان هم سرعت مصرف واکنش دهنده ها و هم سرعت تولید فرآورده ها ، هر دو کاهش می یابد .

مثال : در واکنش فرضی :

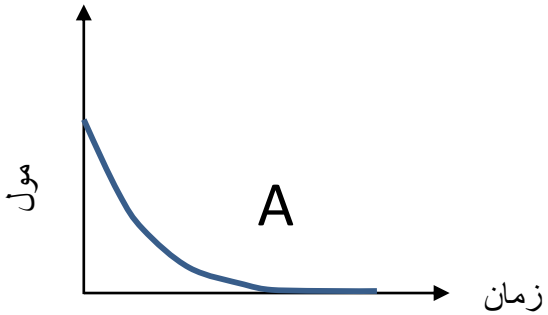
$$A \rightarrow B$$

هنگامی که با گذشت زمان غلظت A کاهش می یابد ، سرعت مصرف آن کاهش می یابد . طبیعی است که وقتی ماده A با سرعت کم تری مصرف شود، ماده ی B نیز با سرعت کم تری تولید می شود .

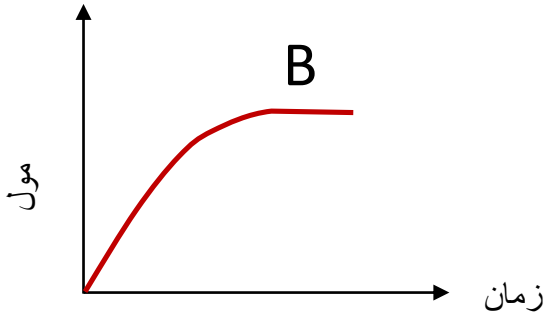
(**شمار اندکی** از واکنش ها وجود دارند که همواره با **سرعت ثابتی** پیشرفت می کنند و با گذشت زمان سرعت آن ها کاهش نمی یابد.)

بررسی نمودار « مول – زمان » مواد شرکت کننده در واکنش

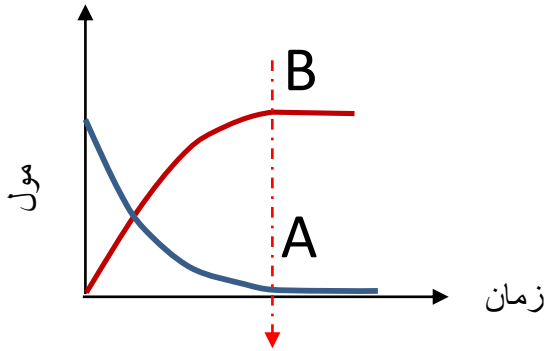
$$A \rightarrow B$$



با گذشت زمان از مول های واکنش دهنده کاسته می شود .

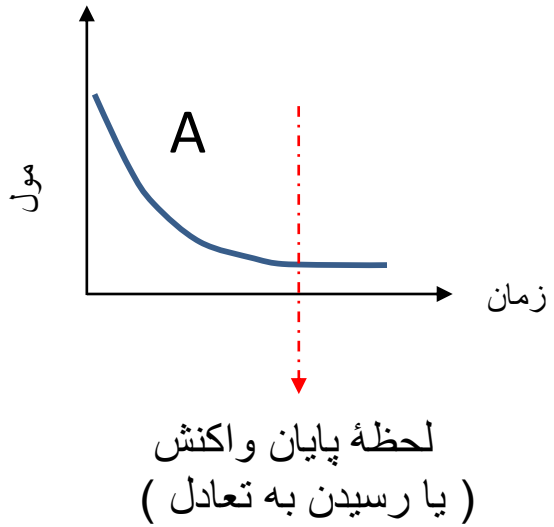


با گذشت زمان به مول های فرآورده افزوده می شود .



لحظهٔ پایان واکنش

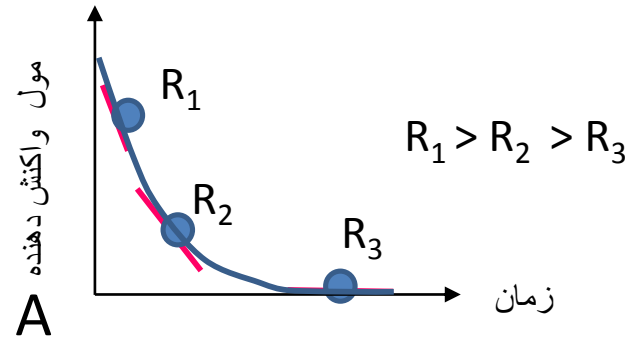
نکته : ممکن است در یک واکنش یکی از واکنش دهنده ها (ماده اضافی) و یا همهٔ آن ها (در واکنش های تعادلی) به طور کامل مصرف **نشوند**. در این صورت نمودار مول زمان برای آن ها چنین خواهد بود :



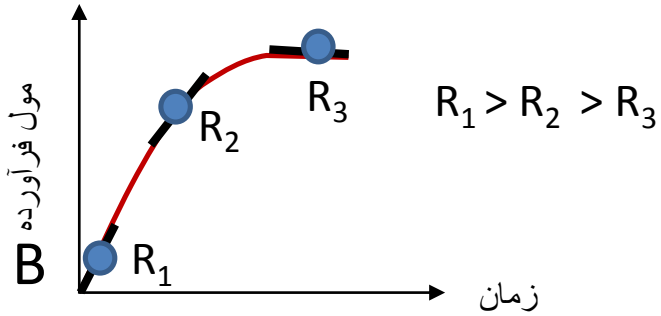
با گذشت زمان از مول های واکنش دهنده کاسته می شود ولی به صفر نمی رسد .

نمودار «سرعت – زمان » برای واکنش دهنده و فرآورده

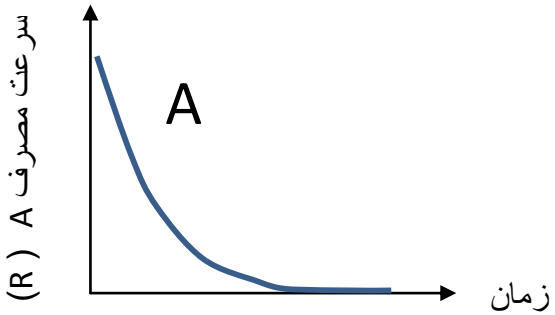
در منحنی های «مول – زمان » قدر مطلق شیب خط مماس بر منحنی در هر نقطه ، سرعت مصرف و یا تولید ماده را در آن لحظه نشان می دهد .

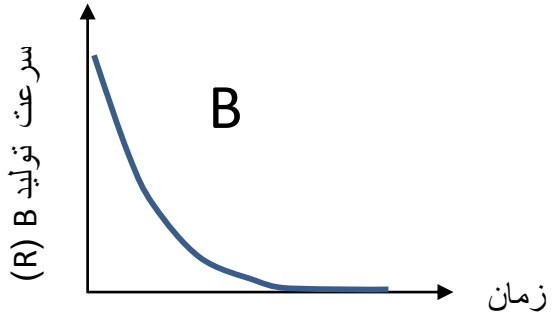


$R_1 > R_2 > R_3$



$R_1 > R_2 > R_3$





نکته مهم : با گذشت زمان ، سرعت مصرف واکنش دهنده ... و سرعت تولید فراورده نیز ... می یابد .

توجه: نمودار« سرعت - زمان» بالا ، برای واکنش های **کامل** است .

اندازه گیری سرعت

بر حسب تغییر غلظت

تعیین سرعت متوسط تولید یا مصرف مواد شرکت کننده در واکنش بر حسب تغییر غلظت

این روش بیان سرعت ، برای واکنش دهنده ها یا فراورده هایی به کار می رود که به **حالت گاز (g) ویا به صورت محلول در آب (aq)** باشند. زیرا به هنگام پیشرفت واکنش ، غلظت این گونه مواد تغییر می کند .

توجه : منظور از غلظت در این مبحث ، غلظت مولار یا مولاریته است که با حرف M ویا [ ] نشان داده می شود .

برای واکنش فرضی : $۲A(aq) + B(s) \rightarrow C(aq) + ۲D(g)$

$[A]_۱$ غلظت اولیه A

$[A]_۲$ غلظت نهایی A

$[A]_۱ > [A]_۲ \Rightarrow \Delta[A] = [A]_۲ - [A]_۱ < ۰$

$$\bar{R}_A = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t}$$

$[C]_1$ غلظت اولیه C

$[C]_2$ غلظت نهایی C

$$[C]_1 < [C]_2 \Rightarrow \Delta[C] = [C]_2 - [C]_1 > 0$$

$$\bar{R}_C = +\frac{\Delta[C]}{\Delta t}$$

سوال : برای رهایی از علامت مثبت ویا منفی در این روش چه پیشنهادی دارید ؟

توجه: سرعت مصرف ماده B را نمی توان با کمک تغییر غلظت آن بیان کرد ، زیرا غلظت ماده B در طول انجام واکنش ثابت است و تغییری نمی کند . (هر چند که مصرف شده واز تعداد مول های آن کاسته می شود .)

نکته مهم : غلظت **مایعات خالص** و **جامدات** در طول انجام واکنش ثابت است و تغییری نمی کند. بنابراین بیان سرعت متوسط مصرف یا تولید آن ها به روش تغییر غلظت غیر ممکن است .(اسلاید ۲۶۸)

مثال : برای واکنش :

$$Zn(s) + ۲HCl(aq) \rightarrow ZnCl_۲(aq) + H_۲(g)$$

$$\bar{R}_{Zn} = -\frac{\Delta[Zn]}{\Delta t}$$ بی معنی

$$\bar{R}_{ZnCl_۲} = +\frac{\Delta[ZnCl_۲]}{\Delta t} \quad \bar{R}_{HCl} = -\frac{\Delta[HCl]}{\Delta t} \quad \bar{R}_{H_۲} = +\frac{\Delta[H_۲]}{\Delta t}$$

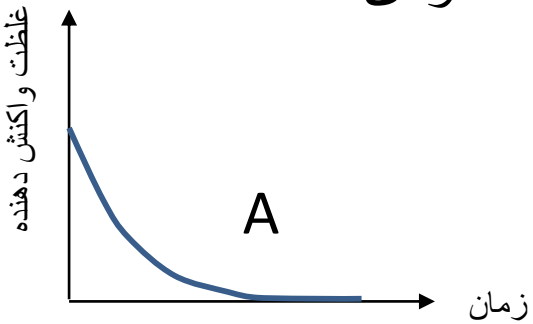
توجه : یکای غلظت $mol.L^{-۱}$ یا M است . بنابراین یکای سرعت در این روش می تواند یکی از یکاهای زیر باشد :

- ✓ مول بر لیتر بر ثانیه ($\frac{mol}{L.s}$ یا $M.s^{-۱}$)
- ✓ مول بر لیتر بر دقیقه ($\frac{mol}{L.min}$ یا $M.min^{-۱}$)
- ✓ مول بر لیتر بر ساعت ($\frac{mol}{L.h}$ یا $M.h^{-۱}$)

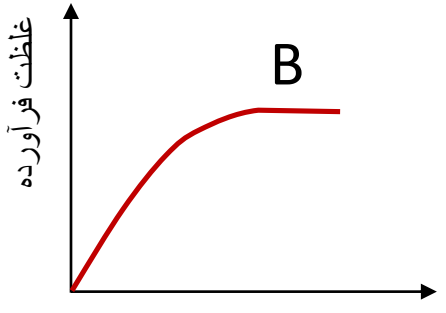
بررسی نمودار « غلظت – زمان » مواد شرکت کننده در واکنش

نمودار « غلظت - زمان» برای مواد شرکت کننده گازی (g) و محلول در آب (aq) همانند نمودار « مول – زمان » است .

