کتب آموزشی پیشرو

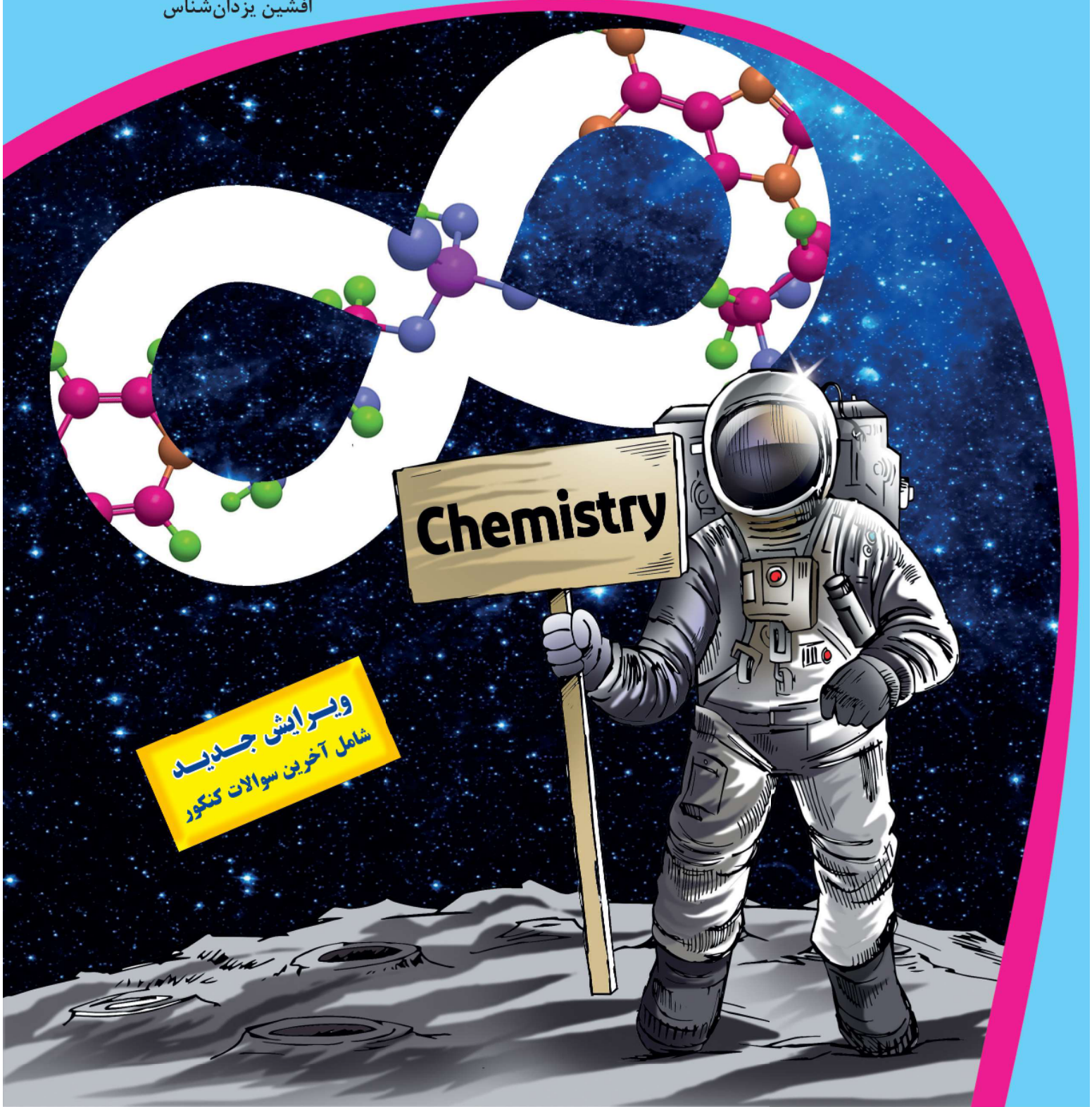
کتاب درسی

زیر ذره‌بین

شیمی (۲) – پایه یازدهم

(رشته علوم تجربی و ریاضی)

افشین یزدان‌شناس



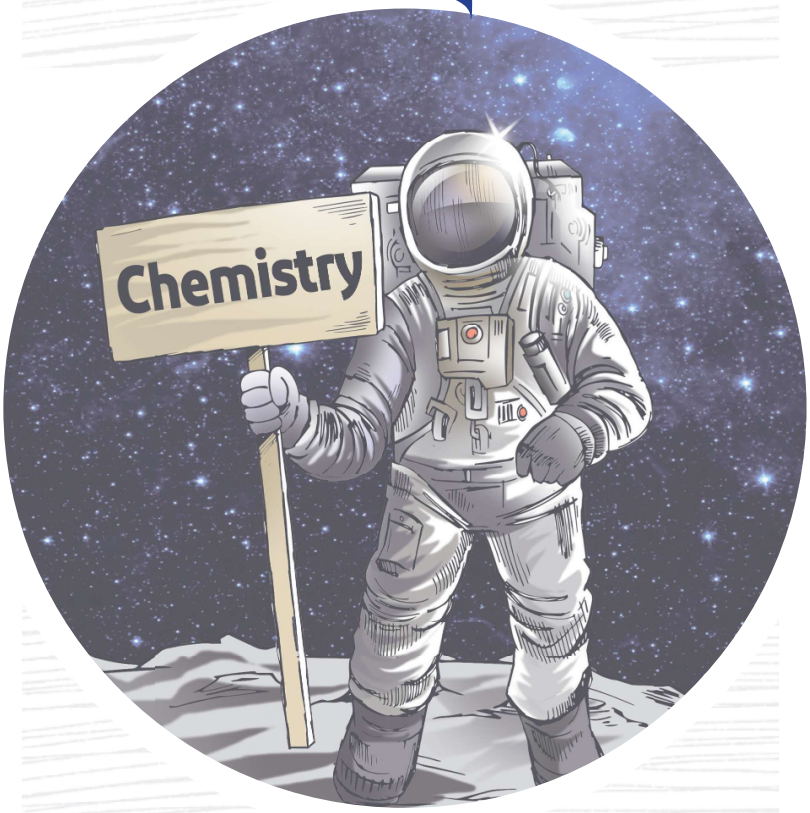
ویرایش جدید
شامل آخرین سوالات کنکور

کتب آموزشی پیشرو

شیمی ۲

پایه یازدهم

ویرایش جدید



تألیف و گردآوری:

افشین یزدان‌شناس

سرشناسه : یزدان‌شناس، افشین، ۱۳۵۸-
عنوان : کتاب درسی زیر ذره‌بین شیمی(۲) پایه یازدهم/ تألیف و گردآوری افشین یزدان‌شناس؛ ویراستار علمی شیواسادات امین، ویراستار ادبی مریم مجاور.
مشخصات نشر : تهران: کتب آموزشی پیشرو، ۱۴۰۰.
مشخصات ظاهری : ۲۰۴ ص.: مصور (رنگی)؛ ۲۲×۲۹ س‌م.
شابک : ۱۹۰۰۰۰۰ ریال: ۸-۸۱-۷۰۷۱-۶۲۲-۹۷۸
وضعیت فهرست‌نویسی : فیپای مختصر
شناسه افزوده : امین، شیواسادات، ویراستار
شماره کتابشناسی ملی : ۸۵۴۶۲۵۲
اطلاعات رکورد کتابشناسی : فیپا

