

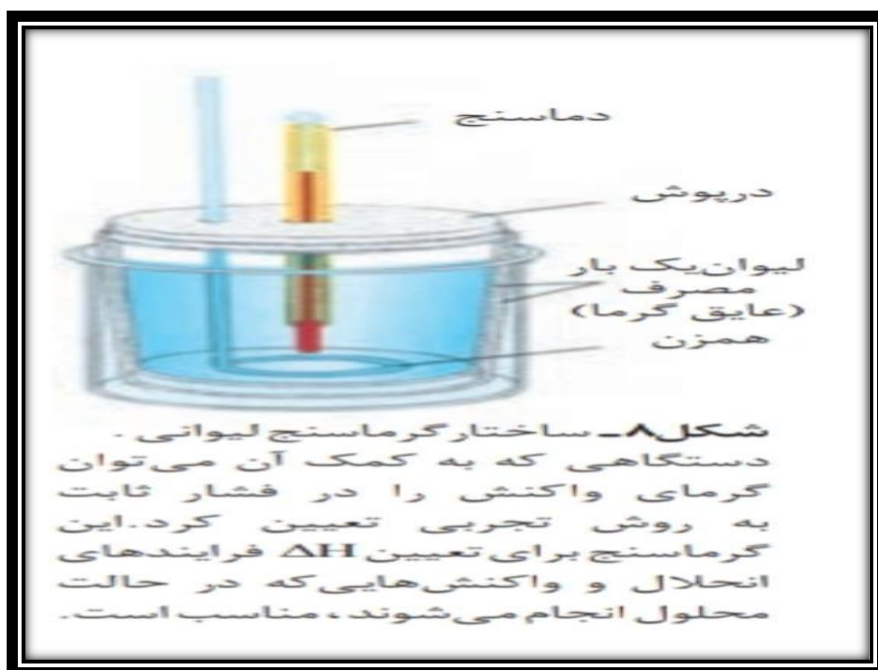
به نام خدا :

آموزش مبحث جمع پذیری گرمای واکنش ها
و قانون هس به همراه ۱۰ نمونه سوال حل
شده: مربوط به ص ۷۲ تا ۷۵ شیمی یازدهم

روشهای اندازه گیری گرمای واکنش های
شیمیایی :

۱● روش مستقیم (روش تجربی):

که به کمک گرماسنج ها انجام می شود.
دو نوع گرماسنج رایج عبارتند از : گرماسنج
لیوانی و گرماسنج بمبی. در کتاب درسی



گرماسنج لیوانی در حد حاشیه مطرح شده است :

توضیحات تکمیلی در مورد گرماسنج لیوانی:

اندازه‌گیری آنتالپی واکنش (ΔH) به روش مستقیم
یکی از ابزارهای اندازه‌گیری گرمای واکنش‌های شیمیایی به روش مستقیم **گرماسنج لیوانی** است. به منظور جلوگیری از تبادل گرما با محیط، بدنه گرماسنج لیوانی از مواد عایق ساخته می‌شود. اجزای گرماسنج: بدنه و درپوش عایق، دماسنج و همزن



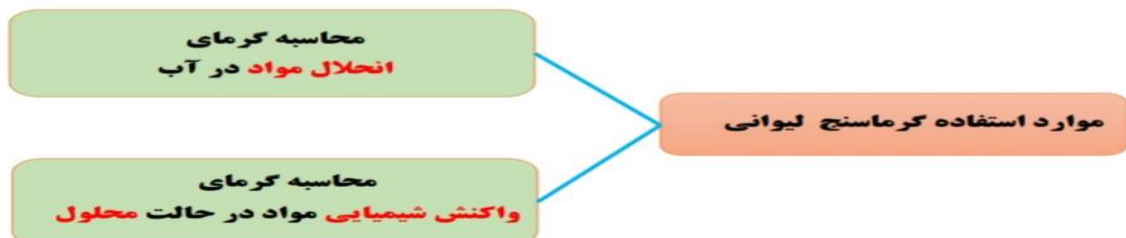
۸۸

درسنامه شیمی ۲ فصل دوم در پی غذای سالم



نکته: از گرماسنج لیوانی برای اندازه‌گیری گرمای واکنش در فشار ثابت (q_p) استفاده می‌شود. گرمای واکنش در فشار ثابت را **آنتالپی** می‌نامند و با علامت ΔH نمایش داده می‌شود.

$$q_p = \Delta H$$



محاسبه گرمای انحلال مواد در آب:
برای این منظور ابتدا حجم معینی آب را در گرماسنج ریخته و دمای آن را یادداشت می‌کنند (θ_1). سپس مقدار معینی از حل شونده را درون آن ریخته و پس از بهم زدن و تبادل گرما، دمای ثانویه را یادداشت می‌کنند (θ_2).
با استفاده از فرمول زیر و انجام محاسبات مقدار (q_p) یا همان ΔH را به دست می‌آورند.

$$Q_p = mcdt$$

● ۲ روش های غیر مستقیم گرماسنجی (روش غیر تجربی یا محاسبه ای)

گرماسنجی (اندازه گیری گرمای واکنش)

۲) روش های غیر مستقیم

۲-۱) استفاده از آنتالپی های پیوند

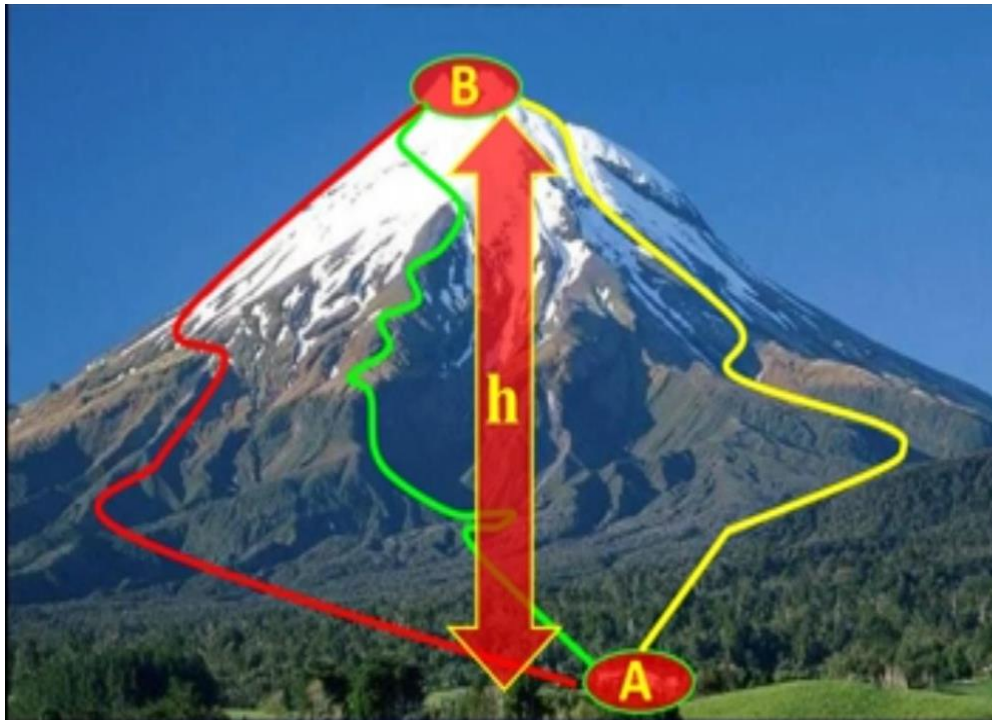
$$\Delta H(\text{واکنش}) = \left[\begin{array}{c} \text{مجموع آنتالپی پیوندها} \\ \text{در مواد واکنش دهنده} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{c} \text{مجموع آنتالپی پیوندها} \\ \text{در مواد فرآورده} \end{array} \right]$$

۲-۲) استفاده از قانون هس

(جمع پذیری گرمای واکنش های شیمیایی)

نکته : قبلا با روش محاسبه گرمای واکنش به کمک آنتالپی های پیوند آشنا شدید.