یعنی برای واکنش دهنده نزولی و برای فرآورده صعودی



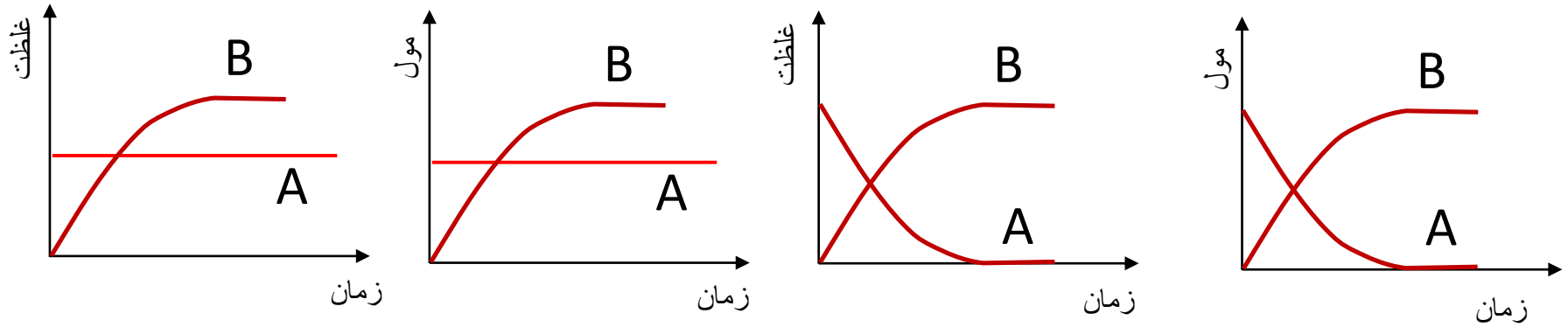
با گذشت زمان از غلظت واکنش دهنده کاسته می شود .



با گذشت زمان به غلظت فرآورده افزوده می شود .

اما برای یک ماده شرکت کننده مایع خالص و یا جامد نمودار « غلظت – زمان » به شکل مقابل است . چرا ؟

سوال: کدام دو نمودار زیر در مورد تغییرات غلظت و مول مواد شرکت کننده در واکنش فرضی $A(l) \rightarrow B(g)$ به درستی نمایش داده شده است ؟



آ ب پ ت

۱) آ و ب
۲) ت و پ
۳) آ و پ
۴) ت و ب

اندازه گیری سرعت

بر حسب تغییر حجم

تعیین سرعت متوسط تولید و یا مصرف مواد شرکت کننده در واکنش بر حسب تغییر حجم

هر گاه واکنش دهنده یا فراورده ی یک واکنش به حالت گاز(g) باشد ، می توان سرعت تولید یا مصرف شدن آن را بر حسب تغییر حجم بیان کرد .

توجه : مواد جامد (s) ، مایع (l) و محلول (aq) در طی انجام واکنش ، تغییر حجم محسوسی ندارند . بنابراین اندازه گیری سرعت مصرف یا تولید آن ها بر حسب تغییر حجم قابل اندازه گیری نیست .

مثال : برای واکنش :

$$2SO_3(g) \rightarrow 2SO_2(g) + O_2(g)$$

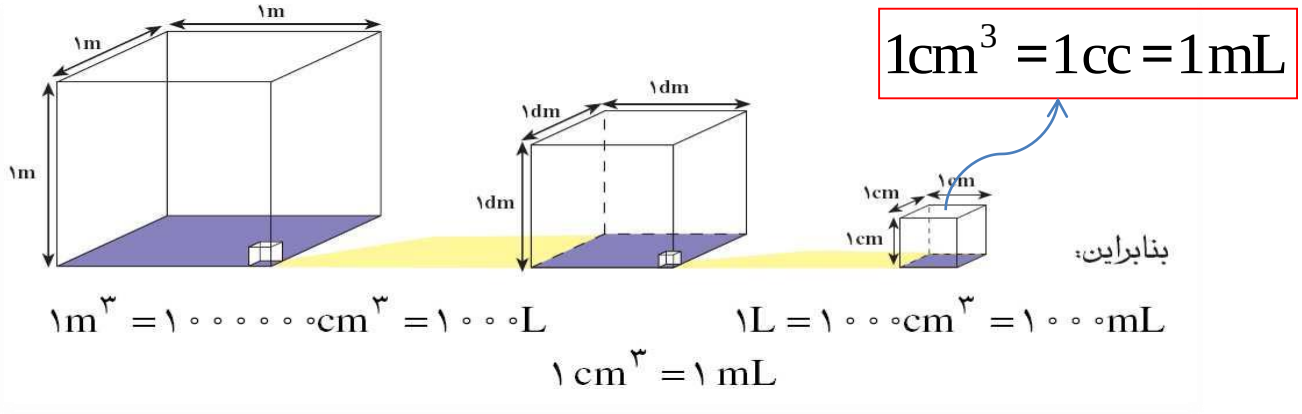
داریم :

$$\bar{R}_{SO_3} = -\frac{\Delta V_{SO_3}}{\Delta t} \qquad \bar{R}_{SO_2} = +\frac{\Delta V_{SO_2}}{\Delta t} \qquad \bar{R}_{O_2} = +\frac{\Delta V_{O_2}}{\Delta t}$$

نکته : اگر سرعت واکنش برحسب تغییر حجم اندازه گیری شود ، یکای آن یکی از موارد زیر خواهد بود :

$$\frac{\text{یکای حجم}}{\text{یکای زمان}} \quad \frac{m^3 \text{ یا } L \text{ یا } mL}{s \text{ یا } min \text{ یا } h}$$

یاد آوری : مفهوم ورابطه میان یکاهای حجم



تمرین : یکای داده شده برای سرعت تولید یا مصرف هر یک از مواد در واکنش زیر در کدام گزینه نادرست است ؟

$$4KNO_3\,(s) \rightarrow 2\,K_2O(s) + 2N_2(g) + 5\,O_2$$

۱) $\overline{R}_{O_2} : \frac{mol}{L.min}$

۲) $\overline{R}_{K_2O} : \frac{mol}{s}$

۳) $\overline{R}_{N_2} : \frac{mL}{s}$

۴) $\overline{R}_{KNO_3} : \frac{mol}{L.s}$

رابطهٔ سرعت تولید یا مصرف مواد شرکت کننده در واکنش با ضرایب استوکیومتری آن ها

۱) در یک واکنش ، هر چه ضریب استوکیومتری یک ماده بزرگ تر باشد ، سرعت تولید یا مصرف آن بیش تر است .

به عنوان مثال : در واکنش زیر سرعت مصرف سدیم (بر حسب مول بر ثانیه) **دو برابر** سرعت تولید هیدروژن است .

$$2\ Na(s) + 2\ H_2O(l) \rightarrow 2\ NaOH(aq) + 1\ H_2(g)$$

زیرا ، در مدت زمانی که دو مول سدیم به طور کامل مصرف می شود ، در همان زمان یک مول هیدروژن تولید می شود .

پس می توان گفت که سرعت تولید یا مصرف مواد شرکت کننده در واکنش ، متناسب با ضرایب استوکیومتری آن هاست . پس می توان نوشت :

$$\frac{R_{Na}}{R_{H_2}} = \frac{۲}{۱} \Rightarrow R_{Na} = ۲R_{H_2}$$

تمرین :

آ) در واکنش زیر ، سرعت تولید یا مصرف مواد شرکت کننده در واکنش را با هم مقایسه کنید .

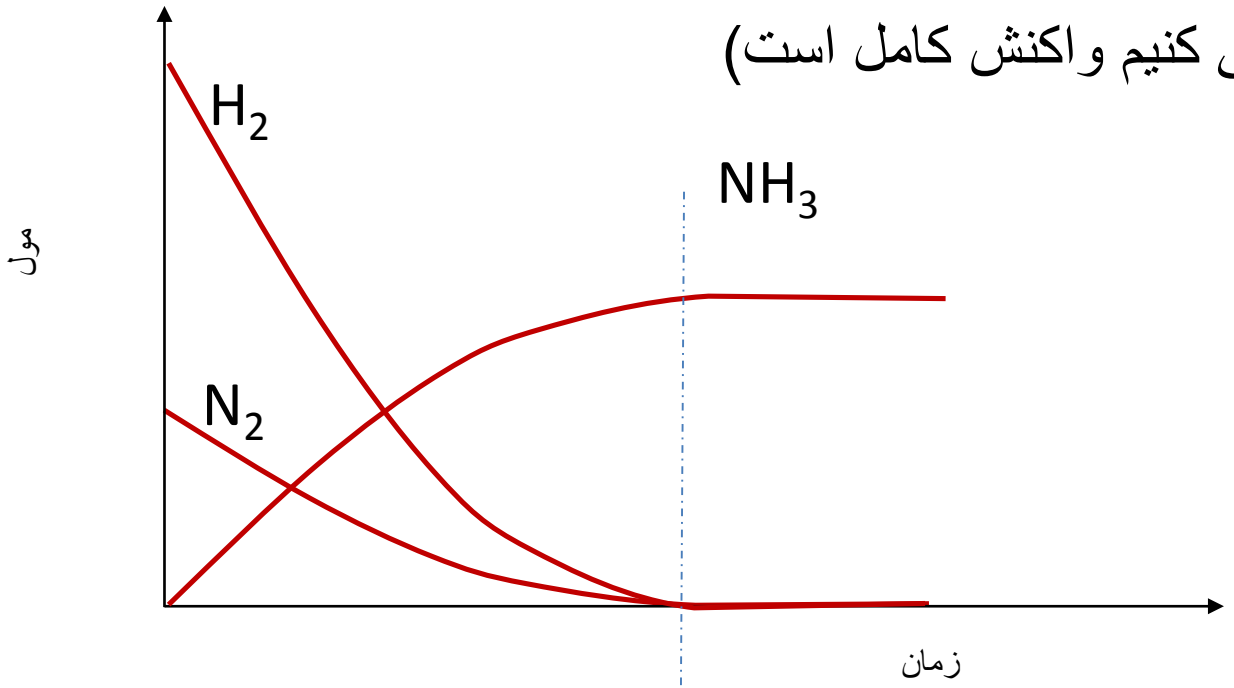
$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$$

ب) اگردر یک بازهٔ زمانی معین ، سرعت تولید گاز آمونیاک $6 mol.min^{-1}$ باشد ، سرعت مصرف هیدروژن بر حسب مول بر ثانیه چقدر خواهد بود ؟

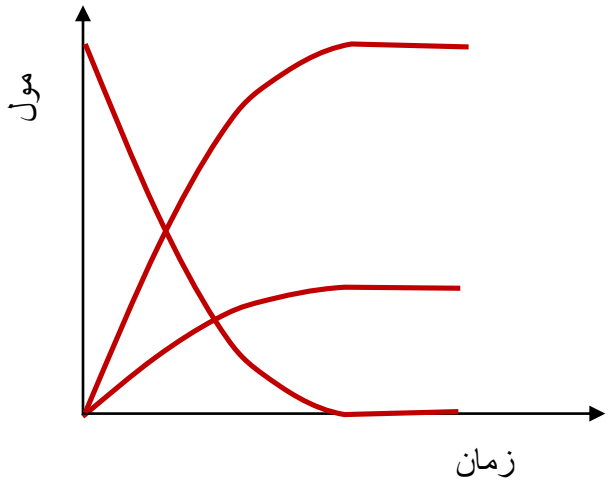
۲) در یک معادله شیمیایی ، هر چه ضریب استوکیومتری یک ماده بزرگ تر باشد ، شیب منحنی مربوط به نمودار « مول- زمان » یا « غلظت – زمان » آن ماده بیش تر خواهد بود .

