

## شیمی ۲

ترموسیتی + سیتیک سیمیایی

### در پی غذای سالم

فصل ۲



استاد : دکتر حسن پلوئی

غذا و صنایع غذایی



۱- مقدار کمی از انرژی آزاد شده از فرآیندهای هسته ای خورشید در گیاهان و سوخت های فسیلی به شکل انرژی شیمیایی ذخیره می شود که دو منبع مهم تامین انرژی ما می باشند.

۲- غذا انرژی مورد نیاز برای حرکت ماهیچه ها ، ارسال پیام های عصبی ، جابجایی یون ها و مولکول ها را تامین می کند. همچنین مواد اولیه برای رشد و ساخت بدن مانند ماهیچه ، استخوان ، سلول های مختلف به طور عمده از غذا تامین می شود . از طرفی باعث تولید انرژی لازم برای تنظیم دمای بدن می شود .



۳- با افزایش جمعیت تولید فرآورده های کشاورزی (مانند غلات و ... ) دامی افزایش یافته و غذا به روش صنعتی تولید می شود . چه در تولید سنتی و به خصوص صنعتی غذا ، جلوگیری از فساد و نگهداری غذا بسیار مهم است .

۴- به مجموعه حوزه هایی که طی آن مواد غذایی تولید ، برداشت ، حمل و نقل ، نگهداری و فرآوری شده و برای مصرف نهایی آماده می شوند «صنایع غذایی»

گویند. قطعاً در این صنعت همانند صنعت های دیگر منابع شیمیایی از جمله کود و آفت کش ها و نیز آب شیرین مصرف شده و سطح وسیعی از زمین های بایر مورد استفاده قرار می گیرند.

۵- نقش شیمی در مواد غذایی متعدد است ، از جمله:

الف) تولید بیشتر و وسیع تر مواد غذایی: تولید کود شیمیایی و نیز آفت کش ها  
 ب) افزایش زمان ماندگاری مواد غذایی : با تولید مواد نگهدارنده ، آنتی اکسیدان ها ، ذرات نانو در پوشش های بسته بندی باعث جلوگیری از فساد مواد غذایی و یا رشد باکتری ها و ... می شود.

پ) تعیین ارزش غذایی و نیز افزایش ارزش غذایی و تعیین سرعت واکنش ها

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

۶- سراشه مصرف ماده غذایی ، نشان دهنده مقدار میانگین مصرف آن به ازای هر فرد در یک گستره زمانی معین است.

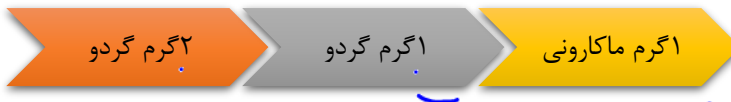
۷- ارزش غذایی مواد غذایی در تامین ماده و انرژی یکسان نیست، به عنوان نمونه :

الف) گوشت قرمز و ماهی و تخم مرغ افزون بر پروتئین ، محتوی انواع ویتامین و مواد معدنی است.(گوشت ماهی منبع امگا۳ نیز می باشد)

ب) شیر و فرآورده های آن منبع مهم پروتئین و به ویژه کلسیم و منیزیم است. کمبود کلسیم باعث پوکی استخوان می شود.

پ) اسفناج و عدس منابع مناسبی برای تامین آهن بدن می باشند.

۸- انرژی ذخیره شده در مواد غذایی نیز متفاوت است به عنوان مثال انرژی آزاد شده در اثر سوختن: به عبارتی انرژی ذخیره شده در یک ماده غذایی به نوع و مقدار ماده غذایی بستگی دارد.



- ۹- دیابت بزرگسالی از شایع ترین بیماری ها در ایران است که مصرف بی رویه ی موادی مانند نان و شکر و . . می تواند سبب ایجاد آن شود.
- ۱۰- بخش عمده اتم ها و مولکول ها و یون های بدن از غذا تامین می شود.

تست : چه تعداد مطالب زیر درست اند؟

- غذا علاوه بر تامین بخش قابل توجهی از اتم ها و مولکول ها و یون های بدن ، انرژی مورد نیاز فعالیت های بدن را نیز تامین می کنند. ✓
- انرژی که بر اثر اکسایش مواد غذایی در بدن آزاد می شود ، به مقدار و نوع آن بستگی دارد. ✓
- تولید کود شیمیایی و آفت کش ها در گستره حوزه ی «صنایع غذایی» است. ✗
- در تولید به مقدار کم مواد غذایی ، حفظ کیفیت و ارزش مواد غذایی سخت تر از تولید انبوه است. ✗
- در صنایع غذایی حجم عظیمی از آب دریاها و اقیانوس ها مصرف می شود. ✗

۴(۴)

۳(۳)

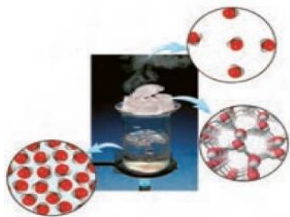
آب-سیرین

۲(۲)

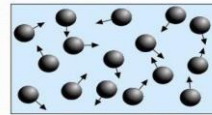
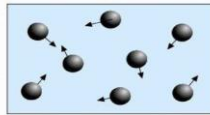
۱(۱)

دما ← (تندی)

۱- ذره های سازنده یک ماده ( اتم ها ، مولکول ها و یون ها ) دارای جنب و جوش نامنظم می باشند. (حرکات گرمایی) هر چه این جنبش ذرات بیشتر باشد دما بیشتر است و برعکس .



اثر دما بر میزان جنبش مولکول ها



۲- به عبارتی دما کمیتی است که میزان سردی و گرمی مواد را نشان می دهد.

۳- می توان گفت دما میانگین جنب و جوش یا میانگین تندی (سرعت) و یا میانگین انرژی جنبشی ذرات سازنده ی یک جسم را بیان می کند.

انرژی درجایی

۴- یکای دما در «SI» کلوین (K) می باشد که با T نشان داده می شود .

۵- یکای رایج دما ، سلسیوس (C) می باشد که با  $\theta$  نشان داده می شود.

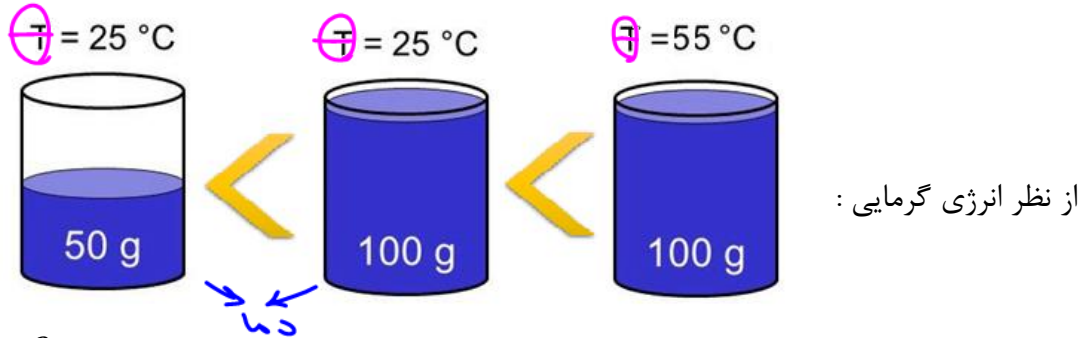
$$T = 273 + \theta$$

۷- چون دما نشان دهنده «میانگین» جنبش یا تندی (V) ذرات یک جسم است، در نتیجه دما به مقدار ماده (m) بستگی ندارد .

۸- اختلاف دمای دو جسم بیانگر اختلاف در میانگین انرژی جنبشی و میانگین تندی حرکت ذرات آن است.

انرژی گرمایی یا انرژی جنبشی

- ۱- به مجموع انرژی های جنبشی ذرات یک ماده، انرژی گرمایی یا انرژی جنبشی آن ماده می گویند.
  - ۲- این انرژی هم به دما یعنی تندی ذرات (V) وابسته است و هم به مقدار (m) ماده بستگی دارد.
- $$\left( \text{انرژی جنبشی یا انرژی گرمایی} \right) \approx \frac{1}{2} m \cdot v^2$$



- ۳- همانگونه که از دیدگاه علم فیزیک یک متحرک با تندی V و جرم m دارای انرژی جنبشی  $\left( \frac{1}{2} m \cdot v^2 \right)$  است، از دیدگاه علم شیمی هم یک جسم به دلیل جنبش میکروسکوپی ذرات آن (V یا دما) و جرم آن (m) نوعی دیگر از انرژی جنبشی  $\left( \frac{1}{2} m \cdot v^2 \right)$  یا به عبارتی انرژی گرمایی داراست.

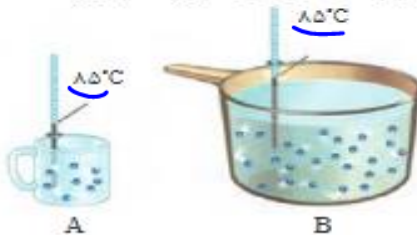
با هم ببیند یشیم

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



الف) شکل A، نمونه ای از هوا را در شب نشان می دهد. ظهور نشانی از تابش زیادتر می دهد.  
 ب) شکل B، نمونه ای از هوا را در یک روز تابش زیادتر نشان می دهد.  
 پ) اگر مجموع انرژی جنبشی ذره های سازنده یک نمونه ماده، هم ارز با انرژی گرمایی آن باشد، انرژی گرمایی  $\frac{A}{B}$  بیشتر بوده زیرا شمار مولکول های آن بیشتر است.

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



الف) میانگین تندی مولکول های آب را در دو ظرف مقایسه کنید.  
 ب) انرژی گرمایی آب موجود در کدام ظرف بیشتر است؟ چرا؟

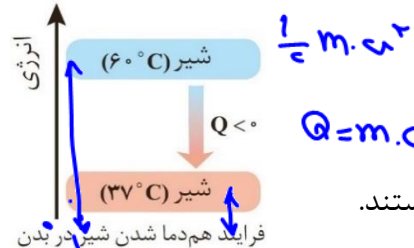
دما  $\frac{1}{2} m \cdot v^2$   
 زیاد جرم بیشتر دما  $\frac{1}{2} m \cdot v^2$   
 A=B  
 B > A

گرما یا انرژی گرمایی مبادله شده در یک فرایند (Q)

۱- به آن مقدار انرژی گرمایی که در یک فرایند مبادله می شود، گرما یا انرژی گرمایی مبادله شده می گویند که با Q نمایش می دهند.



۲- در فرآیندهای فیزیکی، گرما (Q) از جسمی که دمای آن بالاتر است به سمت جسمی که دمای آن پایین تر است جاری می شود و نه از جسمی که لزوماً انرژی گرمایی بیشتر دارد



به جسمی که انرژی گرمایی کمتری دارد.

۳- انرژی گرمایی و گرما (Q) برخلاف دما صورتی از انرژی هستند.

۴- انرژی گرمایی و دما برخلاف گرما از ویژگی های یک نمونه ماده هستند.

۵- گرما (Q) و تغییر دما (Δθ) برای توصیف یک فرایند استفاده می شوند و توصیف کننده ی یک جسم نیستند، در صورتی که انرژی گرمایی و دما برای توصیف یک جسم استفاده می شوند.

412  
1cal = 4/18 j

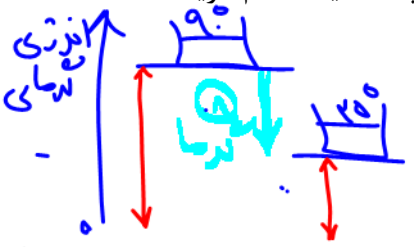
۶- یکای گرما در «SI»، ژول (j) می باشد:

تست ۱: چه تعداد از مطالب زیر نادرست اند؟

- میزان جنبش ذرات ۲۰۰ گرم اتانول در حالت جامد، مایع و گاز یکسان است. X
- علت اینکه بوی غذا گرم سریع تر به مشام می رسد بیشتر بودن دما و انرژی گرمایی آن نسبت به غذای سرد است. ✓
- میانگین انرژی جنبشی ذره های یک نمونه هم ارز با انرژی گرمایی آن است. X
- اگر ۳۰۰ گرم گاز N<sub>۲</sub> و ۱۰۰ گرم گاز N<sub>۲</sub> انرژی گرمایی یکسانی داشته باشند، قطعاً دمای نمونه دوم بیشتر است. ✓
- گرما همواره از جسمی که انرژی گرمایی بیشتر دارد به جسمی که انرژی گرمایی کمتر دارد جاری می شود. X

مجموع انرژی جنبشی

تست ۲: یک لیوان چای ۹۰°C در اتاقی با دمای ۲۵°C قرار داده می شود، بعد از چند دقیقه کدام گزینه درست است؟



- ۱) انرژی گرمایی از لیوان به اتاق جاری می شود. X
- ۲) دما و انرژی گرمایی و گرمای لیوان کاهش می یابد. X
- ۳) میانگین انرژی گرمایی لیوان کاهش می یابد. ✓
- ۴) گرما از لیوان به اتاق جاری می شود زیرا انرژی گرمایی لیوان و چای بیشتر از اتاق است. X

نکته: روغن و چربی ترکیب آلی ناقطبی هستند. مولکول های روغن پیوند های دوگانه ی بیشتری داشته و در نتیجه واکنش پذیری بیشتری دارد و در دمای معمولی مایع است اما چربی در دمای معمولی جامد است.



$$C_{Al} = \frac{19 \text{ J}}{1 \text{ g} \cdot \text{C}} \approx 900 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{C}} \approx 0.9 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{C}}$$
 گرمای ویژه یا ظرفیت گرمای ویژه (c)

۱- به مقدار گرمای لازم که جهت افزایش دمای ۱ گرم از یک جسم به اندازهی ۱°C نیاز است گرمای ویژه یا ظرفیت گرمایی ویژه می گویند.

$C_{H_2O} = 4.2 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{C}} = 1 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot \text{C}}$

گرمای ویژه (J.g <sup>-1</sup> .C <sup>-1</sup> )	ماده	گرمای ویژه (J.g <sup>-1</sup> .C <sup>-1</sup> )	ماده
۰/۹۰۰	آلومینیم	۴/۱۸۴	آب
۰/۲۳۶	نقره	۰/۱۸۵	سدیم کلرید
۰/۱۲۸	طلا	۲/۴۳۰	اتانول
۰/۹۲۰	اکسیژن	۰/۱۸۴	کربن دی اکسید

۲- یکای آن  $\frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{C}}$  یا  $\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{C}}$  و  $\frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot \text{C}}$  می باشد.

۳- گرمای ویژه به مقدار ماده (m) وابسته نیست. (همانند دما)

۴- گرمای ویژه در دما و فشار معین فقط به

نوع ماده و حالت فیزیکی آن وابسته است. به عنوان مثال گرمای ویژه آب مایع بیشتر از آب گازی یا جامد است و یا گرمای ویژه آب مایع در دما و فشار برابر بیشتر از اتانول مایع است.

۵- گرمای ویژه آب  $1 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot \text{C}}$  یا  $4.184 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{C}}$  می باشد.

ظرفیت گرمایی (C)

۱- به مقدار گرمای لازم که جهت افزایش دمای یک جسم (m گرم) به اندازهی ۱°C نیاز است، ظرفیت گرمایی جسم می گویند.

۲- یکای آن  $\frac{\text{cal}}{\text{C}}$  یا  $\frac{\text{J}}{\text{K}}$  یا  $\frac{\text{J}}{\text{C}}$  می باشد.

۳- ظرفیت گرمایی به مقدار ماده (m) وابسته است. (همانند انرژی گرمایی)

$C = m \cdot c$

۵- ظرفیت گرمایی یک جسم در دما و فشار معین به نوع ماده و حالت فیزیکی آن و نیز جرم (m) جسم وابسته است.

**نکته:** علت اینکه گرمای ویژهی یک ماده به نوع ماده بستگی دارد این است که یک ماده با توجه به ساختار شیمیایی خود انرژی منحصر به فردی برای افزایش دمای یک گرم از خود نیاز دارد. به عنوان مثال در  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$  چون مولکول ها با پیوند هیدروژنی به مولکول های اطراف متصل است، انرژی بیشتری به نسبت به اکثر مایعات دیگر باید جذب کند تا جنبش ذرات آن به اندازه ۱°C افزایش یابد. همچنین  $\text{H}_2\text{O}$  در حالت مایع گرمای ویژهی بیشتری نسبت به حالت جامد یا گاز خود دارد چون در حالت های فیزیکی مختلف یک ماده، تا حدی آرایش ذرات سازنده و در نتیجه قدرت نیروهای بین ذرات سازندهی آن متفاوت است.

تست: کدام گزینه نادرست است؟

(۱) اگر ظرفیت گرمایی ۵۰ گرم سرب  $5 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{C}}$  باشد، گرمای ویژه آن  $0.1 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{C}}$  است.

(۲) دما و ظرفیت گرمای ویژه به مقدار ماده بستگی ندارد اما انرژی گرمایی و ظرفیت گرمایی به مقدار ماده نیز وابسته هستند.

(۳) در دو مادهی A و B که جرم های برابری دارند، هر کدام ظرفیت گرمایی بیشتری داشته باشد لزوماً گرمای ویژهی بیشتری دارد.

(۴) اگر دو ماده به یک اندازه ( $\Delta\theta$ ) سرد شوند، مادهای که گرمای ویژه بیشتری دارد، گرمای بیشتری آزاد می کند.

$$C = m \cdot c \rightarrow c = \frac{C}{m}$$

$$5 = 50 \cdot c \rightarrow c = 0.1 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{C}}$$

Dr. Hassan Plooyi

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$$

محاسبه مقدار گرمای مبادله شده در یک فرایند (Q)

$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$

۱- یکای Q وابسته به یکای سه کمیت دیگر است.

به عنوان مثال اگر m را بر حسب gr و c را بر حسب  $\frac{j}{gr \cdot c}$  و  $\Delta\theta$  را بر حسب C قرار دهیم، واحد گرما (Q) بر حسب J خواهد بود:

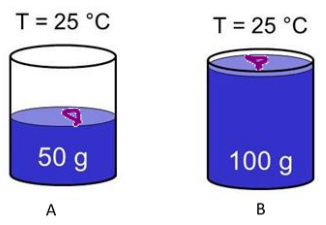
$Q = gr \times \frac{j}{gr \cdot c} \times c \rightarrow J$

۲- تغییر دما بر حسب سلسیوس ( $\Delta\theta$ ) و همان مقدار تغییر دما بر حسب کلوین ( $\Delta T$ ) برابر است، به عبارتی می توان در رابطه بالا به جای  $\Delta\theta$  مقدار  $\Delta T$  را قرار داد.

۳- چون  $C = m \cdot c$ ، پس می توان رابطه بالا را به شکل  $Q = C \cdot \Delta\theta$  نیز بیان کرد.

۴- اگر سامانه به محیط گرما دهد،  $\Delta\theta$  منفی و در نتیجه Q منفی خواهد بود (گرماده) و بالعکس.

مثال ۱) دو ظرف A و B که حاوی آب هستند را از نظر کمیت های زیر مقایسه کنید:

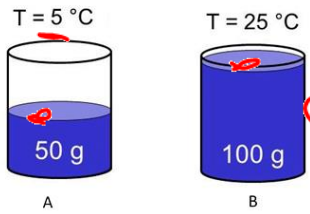


الف) میانگین انرژی جنبشی ذرات  $A = B$   
 ب) میزان گرمی و سردی (دما)  $A = B$   
 پ) انرژی جنبشی (انرژی دگرگانی)  $B > A$   
 ت) ظرفیت گرمایی ویژه  $A = B$   
 ث) ظرفیت گرمایی  $C = m \cdot c$   
 $B = 2A$

$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$

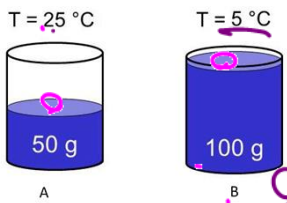
$Q_B = 2Q_A$

مثال ۲) سوالات مثال ۱ را در حالت زیر پاسخ دهید. (هر دو ظرف حاوی آب)



الف)  $B > A$   
 ب)  $B > A$   
 ج)  $Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$   
 $Q_A = 50 \cdot 4.2 \cdot 5 = 1050$   
 $Q_B = 100 \cdot 4.2 \cdot 25 = 10500$   
 $B > A$   
 د)  $B = A$   
 ه)  $B = 2A$   
 (نمونه های دیگر:  $A > B$ ,  $A > B$ ,  $B = A$ ,  $B = 2A$ )

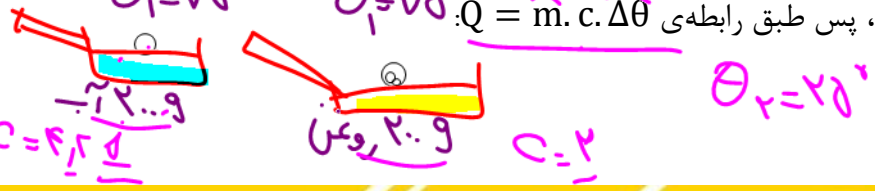
مثال ۳) سوالات مثال ۱ را در حالت زیر پاسخ دهید. (هر دو ظرف حاوی آب)



الف)  $A > B$   
 ب)  $A > B$   
 ج)  $Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$   
 $Q_A = 50 \cdot 4.2 \cdot (25 - 5) = 4200$   
 $Q_B = 100 \cdot 4.2 \cdot (25 - 5) = 8400$   
 $Q_B = 2Q_A$   
 د)  $B = A$   
 ه)  $B = 2A$

مثال ۴) در دو ظرف ۲۰۰g آب و ۲۰۰g روغن زیتون را تا دمای ۷۵°C گرم می کنیم. با انداختن یک تخم مرغ در کدام ظرف تخم مرغ مقدار بیشتری گرما جذب می کند و پخته می شود؟ (گرمای ویژه آب ۴/۲ و روغن زیتون  $\frac{1}{g \cdot c}$  است)

جواب: اگر دمای نهایی محتویات هر دو ظرف را در انتهای فرآیند ۲۵°C بگیریم، با توجه به اینکه گرمای ویژه آب حدود دو برابر روغن زیتون می باشد، پس طبق رابطه  $Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$ :



چون  $m$  (۲۰۰ گرم) و  $\Delta\theta$  ( $-50^\circ\text{C}$ ) در هردو ظرف یکسان است، در نتیجه مقدار گرمایی که آب به تخم مرغ می‌دهد بیشتر از دو برابر ظرف حاوی روغن زیتون است و در نتیجه در ظرف حاوی آب، تخم مرغ بیشتر و بهتر پخته می‌شود. این مثال نقش گرمای ویژه و ظرفیت گرمایی ویژه در تبادل گرما را نشان می‌دهد. (چون جرم آب و روغن زیتون برابر است پس طبق  $C=m \cdot c$  نشان دهنده نقش ظرفیت گرمایی نیز می‌باشد)

**یادآوری:** اگر دو جسم با جرم ( $m$ ) برابر به یک اندازه تغییر دما ( $\Delta\theta$ ) یابند، جسمی که گرمای ویژه ( $C$ ) کمتری دارد هم تبادل گرما سریعتر اتفاق می‌افتد و هم گرمای مبادله شده ( $Q$ ) آن کمتر است. به عنوان مثال دیگر در مقایسه مقداری نان و سیب‌زمینی به جرم برابر، چون مقدار آب در سیب زمینی بیشتر است و از طرفی گرمای ویژه آب زیاد است، پس اگر هر دو را به دمای مثلاً  $80^\circ\text{C}$  برسانیم و در اتاق قرار دهیم، نان سریع‌تر به دمای اتاق رسیده و گرمای کمتری نیز به اتاق می‌دهد.