شیمی ۲
پایه یازدهم

ویرایش جدید

نام کتاب	:	کتاب درسی زیر ذره‌بین شیمی(۲)- پایه یازدهم
ناشر	:	کتب آموزشی پیشرو (کاپ)
عنوان پروژه	:	کتاب درسی زیر ذره‌بین
مدیریت پروژه	:	خانه زیست‌شناسی
تألیف و گردآوری	:	افشین یزدان‌شناس
ناظر فنی	:	سپیده زارعی
صفحه‌بندی	:	کتب آموزشی پیشرو (کاپ)
حروف‌چینی	:	جواد جعفریان
طراحی جلد	:	امیرحامد پاژنار
ویراستار علمی	:	شیوا سادات امین، محمد عرفان عباسی، ستایش کریمی
ویراستار ادبی	:	مریم مجاور
لیتوگرافی و چاپ	:	گلپا گرافیک/ نگار نقش
سال و نوبت چاپ	:	دوم - ۱۴۰۲
شابک	:	۹۷۸-۶۲۲-۷۰۷۱-۸۱-۸
شمارگان	:	۱۰۰۰ نسخه
قیمت	:	۲۲۰۰۰۰ تومان

این کتاب ۲۰۴ صفحه می‌باشد.

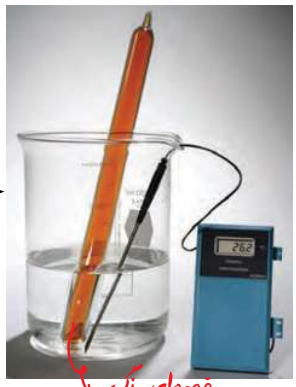
مرکز فروش: میدان انقلاب- خیابان فخررازی- خیابان وحیدنظری غربی- پلاک ۸۳
۰۲۱-۶۶۴۹۳۴۹۰ ۰۲۱-۶۶۹۶۱۰۷۹ ۰۲۱-۶۶۹۶۴۷۲۳ -۵ (فروشگاه): ۰۲۱-۶۶۹۵۳۵۱۷-۱۸
۱۳۱۴۵-۱۱۳۹
www.zirezarebinpub.ir
www.cup-book.com
cupbook.pub

این واکنش گرماگیر است. بنابراین N_2O_4 پایدارتر از NO_2 است.

ت) $H_2O(l) \rightarrow H_2O(s)$

$Q + N_2O_4(g)$

فرایند تبدیل گاز N_2O_4 به NO_2 گرماگیر است.



پ) $2NO_2(g)$

قهوه‌ای رنگ

یعنی فرایند گرماگیر است.

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

با توجه به نکات بسیار مهم مقابل، این فرایند گرماگیر است (Q در سمت مواد اولیه قرار دارد). وقتی به ازای تولید یک مول O_3 مقدار ۱۴۳ kJ گرما گرفته شده، پس با توجه به ضریب ۲ برای اوزون در این واکنش:

$\Delta H_{\text{رفت}} = +286\,kJ \xrightarrow{\Delta H_{\text{رفت}} = -\Delta H_{\text{برگشت}}} \Delta H_{\text{برگشت}} = -286\,kJ$

آنتالپی پیوند و میانگین آن

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

(آنتالپی مادی)

انرژی پتانسیل شیمیایی

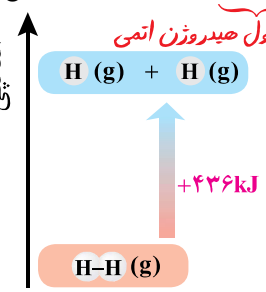
یک نمونه گاز هیدروژن، مجموعه‌ای از شمار بسیار زیادی مولکول‌های دواتمی بوده و هر مولکول شامل دو اتم هیدروژن با یک پیوند اشتراکی $H-H$ است. انتظار می‌رود برای تبدیل این مولکول‌ها به اتم‌های جدا از هم انرژی صرف شود. شواهد تجربی نشان می‌دهد که انرژی لازم برای شکستن پیوندهای اشتراکی موجود در یک مول $H_2(g)$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

شکستن پیوند گرماگیر است

یک مول مولکول

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

۲ مول هیدروژن اتمی



مولکول H_2 پایدارتر از اتم‌های H است.

نمودار ۶ـ آنتالپی پیوند H–H

تعریف آنتالپی پیوند:
به مقدار انرژی صرف‌شده برای شکستن یک مول پیوند کووالانسی و تبدیل آن به اتم‌های گازی جدا از هم، آنتالپی پیوند گفته می‌شود. یکای آن $kJ.mol^{-1}$ و مقدار آن همواره عددی مثبت است.

توجه
در مورد ترکیب‌های یونی از مفهومی به نام «آنتالپی فروپاشی شبکه» استفاده می‌شود که در فصل سوّم، شیمی ۳ به آن خواهیم پرداخت.

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

نکته

۱ـ اگر هر یک از چهار مادهٔ NO، H_2O_2، O_3 و N_2H_4 در یک واکنش وجود داشته باشند، علامت Q را به سمت مقابل این مواد اختصاص دهید.

مثال:

$2O_3(g) \rightleftharpoons 3O_2(g) + Q$

$Q + N_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO(g)$

۲ـ اگر در واکنشی، چهار مادهٔ فوق وجود نداشته باشند، علامت Q را به‌سمتی اختصاص دهید که تعداد مول گازی کمتری داشته باشد.

مثال:

$\underbrace{N_2(g) + 3H_2(g)}_{\text{۴ مول گاز}} \rightarrow \underbrace{2NH_3(g)}_{\text{۲ مول گاز}} + Q$

$Q + \underbrace{2SO_3(g)}_{\text{۲ مول گاز}} \rightarrow \underbrace{2SO_2(g) + O_2(g)}_{\text{۳ مول گاز}}$

توجه
برای پیوندهای این جدول از کلمه «میانگین» استفاده نشده‌است.

جدول ۲ـ آنتالپی برخی پیوندها

پیوند	آنتالپی ($kJ\,mol^{-1}$)
Cl–Cl	۲۴۲
Br–Br	۱۹۳
I–I	۱۵۱
H–F	۵۶۷
H–Cl	۴۳۱
O=O	۴۹۵
N≡N	۹۴۵
H–H	۴۳۶

همه این پیوندها در مولکول‌های دواتمی مانند HF، Br_2، Cl_2 و N_2 وجود دارند.

نکته

برای پیوندهایی که بیش از یکی از آنها در یک مولکول می‌تواند وجود داشته باشد از واژه «میانگین» برای آنتالپی پیوند استفاده می‌کنیم.

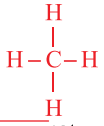
نحوهٔ نمایش آنتالپی پیوند — نه میانگین آنتالپی پیوند!!

در ترموشیمی به مقدار ۴۳۶kJ، آنتالپی پیوند «H–H» می‌گویند و آن را با نماد $\Delta H\,(H-H)=+436\,kJ\,mol^{-1}$ نشان می‌دهند. جدول ۲، آنتالپی برخی پیوندها را نشان می‌دهد.

