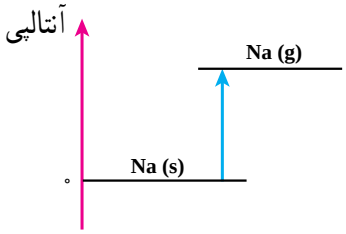
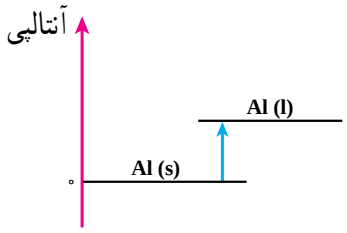
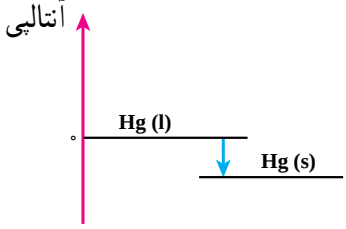


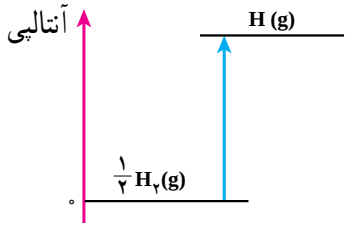
$\Delta H^{\circ}_{f}(Na\,,g) = \Delta H^{\circ}_{sub}(Na\,,s) = +۱۰۷/۳۲\ kJ.mol^{-۱}$



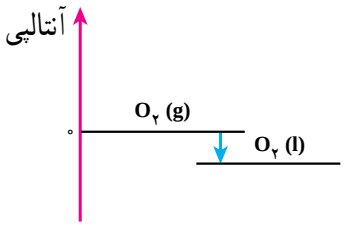
$\Delta H^{\circ}_{f}(Al\,,l) = \Delta H^{\circ}_{fus}(Al\,,s) = +۱۰/۵۶\ kJ.mol^{-۱}$



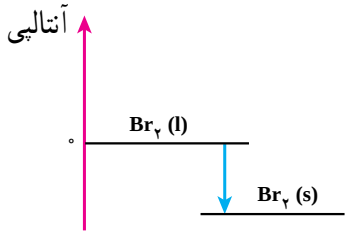
$\Delta H^{\circ}_{f}(Hg\,,s) = -۲/۵۳\ kJ.mol^{-۱}$



$\Delta H^{\circ}_{f}(H\,,g) = \frac{۱}{۲}\Delta H_{\text{پیوند}}(H-H) = +۲۱۸\ kJ.mol^{-۱}$



$\Delta H^{\circ}_{f}(O_۲\,,l) = -۰/۴۴\ kJ.mol^{-۱}$



$\Delta H^{\circ}_{f}(Br_۲\,,s) = -۱۰/۵۷\ kJ.mol^{-۱}$

توجه کنید که هنگام تشکیل $H^{+}(aq)$ در محلول در همهٔ دماها، $\Delta H^{\circ}_{f}(H^{+}\,,aq) = ۰$ در نظر گرفته می‌شود. برای نمونه اگر $\Delta H^{\circ}_{f}(HBr\,,aq) = -۱۲۲kJ.mol^{-۱}$ باشد، می‌توان همهٔ این مقدار را وابسته به تشکیل $Br^{-}(aq)$ دانست. اینک با این الگو می‌توان ΔH°_{f} دیگر یون‌ها را به‌دست آورد.

پاسخ «فکر کنید» ص۵۵

منفی بودن آنتالپی استاندارد تشکیل بسیاری از مواد نشان می‌دهد که این مواد از عنصرهای سازنده پایدارند؛ به‌طوری‌که اگر از عنصرهای سازنده در حالت استاندارد تشکیل شوند، گرما آزاد می‌شود و آنتالپی کاهش می‌یابد.