مثال : برای واکنش $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$ ، نمودار «مول-زمان» مواد شرکت کننده در واکنش به شکل زیر است . (به شیب منحنی ها دقت کنید .)

(فرض می کنیم واکنش کامل است)



سوال: نمودار «مول - زمان» مقابل مربوط به کدام یک از از واکنش های زیر می تواند باشد ؟



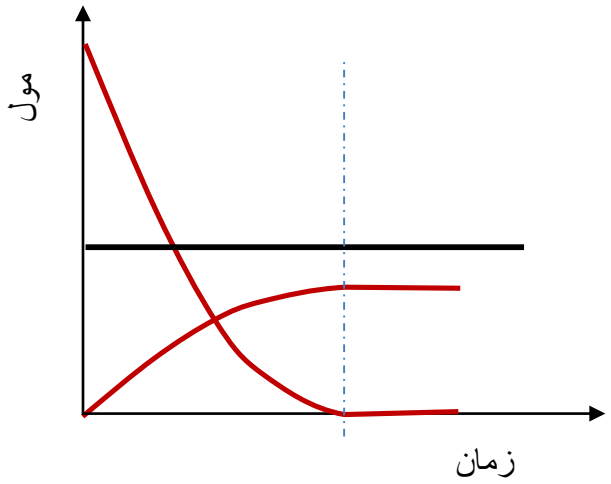
۱) $2\,SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g)$

۲) $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$

۳) $2\,H_2O_2(aq) \rightarrow 2H_2O(l) + O_2(g)$

۴) $CaCO_3(s) \rightarrow CaO(s) + CO_2(g)$

سوال: نمودار «غلظت - زمان» مقابل مربوط به کدام یک از از واکنش های زیر می تواند باشد ؟



۱) $2\,A(l) \rightarrow B(g) + C(g)$

۲) $2A(aq) \rightarrow 2B(aq) + C(l)$

۳) $A(s) + 2B(aq) \rightarrow C(aq)$

۴) $2A(g) + B(l) \rightarrow 2\,Ca\,(g)$

نکته : همیشه ، در یک واکنش مقدار واکنش دهنده به صفر نمی رسد .

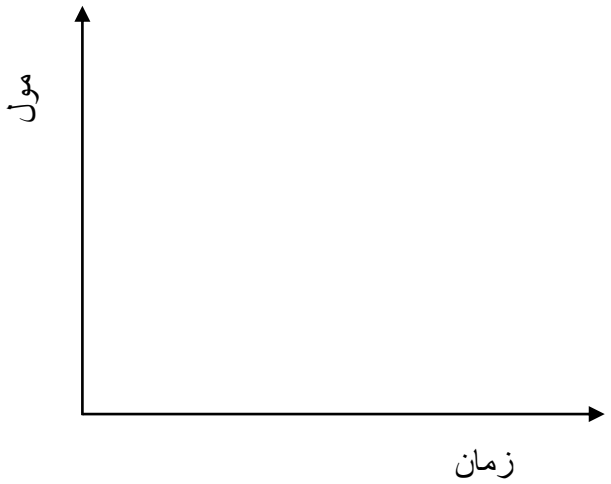
در دو مورد زیر شاهد این رویداد هستیم :

۱) واکنش تعادلی است . در واکنش های تعادلی بعد از این واکنش دهنده های به فرآورده تبدیل شدند ، همزمان فرآورده ها هم می توانند به واکنش دهنده تبدیل شوند . بنابراین در این واکنش ها مقدار هیچکدام از واکنش دهنده ها به صفر نخواهد رسید . (شیمی ۳ سال ۱۲)

۲) واکنش از نوع کامل است اما واکنش دهنده ها به نسبت ضرایب استوکیومتری وارد ظرف واکنش نشده اند . طبیعی است در این واکنش ها فقط مقدار واکنش دهنده محدود کننده به صفر می رسد و مقداری از مادهٔ یا مواد اضافی در پایان واکنش باقی می ماند .

مثال : ۵ مول گاز اکسیژن و ۵ مول گاز گوگرد دی اکسید را در ظرفی وارد می کنیم بعد از گذشت ۱۰ دقیقه زمان ، واکنش به طور کامل انجام می شود . نمودار « مول – زمان » را برای این واکنش رسم کنید .

$$2\,SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2\,SO_3(g)$$



حل مسائل سرعت

برای حل مسائل سرعت آ نها را به ۴ دسته (تیپ) تقسیم می کنیم . با این کار بهتر می توان به مسئله پرداخت وروش مناسب را برای حل آن بکار برد .

مسائل دسته اول

در این دسته از مسایل سرعت که ساده ترین مدل آن می باشد،اطلاعات (جرم،مول،غلظت یا حجم) مربوط به یک ماده ی شرکت کننده در واکنش داده می شود و سرعت تولید یا مصرف همان ماده خواسته می شود.

در این سری از مسایل سرعت، نیازی به نوشتن معادله ی واکنش و موازنه ی آن ندارید و فقط باید حواستان به تبدیل یکاها باشد.

مثال ۱ : مقداری $N_2O_5(g)$ را در ظرف یک لیتری گرم می کنیم. پس از سه دقیقه ۰/۰۸ مول و پس از پنج دقیقه از آغاز واکنش ۰/۰۳ مولاز آن تجزیه نشده باقی می ماند. سرعت متوسط تجزیه شدن آن در این فاصله زمانی چند مول بر دقیقه است؟

مثال ۲ : مقدار ۰/۴۸ گرم فلز منیزیم در مدت ۵ ثانیه در هیدروکلریک اسید از بین می رود. سرعت متوسط از بین رفتن منیزیم چند مول بر دقیقه است ؟

۱) ۰/۰۴ ۲) ۰/۲۴ ۳) ۰/۰۲
۴) ۱/۲

جواب: چون در این سوال جرم منیزیم مصرف شده ،داده شده و سرعت از بین رفتن همین ماده خواسته شده است. پس نیازی به نوشتن معادله ی واکنش منیزیم با هیدروکلریک اسید نیست، ولی باید جرم منیزیم به مول و زمان به دقیقه باشد.

مثال ۳ : یک تکه قند را داخل ۰/۵ لیتر آب انداخته و مخلوط را هم می زنیم. پس از گذشت ۰/۲ دقیقه، غلظت محلول $۲/۴mol.L^{-۱}$ می شود. سرعت انحلال این تکه قند در دمای آزمایش برحسب مول بر ثانیه کدام است؟

۱) ۰/۱ ۲) ۰/۲ ۳) ۰/۳ ۴) ۰/۴

جواب : غلظت $۲/۴mol$ محلول نشان می دهد که در هر لیتر از این محلول مقدار قند حل شده است. با توجه به اینکه حجم محلول ۰/۵ لیتر است، می توان مقدار مول قند حل شده را به صورت زیر محاسبه نمود:

مثال ۴ : مقداری کلسیم برمید را در نیم لیتر آب وارد می کنیم پس از ۳ دقیقه، درصد جرمی محلول به ۶۰٪ می رسد. سرعت انحلال این ترکیب یونی چند مول بر دقیقه است ؟($Ca = ۴۰ , Br = ۸۰ : g.mol^{-۱}$)

۱) ۱/۳۳ ۲) ۱/۲۵ ۳) ۲/۶۷ ۴) ۰/۴

مسائل دستهٔ دوم

در سری دوم مسایل سرعت اطلاعات (جرم،مول،غلظت یا حجم) مربوط به یک ماده شرکت کننده در واکنش داده می شود، ولی سرعت تولید یا مصرف شدن ماده ای دیگر یا سرعت واکنش خواسته می شود. برای حل این نوع مسایل، باید معادله ی موازنه شده ی واکنش را بنویسیم .

(مسایل سرعت سری دوم، ترکیبی از سنتیک و استوکیومتری است.)

مثال ۱ : اگر در واکنش تجزیه ی نیتروژن (v) اکسید ، غلظت NO_2 در پایان ثانیه پنجم ، برابر $۲/۱\times۱۰^{-۲}$ و در پایان ثانیه ی ۱۲۰ ، برابر $۲۵/۱\times۱۰^{-۲}$ مول بر لیتر باشد ، سرعت متوسط تشکیل O_2 در فاصله ی بین این دو زمان ، برابر چند مول برلیتر بر ثانیه است ؟

۱) ۲×۱۰^{-۲}

۲) ۲×۱۰^{-۳}

۳) ۵×۱۰^{-۳}

۴) ۵×۱۰^{-۴}

ابتدا سرعت تولید NO_2 را حساب می کنیم :

$$\Delta[NO_2] = M_2 - M_1 =$$

$$\Delta t = t_2 - t_1 =$$

$$\overline{R}_{NO_2} = +\frac{\Delta[NO_2]}{\Delta t} =$$

اکنون لازم است معادله موازنه شده واکنش تجزیه ی نیتروژن (V) را داشته باشیم .

$$2N_2O_5(g) \longrightarrow 4NO_2(g) + O_2(g)$$

با توجه به این معادله داریم :

$$\frac{\overline{R}_{NO_2}}{4} = \frac{\overline{R}_{O_2}}{1} \Rightarrow \frac{....}{4} = \frac{\overline{R}_{O_2}}{1} \Rightarrow \overline{R}_{O_2} =$$

مثال ۲ :

برای پر شدن کیسه ی هوای یک خودرو ۵۶ لیتر گاز نیتروژن نیاز است . **سرعت واکنش** مولد گاز ، باید چند مول بر ثانیه باشد ، تا این کیسه ی هوا در مدت یک ثانیه پرشود ؟ (چگالی گاز نیتروژن پس از انفجار $1g.L^{-1}$ است)(N= ۱۴)

۱) $\frac{1}{3}$

۲) $\frac{2}{3}$

۳) ۱

۴) $\frac{4}{3}$

مثال ۳ : اگر در واکنش سوختن کامل اتانول ، پس از ۵۰ ثانیه ، مقدار ۵/۶ لیتر گاز کربن دی اکسید در شرایط STP تولید شود ، سرعت متوسط مصرف اکسیژن ، چند مول بر دقیقه است ؟

۱) ۰/۲۵

۲) ۱۰/۳۳

۳) ۰/۴۲

۴) ۰/۴۵

تمرین ۴ : ۴۵/۴۵ گرم نمونه ی ناخالص A که دارای ٪۶۰ ناخالصی است ، مطابق معادله ی :

$$۴A(s) \rightarrow ۲B(s) + ۲C(g) + ۵D(g)$$

تجزیه می شود . اگر واکنش در مدت ۴ دقیقه انجام شود و چگالی گاز D برابر ۰/۵ گرم بر لیتر باشد ، سرعت متوسط تولید گاز C چند لیتر بر دقیقه است ؟ (D = ۳۲ و A =۱۰۱)

۱) ۵/۴

۲) ۲/۱۶

۳) ۳/۶

۴) ۱/۴۴

مثال ۵ : برای تولید آهن ، ۳/۲ کیلو گرم آهن (III) اکسید را با ۴۳۲ گرم کربن وارد واکنش می کنیم . اگر این واکنش در مدت ۲ ساعت به پایان برسد و بازده واکنش برابر ۷۵٪ باشد ، سرعت متوسط تولید گاز در این واکنش چند $mol.min^{-1}$است ؟(Fe =۵۶ و O =۱۶ و C =۱۲)

۱) ۰/۲۲۵

۲) ۰/۱۵

۳) ۰/۲۵

۴) ۰/۱۸۷۵

مسائل دستهٔ سوم

در این مسائل ، باید اطلاعات لازم از داده های یک نمودار ، جدول یا شکل استخراج شده ، آنگاه با کمک این اطلاعات برای حل مسأله استفاده شود .