اینک شاید بپرسید که شیمی‌دان‌ها چگونه آنتالپی پیوند را برای مولکول‌های چنداتمی مانند NH_3، H_2O و CH_4 تعیین و گزارش می‌کنند؟ در مولکول‌هایی از این دست، اتم مرکزی به چند اتم کناری یکسان با پیوندهای اشتراکی متصل است. یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که برای چنین مولکول‌هایی به کار بردن میانگین آنتالپی پیوند مناسب‌تر است. برای نمونه براساس واکنش:

یعنی در یک مولکول از یک پیوند مثلاً N – H بیش از یکی وجود دارد

گرمای گرفته‌شده به ازای ۴ پیوند C – H



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

میانگین آنتالپی پیوند «C–H» در جدول‌ها، $415\,kJ\,mol^{-1}$ درج شده (چرا؟)، به دیگر سخن $\Delta H(C-H)=415\,kJ\,mol^{-1}$ است. جدول ۳، میانگین آنتالپی برخی پیوندها را نشان می‌دهد.

$\frac{1660\,kJ}{4}=415\,kJ$

در هر مرحله یک پیوند C – H شکسته می‌شود (CH_4، CH_3، CH_2 و ...). توجه کنید که سطح انرژی مواد در هر مرحله فرق دارد و به همین دلیل برای گزارش آنتالپی پیوند «C – H» از میانگین استفاده می‌کنیم.

خود را بیازمایید

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

الف) $NH_2(g) + H(g) \longrightarrow NH_3(g)$

ب) $H_2O(g) \longrightarrow O(g) + 2H(g)$

در این واکنش دو پیوند O – H شکسته شده است. بنابراین: $\Delta H_{\text{واکنش}} = +2\Delta H(O-H) = +(2\times 463) = +926\,kJ$

در این واکنش فقط یک پیوند N – H تشکیل شده. بنابراین: $\Delta H_{\text{واکنش}} = -\Delta H(N-H) = -391\,kJ$ (آنتالپی)

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

(اندازه‌گیری کمّی مقدار گرمای مبادله‌شده در واکنش‌ها)

آنتالپی پیوند، راهی برای تعیین ΔH واکنش

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

HCl(g)

H_2 و Cl_2

$\text{آنتالپی پیوند} \equiv \text{مرتبهٔ پیوند} \equiv \frac{1}{\text{طول پیوند}}$

برای پیوندهای این جدول (برخلاف جدول صفحهٔ قبل) از کلمه «میانگین» استفاده شده است.

جدول ۳ـ میانگین آنتالپی برخی پیوندها

پیوند	میانگین آنتالپی ($kJ\,mol^{-1}$)
C–O	۳۸۰
N–H	۳۹۱
O–H	۴۶۳
C–C	۳۴۸
C=C	۶۱۴
C≡C	۸۳۹
C=O	۷۹۹
N–N	۱۶۳
O–O	۱۴۶
C – H	۴۱۵

واکنشی را می‌توان معرف آنتالپی یک پیوند دانست که:

۱ـ در سمت فراورده‌ها هیچ پیوندی وجود نداشته و مواد فراورده عملی به شکل اتم‌های گازی جدا از هم باشند.

۲ـ در سمت مواد اولیه فقط یک مول ماده اولیه پایدار که حاوی پیوند مورد نظر است با حالت فیزیکی گازی وجود داشته باشد.

تست

میانگین آنتالپی پیوند بین دو اتم داده‌شده درکدام گونه در مقایسه با گونه‌های داده‌شده، بیشتر است؟ (ریاضی ۹۶)

۱) C و C در اتین

۲) O و O در O_2

۳) N و N در N_2

۴) C و C در سیکلوهگزان

پاسخ:

O=O «O_2»

H–C≡C–H «اتین»

«سیکلوهگزان»

N≡N «N_2»

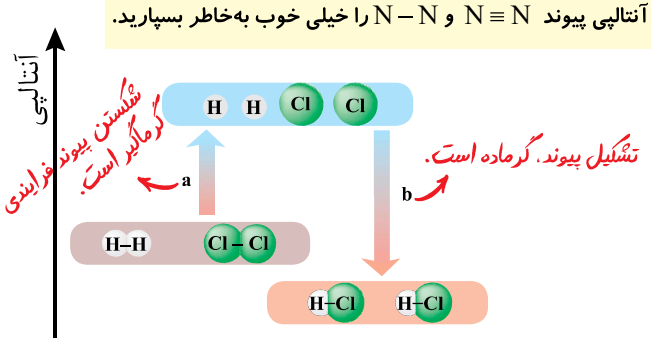
پیوندهای C≡C و N≡N در اتین و N_2 سه‌گانه هستند. پس میانگین آنتالپی پیوند آنها بیش از گزینه‌های (۲) و (۴) است. امّا توجه کنید که شعاع اتمی N کوچک‌تر از C است. به همین دلیل آنتالپی پیوند N≡N بیش از C≡C است (پاسخ: گزینه ۳ است).

نکته

اگر آنتالپی پیوند $A-A$، برابر x باشد، آنتالپی $A=A$، کمتر از $2x$ و آنتالپی پیوند $A\equiv A$ کمتر از $3x$ است (آنتالپی پیوندهای $C-C$، $C=C$ و $C\equiv C$ را در جدول صفحه قبل مقایسه کنید.)

نکته

مقایسهٔ آنتالپی پیوند $N\equiv N$ و $N-N$ را خیلی خوب به‌خاطر بسپارید.



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

تست

اگر آنتالپی پیوندهای $H-H$، $N-H$، $N-N$ و $N\equiv N$ با یکای کیلوژول بر مول به‌ترتیب برابر با ۴۳۵، ۳۸۹، ۱۵۹ و ۹۴۱ باشد، مطابق واکنش $N_2(g)+2H_2(g)\rightarrow H_2N-NH_2(g)$، به‌ازای مصرف $3/01\times10^{25}$ مولکول هیدروژن، چند کیلوژول انرژی جذب می‌شود؟ (خارج، ریاضی ۹۹)

۱) ۱۲۰۰ ۲) ۲۴۰۰ ۳) ۳۶۰۰ ۴) ۴۸۰۰

پاسخ:
$$mol\,H_2=3/01\times10^{25}\,H_2\times\frac{1\,mol\,H_2}{6/02\times10^{23}\,H_2}=50\,mol\,H_2$$

اولین گام، رسم فرمول ساختاری مواد شرکت‌کننده در واکنش است:
$$N\equiv N+2H-H\rightarrow H-\underset{H}{\underset{|}{N}}-\underset{H}{\underset{|}{N}}-H$$
$$\Delta H_{\text{واکنش}}=[(1\times\Delta H(N\equiv N))+(2\times\Delta H(H-H)]$$
$$-[(4\times\Delta H(N-H))+(1\times\Delta H(N-N)]=96\,kJ$$

به‌ازای مصرف ۲ مول H_2 مقدار ۹۶kJ گرما مصرف می‌شود. با یک تناسب ساده:
$$50\,mol\,H_2\times\frac{96\,kJ}{2\,mol\,H_2}=2400\,kJ$$

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

یک پیوند $Cl-Cl$ شکسته شده — یک پیوند $H-H$ شکسته شده

$$a=(1\,mol\times242\,kJmol^{-1})+(1\,mol\times436\,kJmol^{-1})=678\,kJ$$

مجموع آنتالپی پیوند مواد اولیه

⊕: شکستن پیوند گرماگیر است

⊖: تشکیل پیوند گرماده است

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

$$b=\ominus(2\,mol\times431\,kJmol^{-1})=-862\,kJ$$

گرماده

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

$$\Delta H\,(\text{واکنش})=a+b=678\,kJ+(-862\,kJ)=-184\,kJ$$

به همین دلیل روش استفاده از آنتالپی پیوند برای اندازه‌گیری آنتالپی همهٔ واکنش‌ها کاربرد ندارد.