**تست ۱:** اگر ظرفیت گرمایی ویژه اجسام A، B، C و D به ترتیب  $0.9$ ،  $4/2$ ،  $0.5$  و  $2/4$  بر حسب  $\frac{J}{g \cdot C}$  باشد، یا دادن مقدار یکسان گرما به جرم یکسان از هر کدام، ترتیب افزایش دمای آن‌ها کدام است؟

برابر

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$$

برابر  $Q$  و  $m$

$$A < C < B < D \quad (1)$$

$$B < D < A < C \quad (2)$$

$$D < B < C < A \quad (3)$$

$$C < A < D < B \quad (3)$$

**تست ۲:** اگر دمای  $250$  گرم اتانول از  $298\text{K}$  به  $276\text{K}$  برسد، چند کیلوژول گرما مبادله می‌شود؟ ( $C = 2/4 \frac{J}{g \cdot C}$ )

۱)  $13/53$       ۲)  $6/75$       ۳)  $-13/53$       ۴)  $-6/75$

$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta \rightarrow Q = 250 \cdot 2 \cdot (276 - 298) = -11000 \text{ J} = -11 \text{ kJ}$

**تست ۳:** به مقداری آب خالص  $25\text{K}$  گرما داده شده و دمای آن  $20^\circ\text{C}$  افزایش یافته است. این نمونه آب حدود چند مول است؟ ( $H=1$ ،  $O=16$ )

۱)  $17$       ۲)  $20$       ۳)  $23$       ۴)  $27$

$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta \rightarrow 25 \cdot 4.2 \cdot (20 - 25) = -525 \text{ J}$

$m = 297 \text{ g} \Rightarrow m_{\text{mol}} = 297 \cdot \frac{1 \text{ mol}}{18 \text{ g}}$

**تست ۴:** از  $80$  گرم نمک طعام  $0.24$  کیلوژول گرما گرفته می‌شود و دمای آن به  $20^\circ\text{C}$  می‌رسد، دمای اولیه آن چند درجه سلسیوس بوده است؟ ( $C = 0.185 \frac{J}{g \cdot C}$ )

۱)  $25$       ۲)  $15$       ۳)  $10$       ۴)  $5$

$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta \rightarrow 0.24 \cdot 1000 \cdot (20 - \theta_1) = -180 \text{ J}$

$\theta_1 = 10^\circ\text{C}$

**تست ۵:** اگر برای افزایش دمای یک قطعه آهن به میزان  $20^\circ\text{C}$  به  $2/51$  کیلوژول گرما نیاز باشد، حجم این قطعه چند سانتی متر مکعب است؟ (چگالی آهن  $7/8 \frac{g}{\text{cm}^3}$  و گرمای ویژه آن  $0.45 \frac{J}{g \cdot C}$  می‌باشد) (ریاضی ۹۵)

۱)  $25$       ۲)  $50$       ۳)  $75$       ۴)  $100$

$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta \rightarrow 2.51 \cdot 1000 \cdot (20 - \theta_1) = -180 \text{ J}$

$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow V = \frac{m}{\rho} = \frac{39}{7.8} = 5 \text{ cm}^3$



تست ۶: ۲/۵ لیتر آب ( $d=1 \frac{Kg}{L}$ ) و ۲ لیتر ضدیخ ( $d=1/1 \frac{Kg}{L}$ ) با یکدیگر مخلوط شده و درون رادیاتور خودرو به کار رفته است. مقدار گرمای جذب شده برای افزایش دمای این محلول به اندازه  $10^{\circ}C$  چند کیلوژول است؟  
(گرمای ویژه آب و ضدیخ به ترتیب ۴/۲ و ۲/۴ ژول بر گرم درجه سلسیوس است)

هم دمایی:

$$Q_{\text{آب}} = m \cdot c \cdot \Delta\theta = 1.5 \dots \text{J}$$

$$Q_{\text{ضدیخ}} = m \cdot c \cdot \Delta\theta = 521 \dots \text{J}$$

$$Q_{\text{کل}} = 1.5 \dots + 521 \dots = 1571 \dots \text{J} \rightarrow 157,1 \text{ کج}$$

تست ۷: یک گلوله مسی به جرم ۵۰ گرم را تا دمای ۸۰ درجه سانتیگراد گرم کرده و درون ۲۰۰ گرم آب ۱۰ درجه سانتیگراد می‌اندازیم. دمای نهایی گلوله و آب به تعریب چند درجه سلسیوس است.

در هم دمایی:

$$Q_{\text{آب}} = -Q_{\text{مس}}$$

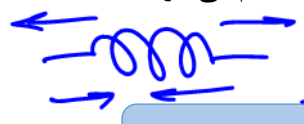
$$m_{\text{آب}} \cdot c_{\text{آب}} \cdot (\theta_f - 10) = -m_{\text{مس}} \cdot c_{\text{مس}} \cdot (\theta_f - 80)$$

$$200 \times 4,2 \times (\theta_f - 10) = -50 \times 0,38 \times (\theta_f - 80)$$

$$\Rightarrow \theta_f = 11,5^{\circ}C$$

گذری بر فیزیک و انرژی مکانیکی

از دیدگاه علم فیزیک، یک متحرک (به عنوان مثال یک مداد در حال سقوط)، دارای دو نوع انرژی جنبشی ( $\frac{1}{2} m \cdot v^2$ ) و انرژی پتانسیل گرانشی ( $mgh$ ) می‌باشد. به مجموع این دو انرژی "انرژی مکانیکی" جسم می‌گویند.



انرژی پتانسیل گرانشی ( $mgh$ ) + انرژی جنبشی ( $\frac{1}{2} m \cdot v^2$ ) = انرژی مکانیکی جسم

انرژی جسم از دیدگاه علم شیمی (آنتالپی)

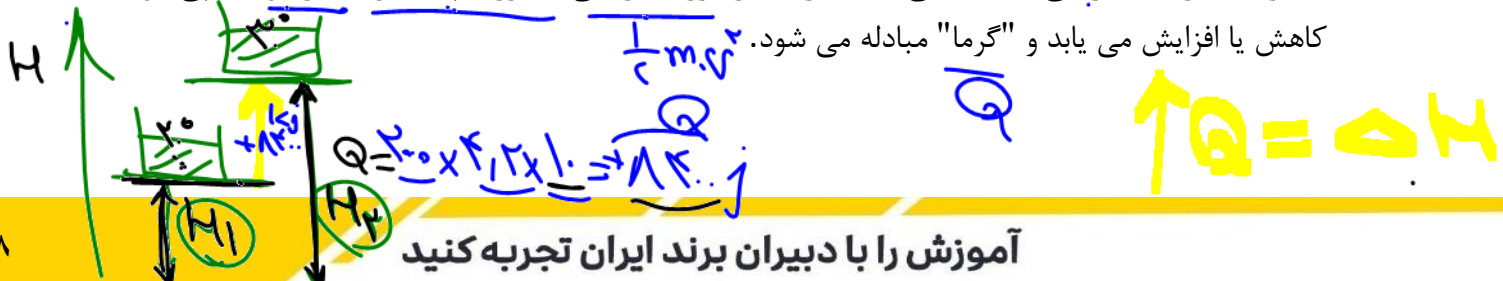
یک جسم (به عنوان مثال همان مداد) به دلیل جرم و جنبش ذرات (دما یا  $V$ )، دارای نوعی انرژی جنبشی میکروسکوپی و به عبارتی همان "انرژی گرمایی" است. ( $\frac{1}{2} m \cdot v^2$ )  
از طرف دیگر هر جسمی به دلیل برهم کنش بین ذرات و نیروهای نگه دارنده ی ذرات (به عنوان مثال پیوند اشتراکی) نوعی از انرژی پتانسیل در خود به شکل ذخیره شده داراست به این انرژی (انرژی پتانسیل) یا (انرژی شیمیایی) یا به عبارت بهتر «انرژی پتانسیل شیمیایی» گویند.

۱- آنتالپی یا محتوای انرژی یا  $H$ : به مجموع انرژی گرمایی (مجموع انرژی جنبشی ذرات) و انرژی پتانسیل شیمیایی جسم، «آنتالپی» آن گویند.

$H = \text{انرژی گرمایی} + \text{انرژی پتانسیل شیمیایی}$  (آنتالپی یا سطح انرژی یا محتوای انرژی)

۲- آنتالپی یک ماده به نوع، مقدار، دما، فشار و حالت فیزیکی آن ماده وابسته است.

۳- در یک فرآیند فیزیکی یا شیمیایی، با تغییر مقدار انرژی گرمایی یا انرژی پتانسیل یا هر دو آنتالپی مواد کاهش یا افزایش می‌یابد و "گرما" مبادله می‌شود.  $\frac{1}{2} m \cdot v^2$





**تعریف:** به گرمای مبادله شده بین سامانه و محیط در فشار ثابت، تغییر آنتالپی واکنش یا  $\Delta H$  یا آنتالپی واکنش و یا گرمای واکنش یا  $Q_p$  گویند.

$\Delta H = Q_p = H_2 - H_1 = H(\text{مواد فرآورده}) - H(\text{مواد واکنش دهنده})$

۱- به عبارتی  $\Delta H$  همانند  $Q$  گرمای مبادله شده فرایند است اما حتما در فشار ثابت.

**۲- در فرآیند گرماگیر:**

$\Delta H > 0$  (الف)

(ب) مقدار گرمای مبادله شده در سمت چپ فرآیند نوشته می شود.



(پ) آنتالپی محصولات بیشتر از مواد اولیه است.

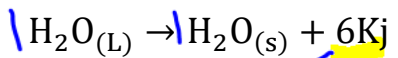
(ت) پایداری مواد کاهش می یابد.

(ث) سامانه از محیط انرژی جذب می کند.

**۳- در یک فرآیند گرماده:**

$\Delta H < 0$  (الف)

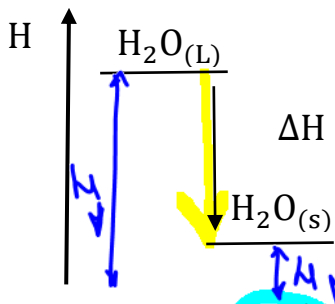
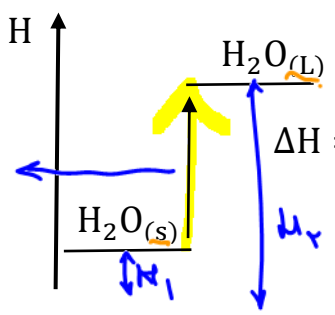
(ب) مقدار گرمای مبادله شده در سمت راست فرآیند نوشته می شود.



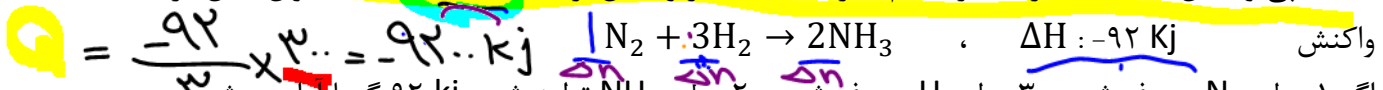
(پ) آنتالپی محصولات کمتر از مواد اولیه است.

(ت) پایداری مواد کاهش می یابد.

(ث) سامانه به محیط گرما (انرژی) می دهد.



۴- آنتالپی واکنش به نسبت ضریب هر جسم شرکت کننده در واکنش بر حسب mol است. به عنوان مثال در



اگر ۱ مول  $N_2$  مصرف شود و ۳ مول  $H_2$  مصرف شود و ۲ مول  $NH_3$  تولید شود، ۹۲ کج گرما آزاد می شود.

۵- برای به آوردن  $\Delta H$  از  $Q$  یا بالعکس می توان در روش تناسب از کسر  $\frac{Q}{\Delta H}$  استفاده کرد. و یا از فرمول زیر

بهره برد. در این فرمول منظور از  $n$ ، مقدار مول جسم شرکت کننده ی مورد نظر است:

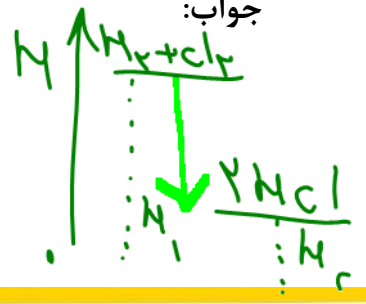
$Q = \frac{\Delta H}{\text{ضریب}} \times n$

مثال: در واکنش گازی  $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl + 184Kj$  در اثر تولید ۵/۶ لیتر  $HCl$  در شرایط STP

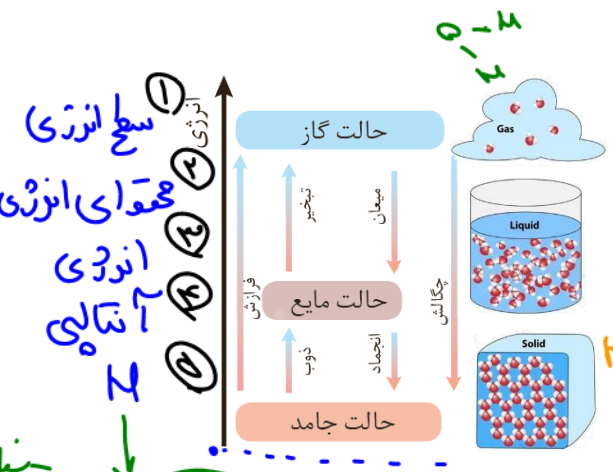
چند کج انرژی آزاد می شود؟

$\frac{5/6 L}{2 \times 22.4 L} = \frac{x KJ}{-184 KJ} \rightarrow x = -23 KJ$

جواب:

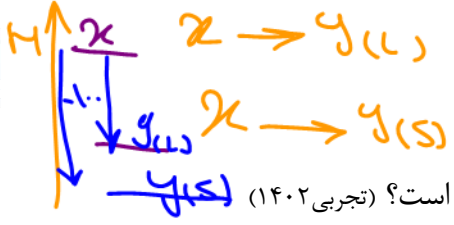


$Q = \frac{\Delta H}{\text{ضریب}} \times n = \frac{-184}{2} \times 1.25 = -115 KJ$



**یادآوری:** در مورد یک ماده سطح انرژی حالت گازی آن بیشتر از حالت مایع است و حالت مایع نیز بیشتر از حالت جامد است:

بدیهی است هر جسم در دما و فشار معین، آنتالپی ثابت و معینی دارد.



انرژی جنبشی  
انرژی پتانسیل

- در یک واکنش معین، تشکیل یک ماده گازی، بیشتر از تشکیل مایع آن، گرما آزاد میکند.
- میزان گرمای یک واکنش معین در دما و فشار ثابت، مستقل از حالت فیزیکی واکنش دهنده ها است.
- اگر در یک واکنش دما ثابت بماند، میزان انرژی جنبشی و پتانسیل واکنش دهنده ها به فرآورده ها نزدیک است.

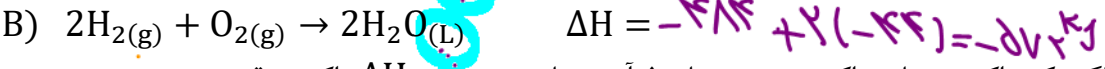
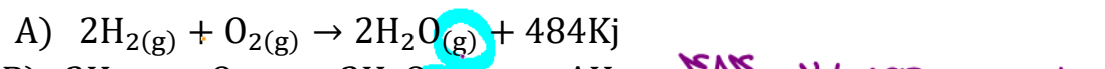
(۴) در فرایند جوشش آب در دمای صد درجه، میزان انرژی جنبشی مولکول های آب نسبت به بخار آب تشکیل شده، تغییر چندانی نخواهد داشت.

**۶- عوامل موثر در مقدار گرمای واکنش ( $\Delta H$ ):**

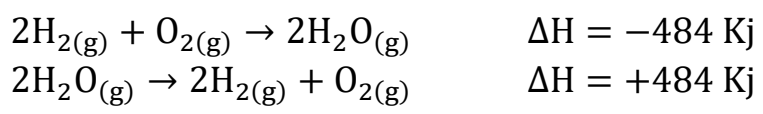
- (A) نوع واکنش دهنده ها و فرآورده ها
- (B) مقدار واکنش دهنده ها
- (C) دما و فشار
- (D) حالت فیزیکی واکنش دهنده ها و فرآورده ها

مثال: اگر تفاوت سطح انرژی ۱ مول آب مایع و بخار آب برابر  $\frac{44}{mol}$  KJ باشد،  $\Delta H$  واکنش B را حساب کنید:

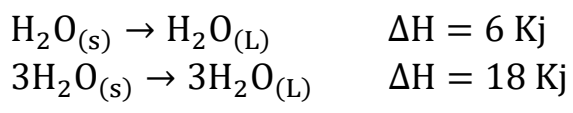
$-484$   
 $-572$



۷- اگر یک واکنش جای واکنش دهنده ها و فرآورده ها عوض شود،  $\Delta H$  واکنش قرینه می شود:



۸- اگر ضرایب استوکیومتری فرآیندی ضربدر عددی شوند،  $\Delta H$  آن واکنش نیز ضربدر همان عدد می شود:



۹- مقدار عددی  $\Delta H$  یک فرایند، بزرگی آن را نشان می دهد در حالی که مثبت یا منفی بودن آن نشان دهنده گرماگیر یا گرماده بودن آن است.

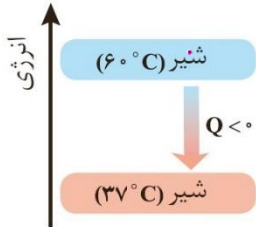
Dr. Hassan Plooyi

۲۰۳۱

گرماى مبادله شده  $\Delta H$  واکنش حاصل تغییر انرژی شیمیایی است یا انرژی گرمایی؟

$\Delta H$  یک فرایند می تواند ناشی از تغییر انرژی گرمایی باشد یا تغییر در انرژی شیمیایی یا هر دو: گرماى واکنش می تواند حاصل هر سه بیان فوق باشد:

**الف) فقط انرژی گرمایی مواد تغییر کند:**

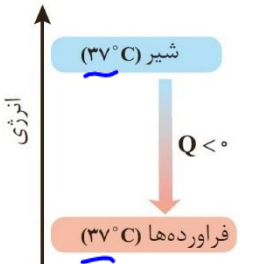


فرایند هم‌دما شدن شیر در بدن

به عنوان مثال با نوشیدن یک لیوان شیر  $60^{\circ}\text{C}$  بعد از حدود نیم ساعت بدون آن که مواد آلی موجود در آن فرصت انجام واکنش داشته باشند، دمای آن به دمای بدن ( $37^{\circ}\text{C}$ ) می‌رسد:  $Q + \text{شیر}(37^{\circ}\text{C}) \rightarrow \text{شیر}(60^{\circ}\text{C})$  چون  $\Delta\theta$  منفی است ( $-23$ ) بنابراین فرآیند گرماده بوده و این انرژی به بدن داده می‌شود (محیط).

در این فرآیند آنتالپی شیر کاهش می‌یابد که این آنتالپی ( $\Delta H$ ) فقط ناشی از کاهش انرژی گرمایی است.

**ب) فقط انرژی پتانسیل (شیمیایی) تغییر کند:**

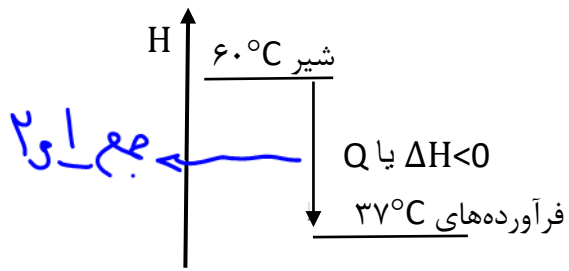


آزاد شدن انرژی در فرایند گوارش و سوخت و ساز شیر در بدن

چنانچه شیر  $37^{\circ}\text{C}$  نوشیده شود بعد از چند ساعت مواد آلی آن اکسایش می‌یابد و به دلیل کاهش انرژی پتانسیل شیمیایی، آنتالپی فرآورده‌ها کمتر از واکنش دهنده‌ها (شیر) خواهد بود و در نتیجه چون  $H_2 < H_1$  است، با وجود اینکه دما تغییر نکرده است ( $\Delta\theta = 0$ ) در نتیجه انرژی گرمایی ثابت است اما به دلیل کاهش انرژی پتانسیل مواد، شیر به بدن گرما داده و  $\Delta H < 0$  خواهد بود:

$$Q + \text{فرآورده‌های}(37^{\circ}\text{C}) \rightarrow \text{شیر}(37^{\circ}\text{C})$$

**پ) تغییر هم زمان انرژی گرمایی و پتانسیل:**



حال فرض کنیم یک لیوان شیر  $60^{\circ}\text{C}$  میل شود و بعد از چند ساعت مواد آلی آن اکسایش یافته و فرآورده‌های حاصل به دمای  $37^{\circ}\text{C}$  برسند. در این حالت هم، آنتالپی کاهش می‌یابد. ( $H_2 < H_1$ ) و  $\Delta H < 0$  خواهد بود.

یعنی مجدد شیر به بدن گرما می‌دهد اما در این حالت گرماى مبادله شده بیشتر خواهد بود. زیرا هم انرژی گرمایی تغییر کرده

( $\Delta\theta = -23$ ) و هم به دلیل تغییر در ساختار شیمیایی مواد، انرژی پتانسیل شیمیایی تغییر کرده است. به عبارتی در این حالت  $\Delta H$  یا گرماى مبادله شده‌ی فرآیند هم به دلیل کاهش انرژی گرمایی شیر (تبدیل شیر  $60^{\circ}\text{C}$  به شیر  $37^{\circ}\text{C}$ ) و هم کاهش انرژی پتانسیل محتویات شیر (تبدیل شیر  $37^{\circ}\text{C}$  به فرآورده‌های  $37^{\circ}\text{C}$ ) می‌باشد.

**جمع بندی:** در واکنش های شیمیایی که در دمای ثابت انجام می شوند ( $\Delta\theta = 0$ ) ،  $\Delta H$  فقط حاصل تفاوت انرژی پتانسیل است. در واکنش های شیمیایی که دمای حالت آغازی و پایانی متفاوت است ( $\Delta\theta \neq 0$ ) ،  $\Delta H$  حاصل تغییر در انرژی گرمایی و انرژی پتانسیل است. در صورتیکه در فرآیندهای فیزیکی معمولاً گرماى مبادله شده ( $\Delta H$ ) فقط به دلیل تفاوت در انرژی گرمایی ماده می باشد.

نکته ۱: گرمای آزاد شده یا جذب شده در واکنش های شیمیایی عمدتاً وابسته به تفاوت انرژی پتانسیل مواد واکنش دهنده و فرآورده است. یعنی انرژی ای که ناشی از نیروهای نگهدارنده ذره های سازنده ی آن است.

نکته ۲: داد و ستد انرژی در واکنش ها بطور عمده به شکل گرما ظاهر می شود.

