

ترمودینامیک شیمیایی

ترمودینامیک: علم مطالعه‌ی تبادل انرژی (یا گرما) و راه‌های انتقال آن‌ها را گویند. و اگر این تبادل در واکنش‌های شیمیایی بحث شود ترموشیمی یا گرماشیمی می‌گویند.

ترموشیمی (گرماشیمی): مطالعه‌ی کمی و کیفی انرژی گرمایی مبادله شده طی واکنش‌های شیمیایی، تغییر انرژی گرمایی و تاثیر انرژی گرمایی که بر حالت ماده دارد. موضوع‌هایی هستند که در شاخه‌ای از شیمی بررسی می‌شوند که ترموشیمی (گرماشیمی) نامیده شده است.

نکته) ترموشیمی اثر انرژی گرمایی بر سرعت واکنش را بررسی نمی‌کند و این کار از وظایف سینتیک شیمیایی است.

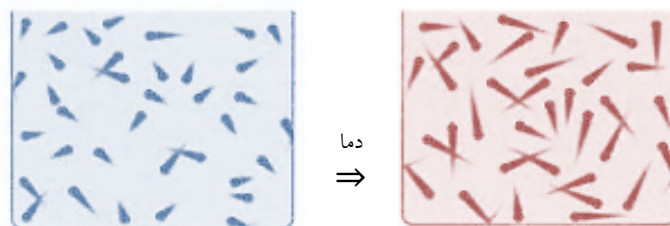
انرژی گرمایی و ذره‌های سازنده ماده:

هر جسم در حال حرکت دارای انرژی جنبشی است. چون ذره‌های سازنده ماده (اتم‌ها، یون‌ها و مولکول‌ها) پیوسته و به‌طور نامنظم در جنب‌وجوش هستند. پس همه‌ی مواد دارای انرژی جنبشی می‌باشند و انرژی آن‌ها مجموع انرژی ذره‌های سازنده آن‌ها است.

نکته) به مجموع انرژی‌های جنبشی ذره‌های سازنده‌ی یک ماده، انرژی گرمایی یا گرمای آن ماده می‌گویند.

نکته) انرژی گرمایی به تعداد ذره‌های سازنده ماده بستگی دارد و هر چه این تعداد بیشتر باشد، مجموع انرژی‌های جنبشی یا همان انرژی گرمایی ماده بیشتر است.

مواد با گرم شدن انرژی می‌گیرند انرژی جذب شده میان ذره‌ها توزیع شده و باعث افزایش سرعت آن‌ها می‌شود. بنابراین دمای جسم بالا می‌رود.



دمای پایین‌تر

دمای بالاتر

تعریف گرما: صورتی از انرژی است که بر اثر اختلاف دما از یک جسم به جسم دیگر منتقل می‌شود.

فهمیدیم که گرما صورتی از انرژی است، هنگامی که یک جسم گرم می‌شود، مقدار انرژی آن افزایش می‌یابد و این انرژی بین ذره‌های سازنده‌ی آن توزیع می‌شود، ولی چون فاصله‌ی همه‌ی ذره‌های سازنده‌ی ماده از منبع تولید گرما یکسان نیست، در نتیجه این انرژی به‌طور یکسان بین آن‌ها توزیع نمی‌شود. به همین دلیل دانشمندان دنبال معیاری برای مشخص کردن میانگین انرژی جنبشی ذره‌های سازنده‌ی ماده بودند تا این که دما را تعریف کردند.

تعریف دما: دما، نشان‌دهنده‌ی میانگین انرژی جنبشی ذره‌های سازنده‌ی یک ماده است. به عبارت دیگر دما معیاری از میزان گرمی (یا سردی) یک جسم می‌باشد.

نکته ۱) دمای یک جسم، ما را از میانگین انرژی جنبشی و سرعت حرکت ذره‌های سازنده‌ی یک جسم مطلع می‌کند.

نکته ۲) اختلاف دمای میان دو جسم، ما را از اختلاف در میانگین انرژی جنبشی و سرعت حرکت ذره‌های تشکیل دهنده‌ی این دو جسم مطلع می‌کند.

پس تا اینجا فهمیدیم که :

انرژی گرمایی (یا گرما)	<u>مجموع</u> انرژی‌های جنبشی ذره‌های سازنده‌ی یک ماده است.
دما	<u>میانگین</u> انرژی‌های جنبشی ذره‌های سازنده‌ی یک ماده است.

با توجه به این جدول اگر فرض کنیم دو ماده با نام‌های X و Y داشته باشیم که اولی شامل سه ذره و دومی شامل شش ذره باشد. سه حالت زیر را خواهیم داشت :

❖ ممکن است دمای یک ماده بالاتر باشد اما انرژی گرمایی آن کمتر باشد. به مثال زیر توجه کنید :

اگر ذرات ماده‌ی X شامل انرژی‌های جنبشی ۷ و ۸ و ۹ باشد و ذرات ماده‌ی Y شامل انرژی‌های جنبشی ۳ و ۴ و ۵ و ۶ و ۷ و ۸ باشد خواهیم داشت :

$$۸ = \text{میانگین} \quad ، \quad ۲۴ = ۷ + ۸ + ۹ = \text{مجموع} \quad : \text{برای ماده‌ی X}$$

$$۵/۵ = \text{میانگین} \quad ، \quad ۳۳ = ۳ + ۴ + ۵ + ۶ + ۷ + ۸ = \text{مجموع} \quad : \text{برای ماده‌ی Y}$$

$$۲۴ < ۳۳ : \text{مجموع (گرما)} \quad \text{ولی} \quad ۵/۵ < ۸ : \text{میانگین (دما)}$$

پس می‌توان نتیجه گرفت که در این جا دمای (میانگین) جسم X بیشتر ولی انرژی گرمایی (مجموع) آن کمتر است.

❖ ممکن است دمای دو ماده یکسان، اما انرژی گرمایی آنها متفاوت باشد. به مثال زیر توجه کنید :

اگر ذرات مادهی X شامل انرژیهای جنبشی ۶ و ۷ و ۸ باشد و ذرات مادهی Y شامل انرژیهای جنبشی ۵ و ۶ و ۷ و ۸ و ۹ باشد خواهیم داشت :

$$7 = \text{میانگین} \quad , \quad 21 = 6 + 7 + 8 = \text{مجموع} \quad : \text{ برای مادهی X}$$

$$7 = \text{میانگین} \quad , \quad 42 = 5 + 6 + 7 + 7 + 8 + 9 = \text{مجموع} \quad : \text{ برای مادهی Y}$$

❖ ممکن است دمای دو ماده متفاوت، اما انرژی گرمایی آنها یکسان باشد. به مثال زیر توجه کنید :

اگر ذرات مادهی X شامل انرژیهای جنبشی ۹ و ۱۰ و ۱۱ باشد و ذرات مادهی Y شامل انرژیهای جنبشی ۳ و ۴ و ۵ و ۵ و ۶ و ۷ باشد خواهیم داشت :

$$10 = \text{میانگین} \quad , \quad 30 = 9 + 10 + 11 = \text{مجموع} \quad : \text{ برای مادهی X}$$

$$5 = \text{میانگین} \quad , \quad 30 = 3 + 4 + 5 + 5 + 6 + 7 = \text{مجموع} \quad : \text{ برای مادهی Y}$$

❖ ممکن است دمای یک جسم بالا ولی انرژی گرمایی آن کم باشد. به عنوان مثال یک لیوان آب 100°C و دریایی از آب

20°C را در نظر بگیرید. دمای لیوان آب بالاتر از آب دریا است یعنی میانگین انرژی جنبشی مولکولهای آب لیوان بیشتر

است اما انرژی گرمایی آب دریا بسیار بیشتر از آب لیوان است چون تعداد مولکولهای آب دریا خیلی بیشتر است.

نکته) ذره‌های تشکیل دهندهی ماده، پیوسته و به‌طور نامنظم در حال حرکت هستند. پس همه‌ی اجسام، حتی اجسام بدون حرکت هم دارای انرژی جنبشی هستند. (چون در صفر درجه‌ی کلوین هم ارتعاش وجود دارد).

تفاوت‌های دما و گرما (یا انرژی گرمایی) :

انرژی گرمایی (یا گرما) به مجموع انرژیهای جنبشی ذره‌های سازندهی یک ماده گفته می‌شود.	دما معیاری قراردادی است که به میانگین انرژیهای جنبشی ذره‌های سازندهی یک ماده گفته می‌شود.
گرما صورتی از انرژی است.	دما صورتی از انرژی نیست.
گرما به تعداد ذره‌های سازندهی ماده بستگی دارد.	دما به تعداد ذره‌های سازندهی ماده بستگی ندارد.
یکاهای رایج گرما ژول و کالری هستند.	یکاهای رایج دما سانتی‌گراد و کلوین هستند.

تست: کدام عبارت زیر درست است؟

(۱) انرژی مواد از مجموع انرژی ذره‌های سازنده‌ی آن‌ها کمتر است.

(۲) ذره‌های تشکیل دهنده‌ی مواد پیوسته و به‌طور منظم در حال حرکت هستند.

(۳) دمای یک ماده برخلاف گرمای آن به مقدار آن ماده بستگی ندارد.

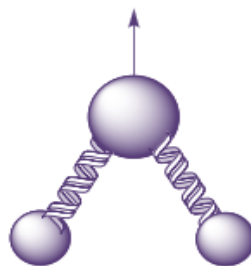
(۴) دما صورتی از انرژی است و با گرم شدن یک جسم دمای آن نیز بالا می‌رود.



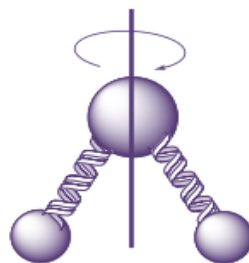
حرکت‌های گرمایی:

به حرکت‌های نامنظم ذره‌های سازنده‌ی یک ماده، حرکت‌های گرمایی می‌گویند. که به سه دسته‌ی زیر تقسیم می‌شوند:

۱. **حرکت انتقالی:** حرکتی است که در آن ذره‌های سازنده‌ی ماده از یک نقطه به نقطه‌ی دیگری جابه‌جا می‌شوند.



۲. **حرکت چرخشی:** حرکتی است که در آن ذره‌های سازنده‌ی ماده حول یک محور می‌چرخند.



۳. **حرکت ارتعاشی (نوسانی):** حرکتی است که در آن اتم‌های موجود در یک مولکول، در طول محور پیوند بین خود، از

هم دور یا به هم نزدیک می‌شوند. (در واقع حرکت ارتعاشی مربوط به پیوندها است)



همه‌ی ذره‌های سازنده‌ی یک ماده بعضی وقت‌ها نمی‌توانند هر سه نوع حرکت انتقالی، چرخشی و ارتعاشی رو داشته باشند. به عنوان مثال مولکول‌ها در حالت جامد، به علت نیروهای بین ذره‌ای قوی که میان آن‌ها وجود دارد، فقط دارای حرکت ارتعاشی هستند. یا گازهای نجیب مثل هلیم، نئون و ... که همگی تک اتمی هستند و با پیوند کووالانسی به هم وصل نشده‌اند پس نمی‌توانند حرکت ارتعاشی داشته باشند. همچنین گازهای نجیب به دلیل اینرسی چرخشی بسیار کم، حرکت چرخشی هم ندارند و فقط حرکت انتقالی برای آن‌ها در نظر گرفته می‌شود.

انرژی گرمایی یک ماده در واقع مجموع انرژی جنبشی حرکت‌های گرمایی (انتقالی، چرخشی و ارتعاشی) ذره‌های سازنده‌ی یک ماده است. که همه‌ی این حرکت‌ها به انرژی نیاز دارند بنابراین با افزایش دمای یک جسم، انرژی جذب شده توسط ذره‌ها، میان همه‌ی این حرکت‌ها توزیع می‌شود.

تست: چه تعداد از عبارت‌های زیر نادرست است؟

الف) هر سه حرکت انتقالی، چرخشی و ارتعاشی به انرژی نیاز دارند.

ب) تجربه نشان می‌دهد که توزیع انرژی میان ذره‌های ماده یکسان است.

ج) در دو جسم هم‌دما، میانگین انرژی جنبشی ذره‌های تشکیل دهنده‌ی آن دو یکسان است.

د) مولکول‌های گازهای نجیب دارای حرکت ارتعاشی هستند.

۱) الف، ب ۲) الف، ب، ج ۳) ب، ج، د ۴) ب، د

به دلیل یکسان نبودن فاصله‌ی همه‌ی ذره‌ها نسبت به منبع تولید گرما، توزیع انرژی میان ذره‌ها یکسان نیست. همچنین در مولکول‌های تک اتمی حرکت ارتعاشی وجود ندارد.

یکاهای انرژی:

ژول: یک ژول، مقدار انرژی لازم برای بالا بردن جسمی به جرم ۱kg به ارتفاع ۱۰cm (۰/۱m) از سطح زمین است.

یکای انرژی در سیستم SI ژول است.

کالری: یک کالری مقدار گرمای لازم برای افزایش دمای یک گرم آب خالص به اندازه‌ی یک درجه‌ی سلسیوس است.



این یکا بیشتر برای اندازه گیری گرما استفاده می‌شود. یک کالری معادل ۴/۱۸۴ ژول می‌باشد.

$$1 \text{ cal} = 4.184 \text{ J}$$

نکته) نوعی کالری به نام کالری رژیم غذایی (Cal) وجود دارد که حرف C در آن بزرگ است. یک کالری رژیم غذایی معادل ۱۰۰۰ کالری معمولی یا همان یک کیلوکالری است.

$$1 \text{ Cal} = 1000 \text{ cal} = 1 \text{ kcal}$$

ظرفیت‌های گرمایی :

انواع	تعریف	وابستگی به جرم ماده	وابستگی به حالت فیزیکی ماده	فرمول	یکا
ظرفیت گرمایی	مقدار گرمای مورد نیاز برای افزایش دمای یک ماده به اندازه‌ی 1°C یا 1K .	دارد	دارد	$mC = \frac{q}{\Delta T}$	$\text{J} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ یا $\text{J} \cdot \text{K}^{-1}$
ظرفیت گرمایی ویژه	مقدار گرمای مورد نیاز برای افزایش دمای یک گرم ماده به اندازه‌ی 1°C یا 1K .	ندارد	دارد	$C = \frac{q}{m\Delta T}$	$\text{J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ یا $\text{J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
ظرفیت گرمایی مولی	مقدار گرمای مورد نیاز برای افزایش دمای یک مول ماده به اندازه‌ی 1°C یا 1K .	ندارد	دارد	جرم مولی \times ویژه $C_{\text{مولی}} = C$ $\frac{q}{\frac{m}{M} \times \Delta T} = \frac{q}{m \times \Delta T} \times M$	$\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ یا $\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

تست: ۵۳ گرم آلومینیوم به ۵۷ کالری انرژی نیاز دارد تا دمای آن به اندازه‌ی ۵ درجه سانتی‌گراد افزایش پیدا کند. ظرفیت گرمایی ویژه‌ی این فلز برحسب $J \cdot g^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$ تقریباً کدام است؟

- ۰/۲۱۵ (۱) ۰/۶ (۲) ۰/۴۳ (۳) ۰/۹ (۴)

$$57 \text{ cal} \times \frac{4/184 \text{ J}}{1 \text{ cal}} = 238/5 \text{ J}$$

$$C = \frac{q}{m \Delta T} \rightarrow C = \frac{238/5 \text{ J}}{53 \text{ g} \times 5^\circ \text{C}} = 0/9$$



تست: اگر به مقدار معینی آب خالص، ۲۵/۱۰۴ کیلوژول گرما داده شود، دمای آن به اندازه‌ی ۲۰°C افزایش پیدا می‌کند. جرم آب مورد نظر چند است؟

- ۲۰۰ (۱) ۳۰۰ (۲) ۴۰۰ (۳) ۵۰۰ (۴)

ظرفیت گرمایی ویژه‌ی آب همان ۴/۱۸۴ J است.

$$25/104 \text{ kJ} \times \frac{1000 \text{ J}}{1 \text{ kJ}} = 25104 \text{ J}$$

$$C = \frac{q}{m \Delta T} \rightarrow m = \frac{25104 \text{ J}}{4/184 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot ^\circ \text{C}} \times 20^\circ \text{C}} = 300 \text{ g}$$



تست: ۵۰ گرم فلز مس به ۱۵۴ ژول انرژی نیاز دارد تا دمای آن به اندازه‌ی ۸°C افزایش پیدا کند. ظرفیت گرمایی این مقدار مس کدام است؟

- ۰/۳۸۵ (۱) ۱۹/۲۵ (۲) ۰/۳۵۸ (۳) ۲۵/۱۹ (۴)



$$(mC) \text{ ظرفیت گرمایی} = \frac{q}{\Delta T} = \frac{154 \text{ J}}{8^\circ \text{C}} = 19/25 \frac{\text{J}}{^\circ \text{C}}$$

تست: ظرفیت گرمایی ویژه‌ی آلومینیوم دو برابر ظرفیت گرمایی ویژه‌ی آهن است. نسبت ظرفیت گرمایی مولی آلومینیوم به ظرفیت گرمایی مولی آهن کدام است؟ ($Fe = 56$ ، $Al = 27$)

- ۲ (۱) ۰/۹۶۴ (۲) ۲/۰۷۴ (۳) ۱ (۴)

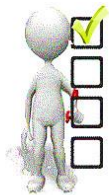
اگر ظرفیت گرمایی ویژه‌ی آهن را برابر a در نظر بگیریم ظرفیت گرمایی ویژه‌ی آلومینیوم $2a$ خواهد بود.

