آنتالپیهای تشکیل:

تشکیل اجسام مرکب از عنصرها با مبادله انرژی همراه است. برای مثال وقتی ۱ مول آب به حالت مـایع از گازهای هیدروژن و اکسیژن در دمای $25^{\circ}C$ تشکیل می‌شود، همراه با آن ۲۸۵/۸ کیلوژول انرژی در شـکل گرمـا آزاد می‌شود.

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)} \quad ; \quad \Delta H^{\circ}_{298} = -285.8kJ$$

به $-۲۸۵/۸kJ$، آنتالپی استاندارد تشکیل $H_2O_{(l)}$ گفته می‌شود و با نماد $\Delta H^{\circ}_{f\,(H_2O,l)}$ نشان داده می‌شـود. بدین ترتیب

$$\Delta H^{\circ}_{f\,(H_2O,l)} = -285.8kJmol^{-1}$$

از همین راه می‌توان آنتالپی استاندارد تشکیل اجسام مرکب دیگر را هم تعیین کرد، به طور خلاصه، آنتالپی استاندارد تشکیل یک جسم مرکب برابر با آنتالپی واکنش استانداردی است که در آن، جسم مرکـب مـورد نظـر از عنصرهایش در حالت مرجع تشکیل می‌شود. حالت مرجع یک عنصر، پایدارترین شکل آن عنصر در یک دمای معین و در فشار ۱ بار است. بدین ترتیب در $۲۹۸K$، حالت مرجع برای نیتروژن مولکولهای N_2 به حالت گاز است، برای جیوه، مایع آن، برای کربن، گرافیت، و برای قلع، شکل سفید آن فلز است.

به عنوان مثال، آنتالپی استاندارد تشکیل بنزن مایع در $۲۹۸K$ برابر با آنتالپی استاندارد واکنش زیر است.

$$6C_{\text{گرافیت}} + 3H_{2(g)} \rightarrow C_6H_{6(l)} \quad ; \quad \Delta H^{\circ}_{f\,(C_6H_6,l)} = +49.0kJmol^{-1}$$

بنابراین آنتالپی تشکیل استاندارد (که با نماد ΔH°_f نشان داده می‌شود) مقدار ΔH مربوط به واکنـشی است که در ان یک مول ماده در atm ۱ و دمای مرجع خاصی از عناصر سازنده ان در پایدارترین شکلی که در فشار atm ۱ و دمای مرجع دارند، تشکیل می‌شود. بعضی از بخشهای این تعریف لازم به توضیح است.

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
Olympiad.roshd.ir
www.ShimiPedia.ir

۱. می‌توان گفت که این تعریف در مورد واکنشهایی که شامل مواد مرکب و عناصر در حالت استاندارد خود هستند به کار می‌آید. حالت استاندارد یک مایع یا جامد، مایع خالص یا جامد خالصی است که تحت فشار atm ۱ باشد. حالت استاندارد یک گاز حالتی است که فشار atm ۱ دارد و فرض بر این است که رفتار آن ایده‌آل است. نماد ΔH° که مشخص‌کننده تغییرات آنتالپی استاندارد است، برای واکنشهایی به کار می‌آید که فقط شامل موادی در حالت استاندارد هستند.

۲. دمای مرجعی که معمولاً انتخاب می‌شود، $25^\circ C$ است. غالب مقادیر ΔH_f° موجود در جدولها مربوط به واکنشهایی است که در دمای مرجع $25^\circ C$ باشند.

۳. بعضی از عناصر به چند شکل وجود دارند. شکل عنصری که برای به دست آوردن مقدار ΔH_f° به کار می‌رود، آن شکلی است که در atm ۱ و دمای مرجع از همه شکلهای دیگر آن عنصر پایدارتر است (کمترین آنتالپی را دارد). برای نمونه، کربن هم به شکل الماس و هم به شکل گرافیت وجود دارد. اما آنتالپی الماس بیشتر از آنتالپی گرافیت است:

$$C_{\text{گرافیت}} \rightarrow C_{\text{الماس}} \qquad \Delta H^\circ = 1.9kJ \qquad (۱)$$

بنابراین، گرافیت در $25^\circ C$ و atm ۱ پایدارترین شکل کربن است و برای به دست آوردن مقادیر ΔH_f° ترکیبات آن به کار می‌رود.

دو واکنش تشکیل $CO_2(g)$ را در نظر بگیرید:

$$C_{\text{گرافیت}} + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) \qquad \Delta H^\circ = -393.5kJ$$
$$C_{\text{الماس}} + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) \qquad \Delta H^\circ = -395.4kJ$$

آنتالپی تشکیل استاندارد $CO_2(g)$ در معادله اول که در آن گرافیت به کار رفته، داده شده است.