(توجه : قبل از حل مسایل لازم است نمودار های غلظت – زمان ، سرعت – زمان و... را مطالعه کنید .)

مورد ۱ : اگر در صورت تست بازه زمانی برای محاسبه سرعت ذکر شده باشد ، به کمک جدول ویا نمودار ، تغییر مول ، تغییر غلظت و یا تغییر حجم را بدست آورده و مسأله را حل می کنیم.

مثال : با توجه به شکل مقابل ، سرعت تولید محصول واکنش در فاصله زمانی بین ۲۰ تا ۳۵ ثانیه برحسب میلی لیتر برثانیه ، به کدام عدد نزدیک تراست ؟

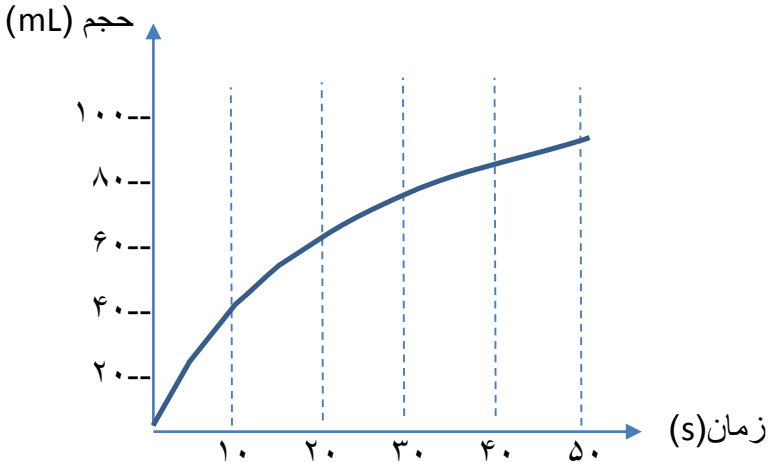
$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$$

۱) ۰/۵۰

۲) ۰/۶۶

۳) ۱/۳۳

۴) ۲/۱۰



مورد ۲ : چنانچه در صورت سوال ، بازه زمانی برای محاسبه سرعت مشخص نشده بود ، به طور قراردادی باید سرعت متوسط را از آغاز تا پایان واکنش محاسبه کرد . (آغاز t=۰ و پایان = زمانی که نمودار مجانب افقی پیدا می کند.)

مثال : با توجه به شکل، سرعت متوسط تولید گاز هیدروژن در واکنش

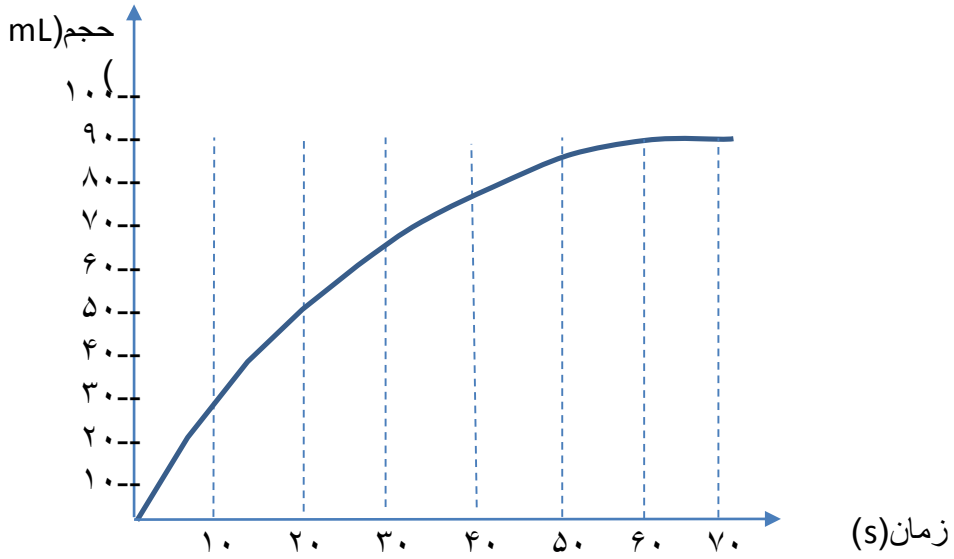
$Mg(s) + ۲HCl(aq) \rightarrow MgCl_۲(aq) + H_۲(g)$ چند $cm^۳.s^{-۱}$ است ؟

۱) ۱/۵

۲) ۱/۲

۳) ۰/۹۵

۴) ۰/۶۵



مورد ۳ چنانچه در سوالی مشابه تست قبلی، داده های مسأله به جای نمودار ، به شکل جدول در اختیار ما قرار گیرد ، لحظه پایان ، نخستین لحظه ای است که مقدار ماده بدون تغییر باقی مانده باشد .

مثال : حجم گاز هیدروژن حاصل از واکنش کلسیم با آب نسبت به زمان ، مطابق باداده های جدول مقابل است .

سرعت متوسط تشکیل آن را بر حسب لیتربر ثانیه کدام است ؟

t(s)	10	20	30	40
V(L)	35	60	75	75

۱- ۲/۵

۲- ۳/۵

۳- ۵

۴- ۷

مسائل دستهٔ چهارم

برخی واکنش های شیمیایی به گونه ای انجام می شوند که در هر بازه ی زمانی معین، مقدار واکنش دهنده نصف می شود. دو رابطه ی زیر را برای این گونه واکنش ها به خاطر بسپارید.

$$\Delta t = n \times t_{\frac{1}{2}} \qquad ۲^n = \frac{\text{مقدار اولیه}}{\text{مقدار باقیمانده}}$$

n : مقدار دفعاتی که مقدار ماده نصف می شود.

Δt : کل زمان انجام واکنش

$t_{\frac{1}{2}}$: زمان لازم برای هر بار نصف شدن مقدار ماده

مثال ۱ : واکنش $AB_{2(g)} \rightarrow A_{(g)} + 2B_{(g)}$ به صورتی پیش می رود که در **هر ساعت** غلظت ماده ی اولیه نصف می شود. اگر غلظت ماده ی اولیه برابر $1mol.L^{-1}$ باشد، برای تجزیه ی ۹۳/۷۵٪ ملکول های AB_2 ، چند ساعت زمان لازم است ؟

۱) ۴ ۲) ۵ ۳) ۸ ۴) ۱۰

جواب :

$t_{\frac{1}{2}} = 1h$

$\Delta t = ?$

مقدار اولیه = $1mol.L^{-1}$

مقدار مصرف شده $= 1mol.L^{-1} \times \frac{93/75}{100} = 0/9375mol.L^{-1}$

مقدار مصرف شده – مقدار اولیه = مقدار باقیمانده

$= 1 - 0/9375 = 0/0625mol.L^{-1}$

$2^n = \frac{\text{مقدار اولیه}}{\text{مقدار باقیمانده}} \Rightarrow 2^n = \frac{1}{0/0625} = 16 \Rightarrow n = 4$

$\Delta t = n \times T_{\frac{1}{2}} = 4 \times 1h = 4h$

مثال ۲: در واکنش $2H_2O_{2(aq)} \rightarrow 2H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$ در هر ۹۰دقیقه غلظت آب اکسیژنه نصف می شود. اگر غلظت اولیه ی آب اکسیژنه برابر $2mol.L^{-1}$ باشد، پس از گذشت ۴/۵ ساعت از شروع واکنش، غلظت آب اکسیژنه چند مول بر لیتر خواهد بود ؟

جواب :

سرعت واکنش

تا کنون راجع به سرعت تولید و یا مصرف یکی از مواد شرکت کننده در واکنش صحبت کردیم . اکنون می خواهیم راجع به سرعت خود واکنش صحبت کنیم .

سرعت واکنش ، میزان پیشرفت واکنش را در واحد زمان نشان می دهد .

از تقسیم سرعت متوسط هر یک از مواد شرکت کننده در واکنش بر ضریب استوکیومتری آن در معادله موازنه شده ، سرعت واکنش به دست می آید .

$$\text{سرعت واکنش} = \frac{\text{سرعت متوسط یکی از مواد شرکننده در واکنش}}{\text{ضریب استوکیومتری آن}}$$

برای واکنش فرضی :

$$aA + bB \rightarrow cC + dD$$

خواهیم داشت :

$$R_{\text{واکنش}} = \frac{\bar{R}_A}{a} = \frac{\bar{R}_B}{b} = \frac{\bar{R}_C}{c} = \frac{\bar{R}_D}{d}$$

یا :

$$R_{\text{واکنش}} = \frac{-\Delta n_A}{a\Delta t} = \frac{-\Delta n_B}{b\Delta t} = \frac{+\Delta n_C}{c\Delta t} = \frac{+\Delta n_D}{d\Delta t}$$

نکته ۱ : برای بدست آوردن سرعت واکنش ، باید معادله ی موازنه شده ی واکنش را داشته باشیم .

نکته ۲ : اگر در معادله موازنه شده ، ضریب استوکیومتری ماده A برابر با یک باشد، در این صورت ، سرعت واکنش برابر با سرعت متوسط مصرف یا تولید A است .

مثال : در واکنش زیر ، رابطه **سرعت واکنش** را با سرعت متوسط هر یک از مواد شرکت کننده در واکنش بنویسید .

$$۲N_۲O_۵(g) \rightarrow ۴NO_۲(g) + O_۲(g)$$

پاسخ :

$$R_{\text{واکنش}} = \frac{\bar{R}\,N_۲O_۵}{۲} \quad , \quad R_{\text{واکنش}} = \frac{\bar{R}\,NO_۲}{۴} \quad , \quad R_{\text{واکنش}} = \frac{\bar{R}\,O_۲}{۱} = \bar{R}\,O_۲$$

مثال ۱ : اگر میان سرعت متوسط واکنش و تغییر غلظت گونه های شرکت کننده در واکنش فرضی رابطهٔ زیر برقرار باشد ، معادلهٔ واکنش کدام است ؟

$$R_{\text{واکنش}} = \frac{-\Delta[A]}{۲\Delta t} = \frac{-\Delta[C]}{۴\Delta t} = \frac{+\Delta[B]}{۳\Delta t} = \frac{+\Delta[D]}{\Delta t}$$

۱) $D(g) + 3B(g) \rightarrow 2A(g) + 4C(g)$

۲) $2A(g) + 4C(g) \rightarrow D(g) + 3B(g)$

۳) $D(g) + 4C(g) \rightarrow 2A(g) + 3B(g)$

۴) $4C(g) + 3B(g) \rightarrow 2A(g) + D(g)$

مثال ۲ : اگر رابطهٔ زیر میان واکنش دهنده ها و فرآورده های یک واکنش برقرار باشد ، چند عبارت زیر صحیح است ؟

$$R_{\text{واکنش}} = -\frac{\Delta n_A}{۳\Delta t} = -\frac{\Delta n_B}{\Delta t} = \frac{\Delta n_C}{۴\Delta t} = \frac{\Delta n_D}{۶\Delta t}$$

آ) با گذشت زمان مقدار مادهٔ D بر خلاف مادهٔ C کاهش می یابد .