جرم مولی × ظرفیت گرمایی ویژه = ظرفیت گرمایی مولی

$$\frac{\text{ظرفیت گرمایی مولی } Al}{\text{ظرفیت گرمایی مولی } Fe} = \frac{\text{جرم مولی } Al \times \text{ظرفیت گرمایی ویژه } Al}{\text{جرم مولی } Fe \times \text{ظرفیت گرمایی ویژه } Fe} = \frac{27 \times 24}{56 \times a} = 0.964$$



تست: برای افزایش دمای ۴ گرم از ماده‌ی A به اندازه‌ی ۵°C به ۱۴/۴ ژول و برای افزایش دمای ۵/۵ مول از همین ماده به اندازه‌ی ۴°C به ۱۷/۲۸ ژول انرژی نیاز است. جرم مولی این ماده کدام است؟



۱۴ (۴)

۱۷ (۳)

۱۰ (۲)

۱۲ (۱)

$$\frac{q}{\frac{m}{M} \times \Delta T} = \frac{q}{m \times \Delta T} \times M \Rightarrow \frac{17/28}{0.5 \times 4} = \frac{14/4}{4 \times 5} \times M \Rightarrow M = 12$$

تست: ظرفیت گرمایی ویژه‌ی آب ۸ برابر ظرفیت گرمایی ویژه‌ی مس است. اگر ۰/۴ کیلوگرم آب ۳۰°C را در یک ظرف مسی ۲۰۰ گرمی با دمای ۱۴۰°C بریزیم تا این دو هم‌دما شوند، دمای نهایی چند درجه سانتی‌گراد است؟ (چگالی آب ۱ $\frac{g}{ml}$ است و از مبادله‌ی گرما با محیط اطراف صرف‌نظر کنید.)

۳۴/۸۲ (۴)

۴۷/۳۶ (۳)

۳۸/۲۷ (۲)

۳۶/۴۷ (۱)

ظرف مسی گرما از دست می‌دهد ($q < 0$) و آب همان مقدار گرما را جذب می‌کند ($q > 0$) تا جایی که هم‌دما شوند. بنابراین قدر مطلق گرمای مبادله‌شده در این دو جسم باهم برابر است:

$$|q_{Cu}| = |q_{H_2O}| \Rightarrow |m_{Cu} C_{Cu} \Delta T_{Cu}| = |m_{H_2O} C_{H_2O} \Delta T_{H_2O}|$$

$$\left| 200 \times C_{Cu} \times \underbrace{(T_f - 140)}_{<} \right| = \left| 400 \times C_{H_2O} \times \underbrace{(T_f - 30)}_{>} \right|$$



چون ظرفیت گرمایی ویژه‌ی آب ۸ برابر ظرفیت گرمایی ویژه‌ی مس است. در نتیجه:

$$200 \times C_{Cu} \times (140 - T_f) = 400 \times \underbrace{8 C_{Cu}}_{C_{H_2O}} (T_f - 30) \Rightarrow 17 T_f = 620 \Rightarrow T_f = 36.47^\circ C$$

تست: مقدار ۵۰ گرم اتانول در یک ظرف مسی موجود است. اگر $10/44 \text{ kJ}$ گرما به ظرف بدهیم دمای ظرف مسی به 90°C و دمای اتانول به 60°C افزایش می‌یابد. اگر بدانیم دمای اولیه اتانول و ظرف مسی یکسان بوده است، دمای اولیه آن‌ها برحسب درجه‌ی سلسیوس کدام بوده است؟ (ظرفیت گرمایی ظرف مسی برابر $40 \text{ J} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ و ظرفیت گرمایی ویژه اتانول برابر $2/5 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ باشد).

۱۰ (۴)

۸ (۳)

۶ (۲)

۴ (۱)



تست: چند ژول گرما مورد نیاز است تا ۵ گرم یخ 10°C را تبدیل به آب 15°C کند؟ (فرض کنید ظرفیت گرمایی مواد مستقل از دمای آن‌ها است).

آنتالپی استاندارد ذوب $H_2O(S)$	$6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
ظرفیت گرمایی مولی $H_2O(S)$	$37/8 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$
ظرفیت گرمایی مولی $H_2O(l)$	$77 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$

۲۱۰۰ (۲)

۴۲۰ (۱)

۳۸۰۰۰ (۴)

۹۳۰۰ (۳)



نکته) چون ظرفیت گرمایی به جرم بستگی دارد دانشمندان برای این‌که ظرفیت گرمایی را مستقل از جرم کنند ظرفیت گرمایی ویژه و ظرفیت گرمایی مولی را تعریف کردند.

نکته) هرچه جرم جسم بیشتر باشد گرمای بیشتری برای افزایش دمای آن جسم لازم است. چون تعداد مولکول‌های آن جسم بیشتر بوده بنابراین برای افزایش انرژی جنبشی آن‌ها و در نتیجه برای بالابردن دمای آن گرمای زیادتری لازم است.

نکته) ظرفیت گرمایی معیاری از میزان وابستگی تغییر دمای یک جسم به مقدار گرمای مبادله شده است.

تغییر دما \times ظرفیت گرمایی = مقدار گرمای مبادله شده

نکته) به ازای دادن مقدار مساوی گرما به مواد مختلف با جرم‌های یکسان، هر ماده‌ای که ظرفیت گرمایی ویژه‌ی کمتری داشته باشد افزایش دمای آن بیشتر خواهد بود.

تست: اگر ظرفیت گرمایی ویژه‌ی اجسام A, B, C, D بر حسب $J \cdot g^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$ به ترتیب (از راست به چپ) برابر $0/9, 4/2, 0/5$ و $2/4$ باشد و به جرم یکسانی از آن‌ها مقدار یکسانی گرما داده شود، ترتیب افزایش دمای آن‌ها کدام است؟

(۱) $A < C < B < D$ (۲) $B < D < A < C$ (۳) $C < A < D < B$ (۴) $D < B < C < A$



نکته) برای این که ببینیم میزان افزایش دمای کدام ماده بیش‌تر است :

- اگر ظرفیت‌های گرمایی را داشته باشیم نیازی به اطلاع از جرم جسم نداریم.
- اگر ظرفیت‌های گرمایی ویژه را داشته باشیم باید در مورد جرم اجسام نیز اطلاعاتی داشته باشیم.

نکته) چون جرم مولی مواد همواره از یک بزرگ‌تر است (حتی سبک‌ترین ماده یعنی H_2) می‌توان نتیجه گرفت که ظرفیت گرمایی مولی همواره از ظرفیت گرمایی ویژه بزرگ‌تر است.

نکته) اگر جرم مواد یکسان باشد می‌توان گفت هر ماده‌ای که مقدار ظرفیت گرمایی ویژه آن بیشتر باشد مقدار گرمای مورد نیاز برای افزایش دمای آن نیز بیشتر خواهد بود.

تست: با توجه به جدول زیر، به جرم یکسانی از کدام ماده‌ی زیر باید گرمای بیشتری داد تا دمای آن 5°C افزایش یابد؟

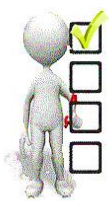
ماده	جرم مولی	ظرفیت گرمایی مولی
آلمینیوم	۲۷	۲۴/۳۵
کربن (گرافیت)	۱۲	۸/۶۵
آهن	۵۶	۲۵/۱۹
مس	۶۴	۲۴/۴۶

(۱) آلومینیوم

(۲) کربن (گرافیت)

(۳) آهن

(۴) مس



$$C_{\text{ویژه}} = C_{\text{مولی}} \times \text{جرم مولی} \rightarrow C_{\text{ویژه}} = \frac{C_{\text{مولی}}}{\text{جرم مولی}} = \frac{24/35}{27} = 0/9$$

نکته) ظرفیت گرمایی ویژه‌ی مواد به حالت فیزیکی آن‌ها بستگی دارد.

بخار آب > یخ > آب مایع : ظرفیت گرمایی ویژه

$$4/184 > 2/076 > 2/043$$

تست: کدام موارد از مطالب زیر نادرست است؟

الف) اگر تغییر دما 1°C باشد، در این صورت ظرفیت گرمایی جسم با مقدار گرمای مبادله شده برابر خواهد بود.

ب) افزایش دمای یک گاز با جذب انرژی همراه است که انرژی جذب شده در حالت کلی فقط صرف حرکت ارتعاشی ذرات گاز می‌شود.

ج) قانون اول ترمودینامیک بیان می‌کند که مجموع انرژی و جرم در یک سیستم منزوی ثابت است.

د) هنگامی که یک جسم گرم می‌شود بر سرعت حرکت‌های پیوسته و منظم ذرات تشکیل دهنده جسم افزوده می‌شود.

(۴) الف، ب، د

(۳) الف، ج

(۲) ب، د

(۱) الف، ب، ج

گزینه یک: اگر ΔT برابر یک باشد، مقدار گرمای مبادله شده (q) برابر حاصلضرب جرم در ظرفیت گرمایی ویژه خواهد بود.

$$q = mc\Delta T \xrightarrow{\Delta T=1} q = mc$$

گزینه دو: هنگامی که به یک جسم گرما می‌دهیم، انرژی داده شده صرف حرکت‌های نامنظم انتقالی، چرخشی و ارتعاشی می‌شود.

گزینه سه: بهترین نحوه بیان قانون اول ترمودینامیک در یک سیستم منزوی به کارگیری اصل بقای ماده و انرژی است و چون ماده و انرژی می‌توانند به یکدیگر تبدیل شوند، پس مجموع ماده و انرژی در هر سیستم منزوی ثابت است.

گزینه چهار: هنگامی که یک جسم گرم می‌شود بر سرعت حرکت‌های پیوسته و نامنظم ذره‌های تشکیل‌دهنده‌ی جسم افزوده می‌شود.



تست: کدام موارد از مطالب زیر نادرست است؟

الف) به دلیل وابستگی ظرفیت گرمایی یک جسم به جرم آن، می‌توان با استفاده از ظرفیت گرمایی ویژه این وابستگی را از بین برد.

ب) مشاهده‌های تجربی هنوز وجود حرکت‌های گرمایی را در ذره‌های سازنده‌ی ماده به اثبات نرسانده است.

ج) ژول، یکای انرژی در سیستم SI و یکای کوچکی است، به طوری که هر تپش قلب انسان حدود یک ژول انرژی نیاز دارد.



الف (۴)

ب (۳)

ج، ب (۲)

الف، ب (۱)

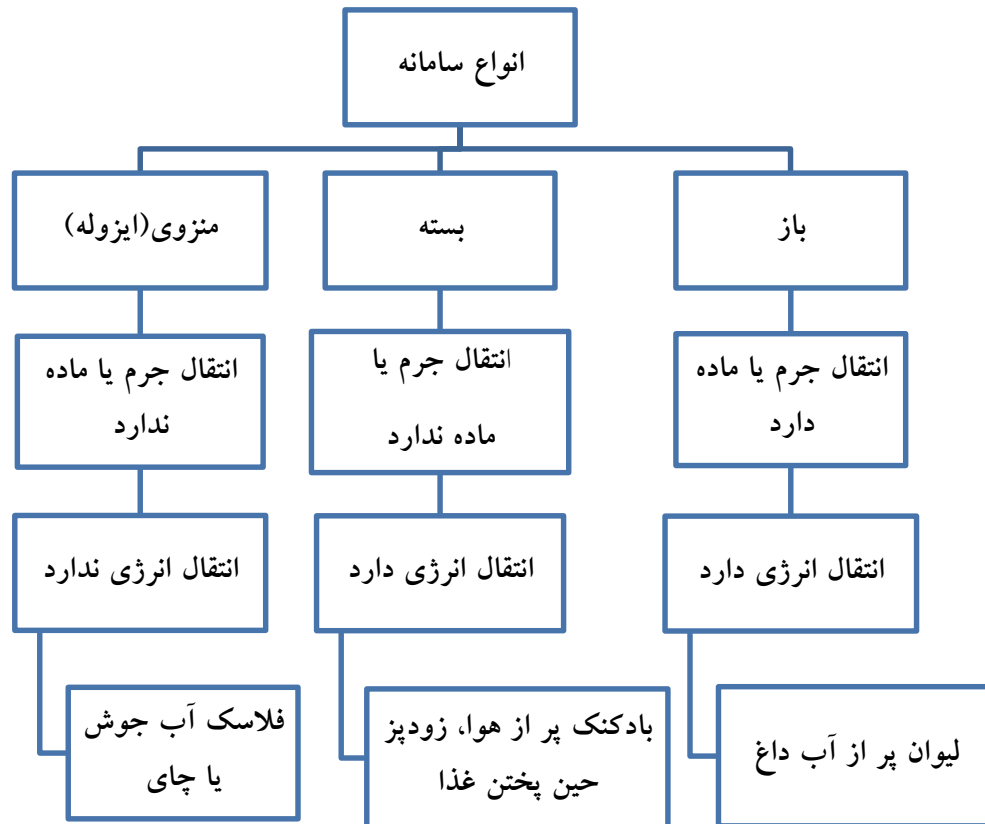
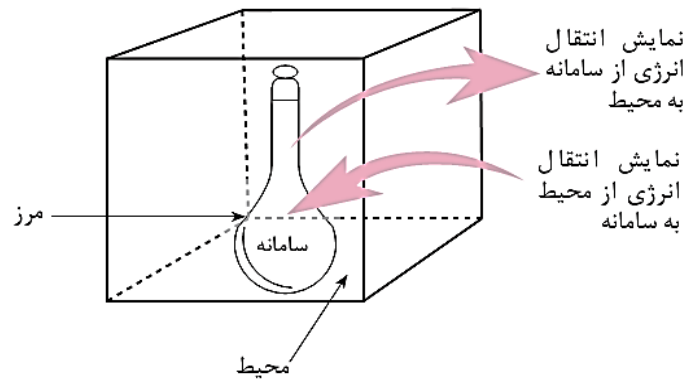
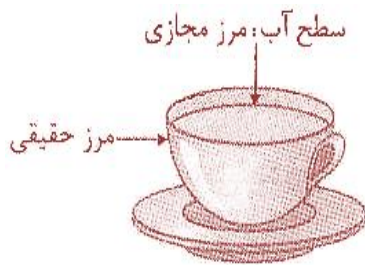
مشاهده‌های تجربی وجود حرکت‌های گرمایی را در ذره‌های سازنده ماده به اثبات رسانده است.