اکسیژن عنصر دیگری است که بیشتر از یک شکل دارد. آنتالپی مولکول اکسیژن، $O_2(g)$ کمتر از آنتالپی

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
Olympiad.roshd.ir
www.ShimiPedia.ir

مولکول اوزون $O_3(g)$ است:

$$\frac{3}{2}O_2(g)\rightarrow O_3(g) \qquad \Delta H^\circ = +142kJ \qquad (۲)$$

بنابراین، شکل پایدارترین اکسیژن در atm ۱ و $25^\circ C$، $O_2(g)$ است. این شکل اکسیژن برای به دست آوردن آنتالپی تشکیل استاندارد به کار می‌رود. توجه داشته باشید که آنتالپی شکل تک‌اتمی عناصر که در طبیعت به صورت دو اتمی وجود دارند $(I_2, Br_2, Cl_2, F_2, O_2, N_2, H_2)$ بسیار زیاد است. بنابراین شکل پایدار هر یک از این عناصر، شکل دو اتمی آنها است، مثلاً شکل پایدار است نه شکل $O(g)$.

بنابر قرارداد، آنتالپی تشکیل استاندارد پایدارترین شکل یک عنصر در atm ۱ فشار و دمای مرجع (ΔH° برای واکنشی که در آن این شکل عنصر از خودش تهیه می‌شود) برابر با صفر است. اما توجه داشته باشید که می‌توان گفت معادله (۱) آنتالپی تشکیل استاندارد C گرافیت و معادله (۲) آنتالپی تشکیل استاندارد $O_3(g)$ را نشان می‌دهند.

بنابراین، آنتالپی تشکیل نوع خاصی از تغییر آنتالپی است. مقادیر ΔH در واکنشهای زیر در واقع مقادیر ΔH_f° برای $HI(g), H_2O(l)$ هستند:

$$H_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g)\rightarrow H_2O(l) \qquad \Delta H_f^\circ = -285.9kJ$$

$$\frac{1}{2}H_2(g)+\frac{1}{2}I_2(g)\rightarrow HI(g) \qquad \Delta H_f^\circ = +25.9kJ$$

آنتالپیهای تشکیل یا به طور مستقیم اندازه‌گیری می‌شوند یا با استفاده از قانون هس از داده‌های ترمودینامیکی دیگر محاسبه می‌شوند. ΔH واکنش زیر:

$$C_{\text{گرافیت}} + 2H_2(g)\rightarrow CH_4(g) \qquad \Delta H_f^\circ = -74.9kJ$$

آنتالپی تشکیل استاندارد $CH_4(g)$ است. بعضی از آنتالپیهای تشکیل استاندارد در جدول زیر فهرست شده‌اند.

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
Olympiad.roshd.ir
www.ShimiPedia.ir

آنتالپیهای تشکیل (kJ/mol) در $25^{\circ}C$ و $1\ atm$

ماده مرکب	ΔH_f°	ماده مرکب	ΔH_f°	ماده مرکب	ΔH_f°
$AgCl(s)$	-۱۲۷/۰	$CH_3NH_2(g)$	-۲۸/۰	$HNO_3(l)$	-۱۷۳/۲
Al_2O_3	-۱۶۶۹/۸	$CH_2OH(g)$	-۲۰۱/۲	$H_2(g)$	-۲۴۱/۸
$BaCO_3(s)$	-۱۲۱۸/۰	$CH_3OH(l)$	-۲۳۸/۶	$H_2O(l)$	-۲۸۵/۹
$BaO(s)$	-۵۸۸/۱	$C_2H_5OH(l)$	-۲۷۷/۶	$H_2S(g)$	-۲۰/۲
$CaCO_3(s)$	-۱۲۰۶/۹	$CO(g)$	-۱۱۰/۵	$MgO(s)$	-۶۰۱/۸۳
$CaO(s)$	-۶۳۵/۵	$CO_2(g)$	-۳۹۳/۵	$NaCl(s)$	-۴۱۱/۰
$Ca(OH)_2(s)$	-۹۸۶/۵۹	$COCl_2(g)$	-۲۲۳/۰	$NF_3(g)$	-۱۱۳/۰
$Ca_3P_2(s)$	-۵۰۴/۱۷	$CS_2(l)$	+۸۷/۸۶	$NH_3(g)$	-۴۶/۱۹
$CF_4(g)$	-۹۱۳/۴	$Fe_2O_3(s)$	-۸۲۲/۲	$NH_4NO_3(s)$	-۳۶۵/۱
$CH_4(g)$	-۷۴/۸۵	$HBr(g)$	-۳۶/۲	$NO(g)$	+۹۰/۳۷
$C_2H_2(g)$	+۲۲۶/۷	$HCl(g)$	-۹۲/۳۰	$NO_2(g)$	+۳۳/۸
$C_2H_4(g)$	+۵۲/۳۰	$HCN(g)$	+۱۳۰/۵	$PH_3(g)$	+۹/۲۵
$C_2H_6(g)$	-۸۴/۶۸	$HF(g)$	-۲۶۹/۰	$SO_2(g)$	-۲۹۶/۹
$C_6H_6(g)$	+۴۹/۰۴	$HgBr_2(s)$	-۱۶۹/۰	$ZnO(s)$	-۳۴۸/۰
$CH_3Cl(l)$	-۱۳۲/۰	$HI(g)$	+۲۵/۹		

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
Olympiad.roshd.ir
www.ShimiPedia.ir