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

یعنی تعداد پیوندها کمتر باشد.

خود را بیازمایید

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

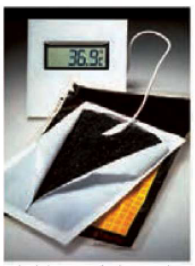
$$\Delta H\,(\text{واکنش})=\left[\begin{matrix}\text{مجموع آنتالپی پیوندها}\\ \text{در مواد فراورده}\end{matrix}\right]-\left[\begin{matrix}\text{مجموع آنتالپی پیوندها}\\ \text{در مواد واکنش‌دهنده}\end{matrix}\right]$$

آیا می‌دانید

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

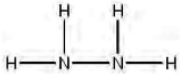
$$4Fe(s)+3O_2(g)\rightarrow 2Fe_2O_3(s)$$

دمای محتویات کیسه پیش از انجام واکنش شیمیایی



دمای محتویات کیسه پس از انجام واکنش شیمیایی

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



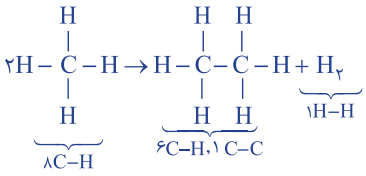
$\Delta H_{\text{واکنش}} = [(۱\times\Delta H(N\equiv N)) + (۲\times\Delta H(H-H))] - [(۴\times\Delta H(N-H) + (۱\times\Delta H(N-N))] =$
$[(۱\times۹۴۵) + (۲\times۴۳۶)] - [(۴\times۳۹۱) + (۱\times۱۶۳)] = ۱۸۱۷ - ۱۷۲۷ = +۹۰\,kJ$

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

الف) $Q + N\equiv N\,(g) + ۲H_۲(g) \longrightarrow \underbrace{H_۲N-NH_۲}_{\text{هیدرازین}}(g)$ $\quad \Delta H = +۹۱\,kJ$

ب) $Q + ۲CH_۴\,(g) \longrightarrow C_۲H_۶\,(g) + H_۲\,(g)$ $\quad \Delta H = +۶۵\,kJ$

پ) $۲H_۲\,(g) + O_۲\,(g) \longrightarrow ۲H_۲O\,(g) + Q$ $\quad \Delta H = -۴۸۴\,kJ$



پیوند با زندگی

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

یافته‌های تجربی نشان می‌دهند که چنین خواصی در ادویه‌ها به طور عمده وابسته به ترکیب‌های آلی موجود در آنها است؛ ترکیب‌هایی که در ساختار خود افزون بر اتم‌های هیدروژن و کربن، اتم‌های اکسیژن، گاهی نیتروژن و گوگرد نیز دارند. شواهد تجربی نشان می‌دهد که تفاوت در خواص ادویه‌ها به‌دلیل تفاوت در ساختار این مواد آلی است. بررسی مواد آلی موجود در آنها نشان می‌دهد که وجود آرایش ویژه‌ای از اتم‌ها به نام **گروه عاملی**[۱] نقش تعیین کننده‌ای در خواص آنها دارد. در هر یک از این گروه‌ها شیوه اتصال اتم‌ها به یکدیگر یا پیوند میان آنها اهمیت ویژه‌ای دارد . برای نمونه آرایش اتم‌های کربن و اکسیژن با پیوند دوگانه ($C=O$) نشانهٔ وجود یک گروه عاملی به نام **کربونیل**[۲] است، گروهی که به آلدهیدها و کتون‌ها خواص

دارای گروه عاملی آلدهید: $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$

دارای گروه عاملی کربونیل: $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-$

۱ـ Functional Group
۲ـ Carbonyl

آلدهیدها و کتون‌های زنجیری، سیرشده و با تعداد کربن یکسان، ایزومر (هم‌پار) هستند. فرمول مولکولی هردو $C_nH_{۲n}O$ است. (n: تعداد اتم کربن). توجه کنید که برای آلدهیدها $n \geq ۱$ و برای کتون‌ها $n \geq ۳$ است، یعنی کوچک‌ترین کتون، سه کربنی است.

آلدهیدها: $R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$

کتون‌ها: $R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-R'$

در آلدهیدها به جای R، یک اتم هیدروژن هم می‌توان قرار داد.

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

نکته

در ساختار آلدهیدها و کتون‌ها، گروه عاملی کربونیل وجود دارد. اما یک تفاوت اساسی هست و آن تفاوت مربوط به اتصال یک اتم هیدروژن به گروه کربونیل در آلدهیدهاست، درحالی‌که در کتون‌ها، کربن گروه کربونیل از دو سمت به دو کربن دیگر متصل است.

«آنتالپی پیوند و نکات آن»

تعریف آنتالپی پیوند: مقدار انرژی لازم برای شکستن یک مول پیوند اشتراکی و تبدیل آن به اتم‌های گازی جدا از هم، آنتالپی پیوند نام دارد $(kJ.mol^{-1})$

طبق تعریف، مواد اولیه و فرآورده‌ها در حالت گاز قرارداشته و در سمت فرآورده‌ها اتم‌های تک‌پیوندی و نه مولکول و... وجود ندارد.

$$q + H-H(g) \rightarrow H(g) + H(g)$$

مقدار **q** در واکنش فوق، آنتالپی پیوند $H-H$، است و به‌صورت زیر نمایش داده می‌شود:

$$\Delta H(H-H) = ۴۳۶\, kJ.mol^{-1}$$

در تعریف فوق علامت **q** در سمت مواد اولیه قرار دارد (فرایند گرماگیر است)، زیرا شکستن پیوند نیازمند صرف انرژی است.

«آنتالپی پیوند» یا «میانگین آنتالپی پیوند»!!