سامانه، محیط و مرز:

سامانه (سیستم): در ترمودینامیک، به بخشی از جهان که ما برای مطالعه انتخاب کرده و تغییر انرژی آن را بررسی می‌کنیم، سامانه یا سیستم می‌گویند.

محیط: هر چیزی که در پیرامون سامانه باشد، محیط نامیده می‌شود. (در حقیقت بقیه‌ی جهان هستی)

مرز سامانه: به دیواره‌ای که سامانه را از محیط پیرامون آن جدا می‌کند، مرز سامانه می‌گویند. توجه داشته باشید که این مرز ممکن است حقیقی یا مجازی باشد. مرز حقیقی آن چیزی است که قابل لمس باشد و واقعاً وجود داشته باشد اما مرز مجازی، همان طور که از اسمش پیداست، کاملاً فرضی است.



خواص ترمودینامیکی :

خواص مقداری : به خواصی که به مقدار ماده وابسته هستند، خواص مقداری می گویند.

خواص شدتی : به خواصی که به مقدار ماده بستگی ندارند، خواص شدتی می گویند.

نکته) خواص مقداری جمع پذیر و خواص شدتی جمع ناپذیرند.



تست: یک واکنش گرماده را یکبار در یک سامانه‌ی بسته و بار دیگر در یک سامانه‌ی منزوی انجام می‌دهیم. اگر شرایط هر دو واکنش یکسان باشند، سرعت واکنش در کدام سامانه بیش تر است؟

(۱) سامانه‌ی بسته، زیرا با محیط اطراف خود تبادل انرژی می‌کند.

(۲) سامانه‌ی منزوی، زیرا با محیط پیرامون خود تبادل انرژی نمی‌کند.

(۳) سامانه‌ی بسته، زیرا انرژی فعال‌سازی لازم را از محیط فراهم می‌کند.

(۴) سرعت واکنش در هر دو سامانه یکسان است.



تست: مقداری سولفوریک اسید دو مولار به حجم ۶۰۰ میلی‌لیتر را در سه ظرف با حجم‌های ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌لیتر می‌ریزیم. مجموع کدام کمیت در سه ظرف با ظرف اول برابر است؟



(۱) درصد جرمی (۲) ظرفیت گرمایی مولی (۳) ظرفیت گرمایی (۴) چگالی

هنگامی که یک سامانه‌ی بزرگ به سامانه‌های کوچک‌تر تقسیم می‌شود، مجموع خواص مقداری سامانه‌های کوچک‌تر با خواص مقداری سامانه‌ی بزرگ برابر است. در میان گزینه‌ها فقط ظرفیت گرمایی جزو خواص مقداری سامانه است.

تست: به اجسام A و B به یک اندازه گرما می‌دهیم و مشاهده می‌کنیم که افزایش دمای جسم A دو برابر افزایش دمای جسم B است. کدام نتیجه‌گیری صحیح می‌باشد؟

(۱) ظرفیت گرمایی ویژه A نصف ظرفیت گرمایی ویژه B است.

(۲) ظرفیت گرمایی A از ظرفیت گرمایی B کم‌تر است اما راجع به نسبت آن‌ها نمی‌توان اظهار نظر نمود.

(۳) اگر جرم ماده‌ی A نصف جرم جسم B باشد، ظرفیت گرمایی ویژه‌ی این دو جسم یکسان است.

(۴) فقط در صورتی می‌توان گفت ظرفیت گرمایی جسم A کم‌تر است که بدانیم جرم این دو جسم مساوی است.



تست: دو ماده‌ی A و B به ترتیب دارای جرم‌های m و $2m$ هستند. اگر به هر دو ماده به یک اندازه گرما دهیم دمای هر دو به یک اندازه افزایش می‌یابد. کدام نتیجه‌گیری درست است؟

(۱) ظرفیت گرمایی ویژه‌ی A و B مساوی است اما ظرفیت گرمایی A دو برابر ظرفیت گرمایی B است.

(۲) ظرفیت گرمایی A و B مساوی است اما ظرفیت گرمایی ویژه‌ی A نصف ظرفیت گرمایی ویژه‌ی B است.

(۳) ظرفیت گرمایی و ظرفیت گرمایی ویژه‌ی دو ماده‌ی A و B یکسان است.

(۴) اما ظرفیت گرمایی ویژه‌ی A دو برابر ظرفیت گرمایی ویژه‌ی B است اما ظرفیت گرمایی دو ماده‌ی A و B یکسان است.



تست: جدول زیر اطلاعاتی را در مورد واکنش‌دهنده‌ی دو آزمایش ۱ و ۲ در اختیار ما قرار داده است. با توجه به این جدول کدام مقایسه در مورد ΔT_1 و ΔT_2 درست است؟

افزایش دما	محلول مورد استفاده	فلز مصرفی	شماره‌ی آزمایش
ΔT_1	۰/۴ لیتر محلول ۰/۵ مولار هیدرویدیک اسید	۴ گرم کلسیم	۱
ΔT_2	۰/۸ لیتر محلول ۰/۵ مولار هیدرویدیک اسید	۸ گرم کلسیم	۲

$$\Delta T_1 = 2 \Delta T_2 \quad (1)$$

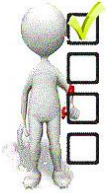
$$\Delta T_1 = \frac{\Delta T_2}{2} \quad (2)$$

$$\Delta T_1 = \Delta T_2 \quad (3)$$

$$200 \Delta T_1 = \Delta T_2 \quad (4)$$



تست: در واکنش ۱۰۰ میلی لیتر محلول یک مولار پتاسیم هیدروکسید با ۱۰۰ میلی لیتر محلول یک مولار هیدروکلریک اسید، به مقدار q گرما آزاد می شود و دمای سامانه به اندازه ΔT افزایش می یابد. اگر آزمایش با ۲۰۰ میلی لیتر از این دو محلول تکرار شود مقدار q و ΔT چگونه تغییر خواهد کرد؟



- (۱) افزایش - ثابت (۲) ثابت - ثابت (۳) افزایش - افزایش (۴) ثابت - افزایش

گرمای واکنش (q) و ظرفیت گرمایی جزو خواص مقداری هستند. بنابراین با دو برابر شدن مقدار واکنش دهنده ها، گرمای واکنش و ظرفیت گرمایی نیز دو برابر شده و افزایش می یابند.

$$\Delta T = \frac{q}{mc} \rightarrow \Delta T \text{ ثابت می ماند. ظرفیت گرمایی و گرما دو برابر می شوند.}$$

تست: دانش آموزی ۱۰۰ میلی لیتر از محلول ۰/۱ مولار HCl را با ۱۰۰ میلی لیتر از محلول ۰/۱ مولار KOH واکنش داد. در نتیجه q_1 کیلوژول گرما آزاد شد و دمای محلول به اندازه ΔT_1 بالا رفت. بار دیگر ۱۰۰ میلی لیتر از محلول ۰/۱ مولار HCl را با ۵۰ میلی لیتر از محلول ۰/۲ مولار KOH واکنش داد و q_2 کیلوژول گرما آزاد شد و دمای محلول به اندازه ΔT_2 بالا رفت. کدام مقایسه صحیح است؟

$$\Delta T_2 = \Delta T_1, q_1 = q_2 \quad (۲) \qquad \Delta T_2 > \Delta T_1, q_1 = q_2 \quad (۱)$$

$$\Delta T_2 < \Delta T_1, q_1 < q_2 \quad (۴) \qquad \Delta T_2 > \Delta T_1, q_1 < q_2 \quad (۳)$$

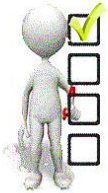
گرمای واکنش به مقدار مول واکنش دهنده ها بستگی دارد :

$$\text{در آزمایش یک: } \begin{cases} \text{molHCl} = 0.1 \times 0.1 = 0.01 \\ \text{molKOH} = 0.1 \times 0.1 = 0.01 \end{cases}$$

$$\text{در آزمایش دو: } \begin{cases} \text{molHCl} = 0.1 \times 0.1 = 0.01 \\ \text{molKOH} = 0.05 \times 0.2 = 0.01 \end{cases}$$

پس گرمای دو واکنش برابر است : $q_1 = q_2$

اما تغییر دما با نسبت گرمای آزاد شده به ظرفیت گرمایی متناسب است و چون مقدار محلول KOH کم شده، پس در آزمایش دوم ظرفیت گرمایی محلول کم و تغییر دما زیاد می‌شود.



$$\Delta T = \frac{q}{mc} \xrightarrow[\text{ظرفیت گرمایی کم شده}]{\text{گرمای آزاد شده ثابت مانده}} \Delta T_2 > \Delta T_1$$



برای تعیین ΔH واکنش هیدروکلریک اسید و باریم هیدروکسید، در آزمایش اول، ۰/۰۰۸ مول HCl و ۰/۰۵ مول $Ba(OH)_2$ را در مقداری آب وارد و حجم محلول را به ۲۵۰ میلی‌لیتر می‌رسانیم. در آزمایش دوم، ۰/۱ مول HCl و ۰/۰۴ مول $Ba(OH)_2$ در محلولی به حجم ۲۰۰ میلی‌لیتر با هم واکنش می‌دهند. اگر ظرفیت گرمایی ویژه محلول‌ها را یکسان در نظر بگیریم. کدام مقایسه صحیح است؟ (q و ΔH به ترتیب گرمای مبادله شده و تغییر دما را نشان می‌دهند).

$$\Delta T_2 = \Delta T_1, q_1 = q_2 \quad (2)$$

$$\Delta T_2 > \Delta T_1, q_1 = q_2 \quad (1)$$

$$\Delta T_2 < \Delta T_1, q_1 < q_2 \quad (4)$$

$$\Delta T_2 > \Delta T_1, q_1 < q_2 \quad (3)$$



انرژی درونی:

به مجموع انرژی‌های جنبشی و پتانسیل همگی ذره‌های تشکیل دهنده یک سامانه، انرژی درونی (E) آن سامانه می‌گویند.

انرژی پتانسیل + انرژی جنبشی = انرژی درونی

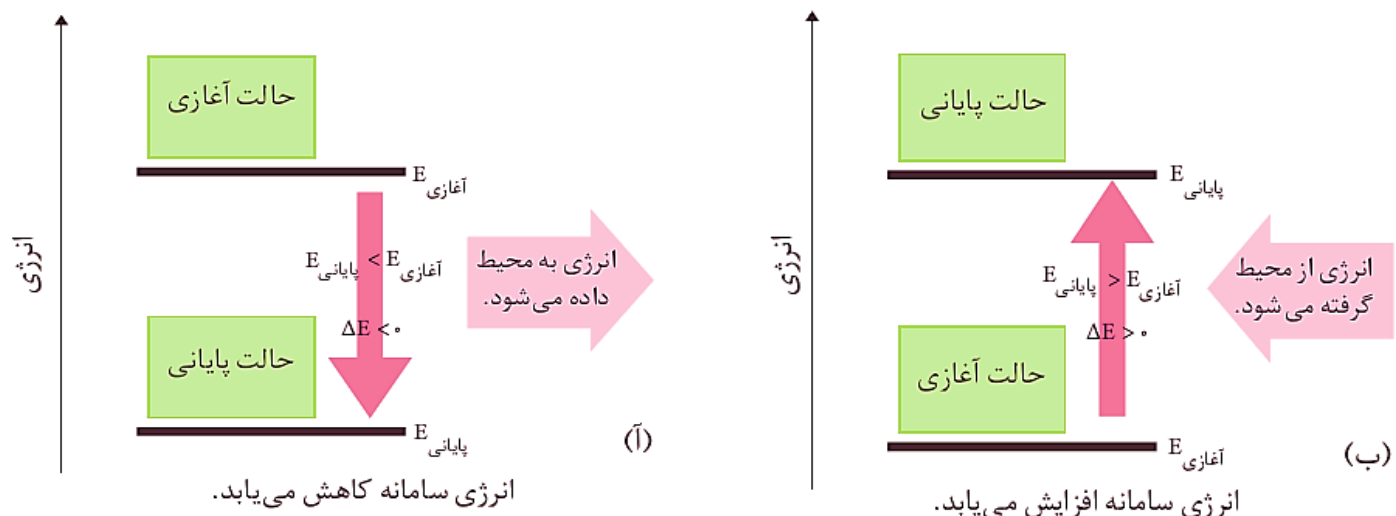
نکته) انرژی جنبشی ذره‌ها ناشی از حرکت و جنب‌وجوش آن‌هاست اما انرژی پتانسیل از موقعیت مولکول‌ها نسبت به هم و یا موقعیت اتم‌ها در مولکول‌ها ناشی می‌شود. به‌طور کلی انرژی درونی یک سامانه یا همان سطح انرژی سامانه با پایداری آن رابطه‌ی عکس دارد. هرچه انرژی درونی سامانه بیش‌تر باشد، آن سامانه ناپایدارتر است. در ضمن به خاطر داشته باشید که انرژی درونی

$$\Delta E = E_2 - E_1 \quad \text{یک خاصیت مقداری است.}$$

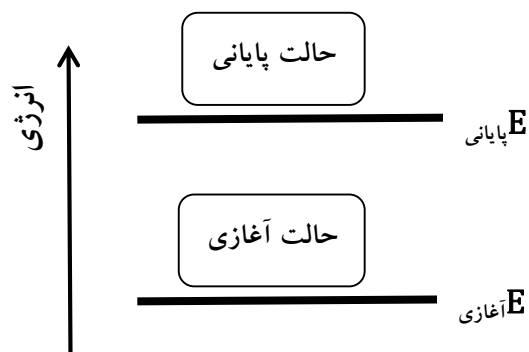
$$\Delta E = \text{تغییر انرژی درونی}$$

$$E_2 = \text{انرژی درونی فرآورده‌ها (انرژی درونی حالت پایانی)}$$

$$E_1 = \text{انرژی درونی واکنش‌دهنده‌ها (انرژی درونی حالت آغازی)}$$



تست: با توجه به نمودار روبه‌رو که نشان‌دهنده‌ی تغییر انرژی در یک سامانه است، کدام عبارت درست می‌باشد؟



۱) ΔE سامانه منفی است.

۲) سامانه از محیط پیرامون انرژی می‌گیرد.

۳) سطح انرژی فرآورده‌ها از واکنش‌دهنده‌ها پایین‌تر است.

۴) انرژی درونی سامانه در حال کاهش یافتن است.



نکته) در یک سامانه، انرژی درونی واکنش‌دهنده‌ها (E_1) و فرآورده‌ها (E_2) به‌طور مطلق قابل اندازه‌گیری نیستند به این دلیل به جای استفاده از رابطه‌ی $\Delta E = E_2 - E_1$ از رابطه‌ی $\Delta E = q + w$ استفاده می‌کنیم.