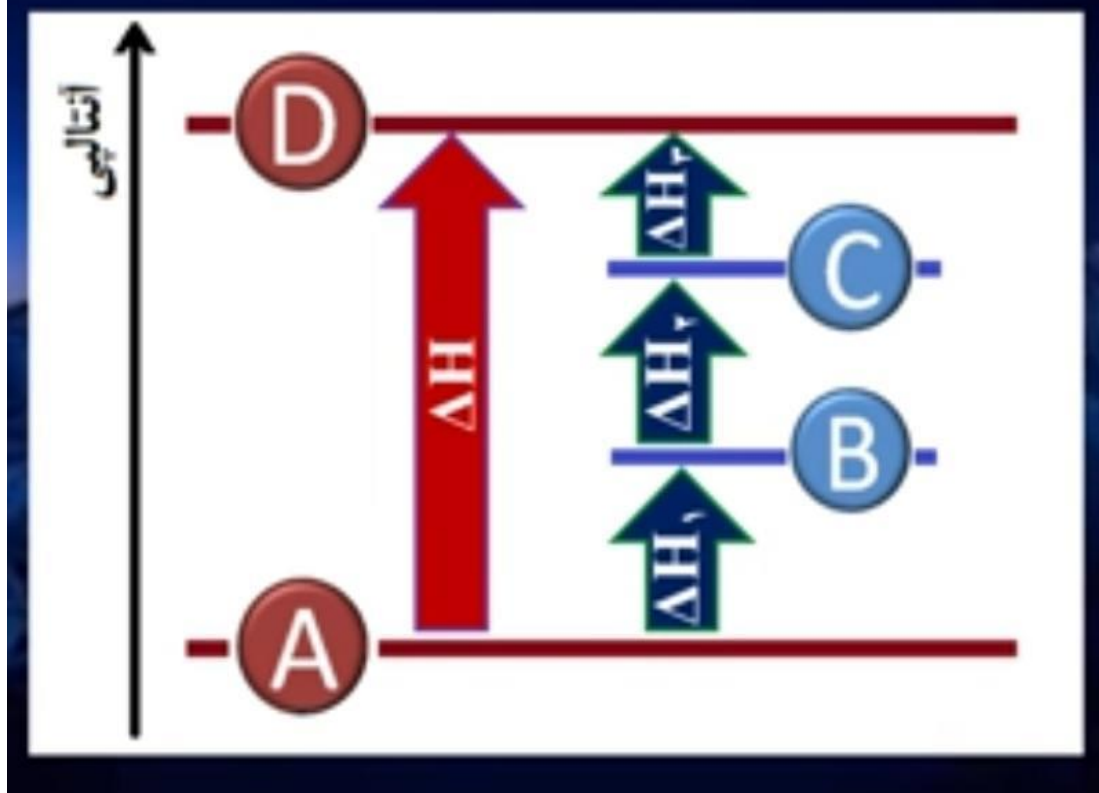
استفاده از قانون هس برای محاسبه آنتالپی
برخی واکنش ها (مقدمه):



در تصویر بالا سه مسیر مختلف برای رسیدن
کوهنوردان از نقطه A به نقطه B مشخص شده
ولی در هر سه روش با وجود طی مسافت های
مختلف ، ارتفاعی که کوهنوردان در هر سه
مسیر طی کرده اند یکسان و برابر h می
باشد.

پس میزان فاصله طی شده از A به B بستگی
به مسیر انجام فرایند ندارد.

گرماسنجی (اندازه گیری گرمای واکنش)



به همین صورت ، طبق نمودار آنتالپی بالا ،
اگر به هر دلیل نتوانیم آنتالپی واکنش $A \rightarrow D$
را به روش تجربی تعیین کنیم ولی بدانیم که
انجام این واکنش در حقیقت در دو یا چند
مرحله انجام می شود . مثلاً طبق تصویر ابتدا
A به B سپس B به C و در نهایت C به D تبدیل
می شود ، و بتوانیم آنتالپی های واکنش های
این سه مرحله را به روش تجربی تعیین کنیم

، می توان با توجه به آنتالپی های این سه مرحله ، آنتالپی مجهول را محاسبه کرد.
به عبارتی :

$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$$

درحقیقت داستان به صورت زیر است :



$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$$

 موضوع مذکور توسط هنری هس با انجام

آزمایش ها مطرح شد که :

گرمای یک واکنش معین به راه یا مسیری که

برای انجام آن در پیش گرفته می شود ،

بستگی ندارد.

به عبارتی می توان آنتالپی یک واکنش چند

مرحله ای را به روش غیرمستقیم

(غیر تجربی) تعیین کرد ، به شرطی که

شرایط انجام همه واکنش ها یکسان باشد.

? چرا از روش غیرمستقیم (روش محاسباتی

مثل روش قانون هس) برای تعیین گرمای

برخی واکنش ها استفاده می شود؟ یا به

عبارتی : چرا از روش مستقیم (تجربی) برای

تعیین گرمای برخی واکنش ها استفاده نمی
شود؟ پاسخ:

سوال: چرا برای تعیین گرمای برخی از واکنش های شیمیایی

، از روش های غیرمستقیم استفاده می کنیم؟

پاسخ: زیرا تأمین شرایط بهینه برای انجام آنها بسیار دشوار

است:

* برخی از واکنش ها ، مرحله ای از یک واکنش پیچیده هستند

* برخی از واکنش ها به آسانی انجام نمی شوند

دو نکته مهم برای آمادگی حل مسائل

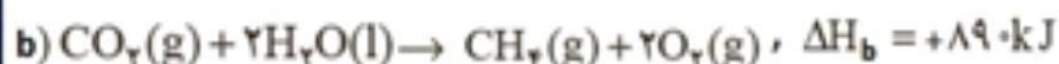
قانون هس :

تغییراتی که می توان در معادله های نمادی ایجاد کرد

(۱) وارونه کردن معادله شیمیایی :

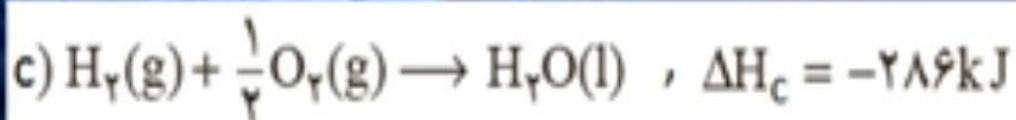
با عوض کردن جای واکنش دهنده ها و فراورده ها در یک معادله شیمیایی ، واکنش ΔH مورد نظر ، قرینه می شود .