۲ــ آنتالپی استاندارد سوختن (ΔH°_{c}[۱])

تغییر آنتالپی واکنش استانداردی است که در آن یک مول ماده، در مقدار کافی اکسیژن

۱ــ Standard Enthalpy of Combustion

می‌سوزد؛ مانند :

۱) $C(s\ ,\text{گرافیت}) + O_2(g) \longrightarrow CO_2\ (g) + ۳۹۳/۵\ kJ.mol^{-۱}$

$\Delta H^\circ_C(C\ s\ ,\text{گرافیت}) = -۳۹۳/۵\ kJ.mol^{-۱} = \Delta H^\circ_f(CO_2\ , g)$

توجه کنید ΔH°_C گرافیت هم‌ارز با ΔH°_f گاز کربن‌دی‌اکسید است.

۲) $CH_4\ (g) + ۲O_2(g) \longrightarrow CO_2\ (g) + ۲H_2O(l) + ۸۹۰\ kJ$

$\Delta H^\circ_C(CH_4\ , g) = -۸۹۰\ kJ.mol^{-۱}$

پاسخ «فکر کنید» صفحهٔ ۵۶

معادلهٔ سوختن کامل این هیدروکربن‌ها به‌صورت زیر است :

$$C_2H_6\ (g) + \frac{۷}{۲}O_2(g) \longrightarrow ۲CO_2\ (g) + ۳H_2O(l) + ۱۵۶۰\ kJ$$

$$C_2H_4\ (g) + ۳O_2(g) \longrightarrow ۲CO_2\ (g) + ۲H_2O(l) + ۱۴۰۹\ kJ$$

$$C_2H_2\ (g) + \frac{۵}{۲}O_2(g) \longrightarrow ۲CO_2\ (g) + H_2O(l) + ۱۲۹۹\ kJ$$

با کمی دقت درمی‌یابید که تفاوت این واکنش‌ها در شمار مول‌های آب مایع و گرمای تولید شده در واکنش است.

در شعلهٔ ایجاد شده، بخشی از گرمای تولید شده صرف رساندن دمای فراورده‌ها به دمای محیط یا شعله می‌شود.

هرچه شمار مول‌های آب مایع (ظرفیت گرمایی ویژهٔ آن غیرعادی بالاست) بیشتر باشد، گرمای بیشتری صرف رساندن دمای آن به دمای شعله می‌شود. در نتیجه انرژی گرمایی کمتری برای شعله می‌ماند. ازاین‌رو در واکنش سوختن یک مول اتان با اینکه گرمای بیشتری تولید می‌شود، دمای شعلهٔ آن کمتر است و در واکنش سوختن یک مول اتین با اینکه گرمای کمتری تولید می‌شود اما دمای شعلهٔ آن بیشتر است (از شعلهٔ داغ اتین در جوشکاری و برش فلزها استفاده می‌شود).

۳ــ میانگین آنتالپی پیوند (ΔH_{A-B})

تغییر آنتالپی واکنشی است که در آن یک مول پیوند کووالانسی به‌صورت یکنواخت شکسته می‌شود و در آن همهٔ شرکت‌کننده‌ها به حالت گازی و در حالت پایه (و نه برانگیخته) هستند؛ مانند :

$$Cl_2(g) \longrightarrow ۲Cl\ (g)\ ,\ \Delta H_{Cl-Cl} = +۲۴۰\ kJ.mol^{-۱}$$

در گونه‌هایی که چند پیوند کوالانسی یکسان وجود دارد، آنتالپی نخستین پیوند با دومین، دومین با سومین و... متفاوت است. در چنین حالت‌هایی باید میانگین آنتالپی پیوند به‌کار رود.

