



۸- آنتالپی پیوند و میانگین آن

صفحات ۲۷ و ۲۸ کتاب درسی

انجام یک واکنش شیمیایی نشاندهی از

تغییر در شیمی اتم ها به یکدیگر است که به تغییر در ساختار و خواص مواد منجر می شود

یکی از خواصی که در واکنش های شیمیایی تغییر می کند محتوای انرژی مواد است

این توصیف از واکنش،

اهمیت پیوندهای شیمیایی و نقش انرژی وابسته به آن ها را در گرمایی یک واکنش نشان می دهد

برای درک انرژی پیوند می توان بحث را با پیوند میان ساده ترین اتم ها ادامه داد

یک نمونه گاز هیدروژن، مجموعه ای از شمار بسیار زیادی مولکول های دو اتمی بوده

و هر مولکول شامل دو اتم هیدروژن با یک پیوند اشتراکی است

انتظار می رود برای تبدیل این مولکول ها به اتم های جدا از هم انرژی صرف شود

خواهد تجویز نشان می دهد 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



در ترموشیمی به مقدار 436 kJ ، آنتالپی پیوند $H-H$ می گویند

و آن را با نماد $\Delta H(H-H) = 436 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ نشان می دهند

آنتالپی پیوند

مقدار انرژی مصرف شده در فشار ثابت

هنگام شکستن یک مول پیوند بین دو اتم گازی

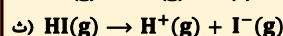
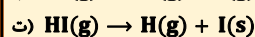
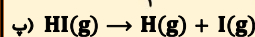
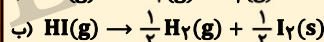
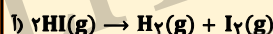
و تبدیل آن ها به اتم های گازی جدا از یکدیگر

آنتالپی پیوند همواره عددی مثبت است و با یکانی $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ اندازه گیری می شود

جدول زیر آنتالپی برخی پیوندها را نشان می دهد

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

ΔH کدام واکنش زیر نشان دهنده ی آنتالپی پیوند HI است؟ چرا؟



به پرسش های زیر در مورد آنتالپی پیوند پاسخ مناسب دهید.

ا) آنتالپی پیوند را تعریف کنید.

ب) یکای آن را بنویسید.

پ) آنتالپی پیوند عددی مثبت است یا منفی؟ چرا؟

ت) درستی یا نادرستی عبارت زیر را تعیین کنید.

«تشکیل یک پیوند از اتم های گازی جدا از هم، با آزاد شدن انرژی همراه است»

با انتخاب یکی از دو مورد داده شده، عبارت های زیر را به درستی کامل کنید.

۱) واکنش تبدیل مولکول های F_2 به اتم های F ، (گرماده / گرماگیر) است.



عوامل مؤثر بر آنتالپی پیوند

آنتالپی (kJ mol ⁻¹)	پیوند
۲۴۲	Cl-Cl
۱۹۳	Br-Br
۱۵۱	I-I
۵۶۷	H-F
۴۳۱	H-Cl
۴۹۵	O-O
۹۴۵	N=N

(رابطه ممکن)
طول پیوند

(رابطه مستقیم)
مرتبه پیوند

شعاع اتم: $C > N > O > F$

شعاع اتم: $I > Br > Cl > F$

طول پیوند: $I-I > Br-Br > Cl-Cl > F-F$

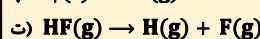
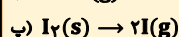
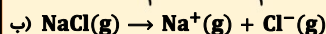
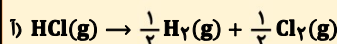
طول پیوند: $H-I > H-Br > H-Cl > H-F$

آنتالپی پیوند: $N \equiv N > O = O$

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

نشان دهنده رابطه معکوس

انرژی مبادله شده در کدام موارد زیر، نشان دهنده‌ی آنتالپی پیوند یک پیوند معین است؟ آن‌ها را مشخص کنید.



