



کتاب آموزشی پیشرو

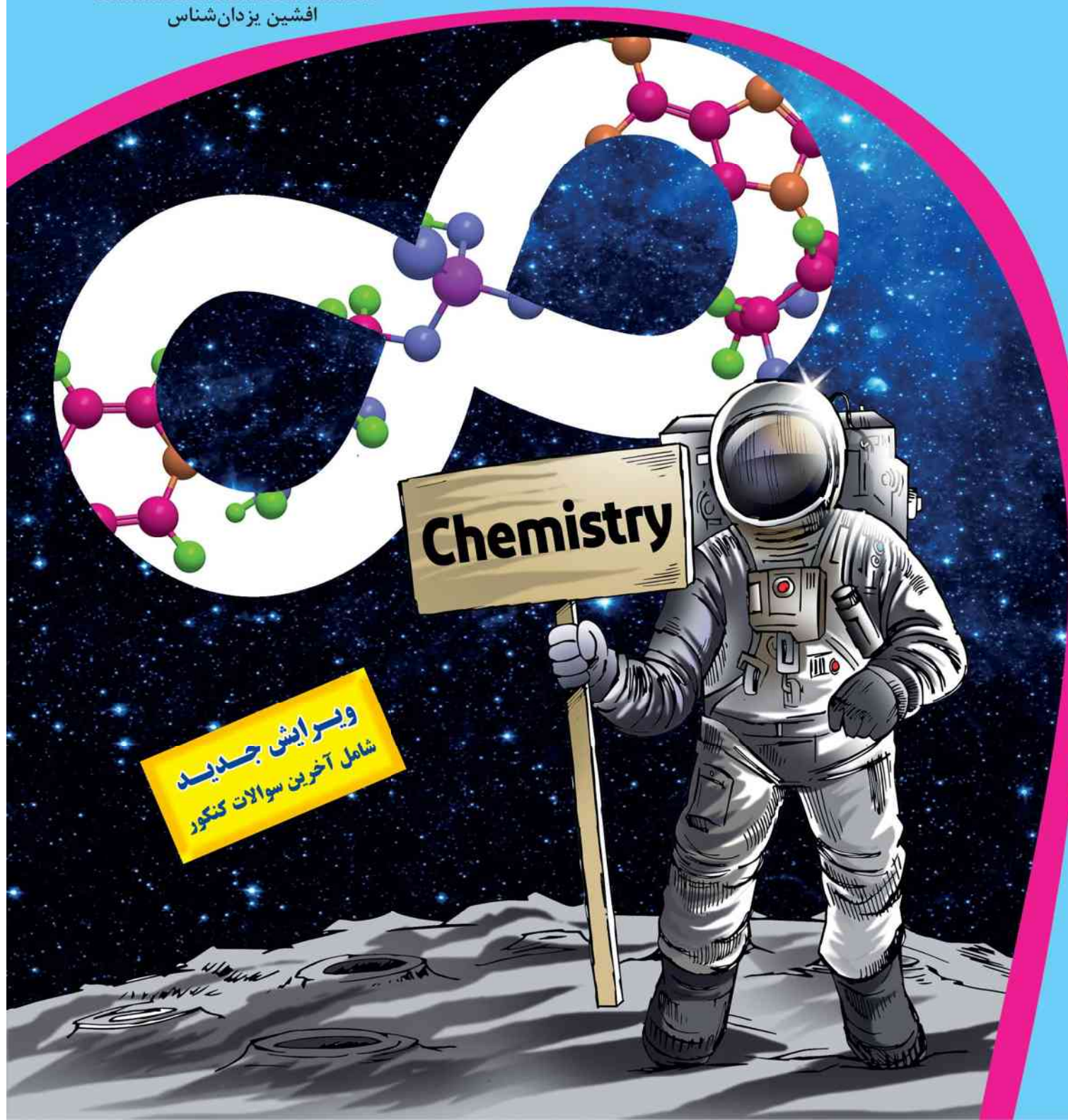
کتاب درسی

زیر ذره بین

شیمی (۲) - پایه یازدهم

(رشته علوم تجربی و ریاضی)