مثال :



(۲) تغییر دادن ضرایب استوکیومتری :

با ضرب کردن یک عدد معین در ضرایب استوکیومتری یک معادله شیمیایی ، واکنش ΔH مورد نظر نیز در همان عدد ضرب می شود . مثال :

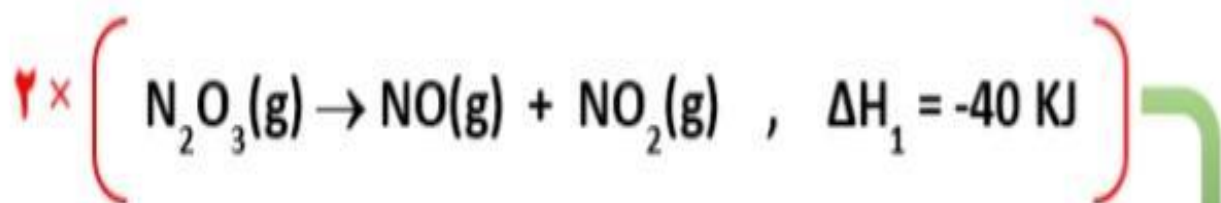


یا به عبارتی :

نکته: در برخی موارد از جمع واکنش‌های داده شده، واکنش مورد نظر به دست نمی‌آید در این صورت ضروری است که برای محاسبه آنتالپی واکنش مورد نظر تغییراتی در واکنش‌های داده شده ایجاد شود:

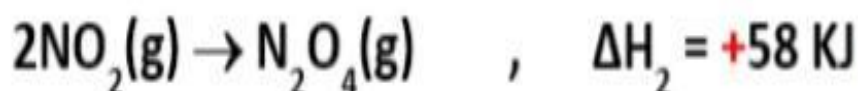
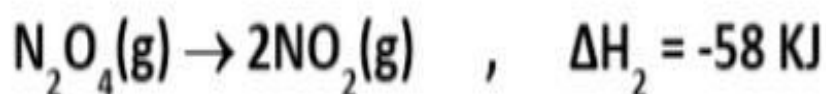
(۱) اگر واکنشی را در عددی ضرب شود ΔH آن نیز در همان عدد ضرب می‌شود.

مثال:



(۲) اگر واکنشی را وارونه کنیم علامت ΔH آن تغییر می‌کند.

مثال:





حل سه مسئله ساده در همین مورد (حالت فیزیکی همه مواد هر واکنش را به حالت گاز در نظر بگیرید)

۱؟ اگر آنتالپی واکنش ۱ برابر ۳۰ کیلوژول باشد، آنتالپی واکنش ۲ چقدر است؟

واکنش ۱: $A \rightarrow \frac{1}{2}B + D$

واکنش ۲: $2A \rightarrow B + 2D$

پاسخ: ۶۰ کیلوژول چون ضرایب معادله واکنش ۲، دو برابر واکنش ۱ می باشد پس آنتالپی واکنش نیز دو برابر خواهد شد.

۲؟ اگر آنتالپی واکنش $A + B \rightarrow E$

برابر ۴۰- کیلوژول باشد. آنتالپی واکنش داده شده چقدر است؟ $E \rightarrow A + B$

پاسخ : ۴۰ کیلوژول. چون واکنش جابه
جاشده پس آنتالپی واکنش جدید قرینه آنتالپی
واکنش قبلی خواهد بود

۳؟ اگر آنتالپی واکنش $A + 1/2B \rightarrow F$

برابر ۶۰- کیلوژول باشد، آنتالپی واکنش زیر
چقدر است ؟ $2F \rightarrow 2A + B$

پاسخ : ۱۲۰ کیلوژول چون هم ضرایب
مواد واکنش دوبرابر شده و هم واکنش جابه
جا شده است.

تعریف قانون هس

قانون هس

اگر معادله واکنشی را بتوان از جمع معادله دو یا چند واکنش دیگر به دست آورد ، ΔH آن نیز از جمع جبری ΔH همان واکنش ها به دست می آید

* گرمای یک واکنش معین ، به راهی که برای انجام آن در پیش گرفته می شود ، وابسته نیست

* شرایط انجام همه واکنش ها باید یکسان باشد

* معمولاً لازم است ابتدا تغییراتی را در معادله های داده شده ایجاد کنیم و سپس ΔH آن ها را با هم جمع کنیم .

نکته : در مسائل استاندارد ، معادله

واکنشی که باید آنتالپی آن به کمک قانون هس

محاسبه شود ، در حقیقت واکنش آنتالپی
مجهول می باشد که به روش مستقیم آنتالپی
آن قابل اندازه گیری نیست.

نکاتی در مورد محاسبه آنتالپی واکنش به
کمک قانون هس :

🔥 ش - اروجی :

۱ ■ 🔥 مهمترین نکته ⚡ :

از اولین واکنش دهنده در واکنشی که آنتالپی
آنرا می خواهیم به کمک قانون هس محاسبه
کنیم ، شروع می کنیم .

به شرطی که این ماده فقط در یکی از مراحل
واکنش موجود باشد و اگر این ویژگی را نداشت
سراغ واکنش دهنده یا فرآورده بعدی واکنش
آنتالپی مجهول می رویم .

۲ ■ اگر هر یک از مواد واکنش آنتالپی مجهول، در بیش از یک مرحله باشند به سراغ حذف موادی که در واکنش آنتالپی مجهول نیستند ، می رویم .

۳ ■ اگر مجبور باشیم به تنظیم ضرایب موادی که در بیش از یک ماده موجود هستند شویم باید جمع جبری ضرایب آن ماده را به صورت معادله ریاضی برابر با ضریب آن ماده در واکنش معادله مجهول قرار دهیم.