یکی از پرتکرارترین سؤال‌هایی که در کلاس‌ها شنیدم همین سؤال بوده و قطعاً خواهد بود. برای پاسخ به این سؤال که احتمالاً سؤال خیلی از شما عزیزان نیز هست باید بگویم «**در یک کلام، هر دو!!**» یعنی اینکه برای برخی پیوندها باید از واژهٔ «میانگین» برای آنتالپی پیوند استفاده کنید و برای برخی دیگر نیاز به استفاده از این کلمه ندارید. یعنی همانی که در جداول صفحه‌های ۶۵ و ۶۶ کتاب درسی می‌بینید و پیوندها بر همین اساس در دو جدول مجزا قرار گرفته‌اند (*نگاه کنید ... جالب بود نه؟!*)

حالا که کنجکاوی شما برانگیخته شد (درست مثل اتم برانگیخته) با یه روش خاص براتون توضیح خواهم میدم که برای کدام پیوندها باید از «میانگین» استفاده کنیم و برای کدام لازم نیست. برای این کار، ساختار لوویس پیوند موردنظر را رسم کنید، اگر اتم‌های شرکت‌کننده، در آن پیوند به آرایش هشت‌تایی رسیده باشند (به جز هیدروژن) و اصطلاحاً پایدارشده باشند، نیازی به استفاده از واژهٔ «میانگین» برای آن پیوند ندارید، درغیر این‌صورت باید از کلمهٔ میانگین استفاده کنید. به مثال‌های زیر توجه کنید:

- پیوند $\dot{\ddot{N}}-H$

اتم **N** هنوز تمایل به تشکیل پیوند دارد،

بنابراین برای پیوند $N-H$ باید از میانگین آنتالپی پیوند استفاده کنیم.

- پیوند $H-H$

$H-H$

اتم‌های **H** در پیوند $H-H$ دیگر تمایل (توانایی) تشکیل پیوند دیگری ندارند. بنابراین برای پیوند $H-H$ از آنتالپی پیوند استفاده می‌کنیم.

- پیوند $N \equiv N$

اتم‌ها در پیوند $N \equiv N$ کاملاً پایدار (هشت‌تایی) هستند. بنابراین برای این پیوند نیازی به استفاده از واژهٔ میانگین نداریم.

- پیوند $O-O$

واضح است که اتم‌های اکسیژن هرکدام یک الکترون جفت‌نشده دارند و به همین دلیل هنوز هم تمایل به تشکیل پیوند دارند، بنابراین برای این پیوند باید از «میانگین» استفاده کنیم.

- پیوند $O=O$

برای گزارش مقدار آنتالپی این پیوند دیگر نیازی به واژهٔ «میانگین» نیست.

نکته برای گزارش آنتالپی پیوند مولکول‌های دواتمی مثل O_2، F_2، Cl_2، N_2، HCl، HF و ... از واژهٔ «میانگین» استفاده نمی‌کنیم.

نکته برای پیوندهای کربن ـ کربن، همواره باید از واژهٔ میانگین استفاده کنیم.

عوامل مؤثر بر آنتالپی پیوند

۱ـ مرتبهٔ پیوند

هر چه مرتبهٔ یک پیوند بیشتر باشد، آنتالپی آن، بیشتر است.

مقایسه آنتالپی پیوند: $C \equiv C > C = C > C-C$

۲ـ طول پیوند

هر چه طول پیوند اتم‌های شرکت‌کننده در پیوند بیشتر باشد، آنتالپی پیوند موردنظر کمتر است. در این حالت از شعاع اتمی عناصر استفاده می‌کنیم.

مثلاً دو پیوند $N-H$ و $O-H$ را در نظر بگیرید. نیتروژن و اکسیژن هر دو متعلق به دورهٔ دوّم جدول و به‌ترتیب در گروه‌های ۱۵ و ۱۶ قرار دارند و همان‌طور که می‌دانید در یک دوره با حرکت از چپ به راست شعاع اتمی کاهش می‌یابد، بنابراین شعاع اتمی اکسیژن کوچک‌تر از نیتروژن است. با ثابت بودن اتم **H** در دو پیوند، می‌توان گفت که آنتالپی پیوند $O-H$ بیش از $N-H$ است.

«محاسبهٔ ΔH یک واکنش به کمک آنتالپی پیوند»

همان‌طور که می‌دانید، انجام یک واکنش شیمیایی چیزی جز شکستن همه یا تعدادی از پیوندهای مواد اولیه و تشکیل پیوندهای جدید در فراورده‌ها، نیست. فرایند شکستن پیوند، گرماگیر ($\Delta H > 0$) و تشکیل پیوند گرماده ($\Delta H < 0$) است.

$\Delta H_1 = +$ (مجموع آنتالپی پیوندهای شکسته‌شده در مواد اولیه)

$\Delta H_2 = -$ (مجموع آنتالپی پیوندهای تشکیل‌شده در فراورده‌ها)

$\Delta H_{\text{فرایند}} = \Delta H_1 + (-\Delta H_2) = \Delta H_1 - \Delta H_2$

در مورد حل مسائل به کمک آنتالپی پیوند و نیز کتاب درسی مثال‌هایی آورده شده است. اگر موافق باشید در این زمینه چند سؤال از آزمون سراسر را بررسی کنیم تا با این تسلط شما بر این مبحث مهم و کنکوری بیشتر شود.

۲۰ - با توجه به داده‌های جدول زیر، ΔH واکنش:

$CO(g) + 2H_2(g) \rightarrow CH_3OH(g)$، چند کیلوژول است؟

(ریاضی ۹۸)

نوع پیوند	$C \equiv O$	$H-H$	$C-H$	$C-O$	$O-H$
آنتالپی ($kJ.mol^{-1}$)	۱۰۷۵	۴۳۶	۴۱۴	۳۵۱	۴۶۴

۱) -۲۱۰ ۲) -۱۸۰ ۳) -۱۱۰ ۴) -۸۰

تحلیل سؤال

برای پاسخ به این گونه سؤال‌ها، ابتدا لازم است که فرمول ساختاری (همان ساختار لوویس ماده‌ای که نام شیمیایی آن داده شده است (ناپ و ند) را رسم کنیم.

$$C \equiv O + 2H-H \rightarrow H-\underset{\displaystyle H}{\overset{\displaystyle H}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-O-H$$

$\Delta H_{\text{واکنش}} =$ [مجموع آنتالپی پیوندها در مواد اولیه] − [مجموع آنتالپی پیوندها در فراورده‌ها]

$\Delta H_{\text{واکنش}} = [(1 \times C \equiv O) + (2 \times H-H)] - [(3 \times (C-H) + (1 \times C-O) + (1 \times O-H)]$

$\Delta H_{\text{واکنش}} = [(1075 + (2 \times 436)] - [(3 \times 414) + (1 \times 351) + (1 \times 464)] = -110\,kJ$

پاسخ تست ۱ ۲ **۳** ۴

۲۱ - ΔH واکنش:

$2NH_3(g) + 2CH_4(g) + 3O_2(g) \rightarrow 2HCN(g) + 6H_2O(l)$

برابر با چند کیلو ژول است؟ (آنتالپی پیوندهای $O=O$، $C \equiv N$ و میانگین آنتالپی پیوندهای $O-H$، $C-H$ و $N-H$ به ترتیب برابر با ۴۹۵، ۸۸۰، ۴۶۳، ۴۱۴ و ۳۹۰ کیلوژول بر مول است). (ریاضی ۹۹)

۱) -۹۱۰ ۲) -۹۱۶ ۳) -۱۰۰۷ ۴) -۱۰۱۷

تحلیل سؤال

ابتدا فرمول ساختاری مواد شرکت کننده در واکنش را رسم کنیم به ضرایب استوکیومتری و مقدار مواد و نقش مهم آنها در شمارش تعداد پ و ند‌ها توجه ویژه داشته باشید.