ب) معادلهٔ واکنش به صورت $B + 4C \rightarrow 3A + 6D$ است .

پ) نسبت تغییر غلظت مولی C ، به تغییر غلظت مولی D ، در یک بازه ی زمانی معین برابر ۲ می باشد .

ت) اگر سرعت متوسط تولید یا مصرف مادهٔ A برابر $3\times10^{-4}\ mol.L^{-1}.s^{-1}$ باشد ، سرعت کل واکنش برابر $10^{-4}\ mol.L^{-1}.s^{-1}$ است .

مثال ۳: سرعت متوسط تولید گاز هیدروژن در شرایط معین بر اساس معادلهٔ واکنش زیر در گسترهٔ زمانی معین برابر $4x10^{-3}\ mol.s^{-1}$ است. سرعت واکنش چند $mol.s^{-1}$ است ؟

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$$

۱) $2x10^{-3}$

۲) $3x10^{-3}$

۳) $4x10^{-3}$

۴) $6x10^{-3}$

مثال ۴:با توجه به واکنش گازی : $SO_2Cl_2(g) \rightarrow SO_2(g) + Cl_2(g)$ ، که در ظرف سربستهٔ ۲ لیتری در دمای ثابت با سرعت متوسط $2\times10^{-6}\ mol.L^{-1}.s^{-1}$ بر حسب مصرف SO_2Cl_2 انجام می گیرد . پس از ۱۰ دقیقه ، چند مول گاز SO_2 آزاد می شود؟

۱) $2/4\times10^{-4}$

۲) $2/4\times10^{-3}$

۳) $2/6\times10^{-2}$

۴) $2/6\times10^{-4}$

تمرین ۱ : بر اساس واکنش $2A(g) + B(g) \rightarrow 3C(g)$ ، حاصل عبارت $\frac{\overline{R}_A}{2}$ را .... می گویند و سرعت متوسط تولید مادهٔ C بر حسب مول بر ثانیه ، ..... از سرعت متوسط مصرف مادهٔ B بر حسب همین واحد است .

۱) سرعت واکنش – کم تر

۲) سرعت واکنش – بیش تر

۳) سرعت لحظه ای مصرف A – بیش تر

۴) سرعت لحظه ای مصرف A – کم تر

تمرین۲ : اگر در ظرف سربستهٔ ۴ لیتری ، مقدار ۲۰ مول مادهٔ A مطابق واکنش زیر تجزیه شود ، پس از گذشت ۳۰ ثانیه چند مول گاز در ظرف موجود خواهد بود ؟(سرعت متوسط مصرف مادهٔ اولیه برابر $3\ mol.L^{-1}.min^{-1}$ می باشد .)

$$2A(g) \rightarrow 3B(g) + C(g)$$

۱) ۱۵

۲) ۲۶

۳) ۱۵

۴) ۱۳

تمرین۳ : اگر در واکنش $2KClO_3\ (s) \rightarrow 2KCl\ (s) + 3O_2\ (g)$ پس از ۱۰ دقیقه ، ۰/۶ مول گاز تولید شده و ۰/۷ مول ماده ی اولیه باقی مانده باشد ، مقدار اولیه $KClO_3$ در شروع واکنش چند مول بوده است ؟

۱) ۰/۷

۲) ۱/۱

۳) ۱/۴

۴) ۱/۹

تمرین ۴:

۰/۴۵ مول بخار متانول در سامانه ی بسته ای در حال تجزیه شدن است. در صورتی که سرعت متوسط مصرف متانول در ۲۰ ثانیه ی آغازی واکنش برابر $۰/۰۲ mol.s^{-۱}$ باشد ، پس از این مدت چند مول متانول در ظرف وجود خواهد داشت ؟

۱) ۰/۰۵

۲) ۰/۰۴

۳) ۰/۰۲

۴) ۰/۴

تمرین ۵: اگر سرعت متوسط مصرف آلومینیوم در واکنش با هیدروکلریک اسید در شرایط آزمایش برابر ۰/۱ مول بر دقیقه باشد ، پس از ۳۰ ثانیه چند گرم هیدروژن آزاد می شود ؟

۱) ۰/۱۵

۲) ۰/۳۰

۳) ۲/۷

۴) ۴/۵

تمرین ۶:

اگر در واکنش : $2KClO_3(s) \xrightarrow{\Delta} 2KCl(s) + 3O_2(g)$ که در یک ظرف ۱۰ لیتری سربسته انجام می گیرد ، سرعت متوسط تولید گاز اکسیژن برابر $0/0015 mol.L^{-1}.s^{-1}$ باشد ، چند دقیقه طول می کشد تا ۳۶۷/۵ گرم پتاسیم کلرات به طور کامل تجزیه شود ؟
(K = ۳۹ ، Cl = ۳۵/۵ ، O =۱۶)

۱) ۱۰

۲) ۵

۳) ۴

۴) ۸

با هم بیندیشیم صفحهٔ ۹۰ را حل کنید .

بررسی دو واکنش مهم کتاب

آ) واکنش تیغهٔ روی با محلول مس (II) سولفات

✓ معادله واکنش :

$$Zn(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow ZnSO_4(aq) + Cu(s)$$

فلز ... رنگ محلول ... رنگ محلول ... رنگ فلز ... رنگ

✓ رنگ ... محلول مس(II) سولفات به علت وجود یون های Cu^{2+} موجود در آن است که با گذشت زمان و با مصرف یون های Cu^{2+} و تبدیل شدن آن ها به فلز ... ، محلول به تدریج کم رنگ شده ودر پایان بی رنگ می شود .

✓ فلز ... رنگ مس تولید شده طی واکنش ، بر سطح تیغهٔ فلزی و ته ظرف ته نشین شود .

✓ طی واکنش ، از مقدار واکنش دهنده ها (یعنی Cu^{2+} , Zn) ... شده و بر مقدار فرآورده ها (یعنی ... و ...) افزوده می شود .

✓ طی واکنش ، جرم مواد جامد موجود در ظرف واکنش ... می یابد ، زیرا جرم مولی ... از ... کم تر است و باگذشت زمان ، اتم های ... جایگزین اتم های ... می شود .

$$Zn(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow ZnSO_4(aq) + Cu(s)$$

1mol Zn= ... 1mol Cu= ...

✓ از آن جایی که قبل و بعد از انجام واکنش ، یون سولفات تغییر نکرده ، می توان آن را یون ناظر نامید و از دو طرف معادله حذف کرد .

$$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$$

ب) واکنش کلسیم کربنات با هیدروکلریک اسید

✓ معادله واکنش : $CaCO_3(s) + 2HCl(aq) \rightarrow CaCl_2(aq) + CO_2(g) + H_2O(l)$

✓ طی انجام واکنش ، از جرم مواد موجود در ظرف واکنش ... می یابد ، زیرا ...

✓ با گذشت زمان و انجام واکنش از جرم واکنش دهنده ها (... و ...) کاسته شده و به جرم فراورده ها (... ، ... ، ...) افزوده می شود .

جمع بندی نمودارهای مختلف در سینتیک شیمیایی

نمودار های پیشرفت واکنش

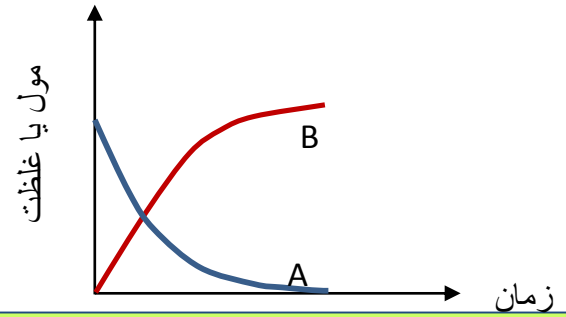
نمودار «مول – زمان» و یا « غلظت- زمان» را نمودار پیشرفت واکنش می گویند .

در این نمودار ، محور عمودی غلظت یا مول ماده شرکت کننده در واکنش و محور افقی زمان را نشان می دهد.

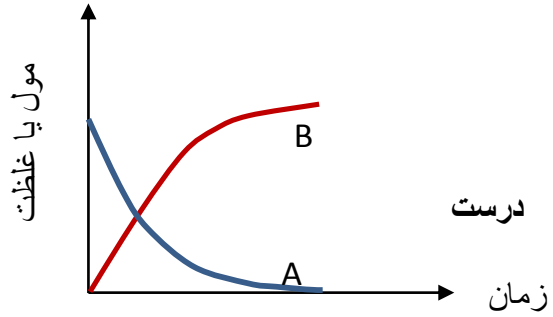
به چند نکته زیر در مورد نمودار پیشرفت واکنش توجه داشته باشید :

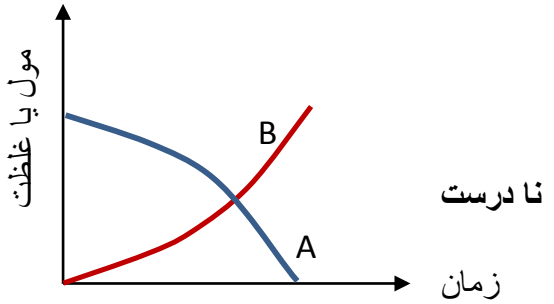
۱– همواره با گذشت زمان ، از مقدار فراورده ها کاسته شده و به مقدار فراورده ها افزوده می شود . بنابراین نمودار پیشرفت واکنش برای واکنش دهنده ها همواره نزولی و برای فراورده ها صعودی است .

برای واکنش فرضی $A(g) \longrightarrow B(g)$ نمودار پیشرفت واکنش به شکل زیر است .

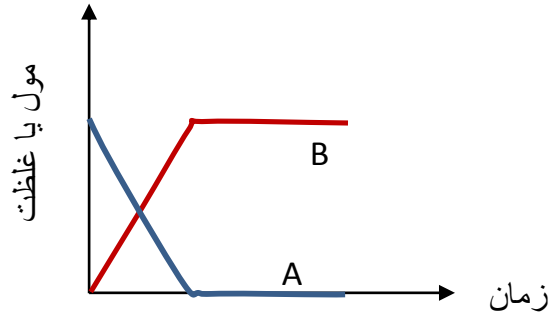


۲ – در لحظات ابتدایی واکنش که غلظت واکنش دهنده ها بیش تر است ، هم سرعت مصرف واکنش دهنده ها و هم سرعت تولید فراورده ها بیش تر است ولی بتدریج از از این سرعت کاسته می شود . به همین دلیل شیب نمودار پیشرفت واکنش، هم برای واکنش دهنده ها وهم فراورده ها ، با گذشت زمان کاهش می یابد .