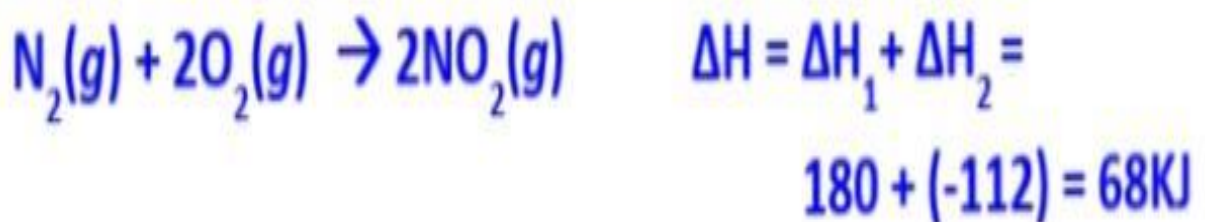
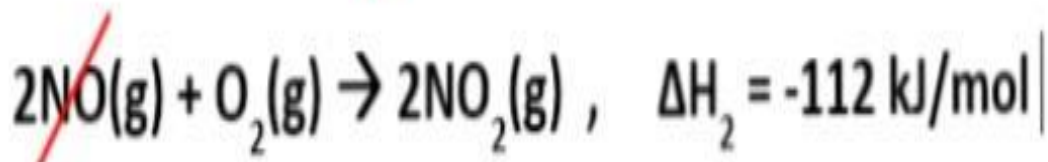
۴ ■ اگر مواد واکنش در هر مرحله واکنش در عددی ضرب شوند ، آنتالپی آن واکنش هم در همان عدد ضرب می شود.

۵ ■ اگر باید مرحله واکنشی جابه جا شود ، علامت آنتالپی واکنش باید تغییر کند.

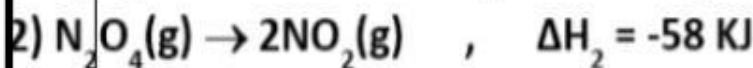
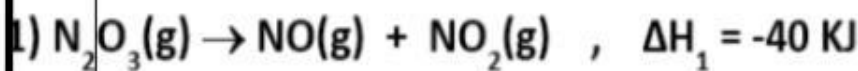
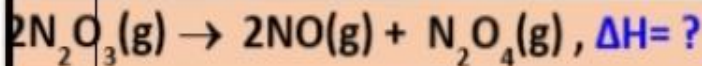
مسئله ۱ : مسائلی از قانون هس با پاسخ

مسئله ۱ :

مثال: با توجه به واکنش‌های داده شده آنتالپی واکنش: $N_2(g) + 2O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g)$ را به دست آورید.

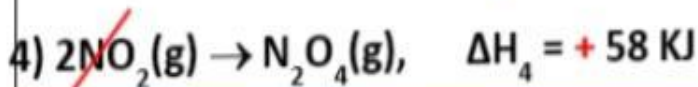


درسنامه شیمی ۲ فصل دوم در پی غذای سالم



✓ در واکنش مورد نظر N_2O_3 با ضریب استوکیومتری ۲ است اما در معادله واکنش (۱) دارای ضریب استوکیومتری ۱ است بنابراین باید معادله واکنش (۱) در عدد ۲ ضرب شود.

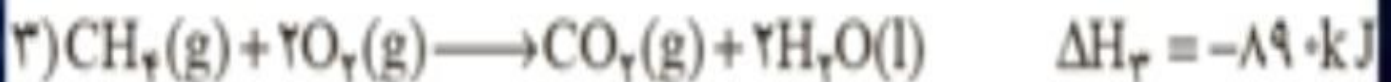
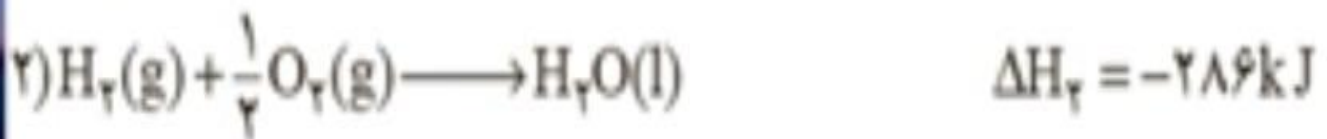
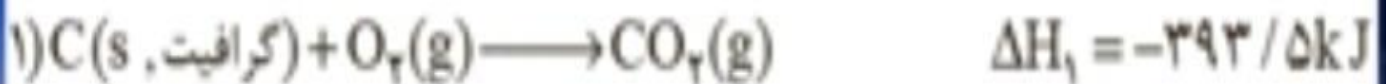
✓ در واکنش مورد نظر N_2O_4 با ضریب ۱ و در سمت فراورده است. در معادله واکنش (۲) این ماده ضریب ۱ دارد اما در سمت واکنش دهنده است. بنابراین باید معادله واکنش (۲) وارونه شود.



مسئله ۳ :

آموزش تشریحی حل یک مسئله به روش
قانون هس:

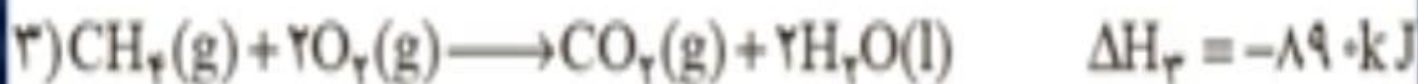
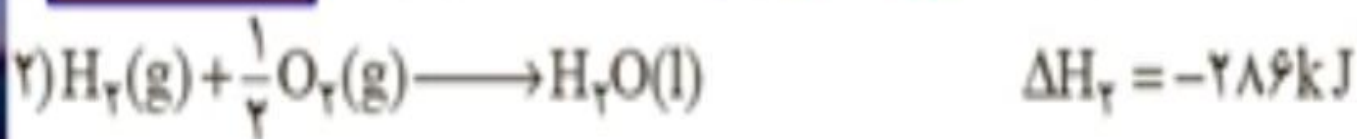
سوال ۱: آنتالپی واکنش درون کادر زیر را به دست آورید



پاسخ مرحله به مرحله مسئله بالا :

۱ ● اولین ماده واکنش دهنده در واکنش آنتالپی مجهول گرافیت است که شرط تنظیم را دارد

زیرا در بین سه مرحله واکنش بالا ، که آنتالپی های معلوم دارند ، فقط در یک مرحله (مرحله اول) قرار دارد. و جایگاه و ضریبش مطابق با واکنش آنتالپی مجهول است ، یعنی گرافیت در واکنش مرحله ۱ مانند واکنش درون کادر ، درست چپ و مانند واکنش درون کادر با ضریب ۱ می باشد