نام هالوژن

$F_2(g)$ فلوئور $2s^2 2p^5$

$Cl_2(g)$ کلر $3s^2 3p^5$

$Br_2(l)$ برم $4s^2 4p^5$

$I_2(s)$ ید $5s^2 5p^5$

نقطه جوش

$I_2 > Br_2 > Cl_2 > F_2$

با انتخاب یکی از دو مورد داده شده، عبارت‌های زیر را به درستی کامل کنید.

الف) آنتالپی پیوند $H-Cl$ (بزرگ‌تر / کوچک‌تر) از آنتالپی پیوند $H-I$ است.

ب) میانگین آنتالپی پیوند $C-C$ ، (بیشتر / کمتر) از میانگین آنتالپی پیوند $C-O$ است.

مقایسه‌های زیر را از نظر آنتالپی پیوند انجام دهید.

الف) $C-C$ ☐ $C-O$ ب) $O-H$ ☐ $S-H$

ج) $I-I$ ☐ $Br-Br$ د) $N \equiv N$ ☐ $N-N$

ه) $H-Cl$ ☐ $H-Br$ و) $N \equiv N$ ☐ $O=O$

درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را تعیین کرده و در صورت نادرست بودن، شکل درست یا علت نادرستی آن را بنویسید.

الف) میانگین آنتالپی پیوند $N-H$ بیشتر از میانگین آنتالپی $O-H$ است.

ب) میانگین آنتالپی پیوند $C=C$ به اندازه‌ی دو برابر میانگین آنتالپی پیوند $C-C$ است.

ج) انرژی لازم برای شکستن یک مول پیوند N_2 بیشتر از انرژی لازم برای شکستن یک مول پیوند بین دو اتم کربن در اتین است.

د) اگر خلصت نافلزی هالوژن X از خلصت نافلزی هالوژن Y بیشتر باشد، می‌توان گفت که آنتالپی پیوند HX بیشتر است.

ه) به طور کلی، اگر نقطه‌ی جوش هالوژن X_2 بالاتر از هالوژن Y_2 باشد، می‌توان گفت که آنتالپی پیوند $X-X$ بیشتر از $Y-Y$ بوده است.

اینک شاید بپرسید که شیمی دان‌ها چگونه

آنتالپی پیوند را برای مولکول‌های چند اتمی مانند CH_4 و H_2O و NH_3 تعیین و گزارش می‌کنند؟

در مولکول‌های اترین دسته، اتم مرکزی به چند اتم کربن یا هیدروژن یا پیوندهای اشتراکی متصل است

یا نقشه‌های تجربی نشان می‌دهد که

برای چنین مولکول‌هایی به کار بردن میانگین آنتالپی پیوند مناسب‌تر است

برای نمونه براساس واکنش،



میانگین آنتالپی پیوند $C-H$ در جدول‌ها، $415 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ درج شده (چرا؟)

به دیگر سخن $\Delta H(C-H) = 415 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ است



جدول زیر میانگین انرژی برخی پیوندها را نشان می‌دهد

پیوند	میانگین انرژی (kJ mol ⁻¹)
C-O	380
N-H	391
O-H	463
C-C	348
C=C	614
C≡C	839
C=O	799
C≡N	945
N-N	163
O-O	146

برای کربن: $C \equiv C > C = C > C - C$ (کمتر از دو برابر کمتر از سه برابر)

برای نیتروژن: $N \equiv N > N - N$ (بیش از سه برابر)

و انرژی میانگین انرژی پیوند برای پیوندهای موکول های دو اتمی مانند: NO CO

$H_2 - O_2 - N_2 - F_2 - Cl_2 - Br_2 - I_2 - HF - HCl - HBr - HI$

مناسب نیست و باید از همان انرژی استفاده کرد

برای کدام پیوندهای زیر، به کار بردن «میانگین انرژی پیوند» مناسب‌تر است؟

(ب) $C = O$ (پ) $C \equiv C$

(ت) $O - H$ (پ) $C \equiv O$

(ج) $N - H$ (ث) $F - H$

(ح) $O = O$ (چ) $Br - Br$

(خ) $O - O$

آموختند که انجام فرایندهای فیزیکی و شیمیایی منجر به تغییر محتوای انرژی مواد می‌شود