این رابطه قانون اول ترمودینامیک یا همان قانون پایستگی انرژی را نشان می‌دهد. بر طبق این قانون، انرژی نه به وجود می‌آید و نه از بین می‌رود بلکه فقط از شکلی به شکل دیگر در می‌آید.

تغییر انرژی درونی یک سامانه و همچنین مبادله‌ی انرژی بین سامانه و محیط به سه حالت انجام می‌شود:

❖ تنها با انتقال گرما ← در این شرایط کاری بین سامانه و محیط انجام نمی‌شود.

❖ تنها با انجام کار ← در این شرایط گرمایی بین سامانه و محیط رد و بدل نمی‌شود.

❖ هم با انتقال گرما و هم با انجام کار

نکته) اگر سامانه گرما به محیط داده باشد یا روی محیط کار انجام دهد گرما و کار مبادله شده را با علامت منفی نشان می‌دهیم.

اما اگر محیط گرما به سامانه بدهد یا روی سامانه کار انجام دهد گرما و کار مبادله شده را با علامت مثبت نشان می‌دهیم.

تغییر انرژی درونی تنها با انتقال گرما :

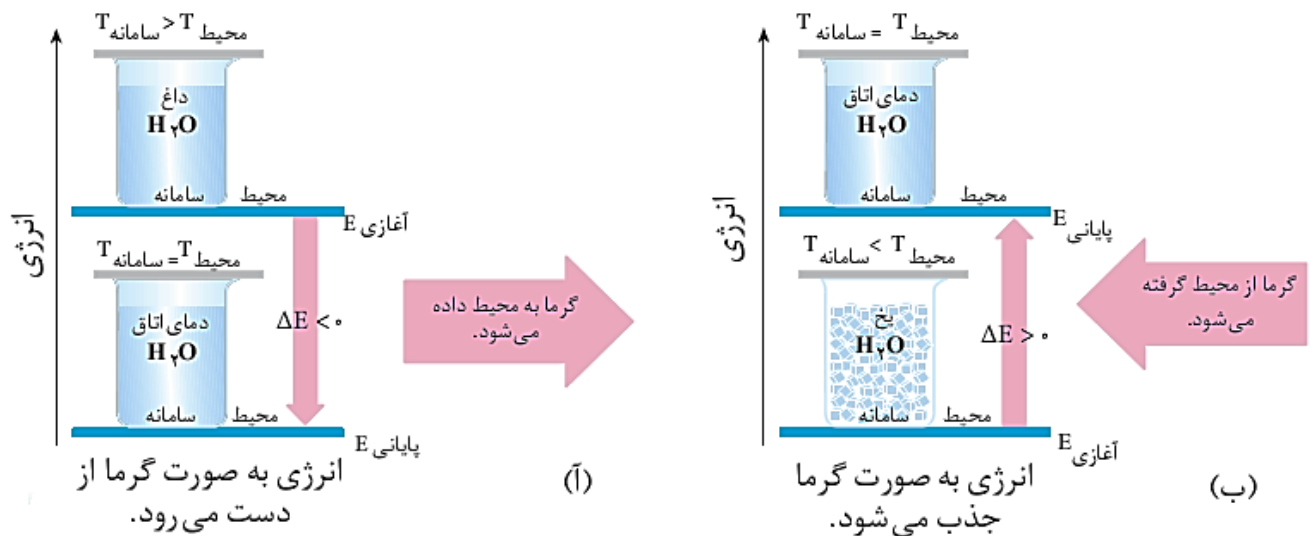
یعنی وقتی که کاری بین سامانه و محیط انجام نمی‌شود و انرژی فقط به صورت گرما منتقل می‌شود.

$$\Delta E = q + w = q + 0 = q \Rightarrow \Delta E = q$$

وقتی دمای سامانه از محیط اطرافش بالاتر است، گرما از سامانه به محیط پیرامون منتقل می‌شود، یعنی سامانه گرما از دست داده (گرما از سامانه خارج شده) و علامت گرما منفی است ($q < 0$).

اما برعکس، وقتی دمای محیط از سامانه بالاتر است، گرما از محیط پیرامون به سامانه منتقل می‌شود، یعنی سامانه گرما جذب می‌کند (گرما وارد سامانه شده) و علامت گرما مثبت است ($q > 0$). این مبادله‌ی گرما تا زمانی انجام می‌گیرد که سامانه و محیط هم‌دم شوند.

مثال : با توجه به شکل‌های زیر، دو سامانه یکی شامل نمونه‌ای آب داغ (سامانه‌ی الف) و دیگری قطعه‌ای یخ (سامانه‌ی ب) که هر کدام درون یک ظرف سربسته‌ی جداگانه هستند را در نظر بگیرید.



در هر دو حالت به دلیل سربسته بودن ظرف‌ها، نه سامانه می‌تواند روی محیط کار انجام دهد و نه محیط روی سامانه ($w = 0$) در نتیجه تغییر انرژی هر دو سامانه تنها ناشی از مبادله‌ی گرما است ($\Delta E = q$).

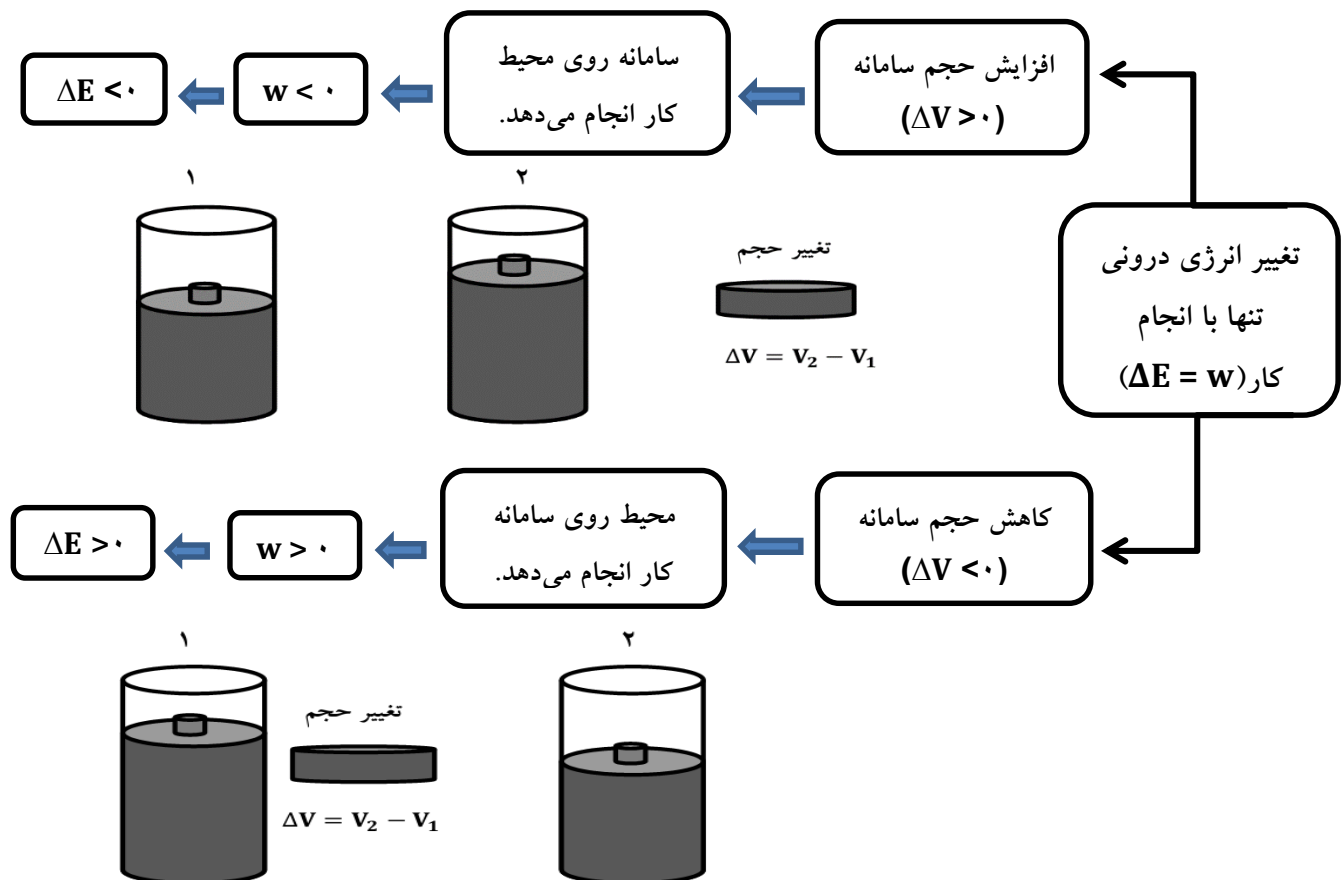
در سامانه‌ی (الف) دمای سامانه بیش‌تر از دمای محیط است بنابراین گرما از سامانه به محیط منتقل می‌شود (سامانه گرما از دست می‌دهد) و در نتیجه علامت q و همین‌طور ΔE آن منفی است. در سامانه‌ی (ب) دمای یخ کم‌تر از دمای محیط است پس این بار گرما از محیط به سامانه منتقل می‌شود (سامانه گرما جذب می‌کند) و در نتیجه علامت q و ΔE آن مثبت است. توجه کنید که در هر دو سامانه، مبادله‌ی گرما تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که دمای سامانه با دمای محیط پیرامون آن برابر شود.

تغییر انرژی درونی تنها با انجام کار :

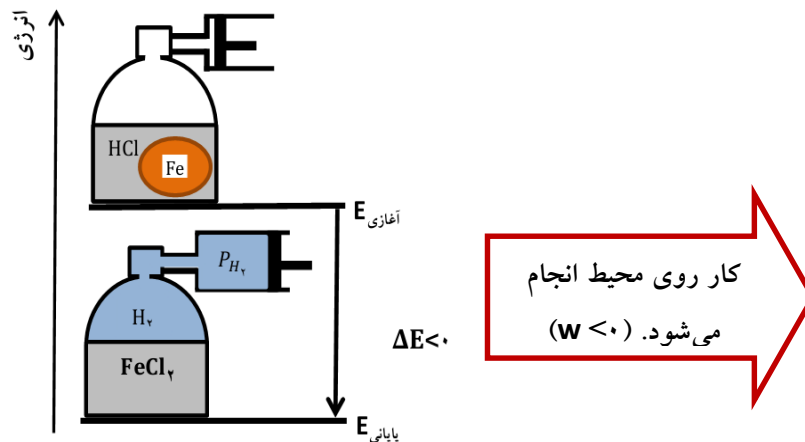
یعنی وقتی که گرمای بین سامانه و محیط منتقل نمی‌شود و انرژی فقط با انجام کار منتقل می‌شود.

کاری که در ترمودینامیک با آن سروکار داریم، کار **انبساطی-انقباضی** یا همان کار **فشار-حجم** است. این نوع کار هنگامی انجام می‌شود که در فشار ثابت حجم فرآورده‌های یک واکنش نسبت به حجم واکنش‌دهنده‌های آن تغییر کند.

$$\Delta E = q + w = 0 + w = w \Rightarrow \Delta E = w$$



مثال) واکنش فلز آهن با محلول هیدروکلریک اسید را در نظر بگیرید: $Fe(s) + 2HCl(aq) \rightarrow FeCl_2(aq) + H_2(g)$
 این واکنش در یک ظرف عایق‌بندی شده شامل سیلندر و پیستون متحرک انجام می‌شود. از آن‌جا که این ظرف، عایق‌بندی شده پس سامانه به هیچ‌وجه نمی‌تواند با محیط اطرافش گرما مبادله کند ($q = 0$) و تغییر انرژی درونی (ΔE) تنها می‌تواند ناشی از انجام کار باشد ($\Delta E = w$). با انجام این واکنش و تولید گاز هیدروژن، مولکول‌های گاز هیدروژن تولید شده، پیستون را به عقب رانده و در نتیجه حجم سیلندر به اندازه‌ی ΔV افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر در این‌جا سامانه بر روی محیط کار انجام داده و علامت w و همین‌طور ΔE منفی است.



با انجام این واکنش و تولید گاز هیدروژن، مولکول‌های گاز هیدروژن تولید شده، پیستون را به عقب رانده و در نتیجه حجم سیلندر به اندازه‌ی ΔV افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر در این‌جا سامانه بر روی محیط کار انجام داده و علامت w و همین‌طور ΔE منفی است.

تغییر انرژی درونی هم با انتقال گرما و هم با انجام کار :

در این حالت علامت انرژی درونی (ΔE) با توجه به علامت کار (w) و گرما (q) می‌تواند به صورت‌های زیر باشد.

q	+	w	=	ΔE
+		+		+
+		-		به مقدار عددی q و w بستگی دارد.
-		+		به مقدار عددی q و w بستگی دارد.
-		-		-

تابع حالت :

تابع حالت : به خاصیتی گفته می‌شود که مقدار آن فقط به حالت فعلی سامانه بستگی دارد. تغییرات یک تابع حالت، کاملاً مستقل از مسیر یا روشی است که سامانه طی کرده تا به این حالت فعلی برسد. به عبارت دیگر تغییر مقدار آن، تنها به حالت آغازی و پایانی سامانه وابسته است.

تابع مسیر : به خاصیتی گفته می‌شود که مقدار آن کاملاً به مسیری که سامانه طی کرده وابسته است. به عبارت دیگر در مسیرهای متفاوت، مقدار آن فرق می‌کند.

توابع حالت با حروف بزرگ انگلیسی و تابع‌های مسیر با حروف کوچک نوشته می‌شوند. به همین دلیل کمیت‌های ترمودینامیکی مانند دما (T)، فشار (P)، حجم (V)، انرژی درونی (E)، آنتالپی (H)، آنتروپی (S) و انرژی آزاد گیبس (G) همگی تابع حالت هستند، اما گرما (q) و کار (w) تابع مسیر به‌شمار می‌آیند.



تست : در فرآیندهایی که گرما بین سامانه و محیط انتقال نمی‌یابند، کار انجام شده توسط یک سامانه بسته :

- الف) به مسیر بستگی دارد.
- ب) مستقل از دمای اولیه است.
- ج) مستقل از فشار اولیه است.
- د) مستقل از مسیر است.

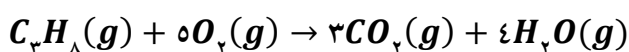
$$q=0$$

چون گرمایی بین سامانه و محیط منتقل نمی‌شود در نتیجه : $\Delta E = w \rightarrow \Delta E = q + w$ چون کار انجام شده برابر انرژی درونی است و از طرفی انرژی درونی تابع حالت بوده و مستقل از مسیر است در نتیجه کار انجام شده نیز مستقل از مسیر می‌باشد.

نکته) تنها در صورتی بین سامانه و محیط، کار مبادله می‌شود که حجم واکنش‌دهنده‌ها با فرآورده‌ها تفاوت داشته باشد.

توجه : تفاوت حجم (ΔV) بین مواد موجود در یک واکنش که به صورت جامد (s) یا مایع (l) یا محلول (aq) هستند بسیار ناچیز است و از آن صرف‌نظر می‌شود.