افشین یزدان شناس



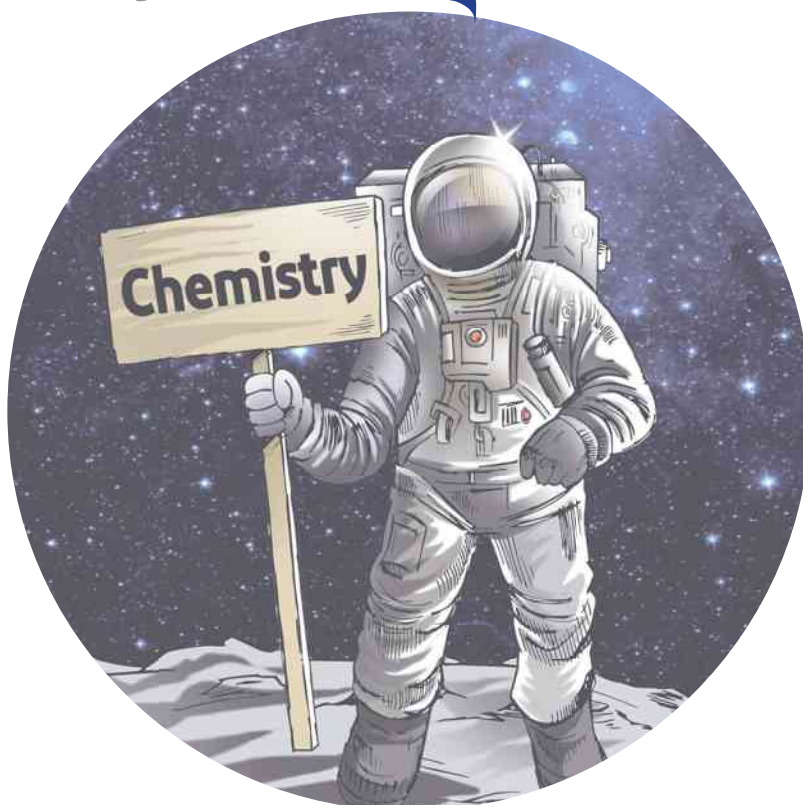
ویرایش جدید
شامل آخرین سوالات کنکور



کتاب آموزشی پیشرو

تتیم

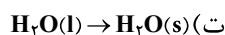
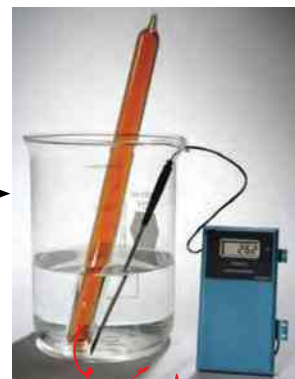
۲ پایه یازدهم
ویرایتر جدید



تألیف و گردآوری:
افشین یزدان شناس

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

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

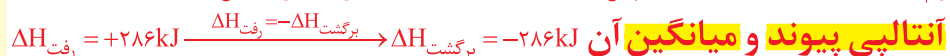


یعنی فرایند گرماگیر است.

فرایند تبدیل گاز N_2O_4 به NO_2 گرماگیر است.

۲- اگر برای تولید یک مول گاز اوزون از گاز اکسیژن، آنتالپی به اندازه 143 kJ افزایش باید،

آنتالپی واکنش $2O_3(g) \rightleftharpoons 3O_2(g)$ 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 143 kJ گرما گرفته شده، پس با توجه به ضریب ۲ برای اوزون در این واکنش:



انجام یک واکنش شیمیایی نشانه‌ای از تغییر در شیوه 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.

یک نمونه گاز هیدروژن، مجموعه‌ای از شمار بسیار زیادی مولکول‌های دواتمی بوده و هر

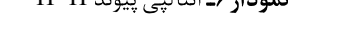
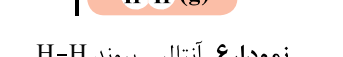
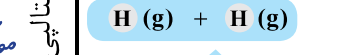
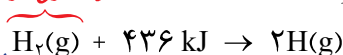
مولکول شامل دو اتم هیدروژن با یک پیوند اشتراکی $H-H$ است. انتظار می‌رود برای تبدیل این

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 436 kJ است (نمودار ۶).

یک مول مولکول



تعریف آنتالپی پیوند:

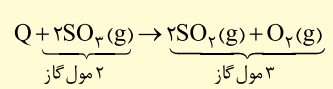
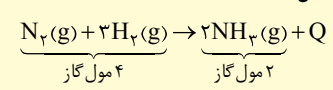
به مقدار انرژی صرف‌شده برای شکستن یک مول پیوند کووالانسی و تبدیل آن به اتم‌های گازی جدا از هم، آنتالپی پیوند گفته می‌شود. یکای آن $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ و مقدار آن همواره عددی مثبت است.

توجه

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

نکته

۱- اگر هر یک از چهار ماده NO ، H_2O ، O_2 و N_2H_4 در یک واکنش وجود داشته باشند، علامت Q را به سمت مقابل این مواد اختصاص دهید. مثال: $2O_2(g) \rightleftharpoons 2O_3(g) + Q$



توجه

برای پیوندهای این جدول از کلمه «میانگین» استفاده نشده است.

جدول ۲- آنتالپی برخی پیوندها

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

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

مولکول H_2 پایدارتر از اتم‌های H است.

نمودار ۶- آنتالپی پیوند H-H

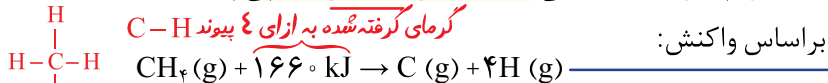
برای پیوندهایی که بیش از یکی از آنها در یک مولکول می‌تواند وجود داشته باشد از واژه «میانگین» برای آنتالپی پیوند استفاده می‌کنیم.

نه میانگین آنتالپی پیوند!!

نوعه نمایش آنتالپی پیوند

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

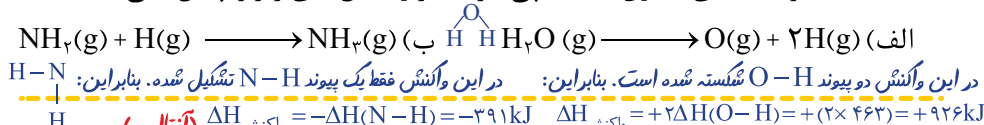
اینک شاید بپرسید که شیمی‌دان‌ها چگونه آنتالپی پیوند را برای مولکول‌های چنداتمی مانند H_2O ، NH_3 و CH_4 تعیین و گزارش می‌کنند؟ در مولکول‌هایی از این دست، اتم مرکزی یعنی در یک مولکول از یک پیوند مثلا N-H بیش از یکی وجود دارد به چند اتم کناری یکسان با پیوندهای اشتراکی متصل است. یافته‌های تجربی نشان می‌دهد که برای چنین مولکول‌هایی به کار بردن میانگین آنتالپی پیوند مناسب‌تر است. برای نمونه



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

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

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



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.

آنتالپی پیوند، راهی برای تعیین ΔH واکنش

شیمی‌دان‌ها به کار 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 فراورده این واکنش تولید می‌شود.