برای نمونه به آنتالپی‌های پیوند O–H در ساختار $H_2O\ (g)$ توجه کنید.

$$H–OH\ (g) \longrightarrow H(g) + OH(g)\ ,\ \Delta H_{H-OH} = +۴۹۹\ kJ.mol^{-۱}$$

$$O–H\ (g) \longrightarrow O(g) + H(g)\ ,\ \Delta H_{O-H} = +۴۲۸\ kJ.mol^{-۱}$$

در جدول آنتالپی‌های پیوند میانگین این دو مقدار درج شده است :

$$\Delta H_{O-H} = \frac{۱}{۲}(\Delta H_{H-OH} + \Delta H_{O-H}) = \frac{۱}{۲}(۴۹۹ + ۴۲۸) = +۴۶۳/۵\ kJ.mol^{-۱}$$

توجه کنید که آنتالپی پیوند اغلب با طول پیوند رابطهٔ وارونه دارد؛ مانند :

ویژگی/پیوند	C–H	N–H	O–H	F–H
طول (pm)	۱۰۹	۱۰۱	۹۶	۹۲
آنتالپی ($kJ.mol^{-1}$)	۴۱۲	۳۸۸	۴۶۳/۵	۵۶۵

ویژگی‌های ارائه شده برای میانگین آنتالپی‌های پیوند نشان می‌دهند که داده‌هایی تقریبی‌اند و برای کارهای تحقیقاتی دقیق مناسب نیستند.

۴ــ آنتالپی استاندارد انحلال (ΔH°_{sol}[۲])

آنتالپی فرایند استانداردی است که در آن یک مول حل‌شونده در مقدار معینی حلال در دما و فشار ثابت حل می‌شود. اگر مقدار حلال به‌کار رفته بسیار زیاد باشد، محلول به دست آمده بسیار رقیق است و به تغییر آنتالپی آن، آنتالپی حدی انحلال می‌گویند. برای نمونه آنتالپی حدی انحلال برای پتاسیم کلرید در آب برابر است با :

$$KCl\,(s) \xrightarrow{\text{در آب}} K^{+}(aq) + Cl^{-}(aq) \quad , \quad \Delta H^{\circ}_{sol} = +۱۷/۲\ kJ.mol^{-۱}$$

۵ــ آنتالپی استاندارد آبپوشی (ΔH°_{h})

تغییر آنتالپی وابسته به آبپوشی یک مول حل شوندهٔ گازی در آب در دما و فشار استاندارد می‌باشد؛ مانند :

$$HCl\,(g) \xrightarrow{\text{در آب}} HCl\,(aq) \quad , \quad \Delta H^{\circ}_{h} = -۷۵/۱۴\ kJ.mol^{-۱}$$

تلاش‌های بسیاری برای تخمین آنتالپی استاندارد آبپوشی یون‌های منفرد انجام شده است. سرانجام با استفاده از برخی شیوه‌های ترمودینامیکی، ΔH°_{h} پروتون تعیین شد.

$$H^{+}\,(g) \xrightarrow{\text{در آب}} H^{+}\,(aq) \quad , \quad \Delta H^{\circ}_{h} = -۱۰۹۰\ kJ.mol^{-۱}$$

بر این اساس ΔH°_{h} برخی یون‌های گازی بر حسب $kJ.mol^{-۱}$ در جدول زیر آمده است.

یون گازی	F^{-}	Cl^{-}	Br^{-}	I^{-}	Na^{+}	K^{+}	$Ca^{۲+}$	$Al^{۳+}$
ΔH°_{h}	−۵۰۶	−۳۶۴	−۳۳۷	−۲۹۶	−۴۰۵	−۳۲۱	−۱۶۵۰	−۴۶۹۰

۶ــ آنتالپی استاندارد شبکهٔ یونی (ΔH°_{L}[۳])

تغییر آنتالپی وابسته به واکنش استانداردی است که در آن یک مول جامد یونی از یون‌های گازی سازنده تولید می‌شود. مانند :

$$Mg^{۲+}\,(g) + ۲Cl^{-}\,(g) \longrightarrow MgCl_{۲}\,(s) + ۲۵۲۴\ kJ \quad , \quad \Delta H^{\circ}_{L}(MgCl_{۲}, s) = -۲۵۲۴\ kJ.mol^{-۱}$$

۱ــ Standard Enthalpy of Solution

۲ــ Standard Enthalpy of Lattice