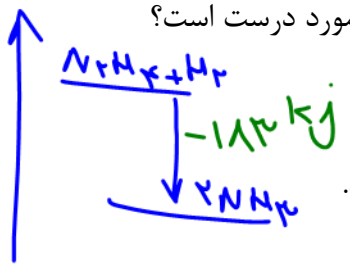
نکته ۳: فرایند هم دما شدن بستنی در بدن گرماگیر می باشد اما گوارش و سوخت و ساز آن گرماده است. (در اصل برعکس)

**ترموشیمی یا گرماشیمی**: شاخه ای از علم شیمی که به مطالعه ۱- کمی و کیفی گرمای واکنش های شیمیایی (انرژی مبادله شده در واکنش ها) ۲- تغییر انرژی گرمایی ۳- تاثیر گرما بر حالت ماده می پردازد. **نکته ۴**: یکی از ویژگی های بنیادی و مشترک میان واکنش های شیمیایی این است که هنگام انجام شدن با محیط گرما مبادله می کند البته عواملی مانند تغییر رنگ، تولید رسوب، ایجاد نور و صوت، تولید گاز و ... نیز ممکن است در واکنش شیمیایی اتفاق افتد.

تست ۱: کدام گزینه درست است؟

- ۱) راه های گوناگون دیگری برای تامین انرژی بدن به جز گوارش و سوخت و ساز مواد غذایی وجود دارد.
- ۲) تبدیل ماده به انرژی تنها منبع حیات بخش انرژی در زمین است.
- ۳) در فرآیند گوارش و سوخت و ساز شیر در بدن  $Q > 0$  است چون دمای بدن تغییر نمی کند.
- ۴) فرآیندهای ذوب، تبخیر و فرازش گرماگیر هستند و آنتالپی مواد کاهش می یابد.

تست ۲: با توجه به واکنش:  $N_2H_4 + H_2 \rightarrow 2NH_3$  با  $\Delta H = -183Kj$  کدام مورد درست است؟



- ۱) پایداری فرآورده ها از واکنش دهنده ها بیشتر است.
- ۲) با تولید هر مول آمونیاک ۱۸۳ kj انرژی تولید می شود.
- ۳) واکنش گرماگیر است و با انجام آن در یک ظرف آب، دمای ظرف پایین می آید.
- ۴) با انجام واکنش در دمای ثابت، انرژی باید از محیط به سامانه جریان یابد.

تست ۳: با توجه به واکنش  $SO_3(g) + H_2O(L) \rightarrow H_2SO_4(aq)$   $\Delta H = -228Kj$  مخزن دارای ۱۰/۱۸ کیلوگرم آب، ۱۰ مول  $SO_3$  با سرعت یکنواخت و در مدت ۵ دقیقه حل شده است. میانگین افزایش دمای مخزن در هر دقیقه به تنهایی چند  $^{\circ}C$  است؟ ( $C_{H_2O} = 4/2 \frac{J}{g \cdot K}$ )

Handwritten calculations for the test 3 problem:

$$Q = \frac{\Delta H}{\text{مقدار ماده}} \times n = \frac{-228}{1} \times 10 = -2280 \text{ kJ}$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta \theta \rightarrow \Delta \theta = \frac{2280}{10 \cdot 4} = 57.6^{\circ}C$$

نکته ۵: در واکنش گرماده (متانند تست ۳)، برای بیان گرمای آزاد شده، فقط مقدار عددی  $\Delta H$  ذکر می شود (۲۲۸Kj) اما برای بیان مقدار  $\Delta H$  یا بیان گرمای مبادله شده، باید علامت منفی نیز ذکر شود ( $\Delta H = -228Kj$ ).

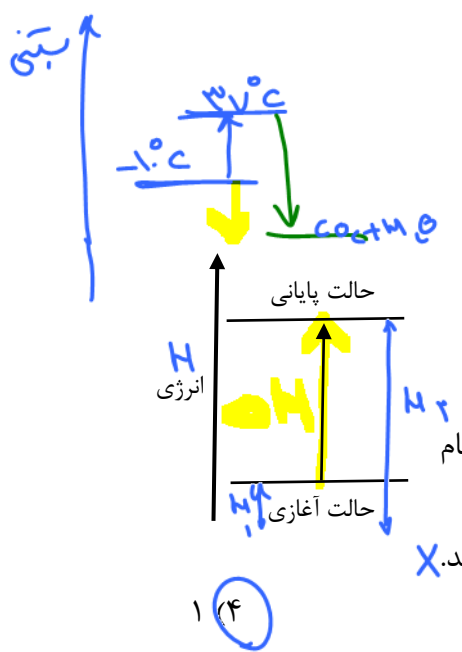
Dr. Hassan Plooyi

تست ۴:  $\Delta H$  اغلال کلسیم کلرید ( $M=111 \frac{g}{mol}$ ) برابر  $35 \frac{kJ}{mol}$  است. برای گرم کردن  $250$  گرم آب از دمای  $25^\circ C$  به  $45^\circ C$  چند گرم از آن باید در آب حل شود؟ ( $C_{H_2O} = 4/2 \frac{J}{g.k}$ ) و از گرمای جذب شده توسط کلسیم کلرید صرف نظر شود)

$Q_{water} = m \cdot C \cdot \Delta \theta$  (1)  $44/4$   
 $Q_{CaCl_2} = m \cdot C \cdot \Delta \theta$  (2)  $66/6$   
 $Q_{CaCl_2} = 21000 J = +21 kJ$   
 $\frac{21000}{1 \times 111} = \frac{-21}{-35} \rightarrow 44,49 g CaCl_2$

تست ۵: گرمای حاصل از سرد کردن یک قطعه  $3$  کیلوگرمی آلومینیوم از دمای  $50^\circ C$  به  $20^\circ C$  می تواند  $2N_2 + 2O_2 \rightarrow 4NO$  واکنش  $\Delta H$  کند.  $NO$  تبدیل به واکنش زیر تبدیل به  $NO$  چند  $KJ$  است؟ ( $C_{Al} = 0/9 \frac{J}{g.k}$ )

$Q_{Al} = m \cdot C \cdot \Delta \theta = -11000 J = -11 kJ$  (1)  $180$   
 $Q_{N_2} = \frac{+11 kJ}{\Delta H} \times 2 = 11 kJ$  (2)  $180$   
 $Q_{Al} = m \cdot C \cdot \Delta \theta = -11000 J = -11 kJ$  (3)  $360$   
 $Q_{N_2} = \frac{+11 kJ}{\Delta H} \times 2 = 11 kJ$  (4)  $360$



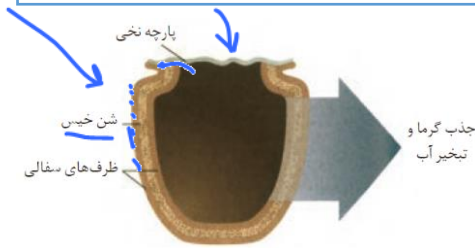
- تست ۶: با توجه به نمودار مقابل چه تعداد از عبارتهای زیر درست است؟
- در طی این فرآیند انرژی محیط افزایش می یابد.
  - در این فرآیند  $\Delta \theta$  الزاماً مثبت است.
  - علامت  $\Delta \theta$  و  $Q$  برای محیط مثبت است.
  - این نمودار می تواند متعلق به هم دما شدن بستنی (سامانه) با بدن در هنگام خوردن آن باشد.
  - انرژی گرمایی سامانه در حالت آغازی و پایانی قطعاً تفاوت زیادی با هم دارند.

۱ (۴)      ۲ (۳)      ۳ (۲)      ۴ (۱)

تست ۷: (ریاضی تیر ۱۴۰۳)

فرایندهای ..... و ..... مواد خالص، برخلاف میعان بخار آب، با افزایش سطح انرژی همراه است.  
 (۱) چگالش - انجماد      (۲) چگالش - تبخیر      (۳) فرازش - انجماد      (۴) فرازش - ذوب

یخچال صحرائی



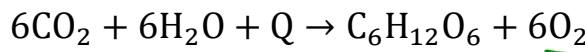
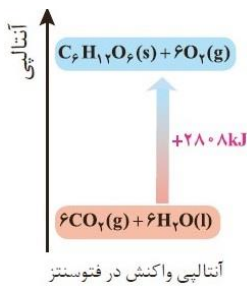
۱- از دو ظرف سفالی (از جنس خاک رس) تشکیل شده که فضای بین آنها با شن خیس پر شده است و درپوش آن پوشش نخی و مرطوب است.

۲- با توجه به اینکه تبخیر آب فرآیندی گرماگیر است، برای تبخیر آب از سطح بیرونی ظرف سفالی، آب موجود در شن ها گرما از دست داده و در نتیجه دمای محتویات و غذای درون ظرف کاهش یافته و خنک می شود.

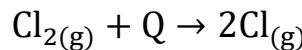
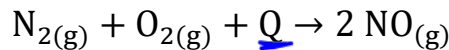
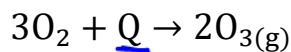


فرآیندهای گرماگیر مهم

- ۱- تغییر حالت های فیزیکی: ذوب، تبخیر، فرازش (تصعید)
- ۲- انحلال مواد در آب: انحلال اکثر نمک ها (غیر از  $\text{CaCl}_2$  و  $\text{Li}_2\text{SO}_4$ )، انحلال شکر
- ۳- اکثر واکنش های تجزیه:
- ۴- واکنش فتوسنتز:



- ۵- تولید اوزون از اکسیژن:
- ۶- واکنش نیتروژن و اکسیژن
- ۷- شکستن پیوند: مثال:



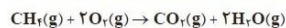
فرآیندهای گرماده مهم

- ۱- تغییر حالت های فیزیکی: انجماد، میعان و چگالش
- ۲- انحلال مواد در آب: انحلال دو نمک  $\text{CaCl}_2$  و  $\text{Li}_2\text{SO}_4$ ، انحلال گازها، انحلال اسیدها و بازهای قوی، انحلال الکل های سبک
- ۳- اکثر واکنش های ترکیب (سنتز)
- ۴- واکنش سوختن و اکسایش:

نکته: به طور کلی در واکنش ها هر طرف  $\text{O}_2$  باشد، Q طرف مقابل است غیر از دو واکنش



نکته ۲: تفاوت واکنش سوختن و اکسایش در این است که در واکنش سوختن جسم سریع با اکسیژن واکنش داده و علاوه بر گرما، نور هم تولید می‌کند.



پ



ب

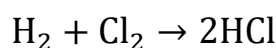


الف

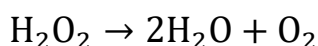
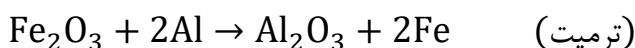
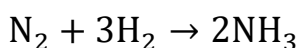
الف) مواد غذایی پس از گوارش، انرژی لازم برای سوخت‌وساز یاخته‌ها را در بدن تأمین می‌کنند.  
ب) سوختن سوخت‌ها، انرژی لازم برای حمل و نقل و نیز گرمایش محیط‌های گوناگون را فراهم می‌کنند.  
پ) زغال کک، واکنش دهنده‌ای رایج در استخراج آهن بوده که تأمین‌کننده انرژی لازم برای انجام این واکنش نیز است.

۵- واکنش فلزات گروه ۱ و ۲ با آب یا اکسیژن و نافلزات دیگر

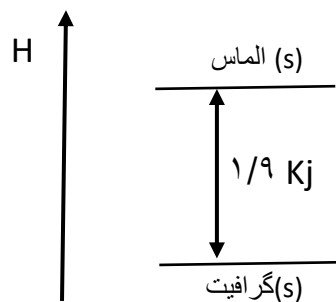
۶- واکنش اکسید فلزات و نافلزات با آب



۷- و چند واکنش گرماده مهم دیگر:



### مقایسه الماس و گرافیت



۱- به اشکال مختلف مولکولی یا بلوری یک عنصر، دگرشکل یا آلوتروپ گویند.

۲- کربن به دو شکل الماس و گرافیت در طبیعت یافت می‌شوند که آنتالپی ۱ مول الماس  $1/9 \text{ KJ}$  از گرافیت بیشتر است. پس گرافیت دگرشکل پایدارتری است و در طبیعت به همین دلیل فراوان تر است.

۳- چون آنتالپی الماس بالاتر است و از طرفی واکنش هر دو با اکسیژن گرماده بوده و فرآورده‌ی سوختن هر دو  $\text{CO}_2(\text{g})$  است، پس از سوختن الماس گرمای بیشتری آزاد می‌شود.

➤ مقایسه  $\Delta H$  دو یا چند واکنش به نسبت مشابه:

۱- ابتدا با توجه به گرماگیر یا گرماده بودن واکنش اول، نمودار حدودی آنتالپی آن را ترسیم می‌کنیم.

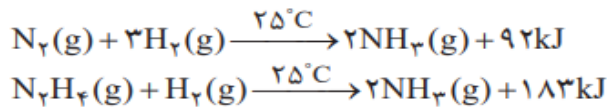
۲- نمودار آنتالپی واکنش دوم را تا حد ممکن روی نمودار اولی ترسیم می‌کنیم.

۳- حال میتوان گرمای دو واکنش را با یکدیگر مقایسه کرد.



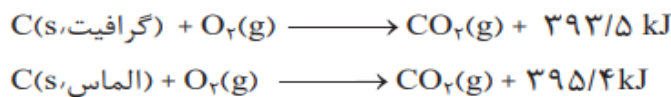
با هم بیندیشیم

۱- با توجه به واکنش های زیر پاسخ دهید:



الف) چرا گرمای آزاد شده در دو واکنش متفاوت است؟ توضیح دهید.  
ب) در کدام واکنش، مواد واکنش دهنده پایدارتر است؟ چرا؟

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

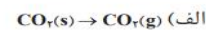


الف) چرا گرمای حاصل از سوختن یک مول گرافیت متفاوت از یک مول الماس است؟  
ب) الماس پایدارتر است یا گرافیت؟ چرا؟  
پ) از سوختن کامل ۷/۲ g گرافیت، چند کیلوژول گرما آزاد می شود؟

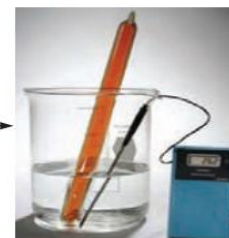
۳- با توجه به واکنش  $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + 484\text{kJ}$ ، پیش بینی کنید گرمای واکنش  $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$  کدام است (+۴۲۲ kJ، -۴۲۲ kJ، +۵۷۲ kJ، -۵۷۲ kJ)؟ چرا؟

خود را بیازمایید

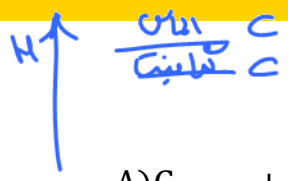
۱- نماد Q را در هر معادله وارد کرده سپس علامت «ΔH» را در هر مورد مشخص کنید.



• مقدار عددی «ΔH»، یک فرایند بزرگی آن را نشان می دهد، درحالی که علامت مثبت و منفی تنها نشان دهندهٔ گرماگیر و گرماده بودن آن است.



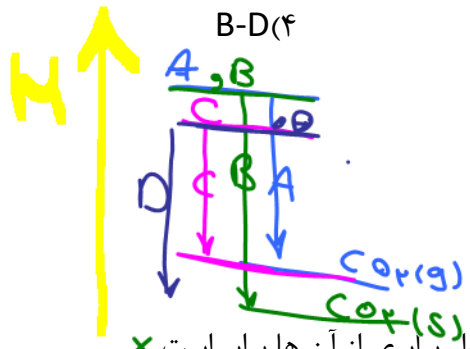
۲- اگر برای تولید یک مول گاز اوزون از گاز اکسیژن، آنتالپی به اندازهٔ ۱۴۳ kJ افزایش یابد، تالپی واکنش  $3\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{O}_3(\text{g})$  را در جهت رفت و در جهت برگشت حساب کنید.



تست ۱: کدام واکنش بیشترین و کدام واکنش کمترین گرمای آزاد شده را دارا هستند؟



B-D (۴)                      A-D (۳)                      D-B (۲)                      C-B (۱)



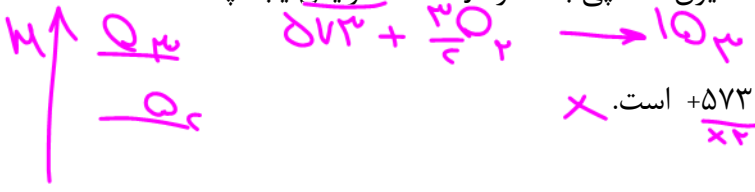
تست ۲: چه تعداد از عبارتهای زیر درست اند؟

- به دلیل یکسان بودن اتم های سازنده الماس و گرافیت، انرژی پتانسیل مقدار برابری از آن ها برابر است. **X**
- در واکنش سوختن آلوتروپ های یک عنصر، هر چه گرمای آزاد شده بیشتر باشد، پایداری آن آلوتروپ کمتر است. **✓**

- واکنش همه مواد با اکسیژن گرماده هستند و علامت  $\Delta H$  در آن ها منفی است. **X**
- در فرآیندهای اکسایش گلوکز و تبدیل اکسیژن به اوزون، پایداری فرآورده ها بیشتر از واکنش دهنده ها است. **X**

۳ (۴)                      ۲ (۳)                      ۱ (۲)                      ۰ (۱)

تست ۳: اگر با تولید شدن یک مول گاز اوزون از گاز اکسیژن، آنتالپی به اندازه  $573 \text{ KJ}$  افزایش یابد، چه تعداد

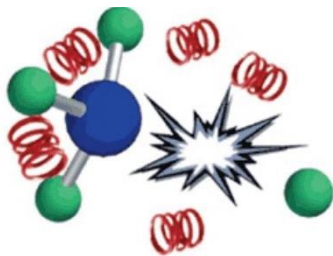


از مطالب زیر درست اند؟

- $\Delta H$  واکنش  $3\text{O}_2(g) \rightarrow 2\text{O}_3(g)$  برابر  $+573 \text{ KJ}$  است. **X**
- گاز اوزون پایدارتر از گاز اکسیژن است. **X**
- گرمای مبادله شده در مصرف ۳ گرم اکسیژن با گرمای مبادله شده در اثر تولید ۳ گرم اوزون از نظر عددی برابر است. **✓**

- واکنش پذیری اکسیژن بیشتر از اوزون است. **X**

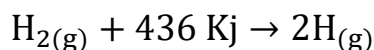
۴ (۴)                      ۳ (۳)                      ۲ (۲)                      ۱ (۱)

آنتالپی پیوند ( $\Delta H$ ) پیوند

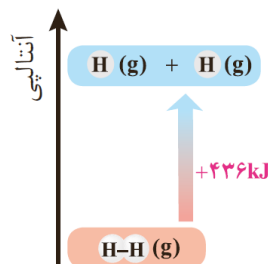
تعریف: به مقدار گرما (انرژی لازم) جهت شکستن ۱ مول پیوند کووالانسی

جسم گازی و تبدیل آن به اتم‌های گازی جدا از هم، آنتالپی پیوند یا انرژی

پیوند گویند  $\left(\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}\right)$

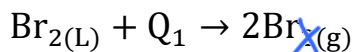


$$\Delta H_{\text{H-H}} = 436 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

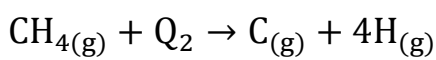


مثال:

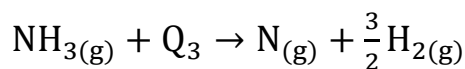
تست ۱: در کدام گزینه آنتالپی پیوند مورد نظر درست بیان شده است؟



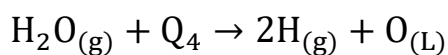
$$\Delta H_{\text{Br-Br}} = Q_1 \quad (1)$$



$$\Delta H_{\text{C-H}} = \frac{Q_2}{4} \quad (2)$$



$$\Delta H_{\text{N-H}} = \frac{Q_3}{3} \quad (3)$$



$$\Delta H_{\text{O-H}} = \frac{Q_4}{2} \quad (4)$$

تست ۲: اگر آنتالپی پیوند H-Br برابر با  $366 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$  باشد، کدام گزینه گرمای مبادله شده در اثر تبدیل ۲ مول H(g) و ۲ مول Br(g) به ۲ مول HBr(g) را درست بیان می کند؟

(۱) ۳۶۶ کیلو ژول انرژی جذب می شود

(۲) ۳۶۶ کیلو ژول انرژی آزاد می شود.

(۳) ۷۳۲ کیلو ژول انرژی جذب می شود.

(۴) ۷۳۲ کیلو ژول انرژی آزاد می شود.

تست ۳: برای شکستن پیوندهای ۲ گرم CH<sub>4</sub> گازی  $207/5$  کیلوژول انرژی نیاز است،  $\Delta H$  پیوند C-H

چند  $\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$  است؟ (C=12, H=1)

۴۱۵(۴)

۳۳۲۰(۳)

۱۶۶۰(۲)

۸۳۰(۱)

### میانگین آنتالپی پیوند

در مورد پیوندهایی که مولکول دو اتمی ای وجود ندارد که فقط دارای یک عدد از این پیوند باشد، به جای واژه آنتالپی پیوند بهتر است از «میانگین آنتالپی پیوند» استفاده کرد.  
 مثال: پیوند C-H در هیچ مولکول دو اتمی که فقط یک عدد از این پیوند را دارا باشد وجود ندارد. بنابراین برای محاسبه آنتالپی این پیوند به اجبار باید از مولکولی مانند CH<sub>4</sub> استفاده کرد که دارای ۴ پیوند C-H است. جالب است که شکستن اولین، دومین، سومین و چهارمین پیوند C-H در این مولکول انرژی متفاوتی نیاز دارند. در نتیجه شیمی دان ها میانگین این چهار انرژی را به عنوان «میانگین آنتالپی پیوند C-H» بیان می کنند.

جدول ۳- میانگین آنتالپی برخی پیوندها

میانگین آنتالپی (kJ mol <sup>-1</sup> )	پیوند
۳۸۰	C-O
۳۹۱	N-H
۴۶۳	O-H
۳۴۸	C-C
۶۱۴	C=C
۸۳۹	C≡C
۷۹۹	C=O
۱۶۳	N-N
۱۴۶	O-O

جدول ۲- آنتالپی برخی پیوندها

آنتالپی (kJ mol <sup>-1</sup> )	پیوند
۲۴۲	Cl-Cl
۱۹۳	Br-Br
۱۵۱	I-I
۵۶۷	H-F
۴۳۱	H-Cl
۴۹۵	O=O
۹۴۵	N≡N

تست: در چند مورد از پیوندهای زیر بهتر است از «میانگین آنتالپی پیوند» استفاده کرد؟



۵(۴)

۴(۳)

۳(۲)

۲(۱)

### عوامل موثر در آنتالپی پیوند

۱- آنتالپی پیوند با طول پیوند کووالانسی رابطه ی عکس دارد.

یادآوری: هر چه شعاع اتم های درگیر در پیوند اشتراکی کمتر باشد، طول پیوند کمتر است.

عوامل موثر در شعاع اتمی: اولویت ۱: تعداد لایه  $\uparrow$  ← شعاع اتمی  $\uparrow$

اولویت ۲: تعداد P  $\downarrow$  ← شعاع اتمی  $\uparrow$

مثال: پیوندهای زیر را از نظر طول پیوند و آنتالپی پیوند مقایسه کنید:

H-F

H-Cl

H-Br

H-I

I-I

۲- آنتالپی پیوند با مرتبه پیوند رابطه مستقیم دارد.

مثال: طول پیوند: C-C > C=C > C≡C

آنتالپی پیوند: C-C < C=C < C≡C

۳- آنتالپی پیوند با قطبیت پیوند رابطه مستقیم دارد.