از این رو انجام حرکت اترن‌ها یا جذب یا از دست دادن گرما همراه است

تجربه نشان می‌دهد که گرما می‌تواند به صورت درواکنش‌های شیمیایی قابل اندازه‌گیری بوده

و یکی از اهداف ما این است که در ترموشیمی دنبال می‌شود

با استفاده از داده‌های جدول زیر انرژی حرکت اترن‌ها را پیدا می‌کنیم

پیوند	میانگین انرژی (kJ mol ⁻¹)
C-O	380
N-H	391
O-H	463
C-C	348
C=C	614
C≡C	839
C=O	799
C≡N	945
N-N	163
O-O	146

دومول پیوند O - H شکسته می‌شود

$H_2O(g) \rightarrow O(g) + 2H(g) \quad \Delta H = +485 \text{ kJ}$

یک مول پیوند N - H تشکیل می‌شود

$NH_3(g) + H(g) \rightarrow NH_4(g) \quad \Delta H = -391 \text{ kJ}$

با توجه به جدول زیر، ΔH واکنش‌های خواسته شده را حساب کنید.

(ا) $NH(g) + 2H(g) \rightarrow NH_3(g)$

(ب) $CO_2(g) \rightarrow C(g) + 2O(g)$

(ج) $CH_3OH(g) \rightarrow CH_3(g) + OH(g)$

(د) $2H(g) + O(g) \rightarrow H_2O(g)$

اگر انرژی واکنش (I) و (II) برحسب کیلوژول بر مول به ترتیب ۱۶۶۰ و ۲۸۴۰ باشد، میانگین انرژی پیوند C - C را برحسب $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ به دست آورید.

(پ) I) $CH_4(g) \rightarrow C(g) + 4H(g)$

II) $C_2H_6(g) \rightarrow 2C(g) + 6H(g)$

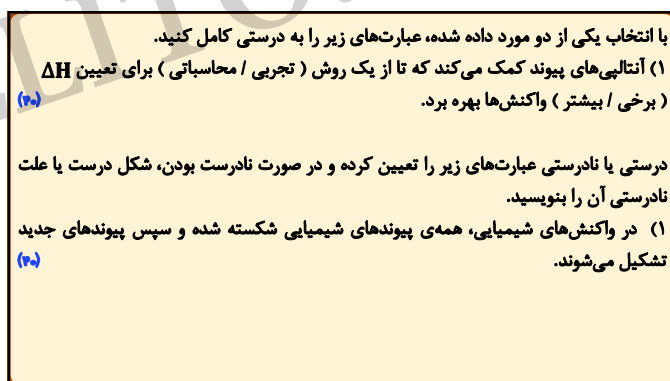
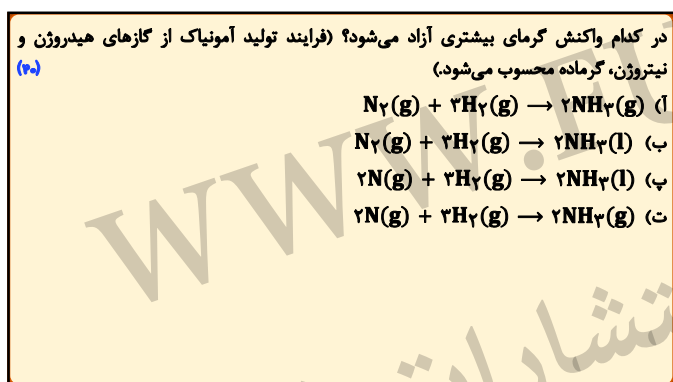
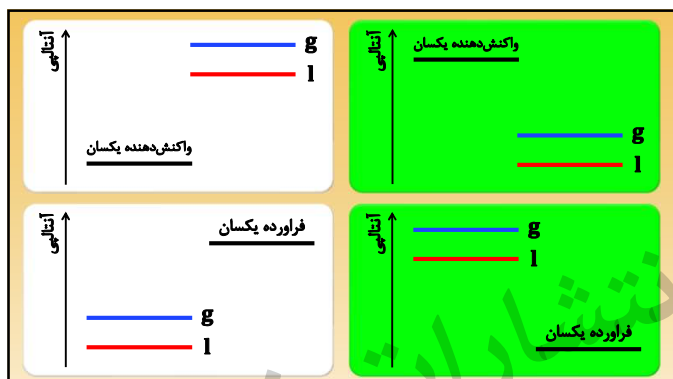
ΔH کدام واکنش‌های زیر، برابر با انرژی پیوند مورد نظر است؟