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

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

جدول ۳- میانگین آنتالپی برخی پیوندها

پیوند	میانگین آنتالپی (kJ mol^{-1})
C-O	380
N-H	391
O-H	463
C-C	348
C=C	614
C≡C	839
C=O	799
N-N	163
O-O	146
C-H	415

واکنشی را می‌توان معرف آنتالپی یک پیوند دانست که:

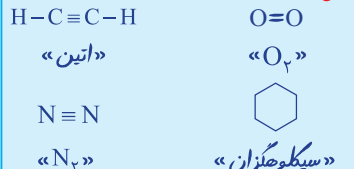
- ۱- در سمت فراورده‌ها هیچ پیوندی وجود نداشته و مواد فراورده همگی به شکل اتم‌های گازی جدا از هم باشند.
- ۲- در سمت مواد اولیه فقط یک مول ماده اولیه پایدار که حاوی پیوند مورد نظر است با حالت فیزیکی گازی وجود داشته باشد.

تست

میانگین آنتالپی پیوند بین دو اتم داده‌شده در کدام 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 سیکلوگزان

پاسخ:



پیوندهای $\text{C}\equiv\text{C}$ و $\text{N}\equiv\text{N}$ در اتین و N_2 سه‌گانه هستند. پس میانگین آنتالپی پیوند آنها بیش از گزینه‌های (۲) و (۴) است. اما توجه کنید که شعاع اتمی N کوچک‌تر از C است. به همین دلیل آنتالپی پیوند $\text{N}\equiv\text{N}$ بیش از $\text{C}\equiv\text{C}$ است (پاسخ، گزینه ۳ است).

آیا می دانید؟

اگر آنتالپی پیوندهای $H-H$ ، $N-H$ ، $N-N$ و $N \equiv N$ با یکای کیلوژول بر مول به ترتیب برابر با ۴۳۵، ۳۸۹، ۱۵۹ و ۹۴۱ باشد، مطابق واکنش $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$ ، به ازای مصرف $3/0.1 \times 10^3$ مولکول هیدروژن، چند کیلوژول انرژی جذب می شود؟ (خارج، ریاضی ۹۹)

پاسخ:
$$\text{mol } H_2 = 3/0.1 \times 10^3 \times \frac{1 \text{ mol } H_2}{6/0.2 \times 10^3} = 50 \text{ mol } H_2$$

اولین گام، رسم فرمول ساختاری مواد شرکت کننده در واکنش است:

$$N \equiv N + 2H-H \rightarrow H-N-N-H$$

به ازای مصرف ۲ مول H_2 مقدار ۹۶ کجول گرما مصرف می شود. با یک تناسب ساده:

$$50 \text{ mol } H_2 \times \frac{96 \text{ kJ}}{2 \text{ mol } H_2} = 2400 \text{ kJ}$$

آیا می دانید؟

در هوای سرد زمستان برای گرم نگه داشتن دست ها می توان از کیسه های گرمازا استفاده کرد. این کیسه ها حاوی مواد شیمیایی هستند که در اثر مخلوط شدن با یکدیگر واکنش می دهند و گرما آزاد می شود. در برخی از این کیسه ها از واکنش اکسایش آهن برای تولید گرما استفاده می شود.

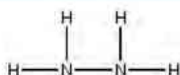


دمای محتویات کیسه پیش از انجام واکنش شیمیایی



دمای محتویات کیسه پس از انجام واکنش شیمیایی

در آرزویشایی های پایانی، نهایی و آزمون های سراسری در این گونه پرسش ها باید فرمول ساختاری مواد شرکت کننده داده شود.

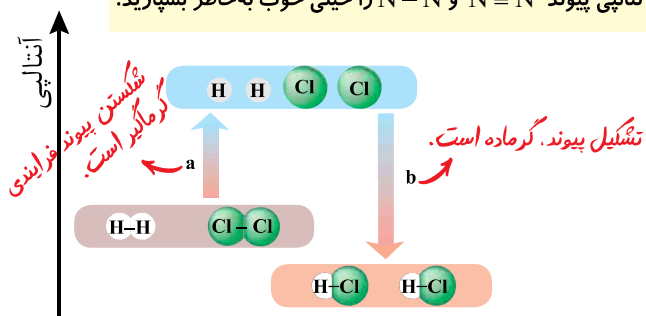


نکته

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 $C \equiv C$ ، $C=C$ و $C-C$ در جدول صفحه قبل مقایسه کنید).

نکته

مقایسه آنتالپی پیوند $N \equiv N$ و $N-N$ را خیلی خوب به خاطر بسپارید.



نمودار ۷- الگوی برای واکنش H_2 با Cl_2 و تولید HCl

$\oplus$: شکستن پیوند گرماگیر است

کمیت **a** در نمودار ۷، انرژی لازم برای شکستن پیوندهای اشتراکی $H-H$ و $Cl-Cl$ را در یک مول از هر کدام آنها نشان می دهد، به طوری که این مقدار انرژی هم ارز با مجموع آنتالپی این پیوندها است:

یک پیوند $H-H$ شکسته شده $\oplus$ $\ominus$: تشکیل پیوند گرما ده است

$$a = (1 \text{ mol} \times 436 \text{ kJmol}^{-1}) + (1 \text{ mol} \times 242 \text{ kJmol}^{-1}) = 678 \text{ kJ}$$

مجموع آنتالپی پیوند مواد اولیه

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

$$b = \ominus (2 \text{ mol} \times 431 \text{ kJmol}^{-1}) = -862 \text{ kJ}$$

$\ominus$: گرما ده

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

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

به همین دلیل روش استفاده از آنتالپی پیوند برای اندازه گیری آنتالپی همه واکنش ها کاربرد ندارد. شیمی دان ها به کار بردن آنتالپی های پیوند را برای تعیین ΔH واکنش هایی مناسب می دانند

که همه مواد شرکت کننده در آنها به حالت گازند. در چنین واکنش هایی هر چه مولکول های مواد شرکت کننده ساده تر باشند، آنتالپی واکنش محاسبه شده (با داده های تجربی همخوانی بیشتری دارد. به دیگر سخن به کار بردن میانگین آنتالپی پیوندها برای تعیین ΔH واکنش های گازی با مولکول های پیچیده تر اغلب در مقایسه با داده های تجربی، تفاوتی آشکار نشان می دهد.