تست ۱: آنتالپی پیوند و یا میانگین آنتالپی پیوند در کدام گونه در در مقایسه با گونه‌های دیگر بیشتر است؟

میانگین

۱) C با C در اتین  $C \equiv C$  (۲)

۲) N با N در  $N_2$  (۳)

۳) O با O در  $O_2$  (۲)

۴) C با C در سیکلوهگزان

تست ۲: (تجربی تیر ۱۴۰۳) آنتالپی پیوند

۱) H-Br در هیدروژن برمید  $HBr$

۲) C-H در دی‌کلرو متان

۳) C-C در پروپان

۴) O-H در آب

برای کدام پیوند در مولکول داده شده از مفهوم میانگین آنتالپی پیوند استفاده نمی‌شود؟

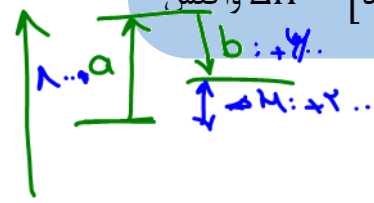
- ۱) H-Br در هیدروژن برمید  $HBr$
- ۲) C-H در دی‌کلرو متان
- ۳) C-C در پروپان
- ۴) O-H در آب

تست ۳: کدام مورد نادرست است؟ (تجربی تیر ۱۴۰۳)

- ۱) چگونگی پیوند شیمیایی بین اتم‌ها در یک مولکول، انرژی ذخیره‌ای آن را تعیین می‌کند.
- ۲) انرژی جنبشی یک ماده را حرکت اجزای آن و انرژی بتانسیل ماده را انرژی نهفته اجزای آن، تعیین می‌کند.
- ۳) فرایند تبدیل آب به بخار آب، یک فرایند گرمایشی است که با افزایش انرژی سامانه همراه است.
- ۴) میزان انرژی پیوند میان دو اتم، با پایداری آن پیوند، نسبت مستقیم و با محتوای انرژی آن، نسبت عکس دارد.

به دست آوردن  $\Delta H$  یک واکنش به کمک آنتالپی پیوند

$$\Delta H = [\text{مجموع آنتالپی پیوند واکنش دهنده ها}] - [\text{مجموع آنتالپی پیوند فرآورده ها}]$$



تحلیل فرمول بالا: واکنش زیر را در نظر بگیرید.

Reaction diagram for  $H_2(g) + Cl_2(g) \rightarrow 2HCl(g)$  showing bond energies and enthalpy change.

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

Energy levels:  $a = 678$ ,  $b = 862$ ,  $\Delta H = -184$

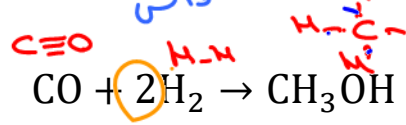
برای انجام این واکنش ابتدا باید ۱ مول پیوند H-H و ۱ مول پیوند Cl-Cl بشکنند که به ترتیب ۴۳۶ و ۲۴۲ کیلوژول انرژی نیاز است (در کل ۶۷۸ کیلوژول) از طرفی در اثر تشکیل هر ۱ مول پیوند H-Cl مقدار ۴۳۱ کیلوژول انرژی آزاد می‌شود (در کل ۸۶۲ کیلوژول) در نتیجه  $\Delta H$  کل واکنش خواهد بود:

$$\Delta H = 678 - 862 = -184 \text{ KJ}$$

$a - b$



مثال: با توجه به داده‌های جدول،  $\Delta H$  واکنش گازی زیر چند kJ است؟



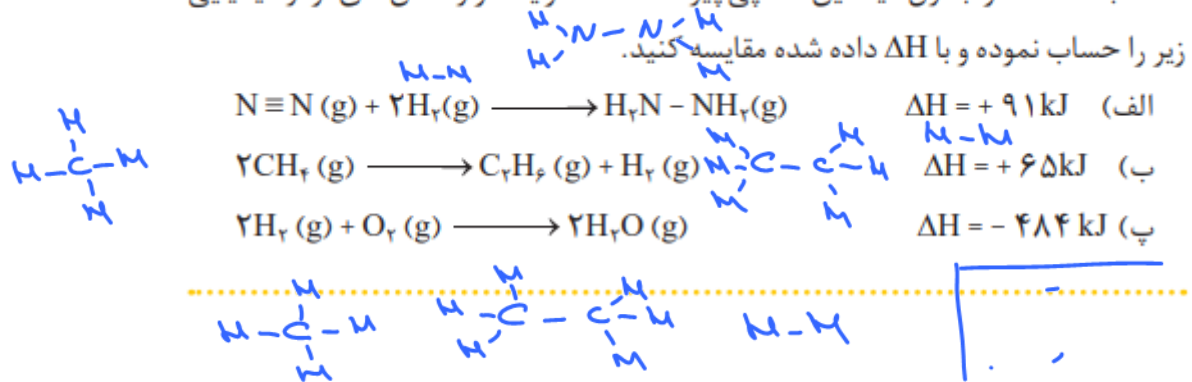
O - H	C - O	C - H	H - H	C $\equiv$ O	پیوند
۴۶۴	۳۵۱	۴۱۴	۴۳۶	۱۰۷۵	آنتالپی پیوند

$$\Delta H = [\Delta H_{C=O} + 2 \times \Delta H_{H-H}] - [3 \times \Delta H_{C-H} + 1 \times \Delta H_{C-O} + 1 \times \Delta H_{O-H}]$$

$$\Delta H = [1075 + 2 \times 436] - [3 \times 414 + 1 \times 351 + 1 \times 464] = -110 \text{ kJ}$$

خود را بیازمایید

۲- با استفاده از جدول میانگین آنتالپی پیوندها،  $\Delta H$  هر یک از واکنش‌های ترموشیمیایی زیر را حساب نموده و با  $\Delta H$  داده شده مقایسه کنید.



تست ۱: با توجه به واکنش گرمایشیمیایی:  $2CH_4(g) \rightarrow C_2H_6(g) + H_2(g), \Delta H = 65 \text{ kJ}$  میانگین آنتالپی پیوند C-H برابر چند کیلوژول بر مول است؟

... فرضول

آنتالپی پیوند های H-H و C-C به ترتیب برابر ۴۳۵ و ۳۴۸ کیلوژول بر مول در نظر گرفته شود. (ریاضی ۱۴۰۲)

۴۴۲(۱)      ۴۲۴(۲)      ۲۱۲(۳)      ۱۲۲(۴)

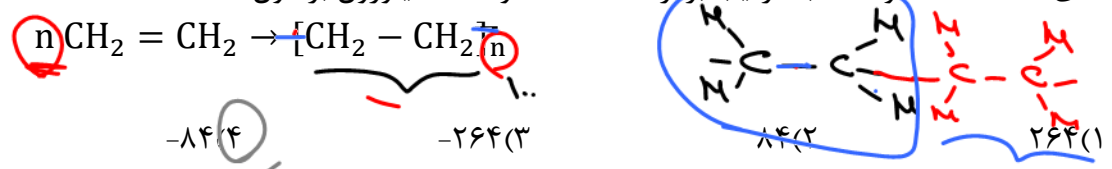
$$\Delta H = [1 \times \Delta H_{C-H}] - [4 \times \Delta H_{C-H} + \Delta H_{C-C} + \Delta H_{H-H}]$$

$$+65 = [1 \times x] - [4x + 348 + 435]$$

$\Delta H_{C-H} = 424$

تست ۲:  $\Delta H$  واکنش پلیمر شدن کامل ۱ مول اتن به تقریب چند کیلوژول است؟

(انرژی پیوندهای C=C، C-H، C-C به ترتیب برابر ۶۱۲، ۴۱۲، ۳۴۸ کیلوژول بر مول است)



$$\Delta H = [n \times 4 \times \Delta H_{C-H} + n \times 1 \times \Delta H_{C=C}] - [n \times 2 \times \Delta H_{C-H} + n \times 2 \times \Delta H_{C-C}]$$

$$\Delta H = -14 \text{ kJ}$$

Dr. Hassan Plooyi

تست ۳: اگر  $\Delta H$  واکنش گازی  $N_2 + 2H_2 \rightarrow N_2H_4$  برابر  $96 \text{ KJ}$  باشد و آنتالپی پیوندهای  $H-H$ ،  $N-H$  و  $N$  به ترتیب  $435$ ،  $351$  و  $389$  کیلوژول بر مول باشد، برای شکستن پیوندها  $1$  گرم  $N_2(g)$  چند  $\text{KJ}$  انرژی لازم است؟  $(N=14 \frac{\text{g}}{\text{mol}})$

۱۵/۲(۴)                      ۶۷/۲(۳)                      ۹۴۱(۲)                      ۳۳/۶(۱)

۱۲

تست ۴: (ریاضی تیر ۱۴۰۳)

۱۴

اگر مجموع آنتالپی پیوند  $H-Cl$  و  $H-F$  برابر  $1000$  کیلوژول بر مول و نسبت آنتالپی پیوند  $Cl-Cl$  به

$\Delta H_{H-H} = 435$

آنتالپی پیوند  $F-F$  برابر  $1/5$  باشد، آنتالپی پیوند  $F-F$  با یکای کیلوژول بر مول، برابر کدام است؟

$\Delta H_{Cl-Cl} = 1,8 \Delta H_{F-F}$

- ①  $H_2(g) + 435 \text{ kJ} \rightarrow 2H(g)$
- ②  $H_2(g) + Cl_2(g) \rightarrow 2HCl(g)$  ,  $\Delta H = -186 \text{ kJ}$
- ③  $H_2(g) + F_2(g) \rightarrow 2HF(g)$  ,  $\Delta H = -544 \text{ kJ}$

$\Delta H_{H-Cl} = 1000 - \Delta H_{H-F}$

- ۱۴۵ (۱)
- ۱۶۰ (۲)
- ۲۲۰ (۳)
- ۲۵۵ (۴)

④  $-186 = [435 + 1/5 \Delta H_{F-F}] - [2 \times \Delta H_{H-Cl}]$

نکته ۱: برای به دست آوردن  $\Delta H$  یک واکنش به کمک آنتالپی پیوندها، تمام مواد شرکت کننده باید گازی باشند.

نکته ۲: به دست آوردن  $\Delta H$  یک واکنش به کمک آنتالپی پیوندها جزو روش های غیرمستقیم یا غیر تجربی به دست آوردن  $\Delta H$  واکنشها محسوب می شود (همانند قانون هس) اما روش گرماسنجی روشی تجربی (مستقیم) برای به دست آوردن  $\Delta H$  واکنش می باشد.

نکته ۳: هر چه در یک واکنش مولکولهای پیچیدهتری وجود داشته باشد،  $\Delta H$  به دست آمده آن به کمک آنتالپی پیوند با  $\Delta H$  به دست آمده به روش تجربی تفاوت بیشتری خواهد داشت.

Dr. Hasan Plooyi

۱۴

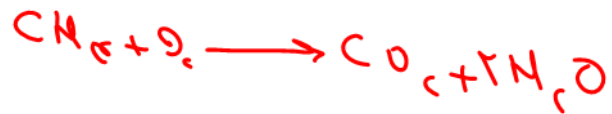
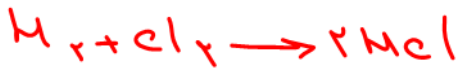
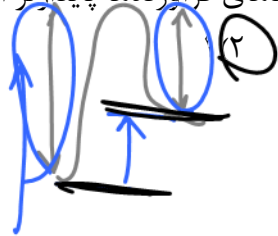
تست ۱: اگر آنتالپی تبخیر  $H_2O(l)$  برابر با  $44 \frac{KJ}{mol}$  باشد،  $\Delta H$  واکنش زیر چند KJ است؟

$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)$	پیوند	C - H	O = O	C = O	O - H
	$\Delta H$ پیوند	۴۱۵	۴۹۵	۸۰۰	۴۶۳

-۷۱۴(۴)
-۸۹۰(۳)
-۸۴۶(۲)
-۵۰۲(۱)

تست ۲: چه تعداد از مطالب زیر درست‌اند؟





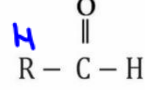
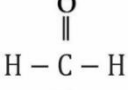

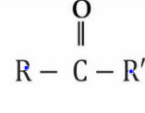
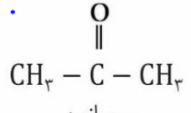
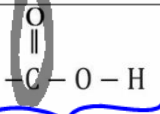
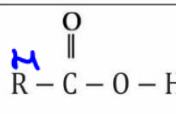
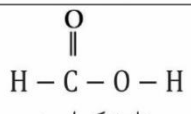
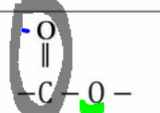
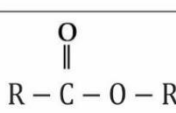
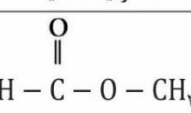
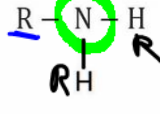
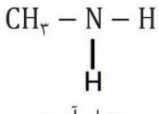
- برای به دست آوردن  $\Delta H$  واکنش می‌توان مجموع آنتالپی پیوند واکنش دهنده‌ها را از مجموع آنتالپی پیوند فرآورده‌ها کم کرد. X
- هرچه مولکول‌های شرکت کننده در واکنش ساده‌تر باشند، آنتالپی محاسبه شده‌ی واکنش با داده‌های تجربی همخوانی بیشتری دارد. ✓
- $\Delta H$  واکنش  $I_2(s) + H_2(g) \rightarrow 2HI(g)$  را می‌توان به کمک جدول مقدار آنتالپی پیوندها به دست آورد. X
- در واکنش گرماده، پایداری و سطح انرژی فرآورده‌ها بیشتر از واکنش دهنده‌ها است. X
- در واکنش گرماگیر پیوندهای فرآورده‌ها پایدارتر از پیوندهای واکنش دهنده‌ها است. X





به ازای هر پیوند P : ۲H کم می شود.  
به ازای هر حلقه : ۲H کم می شود.

ترکیبات آلی

خانواده	گروه عاملی	نام گروه	فرمول عمومی	ساختار	نامگذاری	ساده ترین مثال
آلکان	-	-	$C_nH_{2n+2}$	-	آلک + ان	متان $CH_4$
آلکن	$C = C$	آلکنی	$C_nH_{2n}$	-	آلک + ن	$CH_2 = CH_2$ اتن
آلکین	$C \equiv C$	آلکینی	$C_nH_{2n-2}$	-	آلک + ین	$CH \equiv CH$ اتین
سیکلوآلکان	-	-	$C_nH_{2n}$	-	سیکلو آلکان	 سیکلو پروپان
آروماتیک		بنزنی	-	-	-	 بنزن
الکول	$-O-H$	هیدروکسیل	$C_nH_{2n+2}O$	$R-OH$	آلکان + ول	$CH_3OH$ متانول
اتر	$-O-$	اتری	$C_nH_{2n+2}O$	$R-O-R'$	آلکیل ها + اتر	$CH_3-O-CH_3$ دی متیل اتر
آلدهید		کربونیل (آلدهیدی)	$C_nH_{2n}O$		آلکان + ال	 متانال
کتون		کربونیل	$C_nH_{2n}O$		آلکان + ون	 پروپانون
اسید آلی		کربوکسیل	$C_nH_{2n}O_2$		آلکان + ویک اسید	 متانوئیک اسید
استر		استری	$C_nH_{2n}O_2$		آلکیل آلکانوات	 متیل متانوات
آمین	$-N-$	آمینی	-		آلکیل ها + آمین	 متیل آمین
آمینواسید	$-COOH$ $-N-$	آمینی ، کربوکسیل	-	-	-	-
آمید	$\begin{matrix} O \\    \\ -C-N- \end{matrix}$	آمیدی	-	-	-	-

$C_nH_n$

$C_nH_{2n}O$

آلدهید

کتون

اسید آلی

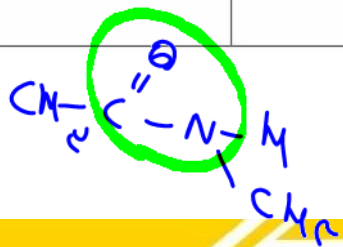
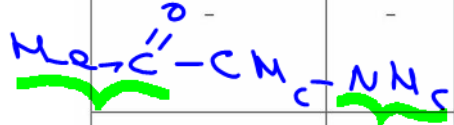
استر

آمین

$C_nH_{2n}O_2$

آمینواسید

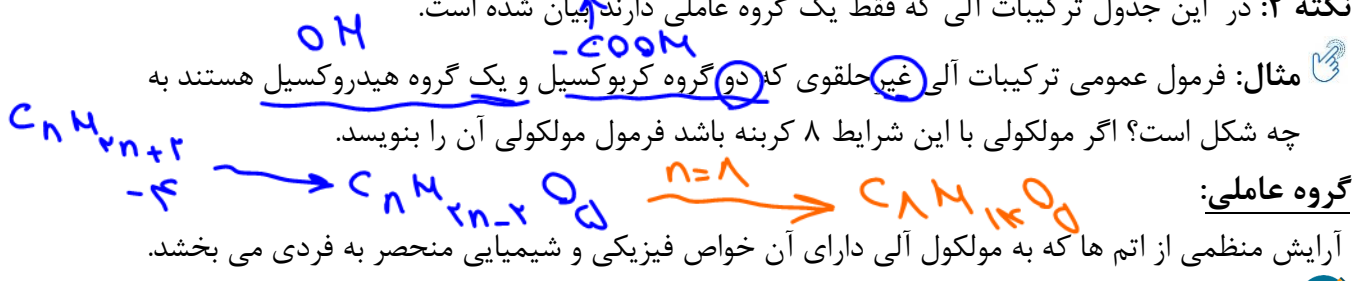
آمید



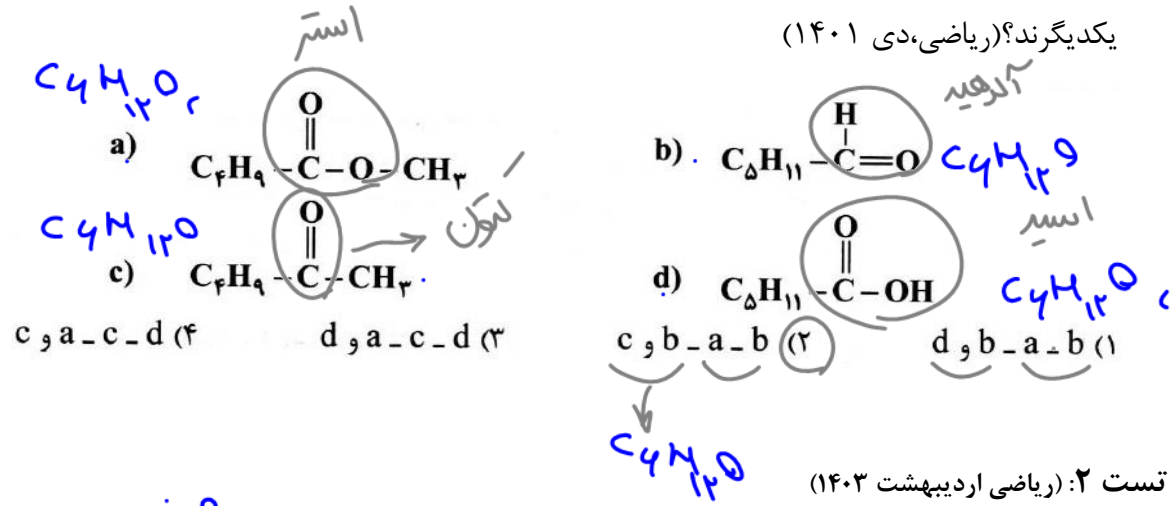
Dr. Hassan Plooyi

نکته ۱: در جدول صفحه قبل دانستن گروه عاملی هر خانواده و نیز نام گذاری آنها الزامی است. برای بدست آوردن فرمول عمومی کافیت فرمول عمومی آلکان ها را به عنوان مینا در نظر گرفت و با توجه به این مطلب که به ازای هر پیوند سست (پای) و نیز به ازای هر حلقه دو اتم H از فرمول عمومی آلکان کم می شود، فرمول عمومی هر خانواده را به دست آوریم  $C_n H_{2n-2}$

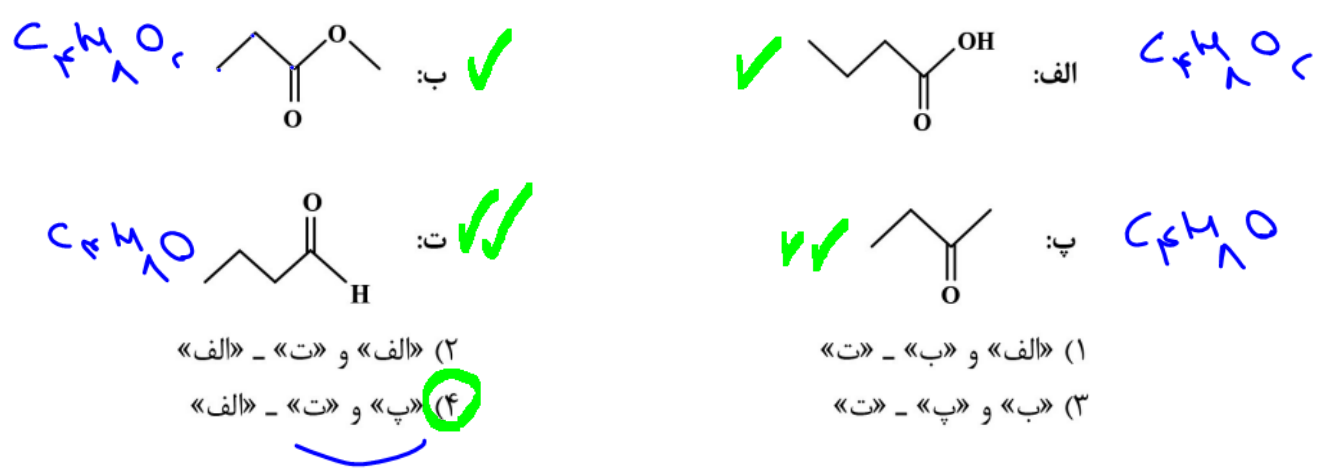
نکته ۲: در این جدول ترکیبات آلی که فقط یک گروه عاملی دارند بیان شده است. مثال: فرمول عمومی ترکیبات آلی (غیر حلقوی) که دو گروه کربوکسیل و یک گروه هیدروکسیل هستند به چه شکل است؟ اگر مولکولی با این شرایط ۸ کربنه باشد فرمول مولکولی آن را بنویسد.



تست ۱: کدام ترکیب های زیر، به ترتیب از راست به چپ، آلدهید و استر هستند و کدام دو ترکیب همپار یکدیگرند؟ (ریاضی، دی ۱۴۰۱)



پیوند هیدروژنی  
کدام دو ترکیب، ایزومر یکدیگرند و نقطه جوش کدام ترکیب، بالاتر از ترکیب های دیگر است؟



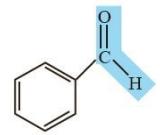
Dr. Hassan Plooyi

ادویه ها



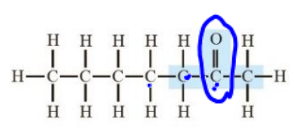
۱- بو و مزه لذت بخش غذاهای بومی اغلب به دلیل ادویه های ویژه است.  
 ۲- کاربرد دیگر آن ها جلوگیری از گرسنگی ، افزایش سوخت و ساز، جلوگیری از التهاب پیشگیری از سرطان و گاهی بهبود یا رفع آن است.

۳- تفاوت در ادویه ها به دلیل تفاوت در ساختار ترکیبات آلی آنها و به خصوص گروه های عاملی مولکول های آلی آنها است.