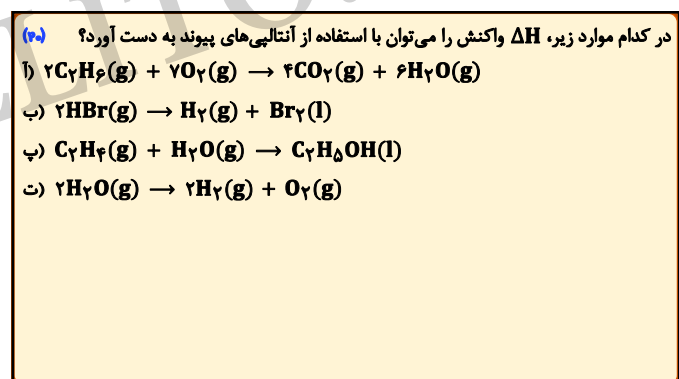
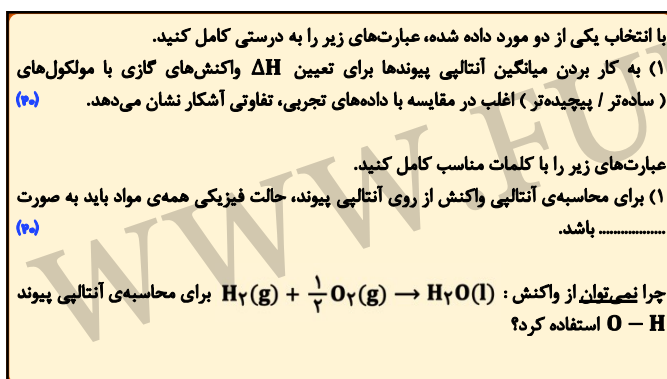
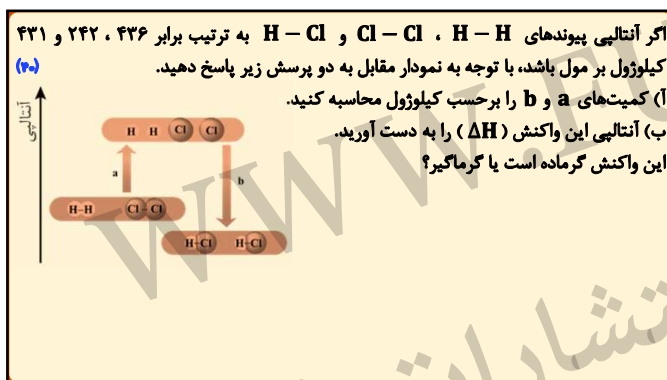
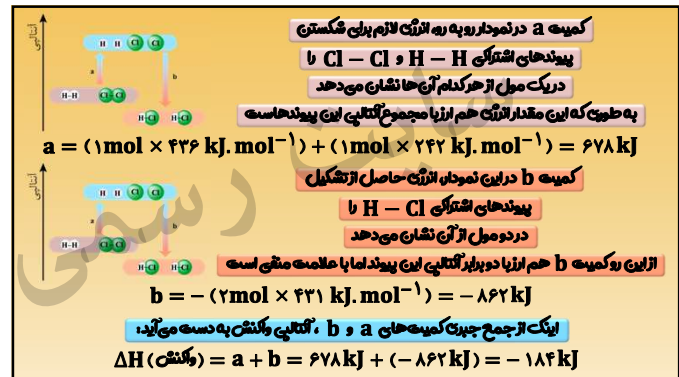
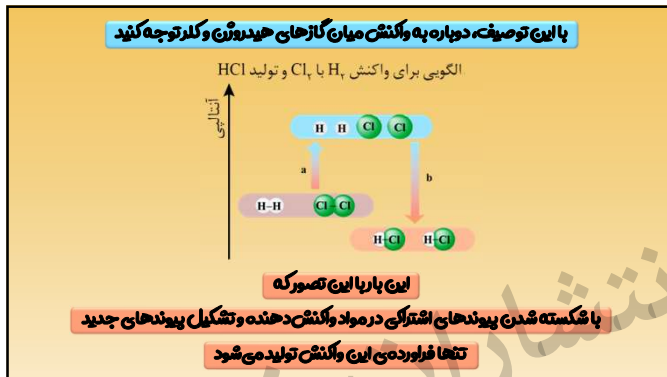
(ا) انرژی پیوند HBr: $HBr(g) \rightarrow H(g) + Br(l)$