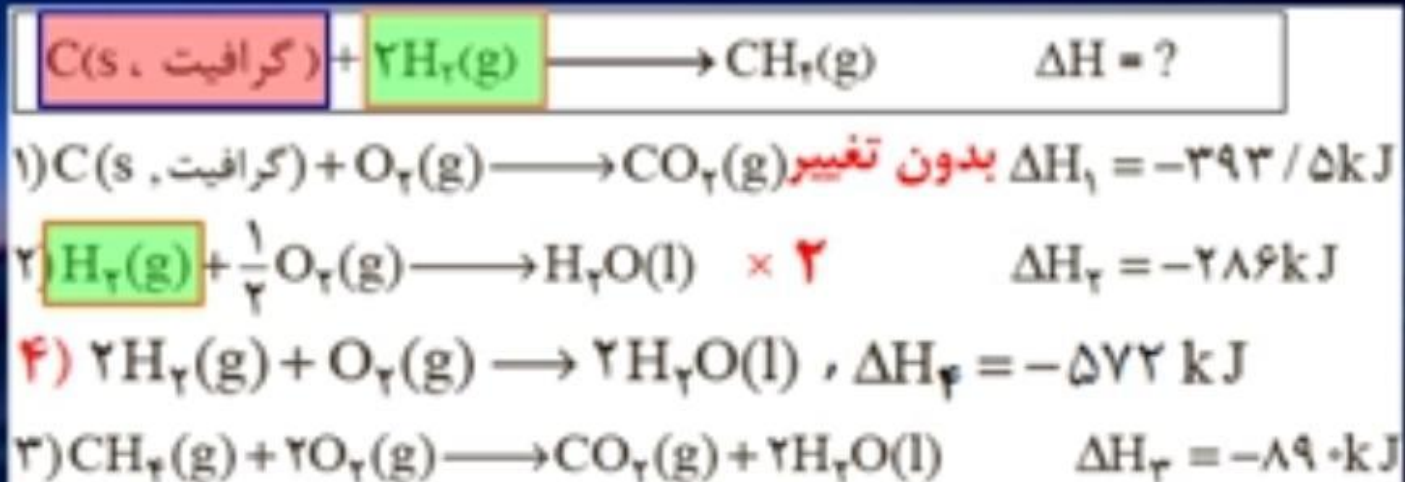


، پس تغییری در این واکنش لازم نیست داده

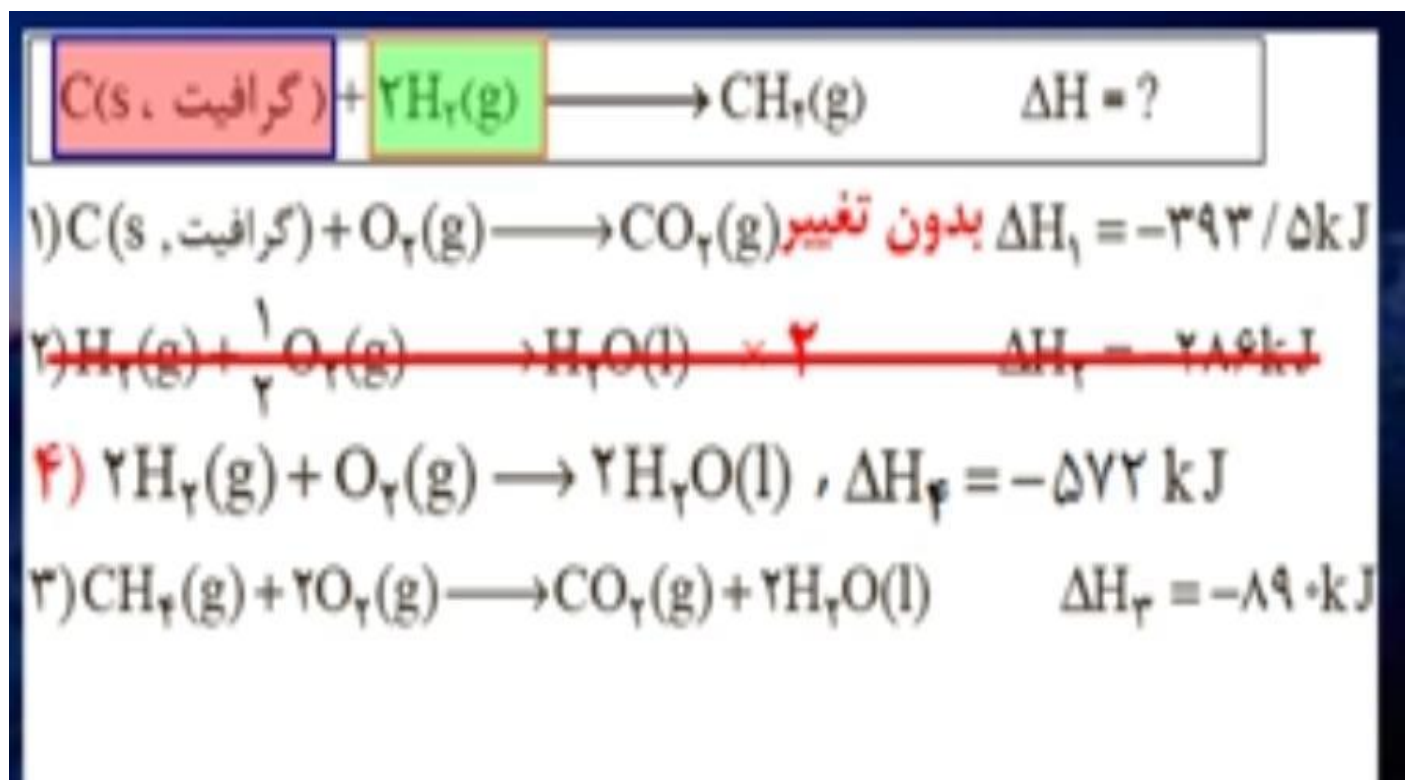
شود. بنابراین آنتالپی آن نیز تغییر نمی کند 

۲ ● واکنش دهنده دوم (H_2) در واکنش آنتالپی مجهول را در نظر می گیریم. در بین مراحل واکنش ، گاز H_2 نیز فقط در واکنش مرحله دوم قرار دارد پس می توانیم آنرا نیز تنظیم کنیم:

جایگاه H_2 در واکنش مرحله ۲ مانند واکنش درون کادر سمت چپ است. پس جابه جایی لازم نیست. ولی ضریب H_2 در مرحله دوم واکنش ۱ هست اما در واکنش درون کادر ۲



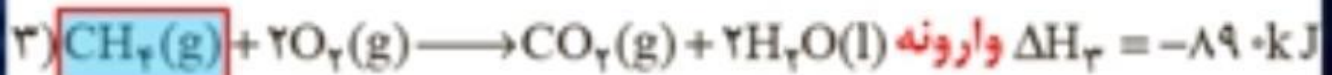
پس باید هر یک از ضرایب مواد واکنش
مرحله ۲ را در عدد ۲ ضرب کنیم حتی
آنتالپی واکنش را :
در نتیجه:



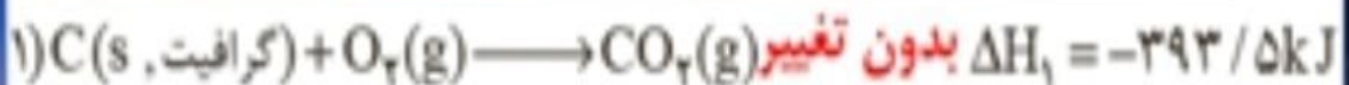
۳● سراغ متان که فراورده واکنش آنتالپی
مجهول است می رویم :

متان نیز فقط در یک مرحله واکنش (شماره ۳)
قرار دارد پس براحتی واکنش ۳ نیز تنظیم می
شود: چون متان در واکنش آنتالپی مجهول