۴- طعم و بوی بادام تا حد زیادی به دلیل بنزالدهید است:

طعم و بوی میخک تا حد زیادی به دلیل ۲- هپتانون است:



طعم و بوی گشنیز : مولکول های آلی با گروه «هیدروکسیل»:



طعم و بوی رازیانه: مولکول های آلی با گروه «اتری»:



طعم و بوی زردچوبه: مولکول های آلی با گروه «کربونیل» (کتونی):

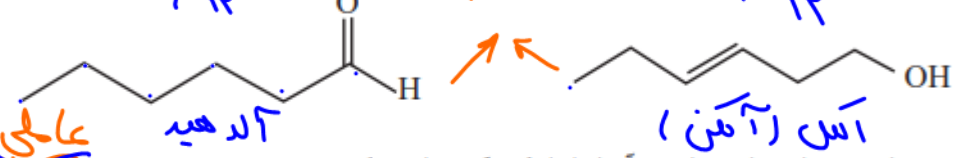
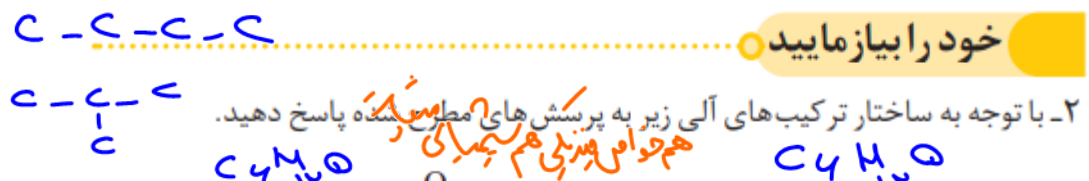


طعم و بوی دارچین: مولکول های آلی با گروه «کربونیل» (آلدهیدی):

نکته: اگر دو مولکول آلی ایزومر (همپار) باشند قطعاً خواص فیزیکی متفاوتی دارند.

حال اگر گروه (های) عاملی یکسان داشته باشند خواص شیمیایی آنها یکسان است اما اگر گروه (های) عاملی متفاوت داشته باشند خواص شیمیایی آن ها نیز متفاوت است در اینصورت قطعاً آنتالپی ( سطح انرژی) آن ها نیز متفاوت خواهد بود.

گروه های فنلیک  
 متفاوت  
 به خانواده



ب) آیا خواص فیزیکی و شیمیایی آنها یکسان است؟ چرا؟ خیر - چون گروه های متفاوت دارند

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

Dr. Hassan Plooyi

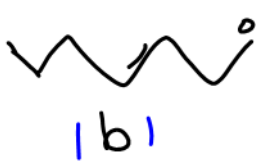
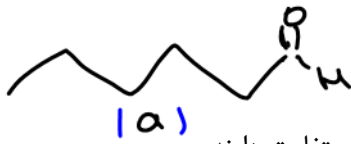


تست ۱: با توجه به دو مولکول زیر، چه تعداد از مطالب زیر درست اند؟

• فرمول مولکولی هر دو  $C_6H_{12}O$  بوده و ایزومر یکدیگرند و خواص فیزیکی و شیمیایی متفاوت دارند.

• ترکیب A گروه عاملی کربونیل و B نیز گروه عاملی الکی داشته و یک الکل سیر نشده است.

• به دلیل اینکه هر دو یک پیوند سست دارند و ایزومر هم هستند، آنتالپی یکسان دارند.



• دو مولکول  $C-C-C$  و  $C-C-C$  هم ایزومر یکدیگر بوده و همانند A و B خواص فیزیکی و شیمیایی کاملاً متفاوت دارند.

• فرآورده های سوختن کامل A و B یکسان است.

۵(۴)

۴(۳)

۳(۲)

۲(۱)

تست ۲: کدام گزینه نادرست است؟

(۱) خواص ویژه و منحصر به فرد ادویه ها به دلیل ترکیبات آلی خاص آن ها است.

(۲) طعم و بوی بادام و میخک به طور عمده به خاطر به ترتیب بنزآلدهید و ۲- هپتانون است.

(۳) طعم و بوی زردچوبه به طور عمده به دلیل مولکول های آلی با گروه عاملی کتونی است.

(۴) دومین عضو خانواده آلدهیدها دارای هفت جفت الکترون است.

### ارزش سوختی مواد غذایی

ارزش سوختی: مقدار انرژی آزاد شده در اثر اکسایش یک گرم ماده غذایی ( $\frac{kJ}{g}$ )

۱- کربوهیدرات، پروتئین ها و چربی ها علاوه بر تامین مواد اولیه سوخت و ساز سلول ها، منابعی برای تامین انرژی سلول ها نیز هستند.

جدول ۴- ارزش سوختی سه ماده غذایی

ماده غذایی	کربوهیدرات	چربی	پروتئین
ارزش سوختی ( $kJ g^{-1}$ )	۱۷	۳۸	۱۷



۲- ارزش سوختی این سه دسته مواد آلی:

۳- با این که واکنش های سوختن و اکسایش گرماده هستند، اما ارزش سوختی بدون علامت منفی بیان می شود.

۴- در بین این سه دسته مواد غذایی، تنها هیدروکربن ها هستند که در بدن به شکل گلوکز شکسته شده و گلوکز حاصل در خون حل شده و به راحتی در اثر اکسایش انرژی مورد نیاز سلول ها را به سرعت می تواند تامین کند.

۵- در اثر سوختن پروتئین ها در آزمایشگاه  $CO_2$ ،  $H_2O$  و  $N_2$  تولید می شود در صورتی که در اثر اکسایش آن در بدن  $CO_2$  و  $H_2O$  تولید می شود و نیتروژن آن به طور عمده به شکل اوره در می آید.

۶- هر یک کیلوگرم از بدن حداقل  $100 KJ$  در شبانه روز به انرژی نیاز دارد. هر چه فعالیت روزانه بیشتر باشد، این مقدار انرژی افزایش می یابد.

تست ۱: مقدار کل انرژی حاصل از اکسایش و نیز مقدار ارزش سوختی یک پیتزای ۳۰۰ گرمی که ۱۰٪

جرم آن پروتئین، ۳۰٪ کربوهیدرات، ۴۰٪ آب و مابقی چربی است چند  $\frac{\text{kJ}}{\text{g}}$  است؟

- (۱) ۴/۸ ، ۴۳۲۰  
 (۲) ۱۴/۴ ، ۴۳۲۰  
 (۳) ۴/۸ ، ۸۶۴۰  
 (۴) ۱۴/۴ ، ۸۶۴۰

تست ۲: درصد چربی، پروتئین و کربوهیدرات در یک ساندویچ به ترتیب ۳۰٪، ۱۰٪ و ۱۲٪ جرمی است. یک فرد ۷۰ کیلوگرمی با خوردن چند گرم از این ساندویچ می تواند انرژی لازم برای ۲ ساعت ورزش را تامین کند؟ (به ازای هر یک ساعت ورزش ۲۰۰۰ کیلو ژول انرژی مصرف می شود).

- (۱) ۶۰ (۲) ۱۲۰ (۳) ۲۶۴ (۴) ۵۲۸

تست ۳: (تجربی تیر ۱۴۰۳)

اگر ارزش سوختی اتان، ۱/۷ برابر ارزش سوختی اتانول باشد و از سوختن کامل ۵/۵ مول اتان، ۷۸۵ کیلوژول گرما آزاد

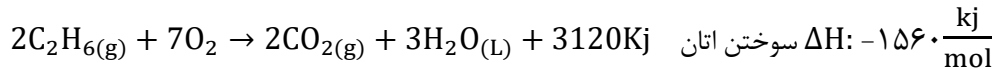
شود، از سوختن به تقریب چند گرم اتانول، همین مقدار گرما تولید می شود؟ ( $\text{H} = 1, \text{C} = 12, \text{O} = 16 : \text{g.mol}^{-1}$ )

- (۱) ۲۱/۵ (۲) ۲۵/۵ (۳) ۳۲/۵ (۴) ۳۷/۵

آنتالپی سوختن

**تعریف:** مقدار انرژی آزاد شده در اثر سوختن ۱ مول جسم در اکسیژن کافی ( $\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ )

**مثال:**



جدول آنتالپی سوختن برخی ترکیب‌های آلی در  $25^\circ\text{C}$

آنتالپی سوختن (kJ mol <sup>-1</sup> )	ماده آلی	آنتالپی سوختن (kJ mol <sup>-1</sup> )	ماده آلی
-۱۳۰۰	C <sub>۲</sub> H <sub>۲</sub> (g)	-۸۹۰	CH <sub>۴</sub> (g)
-۱۹۲۸	C <sub>۲</sub> H <sub>۶</sub> (g)	-۱۵۶۰	C <sub>۲</sub> H <sub>۶</sub> (g)
-۷۲۶	CH <sub>۳</sub> OH(l)	-۱۴۱۰	C <sub>۲</sub> H <sub>۵</sub> (g)
-۱۳۶۸	C <sub>۲</sub> H <sub>۵</sub> OH(l)	-۲۰۵۸	C <sub>۲</sub> H <sub>۶</sub> (g)

۱- اگر جسم با اکسیژن سریع واکنش دهد و نور و گرما تولید شود به واکنش انجام شده «سوختن» گویند اما اگر این واکنش آهسته باشد و فقط گرما آزاد شود، «اکسایش» گویند.  $\Delta\text{H}$  هردو واکنش برای یک جسم یکسان است البته به شرطی که دما و فشار یکسان باشد.

۲- در اثر سوختن کامل هیدروکربن‌ها، CO<sub>2</sub> و H<sub>2</sub>O و در اثر سوختن ناقص CO و H<sub>2</sub>O تولید می‌شود. چنانچه واژه کامل یا ناقص بیان نشود، مدنظر سوختن کامل است (اکسیژن به اندازه کافی در دسترس واکنش دهنده‌ها بوده است).

۳- آنتالپی واکنش سوختن را اصولاً در فشار ۱ اتمسفر و دمای  $25^\circ\text{C}$  اندازه‌گیری می‌کنند. در نتیجه حالت فیزیکی H<sub>2</sub>O را در واکنش مایع (L) در نظر می‌گیریم.

۴- در  $\Delta\text{H}$  سوختن (آنتالپی سوختن) برخلاف ارزش سوختی، علامت منفی نیز لحاظ می‌شود.

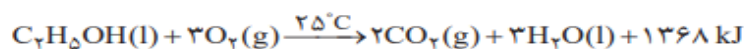
۵- رابطه آنتالپی سوختن و ارزش سوختی یک جسم: **(جرم مولی × ارزش سوختی) = -  $\Delta\text{H}$  سوختن**

۶- همانند همه واکنش‌های گرماده، در مورد واکنش سوختن نیز  $\Delta\text{H}$  سوختن (آنتالپی سوختن) عددی منفی است اما زمانیکه از واژه «گرمای حاصل از سوختن» یا «انرژی آزاد شده از سوختن» صحبت می‌شود، فقط کفایت مقدار عددی انرژی آزاد شده بیان شود و ذکر علامت منفی اشتباه است.

**خود را بیازمایید**

۱- با توجه به جدول ۶ آنتالپی سوختن پروپان (C<sub>۳</sub>H<sub>۸</sub>) و ۱- بوتن (C<sub>۴</sub>H<sub>۸</sub>) را پیش‌بینی کرده سپس با مراجعه به منابع علمی معتبر درستی پیش‌بینی خود را بررسی کنید.

۲- با توجه به معادله واکنش سوختن کامل اتان و اتانول به پرسش‌های مطرح‌شده پاسخ دهید.



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

ب) جرم CO<sub>2</sub> حاصل از سوختن یک گرم از هریک را محاسبه و با یکدیگر مقایسه کنید.

پ) توضیح دهید چرا اتانول سوخت سبز<sup>۱</sup> به شمار می‌رود؟

مقایسه گرمای آزاد شده از سوختن هیدروکربن‌ها و ترکیبات آلی

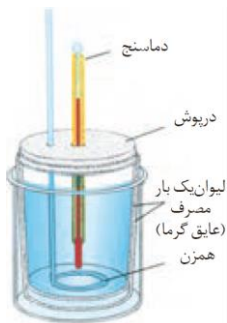
- ۱- هر چه مقدار (جرم) یک هیدروکربن  $\uparrow$  ← گرمای حاصل از سوختن (kJ)  $\uparrow$   
 مثال: از نظر گرمای آزاد شده در اثر سوختن  $10\text{g CH}_4 > 7\text{g C}_2\text{H}_6 > 5\text{g C}_2\text{H}_2$   
 ۲- طبق مطلب بالا می‌توان گفت:  
 هرچه جرم مولی هیدروکربن  $\uparrow$  ← آنتالپی سوختن ( $\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ ) عددی منفی‌تر  
 مثال: از نظر قدر مطلق آنتالپی سوختن  $\text{C}_2\text{H}_6 > \text{C}_2\text{H}_2 > \text{CH}_4$  ( $\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ )  
 ۳- در صورت تعداد کربن برابر یک آلکان و یک الکل:  
 آنتالپی سوختن آلکان ( $\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ ) منفی‌تر از آنتالپی سوختن الکل هم کربن  
 مثال: گرمای آزاد شده از سوختن ۱ مول:  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} < \text{C}_2\text{H}_6$   
 ۴- در اعضای یک خانواده ترکیبات آلی:  
 تعداد کربن  $\uparrow$  ← آنتالپی سوختن عددی منفی‌تر  
 مثال: گرمای حاصل از سوختن ۱ مول:  $\text{C}_3\text{H}_8\text{OH} > \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} > \text{CH}_3\text{OH}$

- تست ۱:** کدام گزینه در مورد گرمای آزاد شده در اثر سوختن مواد آلی زیر نادرست است؟ (C=۱۲، H=۱)
- (۱) دو مول متان > نیم مول بوتن  
 (۲) یک مول اتانول < یک مول متانول  
 (۳) ۱۰ گرم بوتین < ۸ گرم بوتن  
 (۴) یک مول پروپان < یک مول پروپانول

- تست ۲:** اگر آنتالپی سوختن متان و پروپان به ترتیب ۸۹۰- و ۲۲۲۰- کیلو ژول بر مول باشد، با انرژی آزاد شده در اثر سوختن ۲۰/۲ گرم بوتان با بازده ۸۰٪ چند گرم کلسیم کربنات تجزیه می‌شود؟  
 $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) \quad \Delta H = +175 \text{ KJ} \quad (\text{Ca}=40, \text{C}=12, \text{H}=1, \text{O}=16)$
- (۱) ۷۷/۲      (۲) ۷۷/۲      (۳) ۴۶/۱۶      (۴) ۴۶/۱۶

- تست ۳:** نمونه‌ای از آلکان در اکسیژن کافی سوزانده شده و ۱۷/۶ گرم  $\text{CO}_2$  و ۱۰/۸ گرم  $\text{H}_2\text{O}$  و ۳۱۳ KJ انرژی آزاد شده است.  $\Delta H$  سوختن این هیدروکربن چند  $\frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$  است؟ (C=۱۲، H=۱، O=۱۶)
- (۱) -۷۸۰      (۲) +۷۸۰      (۳) -۱۵۶۰      (۴) +۱۵۶۰

بدست آوردن  $\Delta H$  واکنش به کمک گرماسنج لیوانی



- ۱- گرماسنج لیوانی شامل یک ظرف پلاستیکی ، دماسنج ، هم زن و مقداری آب است که  $\Delta H$  واکنش را می توان به کمک آن به روش مستقیم ( تجربی) به دست آورد.
- ۲- واکنش انجام شده در آن در فشار ثابت انجام می شود، بنابراین  $\Delta H$  به دست می آید.
- ۳- این نوع گرماسنج برای اندازه گیری واکنش هایی که مواد گازی در واکنش دهنده ها و فرآورده ها وجود ندارند مناسب است، به خصوص از این گرماسنج برای محاسبه  $\Delta H$  واکنش هایی که در حالت محلول انجام می شوند استفاده می کنند.

روش کار: قبل از اضافه کردن واکنش دهنده ها، جرم آب گرماسنج ( $m$ ) و دمای آن ( $\theta_1$ ) اندازه گیری می شود و بعد از اضافه شدن واکنش دهنده ها و اتمام واکنش دمای آب را مجدداً اندازه گیری کرده ( $\theta_2$ ) و با استفاده از رابطه  $Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$  مقدار گرمایی که گرماسنج جذب یا آزاد کرده محاسبه می شود. گرمای واکنش انجام شده قرینه  $Q$  خواهد بود.

**تست ۱:**  $8/4$  گرم پتاسیم هیدروکسید ( $M=56 \frac{g}{mol}$ ) به  $150$  گرم آب درون گرماسنج اضافه شده است. اگر دمای اولیه همه مواد  $25^\circ C$  و گرمای ویژه آب و  $KOH$  به ترتیب  $4/2$  و  $1$  ژول بر گرم درجه سلسیوس و دمای پایانی سامانه  $40^\circ C$  باشد ،  $\Delta H$  انحلال  $KOH$  چند  $\frac{kJ}{mol}$  است؟ (ریاضی ۹۳)

۷۵(۴)
۶۴(۳)
۵۶(۲)
۶۰(۱)

**تست ۲:** اگر  $50 mL$  محلول  $NaOH$  با غلظت معین با  $150 mL$  محلول  $0/1$  مولار  $H_2SO_4$  در دمای  $25^\circ C$  درون یک گرماسنج با همین دما به طور کامل واکنش دهد و دمای پایانی  $30^\circ C$  باشد،  $\Delta H$  واکنش انجام شده چند  $KJ$  است؟ ( $C_{H_2O} = 4/2 \frac{J}{g \cdot C}$  و چگالی همه محلول  $1 \frac{g}{mL}$  فرض شود) (ریاضی ۹۵)

$2NaOH + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$

-۲۸۰(۴)
+۲۸۰(۳)
-۱۴۰(۲)
+۱۴۰(۱)

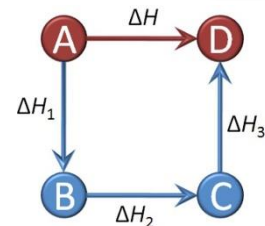
معادله ترموشیمیایی: چنانچه در یک واکنش شیمیایی مقدار عددی  $\Delta H$  نیز آورده شود، به آن معادله ترموشیمیایی واکنش می گویند:

$H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl + 184KJ$



به دست آوردن  $\Delta H$  یک واکنش از قانون جمع پذیری گرمای واکنش‌ها (قانون هس)

تعریف: اگر معادله یک واکنش از جمع دو یا چند واکنش دیگر به دست آید،  $\Delta H$  واکنش موردنظر (مبنا) نیز جمع جبری  $\Delta H$  همان واکنش‌ها خواهد بود.



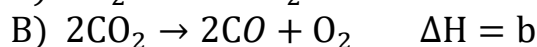
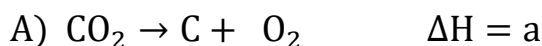
مثال ۱:

تبدیل جمع واکنش‌ها به واکنش مبنا:

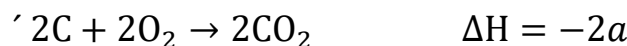
از اولین جسم واکنش مبنا شروع می‌کنیم. اگر این ماده فقط در

یکی از واکنش‌های دیگر آمده باشد، وضعیت آن واکنش را مشخص می‌کنیم. سپس سراغ دومین جسم واکنش مبنا رفته و به همین شکل وضعیت واکنش(های) دیگر را مشخص می‌نماییم.

مثال ۲: با توجه به دو واکنش زیر،  $\Delta H$  واکنش  $2C + O_2 \rightarrow 2CO$  را محاسبه کنید:



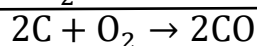
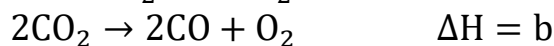
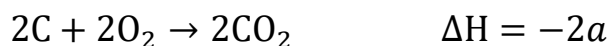
راه حل: اولین ماده واکنش مبنا C است که فقط در واکنش A آمده، پس باید واکنش A را عکس و ضرایب را ضربدر ۲ کرد تا بتواند ۲C را در سمت راست تامین کند، بنابراین  $\Delta H$  واکنش A نیز ضربدر (-۲) می‌شود:



حال سراغ دومین جسم واکنش مبنا یعنی  $O_2$  می‌رویم. چون  $O_2$  در هر دو واکنش دیگر وجود دارد بهتر است از آن کمک نگرفته و سراغ ماده دیگر یعنی CO برویم که فقط در واکنش B آمده است. بنابراین واکنش B



دو واکنش A' و B' را جمع می‌کنیم تا مطمئن شویم جمع آن‌ها واکنش مبنا می‌شود:



بنابراین طبق قانون هس  $\Delta H$  واکنش مبنا خواهد بود:  $-2a+b$

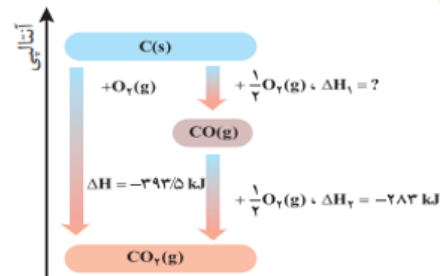
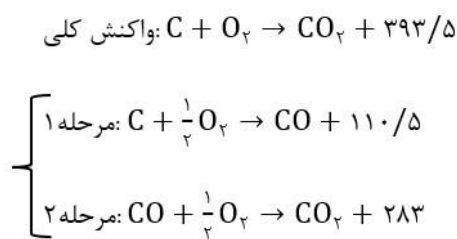
تست ۱: کدام گزینه نادرست است؟

- ۱) گازهای NO و CO خارج شده از خودروها، آلاینده هواگره محسوب می شوند.
- ۲)  $\Delta H$  واکنش  $C + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow CO$  را به روش گرماسنجی می توان حساب کرد.
- ۳)  $N_2H_4$  یا هیدرازین ماده‌ای پرانرژی است که به عنوان سوخت موشک کاربرد دارد.
- ۴) واکنش تولید آمونیاک به روش هابر در دو مرحله انجام می شود.

### واکنش های یک مرحله‌ای و چند مرحله‌ای

واکنشی مانند ترمیت از برخورد مستقیم واکنش دهنده‌ها، فرآورده‌ها تولید می شوند این واکنش ها را «یک مرحله‌ای» گویند.

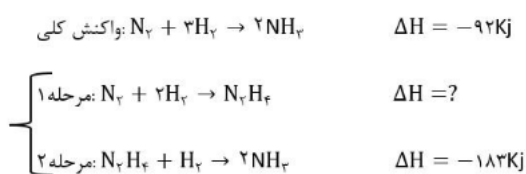
اما واکنش های زیادی نیز وجود دارند که در دو یا چند مرحله انجام می شوند. به عنوان مثال سوختن کامل گرافیت در دو مرحله انجام می شود که واکنش های ترموشیمیایی آن به شکل زیر است:



نکته ۱: در واکنش های دو یا چند مرحله‌ای، واکنش کلی از جمع مراحل دیگر به دست می آید.

نکته ۲: در واکنش های دو یا چند مرحله‌ای،  $\Delta H$  واکنش کلی نیز جمع جبری  $\Delta H$  مراحل دیگر است (قانون هس)  
 نکته ۳: در واکنش های دو مرحله‌ای،  $\Delta H$  مرحله ۱ را نمی توان به روش مستقیم (تجربی) به دست آورد. زیرا فرآورده مرحله ۱ به سرعت وارد مرحله ۲ شده و در نتیجه به روش گرماسنجی نمی توان صرفاً گرمای مرحله ۱ را به دست آورد. در نتیجه برای به دست آوردن  $\Delta H$  مرحله ۱ از روش های غیر مستقیم مانند قانون هس یا آنتالپی پیوند استفاده می شود.

مثال ۱: تولید آمونیاک به روش هابر در ۲ مرحله انجام می شود:



$N_2H_4$  یا هیدرازین ماده‌ای پرانرژی است که به عنوان سوخت موشک استفاده می شود.