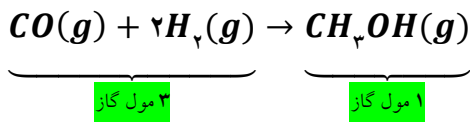
اگر در واکنشی، تعداد مول‌های گازی فرآورده‌ها از تعداد مول‌های گازی واکنش‌دهنده‌ها بیشتر باشد، حجم سامانه افزایش می‌یابد ($\Delta V > 0$)، بنابراین سامانه روی محیط کار انجام داده و علامت کار، منفی است ($w < 0$).



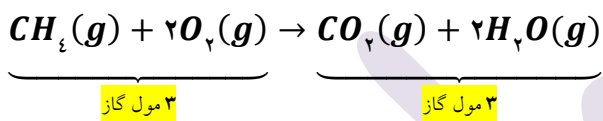
۶ مول گاز

۷ مول گاز

اگر در واکنشی، تعداد مول‌های گازی فرآورده‌ها از تعداد مول‌های گازی واکنش‌دهنده‌ها کم‌تر باشد، حجم سامانه کاهش می‌یابد ($\Delta V < 0$)، بنابراین محیط روی سامانه کار انجام داده و علامت کار، مثبت است ($w > 0$).



اگر تعداد مول‌های گازی فرآورده‌ها و واکنش‌دهنده‌ها با هم برابر باشند، حجم سامانه هیچ تغییری نمی‌کند ($\Delta V = 0$)، بنابراین کار برابر صفر است ($w = 0$).



توجه: به‌طور کلی در سامانه‌هایی که در آن‌ها تعداد مول‌های گازی فرآورده‌ها و واکنش‌دهنده‌ها با هم برابر هستند یا سامانه‌هایی که در ظرفی با حجم ثابت انجام می‌شوند، مقدار تغییر انرژی درونی تنها ناشی از انتقال گرما خواهد بود.

$$\Delta V = 0 \Rightarrow w = 0$$

$$\Delta E = q + w \xrightarrow{w=0} \Delta E = q$$

واکنش‌های شیمیایی معمولاً به دو روش انجام می‌شوند:

۱- واکنش در حجم ثابت:

در این حالت، واکنش در ظرفی سرپسته با حجم ثابت انجام می‌شود یا این‌که تعداد مول‌های گازی فرآورده‌ها و واکنش‌دهنده‌ها با هم برابر هستند.

در این‌جا از تغییر حجم خبری نیست ($\Delta V = 0$) بنابراین هیچ‌کاری انجام نشده ($w = 0$) و تغییر انرژی درونی سامانه فقط و

$$\Delta E = q + w = q + 0 \Rightarrow q_V = \Delta E$$

فقط ناشی از مبادله‌ی گرماست.

به‌عبارت دیگر، گرمای واکنش در حجم ثابت (q_V) با تغییر انرژی درونی واکنش (ΔE) برابر است.

۲- واکنش در فشار ثابت :

در این حالت واکنش در ظرفی سرباز یا در ظرفی انجام می‌شود که با تغییر حجم، فشار را ثابت نگه می‌دارد.

در این حالت حجم تغییر میکند ($\Delta V \neq 0$) بنابراین کار انجام می‌شود ($w \neq 0$). به این ترتیب انرژی درونی سامانه می‌تواند با انجام کار و مبادله‌ی گرما همراه باشد.

$$\Delta E = q_p + w$$

با یک جابه‌جایی کوچک گرمای واکنش در فشار ثابت برابر است با :

$$q_p = \Delta E - w$$

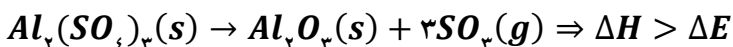
چون بیشتر واکنش‌های شیمیایی در فشار ثابت انجام می‌شوند، q_p را با نماد ΔH هم نشان می‌دهند و آن را تغییر آنتالپی واکنش یا به اختصار آنتالپی واکنش می‌نامند.

$$\Delta H = q_p \quad \text{یا} \quad \Delta H = \Delta E - w$$

با توجه به فرمول $\Delta H = \Delta E - w$ در هر فرآیند، تغییر آنتالپی (ΔH) به اندازه‌ی کار مبادله‌شده بین سامانه و محیط (w)، با تغییر انرژی درونی (ΔE) فرق می‌کند. به این ترتیب سه حالت ممکن است پیش بیاید :

۱- اگر در واکنشی تعداد مول‌های فرآورده‌ها از واکنش‌دهنده‌ها بیشتر باشد ($\Delta V > 0$) سامانه روی محیط کار انجام می‌دهد

$$w < 0 \quad \Delta H = \Delta E - w \Rightarrow \Delta H > \Delta E \quad \text{و در نتیجه } \Delta H \text{ از } \Delta E \text{ بیش‌تر است.}$$

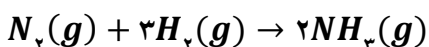


۰ مول

۳ مول گاز

۲- اگر در واکنشی تعداد مول‌های فرآورده‌ها از واکنش‌دهنده‌ها کم‌تر باشد ($\Delta V < 0$) محیط روی سامانه کار انجام می‌دهد

$$w > 0 \quad \Delta H = \Delta E - w \Rightarrow \Delta H < \Delta E \quad \text{و در نتیجه } \Delta H \text{ از } \Delta E \text{ کم‌تر است.}$$



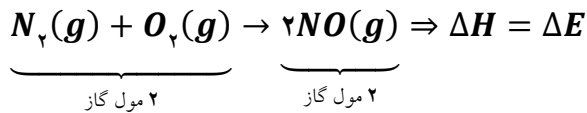
۴ مول گاز

۲ مول گاز

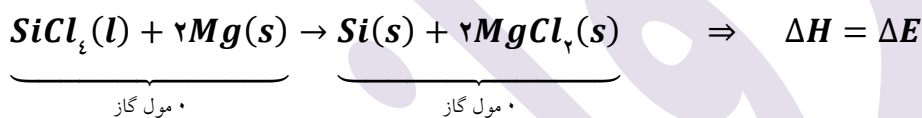
۳- اگر در واکنشی تعداد مول گازی فرآورده‌ها از واکنش‌دهنده‌ها برابر باشد ($\Delta V = 0$) هیچ کاری انجام نمی‌شود ($w = 0$) و

$$\Delta H = \Delta E - w \Rightarrow \Delta H = \Delta E \quad w=0$$

در نتیجه ΔH با ΔE برابر است.



برای واکنش‌هایی که تنها از مواد جامد و مایع تشکیل شده‌اند (ΔV) بسیار ناچیز است. از این رو برای این واکنش‌ها مقدار ΔE را تقریباً برابر ΔH در نظر می‌گیرند. زیرا در این گونه واکنش‌ها تعداد مول‌های گازی فرآورده‌ها و واکنش‌دهنده‌ها هر دو برابر صفر است و خبری از کار نیست.



تست: کدام مطلب درست است؟

- ۱) به مجموع انرژی‌های جنبشی ذره‌های تشکیل‌دهنده یک سامانه، انرژی درونی گفته می‌شود.
- ۲) دما مانند انرژی گرمایی یک خاصیت شدتی است.
- ۳) براساس قانون دوم ترمودینامیک، انرژی نه به وجود می‌آید و نه از بین می‌رود بلکه از شکلی به شکل دیگر درمی‌آید.
- ۴) q_p برابر $\Delta E - w$ است و آنتالپی واکنش نامیده می‌شود.

گزینه یک: به مجموع انرژی‌های جنبشی ذره‌های تشکیل‌دهنده یک سامانه انرژی گرمایی می‌گویند.

گزینه دو: انرژی گرمایی یک خاصیت شدتی نیست.

گزینه سه: براساس قانون اول ترمودینامیک، انرژی نه به وجود می‌آید و نه از بین می‌رود بلکه از شکلی به شکل دیگر درمی‌آید.

گزینه چهار: $\Delta H = \Delta E - w \rightarrow q_p = \Delta E - w$



تست: مقایسه‌ی قدر مطلق گرمای واکنش: $2\text{NH}_3(l) \rightarrow 3\text{H}_2(g) + \text{N}_2(g)$ در حجم ثابت (q'_v) و در فشار ثابت (q'_p) کدام است؟ ($\Delta H^\circ_{\text{تشکیل}}$ برای $\text{NH}_3(l)$ برابر $+26.4$ کیلوژول بر مول است و q' قدرمطلق مقدار گرما را می‌رساند).

(۱) $q'_p = q'_v$ (۲) $q'_p > q'_v$ (۳) $q'_p < q'_v$ (۴) به معلومات بیشتری نیاز است.



تست: یک سامانه‌ی بسته از دو مسیر متفاوت به یک حالت پایانی می‌رسد. اگر در مسیر اول سامانه به میزان 100 کالری گرما جذب کرده و 100 ژول کار روی محیط انجام دهد و در مسیر دوم به میزان 50 ژول کار روی محیط انجام دهد، گرمای مبادله شده در این مسیر بر حسب ژول کدام است؟

(۱) $+368/4$ (۲) $-268/4$ (۳) $-368/4$ (۴) $+268/4$



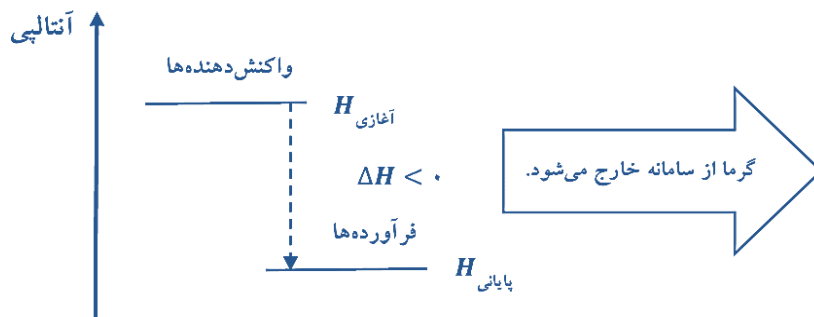
به طور کلی واکنش‌ها براساس این که گرما آزاد یا جذب می‌کنند، به دو دسته تقسیم می‌شوند:

۱- واکنش‌های گرماده:

در واکنش‌های گرماده، گرما آزاد می‌شود بنابراین علامت ΔH (همان گرمای واکنش در فشار ثابت) منفی است. در این گونه واکنش‌ها، آنتالپی فرآورده‌ها ($H_{\text{پایانی}}$) از آنتالپی واکنش‌دهنده‌ها ($H_{\text{آغازی}}$) کم‌تر است یا به عبارت دیگر آنتالپی سامانه کاهش می‌یابد.

$$\text{واکنش‌دهنده‌ها } H < H_{\text{فرآورده‌ها}} \Rightarrow H_{\text{واکنش‌دهنده‌ها}} - H_{\text{فرآورده‌ها}} < 0 \Rightarrow \Delta H < 0 \Rightarrow q < 0 : \text{واکنش‌های گرماده}$$

نمودار کلی آنتالپی واکنش‌های گرماده به صورت زیر است:



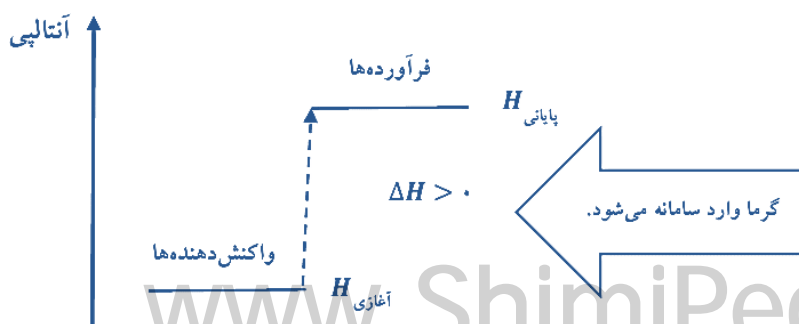
توجه: واکنش‌های سوختن مثل سوختن انواع و اقسام آلکان‌ها، حل کردن کلسیم کلرید ($CaCl_2$) در آب، فرآیندهای انجماد و میعان و هم‌چنین تجزیه‌ی نیتروگلیسرین نمونه‌هایی از واکنش‌های گرماده هستند.

۲- واکنش‌های گرماگیر:

در واکنش‌های گرماگیر، گرما جذب می‌شود بنابراین علامت ΔH (همان گرمای واکنش در فشار ثابت) مثبت است. در این گونه واکنش‌ها، آنتالپی فرآورده‌ها ($H_{\text{پایانی}}$) از آنتالپی واکنش‌دهنده‌ها ($H_{\text{آغازی}}$) بیش‌تر است یا به عبارت دیگر آنتالپی سامانه افزایش می‌یابد.

$$\text{واکنش‌دهنده‌ها } H > H_{\text{فرآورده‌ها}} \Rightarrow H_{\text{واکنش‌دهنده‌ها}} - H_{\text{فرآورده‌ها}} > 0 \Rightarrow \Delta H > 0 \Rightarrow q > 0 : \text{واکنش‌های گرماگیر}$$

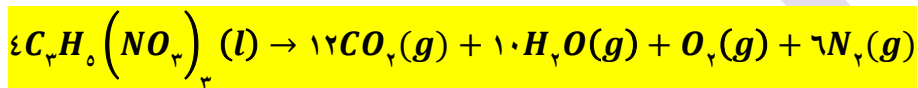
نمودار کلی آنتالپی واکنش‌های گرماگیر به صورت زیر است:



توجه: فرآیند ذوب، تبخیر، تصعید و هم‌چنین حل شدن آمونیوم‌نیترات در آب نمونه‌هایی از واکنش‌های گرماگیر هستند.

آلفرد نوبل، دانشمند سوئدی از ترکیب کردن خاک دیاتومه و نیترو گلیسرین، ماده‌ی منفجره‌ای به نام **دینامیت** ساخت. نیترو گلیسرین افزون بر خاصیت انفجاری، کاربرد دارویی نیز دارد، به طوری که پزشکان برای بیماران قلبی، قرص زیر زبانی نیترو گلیسرین تجویز می‌کنند که سبب گشاد شدن رگ‌ها می‌شود.

نیترو گلیسرین با فرمول شیمیایی $C_3H_5(NO_3)_3$ از جمله مواد منفجره‌ی بسیار حساسی است که بر اثر اندکی گرما یا وارد شدن ضربه طی واکنش روبه‌رو تجزیه می‌شود:



با توجه به واکنش بالا می‌توان نتیجه گرفت که نیترو گلیسرین در دمای اتاق مایع است اما فرآورده‌های حاصل از تجزیه‌ی آن همگی گازی شکل هستند.

این واکنش، گرماده است ($\Delta H < 0$). از طرفی چون تعداد مول‌های گازی فرآورده‌ها از واکنش‌دهنده‌ها بیشتر است پس می‌توان گفت که $\Delta V > 0$ بوده و سامانه روی محیط کار انجام می‌دهد ($w < 0$).

نکته) برای یک واکنش معمولاً به جای تغییر آنتالپی، واژه‌ی **آنتالپی** را به کار می‌برند.

نکته) **قدر مطلق ΔH** یک فرآیند، **بزرگی** آن را نشان می‌دهد در حالی که **علامت** آن نشان دهنده‌ی گرماده و گرماگیر بودن است.

نکته) از حل کردن ۲ گرم کلسیم کلرید ($CaCl_2$) خشک در ۵ میلی‌لیتر آب $30^\circ C$ ، به اندازه‌ای گرما آزاد می‌شود که می‌تواند دمای محلول را تا حدود $100^\circ C$ بالا ببرد.

ΔH یک واکنش به سه عامل بستگی دارند که عبارتند از:

۱- مقدار واکنش‌دهنده‌ها

ΔH واکنش، یک خاصیت مقداری است بنابراین به مقدار مواد واکنش‌دهنده بستگی دارد. هرچه مقدار مواد واکنش‌دهنده بیش‌تر باشد، مقدار گرمای مبادله‌شده نیز بیش‌تر خواهد بود.