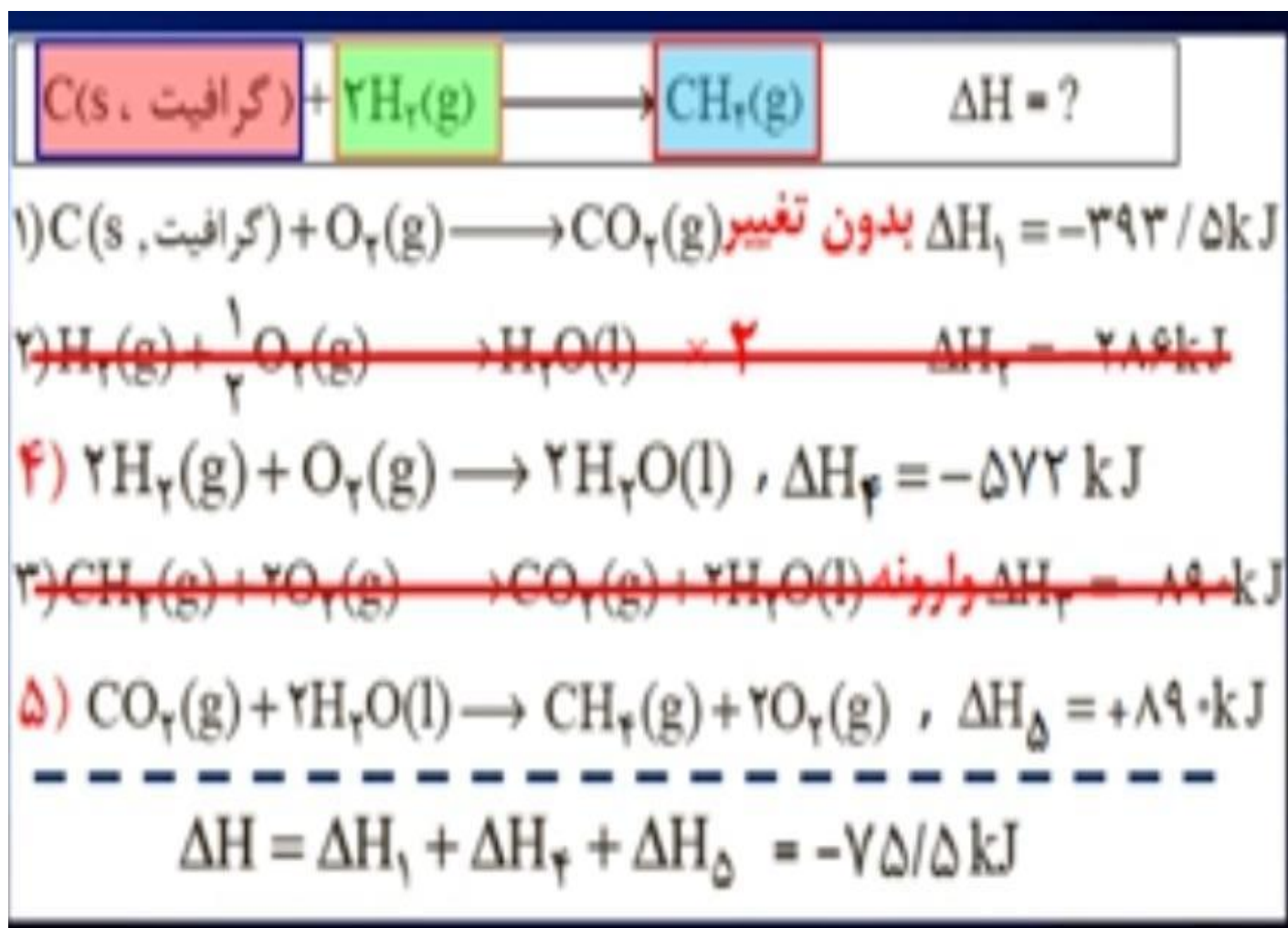
سمت راست و دارای ضریب ۱ است.
درواکنش شماره ۳ متان با ضریب ۱ ولی
سمت چپ است، پس باید واکنش شماره ۳
جابه جا شود ولی لازم به تغییر ضریبش
نیست. بنابراین آنتالپی واکنش جدیدقرینه
آنتالپی واکنش ۳ خواهد بود:



پس:

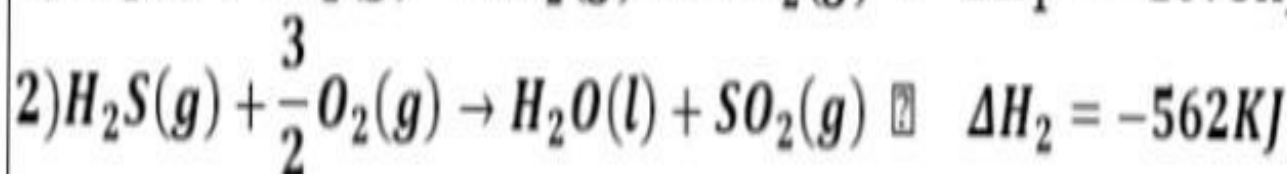
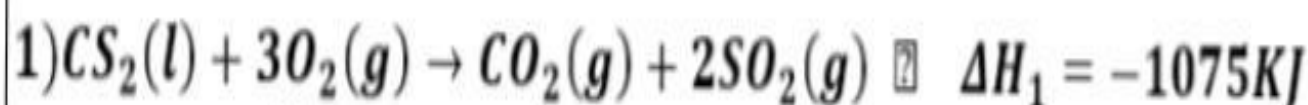


۴• در پایان آنتالپی های خط نخورده را جمع می زنیم تا آنتالپی مجهول واکنش درون کادر بدست آید:

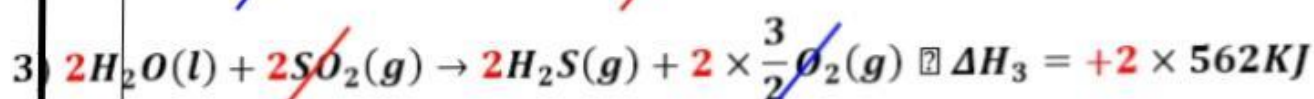
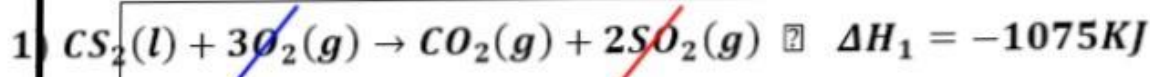


مسئله ۴:

مثال: با استفاده از واکنش‌های داده شده ΔH واکنش زیر را حساب کنید.



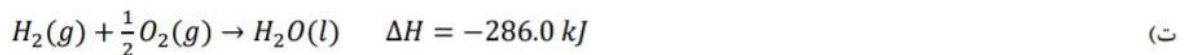
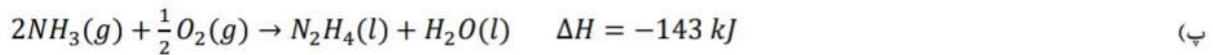
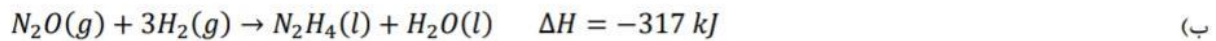
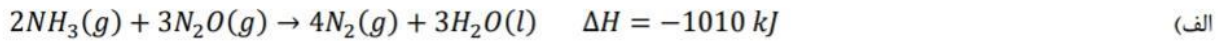
پاسخ: واکنش (۱) بدون تغییر باقی می‌ماند و واکنش (۲) وارونه و در ۲ ضرب می‌شود.