بنابراین واکنش مرحله ۱ که ذکر شده را نمی توان به روش تجربی انجام داد و اجباراً  $\Delta H$  آن ها را به روش غیر مستقیم مجاسبه می کنند. دو مثال دیگر:

مثال ۲: واکنش  $H_2 + O_2 \rightarrow H_2O_2$  از واکنش  $H_2$  و  $O_2$  در عمل  $H_2O$  تولید می‌شود نه  $H_2O_2$ . زیرا  $H_2O$  پایدارتر از  $H_2O_2$  است. بنابراین  $\Delta H$  این واکنش نیز از روش های غیرمستقیم محاسبه می‌شود. ( $H_2O_2$  یا آب اکسیژنه یا هیدروژن پر اکسید که محلول رقیق آن به عنوان ضدغفونی کننده و خاصیت رنگ بری و لکه بری استفاده می‌شود).

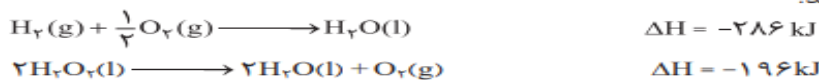
مثال ۳: واکنش  $C(s) + 2H_2(g) \rightarrow CH_4(g)$  گرافیت : چون تامین شرایط انجام این واکنش در آزمایشگاه بسیار دشوارتر است، بنابراین  $\Delta H$  این واکنش نیز به روش تجربی (مستقیم) قابل محاسبه نیست. ( $CH_4$  یا گاز مرداب: ساده ترین هیدروکربن بوده که بخش عمده گاز شهری را تشکیل می‌دهد. این گاز از تجزیه گیاهان در زیر آب به وسیله باکتری‌های بی هوازی نیز تولید می‌شود).

### جمع بندی

$\Delta H$  بسیاری از واکنش ها را نمی توان به روش مستقیم (گرماسنجی) محاسبه کرد. زیرا برخی واکنش ها، مرحله‌ای از یک واکنش چند مرحله‌ای هستند که امکان انجام آن مرحله به تنهایی نیست. همچنین واکنش های زیادی هستند که تامین شرایط بهینه برای انجام آن ها بسیار دشوار است. در این موارد  $\Delta H$  واکنش موردنظر را به روش غیرمستقیم (غیرتجربی) به کمک آنتالپی پیوندها یا قانون هس محاسبه می‌کنند.

### خود را بیازمایید

۱- هیدروژن پراکسید ( $H_2O_2$ ) ماده‌ای است که با نام تجاری آب اکسیژنه به فروش می‌رسد. الف) با استفاده از واکنش های زیر، آنتالپی واکنش  $H_2(g) + O_2(g) \rightarrow H_2O_2(l)$  را حساب کنید.

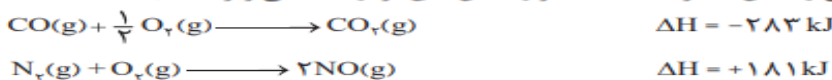


ب) توضیح دهید چرا تهیه این ماده از واکنش مستقیم گاز هیدروژن با اکسیژن ممکن نیست؟

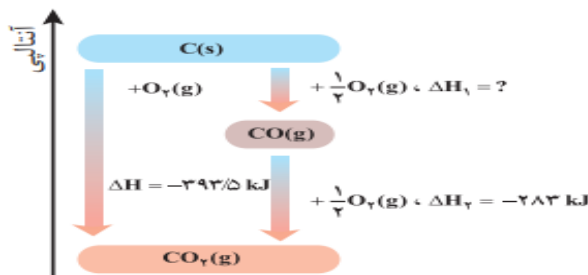
۲- در شیمی ۱ آموختید که گازهای آلاینده مانند  $NO$  و  $CO$  از آگروز خودروها به هوا کره وارد می‌شوند. شیمی دان‌های هوا کره انجام واکنش زیر را برای تبدیل این آلاینده‌ها به گازهایی پایدارتر و با آلاینده‌گی کمتر، طراحی کرده‌اند.



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



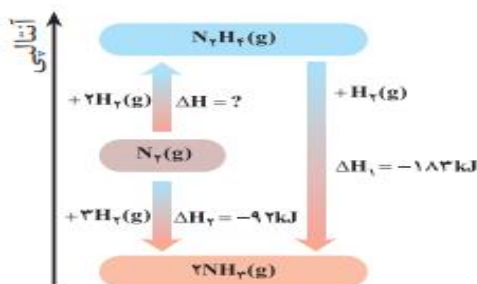
۳- واکنش سوختن کامل گرافیت را می‌توان مجموعه‌ای از دو واکنش پی‌درپی مطابق نمودار زیر دانست.



الف) شواهد نشان می‌دهد که  $\Delta H$  واکنش تولید  $CO(g)$  را نمی‌توان به روش تجربی تعیین کرد. درباره علت آن گفت و گو کنید.

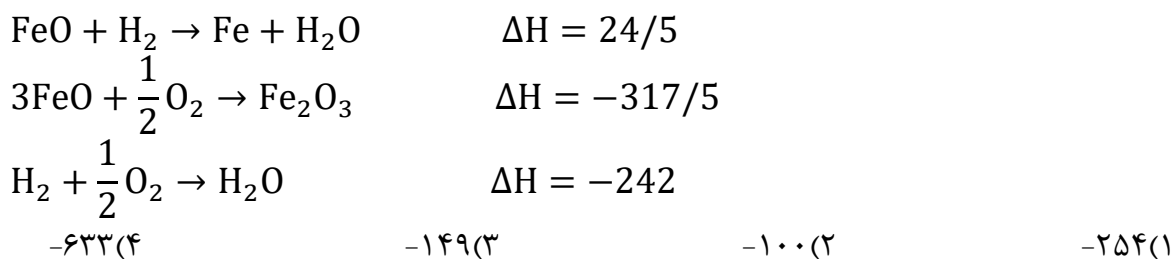
ب)  $\Delta H$  واکنش تولید  $CO(g)$  را از گرافیت و گاز اکسیژن حساب کنید.

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



الف) در شرایط یکسان، هیدرازین پایدارتر است یا آمونیاک؟ چرا؟  
ب) آنتالپی واکنش تولید هیدرازین را حساب کنید.

تست ۱: آنتالپی واکنش  $3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + 4\text{H}_2$  چند KJ است؟



تست ۲: با توجه به واکنش های زیر:

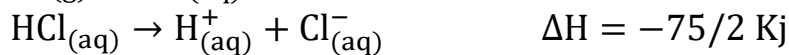
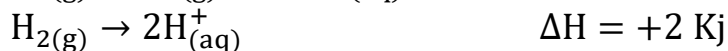
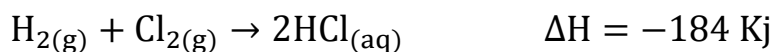


با گرمای آزاد شده ضمن تشکیل یک مول D در واکنش  $2A + 4E \rightarrow 2C + 3D$  چند گرم آب ۳۰ را می

توان به جوش آورد؟ ( $C_{\text{H}_2\text{O}} = 4/2 \frac{\text{J}}{\text{g}\cdot\text{C}}$ )



تست ۳: با توجه به واکنش های زیر:



$\Delta H$  واکنش تبدیل  $\text{Cl}^-(\text{aq})$  به  $\frac{1}{2}\text{Cl}_2(\text{g})$  چند KJ است؟ (ریاضی ۱۴۰۱)

-۱۶۸/۲(۴)

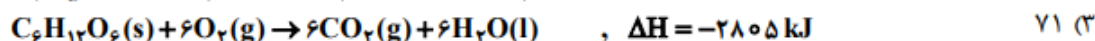
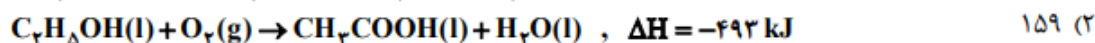
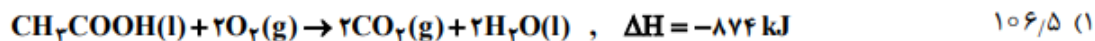
+۱۶۸/۲(۳)

-۱۶۷/۵(۲)

+۱۶۷/۵(۱)

تست ۴: (تجربی تیر ۱۴۰۳)

بر پایه واکنش های گرمایشیایی داده شده، تهیه یک مول اتانول از تخمیر گلوکز (به حالت جامد)، چند کیلوژول انرژی آزاد می کند؟ (گاز کربن دی اکسید، فراورده دیگر واکنش است.)



35/5 (۴)

## سینتیک شیمیایی



## Chemical Kinetics

**تعریف:** سینتیک شیمیایی شاخه ای از علم شیمی است که به بررسی چگونگی انجام واکنش ها و آهنگ (سرعت) تغییر شیمیایی در واکنش ها و عوامل موثر در این آهنگ می پردازد.

➤ **شروط انجام واکنش :**

الف) برخورد بین واکنش دهنده ها

ب) برخورد در راستای مناسب واکنش دهنده ها

پ) انرژی کافی برای شکستن پیوندهای واکنش دهنده ها (انرژی فعال سازی یا  $E_a$ ، حداقل انرژی لازم برای انجام یک واکنش را بیان می کند)



ب) افزودن محلول سدیم کلرید به محلول نقره نیترات باعث تشکیل سریع رسوب سفیدرنگ نقره کلرید می شود.



الف) انفجار، واکنش شیمیایی بسیار سریعی است که در آن مقدار کمی ماده منفجر شونده به حالت جامد یا مایع، حجم زیادی از گازهای داغ تولید می شود.



ت) بسیاری از کتاب های قدیمی در گذر زمان زرد و پوسیده می شود. این پدیده نشان می دهد که واکنش تجزیه سلولز کاغذ بسیار کند رخ می دهد.

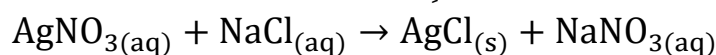


پ) اشیای آهنی در هوای مرطوب به کندی زنگ می زنند. زنگار تولید شده در این واکنش ترد و شکننده است و فرو می ریزد.

➤ **تفاوت در سرعت واکنش ها:**

**بسیار سریع:** به عنوان مثال «انفجار» یک واکنش شیمیایی گرماده ی بسیار سریع است که در آن مقدار کمی از یک ماده منفجر شونده به حالت جامد یا مایع، حجم زیادی گازهای داغ تولید می کند.

**سریع:** مانند تولید رسوب سفید رنگ نقره کلرید از دو محلول بی رنگ زیر:



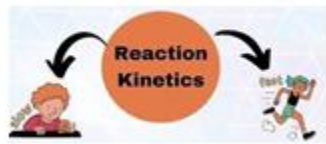
**کند:** مانند زنگ زدن اشیای آهنی در هوای مرطوب، (زنگار تولید شده ترد و شکننده بوده و فرو می ریزد)

**بسیار کند:** مانند پوسیده شدن و زرد شدن ورق های کتاب به دلیل تجزیه بسیار کند سلولز کاغذ.

## عوامل موثر بر سرعت یک واکنش

**(I) نوع واکنش دهنده ها (ماهیت):**

هر چه واکنش پذیری واکنش دهنده ها (فعالیت شیمیایی) بیشتر باشد، سرعت واکنش بیشتر است



۱- پتاسیم و سدیم (گروه قلیایی) با آب سرد به سرعت واکنش می دهند اما سرعت واکنش پتاسیم بیشتر است، (در گروه های ۱ و ۲ و ۱۳ واکنش پذیری فلزات از بالا به پایین افزایش می یابد)

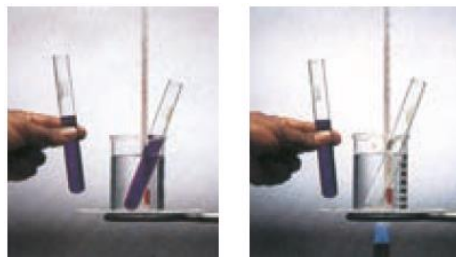
۲- در گروه ۱۷ واکنش پذیری از بالا به پایین کاهش می یابد.

**نکته ۱:** ماهیت یا به عبارتی طبیعت واکنش دهنده ها، مهم ترین عامل موثر در سرعت یک واکنش می باشد.

**نکته ۲:** ماهیت (نوع) واکنش دهنده ها به عنوان متغیر برای تغییر سرعت یک واکنش مطرح نمی باشد.

**(II) دما:**

با سرعت هر واکنشی رابطه مستقیم دارد چه گرماگیر و چه گرماده. با افزایش دما جنبش ذرات افزایش یافته و احتمال برخورد ذرات افزایش می یابد و برعکس



۱- محلول بنفش رنگ پتاسیم پرمنگنات ( $KMnO_4$ ) با یک اسید آلی در دمای اتاق به کندی واکنش می دهد اما با گرم شدن محلول به شدت بی رنگ می شود (سریع واکنش می دهد)

۲- برای نگهداری طولانی مدت مواد غذایی آنها را به حالت منجمد و یا در دمای پایین نگهداری می کنند.

**(III) غلظت واکنش دهنده ها :**

افزایش غلظت واکنش دهنده ها با سرعت واکنش رابطه مستقیم دارد.

با افزایش غلظت واکنش دهنده (های) گازی (g) و محلول (aq) تعداد برخورد میان واکنش دهنده افزایش یافته و سرعت واکنش افزایش می یابد و برعکس.



۱- الیاف آهن داغ و سرخ شده در هوا نمی سوزد (۲۱٪ هوا گاز اکسیژن است) اما در یک ارلن پر از اکسیژن می سوزد (۱۰۰٪ اکسیژن)

۲- برای نگه داری سالم برخی خوراکی ها، هوای درون ظرف را خالی کرده و سپس بسته بندی می کنند تا با کاهش غلظت اکسیژن سرعت فساد مواد غذایی کاهش یابد.

۳- برای افزایش سرعت اکسیژن رسانی به بیمارانی که مشکلات تنفسی دارند، از تنفس با کپسول گاز اکسیژن خالص استفاده شود.

#### IV فشار (حجم):

اگر یک یا همه واکنش دهنده (ها) گازی باشند، با تغییر فشار، غلظت گاز(ها) تغییر کرده و سرعت واکنش تغییر می کند.

یادآوری: تغییر فشار فقط غلظت گاز را تغییر می دهد.

#### V سطح تماس:

هر چه سطح تماس واکنش دهنده ها بیشتر باشد، احتمال برخورد بیشتر شده و سرعت واکنش افزایش می یابد.

۱- شعله آتش، گرد آهن موجود در کپسول چینی را فقط داغ و سرخ می کند، در حالی که پاشیدن و پخش کردن گرد آهن روی شعله باعث سوختن آن می شود.



۲- قاووت که گرد مغزی از مغز آفتابگردان، پسته و . . . است، زودتر از مغز هر کدام از این خوراکی فاسد می شود.

۳- تراشه های چوب سریعتر از تکه های چوب می سوزند.

۴- اگر واکنش دهنده ها همگی گاز یا همگی محلول باشند،

آهنگ واکنش بیشتر از حالتی است که در دو حالت فیزیکی

مختلف باشند. زیرا اگر حالت فیزیکی متفاوت باشد، واکنش فقط در مرز میان این دو حالت انجام می شود.

#### VI کاتالیزگر:

کاتالیزگر ماده ای است که در واکنش شرکت می کند اما بدون آنکه مصرف شود باعث افزایش سرعت (آهنگ) واکنش می شود.

۱- محلول هیدروژن پراکسید یا آب اکسیژنه ( $H_2O_2$ )، در دمای اتاق به کندی تجزیه می شود اما با اضافه شدن دو قطره محلول یون  $I^-$  (مثلا KI) به عنوان کاتالیزگر سرعت به طور قابل توجهی افزایش می یابد:

۲- جبه قند آغشته به خاک باغچه سریع تر و آسان تر می سوزد. زیرا خاک باغچه کاتالیزگر مناسب برای واکنش را داراست.



۳- آنزیم ها در بدن نقش کاتالیزگر را دارا هستند. به

همین دلیل برخی افراد با مصرف کلم و حبوبات دچار

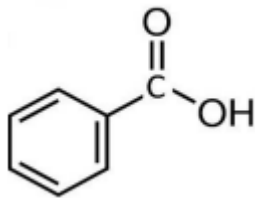
نفخ می شوند زیرا فاقد آنزیمی هستند که هضم این مواد

غذایی را تسریع می کنند.



## مواد نگهدارنده

**تعریف:** نگهدارنده ها موادی هستند که سرعت واکنش های شیمیایی را که منجر به فساد مواد غذایی می شوند را کاهش می دهند و در صنایع غذایی نیز به همین منظور کاربرد دارند.



۱- «بنزوئیک اسید» یک ماده نگهدارنده می باشد (کربوکسیلیک اسید آروماتیک)

۲- بنزوئیک اسید به طور طبیعی در تمشک و توت فرنگی نیز وجود دارد.

۳- ساده ترین کربوکسیلیک اسید : متانوئیک اسید یا فورمیک اسید (جوهر مورچه):  $\text{CH}_3 - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{O} - \text{H}$

۴- مشهورترین کربوکسیلیک اسید: اتانوئیک اسید یا استیک اسید (جوهر سرکه):  $\text{H} - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{O} - \text{H}$

**رادیکال ها:** گونه های پر انرژی و ناپایداری هستند که در ساختار خود الکترون جفت نشده دارند.

یعنی اکتت نیستند ( الکترون منفرد یا تنها) در نتیجه واکنش پذیری بسیار زیاد دارند. مثال:

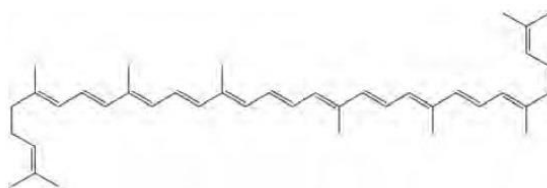


در بدن ما نیز به دلیل انجام شدن واکنش های شیمیایی، رادیکال هایی به وجود می آیند که اگر جذب نشوند می توانند با انجام واکنش های سریع به بافت های بدن آسیب برسانند. جذب رادیکال ها توسط مواد به نام «مواد بازدارنده» انجام می شود.

## مواد بازدارنده

**تعریف:** ریز مغذی هایی آلی و سیر نشده هستند که در مواد غذایی ای مانند سبزیجات و میوه ها وجود داشته و مصرف آنها سبب می شود که با رادیکال های تولیدی در بدن واکنش داده و باعث کاهش مقدار رادیکال ها شده و در نتیجه از سرعت واکنش های ناخواسته کاسته شده و احتمال بیماری هایی مانند سرطان کاهش می یابد.

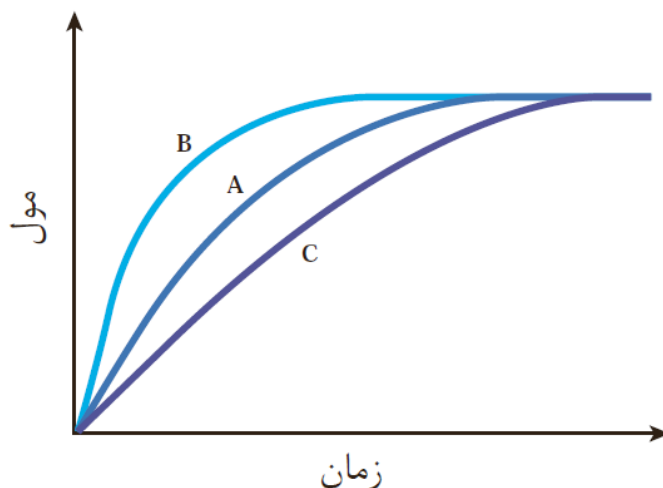
۱- یکی از بازدارنده ها که در هندوانه و گوجه فرنگی وجود دارد «لیکوپن» است که دارای ۱۳ پیوند دو گانه می باشد.



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

## خود را بیازمایید

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



**تست ۱:** سرعت واکنش  $Zn(s) + 2H^+(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + H_2(g)$  به اثر چه تعداد از تغییرات زیر کاهش می‌یابد؟

- استفاده از الیاف روی به جای گرد روی
- تغییر دما از  $50^{\circ}C$  به  $30^{\circ}C$
- استفاده براده روی به جای قطعات روی
- کاهش فشار
- اضافه کردن آب به ظرف واکنش
- کاهش غلظت  $H^+$

۳ (۱)                                      ۴ (۲)                                      ۵ (۳)                                      ۶ (۴)

**تست ۲:** چه تعداد از مطالب زیر درست است؟

- سرعت واکنش ۵۰۰ mL محلول ۰/۰۱ مولار  $FeCl_2$  با Na سریعتر از ۲۰۰ mL محلول ۰/۰۴ مولار آن است.
- شعله آتش، گرد آهن موجود در بوته چینی را می‌سوزاند.
- محلول هیدروژن پراکسید در دمای اتاق به کندی تجزیه می‌شود اما با اضافه شدن KCl سرعت تجزیه آن افزایش می‌یابد.
- الیاف آهن داغ و سرخ شده در هوا نمی‌سوزند.
- تغییر فشار در صورتی سرعت یک واکنش را تغییر می‌دهد که حداقل یک واکنش دهنده گازی باشد.

۰ (۱)                                      ۱ (۲)                                      ۲ (۳)                                      ۳ (۴)

## سرعت مصرف یا تولید یک ماده

**تعریف:** مقدار مول یا گرم یا حجم یا غلظت مصرف شده یا تولید شده‌ی ماده در واحد زمان را سرعت ماده مورد نظر می‌گویند.

۱- چون سرعت در شیمی همواره به شکل عددی مثبت بیان می‌شود، بنابراین در مورد واکنش دهنده‌ها که  $\Delta n$  و... منفی دارند، می‌بایست  $\Delta n$  و... آن‌ها ضربدر عددی منفی کرد.

$$\bar{R}_A = \frac{\pm \Delta n_A}{\Delta t}$$

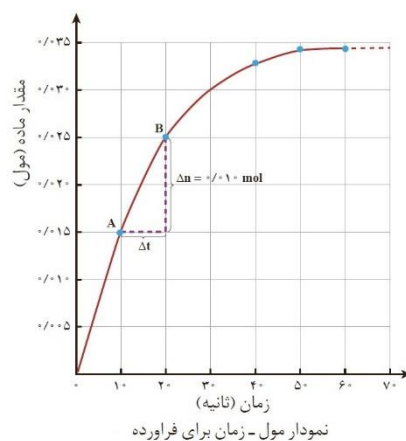
۲- سرعت متوسط ماده A بر حسب  $\frac{\text{mol}}{\text{زمان}}$  از رابطه زیر به دست می‌آید:

۳- سرعت متوسط ماده A بر حسب  $\frac{M}{\text{زمان}}$  و به عبارتی  $\frac{\text{mol}}{L \cdot \text{زمان}}$  از رابطه ی زیر به دست می‌آید:

$$\bar{R}_A = \frac{\pm \Delta M_A}{\Delta t}$$

و یا

$$\bar{R}_A = \frac{\pm \Delta [A]}{\Delta t}$$



**نکته:** چون غلظت مواد جامد و مایع ثابت است، در نتیجه سرعت آن‌ها فقط بر حسب  $\frac{\text{mol}}{\text{زمان}}$  بیان می‌شود.

مثال دانش‌آموزی درون یک محلول محتوی ۳٪ مول مس (II) سولفات، تیغه‌ای از جنس روی قرار داده است. شکل زیر پیشرفت واکنش Zn(s) با  $\text{CuSO}_4(\text{aq})$  را در این آزمایش نشان می‌دهد، با توجه به آن به پرسش‌ها پاسخ دهید



الف) واکنش‌پذیری فلز روی را با مس مقایسه کنید.