خود را بیازمایید

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

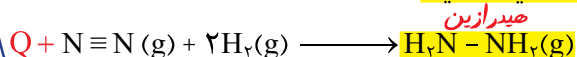
$$\Delta H(\text{واکنش}) = \left[\begin{array}{c} \text{مجموع آنتالپی پیوندها} \\ \text{در مواد واکنش دهنده} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{c} \text{مجموع آنتالپی پیوندها} \\ \text{در مواد فراورده} \end{array} \right]$$

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = [(1 \times \Delta H(\text{N} \equiv \text{N})) + (2 \times \Delta H(\text{H}-\text{H}))] - [(4 \times \Delta H(\text{N}-\text{H})) + (1 \times \Delta H(\text{N}-\text{N}))] =$$

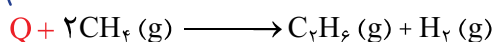
$$[(1 \times 945) + (2 \times 436)] - [(4 \times 391) + (1 \times 163)] = 1817 - 1727 = +9 \text{ kJ}$$

۲- با استفاده از جدول میانگین آنتالپی پیوندها، ΔH هر یک از واکنش های ترموشیمیایی

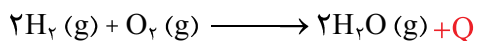
زیر را حساب نموده و با ΔH داده شده مقایسه کنید.



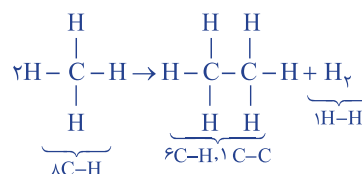
$$\Delta H = +91 \text{ kJ} \quad (\text{الف})$$



$$\Delta H = +65 \text{ kJ} \quad (\text{ب})$$



$$\Delta H = -484 \text{ kJ} \quad (\text{پ})$$



پیوند با زندگی



آلدهیدها و کتون های زنجیری، سیر شده و با تعداد کربن یکسان، ایزومر (هم پار) هستند. فرمول مولکولی هر دو $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$ است. (n: تعداد اتم کربن). توجه کنید که برای آلدهیدها $n \geq 1$ و برای کتون ها $n \geq 3$ است. یعنی کوچک ترین کتون، سه کربنی است.



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

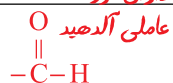
ادویه ها نقش جالبی در تمدن و تاریخ ملت ها دارند به طوری که بو و مزه لذت بخش غذاهای بومی در هر جای جهان، اغلب به دلیل افزودن ادویه های ویژه ای به آنها است. این مواد افزون بر رنگ، بو و مزه خوشایندی که به غذا می دهند، مصرف دارویی نیز دارند آن چنان که امروزه این مواد برای جلوگیری از گرسنگی، افزایش سوخت و ساز، جلوگیری از التهاب، پیشگیری از سرطان و گاهی بهبود یا رفع آن به کار می روند.

یافته های تجربی نشان می دهند که چنین خواصی در ادویه ها به طور عمده وابسته به ترکیب های آلی موجود در آنها است؛ ترکیب هایی که در ساختار خود افزون بر اتم های هیدروژن و کربن، اتم های اکسیژن، گاهی نیتروژن و گوگرد نیز دارند. شواهد تجربی نشان می دهد که تفاوت در خواص ادویه ها به دلیل تفاوت در ساختار این مواد آلی است. بررسی مواد آلی موجود در آنها نشان می دهد که وجود آرایش ویژه ای از اتم ها به نام **گروه عاملی**^۱ نقش تعیین کننده ای در خواص آنها دارد. در هر یک از این گروه ها شیوه اتصال اتم ها به یکدیگر یا پیوند میان آنها اهمیت ویژه ای دارد. برای نمونه آرایش اتم های کربن و اکسیژن با پیوند دوگانه ($\text{C}=\text{O}$) نشانه وجود یک گروه عاملی به نام **کربونیل**^۲ است، گروهی که به آلدهیدها و کتون ها خواص

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

دارای گروه عاملی کربونیل

۱- Functional Group
۲- Carbonyl



نکته

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

«محاسبه ΔH یک واکنش به کمک آنتالپی پیوند»

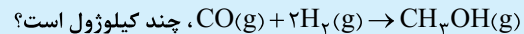
همان طور که می دانید، انجام یک واکنش شیمیایی چیزی جز شکستن همه یا تعدادی از پیوندهای مواد اولیه و تشکیل پیوندهای جدید در فراورده ها، نیست. فرایند شکستن پیوند، گرماگیر ($\Delta H > 0$) و تشکیل پیوند گرماده ($\Delta H < 0$) است.