۲- دما و فشار

گرمای مبادله شده در یک واکنش به دما و فشار بستگی دارد که واکنش در آن شرایط انجام می شود (مقدار آن در دما و فشارهای متفاوت، فرق می کند). به همین دلیل برای تعیین گرمای یک واکنش، باید واکنش موردنظر در یک فشار معین انجام شود و واکنش دهنده ها و فرآورده ها همگی در دمای یکسانی باشند.

۳- حالت فیزیکی واکنش دهنده ها و فرآورده ها

مقدار گرمای مبادله شده در یک واکنش، به حالت فیزیکی مواد شرکت کننده در واکنش بستگی دارد. به همین دلیل حالت فیزیکی آن ها باید به صورت جامد (s)، مایع (l)، گاز (g) و یا محلول آبی (aq) مشخص باشد.

تست: در دما و فشار ثابت کدام گزینه برای تبدیل جیوه جامد به جیوه مایع درست است؟ (چگالی جیوه جامد از چگالی جیوه مایع بیشتر است.)



$$\Delta H > 0, \Delta E > 0, w > 0, q > 0 \quad (2)$$

$$\Delta H < 0, \Delta E < 0, w < 0, q > 0 \quad (1)$$

$$\Delta H > 0, \Delta E > 0, w < 0, q > 0 \quad (4)$$

$$\Delta H > 0, \Delta E > 0, w > 0, q < 0 \quad (3)$$

چون فرآیند ذوب گرماگیر است؛ ($q > 0$) و چون فشار ثابت است؛ ($q_p = \Delta H > 0$). از طرفی چگالی جیوه جامد از چگالی جیوه مایع بیشتر است پس ضمن ذوب جیوه، چگالی آن کم شده و از این رو حجم زیاد می شود. به این ترتیب طبق رابطه‌ی $w = -p\Delta V$ داریم: $w < 0$.

تست: مقداری یخ خشک (کربن دی اکسید جامد) را داخل سیلندری با پیستون روان قرار می دهیم. کدام گزینه نادرست است؟

(۱) مقداری انرژی به صورت گرما موجب تصعید یخ خشک می شود.

(۲) تولید گاز CO_2 موجب بالا رفتن پیستون می شود.

(۳) در این فرآیند کار توسط سامانه بر روی محیط انجام می شود.

(۴) تغییرات انرژی درونی سامانه معادل با گرمای لازم برای تصعید یخ خشک است.



تست: یک ظرف را عایق‌بندی می‌نماییم به طوری که سامانه با محیط پیرامون خود گرمایی مبادله نکند. سپس دهانه‌ی ظرف را به یک مجموعه‌ی سیلندر و پیستون مجهز می‌کنیم. درون این ظرف مقداری فلز منیزیم را بر هیدرویدیک اسید اثر می‌دهیم. کدام گزینه نادرست است؟

- (۱) با تولید گاز هیدروژن، پیستون درون سیلندر به سمت عقب رانده می‌شود.
- (۲) در این سامانه، تغییرات انرژی درونی به صورت کار و گرما خود را نشان می‌دهد.
- (۳) وقتی پیستون به سمت عقب رانده می‌شود، انرژی درونی سامانه مصرف می‌شود.
- (۴) اگر بر روی پیستون از بیرون فشار وارد کنیم، در این صورت سامانه انرژی به دست می‌آورد.



تست: در ظرفی با پیستون متحرک، واکنش تهیه‌ی آمونیاک از گازهای نیتروژن و هیدروژن صورت می‌پذیرد. در این سامانه علامت ΔV و w به ترتیب کدام است؟

- (۱) مثبت - مثبت (۲) مثبت - منفی (۳) منفی - مثبت (۴) منفی - منفی



تست: در ظرفی با پیستون متحرک، مقداری گاز متان سوزانده می‌شود. کدام اظهار نظر نادرست است؟

- (۱) $\Delta V = 0$ (۲) $w = 0$ (۳) $\Delta E = q$ (۴) $\Delta E = w$



تست: اگر یک سامانه بسته، به اندازهی 232J کار انجام دهد و همراه با آن، 2kcal گرما آزاد کند، مقدار تغییر انرژی درونی آن برابر چند کیلوژول است؟

(۴) $+8/6$

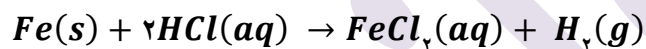
(۳) $-8/6$

(۲) $+8/134$

(۱) $-8/134$



تست: برای واکنش زیر $\Delta E = +120\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ است. در این واکنش علامت w و ΔH به ترتیب کدام است؟



(۴) مثبت - منفی

(۳) مثبت - مثبت

(۲) منفی - مثبت

(۱) منفی - منفی



تست: در تمام فرآیندهای زیر، مقدار ΔH تقریباً برابر با ΔE در نظر گرفته می‌شود، به جز

(۱) ذوب شدن یخ

(۲) واکنش میان محلول‌های هیدروکلریک اسید و سدیم هیدروکسید

(۳) واکنش میان فلز سدیم و آهن (III) اکسید (در کیسه‌ی هوای خودرو)

(۴) واکنش میان فلز پتاسیم و آب



تست: 10000 J گرما برای گرم کردن یک نمونه گاز در فشار ثابت به کار رفته است. با توجه به آن، کدام گزینه درست است؟

- (۱) $\Delta E < 10000 \text{ J}$ (۲) $\Delta E = 10000 \text{ J}$ (۳) $\Delta E - \Delta H = 10000 \text{ J}$ (۴) $\Delta E + (PV)_{\text{گاز}} = 10000 \text{ J}$



تست: از واکنش $1/2$ گرم فلز منیزیم با مقدار کافی هیدروکلریک اسید در یک سیلندر با پیستون متحرک، 20 kJ گرما آزاد شده است. اگر بدانیم 4 kJ کار بین سامانه و محیط مبادله شده است ΔE مربوط به واکنش منیزیم با هیدروکلریک اسید بر حسب kJ کدام است؟ ($\text{Mg} = 25$)

- (۱) -480 (۲) -400 (۳) -320 (۴) -300



حالت استاندارد ترمودینامیکی :

حالت استاندارد (STP):

دما : 0°C (273K) فشار : 1 atm (760 mmHg)

حالت استاندارد ترمودینامیکی:

دما : می تواند هر عددی باشد، (معمولاً 25°C یا همان 298K) فشار : 1 atm (760 mmHg)

مثال : از بین دگرشکل های کربن یعنی الماس، گرافیت و فولرن، گرافیت به عنوان حالت استاندارد انتخاب می شود، زیرا از همه پایدارتر است. همین طور از بین دگرشکل های اکسیژن یعنی O_2 و O_3 ، این O_2 است که به عنوان حالت استاندارد انتخاب می شود؛ چون از O_3 پایدارتر می باشد.

برای یک ماده در حالت محلول، حالت استاندارد ترمودینامیکی، غلظت یک مولار در نظر گرفته می شود.

تست : عبارت کدام گزینه درباره ی حالت استاندارد ترمودینامیکی، نادرست است؟

- ۱) ΔH° نشان دهنده ی آن است که واکنش دهنده ها و فرآورده ها در حالت استاندارد ترمودینامیکی قرار دارند.
- ۲) حالت استاندارد ترمودینامیکی برای عنصر کربن، آلوتروپ پایدار آن، یعنی گرافیت می باشد.
- ۳) در حالت استاندارد ترمودینامیکی، دما همواره 25°C و فشار 1 atm است.
- ۴) بدن انسان و شعله ی گاز، نمونه هایی از سامانه های باز هستند که به ترتیب مرزهای حقیقی و مجازی دارند.



مسائل استوکیومتری ΔH :



مولکول گرم یا اتم گرم حجم (L) × چگالی ($\frac{g}{l}$)

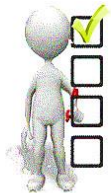
$$\frac{\text{گرم داده شده (g)}}{\left(\frac{g}{mol}\right) \times \text{ضریب}} \times \frac{P}{100} \times \frac{R}{100} = \frac{\text{مول} \times R}{100} = \frac{(\text{حجم (L)} \times \frac{P}{100} \times \frac{R}{100})}{\text{ضریب}} = \frac{(\frac{mol}{l}) \times \text{غلظت} \times (\text{L}) \times \frac{R}{100}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{اتم، یون، مولکول یا ذره}}{6/0.22 \times 10^{23} \times \text{ضریب}} = \frac{q}{|\Delta H|}$$

یا تعداد عناصر سازنده مولکول

P: درصد خلوص و R: بازده درصدی

تست: بر اساس واکنش $C_3H_8(g) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + H_2O(g)$ $\Delta H = -2056 \text{ kJ}$ چند میلی لیتر پروپان در شرایط

استاندارد بسوزد تا گرمای حاصل از آن بتواند ۲۰ گرم آب با دمای 90°C را به جوش آورد؟ ($C_{ویژه} = \frac{4}{2} \frac{J}{g \cdot ^\circ\text{C}}$)



۸/۴ (۴)

۵/۸ (۳)

۷/۸ (۲)

۹/۱۵ (۱)

$$\frac{\text{حجم (ml)} \times \frac{R}{100}}{22400 \left(\frac{l}{mol}\right) \times \text{ضریب}} = \frac{q = mC\Delta T}{|\Delta H|} \Rightarrow \frac{x}{22400} = \frac{20 \times \frac{4}{2} \times 10}{2056000} \Rightarrow x = 9/15$$

تست: اگر در واکنش $1/3$ گرم فلز روی با مقدار کافی هیدروکلریک اسید، مقدار $3/0.8$ کیلوژول گرما آزاد شود، ΔH واکنش

$Zn(s) + 2HCl(aq) \rightarrow ZnCl_2(aq) + H_2(g)$ چند کیلوژول است؟ ($Zn = 65$)

+۳۰۸ (۴)

-۳۰۸ (۳)

+۱۵۴ (۲)

-۱۵۴ (۱)



تست: اگر بر اثر واکنش سدیم با آب، ۴۴۸ میلی لیتر گاز هیدروژن در شرایط استاندارد تولید شود و طی آن ۷/۳۶ کیلوژول گرما

آزاد شود، ΔH واکنش: $Na(s) + H_2O(l) \rightarrow NaOH(aq) + \frac{1}{2}H_2(g)$ برحسب کیلوژول کدام است؟

-۷۳۶ (۴)

-۳۶۸ (۳)

-۱۸۴ (۲)

-۹۲ (۱)



تست: براساس واکنش گازی: $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(g)$, $\Delta H = -242 kJ$ ، اگر مخلوطی از گازهای اکسیژن و

هیدروژن با حجم ۸/۴ لیتر در شرایط استاندارد، بر اثر جرقه، به طور کامل باهم واکنش دهند به طوری که چیزی از آنها باقی نماند،

چند کیلوژول گرما آزاد می شود؟

۱۲۱ (۴)

۱۱۲ (۳)

۹۰/۷۵ (۲)

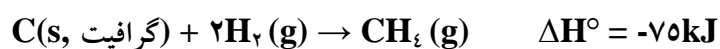
۶۰/۵ (۱)



آنتالپی استاندارد تشکیل ($\Delta H_{\text{تشکیل}}^\circ$):

به تغییر آنتالپی واکنشی گفته می شود که طی آن، یک مول از ماده‌ی مورد نظر از عنصرهای سازنده اش (به حالت استاندارد

ترمودینامیکی) تشکیل می شود.



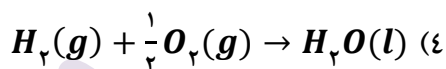
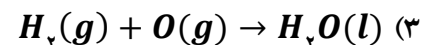
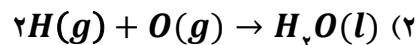
مثال:

آنتالپی استاندارد تشکیل عناصرها :

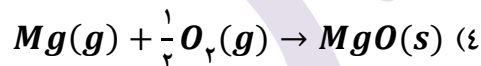
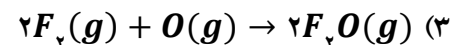
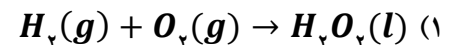
آنتالپی استاندارد تشکیل یک عنصر آزاد در حالت استاندارد ترمودینامیکی آن، برابر صفر است.

مثال : $\Delta H_{\text{تشکیل}}^{\circ} Cl_2(g) = 0$, $\Delta H_{\text{تشکیل}}^{\circ} Br_2(l) = 0$

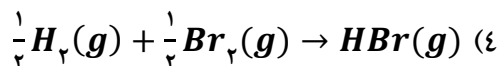
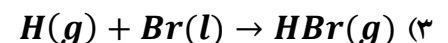
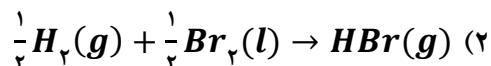
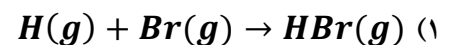
تست : تغییر آنتالپی در کدام واکنش، برابر آنتالپی استاندارد تشکیل آب است؟



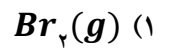
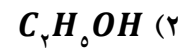
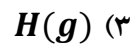
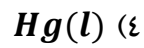
تست : تغییر آنتالپی در کدام واکنش، برابر آنتالپی استاندارد تشکیل فرآورده‌ی آن واکنش است؟



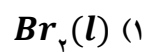
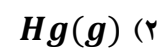
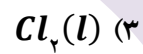
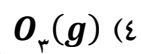
تست : تغییر آنتالپی در کدام واکنش، $\Delta H_{\text{تشکیل}}^{\circ}$ مربوط به گاز هیدروژن برمی‌دارد به درستی نشان می‌دهد؟



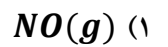
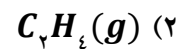
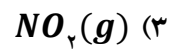
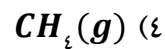
تست: آنتالپی استاندارد تشکیل کدام گونه برابر صفر است؟



تست: آنتالپی استاندارد تشکیل کدام ماده، مقداری منفی است؟



تست: آنتالپی استاندارد تشکیل کدام ماده، مقداری منفی است؟



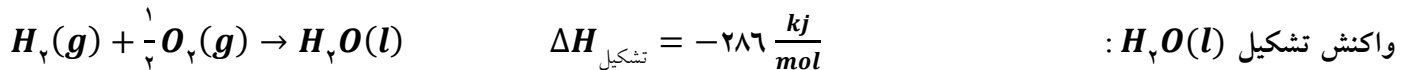
تست: اگر آنتالپی استاندارد تشکیل $H_2O(l)$ برابر $-286 \frac{kJ}{mol}$ باشد بر اثر واکنش ۳۰ لیتر گاز هیدروژن با ۲۰ لیتر گاز اکسیژن و تولید آب به حالت مایع، چه مقدار گرما آزاد می‌شود؟ (در دمای واکنش چگالی گاز اکسیژن را برابر $1/2 \frac{g}{L}$ در نظر بگیرید).

۴) ۴۲۹

۳) ۳۲۱/۷۵

۲) ۲۱۴/۵

۱) ۱۶۰/۸۷۵



سؤال مقدار دو واکنش دهنده را به ما داده پس با محدودکننده سروکار داریم و از طرفی طبق قانون گی لوساک نسبت‌های حجمی با نسبت‌های مولی گازها برابر است. کفایت حجم گازها را بر ضرایب استوکیومتری آنها تقسیم کنیم هر کدام عدد کوچک‌تری شد آن ماده محدودکننده است.