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

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

یادآوری:

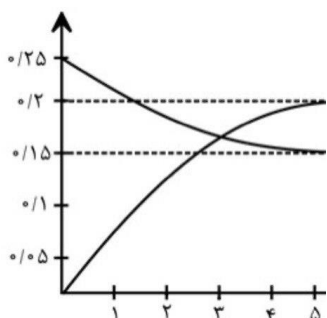
برای مواد شرکت کننده در یک واکنش با سه نوع مقدار سرو کار داریم:  
**مقدار اولیه:**  $n_1$  (مول اولیه) یا  $m_1$  (جرم اولیه) یا  $V_1$  (حجم اولیه برای گازها) و نیز  $M_1$  (غلظت مولی اولیه) که به شکل  $[ ]_1$  نیز نوشته می شود.

**تغییرات:**  $\Delta n$  یا  $\Delta m$  یا  $\Delta V$  یا  $\Delta M$  که به شکل  $[ ]$  نیز نوشته می شود.  
 در حقیقت تغییرات واکنش دهنده‌ها نشان دهنده مقدار مصرفی یا تجزیه شده آن‌ها و تغییرات فرآورده‌ها نشان دهنده مقدار تولیدی آن‌ها تا زمان مورد نظر است. بدیهی است تغییرات واکنش دهنده‌ها منفی و برای فرآورده‌ها مثبت خواهد بود.

**مقدار ثانویه:**  $n_2$ ،  $m_2$  یا  $V_2$  و نیز  $M_2$  که به شکل  $[ ]_2$  نیز نوشته می شود.  
 مقدار ثانویه در مورد واکنش دهنده‌ها یعنی مقدار باقی مانده و در مورد فرآورده‌ها به معنای مقدار تولیدی تا زمان مورد نظر می باشد.

بنابراین سرعت تولید یا مصرف یک ماده را می توان بر اساس تغییرات مول ، غلظت ، جرم و حجم (فشار) محاسبه کرد.

**مثال:** نمودار مول زمان و جدول تغییرات مول واکنش زیر از آغاز تا ثانیه ۵:  $N_2O_4 \rightarrow 2NO_2$



$N_2O_4 \rightarrow 2NO_2$		
$n_1$	۰/۲۵	۰
$\Delta n$	-۰/۱۰	-۰/۲۰
$n_2$	۰/۱۵	۰/۲

**مثال ۱:** در واکنش سدیم با اسید معده، مقدار فلز در مدت ۲۰ ثانیه از ۰/۶۹ گرم به ۰/۲۳ گرم رسیده است. سرعت مصرف آن چند مول بر ثانیه می باشد؟ ( $N_a = ۲۳$ )

**مثال ۲:** در واکنش تجزیه گاز  $NO_2$  در شرایط استاندارد، مقدار آن در دقیقه ۵ برابر ۴/۴۸ و در دقیقه ۱۵ برابر ۲/۲۴ لیتر است. سرعت آن را بر حسب لیتر بر دقیقه و مول بر دقیقه حساب کنید

**مثال ۳:** غلظت ماده ای در مدت ۲ دقیقه از ۰/۳۶ مول بر لیتر به ۰/۲۴ مول بر لیتر می رسد. سرعت مصرف آن را بر حسب مولار بر دقیقه و مولار بر ثانیه بدست آورید.

مثال: در تجزیه  $H_2O_2$  در ظرف ۳ لیتری، مقدار آن در پایان دقیقه سوم  $0.08$  مول و در پایان دقیقه پنجم  $0.02$  مول می باشد. سرعت مصرف آن بر حسب  $\frac{mol}{min}$  و نیز  $\frac{M}{L.min}$  را به دست آورید.

**نکته ۱:** دقت شود که  $L$  در مخرج یکای سرعت بیانگر سرعت مصرف یا تولید ماده در ۱ لیتر ظرف است به عبارتی تغییرات غلظت آن ماده را در واحد زمان نشان می دهد. در مثال بالا سرعت  $H_2O_2$  در کل ۳ لیتر برابر  $0.03$  می باشد، یعنی در کل سامانه و در هر دقیقه  $0.03$  مول  $H_2O_2$  تجزیه می شود. بدیهی است سرعت مصرف آن در هر ۱ لیتر سامانه  $\frac{1}{3}$  این مقدار یعنی برابر  $0.01 \frac{M}{L.min}$  یا  $0.01 \frac{mol}{L.min}$  می باشد.

**نکته ۲:** نماد  $L$  در صورت یکای سرعت بیانگر حجم گاز تولیدی یا مصرفی در واحد زمان است و کاملاً با مخرج یکا متفاوت است. اگر سرعت گازی  $\frac{5}{6} \frac{L}{min}$  باشد به این معناست که در کل ظرف و در هر دقیقه مقدار  $L$   $\frac{5}{6}$  گاز مصرف یا تولید می شود.

### تبدیل یکای سرعت با استوکیومتری واحدی

**مثال ۱:** سرعت تولید گاز اکسیژن در واکنشی برابر  $\frac{4}{48} \frac{L}{L.S}$  است. اگر شرایط STP باشد و حجم سامانه واکنش  $L$   $0.5$  باشد، سرعت تولید این گاز را بر حسب  $\frac{mol}{min}$  به دست آورید.

جواب:  $\frac{mol}{min} = \frac{4}{48} \frac{L}{L.S} \times 0.5L \times \frac{1mol}{22.4L} \times \frac{60s}{1min} = 6 \frac{mol}{min}$

**مثال ۲:** سرعت تولید گازی در شرایطی که حجم مولی  $\frac{L}{mol}$   $25$  است برابر  $0.1 \frac{L}{mol}$  می باشد. اگر حجم سامانه  $L$   $5$  باشد سرعت آن چند مولار بر دقیقه است؟

**تست ۱:** در واکنشی غلظت سولفوریک اسید در مدت ۵ ثانیه از  $0.5$  مولار به  $0.3$  مولار رسیده است. اگر حجم محلول  $L$   $0.1$  باشد، سرعت آن چند  $\frac{mol}{min}$  است و در مدت ۳۰ ثانیه چند مول از آن مصرف می شود.

$0.12 - 0.24(1)$   
 $0.002 - 0.004(3)$

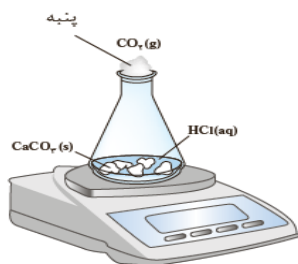
$0.02 - 0.04(2)$   
 $0.12 - 0.24(3)$

**تست ۲:** در ظرفی به حجم ۲ لیتر تعداد مولکول های گازی  $SO_3$  در مدت ۱۰ ثانیه از  $1/204 \times 10^{22}$  به  $3/01 \times 10^{21}$  عدد می رسد. سرعت متوسط مصرف آن برابر چند  $\frac{mol}{L.min}$  می باشد؟

$0.36(4)$        $0.18(3)$        $0.09(2)$        $0.045(1)$

با هم بیندیشیم

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



جدول زیر، جرم مخلوط واکنش را برحسب زمان برای این آزمایش نشان می‌دهد. با توجه به داده‌های جدول، به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید:

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

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

ب) جدول را کامل کنید.

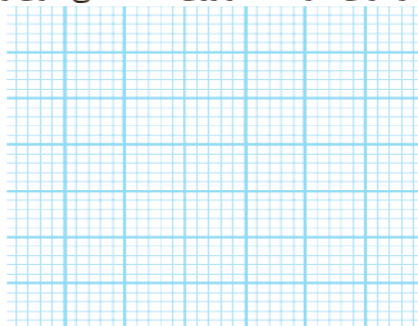
پ) با گذشت زمان جرم گاز آزاد شده چه تغییری می‌کند؟ چرا؟

ت) در چه زمانی واکنش به پایان می‌رسد؟ چرا؟

۲- جدول صفحه بعد را کامل کنید. ( $1 \text{ mol CO}_2 = 44 \text{ g}$ )

زمان (s)	$n(\text{CO}_2), (\text{mol})$	$\Delta n(\text{CO}_2), (\text{mol})$	$\bar{R}(\text{CO}_2) = \frac{\Delta n(\text{CO}_2)}{\Delta t}, (\text{mols}^{-1})$
۰	.....	.....	.....
۱۰	.....	.....	.....
۲۰	.....	.....	.....
۳۰	.....	.....	.....
۴۰	.....	.....	.....
۵۰	.....	.....	.....

۳- نمودار مول - زمان را برای گاز  $\text{CO}_2$  بر روی کاغذ میلی‌متری زیر رسم کنید.



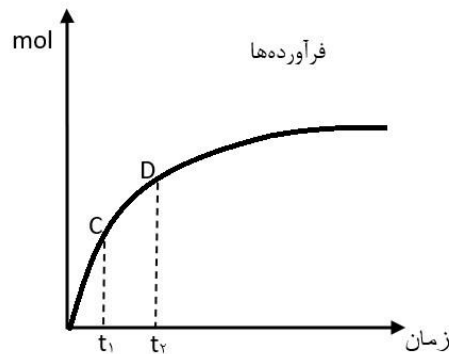
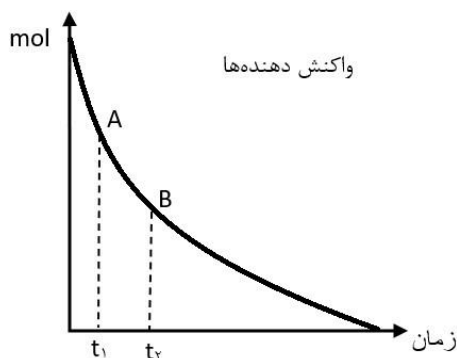
۴- سرعت متوسط تولید  $\text{CO}_2$  با گذشت زمان چه تغییری می‌کند؟ چرا؟

۵- آزمایش نشان می‌دهد که نمودار مول - زمان برای هر سه فراورده در واکنش

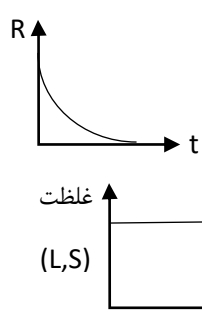
کلسیم کربنات با محلول هیدروکلریک اسید از هر لحاظ یکسان است. چرا؟

سرعت متوسط و شیب نمودار مول-زمان

- در یک واکنش به تدریج مقدار (مول، غلظت، جرم و حجم گازها) واکنش دهنده‌ها کاهش می‌یابد و اگر واکنش به طور کامل انجام شود مقدار آن‌ها به صفر می‌رسد.
- مقدار فرآورده‌ها نیز به تدریج افزایش یافته و با اتمام واکنش مقدار آن‌ها به ماکزیمم (بیشینه) می‌رسد.



- شیب نمودار مول-زمان یا غلظت-زمان نشان دهنده سرعت جسم است. با کاهش تدریجی غلظت واکنش دهنده‌ها، تعداد برخورد آن‌ها با یکدیگر کم شده و در نتیجه سرعت مصرف واکنش دهنده‌ها و در نتیجه تولید فرآورده‌ها کاهش می‌یابد. در نتیجه شیب نمودار کم می‌شود.
- در نمودارهای بالا قدرمطلق شیب خط A-B نشان دهنده سرعت متوسط مصرف واکنش دهنده در بازه زمانی  $\Delta t$  می‌باشد و همچنین شیب نمودار خط C-D نشان دهنده سرعت متوسط تولید فرآورده در بازه زمانی  $\Delta t$  می‌باشد.



۵- همانگونه که ذکر شد سرعت تولید یا مصرف مواد یک واکنش همواره کند شونده است.

۶- نمودار غلظت-زمان و مول-زمان گازها و مواد محلول و همچنین نمودار مول-زمان جامدات و مایعات به طور کلی به شکل نمودارهای ۲ می‌باشد، اما نمودار غلظت-زمان جامدات و مایعات خط موازی محور زمان خواهد بود. (زیرا غلظت جامدات و مایعات ثابت است)

**تست ۱:** کدام گزینه در مورد واکنش  $Ba(s) + 2H_2O(L) \rightarrow Ba(OH)_2(aq) + H_2(g)$  نادرست است؟

- شیب نمودار مول-زمان و نیز غلظت-زمان واکنش دهنده‌ها کند شونده است.
- برای دو ماده شرکت کننده در واکنش، سرعت با یکای  $mol \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$  نیز قابل بیان است.
- برای یکی از مواد شرکت کننده در واکنش سرعت با یکای  $L \cdot s^{-1}$  نیز قابل بیان است.
- سرعت همه مواد شرکت کننده با یکای  $mol \cdot s^{-1}$  قابل بیان بوده و در مورد همگی مقدار آن رو به کم شدن است.

- تست ۲: با توجه به واکنش  $Zn(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow ZnSO_4(aq) + Cu(s)$  و اینکه یون مس آبی رنگ و مابقی یون ها در حالت محلول بی رنگ هستند، کدام گزینه نادرست است؟
- ۱) به تدریج رنگ آبی محلول کم رنگ می شود.
  - ۲) اگر تعداد مول اولیه Zn بیشتر از  $CuSO_4$  باشد، در انتهای واکنش محلول کاملاً بی رنگ خواهد شد.
  - ۳) سرعت متوسط مصرف  $Zn(s)$  در بازه زمانی ۰ تا ۲۰ ثانیه بیشتر از ۰ تا ۱۰ ثانیه می باشد.
  - ۴) در نمودار غلظت-زمان  $ZnSO_4(aq)$ ، غلظت آن رو به افزایش اما شیب نمودار رو به کاهش است.

رابطه سرعت مواد شرکت کننده یک واکنش (رابطه سرعت‌ها)

۱- می دانیم که  $\Delta n$  یا  $\Delta M$  مواد شرکت کننده یک واکنش به نسبت ضریب استوکیومتری هر ماده است. به عنوان نمونه در واکنش  $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$  داریم:

$$\frac{-\Delta n_{N_2}}{1} = \frac{-\Delta n_{H_2}}{3} = \frac{\Delta n_{NH_3}}{2}$$

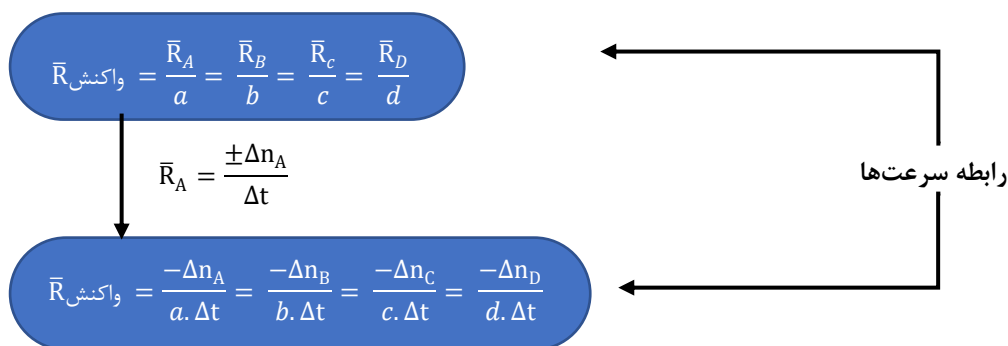
۲- چون  $\bar{R} = \frac{\pm \Delta n}{\Delta t}$  است، در نتیجه رابطه سرعت مواد واکنش فوق به شکل زیر است:

$$\frac{\bar{R}_{N_2}}{1} = \frac{\bar{R}_{H_2}}{3} = \frac{\bar{R}_{NH_3}}{2}$$

مثال: یکی از آلاینده‌های هوا که باعث تولید باران اسیدی می شود، گاز گوگرد تری اکسید است که مطابق واکنش زیر تولید می شود:  $2SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g)$

اگر در شرایط معین  $\bar{R}(O_2) = 0.1 \text{ mol s}^{-1}$  باشد،  $\bar{R}(SO_2)$  و  $\bar{R}(SO_3)$  را بر حسب  $\text{mol min}^{-1}$  حساب کنید

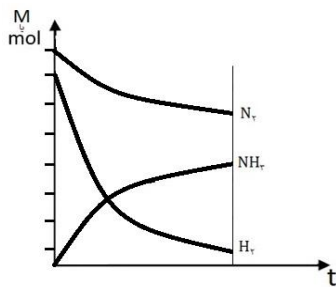
۳- بنابراین در واکنش فرضی  $aA + bB \rightarrow cC + dD$  داریم:



۴- در رابطه‌ی آخر به جای  $\Delta n$  مواد می توان  $[\ ]$  نیز بیان کرد.

۵- حاصل هر کسر در رابطه ی سرعت ها را «سرعت واکنش» می گویند، به عبارتی سرعت واکنش برابر با سرعت ماده ای است که ضریب آن ۱ می باشد.



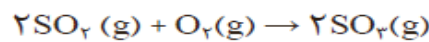


۶- بدیهی است شیب نمودار و  $\Delta n$  و  $\Delta [ ]$  مواد واکنش نیز به نسبت ضرایب می باشد، به عنوان مثال در واکنش گازی  $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$  :

خود را بیازمایید

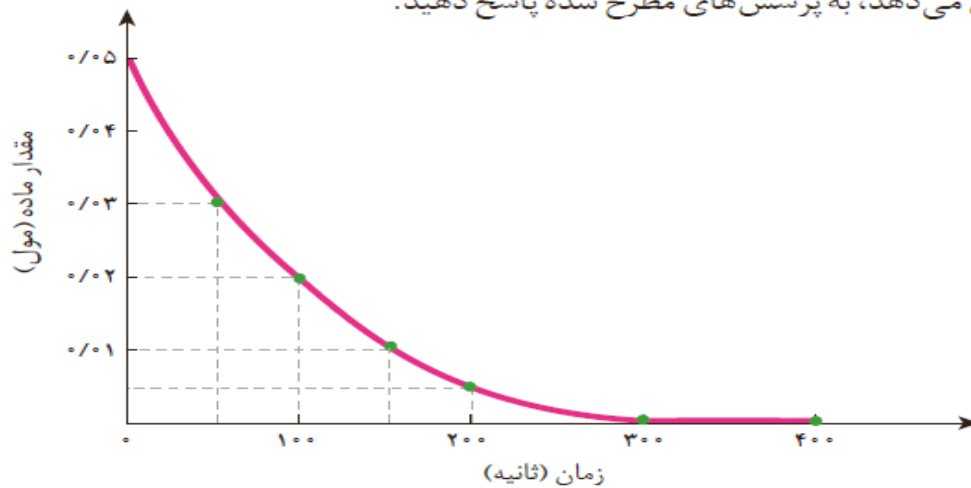
۱- در واکنش  $CaCO_3(s)$  با  $HCl(aq)$ ، چه رابطه‌ای بین سرعت متوسط مصرف این دو ماده وجود دارد؟ این رابطه را بنویسید.

۲- یکی از آلاینده‌های هوا که باعث تولید باران اسیدی می‌شود، گاز گوگرد تری‌اکسید است که مطابق واکنش زیر تولید می‌شود:



اگر در شرایط معین  $\bar{R}(O_2) = 0.01 \text{ mol s}^{-1}$  باشد،  $\bar{R}(SO_2)$  و  $\bar{R}(SO_3)$  را بر حسب  $\text{mol min}^{-1}$  حساب کنید.

۳- با توجه به نمودار زیر که تغییر مول‌های نوعی رنگ غذا در واکنش با یک محلول سفیدکننده را نشان می‌دهد، به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.



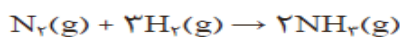
- الف) مول‌های واکنش‌دهنده (رنگ غذا) با گذشت زمان چه تغییری می‌کند؟ چرا؟
- ب) شیب نمودار مول - زمان چه علامتی دارد؟ چرا؟
- پ) توضیح دهید چرا علامت منفی در رابطه زیر نوشته می‌شود.

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

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

با هم بیندیشیم

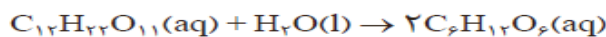
۱- سرعت متوسط تولید گاز آمونیاک در شرایط معینی بر اساس معادله واکنش زیر در گستره زمانی معینی برابر با  $4 \times 10^{-2} \text{ mols}^{-1}$  است.



- الف) سرعت متوسط مصرف  $\text{N}_2(\text{g})$  و  $\text{H}_2(\text{g})$  را در این گستره زمانی حساب کنید.  
 ب) سرعت متوسط تولید یا مصرف هر شرکت کننده را به ضریب استوکیومتری آن تقسیم کنید. از حاصل این تقسیم ها چه نتیجه ای می گیرید؟  
 پ) حاصل تقسیم در قسمت ب، سرعت واکنش نام دارد. برای این واکنش با استفاده از سرعت متوسط تولید یا مصرف مواد شرکت کننده، رابطه سرعت واکنش را بنویسید.  
 ت) ارتباط معادله شیمیایی موازنه شده واکنش را با رابطه زیر توضیح دهید.  
 ث) سرعت متوسط کدام ماده با سرعت واکنش برابر است؟ توضیح دهید.

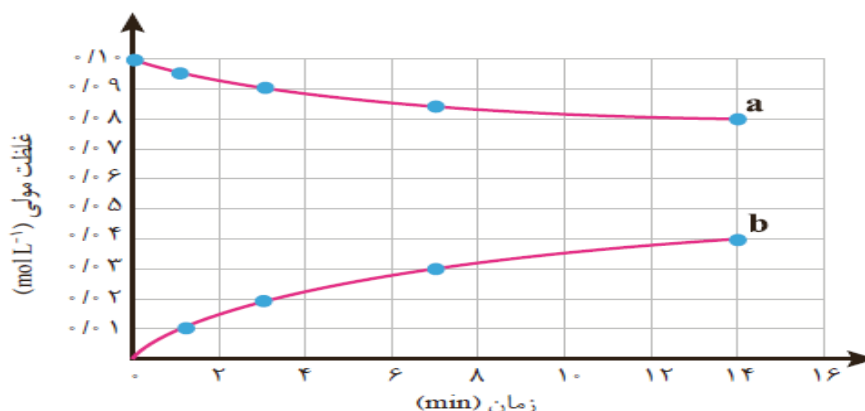
$$R(\text{واکنش}) = + \frac{\Delta n(\text{NH}_3)}{2\Delta t} = - \frac{\Delta n(\text{H}_2)}{3\Delta t} = - \frac{\Delta n(\text{N}_2)}{\Delta t}$$

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



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

زمان (دقیقه)					غلظت مولی ( $\text{mol L}^{-1}$ )
۱۴	۷	۳	۱	۰	
۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۱	۰	$[\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6]$
۰/۰۸	۰/۰۸۵	۰/۰۹	۰/۰۹۵	۰/۱۰	$[\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}]$

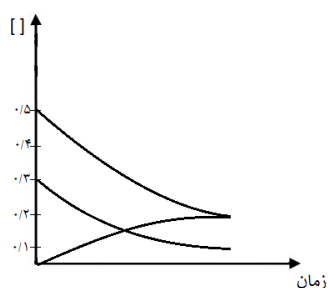
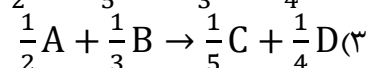
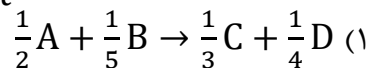
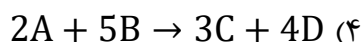
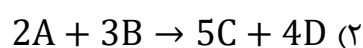


- الف) در سه دقیقه نخست، (گلوکز)  $\bar{R}$  و (مالتوز)  $\bar{R}$  را برحسب  $\text{mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$  حساب کنید.  
 ب) سرعت واکنش را در هفت دقیقه نخست و هفت دقیقه دوم حساب کنید. کدام یک بیشتر است؟ چرا؟  
 پ) هر یک از منحنی های a و b مربوط به کدام ماده شرکت کننده است؟ توضیح دهید.