$$H-\underset{\displaystyle H}{\overset{\displaystyle H}{\underset{|}{\overset{|}{N}}}}-H + 2H-\underset{\displaystyle H}{\overset{\displaystyle H}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-H + 3O=O \rightarrow 2H-C \equiv N + 6\ H-O-H$$

$\Delta H_{\text{واکنش}} = [(6 \times N-H)] + (8 \times C-H) + (3 \times O=O)] -$

$[(2 \times C-H) + (2 \times C \equiv N) + (12 \times O-H)]$

$\Delta H_{\text{واکنش}} = [(6 \times 390) + \cancel{(8 \times 414)}^{(6 \times 414)} + (3 \times 495)] - [\cancel{(2 \times 414)} + (2 \times 880) + (12 \times 463)]$

$\Delta H_{\text{واکنش}} = -1007\,kJ$

پاسخ تست ۱ ۲ **۳** ۴

۲۲- با توجه به آنتالپی پیوندها و واکنش زیر، کدام هیدروکربن زیر پایدارتر است و ΔH این واکنش، چند کیلوژول است؟ (فارهم، ریاضی ۹۸)

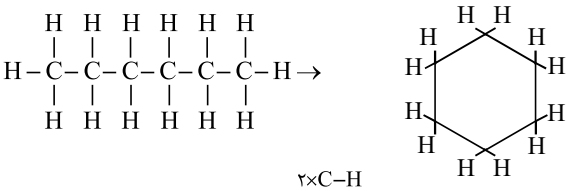
پیوند	$H-H$	$C-H$	$C-C$
انرژی ($kJ.mol^{-1}$)	۴۳۶	۴۱۲	۳۴۸

$$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3 \rightarrow \text{(cyclohexane)} + H_2$$

۱) هگزان، ۴۰-
۲) سیکلو هگزان، ۴۰-
۳) هگزان، ۴۰+
۴) سیکلو هگزان، ۴۰+

تحلیل سؤال

برا درک بهتر ،فر م ول ساختار م وادشر کت کنند ه در وا کنش را به ص ورت ز ر در نظرگ ر د:



$$\Delta H_{\text{واکنش}} = [(5\times C-C) + \overset{2\times C-H}{(14\times C-H)}] - [\overset{1\times C-C}{(6\times C-C)} + (12\times C-H) + (1\times H-H)]$$

به نحوهٔ ساده کردن پیوندهای مشابه در دو سمت واکنش توجه کنید. ببینید چقدر در محاسبات می‌توان صرفه‌جویی کرد.

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = [(2\times 412)] - [(1\times 348) + (1\times 436)] = +40\,kJ$$

برای مقایسهٔ میزان پایداری مولکول‌های هگزان (مادهٔ اولیه با فرمول C_6H_{14}) با سیکلوهگزان (فراورده با فرمول C_6H_{12}) باید مجموع آنتالپی پیوند هریک از آنها را تعیین کنید (محاسبه کنید) امّا با توجه به اینکه تعداد پیوندها در C_6H_{14} بیشتر است (هر دو هیدروکربن و نوع پیوندها در آنها مشابه است) می‌توان بدون محاسبه نیز گفت که مجموع آنتالپی پیوندها در هگزان بیش از سیکلوهگزان است. بنابراین هگزان پایدارتر از سیکلوهگزان است.

پاسخ تست ۱ ۲ ۳ ۴

۲۳- تفاوت گرمای سوختن کامل ۰/۵ مول گاز بوتان با گرمای سوختن کامل ۰/۵ مول گاز اتان، در شرایط یکسان، برابر چند کیلو ژول است؟ (آنتالپی پیوندهای $C-C, C-H$ ، $O=O, C=O$ و $O-H$ با یکای کیلوژول بر مول، به ترتیب برابر ۴۱۴، ۳۴۸، ۴۹۵، ۸۰۰ و ۴۶۳ در نظر گرفته شود.) (تجربی ۱۴۰۱)

۱) ۶۰۷/۵ ۲) ۶۷۰/۵

۳) ۱۲۱۵ ۴) ۱۲۵۱

تحلیل سؤال

به معادلهٔ سوختن این دو ماده توجه کنید. (در هر دو واکنش، ضریب مواد مورد نظر، ۱ است.)

$$C_4H_{10} + \frac{13}{2}O_2 \rightarrow 4CO_2 + 5H_2O$$

$$C_2H_6 + \frac{7}{2}O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$$

اختلاف آنتالپی سوختن دو واکنش، به ازای سوختن یک مول از این دو ماده است.

در مولکول C_4H_{10}، سه پیوند $C-C$ و ده پیوند $C-H$ و در مولکول C_2H_6 نیز یک پیوند $C-C$ و شش پیوند $C-H$ وجود دارد. اختلاف این پیوندها، دو پیوند $C-C$ و چهار پیوند $C-H$ است. همچنین اختلاف تعداد مولکول‌های اکسیژن (در سمت مواد اولیه) برابر سه مول O_2 است.

$$\underbrace{2(C-C)+4(C-H)+3(O=O)}_{\text{مواد اولیه}} \rightarrow \underbrace{2O=C=O+2\,H-\overset{O}{\underset{H}{}}-H}_{\text{فراورده‌ها}}$$

بنابراین:

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = [(2\times 348)+(4\times 414)+(3\times 495)] -$$

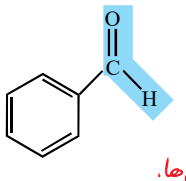
$$[(4\times 800)+(4\times 463)] = 3837 - 5052 = -1215$$

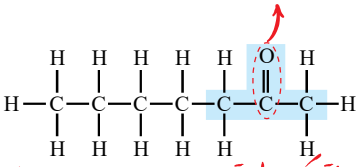
این عدد اختلاف آنتالپی سوختن یک مول از دو مادهٔ بوتان و اتان است، بنابراین اختلاف مدنظر (۰/۵ مول از هر یک) برابر ۶۰۷/۵- کیلوژول است.

پاسخ تست ۱ ۲ ۳ ۴

یـادداشـت

ویژه‌ای می‌بخشد(شکل ۶).





گروه عاملی از دو سمت به اتم‌های کربن متصل است (گروه عاملی کربونیل)

زنجیر اصلی هفت کربنی است.

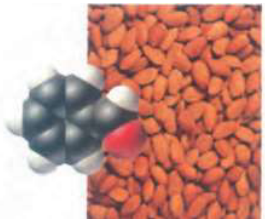
پسوند خانواده کتون‌ها، «ون» است

الف) ۲- هپتانون

گروه عاملی روی کربن دوم است.

میخک ← ۷ کربنی است ← غیر آروماتیک

گروه عاملی کربونیل دارد (کتون)



بادام

ب) بنزآلدهید ← بادام

آروماتیک است.

C_7H_6O یا C_6H_5CHO

گروه عاملی آلدهیدی دارد.

(خارج، تجربی ۱۴۰۰)

شکل۶ـ نمایش گروه عاملی کربونیل در ۲- هپتانون و بنزآلدهید .