در نتیجه H_2 محدودکننده است.

$$H_2: \frac{30}{1} = 30 \quad \text{و} \quad CO: \frac{20}{\frac{1}{2}} = 40$$

حالا باید گرمای آزاد شده را برحسب مقدار محدودکننده (H_2) حساب کنیم. اما قبل از آن باید چگالی گاز H_2 را در شرایط واکنش به دست آوریم. (در دمای واکنش و فشار معین نسبت چگالی گازها برابر نسبت جرم مولی آنهاست)

$$\frac{\text{چگالی } H_2}{\text{چگالی } O_2} = \frac{\text{جرم مولی } H_2}{\text{جرم مولی } O_2} \Rightarrow \frac{x}{1/2} = \frac{2}{32} \Rightarrow x = 0.075 \frac{g}{L}$$



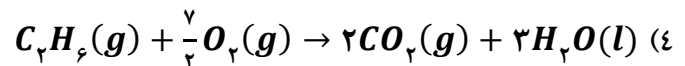
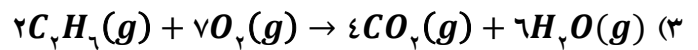
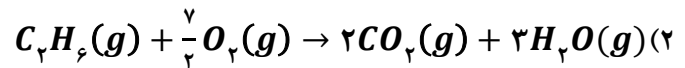
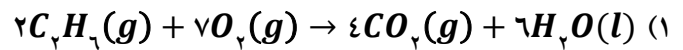
$$\frac{q}{|\Delta H|} = \frac{\text{چگالی} \times \text{حجم}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{q}{286} = \frac{30 \times 0.075}{2 \times 1} \Rightarrow q = 321.75 \text{ kJ}$$

آنتالپی استاندارد سوختن ($\Delta H^\circ_{\text{سوختن}}$):

به گرمای واکنش سوختن یک مول از یک ماده در مقدار کافی اکسیژن خالص گفته می‌شود.



تست: تغییر آنتالپی کدام واکنش برابر آنتالپی استاندارد سوختن اتان است؟



مقایسه‌ی آنتالپی استاندارد سوختن هیدروکربن‌ها:

هرچه تعداد کربن یک هیدروکربن، **بیش‌تر** باشد، آنتالپی استاندارد سوختن آن **بیش‌تر** است.

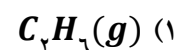
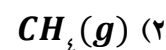
اگر چند هیدروکربن از نظر تعداد کربن یکسان باشند، آن‌که **هیدروژن بیش‌تری** دارد، آنتالپی استاندارد سوختن‌اش **بیش‌تر** است.



نکته) هرچه **مقدار (جرم) یک هیدروکربن بیشتر** باشد، مقدار **گرمای حاصل از سوختن آن بیشتر** است.

نکته) وقتی **جرم‌های برابری** از هیدروکربن‌ها می‌سوزد، گرمای حاصل از سوختن **هیدروکربن سبک‌تر** بیش‌تر است.

تست: آنتالپی استاندارد سوختن کدام ماده بزرگ‌تر (منفی‌تر) است؟



نکته) گرمای سوختن یک **آلکان** از **الکل** هم کربن خود بزرگ تر است.

تست: آنتالپی استاندارد سوختن کدام هیدروکربن منفی تر است؟



- (۱) اوکتان (۲) پروپان (۳) هپتان (۴) بوتان

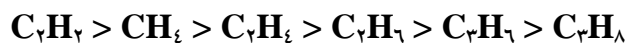
تست: در کدام گزینه، مقایسه‌ی گرمای حاصل از سوختن مواد، درست نشان داده شده است؟ (C = ۱۲, H = ۱)

- (۱) یک مول اتان < دو مول متان
 (۲) یک مول اتن > نیم مول بوتان
 (۳) دو مول متان > یک مول اتن
 (۴) نیم مول بوتان < یک مول اتان



مقایسه‌ی دمای شعله‌ی هیدروکربن‌ها:

هرچه تعداد مول‌های گاز حاصل از سوختن یک مول از هیدروکربنی کم‌تر باشد، دمای شعله‌ی آن بالاتر است. در صورت برابری تعداد مول گاز حاصل از سوختن یک مول از دو هیدروکربن معین، دمای شعله‌ی هیدروکربن دارای آنتالپی سوختن بیشتر، بالاتر است.



نکته) تعداد مول گاز حاصل از سوختن یک مول هیدروکربن، برابر «تعداد کربن + نصف تعداد هیدروژن» آن است.

تست: گرمای حاصل از سوختن یک گرم از کدام هیدروکربن زیر بیش‌تر است؟

- (۱) اتن (۲) متان (۳) اتان (۴) اتین

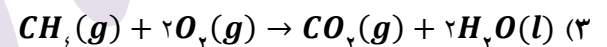
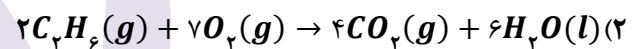
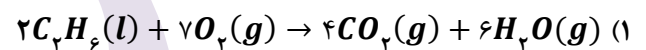


تست: کدام عبارت زیر نادرست است؟

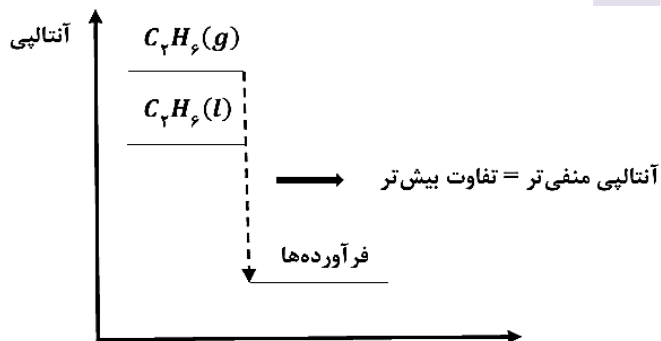
- ۱) آنتالپی استاندارد سوختن گرافیت برابر آنتالپی استاندارد تشکیل $CO_2(g)$ است.
- ۲) گرمای حاصل از سوختن یک گرم H_2 کم تر از سوختن یک گرم H است.
- ۳) از گاز استیلن در جوشکاری استفاده می شود زیرا دمای شعله ی آن از اتان و اتیلن بیشتر است.
- ۴) آنتالپی استاندارد سوختن هیدروژن برابر آنتالپی استاندارد تشکیل $H_2O(g)$ است.



تست: آنتالپی سوختن کدام یک از واکنش های زیر منفی تر است؟



هر چه جرم یک هیدروکربن بیشتر باشد گرمای حاصل از سوختن آن بیش تر است پس گزینه های ۳ و ۴ حذف می شوند. از طرفی می دانیم سطح آنتالپی یک ماده در حالت گازی بیش تر از سطح آنتالپی یک ماده در حالت مایع است.

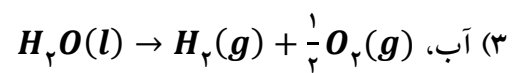
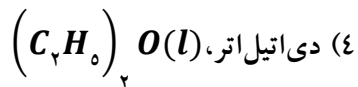


آنتالپی استاندارد تبخیر ($\Delta H_{\text{تبخیر}}^\circ$):

گرمای لازم برای این که یک مول از مایع مورد نظر در دمای جوش آن از حالت مایع به حالت گاز تبدیل شود. (فرآیند فیزیکی)



تست: در کدام گزینه، تغییر آنتالپی واکنش، برابر آنتالپی استاندارد تبخیر ماده‌ی مورد نظر است؟



تست: با توجه به داده‌های جدول زیر، کدام دما را می‌توان به نقطه‌ی جوش (برحسب °C) ماده‌ی B نسبت داد؟

ماده	A	B	C	D
آنتالپی تبخیر ($kJ \cdot mol^{-1}$)	۳۰	۳۸/۶	۲۹/۲	۲۶

(۲) ۶۱/۳

(۱) ۳۴/۶

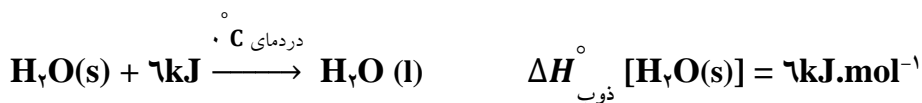
(۴) ۷۸/۵

(۳) ۷۶/۷



آنتالپی استاندارد ذوب ($\Delta H_{\text{ذوب}}^\circ$):

گرمای لازم برای این که یک مول از ماده‌ی جامد در دمای ذوب از حالت جامد به حالت مایع تبدیل شود. (فرآیند فیزیکی)



تست: اگر آنتالپی استاندارد ذوب دی‌اتیل‌اتر برابر $7/3 \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ باشد، برای ذوب ۵ گرم دی‌اتیل‌اتر تقریباً چه مقدار گرما

برحسب کالری نیاز است؟

(۴) ۴۹۳/۲

(۳) ۳۷۰

(۲) ۱۹۳/۸

(۱) ۱۱۷/۸



مقایسه‌ی آنتالپی‌های ذوب و تبخیر:

آنتالپی استاندارد تبخیر هر ماده‌ای، به مراتب بیش‌تر از آنتالپی استاندارد ذوب آن است. زیرا انجام فرآیند تبخیر برخلاف فرآیند ذوب، مستلزم از بین رفتن کامل جاذبه‌های میان ذرات تشکیل دهنده‌ی ماده است.

آنتالپی استاندارد تصعید ($\Delta H_{\text{تصعید}}^{\circ}$):

گرمای لازم برای این که یک مول از ماده‌ی جامد از حالت جامد به حالت گاز تبدیل شود. (فرآیند فیزیکی)



تست: اگر آنتالپی استاندارد ذوب یخ برابر $15/5\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ و آنتالپی استاندارد تبخیر آن برابر $41/57\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ باشد، آنتالپی استاندارد تصعید یخ برحسب $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ کدام است؟

- (۱) $26/07$ (۲) $-57/05$ (۳) $-26/07$ (۴) $57/07$



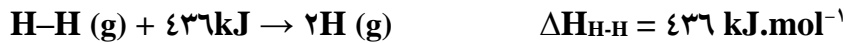
تست: کدام عبارت در مورد تصعید یخ خشک درست است؟

- (۱) مقدار ΔH آن مثبت بوده و طی آن به بخار آب ($H_2O(g)$) تبدیل می‌شود.
- (۲) در این فرآیند، پیوندهای کووالانسی بین اتم‌ها شکسته می‌شود.
- (۳) یخ خشک در فشارهای معمولی به‌طور مستقیم تصعید می‌شود.
- (۴) در فشار ثابت، علامت کار انجام شده در این فرآیند مثبت است.



آنتالپی پیوند:

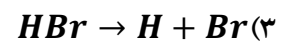
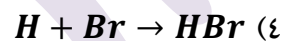
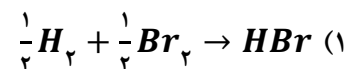
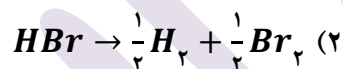
به انرژی لازم برای شکستن یک مول از پیوند مورد نظر گفته می‌شود.



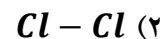
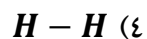
نکته) در معادله‌ی مربوط به آنتالپی پیوند، همه‌ی مواد به حالت گازی نوشته می‌شوند. (صرف نظر از حالت استاندارد آنها) و برای این نوع آنتالپی، لفظ «استاندارد» به کار گرفته نمی‌شود.

نکته) در مورد بسیاری از پیوندها از اصطلاح «متوسط آنتالپی پیوند» استفاده می‌شود، زیرا انرژی این پیوندها در موقعیت‌های مختلف، یکسان نیست.

تست: انرژی پیوند HBr برابر ۸۲ کیلوکالری برمول است، در کدام یک از واکنش‌های زیر، محتوای انرژی سیستم به اندازه‌ی ۸۲ کیلوکالری کاهش می‌یابد؟ (همه‌ی اجزا گازی شکل هستند.)



تست: اطلاق نام متوسط آنتالپی پیوند برای کدام پیوند زیر مناسب‌تر به نظر می‌رسد؟



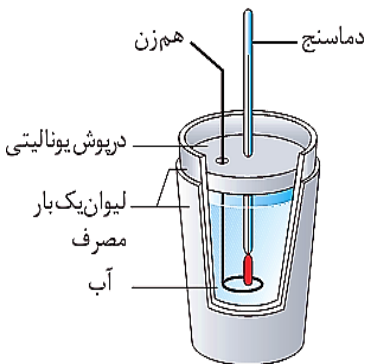
روش‌های مختلف برای تعیین گرمای واکنش‌های شیمیایی:

۱- روش مستقیم ۲- روش غیر مستقیم

روش مستقیم:

۱) با استفاده از **گرماسنج لیوانی**: که در این روش، گرمای واکنش در فشار ثابت (یعنی ΔH) اندازه‌گیری می‌شود.

گرماسنج لیوانی: شامل مقدار معینی آب یا محلول یک واکنش‌دهنده در یک ظرف عایق‌بندی شده است. در این گرماسنج، یک دماسنج و یک هم‌زن نیز قرار دارد. پیش از انجام واکنش، دمای اولیه‌ی آب یا محلول اندازه‌گیری می‌شود. بعد از اضافه کردن ماده‌ی دوم و انجام واکنش مورد نظر، دمای نهایی آب هم اندازه‌گیری می‌شود و با استفاده از اختلاف دمای پیش و پس از آزمایش، گرمای واکنش محاسبه می‌شود.

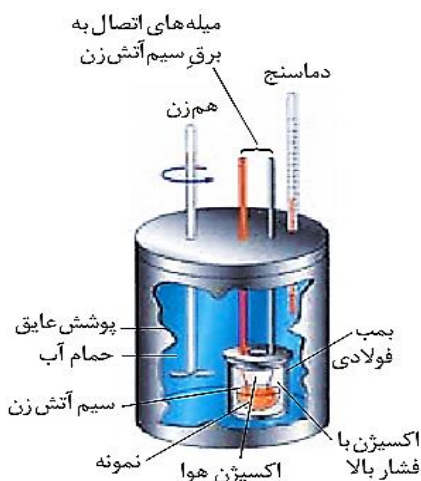


$$\Delta H = q_p$$

۲) با استفاده از **گرماسنج بمبی**: که در این روش، گرمای واکنش در حجم ثابت (یعنی ΔE) اندازه‌گیری می‌شود. از این نوع گرماسنج برای اندازه‌گیری دقیق گرمای سوختن یک ماده در حجم ثابت استفاده می‌شود.

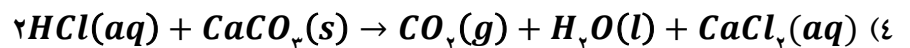
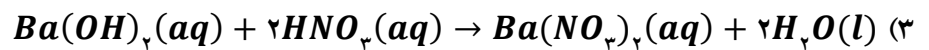
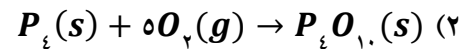
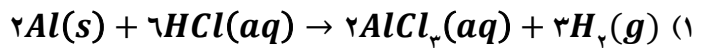
گرماسنج بمبی: در آن، محفظه‌ی واکنش (بمب فولادی) درون یک حمام آب قرار دارد. آب درون این حمام به منظور همگون شدن دما به‌طور پیوسته در حال هم خوردن است. پس از برقراری جریان برق و هم‌زمان با سوختن نمونه، گرمای آزاد شده سبب گرم کردن بمب و در نتیجه گرم شدن آب و افزایش دمای حمام آب می‌شود.