(ب) میانگین انرژی پیوند C = O: $CO_2(g) \rightarrow C(g) + 2O(g)$

(پ) انرژی پیوند Br-Br: $Br_2(l) \rightarrow 2Br(g)$

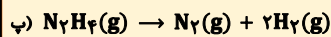
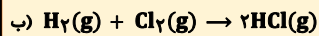
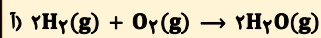
(ت) میانگین انرژی پیوند C - C: $C_2H_6(g) \rightarrow 2C(g) + 6H(g)$







سه واکنش گازی زیر را در نظر بگیرید. در کدام واکنش، ΔH محاسبه شده با روش آنتالپی‌های پیوند، تفاوت کمتری با داده‌های تجربی دارد؟ توضیح دهید.



مجموع آنتالپی پیوندهای در مواد واکنش دهنده منهای مجموع آنتالپی پیوندهای در مواد فراورده

مجموع آنتالپی پیوندهای در مواد واکنش دهنده منهای مجموع آنتالپی پیوندهای در مواد فراورده

$$\Delta H (\text{واکنش}) = \left[\text{مجموع آنتالپی پیوندهای در مواد واکنش دهنده} \right] - \left[\text{مجموع آنتالپی پیوندهای در مواد فراورده} \right]$$

a b

گرماگیر گرماده

a > b a < b

درستی یا نادرستی عبارتهای زیر را تعیین کرده و در صورت نادرست بودن، شکل درست یا علت نادرستی آن را بنویسید.

۱) اگر مجموع آنتالپی پیوندهای مواد واکنش دهنده را از مجموع آنتالپی پیوندهای مواد فراورده کم کنیم، آنتالپی واکنش را محاسبه کرده‌ایم.

۲) در واکنش‌های گرماده مانند واکنش میان گازهای H_2 و Cl_2 ، مجموع آنتالپی پیوندهای واکنش دهنده‌ها کوچکتر از مجموع آنتالپی پیوندهای فراورده‌هاست.

با استفاده از جدول داده شده، ΔH هر یک از واکنش‌های ترموشیمیایی زیر را حساب کنید.

O-H	O=O	C-C	C-H	N-N	N-H	H-H	N≡N	پیوند آنتالپی پیوند (kJ.mol ⁻¹)
۴۶۳	۴۹۵	۳۳۸	۴۱۵	۱۶۳	۳۹۱	۴۳۶	۹۴۵	

الف) $N \equiv N(g) + 2H_2(g) \rightarrow H_2N - NH_2(g)$ $\Delta H = + 91 \text{ kJ}$

ب) $2CH_4(g) \rightarrow C_2H_6(g) + H_2(g)$ $\Delta H = + 65 \text{ kJ}$

پ) $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$ $\Delta H = - 484 \text{ kJ}$

با استفاده از جدول داده شده، ΔH هر یک از واکنش‌های ترموشیمیایی زیر را حساب کنید.