چه تفاوت و چه شباهتی میان گروه عاملی آلدهیدی و کتونی وجود دارد؟

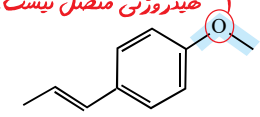
نکته

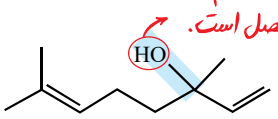
در تمرین‌های دوره‌ای انتهای فصل از کلسترول به‌عنوان یک الکل حلقوی، سیرنشده و غیرآروماتیک با فرمول $C_{27}H_{46}O$ نام برده شده است.

اما در ساختار برخی ادویه‌ها گروه‌های عاملی دیگری نیز وجود دارد. گروه‌هایی که در آنها اتم اکسیژن به یک یا دو اتم کربن با پیوند یگانه متصل است. این گروه‌های عاملی به ترتیب **هیدروکسیل**[1] (O–H –) و گروه اتری (–O–) نام دارند. برای نمونه طعم و بوی گشنیز و رازیانه به طور عمده وابسته به وجود این گروه‌های عاملی است (شکل ۷).

در گروه عاملی اتری، اتم اکسیژن با پیوند یگانه به دو اتم کربن متصل است. به این اتم اکسیژن، هیدروژنی متصل نیست.

در گروه عاملی هیدروکسیل، اتم اکسیژن با پیوند یگانه به یک اتم کربن متصل است.





الکل‌ها توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی دارند.

ب)

الف)

رازیانه ← گروه عاملی اتری دارد

$C_{10}H_{12}O$

آروماتیک است

۴ پیوند $C=C$ دارد (سیرنشده است)

گشنیز ← گروه عاملی الکلی دارد

$C_{10}H_{18}O$

۲ پیوند $C=C$ دارد، پس سیرنشده است.

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

نکته

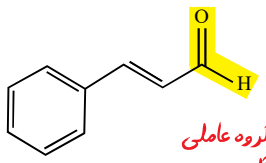
تعداد اتم‌های هیدروژن در یک ترکیب آلی n کربنی که اتم‌های، نیتروژن و اکسیژن نیز داشته باشد، از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

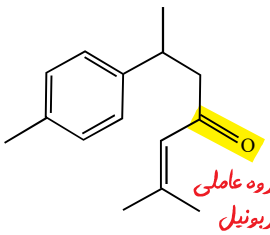
$$H \text{ تعداد} = (2n+2) + (\text{تعداد اتم } N) - 2(\text{تعداد حلقه‌ها و پیوند دوگانه}) - 4(\text{تعداد پیوند سه‌گانه})$$

مثال: رازیانه ($n=10$) ← H تعداد $= (22) + (0) - 2(1+4) - (0) = 12$

خود را بیازمایید

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





گروه عاملی آلدهیدی

گروه عاملی کربونیل

دارچین ← گروه عاملی آلدهیدی دارد

C_9H_8O

آروماتیک است

۴ پیوند $C=C$ دارد

زردچوبه ← یک کتون است

$C_{15}H_{20}O$

آروماتیک است

چهار پیوند $C=C$ دارد

۱ـ Hydroxyl

نکته

تعداد پیوندهای دوگانه در:

۱) ۲ـ هپتانون (مادهٔ آلی میخک) ⇐ ۱

۲) مادهٔ آلی گشنیز ⇐ ۲

۳) مادهٔ آلی رازیانه و بادام (بنزآلدهید) ⇐ ۴

۴) مادهٔ آلی زردچوبه و دارچین ⇐ ۵

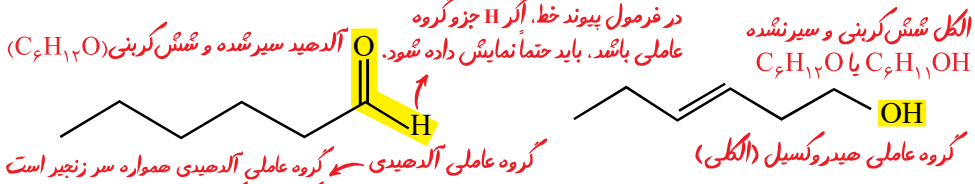
به جمع‌بندی کوچولو

ترکیب‌های آلی موجود در:

- بادام، رازیانه، زردچوبه و دارچین، آروماتیک هستند (حلقهٔ بنزنی دارند).
- رازیانه، زردچوبه و دارچین، ۴ پیوند $C=C$ دارند.
- رازیانه و گشنیز، ده‌کربنی هستند.

با در نظر گرفتن زنجیری، سیرشده و تعداد کربن یکسان:
- آلدهیدها و کتون‌ها ایزومرند ← $C_nH_{2n}O$ (آلدهیدها: $n \geq 1$ و کتون‌ها $n \geq 3$)
- الکل‌ها و اترها ایزومرند ← $C_nH_{2n+2}O$ (الکل‌ها: $n \geq 1$ و اترها $n \geq 2$)
- کربوکسیلیک‌اسیدها و استرها ایزومرند ← $C_nH_{2n}O_2$ (اسیدها: $n \geq 1$ و استرها $n \geq 2$)

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



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

ب) آیا خواص فیزیکی و شیمیایی آنها یکسان است؟ چرا؟ خیر، نحوهٔ اتصال اتم‌ها متفاوت است.

پ) آیا محتوای انرژی آنها را یکسان پیش‌بینی می‌کنید؟ توضیح دهید.
خیر ـ زیرا هر ماده آنتالپی (محتوای انرژی) خاص خود را دارد.

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

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

آنتالپی سوختن، تکیه‌گاهی برای تأمین انرژی

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

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

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

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

مقایسهٔ ارزش سوختی: چربی > کربوهیدرات = پروتئین

جدول ۴ـ ارزش سوختی سه مادهٔ غذایی (مقدار انرژی آزادشده از سوختن یک گرم ماده)

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

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

آیا می‌دانید

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

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

آیا می‌دانید

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

لطفاً سؤالات موجود در ضمیمه بعد را به دقت هر چه تمام‌تر مطالعه کنید.

با آنکه می‌دانیم، فرایند سوختن، گرماده است، امّا به‌یاد داشته باشید که ارزش سوختی یک ماده، همواره، به‌صورت عددی مثبت گزارش می‌شود.

حساب کرد. برای این کار می‌توان از جدول‌هایی همانند جدول ۵ که در منابع علمی معتبر موجود است، استفاده کرد. باید توجه داشت که میزان انرژی مورد نیاز بدن هر فرد به وزن (۱)، سن (۲) و میزان فعالیت‌های روزانهٔ او بستگی دارد (۳). هر مقدار اضافی از مواد و انرژی دریافتی از مواد غذایی به‌طور عمده به شکل چربی در بدن ذخیره شده و باعث چاقی می‌شود.