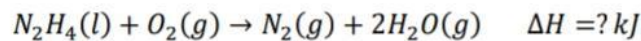
$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_3 = -1075 + 1124 = 49KJ$$

مسئله ۵:

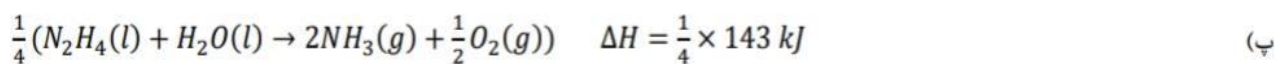
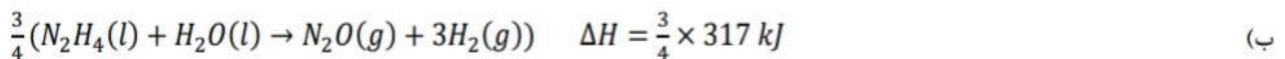
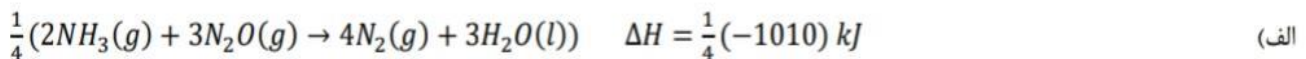
7- با در دست داشتن واکنش های ترموشیمی زیر:



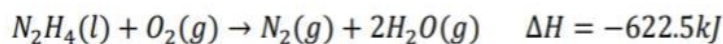
مقدار ΔH واکنش زیر را محاسبه کنید:



-7

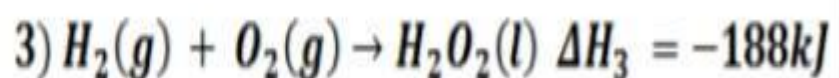
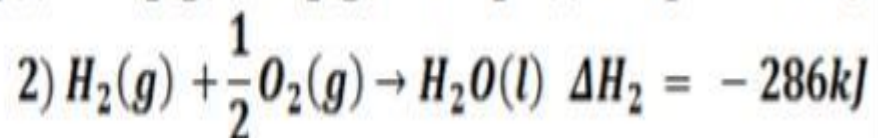
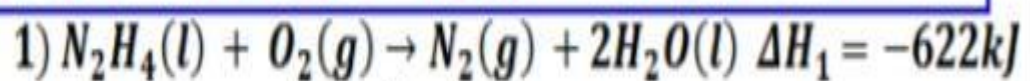


مقدار ΔH واکنش زیر را محاسبه کنید:



مسئله ۶ :

مثال: با استفاده از واکنش‌های داده شده ΔH واکنش داخل کادر برابر چند کیلوژول است؟



درسنامه شیمی ۲ فصل دوم در پی غذای سالم



پاسخ:

واکنش (۱) بدون تغییر (ΔH_1)

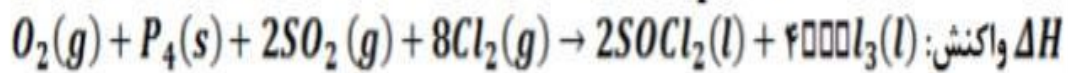
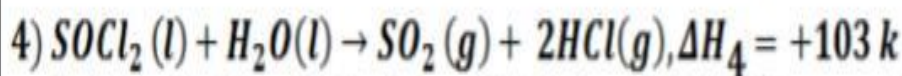
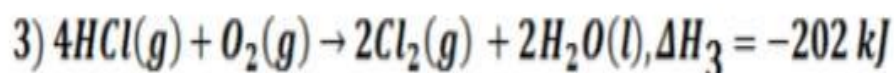
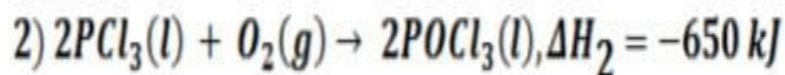
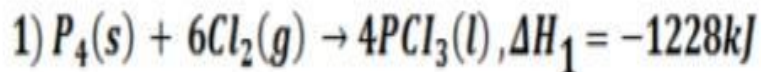
واکنش (۲) ضرب در ۲ ($+2\Delta H_2$)

واکنش (۳) وارونه و ضرب در ۲ می‌شود. ($-2\Delta H_3$)

$$\Delta H = \Delta H_1 + 2\Delta H_2 - 2\Delta H_3 = -622 + 2 \times (-286) - 2 \times (-188) = -818 \text{ KJ}$$

مسئله ۷ :

مثال: با توجه به واکنش‌های:



برابر چند کیلوژول است؟

پاسخ:

واکنش (۱) بدون تغییر (ΔH_1)

واکنش (۲) ضرب در ۲ ($+2\Delta H_2$)

واکنش (۳) وارونه ($-\Delta H_3$)

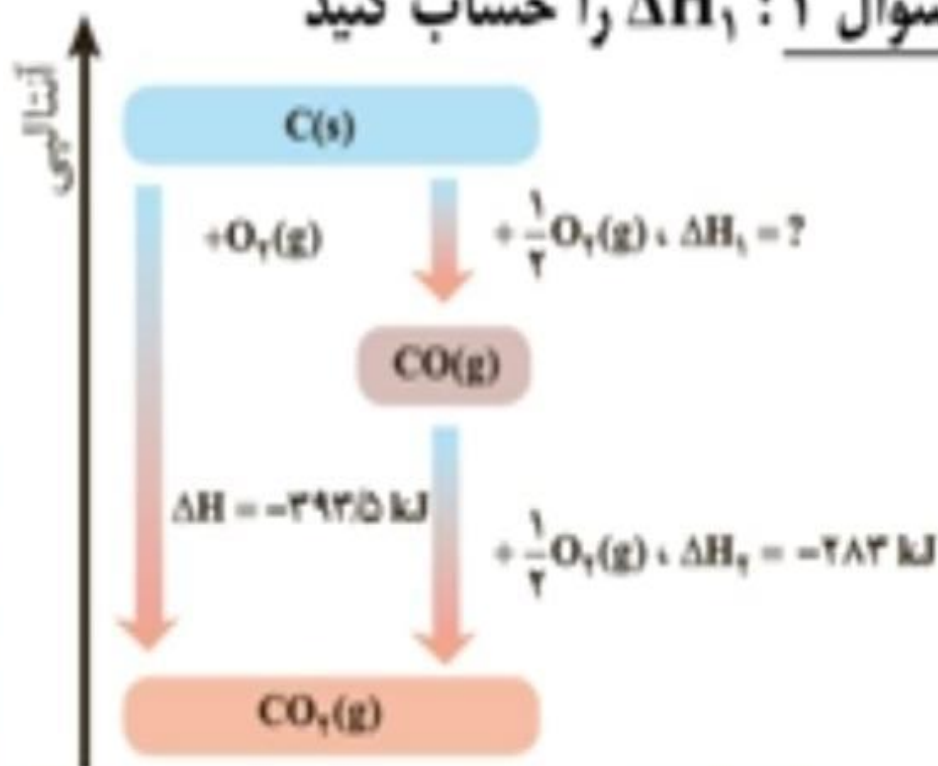
واکنش (۴) وارونه و ضرب در ۲ می‌شود. ($-2\Delta H_4$)

$$\Delta H = \Delta H_1 + 2\Delta H_2 - \Delta H_3 - 2\Delta H_4 = -1228 + 2 \times (-650) - (-202) - 2 \times (103) \\ = -2532 \text{ kJ}$$