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

(مجموع آنتالپی پیوندهای تشکیل شده در فراورده ها) $\Delta H_2 = -$

$$\Delta H = \Delta H_1 + (-\Delta H_2) = \Delta H_1 - \Delta H_2$$

در موردی مسأله که کلاً نتالپ پ و ندر کنطدرس مثال ها
آورد شده، اگر موافق باش ددر ن زم نه چند سؤال از آزمون
سراسر را بررس کن لم نلم از آن تسلط ما بر آن مبحث مهم و
کنک و رلب با شتر شود.

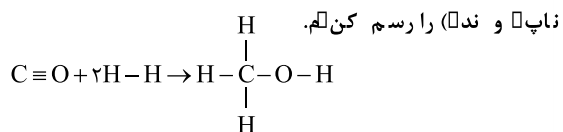
۲۰- با توجه به داده های جدول زیر، ΔH واکنش:

(ریاضی ۹۸)

نوع پیوند	$\text{C}\equiv\text{O}$	$\text{H}-\text{H}$	$\text{C}-\text{H}$	$\text{C}-\text{O}$	$\text{O}-\text{H}$
آنتالپی ($\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$)	۱۰۷۵	۴۳۶	۴۱۴	۳۵۱	۴۶۴
	(۲) -۱۸۰	(۳) -۱۱۰	(۴) -۸۰		

تحلیل سؤال

برای پاسخ به این گ و نه سؤال ها، ابتدا لازم است که هر مول ساختار
(همان ساختار را و لیس ماد هد ون نه ما ش جفت الکترون ها)



ΔH واکنش = [مجموع آنتالپی پیوندها در مواد اولیه] -
[مجموع آنتالپی پیوندها در فراورده ها]

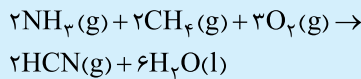
$$\Delta H_{\text{واکنش}} = [(1 \times \text{C}\equiv\text{O}) + (2 \times \text{H}-\text{H})] -$$

$$[(3 \times (\text{C}-\text{H})) + (1 \times \text{C}-\text{O}) + (1 \times \text{O}-\text{H})]$$

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = [(1 \times 1075) + (2 \times 436)] -$$

$$[(3 \times 414) + (1 \times 351) + (1 \times 464)] = -110 \text{ kJ}$$

پاسخ تست ۱ ۲ ۳ ۴

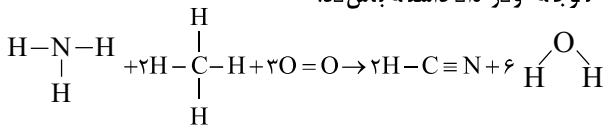
۲۱- ΔH واکنش:

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

$$(1) -910 \quad (2) -916 \quad (3) -1007 \quad (4) -1017$$

تحلیل سؤال

ابتدا هر مول ساختار م واکنش رکت کنند و واکنش را رسم کن لم به
ضربا بستی و متر م و ن نقش مهم آ نه لخرش مارش تعادل و ندها
توجه و لژ ها داشته باش د.



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

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

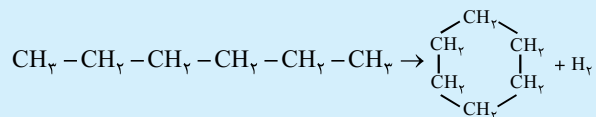
$$\Delta H_{\text{واکنش}} = [(6 \times 390) + (8 \times 414) + (3 \times 495)] - [(2 \times 414) + (2 \times 880) + (12 \times 463)]$$

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = -1007 \text{ kJ}$$

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؟ (فا، ریاضی ۹۸)

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

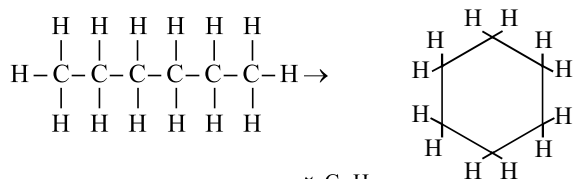


$$(1) \text{ هگزان، } -40 \quad (2) \text{ س کلا و هگزان، } -40$$

$$(3) \text{ هگزان، } +40 \quad (4) \text{ س کلا و هگزان، } +40$$

تحلیل سؤال

برای درک بهتر، فرمول ساختار م وادشرکت کنند واکش را به صورت زیر در نظر بگیرید:



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

به نحوه ساده کردن پیوندهای مشابه در دو سمت واکنش توجه کنید. ببینید چقدر در محاسبات می توان صرفه جویی کرد.

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

برای مقایسه میزان پایداری مولکول های هگزان (ماده اولیه با فرمول C_6H_{14}) با سیکلو هگزان (فرآورده با فرمول C_6H_{12}) باید مجموع آنتالپی پیوند هریک از آنها را تعیین کنید (محاسبه کنید) اما با توجه به اینکه تعداد پیوندها در C_6H_{14} بیشتر است (هر دو هیدروکربن و نوع پیوندها در آنها مشابه است) می توان بدون محاسبه نیز گفت که مجموع آنتالپی پیوندها در هگزان بیش از سیکلو هگزان است. بنابراین هگزان پایدارتر از سیکلو هگزان است.