۷- چنانچه  $\Delta n$  یا  $\Delta M$  مواد یک واکنش در یک بازه‌ی زمانی یکسان را تقسیم بر کوچکترین  $\Delta n$  یا  $\Delta M$  نماییم، ضرایب استوکیومتری هر یک به دست می‌آید.

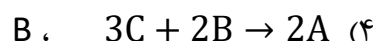
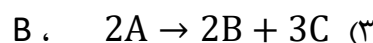
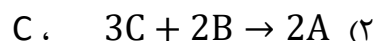
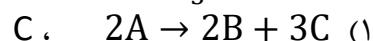
تست ۱: اگر بین مواد شرکت کننده یک واکنش رابطه زیر برقرار باشد، معادله واکنش کدام است؟

$$\frac{-\Delta[A]}{2. \Delta t} = \frac{-\Delta[B]}{3. \Delta t} = \frac{\Delta[C]}{5. \Delta t} = \frac{\Delta[D]}{4. \Delta t}$$



تست ۲: با توجه به نمودار غلظت زمان روبرو، معادله واکنش کدام است و

سرعت واکنش  $\frac{1}{3}$  سرعت کدام ماده است؟



تست ۳: با توجه به جدول مقابل، مقادیر a و b به ترتیب کدامند؟

۴ و ۱۶ (۱)      ۲ و ۲۱ (۲)

۴ و ۱۸ (۳)      ۵ و ۲۰ (۴)

زمان	[x]	[y]	[z]
۱۰s	۱۲	۱۲	۳
۲۰s	۸	a	۵
۳۰s	b	۲۶	۶/۵

تست ۴: با توجه به نمودار مقابل به تقریب چند ثانیه زمان لازم است تا ۱۵ لیتر گاز اکسیژن از تجزیه  $KClO_3$

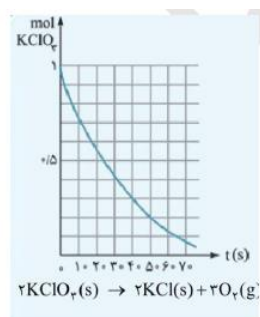
به دست آید. (چگالی گاز اکسیژن  $0.8 \frac{g}{L}$  و  $O = 16 \frac{g}{mol}$ )

۱۰ (۴)

۲۵ (۳)

۲۰ (۲)

۴۵ (۱)



تست ۵: جدول زیر تغییرات غلظت یکی از مواد واکنش زیر است که در ظرف در بسته ۲ لیتری انجام می شود. سرعت واکنش چند  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  می باشد؟



زمان (S)	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰
غلظت	۰/۰۹	۰/۱۳	۰/۱۵	۰/۱۵

- ۰/۲ (۱)  
۰/۴ (۲)  
۰/۱ (۳)  
۰/۰۵ (۴)

نکته: در صورتی که در سوال سرعت، بازه زمانی معینی بیان نشده باشد، منظور سرعت از شروع واکنش تا اتمام واکنش (زمانی که مقدار مواد شرکت کننده ثابت می ماند)، می باشد.

تست ۶: جدول زیر مربوط به انجام واکنش زیر در یک ظرف سر باز می باشد، چه تعداد از مطالب بیان شده درست اند؟

$$\text{CaCO}_3(\text{s}) + 2\text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{CaCl}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{L}) + \text{CO}_2(\text{g})$$

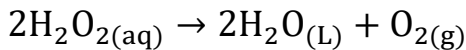
زمان (S)	۰	۲۰	۵۰	۶۰
جرم مخلوط (g)	۶۵/۹۸	۶۴/۸۸	۶۴/۵۰	۶۴/۵۰

- جرم  $\text{CO}_2$  تولیدی  $1/48$  گرم است.
- سرعت تولید  $\text{CO}_2$  برابر  $0/04$  مول بر دقیقه است.
- جرم مخلوط واکنش در ثانیه ۱۰ می تواند  $65/50$  گرم باشد.

- سرعت متوسط واکنش در ثانیه ۰ تا ۲۰ بیشتر از ثانیه ۲۰ تا ۵۰ می باشد.
- در نمودار غلظت-زمان مواد شرکت کننده، برای دو ماده خط صاف می باشد.

- ۱(۱)  
۲(۲)  
۳(۳)  
۴(۴)

تست ۷: واکنش تجزیه هیدروژن پراکسید با سرعت متوسط  $0/02 \frac{\text{mol}}{\text{s}}$  در حال انجام است. چند ثانیه طول می کشد تا در شرایطی که حجم مولی اکسیژن  $32 \frac{\text{L}}{\text{mol}}$  است، بادکنک گردی به شعاع  $20 \text{ cm}$  از آن پر شود؟ ( $\pi = 3$ )



- ۵۰(۱)  
۱۰۰(۲)  
۲۰۰(۳)  
۲۵۰(۴)

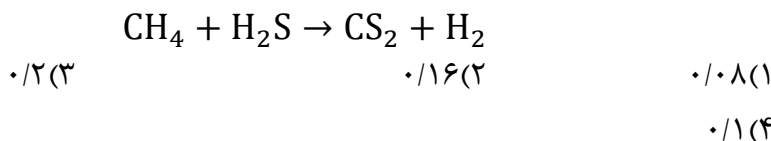
تست ۸: واکنش  $\text{AB}_3(\text{g}) \rightarrow \text{A}(\text{g}) + 3\text{B}(\text{g})$  به صورتی پیش می رود که در هر ساعت غلظت ماده اولیه نصف می شود. اگر غلظت ماده اولیه نصف می شود. اگر غلظت ماده اولیه ۱ مولار باشد، برای تجزیه  $93/75\%$  مولکول های  $\text{AB}_3$  چند ساعت زمان لازم است؟

- ۴(۱)  
۵(۲)  
۸(۳)  
۱۰(۴)

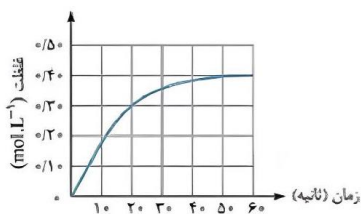
تست ۹: ۵ مول  $N_2O_5$  در یک ظرف ۲ لیتری بسته وارد می کنیم. اگر سرعت متوسط واکنش در ۳۰ ثانیه اول برابر  $0.8 \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  باشد، در انتهای ثانیه ۳۰ چند مول گاز در ظرف واکنش وجود دارد؟



تست ۱۰: در یک ظرف در بسته ۱/۲۵ لیتری، ۰/۲ مول گاز متان و ۰/۴ مول گاز هیدروژن سولفید واکنش می دهند. اگر پس از ۳۰ ثانیه، ۵۰ درصد حجمی گاز درون ظرف هیدروژن باشد، سرعت واکنش، چند مول بر لیتر بر دقیقه بوده است؟ (معادله موازنه شود) (همه مواد گازی می باشند) (تجربی ۱۴۰۲)

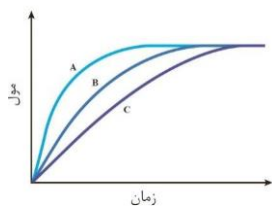


تست ۱۱: واکنش:  $2NO_2(g) \rightarrow 2NO(g) + O_2(g)$  در یک ظرف ۴ لیتری در حال انجام شدن است و نمودار زیر تغییرات غلظت مولی گاز اکسیژن را در طول انجام این واکنش نشان می دهد. با توجه به این نمودار، سرعت تولید گاز اکسیژن در طول ۲۰ ثانیه اول این واکنش برابر ..... مول بر ثانیه ایت و در پایان بیستم این واکنش ..... گرم گاز نیتروژن مونوکسید در این ظرف وجود دارد ( $O=16, N=14: \text{g.mol}^{-1}$ )



- |                |                |
|----------------|----------------|
| ۱۸ ، ۰/۰۱۵ (۲) | ۱۸ ، ۰/۰۶ (۱)  |
| ۷۲ ، ۰/۰۶ (۴)  | ۷۲ ، ۰/۰۱۵ (۳) |

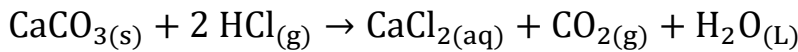
تست ۱۲: نمودار زیر مربوط به واکنش فرضی  $X(aq) \rightarrow Y(aq)$  می باشد. اگر حجم محلول X برابر ۰/۱ L و غلظت آن ۰/۵ مولار باشد نمودار B ایجاد می شود، چه تعداد از مطالب زیر نادرست است؟



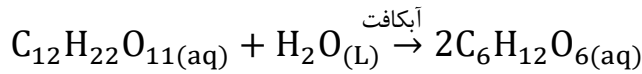
- نمودار C می تواند مربوط به استفاده از بازدارنده باشد.
- نمودار A می تواند مربوط به استفاده از کاتالیزگر باشد.
- نمودار C می تواند مربوط به استفاده از ۰/۵ لیتر محلول ۰/۱ مولار از X باشد.
- نمودار A می تواند مربوط به استفاده از ۰/۵ لیتر محلول ۱ مولار X باشد.
- هیچ یک از نمودارها نمی تواند متعلق به استفاده از ۰/۱ لیتر محلول ۱ مولار X باشد.

- |      |      |      |      |
|------|------|------|------|
| ۳(۴) | ۲(۳) | ۱(۲) | ۰(۱) |
|------|------|------|------|

واکنش کلسیم کربنات با محلول هیدروکلریک اسید:



تبدیل قند مالتوز (قند جوانه گندم) به گلوکز:



### غذا ، پسماند و ردپای آن

**تعریف ردپا:** ردپا میزان اثرگذاری سبک زندگی هر انسان روی محیط زیست را نشان می‌دهد.

نمونه ۱: ردپای کربن دی اکسید نشان می‌دهد در تولید یک محصول یا در اثر یک فعالیت، چه مقدار از این گاز تولید شده و وارد محیط زیست می‌شود.

نمونه ۲: ردپای آب بیانگر است که هر انسان چه میزان از آب در دسترس و قابل استفاده را مصرف می‌کند.

#### ردپای غذا:

ردپای غذا نیز همانند ردپای آب و کربن دی اکسید دارای دو چهره آشکار و پنهان است.

۱- سالانه حدود ۳۰٪ غذایی که در جهان فراهم می‌شود به مصرف نمی‌رسد و تبدیل به زباله می‌شود، در حالیکه به ازای هر ۷ نفر در جهان ۱ نفر گرسنه است.

۲- چهره پنهان ردپای غذا: همه منابعی است که در تهیه غذا از آغاز تا سر سفره سهم دارند ، مانند مدیریت تامین مواد اولیه ، انرژی ، فناوری و حمل و نقل و ... از طرفی تولید گازهای گلخانه‌ای به ویژه کربن دی اکسید در ردپای غذا به مراتب بیشتر از سوختن سوخت ها در خودرو و کارخانه و... است. به هر حال با افزایش جمعیت تقاضا برای غذا بیشتر شده و تامین آب ، انرژی ، مواد اولیه و زمین و... رو به افزایش بوده و ردپای غذا سنگین تر خواهد شد.

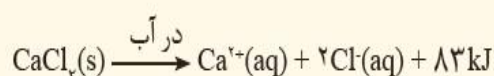
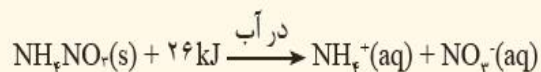
#### شیمی سبز و کاهش ردپای غذا:

می دانیم که هدف شیمی سبز بهبود کیفیت زندگی و هم زمان محافظت از طبیعت است طبق اصول شیمی سبز برای کاهش ردپای غذا می توان الگوهایی را رعایت کرد که طبق جدول زیر هر کدام همخوانی بیشتری با بیانی از این شاخه از علم شیمی دارند:

الگوی کاهش ردپای غذا	بیانی از اصل شیمی سبز
خرید به اندازه نیاز	کاهش تولید زباله و پسماند
کاهش مصرف گوشت و لبنیات	طراحی مواد و فرآورده‌های شیمیایی سالم تر
استفاده از غذاهای بومی و فصلی	کاهش مصرف انرژی
کاهش مصرف غذاهای فرآوری شده	کاهش ورود مواد شیمیایی ناخواسته به محیط زیست

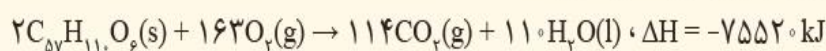
## تمرین های دوره ای

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



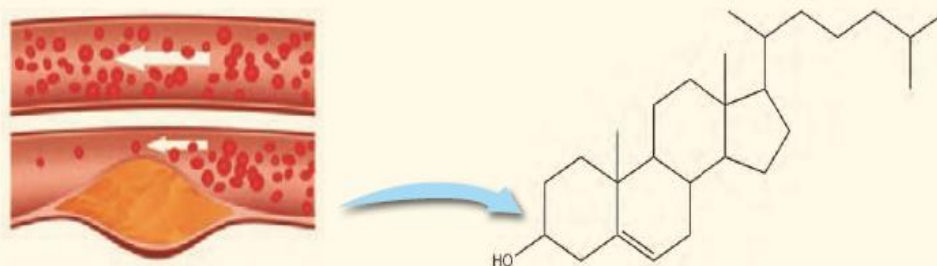
الف) کدام فرایند انحلال برای سرد کردن محل آسیب دیدگی مناسب است؟ چرا؟  
ب) از انحلال کامل ۲/۲۲ g کلسیم کلرید خشک در آب چند کیلوژول گرما آزاد می شود؟

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



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

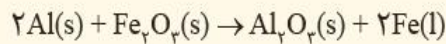
۳- کلسترول، یکی از مواد آلی موجود در غذاهای جانوری است که مقدار اضافی آن در دیواره رگ ها رسوب می کند، فرایندی که منجر به گرفتگی رگ ها و سکته می شود. با توجه به ساختار آن به پرسش های مطرح شده پاسخ دهید.



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

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

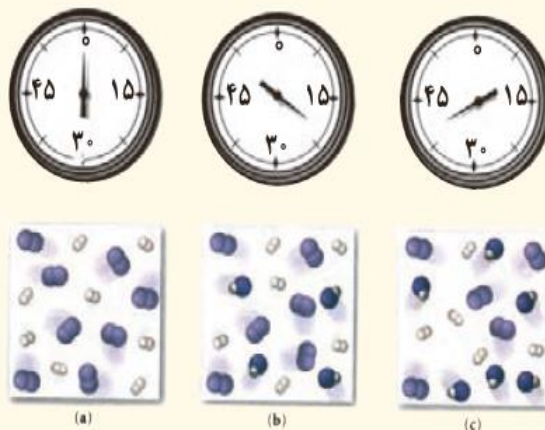
۴- از مصرف هر گرم آلومینیم در واکنش ترمیت،  $15/24 \text{ kJ}$  گرما آزاد می شود.



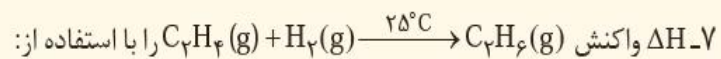
الف) این مقدار گرما، دمای صدگرم آب خالص را چند درجه سلسیوس افزایش می دهد؟  
ب)  $\Delta H$  واکنش ترمیت را حساب کنید.

۵- با توجه به واکنش ترموشیمیایی:  $\text{H}_2(g) + \text{I}_2(s) + 53 \text{ kJ} \rightarrow 2\text{HI}(g)$ ، آنتالپی واکنش  $\text{H}_2(g) + \text{I}_2(g) \rightarrow 2\text{HI}(g)$  را حساب کنید (راهنمایی: آنتالپی فرازش (تصعید)  $\text{I}_2$  را  $62/5 \text{ kJ mol}^{-1}$  در نظر بگیرید).

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



اگر هر ذره هم ارز با  $1/1$  مول از ماده و سامانه دو لیتری باشد، سرعت واکنش را پس از  $2^\circ$  دقیقه (b) و پس از  $4^\circ$  دقیقه (c) برحسب  $\text{mol L}^{-1}\text{h}^{-1}$  حساب و با یکدیگر مقایسه کنید.



الف) جدول ۲ و ۳ حساب کنید.

ب) آنتالپی سوختن اتن، اتان و هیدروژن که به ترتیب برابر با  $-141^\circ$ ،  $-156^\circ$  و  $-286^\circ$  کیلوژول بر مول است، حساب کنید.

پ)  $\Delta H$  محاسبه شده از کدام قسمت را برای یک گزارش علمی انتخاب می کنید؟ توضیح دهید.



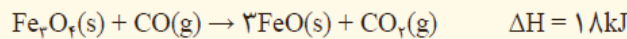
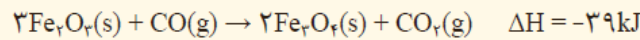
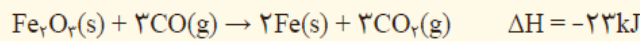
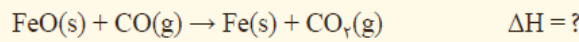
بادام	سیب	برگه زردآلو	۱۰۰g خوراکی ارزش غذایی (kcal)
۵۷۹	۵۲	۲۴۱	چربی (گرم)
۴۹/۹۰	۰/۱۷	۰/۵۱	کلسترول (میلی گرم)
-	-	-	کربوهیدرات (گرم)
۲۵/۹۰	۲۴/۲۰	۷۸/۷۰	پروتئین (گرم)

۸- با توجه به جدول روبه‌رو به پرسش‌های مطرح شده پاسخ دهید.

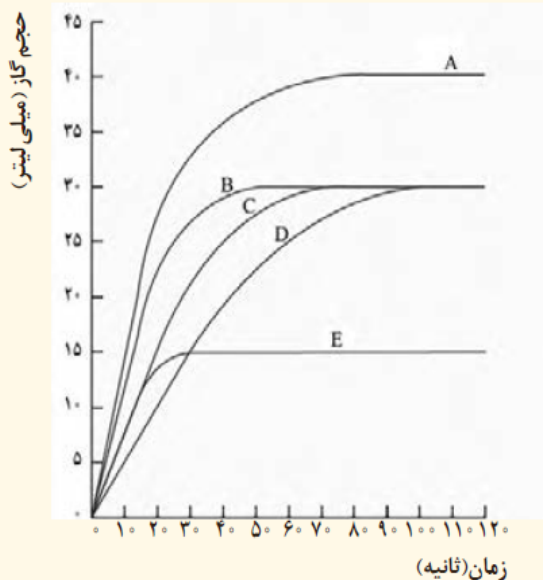
الف) اگر بدن فردی نیاز فوری و ضروری به تأمین انرژی داشته باشد، کدام خوراکی را پیشنهاد می‌کنید؟ چرا؟  
ب) مصرف کدام خوراکی را برای فعالیت‌های فیزیکی که در مدت طولانی‌تری انجام می‌شوند، مناسب می‌دانید؟ توضیح دهید.

پ) اگر یک فرد ۷۰ کیلوگرمی، ۲۵ گرم بادام خورده باشد، برای مصرف انرژی حاصل از آن چه مدت باید پیاده‌روی کند؟ آهنگ مصرف انرژی در پیاده‌روی را  $190 \text{ kcal h}^{-1}$  در نظر بگیرید.

۹- با توجه به اطلاعات داده شده، آنتالپی واکنش زیر را حساب کنید.



۱۰- در نمودار زیر، منحنی C مربوط به واکنش ۵٪ گرم نوار منیزیم با مقدار کافی از هیدروکلریک اسید در دمای اتاق است. منحنی‌های دیگر مربوط به همین واکنش اما در شرایط متفاوتی است. با توجه به آنها به پرسش‌ها پاسخ دهید.



الف) سرعت واکنش را برای آزمایش‌های C و D برحسب لیتر بر ساعت حساب کنید.

ب) کدام منحنی مربوط به واکنشی است که در آن ۵٪ گرم پودر منیزیم به جای نوار منیزیم استفاده شده است؟ (بقیه شرایط واکنش تغییر نکرده است). دلیل خود را توضیح دهید.

پ) کدام منحنی مربوط به واکنش ۵٪ گرم نوار منیزیم با مقدار کافی از هیدروکلریک اسید در دمای ۵ درجه سلسیوس است؟ چرا؟

تست جامع فصل



تست ۱: با توجه به داده‌های زیر ، اگر به یک کیلوگرم روغن زیتون و یک کیلوگرم آب ، هردو با دما  $20^{\circ}\text{C}$  ، مقدار  $50\text{KJ}$  گرما داده شود ، تفاوت دمای این دو ماده به تقریب چند درجه سلسیوس خواهد بود؟

$418000\text{ J}$	$18/2(2)$	$13/4(1)$
$(25^{\circ}\text{C})200\text{g H}_2\text{O} \rightarrow 75^{\circ}\text{C}$	$25/4(4)$	$22/1(3)$

$985\text{ J}$   
 $(20^{\circ}\text{C})50\text{g}$  روغن زیتون  $\rightarrow 30^{\circ}\text{C}$

تست ۲: ظرفیت گرمایی  $5$  لیتر محلول اتانول  $5$  مولار با چگالی  $0.984\frac{\text{g}}{\text{mL}}$  برابر چند  $\text{J}\cdot\text{C}^{-1}$  است؟  
 (  $H=1$  ،  $O=16$  ،  $C=12$  و ظرفیت گرمایی ویژه آب و اتانول به ترتیب  $4/2$  و  $2/4$  ژول بر گرم بر درجه سلسیوس است )

$18594(4)$	$13464(3)$	$15834(2)$	$2760(1)$
------------	------------	------------	-----------

تست ۳: اگر تغییر آنتالپی واکنش  $\text{CO}(g) \rightarrow \text{C}(g) + \text{O}(g)$  به اندازه  $528\text{KJ}$  کمتر از تغییر آنتالپی واکنش  $\text{CO}_2(g) \rightarrow \text{C}(g) + 2\text{O}(g)$  بوده و آنتالپی پیوند  $\text{C} \equiv \text{O}$  به اندازه  $372\frac{\text{KJ}}{\text{mol}}$  بیشتر از پیوند  $\text{C} = \text{O}$  باشد، برای تبدیل  $66$  گرم  $\text{CO}_2$  به اتم های گازی مجزا چند  $\text{KJ}$  انرژی نیاز است؟ (  $C=12$  ،  $O=16$  )

$2700(4)$	$2400(3)$	$1800(2)$	$900(1)$
-----------	-----------	-----------	----------

تست ۴: اگر گرمای سوختن  $1$  گرم  $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$  بتواند  $100$  گرم آب با دمای  $20^{\circ}\text{C}$  را در فشار  $1$  اتمسفر به جوش آورد،  $\Delta H$  سوختن آن به تقریب چند کیلوژول بر مول است؟ (  $O=16$  ،  $C=12$  ،  $H=1$  )

$-1875(4)$	$-2016(3)$	$-2520(2)$	$-1478(1)$
------------	------------	------------	------------

تست ۵: از سوختن کامل یک مخلوط گازی که در مجموع دارای  $0/6$  مول از گازهای متان و اتان است،  $802$  کیلوژول انرژی آزاد می‌شود. نسبت شمار مول‌های اتان به متان در این مخلوط کدام است؟ (آنتالپی سوختن متان و اتان به ترتیب  $-890$  و  $-1560$  کیلوژول بر مول است)

$2/5(4)$	$2(3)$	$1(2)$	$0/5(1)$
----------	--------	--------	----------

Dr. Hasan Plooyi