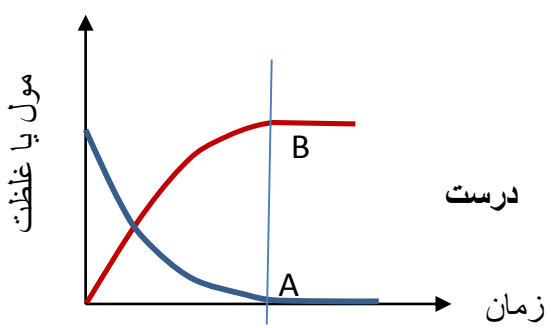


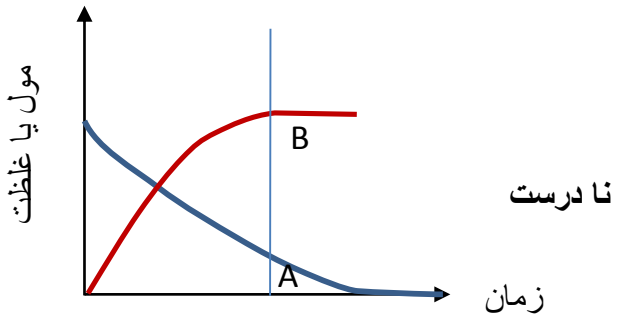


توجه : شمار اندکی از واکنش ها ی شیمیایی همواره با سرعت ثابتی پیشرفت می کنند و با گذشت زمان ، سرعت آن ها کاهش نمی یابد . بنابراین مقدار شیب منحنی تغییر مول یا تغییر غلظت گونه ها ثابت است وبا گذشت زمان تغییر نمی کند.



۳ – پس از به پایان رسیدن واکنش (یا رسیدن به تعادل) غلظت یا تعداد مول های همه ی مواد شرکت کننده در واکنش در یک زمان به حد ثابتی می رسد .





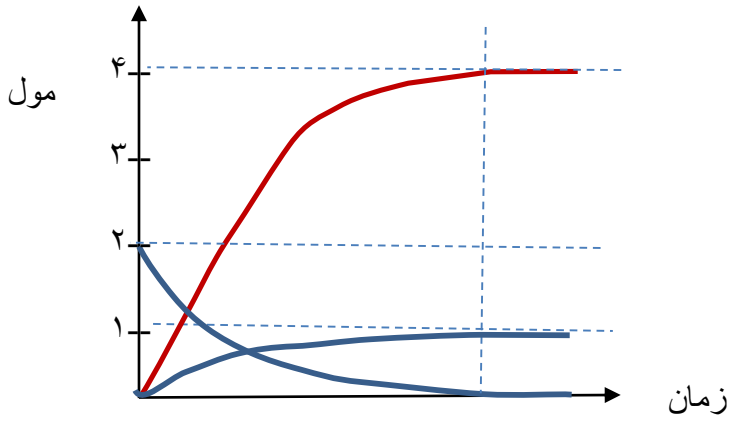
۴– **تغییر مول ویا تغییر غلظت** واکنش دهنده ها و فراورده ها متناسب با **ضریب استوکیومتری آن ها** در معادله موازنه شده است . بنابراین :

« هر چه ضریب استوکیومتری یک ماده بزرگ تر باشد ، تغییر مول ویا تغییر غلظت آن بیش تر بوده وشیب منحنی پیشرفت آن بیش تر خواهد بود. »

مثال : ۲ مول N_2O_5 را در ظرفی وارد کردیم تا مطابق با واکنش زیر تجزیه شود.

$$2N_2O_5(g) \longrightarrow 4NO_2(g) + O_2(g)$$

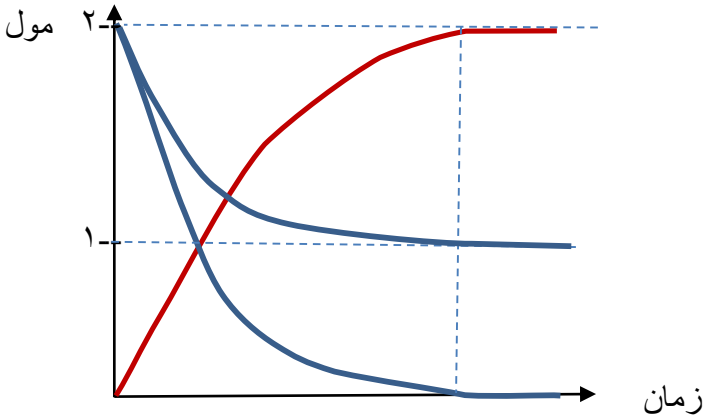
در صورت کامل بودن واکنش نمودار مول – زمان را برای همه مواد شرکت کننده در واکنش رسم کنید .



توجه : واکنش کامل واکنشی است که یک یا چند واکنش دهنده به طور کامل مصرف شده و مقدار آن ها به صفر برسد .

در این واکنش ها اگر ماده اضافی وجود نداشته باشد ، مقدار همه واکنش دهنده ها به صفر می رسد . اما اگر ماده اضافی وجود داشته باشد ، فقط مقدار محدود کننده به صفر خواهد رسید .

مثال : ۲مول NO و ۲ مول O_2 را مطابق با واکنش $2NO(g) + O_2(g) \longrightarrow 2NO_2(g)$ با هم ترکیب می شوند . در صورت کامل بودن واکنش نمودار مول- زمان آن به شکل زیر است .



- در این مثال NO محدود کننده است

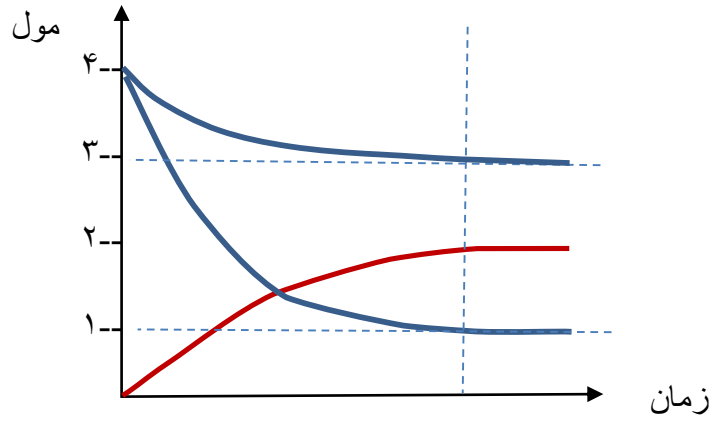
وبه طور کامل مصرف می شود .

و O_2 ماده اضافی است و یک مول از آن باقی می ماند . چرا ؟

۵- در برخی از واکنش ها ، هیچ یک از واکنش دهنده ها به طور کامل مصرف نمی شوند و همواره مقداری از واکنش دهنده ها در ظرف باقی می ماند . این واکنش ها برگشت پذیر بوده و آن ها را تعادلی (ناقص) می نامیم . بنابراین در نمودار پیشرفت واکنش ، مول یا غلظت هیچ واکنش دهنده ای صفر نخواهد شد .

مثال :

در واکنش تعادلی $۳H_۲(g)+N_۲(g)\rightleftarrows ۲NH_۳(g)$ مقدار ۴ مول $N_۲$ و ۴ مول $H_۲$ را مخلوط کرده ایم ، پس از تولید ۲ مول $NH_۳$ واکنش به تعادل می رسد نمودار مول – زمان را برای آن رسم کنید .



	$۳H_۲(g)+N_۲(g)\rightleftarrows ۲NH_۳(g)$		
$n_۱$	۴	۴	۰
Δn	$-۳x$	$-x$	$+۲x$
$n_۲$	$۴-۳x$	$۴-x$	$۲x$

توجه :

غلظت مواد جامد ومایعات خالص در طول مدت انجام واکنش ثابت است ، هرچند که در مدت انجام واکنش از تعداد مول های آن ها کاسته شده ویا به تعداد مول های آن ها افزوده می شود .بنابراین :

« منحنی نمودار غلظت –زمان برای واکنش دهنده ها ویا فراورده های جامد یا مایع خالص همواره یک خط راست، موازی محور زمان، است.»

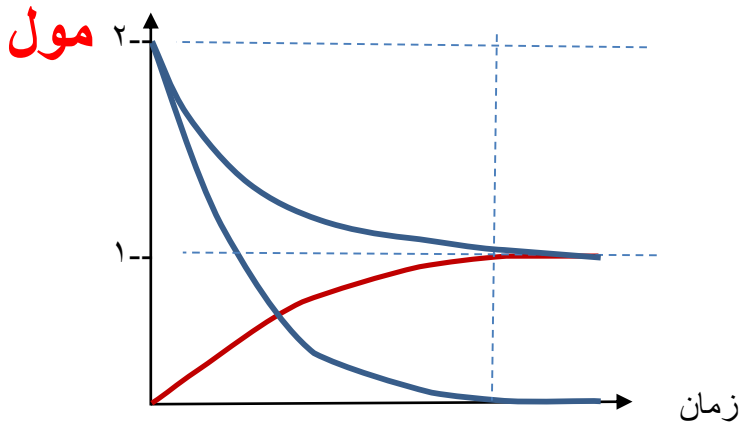
مثال: ۲مول گرافیت را با ۲ مول گاز هیدروژن را در یک ظرف یک لیتری وارد کرده ایم . واکنش زیر به طور کامل انجام شده است .

$$C(s, \text{گرافیت}) + ۲H_۲(g) \longrightarrow CH_۴(g)$$

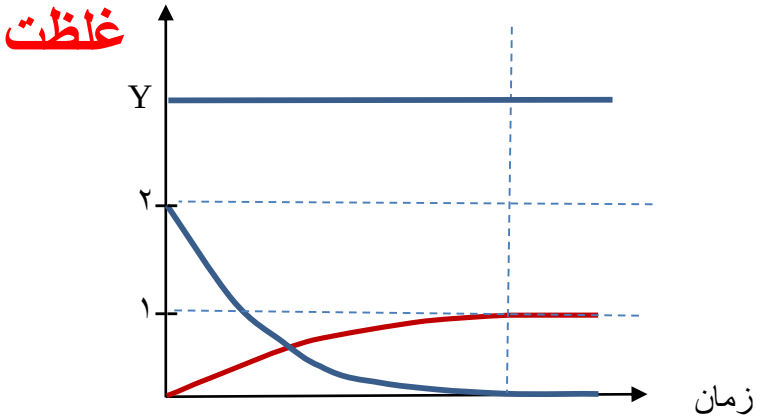
نمودار های زیر را برای پیشرفت واکنش رسم کنید .

آ) نمودار مول – زمان

ب) نمودار غلظت –زمان



	$C(s,\ \text{گرافیت}) + ۲H_۲(g) \longrightarrow CH_۴(g)$		
$n_۱$	۲	۲	۰
Δn	-x	-۲x	+x
$n_۲$	۲ -x	۲-۲x	x



	$C(s,\ \text{گرافیت}) + ۲H_۲(g) \longrightarrow CH_۴(g)$		
$M_۱$	Y	۲	۰
ΔM	تغییر ندارد	-۲x	+x
$M_۲$	Y	۲-۲x	x

تمرین ۱ :

نمودار فرضی «مول – زمان » را برای واکنش مقابل رسم کنید :

با فرض این که : $۲A(g) + B(g) \rightarrow ۳C(g)$

آ) در لحظه شروع ۶ مول A و ۲ مول B درون ظرف وجود داشته باشد و در پایان ۳مول C درون ظرف تشکیل شده باشد .