پاسخ تست ۱ ۲ ۳ ۴

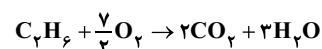
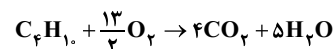
۲۳- تفاوت گرمای سوختن کامل ۵/۵ مول گاز بوتان با گرمای سوختن کامل ۵/۵ مول گاز اتان، در شرایط یکسان، برابر چند کیلو ژول است؟ (آنتالپی پیوندهای $C-H$ ، $C-C$ ، $O=O$ ، $C=O$ و $O-H$ با یکای کیلوژول بر مول، به ترتیب برابر ۴۱۴، ۳۴۸، ۴۹۵، ۸۰۰ و ۴۶۳ در نظر گرفته شود.) (تیمی ۱۴۰۱)

$$607/5 (1) \quad 670/5 (2)$$

$$1215 (3) \quad 1251 (4)$$

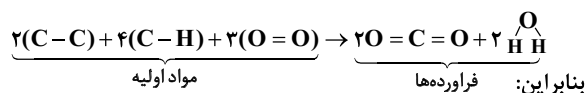
تحلیل سؤال

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



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_4H_8 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 مولکول های اکسیژن (در سمت مواد اولیه) برابر سه مول O_2 است.



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

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

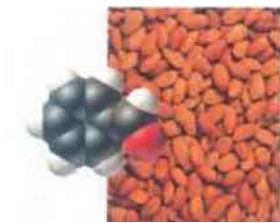
این عدد اختلاف آنتالپی سوختن یک مول از دو ماده بوتان و اتان است. بنابراین اختلاف مدنظر (۵/۵ مول از هر یک) برابر ۶۰۷/۵- کیلوژول است.

پاسخ تست ۱ ۲ ۳ ۴

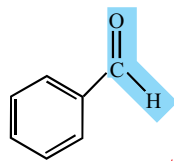


یادداشت

Handwriting practice lines consisting of 20 horizontal dashed lines.



بادام



ویژه ای می بخشد (شکل ۶).
گروه عاملی از دو سمت به اتم های کربن متصل است (گروه عاملی کربونیل)



زنجیر اصلی هفت کربنی است. پسوند خانواده کتون ها.

(الف) ۲- هپتانون «ون» است

میخک ۷ کربنی است

گروه عاملی کربونیل دارد (کتون)

گروه عاملی روی کربن دوم است.

شکل ۶- نمایش گروه عاملی کربونیل در ۲- هپتانون و بنزالدهید. چه تفاوت و چه شباهتی میان گروه عاملی آلدهیدی و کتونی وجود دارد؟

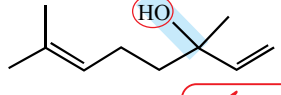
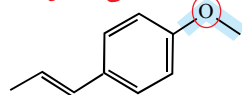
نکته

در تمرین های دوره ای انتهای فصل از کلسترول به عنوان یک الکل حلقوی، سیر نشده و غیر آروماتیک با فرمول $C_{27}H_{46}O$ نام برده شده است.

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

در گروه عاملی اتتری، 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.



گروه عاملی اتتری دارد رازیانه $C_{10}H_{12}O$ آروماتیک است ۴ پیوند $C=C$ دارد (سیر نشده است)

(ب) (الف) الکل ها توانایی تشکیل پیوند هیدروژنی دارند.

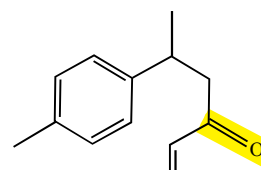
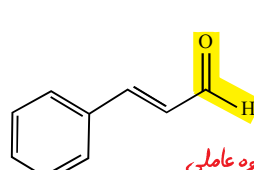
گروه عاملی الکلی دارد گشنیز $C_{10}H_{18}O$ ۲ پیوند $C=C$ دارد، پس سیر نشده است.

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

نکته

تعداد اتم های هیدروژن در یک ترکیب آلی n کربنی که اتم های نیتروژن و اکسیژن نیز داشته باشد، از رابطه زیر به دست می آید:

۱- هر ساختار زیر یک ترکیب آلی موجود در آن ادویه را نشان می دهد. گروه های عاملی موجود در هر مولکول را مشخص کنید و نام آنها را بنویسید. (تعداد پیوند سه گانه) ۴- (تعداد حلقه ها و پیوند دو گانه) ۲- (تعداد اتم N) + (تعداد اتم H) = ۱۲ (تعداد اتم O) - ۲(۱ + ۴) - (۰) = ۲۲ (تعداد اتم H) رازیانه: $n=10$



گروه عاملی آلدهیدی دارد دارچین C_9H_8O آروماتیک است ۴ پیوند $C=C$ دارد

۱- Hydroxyl

یک کتون است زردچوبه $C_{15}H_{22}O$ آروماتیک است چهار پیوند $C=C$ دارد

نکته

تعداد پیوندهای دو گانه در:

(۱) ۲- هپتانون (ماده آلی میخک) = ۱

(۲) ماده آلی گشنیز = ۲

(۳) ماده آلی رازیانه و بادام (بنزالدهید) = ۴

(۴) ماده آلی زردچوبه و دارچین = ۵

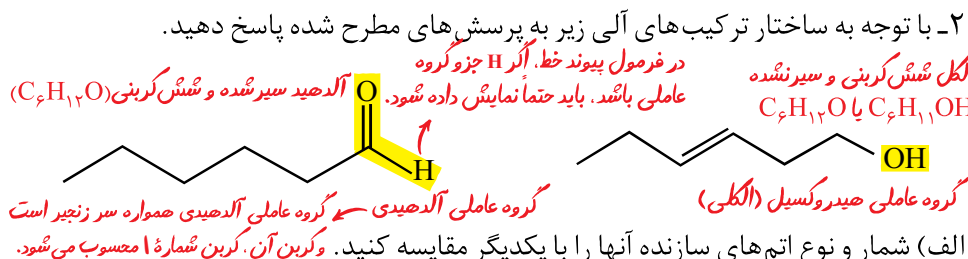
به جمع بندی کوچولو

ترکیب های آلی موجود در:

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

با در نظر گرفتن زنجیری، سیر شده و تعداد کربن یکسان:

