

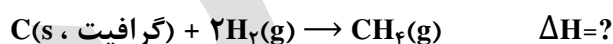
## جمع پذیری گرمای واکنش ها، قانون هس

می دانید که متان ( $\text{CH}_4$ )، ساده ترین هیدروکربن و نخستین عضو خانواده آلکان ها است و بخش عمده گاز طبیعی را تشکیل می دهد.

← گاز متان ( $\text{CH}_4$ ) از تجزیه گیاهان به وسیله باکتری های بی هوازی نیز در زیر آب تولید می شود.

← گاز متان ( $\text{CH}_4$ ) نخستین بار از سطح مرداب ها جمع آوری شده، از این رو به گاز مرداب معروف است. در سطح مرداب، گاهی واکنش سوختن متان رخ می دهد.

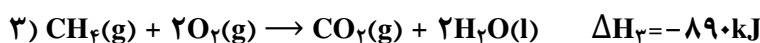
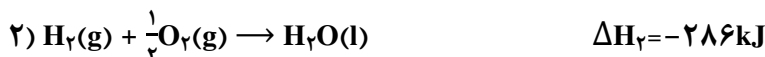
← شاید تصور کنید که گاز متان را می توان مطابق معادله زیر از واکنش میان گرافیت و گاز هیدروژن در آزمایشگاه تهیه کرد:



← 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  $\Delta H$  این واکنش می توان از واکنش های دیگری بهره برد که  $\Delta H$  آن ها 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  $25^\circ\text{C}$  به صورت زیر است:



با کمی دقت درمی یابید که به آسانی نمی توان از جمع سه واکنش ترموشیمیایی بالا به واکنش موردنظر رسید.

در این شرایط باید از قواعد رایج در ترموشیمی بهره برد:

- در واکنش موردنظر (واکنش اصلی)، نخستین واکنش دهنده گرافیت با ضریب استوکیومتری برابر با ۱ است که در معادله نخست نیز با همان ویژگی ها دیده می شود.
- دومین واکنش دهنده (در واکنش اصلی)، گاز هیدروژن با ضریب استوکیومتری برابر با ۲ است که در معادله دوم نیز واکنش دهنده اما با ضریب استوکیومتری برابر با ۱ است؛ از این رو، باید این معادله ترموشیمیایی در ۲ ضرب شود:



- سومین ماده در واکنش موردنظر (واکنش اصلی)،  $\text{CH}_4(\text{g})$  بوده که تنها فراورده با ضریب استوکیومتری برابر با ۱ است، ماده ای که در سومین معادله، واکنش دهنده با همان ضریب استوکیومتری است. وارونه کردن این معادله هدف ما را تأمین می کند.



اینک از جمع معادله های ۱، ۴ و ۵ می توان به معادله ترموشیمیایی مورد نظر رسید. این روند نشان می دهد که  $\Delta H$  آن برابر با جمع جبری  $\Delta H_1$ ،  $\Delta H_2$  و  $\Delta H_3$  خواهد بود.



$$\text{C(s, گرافیت)} + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CH}_4(\text{g}), \Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 \\ = (-393/5 \text{ kJ}) + (-572 \text{ kJ}) + 890 \text{ kJ} = -75/5 \text{ kJ}$$

پژوهش ها نشان می دهد که نخستین بار هنری هس دریافت که گرمای یک واکنش معین به راهی که برای انجام آن در پیش گرفته می شود، وابسته نیست.

به دیگر سخن با استفاده از  $\Delta H$  دو یا چند واکنش دیگر می توان  $\Delta H$  یک واکنش معین را به دست آورد، به شرطی که شرایط انجام همه واکنش ها یکسان باشد.

امروزه از این نتیجه با نام قانون هس یاد می شود، قانونی که به جمع پذیری گرمای واکنش ها معروف است.

بیان علمی قانون هس براساس مفهوم  $\Delta H$  به صورت زیر است:

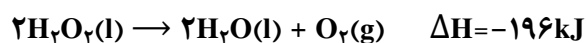
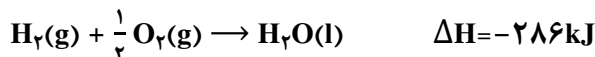
«اگر معادله واکنشی را بتوان از جمع معادله دو یا چند واکنش دیگر به دست آورد  $\Delta H$  آن نیز از جمع جبری  $\Delta H$  همان واکنش ها به دست می آید.»

حاشیه کتاب درسی: اگر واکنش شیمیایی با  $\Delta H$  وابسته به آن بیان شود، به آن واکنش گرما (ترموشیمیایی) می گویند.

## خود را یاز ما یید

۱- هیدروژن پراکسید ( $H_2O_2$ ) ماده ای است که با نام تجاری آب اکسیژنه به فروش می رسد.

الف) با استفاده از واکنش های ترموشیمیایی زیر، آنتالپی واکنش  $H_2(g) + O_2(g) \rightarrow H_2O_2(l)$  را حساب کنید.