(واکنش کامل است یا تعادلی؟)

ب) در لحظه شروع ۶ مول A و ۲ مول B درون ظرف قرار می دهیم ، در پایان واکنش از B چیزی باقی نمی ماند.

ج) در لحظه شروع ۶ مول A و مقداری B درون ظرف قرار می دهیم،
در پایان از B چیزی باقی نمی ماند و ۹ مول C تشکیل شده است .

د) در لحظه شروع ۶ مول A و ۶ مول B را درون ظرف قرار می دهیم ،
در پایان واکنش ۶ مول C درون ظرف تشکیل شده است .

تمرین ۲ :

نمودار فرضی غلظت – زمان را برای واکنش زیر رسم کنید . فرض کنید ۴ مول A و ۶ مولB را درون یک ظرف ۲ لیتری می دهیم تا واکنش به طور کامل انجام شود .

$$A(s) + ۳B(g) \rightarrow ۲C(g)$$

تمرین۳ : اگر در ظرف بسته ۴ لیتری ، مقدار ۲۰ مول مادهٔ A مطابق واکنش زیر تجزیه شود ، پس از گذشت ۳۰ ثانیه چند مول گاز در ظرف موجود خواهد بود ؟(سرعت متوسط مصرف مادهٔ اولیه برابر $3mol.L^{-1}.min^{-1}$ می باشد .)

$$2A(g) \rightarrow 3B(g) + C(g)$$

۱) ۳۰

۲) ۲۶

۳) ۱۵

۴) ۱۳

نمودار های سرعت – زمان

آ) در بیش تر واکنش ها ، با گذشت زمان مقدار واکنش دهنده ها کاهش یافته ، پس تعداد برخورد میان ذرات مواد واکنش دهنده کم تر شده ، بنابراین سرعت واکنش کاهش می یابد .

کاهش سرعت ⟹ کاهش غلظت واکنش دهنده ها

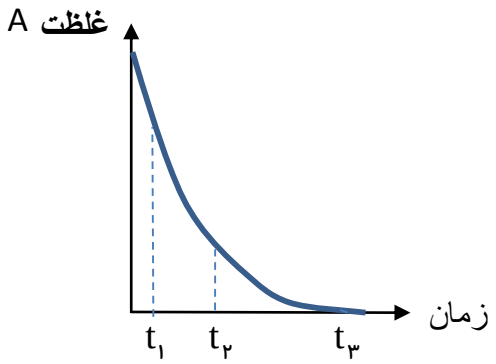
همانطور که در فیزیک شیب منحنی «جابجایی- زمان»، سرعت لحظه ای متحرک را نشان می دهد و در شیمی نیز شیب منحنی «غلظت- زمان» سرعت لحظه ای را نشان می دهد .

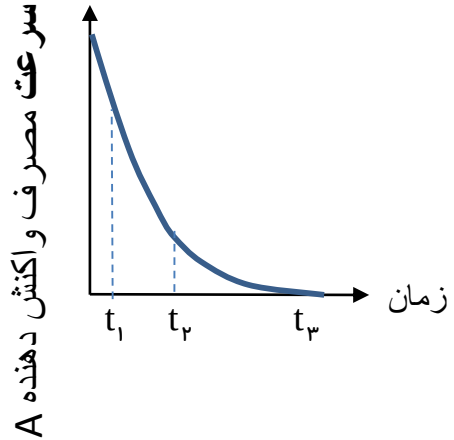
برای واکنش فرضی و **کامل** $A(g) \rightarrow B(g)$ ، «نمودارهای غلظت – زمان» و «سرعت – زمان »را در اسلاید بعد مشاهده می کنید .از بررسی این نمودارها می توان نتیجه گرفت :

« نمودارسرعت –زمان، هم برای واکنش دهنده ها وهم برای فراورده ها

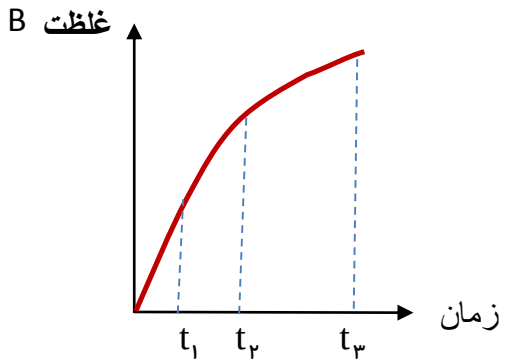
.....

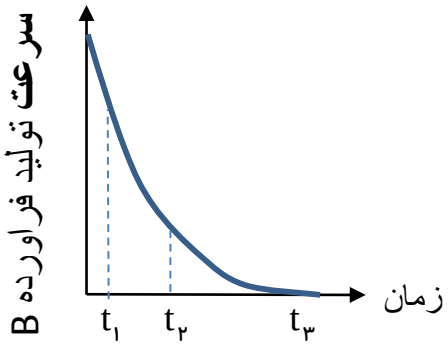
آ) برای واکنش دهنده A





ب) برای فراورده B

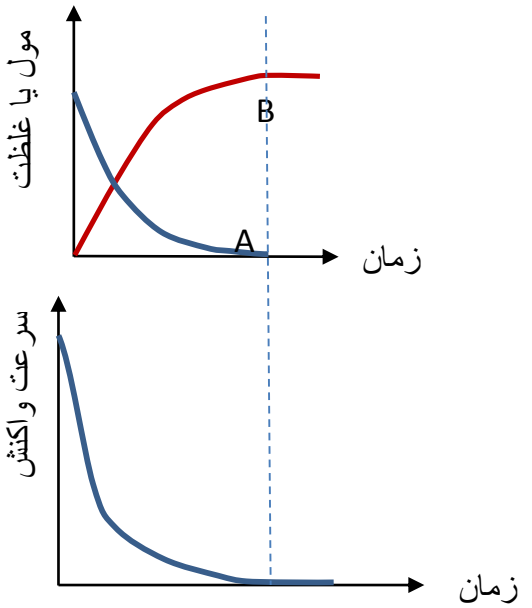




ب) مقایسه نمودار «سرعت- زمان» برای واکنش کامل و واکنش تعادلی

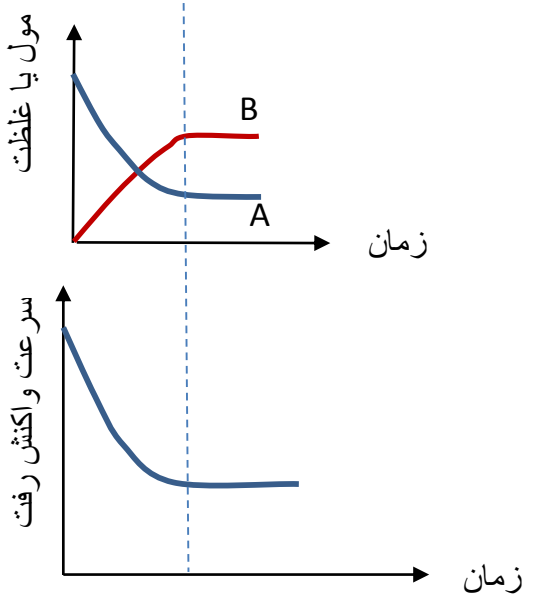
اگر واکنش کامل نباشد یعنی ناقص یا تعادلی باشد، در ابتدا واکنش با سرعت زیادی شروع شده و بتدریج از سرعت آن کاسته می شود و پس از مدتی به حد ثابتی می رسد (به صفر نمی رسد).

$A(g) \rightarrow B(g)$



واکنش کامل

$A(g) \rightleftarrows B(g)$



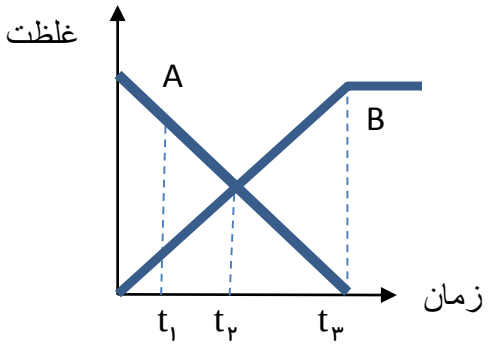
واکنش تعادلی یا ناقص

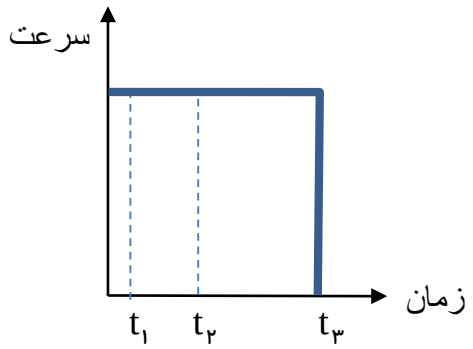
پ) شمار اندکی از واکنش ها ، همواره با سرعت ثابتی پیش می روند و با گذشت زمان سرعت آن ها کاهش نمی یابد.

(البته هنگامی که واکنش دهنده تمام شد به یک باره واکنش متوقف شده وسرعت به صفر می رسد .)

این واکنش ها را ، واکنش ها ی مرتبه صفر می گویند. در واکنش های مرتبه صفر غلظت واکنش دهنده در سرعت واکنش تاثیری ندارد . نمودار « غلظت - زمان » و «سرعت – زمان » برای این واکنش ها چنین است :

واکنش فرضی : $A(g) \rightarrow B(g)$





یک نکته مهم :

با کمک داده های جدول های زیر که برای واکنش $2A(g) \rightarrow B(g)$ جمع آوری شده ، جاهای خالی متن را پرکنید.

t(s)	0	5	10	15	20
[A]	9.5	5.3	2.5	0.9	0.5

$\Delta[A]$: ۴/۲ ۲/۸ ۱/۶ ۰/۴

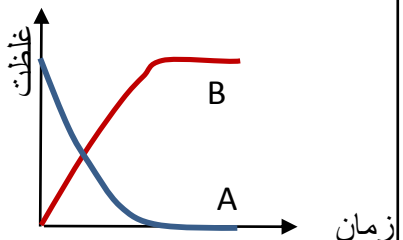
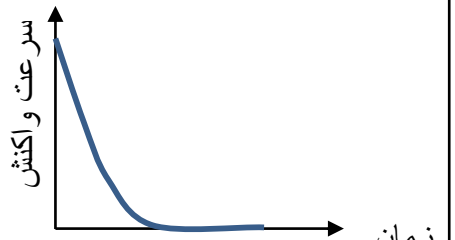
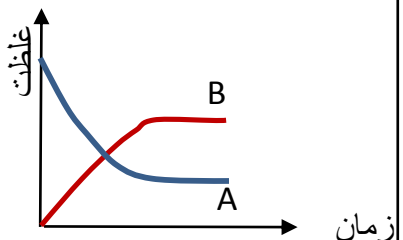
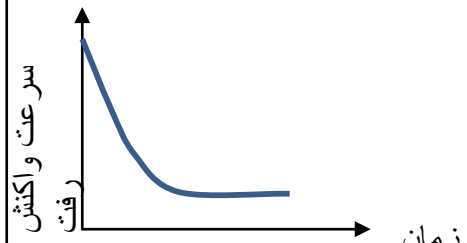
t(s)	0	5	10	15	20
[B]	0	2.1	3.5	4.3	4.5

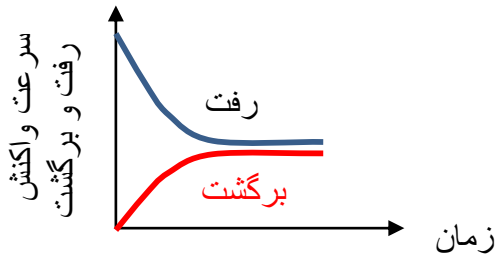
$\Delta[B]$: ۲/۱ ۱/۴ ۰/۸ ۰/۲

در یک واکنش شیمیایی ، با گذشت زمان ، **غلظت** واکنش دهنده ها ..... و **غلظت** فراورده ها.....می یابد .