- ← آلدهیدها و کتون‌ها ایزومرنند $C_nH_{2n}O$ (آلدهیدها: $n \geq 1$ و کتون‌ها $n \geq 3$)
- ← الکل‌ها و اترها ایزومرنند $C_nH_{2n+2}O$ (الکل‌ها: $n \geq 1$ و اترها $n \geq 2$)
- ← کربوکسیلیک اسیدها و استرها ایزومرنند $C_nH_{2n}O_2$ (اسیدها: $n \geq 1$ و استرها $n \geq 2$)



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



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

پ) آیا محتوای انرژی آنها را یکسان پیش بینی می‌کنید؟ توضیح دهید. **خیر- زیرا هر ماده آنتالپی (محتوای انرژی) خاص خود را دارد.**

● هنگام کباب کردن گوشت و خوردن آن نقش و اهمیت ترموشیمی را احساس می‌کنید.

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 H_2O ، CO_2 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 همه 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.

آنتالپی سوختن، تکیه‌گاهی برای تأمین انرژی

کباب کردن 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 تهیه 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 سوخت و ساز 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).

پروتئین = کربوهیدرات > چربی : مقایسه ارزش سوختی

مقدار انرژی آزاد شده از سوختن یک گرم ماده جدول ۴- ارزش سوختی سه ماده غذایی

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

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

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

با آنکه می دانیم، فرایند سوختن، گرماده است، اما به یاد داشته باشید که ارزش سوختی یک ماده، همواره، به صورت عددی مثبت گزارش می شود.

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

خوراکی	ارزش سوختی (kJ g ⁻¹)
نان	۱۱/۵
پنیر	۲۰/۰
تخم مرغ	۶/۰
شکلات	۱۸/۰
شیر	۳/۰ (کمترین)
بادام زمینی	۲۳ (بیشترین)

حساب کرد. برای این کار می توان از جدول هایی 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، سن و میزان فعالیت های روزانه او بستگی دارد. هر مقدار اضافی از مواد و انرژی دریافتی از مواد غذایی به طور عمده به شکل چربی در بدن ذخیره شده و باعث چاقی می شود. آشکار است که تهیه هر غذای گرمی به انرژی نیاز دارد، انرژی ای که به طور عمده از واکنش سوختن سوخت های فسیلی تأمین می شود. یکی از این سوخت ها متان است که بخش عمده گاز شهری را تشکیل می دهد. این ماده در حضور اکسیژن کافی به طور کامل می سوزد و افزون بر $\text{CO}_2(\text{g})$ و $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ، مقدار زیادی انرژی تولید می کند. این ویژگی در واکنش های سوختن باعث شده که سوخت های فسیلی تکیه گاهی برای تأمین انرژی در صنعت، کشاورزی و زندگی روزانه باشند.

انرژی $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $(\Delta H < 0)$

شیمی دان ها بر اساس این واکنش ها، آنتالپی سوختن یک ماده را هم از با آنتالپی واکنشی می دانند که در آن یک مول ماده در اکسیژن کافی به طور کامل می سوزد. جدول ۶، آنتالپی سوختن برخی ترکیب های آلی را در 25°C نشان می دهد.

جدول ۶- آنتالپی سوختن برخی ترکیب های آلی در 25°C

ماده آلی	آنتالپی سوختن (kJ mol ⁻¹)	ماده آلی	آنتالپی سوختن (kJ mol ⁻¹)
$\text{CH}_4(\text{g})$	-۸۹۰	$\text{C}_2\text{H}_2(\text{g})$	-۱۳۰۰
$\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$ (آلکان)	-۱۵۶۰	$\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ (آلکین)	-۱۹۳۸
$\text{C}_2\text{H}_4(\text{g})$	-۱۴۱۰	$\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$ متانول	-۷۲۶
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l})$ اتانول	-۲۰۵۸	C_nH_{2n} (آلکن)	-۱۳۶۸

ممم
• یکی از فرآورده های سوختن کامل مواد آلی در دمای اتاق، H_2O است و حالت مایع دارد.

آیا می دانید

۱- آنتالپی سوختن یک آلکان n کربنی بیش از آلکن و آلکین و الکل n کربنی است. برای اندازه گیری دقیق گرمای سوختن

خود را نیاز مایید ۲- مرجع جرم سوختن (C_xH_y) بیشتر از آنتالپی سوختن آن هم بیشتر است. یک ماده می توان از گرماسنج بمبی استفاده کرد.



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

۲- با توجه به معادله واکنش سوختن کامل اتان و اتانول به پرسش های مطرح شده پاسخ دهید.

اتان: $30 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ $\Rightarrow \text{آنتالپی سوختن اتان} = \frac{-1560}{30} = -52 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$

اتانول: $46 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ $\Rightarrow \text{آنتالپی سوختن اتانول} = \frac{-1368}{46} = -29.7 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$

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

در ارتباط با این صفحه، همین حالا تمرین دوره ای شماره ۸ (انتهای فصل) را مطالعه کنید.

آنتالپی سوختن و ارزش سوختی اتان بیش از اتانول است

$\text{آنتالپی سوختن} = \frac{|\Delta H_{\text{سوختن}}|}{\text{جرم مولی ماده}}$

$\text{ارزش سوختی} = \frac{|\Delta H_{\text{سوختن}}|}{\text{جرم مولی ماده}}$

$$\frac{1 \text{ mol C}_7\text{H}_8}{92 \text{ g C}_7\text{H}_8} \times \frac{4 \text{ mol CO}_2}{2 \text{ mol C}_7\text{H}_8} \times \frac{44 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 2/92 \text{ g CO}_2$$

$$\frac{1 \text{ mol C}_7\text{H}_8\text{OH}}{96 \text{ g C}_7\text{H}_8\text{OH}} \times \frac{2 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol C}_7\text{H}_8\text{OH}} \times \frac{44 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 1/91 \text{ g CO}_2$$

جرم CO_2 حاصل از سوختن یک گرم اتانول کمتر از یک گرم اتان است. به عبارت دیگر ضمن سوختن، اتانول به عنوان یک سوخت سبز، گاز گلخانه ای (کربن دی اکسید) کمتری تولید می کند.