پاسخ: جواب نهایی = -۱۸۸

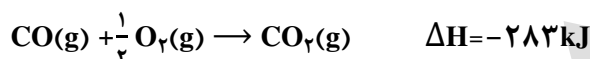
ب) توضیح دهید چرا تهیه این ماده از واکنش مستقیم گازهای هیدروژن و اکسیژن ممکن نیست؟

پاسخ: آب ترکیب پایدارتری نسبت به آب است. به همین جهت از ترکیب گازهای هیدروژن و اکسیژن آب حاصل می شود و نمی توان آب اکسیژنه را از این دو گاز به دست آورد.

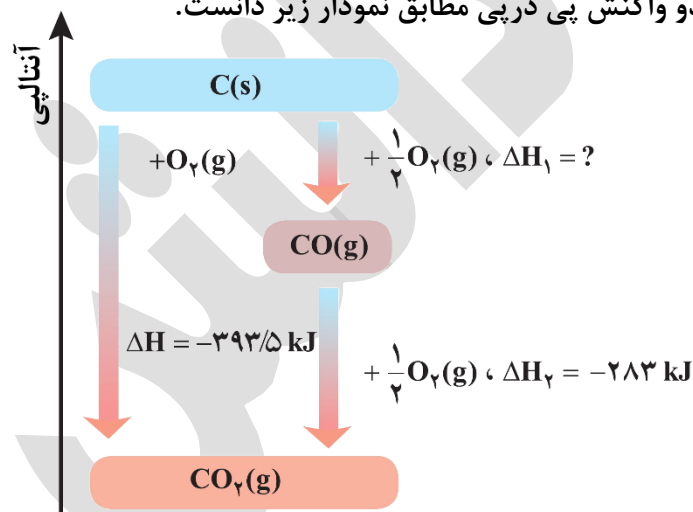
۲- در شیمی دهم آموختید که گازهای آلاینده مانند NO و CO از آگروز خودروها به هواکره وارد می شوند. شیمی دان های هواکره انجام واکنش زیر را برای تبدیل این آلاینده ها به گازهایی پایدارتر و با آلاینده گی کمتر، طراحی کرده اند.



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



۳- واکنش سوختن کامل گرافیت را می توان مجموعه ای از دو واکنش پی در پی مطابق نمودار زیر دانست.

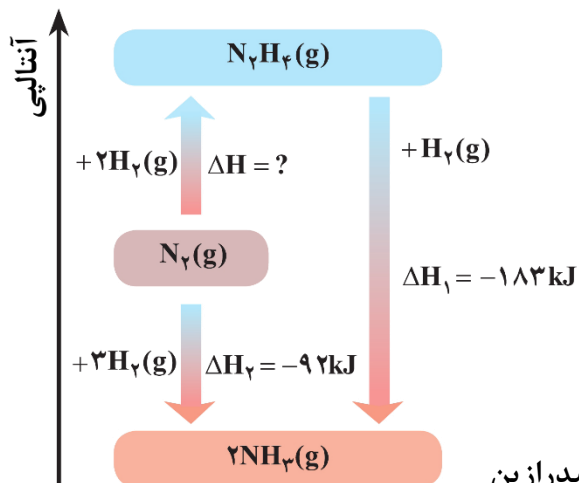


الف) شواهد نشان می دهد که  $\Delta H$  واکنش تولید CO(g) را نمی توان به روش تجربی تعیین کرد. درباره علت آن گفت وگو کنید.

پاسخ: گاز  $CO_2$  پایدارتر از گاز CO است. به همین جهت از واکنش گرافیت با گاز اکسیژن محصول پایدارتر کربن دی اکسید حاصل می شود.

ب)  $\Delta H$  واکنش تولید CO(g) را از گرافیت و گاز اکسیژن حساب کنید. پاسخ: جواب نهایی = -۱۱۰/۵

۴- شواهد تجربی نشان می دهند که تهیه آمونیاک به روش هابر از گازهای نیتروژن و هیدروژن مطابق نمودار روبه رو یک واکنش دو مرحله ای است.



الف) در شرایط یکسان، هیدرازین پایدارتر است یا آمونیاک؟ چرا؟  
پاسخ: آمونیاک پایدارتر از هیدرازین است. زیرا انرژی آن پایین تر از هیدرازین است.

ب) آنتالپی واکنش تولید هیدرازین را حساب کنید.

پاسخ: جواب نهایی = +۹۱

✓ تا اینجا با تغییر محتوای انرژی مواد شرکت کننده از جمله سوخت ها و مواد غذایی در واکنش ها آشنا شدید. اما از دیگر ویژگی های مهم یک واکنش، آهنگ انجام آن است؛ کمیتی که در تهیه و نگهداری مواد غذایی سالم نقش کلیدی و تعیین کننده دارد.