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

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2(g) + \text{انرژی} \quad (\Delta H < 0)$$

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

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

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

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

مادهٔ آلی	آنتالپی سوختن ($kJ\,mol^{-1}$)	مادهٔ آلی	آنتالپی سوختن ($kJ\,mol^{-1}$)
$CH_4(g)$ (آلکان C_nH_{2n+2})	-۸۹۰	$C_2H_2(g)$ (آلکین C_nH_{2n-2})	-۱۳۰۰
$C_2H_6(g)$ (آلکان C_nH_{2n+2})	-۱۵۶۰	$C_2H_4(g)$ (آلکین C_nH_{2n-2})	-۱۹۳۸
$C_2H_4(g)$ (آلکن C_nH_{2n})	-۱۴۱۰	$CH_3OH(l)$ متانول (الکل‌های یک و دو کربنی)	-۷۲۶
$C_2H_6(g)$ (آلکن C_nH_{2n})	-۲۰۵۸	$C_2H_5OH(l)$ اتانول (الکل‌های یک و دو کربنی)	-۱۳۶۸

مهمّ

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

آیا می‌دانید

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

خود را بیازمایید

۱- آنتالپی سوختن یک آلکان n کربنی بیش از آلکن، آلکین و الکل n کربنی است.

۲- هرچه جرم مولی هیدروکربن (C_xH_y) بیشتر باشد، آنتالپی سوختن آن هم بیشتر است.

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

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

اتان: $30\,g.mol^{-1}$

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

$$\Rightarrow \text{آنتالپی سوختن اتان} = \frac{-3120}{2 \leftarrow \text{ضریب}} = -1560\,kJ.mol^{-1}$$

اتانول: $46\,g.mol^{-1}$

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

$$\Rightarrow \text{آنتالپی سوختن اتانول} = \frac{-1368}{1} = -1368\,kJ.mol^{-1}$$

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

$$\text{ارزش سوختی} = \frac{|\Delta H_{\text{سوختن}}|}{\text{جرم مولی ماده}} \Rightarrow \begin{cases} \text{ارزش سوختی اتان} = \frac{|-1560|}{30} = 52\,kJ.g^{-1} \\ \text{ارزش سوختی اتانول} = \frac{|-1368|}{46} \simeq 29/7\,kJ.g^{-1} \end{cases}$$

آنتالپی سوختن و ارزش سوختی اتان بیش از اتانول است

در ارتباط با این صفحه، همین حالا تمرین دوره‌ای شمارهٔ ۸ (انتهای فصل) را مطالعه کنید.

$$\text{اتان: } 1\,g\,C_2H_6 \times \frac{1\,mol\,C_2H_6}{30\,g\,C_2H_6} \times \frac{4\,mol\,CO_2}{2\,mol\,C_2H_6} \times \frac{44\,g\,CO_2}{1\,mol\,CO_2} \simeq 2/93\,g\,CO_2$$

$$\text{اتانول: } 1\,g\,C_2H_5OH \times \frac{1\,mol\,C_2H_5OH}{46\,g\,C_2H_5OH} \times \frac{2\,mol\,CO_2}{1\,mol\,C_2H_5OH} \times \frac{44\,g\,CO_2}{1\,mol\,CO_2} \simeq 1/91\,g\,CO_2$$

$\Rightarrow$ جرم CO_2 حاصل از سوختن یک گرم اتانول کمتر از یک گرم اتان است. به‌عبارت دیگر ضمن سوختن، اتانول به‌عنوان یک سوخت سبز، گاز گلخانه‌ای (کربن‌دی‌اکسید) کمتری تولید می‌کند.

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

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

نکته

۱ـ در آلکان‌ها: هر چه جرم مولی بیشتر باشد، آنتالپی سوختن بیشتر و ارزش سوختی کمتر است.

۲ـ در الکل‌ها: هر چه جرم مولی بیشتر باشد، آنتالپی سوختن و ارزش سوختی بیشتر است.

در میان تارنماها

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

جمع‌پذیری گرمای واکنش‌ها، قانون هس[2]

روش‌های تعیین گرمای یک واکنش: مستقیم: استفاده از ابزار و وسایل آزمایشگاهی (گرماسنج‌ها) — غیرمستقیم: استفاده از روابطی که درستی آنها قبلاً توسط داده‌های تجربی اثبات شده است، مثل: • قانون هس • استفاده از آنتالپی‌های پیوند • استفاده از آنتالپی سوختن • استفاده از انرژی فعال‌سازی (شیمی ۳)

از طریق آزمایش و به‌طور عملی

آنتالپی بسیاری از واکنش‌های شیمیایی را نمی‌توان به روش تجربی (شکل ۸) اندازه‌گیری کرد، (خارج، ریاضی ۹۸) زیرا برخی از آنها مرحله‌ای از یک واکنش پیچیده هستند و برخی دیگر به آسانی انجام نمی‌شوند. آشکار است که تأمین شرایط بهینه برای انجام آنها بسیار دشوار است. شیمی‌دان‌ها برای تعیین ΔH چنین واکنش‌هایی از روش‌های دقیق دیگری همانند قانون هِس بهره می‌برند.

معروف به روش گرماسنجی

C_nH_{2n+2}

می‌دانید که متان (۱) ساده‌ترین هیدروکربن و (۲) نخستین عضو خانوادهٔ آلکان‌ها است و (۳) بخش عمدهٔ گاز طبیعی را تشکیل می‌دهد. این گاز از تجزیه گیاهان به‌وسیلهٔ باکتری‌های بی‌هوازی (۴) نیز در زیر آب تولید می‌شود. (شکل ۹) شاید تصور کنید که گاز متان را می‌توان مطابق معادلهٔ زیر از واکنش میان گرافیت و گاز هیدروژن در آزمایشگاه تهیه کرد:

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

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

$$1)\ C(s,\ \text{گرافیت}) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) \qquad \Delta H_1 = -393/5\,kJ$$

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

$$3)\ CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l) \qquad \Delta H_3 = -890\,kJ$$

گزینه

علت دشوار بودن انجام واکنش: $C(s,\text{گرافیت}) + 2H_2(g) \rightarrow CH_4(g)$، گرماگیر بودن آن است. (خارج، ریاضی ۹۹)

پاسخ: نادرست. مطابق متن کتاب، علت این موضوع تأمین شرایط بهینه برای انجام آن است که پرهزینه و دشوار عنوان شده است، نه گرماگیر بودن واکنش که اتفاقاً گرماده است. (گرماده بودن واکنش طبق محاسبات در صفحه ۷۳ آمده است).

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

شکل ۸ـ ساختار گرماسنج لیوانی.

دستگاهی که به کمک آن می‌توان گرمای واکنش را در فشار ثابت ($Q_p = \Delta H$) به روش تجربی تعیین کرد. این گرماسنج برای تعیین ΔH فرایندهای انحلال و واکنش‌هایی که در حالت محلول انجام می‌شوند، مناسب است. (گاز تولید نشود)

آنتالپی

θ_1 = دمای اولیهٔ آب (قبل از انحلال)

θ_2 = دمای ثانویهٔ محلول (پس از انحلال)

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

$Q = mc(\theta_2 - \theta_1)$

ظرفیت گرمایی ویژه مخلوط موجود در گرماسنج — جرم مخلوط موجود در گرماسنج

گزینه

واکنشی که با ΔH وابسته به خود بیان شود، واکنش استوکیومتری نامیده می‌شود. (خارج، ریاضی ۹۸)

پاسخ: نادرست. به این گونه واکنش‌ها، واکنش ترموشیمیایی می‌گویند.

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