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^۱ به شمار می رود؟

نکته

۱- در آلکان ها: هر چه جرم مولی بیشتر باشد، آنتالپی سوختن بیشتر و ارزش سوختی کمتر است.

۲- در الکل ها: هر چه جرم مولی بیشتر باشد، آنتالپی سوختن و ارزش سوختی بیشتر است.

در میان تار نماها

با مراجعه به منابع علمی معتبر گزارشی از مواد انرژی زا یا نیروزا در ورزش های قهرمانی و آثار

زیان بار آنها بر بدن تهیه و در کلاس ارائه کنید.

روش های تعیین گرمای یک واکنش

مستقیم: استفاده از ابزار و وسایل آزمایشگاهی (گرماسنج ها)
غیرمستقیم: استفاده از روابطی که درستی آنها قبلاً توسط داده های تجربی اثبات شده است، مثل:
قانون هس
استفاده از آنتالپی های پیوند
استفاده از آنتالپی سوختن
استفاده از انرژی فعال سازی (شیمی ۳)

جمع پذیری گرمای واکنش ها، قانون هس^۲

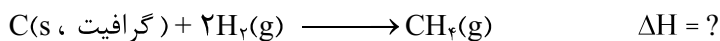
آنتالپی بسیاری از واکنش های شیمیایی را نمی توان به روش تجربی (شکل ۸) اندازه گیری کرد، زیرا برخی از آنها مرحله ای از یک واکنش پیچیده هستند و برخی دیگر به آسانی انجام نمی شوند. آشکار است که تأمین شرایط بهینه برای انجام آنها بسیار دشوار است.

شیمی دان ها برای تعیین ΔH چنین واکنش هایی از روش های دقیق دیگری همانند قانون

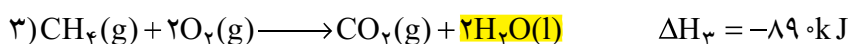
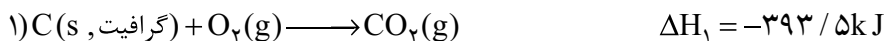


هس بهره می برند.

می دانید که متان، ساده ترین هیدروکربن و نخستین عضو خانواده آلکان ها است و بخش عمده گاز طبیعی را تشکیل می دهد. این گاز از تجزیه گیاهان به وسیله باکتری های بی هوازی نیز در زیر آب تولید می شود. (شکل ۹) شاید تصور کنید که گاز متان را می توان مطابق معادله زیر از واکنش میان گرافیت و گاز هیدروژن در آزمایشگاه تهیه کرد:



اما آزمایش ها و یافته های تجربی نشان می دهند که تأمین شرایط بهینه برای انجام این واکنش بسیار دشوار و پرهزینه است، به همین دلیل برای تعیین ΔH این واکنش می توان از واکنش های دیگری بهره برد که ΔH آنها پیش از این تعیین شده است. این واکنش های ترموشیمیایی می توانند واکنش سوختن یک مول گرافیت، یک مول گاز هیدروژن و یک مول گاز متان باشند که معادله هریک از آنها در 25°C به صورت زیر است:



۱- Green Fuel

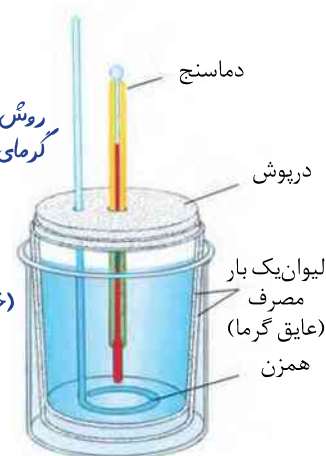
۲- Hess's Law

۳- Thermochemical Reaction

علت دشوار بودن انجام واکنش: $\text{C(s, گرافیت)} + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CH}_4(\text{g})$ گرمایر 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 گرمایر بودن واکنش که اتفاقاً گرماده است. (گرماده بودن واکنش طبق محاسبات در صفحه ۷۳ آمده است).

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



شکل ۸- ساختار گرماسنج لیوانی.

دستگاهی که به کمک آن می توان گرمای واکنش را در فشار ثابت به روش تجربی تعیین کرد. این گرماسنج برای تعیین ΔH فرایندهای انحلال و واکنش هایی که در حالت محلول انجام می شوند، مناسب است.

(گاز تولید نشود)

دمای اولیه آب (قبل از انحلال) $\theta_1 =$
دمای ثانویه محلول (پس از انحلال) $\theta_2 =$

اگر واکنش شیمیایی با ΔH وابسته به آن بیان شود، به آن واکنش گرماترموشیمیایی^۳ می گویند.

$Q = mc(\theta_2 - \theta_1)$
ظرفیت گرمایی ویژه جرم مخلوط موجود در گرماسنج

گزینه

واکنشی که با ΔH وابسته به خود بیان شود، واکنش استوکیومتری نامیده می شود. (خارج، ریاضی ۹۸)
پاسخ: نادرست. به این گونه واکنش ها، واکنش ترموشیمیایی می گویند.