چند نمونه مسئله نموداری از قانون هس:

قانون هس

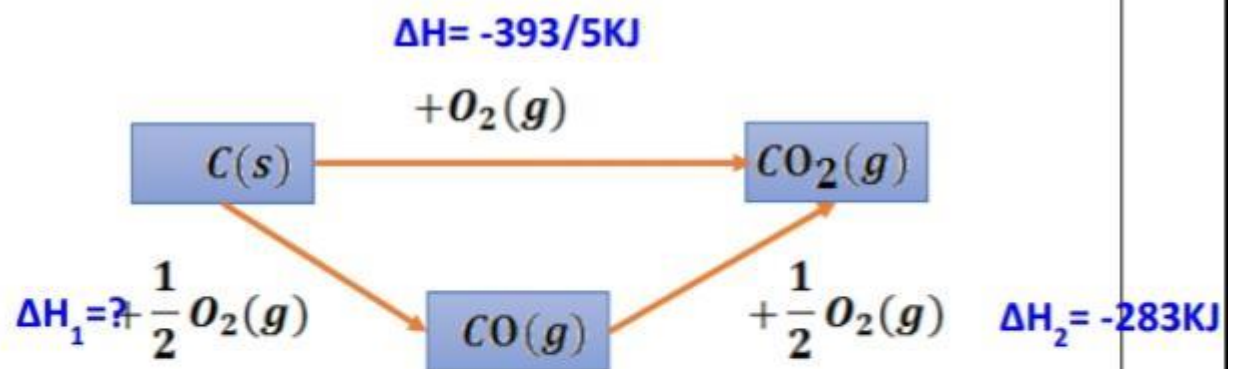
سوال ۲: ΔH_1 را حساب کنید



$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 \Rightarrow -393/5 = \Delta H_1 + (-283)$$

$$\Rightarrow \Delta H_1 = -110/5$$

مسئله ۹ :

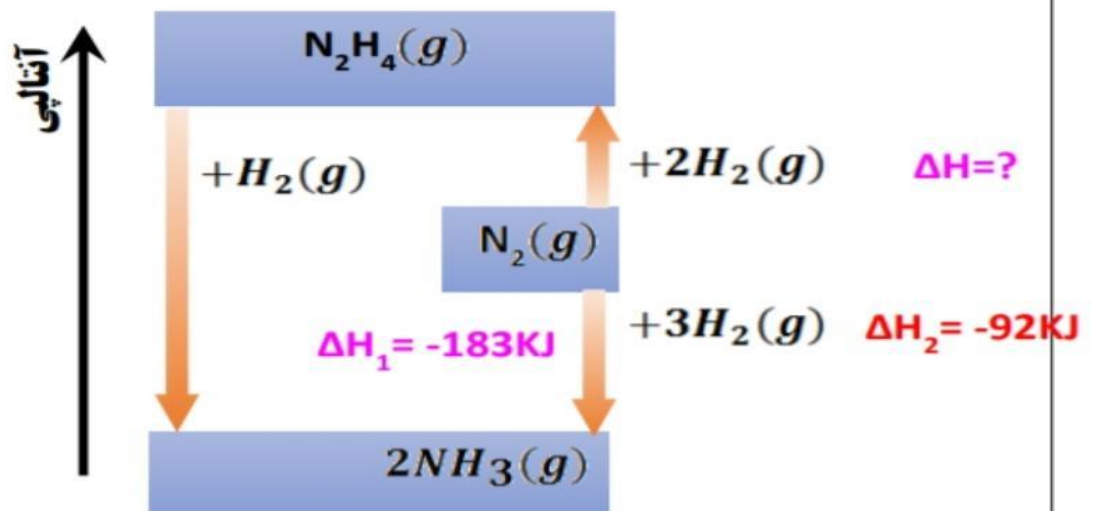


$$\begin{aligned}\Delta H &= \Delta H_1 + \Delta H_2 \\ -393.5 &= \Delta H_1 + (-283) \\ \Delta H_1 &= -110.5 \text{ kJ}\end{aligned}$$

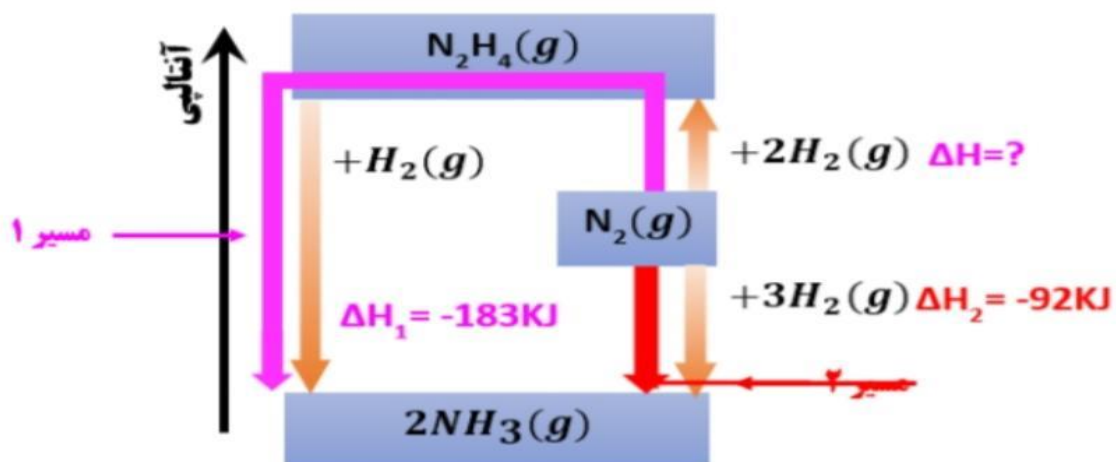
مسئله ۱۰ :



درسنامه شیمی ۲ فصل دوم در پی غذای سالم



پاسخ:



$$\begin{cases} \text{مسیر ۱} \rightarrow \Delta H + \Delta H_1 \\ \text{مسیر ۲} \rightarrow \Delta H_2 \end{cases} \rightarrow \begin{aligned} \Delta H_2 &= \Delta H + \Delta H_1 \\ -92 &= \Delta H + (-183) \\ \Delta H &= -91 \text{ kJ} \end{aligned}$$