در یک واکنش شیمیایی ، با گذشت زمان ، **میزان تغییر غلظت** واکنش دهنده ها .....و **میزان تغییر غلظت** فراورده ها ..... می یابد .

و جمع بندی جمع بندی:

واکنش	نمودار « غلظت – زمان »	نمودار « سرعت – زمان »
کامل یا یک طرفه $A(g) \rightarrow B(g)$		
ناقص یا تعادلی $A(g) \rightleftarrows B(g)$		



غذا ، پسماند و رد پای آن

رد پای غذا عبارت است از تاثیری که فرآیند تولید ، مصرف و پسماند غذا بر روی محیط زیست می گذارد .

رد پای غذا (همانند رد پای کربن دی اکسید وآب) درای دو چهره است، چهره ی آشکار و چهره ی پنهان

چهره ی آشکار : غذایی که است سالانه به مصرف نرسیده وبه زباله تبدیل می شود . (حدود ۳۰%)

چهرهٔ پنهان :

۱- منابعی که در تهیهٔ غذا از آغاز تا رسیدن به سفره سهیم هستند .

مانند مدیریت منابع ، نیروی انسانی ، فرآوری ، ابزار و دستگاه ها ، بسته بندی ، آب و انرژی و زمین های بایر ...

۲- تولید گاز های گلخانه ای به ویژه کربن دی اکسید (سهم این تولید به مراتب بیش تر از سوختن سوخت ها است .)

تقاضای غذا

امروزه به دلایل زیر ، تقاضا برای غذا ، روز به روز بیش ترشده و رد پای آن بر محیط زیست سنگین تر می شود .

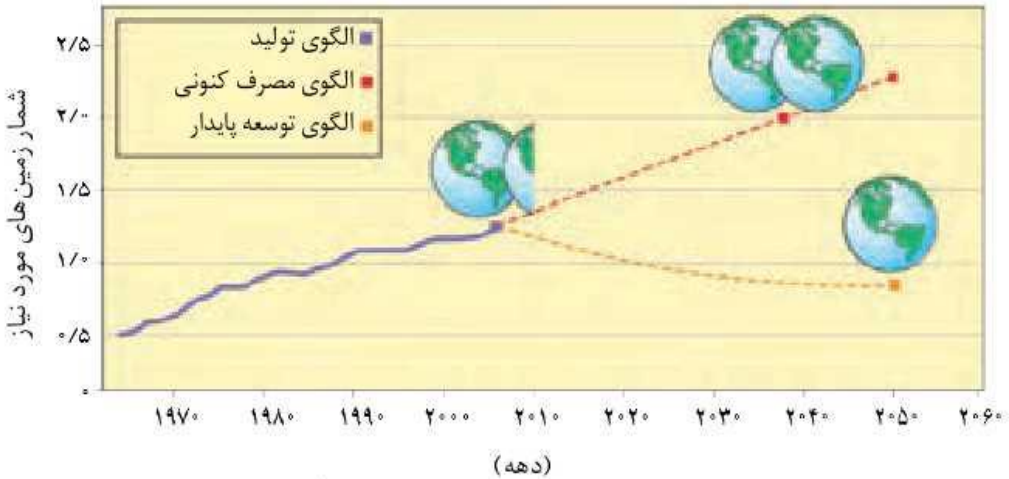
۱ – رشد جمعیت

۲- رشد اقتصادی

۳ - افزایش سطح رفاه عمومی

و ...

با **افزایش بهره وری** در مراحل مختلف تولید و تأمین غذا می توان ردپای غذا را کاهش داد .



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

چهار الگو برای کاهش ردپای غذا :

۱) خرید به اندازه نیاز

۲) کاهش مصرف گوشت و لبنیات

۳) استفاده از غذاهای بومی و محلی

۴) کاهش مصرف غذاهای فرآوری شده

خود را بیازمایید

ستون سمت راست در جدول زیر چهار الگو برای کاهش ردپای غذا را نشان می‌دهد. مشخص کنید هر بیانی از اصل شیمی سبز در ستون سمت چپ با کدام الگو همخوانی دارد؟

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

تمرین دوره صفحهٔ ۹۴ را حل کنید .

پایان فصل دوم

جلسه آینده امتحان از کل بخش

تمرین ۱: سرانهٔ مصرف سالانهٔ کدام مادهٔ غذایی در کشور ما ، بیش تر از سرانهٔ جهانی است ؟

۱) ماهی ۲) شیر ۳) گوشت قرمز ۴) نمک خوراکی

تمرین۲ : یکای دما در SI چیست ؟

۱) θ ۲) T ۳) ^{o}C ۴) K

تمرین۳ : کدام مطلب درست است ؟

۱) با نوشیدن چای داغ ، در بدن گرما تولید می شود.

۲) جنبش اتم های آهن در یک اتو ، مستقل از دمای آن است .

۳) پس از تبدیل آب به بخار ، افزایش دما تأثیری بر جنبش ذرات آن ندارد .

۴) غذاهایی مانند ماکارونی و گردو ، هنگام سوختن در خارج از بدن نیز ، گرما آزاد می کنند .

تمرین۴ : با صرف ۷/۲kJ انرژی گرمایی ، دمای چند گرم اتانول را می توان از ۱۵°C به دمای ۳۵°C رساند ؟ (گرمای ویژهٔ اتانول را $J.g^{-1}.K^{-1}$ ۲/۴ در نظر بگیرید .)

۱) ۱۵۰

۲) ۱۷۵

۳) ۲۵۰

۴) ۲۷۵

تمرین ۵: برای گرم کردن مقداری از یک شیرینی کاکائویی از دمای ۲۵°C تا دمای ذوب آن ۴۰kJ گرما لازم است . اگر این کار با استفاده از ۵۰۰g آب جوش (۱۰۰°C)انجام شود ، دمای آب جوش به چند درجهٔ سیلسیوس می رسد ؟

($c_{آب}$ =۲/۴ $J.g^{-1}.K^{-1}$)

۱) ۷۵

۲) ۸۱

۳) ۸۸

۴) ۹۲

تمرین۶ : بررسی چند مورد از موارد زیر بیان شده ، به ترموشیمی مربوط است ؟

- تأثیر گرما واکنش های شیمیایی بر حالت مواد
- تعیین مقدار گرما ، ضمن واکنش مواد با یکدیگر
- بحث کمی و کیفی در بارهٔ گرمای واکنش های شیمیایی
- بحث در بارهٔ عوامل مؤثر بر سرعت واکنش های شیمیایی

۱) ۱

۲) ۲

۳) ۳

۴) ۴

تمرین ۷: چند مورد از مطالب زیر در مورد اتانول درست است ؟

- جزو سوخت های سبز به شمار می آید .
- از سوختن هر مول آن ، ۳ مول آب به وجود می آید .
- با جذب یک مولکول آب از هر مولکول آن ، گاز اتن به دست می آید .
- مجموع ضرایب مواد در معادلهٔ موازنه شدهٔ سوختن آن برابر با ۹ است .

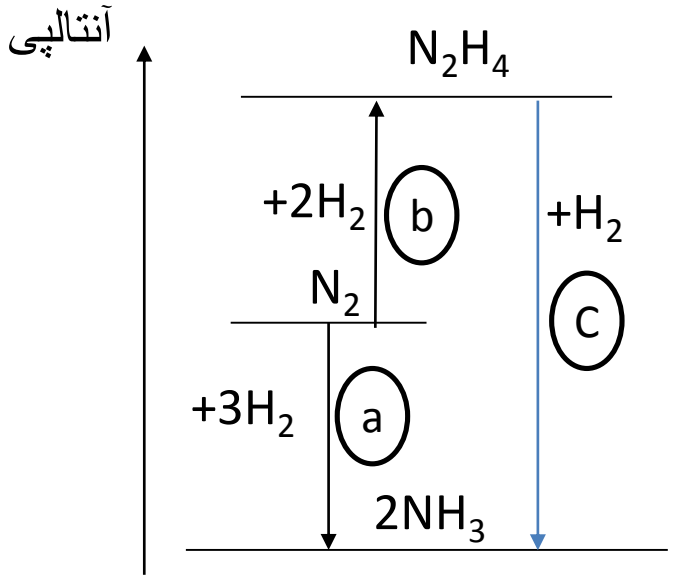
۱) ۱

۲) ۲

۳) ۳

۴) ۴

تمرین۸ : با توجه به شکل زیر ، به جای a ، b و c ، به ترتیب کدام اعداد بر حسب kJ باید قرار داده شود ؟



۱) ۹۲+ ، ۹۱+ ، ۱۸۳-

۲) ۹۲- ، ۹۱- ، ۱۸۳+

۳) ۹۲- ، ۹۱+ ، ۱۸۳-

۴) ۹۲+ ، ۹۱- ، ۱۸۳+

تمرین۹ : تمام عبارت های بیان شده جملهٔ زیر را به درستی کامل می کنند به جزء

« هیدروکربنی که بیش ترین درصد گاز طبیعی را تشکیل می دهد، ....»

۱) کم جرم ترین هیدروکربن است .

۲) در آزمایشگاه می توان آن را به راحتی از واکنش کربن (گرافیت) با گاز هیدروژن تهیهٔ کرد .

۳) نخستین بار از سطح مرداب ها جمع آوری شد .

۴) هر مول آن با دو مول اکسیژن واکنش می دهد و تولید کربن دی اکسید ، بخار آب و گرما می کند .

تمرین ۱۰: تمام گزینه های زیر صحیح هستند ، به جزء

۱) برای تهیهٔ کربن دی اکسید به صورت مستقیم می توان از واکنش کربن مونوکسید با اکسیژن استفاده کرد .

۲) در فرآیند هابر ، آنتالپی واکنش تبدیل هیدرازین به آمونیاک را نمی توان به صورت مستقیم حساب کرد .

۳) با انجام واکنش $2CO(g) + 2\ NO(g) \rightarrow 2CO_2(g) + N_2(g)$ مقداری گرما وارد محیط می شود .

۴) برای تعیین آنتالپی واکنش C (گرافیت) $+ 2\ H_2(g) \rightarrow CH_4(g)$ می توان از آنتالپی واکنش های سوختن کربن (گرافیت) هیدروژن و متان استفاده کرد .