O-H	O=O	C-C	C-H	N-N	N-H	H-H	N≡N	پیوند آنتالپی پیوند (kJ.mol ⁻¹)
۴۶۳	۴۹۵	۳۳۸	۴۱۵	۱۶۳	۳۹۱	۴۳۶	۹۴۵	

الف) $N \equiv N(g) + 2H_2(g) \rightarrow H_2N - NH_2(g)$ $\Delta H = + 91 \text{ kJ}$

ب) $2CH_4(g) \rightarrow C_2H_6(g) + H_2(g)$ $\Delta H = + 65 \text{ kJ}$

پ) $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$ $\Delta H = - 484 \text{ kJ}$

با استفاده از جدول داده شده، ΔH هر یک از واکنش‌های ترموشیمیایی زیر را حساب کنید.

O-H	O=O	C-C	C-H	N-N	N-H	H-H	N≡N	پیوند آنتالپی پیوند (kJ.mol ⁻¹)
۴۶۳	۴۹۵	۳۳۸	۴۱۵	۱۶۳	۳۹۱	۴۳۶	۹۴۵	

الف) $N \equiv N(g) + 2H_2(g) \rightarrow H_2N - NH_2(g)$ $\Delta H = + 91 \text{ kJ}$

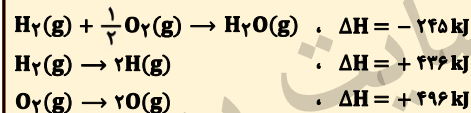
ب) $2CH_4(g) \rightarrow C_2H_6(g) + H_2(g)$ $\Delta H = + 65 \text{ kJ}$

پ) $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$ $\Delta H = - 484 \text{ kJ}$

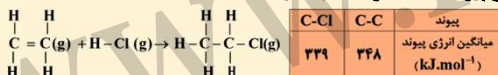


آنتالپی پیوند $\text{Br}-\text{Br}(\text{g})$ و $\text{H}-\text{H}(\text{g})$ برحسب کیلوژول بر مول به ترتیب برابر با ۱۹۳ و ۴۳۶ است، علاوه بر آن می‌دانیم: $\Delta H = -70.2 \text{ kJ}$ ، $2\text{Br}(\text{g}) + 2\text{H}(\text{g}) \rightarrow 2\text{HBr}(\text{g})$ با توجه به این اطلاعات، آنتالپی واکنش: $\frac{1}{2}\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{Br}_2(\text{g}) \rightarrow \text{HBr}(\text{g})$ را برحسب کیلوژول بر مول به دست آورید. (۲۰)

با توجه به اطلاعات زیر، میانگین آنتالپی پیوند $\text{O}-\text{H}$ در $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ برحسب کیلوژول بر مول را به دست آورید. (۲۰)



گاز کلرواتان در افشانه‌های بی‌حس‌کننده موضعی کاربرد دارد و از واکنش گاز اتن با گاز HCl (هیدروژن کلرید) به دست می‌آید. اگر مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها در واکنش زیر برابر با $(+270.5)$ کیلوژول و آنتالپی واکنش (-59) کیلوژول باشد، با توجه به جدول داده شده، آنتالپی پیوند $\text{C}-\text{H}$ را محاسبه کنید. (فصل ۲ - جدول ۱۳۰۳)



پیوند	C-Cl	C-C
میانگین انرژی پیوند ($\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$)	۳۳۹	۳۴۸

اگر آنتالپی پیوندهای $\text{A}-\text{A}$ و $\text{B}-\text{B}$ به ترتیب 0.75 و 0.18 برابر آنتالپی پیوند $\text{A}-\text{B}$ باشد، با توجه به واکنش: $2\text{AB}_2(\text{g}) + 570 \text{ kJ} \rightarrow \text{A}_2(\text{g}) + 2\text{B}_2(\text{g})$ ، آنتالپی پیوند $\text{A}-\text{B}$ را برحسب $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ به دست آورید. (۲۰)

اگر آنتالپی پیوند $\text{A}-\text{B}$ به اندازه‌ی $25 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ از آنتالپی پیوند $\text{A}-\text{A}$ بیشتر و آنتالپی پیوند $\text{A}-\text{A}$ به اندازه‌ی $40 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ از آنتالپی پیوند $\text{B}-\text{B}$ کوچک‌تر باشد، ΔH واکنش زیر را برحسب کیلوژول به دست آورید. (۲۰)