با اندازه‌گیری پیوسته‌ی دمای آب درون حمام و با استفاده از **ظرفیت گرمایی اجزای سازنده‌ی گرماسنج** (شامل حمام آب، میله‌ی هم‌زن، بدنه، دماسنج، محفظه‌ی احتراق و میله‌های اتصال) که برای هر گرماسنج مقدار ثابت است و با محاسبه‌ای ساده، می‌توان گرمای حاصل از واکنش سوختن را محاسبه کرد.



$$\Delta E = q_v$$

تست: برای تعیین گرمای کدام واکنش زیر، استفاده از گرماسنج لیوانی مناسب تر است؟



تست: کدام عبارت در مورد گرماسنج بمبی نادرست است؟

(۱) با استفاده از آن، ΔE (تغییر انرژی درونی) یک واکنش قابل اندازه‌گیری است.

(۲) محفظه‌ی انجام واکنش (بمب فولادی) درون یک حمام آب قرار دارد.

(۳) برای اندازه‌گیری دقیق گرمای سوختن یک ماده به کار می‌رود.

(۴) یک دماسنج و یک هم‌زن در محفظه‌ی انجام واکنش (بمب فولادی) وجود دارد.



تست: کدام عبارت در مورد گرماسنج بمبی نادرست است؟

(۱) واکنش درون بمب فولادی بر اثر برقراری جریان برق انجام می‌گیرد.

(۲) محفظه‌ی انجام واکنش (بمب فولادی) با محیط اطرافش گرما مبادله نمی‌کند.

(۳) آب درون حمام آب به منظور هم‌گون شدن دما به‌طور پیوسته در حال به‌هم‌خوردن است.

(۴) در درون بمب فولادی گاز اکسیژن با فشار بالا وجود دارد.



تست: یک گرماسنج بمبی و بمب فولادی درون آن، هر کدام به ترتیب چه نوع سامانه‌هایی را تشکیل می‌دهند؟

- (۱) بسته - بسته (۲) منزوی - بسته (۳) بسته - منزوی (۴) منزوی - منزوی



تست: از سوختن کامل ۰/۳۵ گرم گلوکز در اکسیژن و در ظرفی به حجم ثابت، ۵۲۰۰ ژول گرما حاصل می‌شود. تغییر انرژی درونی در اثر سوختن یک مول گلوکز در شرایط داده شده بر حسب کیلوژول کدام است؟ ($C_6H_{12}O_6 = 180 \frac{g}{mol}$)

- (۱) -۱۸۵۶/۷ (۲) +۱۸۵۶/۷ (۳) -۲۶۷۴/۳ (۴) +۲۶۷۴/۳

از سوختن ۰/۳۵ گرم گلوکز ($C_6H_{12}O_6$) مقدار ۵/۲ کیلوژول گرما آزاد می‌شود. در نتیجه از سوختن یک مول گلوکز (۱۸۰ گرم)،



$$q_v = \Delta E = -2674/3 \text{ kJ}$$

۲۶۷۴/۳ کیلوژول گرما حاصل می‌شود.

روش غیر مستقیم:

✓ **با استفاده از قانون هس:** در قانون هس اگر معادله‌ی واکنشی از جمع کردن معادله‌های چند واکنش دیگر به دست آید،

ΔH آن واکنش، برابر با جمع جبری ΔH ‌های همه‌ی واکنش‌هایی است که معادله‌های آن‌ها با هم جمع شده‌اند.

تبصره‌های قانون هس:

الف) ΔH واکنش‌های رفت و برگشت، قرینه‌ی یکدیگرند.

ب) اگر ضرایب معادله‌ی واکنش در عددی ضرب شود، ΔH آن نیز در همان عدد ضرب می‌شود.

✓ **با استفاده از آنتالپی‌های تشکیل مواد:**

(مجموع آنتالپی‌های تشکیل واکنش‌دهنده‌ها) - (مجموع آنتالپی‌های تشکیل فرآورده‌ها) = ΔH واکنش

تست: گرمای مربوط به کدام واکنش را نمی‌توان به‌طور مستقیم تعیین کرد؟

الف) واکنشی که در شرایط بسیار سختی انجام می‌شود.

ب) واکنشی که بخشی از یک فرایند زیست‌شناختی پیچیده باشد.

ج) واکنشی که نتوان آن را به‌صورت یک واکنش جداگانه انجام داد.

الف و ب (۱) الف و ج (۲) ب و ج (۳) الف، ب و ج (۴)



تست: کدام عبارت در مورد واکنش: $3H_2(g) + N_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$ نادرست است؟

(۱) این واکنش طی دو مرحله انجام می‌شود.

(۲) در مرحله‌ی اول بر اثر واکنش N_2 با H_2 ، هیدرازین تولید می‌شود.

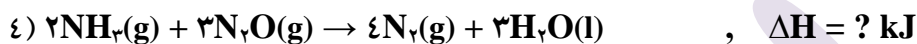
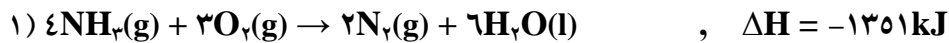
(۳) مرحله‌ی دوم این واکنش به‌صورت $N_2H_4(g) + H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$ انجام می‌شود.

(۴) گرمای واکنش تبدیل هیدرازین به آمونیاک را نمی‌توان به‌طور مستقیم اندازه‌گیری کرد.



محاسبه ΔH واکنش با استفاده از قانون هس :

مثال : با توجه به واکنش های زیر، ΔH واکنش شماره ی (۴) چند کیلوژول است؟



معادله های ۱، ۲ و ۳ را چنان تنظیم می کنیم که حاصل جمع آن ها برابر معادله ی شماره ی ۴ باشد :

با توجه به NH_3 باید معادله ی واکنش اول را در $\frac{1}{2}$ ضرب کرد. توجه شود که آنتالپی هم دستخوش این تغییر می شود.

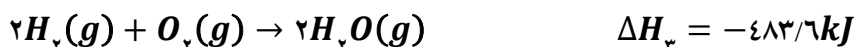
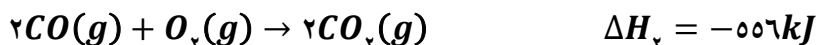
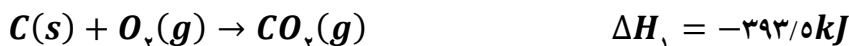
با توجه به N_2O باید معادله ی واکنش دوم را در ۳ ضرب کرد. توجه شود که آنتالپی هم دستخوش این تغییر می شود.

برای حذف هیدروژن باید معادله ی واکنش سوم را در ۳ ضرب کرده و طرف اول و دوم معادله ی واکنش را جابه جا کنیم، توجه

شود که آنتالپی هم دستخوش این تغییرات می شود. بنابراین :

$$\Delta H_{\text{(معادله ۴)}} = (-1351/5) + (-1102/2) + (857/7) = -920 \text{ kJ}$$

تست : براساس واکنش های زیر و داده های آن ها، ΔH واکنش تشکیل گاز آب، چند کیلوژول برمول است؟



+141/5 (۴)

+126/3 (۳)

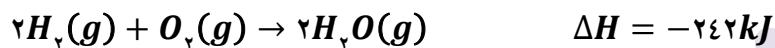
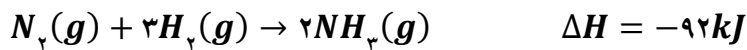
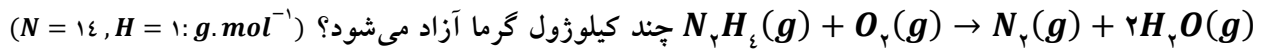
-128/4 (۲)

-120/9 (۱)



نکته) معمولاً هیدروژن گاز آب، جدا و خالص می‌شود و به عنوان ماده‌ی اولیه برای تولید آمونیاک به کار می‌رود.

تست: با توجه به واکنش‌هایی که در زیر آمده است، از سوختن ۹/۶ گرم هیدرازین گازی مطابق واکنش



۱۰۳/۲ (۴)

۱۰۱/۱ (۳)

۹۹/۲ (۲)

۹۵/۷ (۱)



تست: بر اثر سوختن یک مول متان و تولید گازهای CO_2 و H_2O ، ۱۷۸۴ کیلوژول گرما آزاد می‌شود. اگر آنتالپی تبخیر آب

برابر $41 \frac{kJ}{mol}$ باشد بر اثر سوختن ۴/۲ گرم متان و تولید گاز CO_2 و آب مایع چه مقدار گرما آزاد می‌شود؟

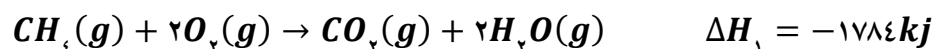
۴۳۸/۷ (۴)

۸۹۸/۹ (۳)

۴۸۹/۸ (۲)

۲۸۶/۹ (۱)

با استفاده از قانون هس:



مقدار گرمای آزاد شده بر اثر سوختن ۴/۲ گرم متان تولید آب مایع برابر است با :

$$\frac{q}{1866} = \frac{4/2}{16} \rightarrow q = 489/8 \text{ kJ}$$

تست : هنگامی که ۸ گرم گاز هیدروژن با گاز برم در دما و فشار معین واکنش می‌دهد، ۳۶/۸ کیلوژول گرما آزاد می‌کند. اما وقتی ۸ گرم گاز هیدروژن با برم مایع در همان دما و فشار معین واکنش می‌دهد در ازای آن ۱۲۲/۴ کیلوژول گرما گرفته می‌شود. با توجه به آن ΔH فرآیند $Br_2(g) \rightarrow Br_2(l)$ برحسب کیلوژول برمول کدام است؟

- (۱) -۲۹/۶ (۲) -۱۷/۶ (۳) -۱۸/۳ (۴) -۳۹/۸

ابتدا باید ΔH این دو واکنش را محاسبه کنیم، یعنی ببینیم که بر اثر واکنش یک مول $H_2(g)$ با $Br_2(g)$ و همچنین واکنش یک مول $H_2(g)$ با $Br_2(l)$ به ترتیب چه مقدار گرما مبادله می‌شود.

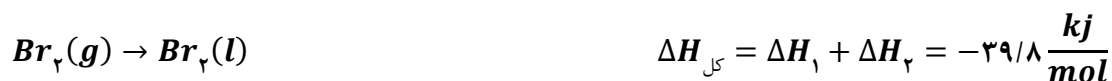
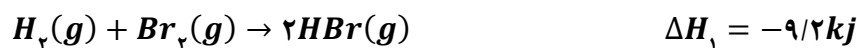
$$\text{واکنش گاز هیدروژن با گاز برم} : 2gH_2 \times \frac{36/8 \text{ kJ}}{8gH_2} = 9/2 \text{ kJ} \rightarrow \Delta H_1 = -9/2 \text{ kJ}$$

$$\text{واکنش گاز هیدروژن با برم مایع} : 2gH_2 \times \frac{122/4 \text{ kJ}}{8gH_2} = 30/6 \text{ kJ} \rightarrow \Delta H_2 = +30/6 \text{ kJ}$$

به این ترتیب خواهیم داشت :



حال برای این که ΔH واکنش $Br_2(g) \rightarrow Br_2(l)$ را به دست آوریم باید معادله واکنش ۲ را معکوس کنیم.

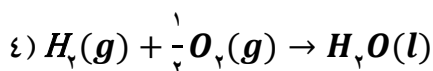
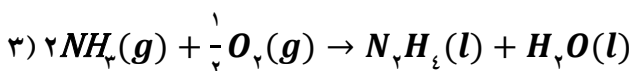
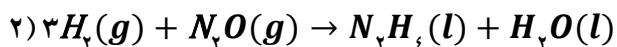
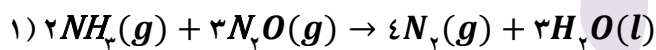


تست: با توجه به اطلاعات جدول مقابل، ΔH واکنش: $N_2O_3(g) + N_2O(g) \rightarrow 2N_2O_2(g)$ چند kJ است؟

واکنش	$\Delta H^\circ (kJ)$	
		(۱) -۳۰
$NO(g) + NO_2(g) \rightarrow N_2O_3(g)$	-۴۰	
$NO(g) + NO_2(g) + O_2(g) \rightarrow N_2O_5(g)$	-۱۱۰	(۲) -۱۵۰
$2NO_2(g) \rightarrow N_2O_4(g)$	-۶۰	(۳) +۴۰
$2NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g)$	-۱۱۵	(۴) +۱۱۰
$N_2O_5(g) \rightarrow N_2O_5(s)$	-۵۵	



تست: با توجه به داده‌های زیر، ΔH واکنش: $N_2H_4(l) + O_2(g) \rightarrow N_2(g) + 2H_2O(l)$ برحسب کیلوژول کدام است؟



(۴) -۶۵۲/۲

(۳) -۵۲۶/۵

(۲) -۶۲۲/۵

(۱) -۵۶۲/۲



محاسبه ΔH واکنش با استفاده از آنتالپی‌های تشکیل مواد:

مثال: اگر ΔH واکنش $C_2H_5OH(l) + 3O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(l)$ برابر $-1367/3$ و ΔH ‌های تشکیل $CO_2(g)$ و $C_2H_5OH(l)$ به ترتیب برابر با $-393/5$ kJ و $-277/7$ kJ باشد، ΔH تشکیل $H_2O(l)$ چند کیلوژول بر مول است؟

$\Delta H_{واکنش} = (\text{مجموع آنتالپی‌های تشکیل واکنش دهنده‌ها}) - (\text{مجموع آنتالپی‌های تشکیل فرآورده‌ها})$

$$\Rightarrow -1367/3 = [2(-393/5) + 3(\Delta H_{\text{تشکیل } H_2O(l)})] - [-277/7 + 3(0)]$$

$$\Rightarrow \Delta H_{\text{تشکیل } H_2O(l)} = -286 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

تست: با توجه به داده‌های زیر، آنتالپی استاندارد تشکیل گلوکز ($C_6H_{12}O_6$) بر حسب $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ کدام است؟



(۱) $+1272$ (۲) -1272 (۳) $+2128$ (۴) -2128



تست: اگر آنتالپی واکنش: $2H_2(g) + CO(g) \rightarrow CH_3OH(l)$ برابر $-128/2$ کیلوژول و آنتالپی تشکیل $CO(g)$ برابر

$-110/5$ کیلوژول بر مول باشد، آنتالپی تشکیل $CH_3OH(l)$ چند کیلوژول بر مول است؟

(۱) $-238/7$ (۲) $+238/7$ (۳) $-17/7$ (۴) $+17/7$



تست: اگر ΔH واکنش: $2H_2S(g) + 3O_2(g) \rightarrow 2SO_2(g) + 2H_2O(l)$ برابر 1125 kJ و ΔH° تشکیل $SO_2(g)$ و $H_2O(g)$ به ترتیب برابر -297 و -242 کیلوژول برمول باشد، ΔH° تشکیل $H_2S(g)$ برحسب کیلوژول بر مول کدام است؟
 (ΔH° تبخیر $H_2O(l)$ برابر $44 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ است.)

(۴) $-20/5$

(۳) $-25/25$

(۲) $-21/25$

(۱) $-50/5$



تست: آنتالپی استاندارد تشکیل $N_2H_4(g)$ و تبخیر $N_2H_4(l)$ به ترتیب برابر $+95/5$ و $+45$ کیلوژول برمول است. اگر آنتالپی استاندارد تشکیل $H_2O(g)$ برابر -242 کیلوژول برمول باشد، از سوختن $6/4$ گرم هیدرازین مایع مطابق واکنش:
 $N_2H_4(l) + O_2(g) \rightarrow N_2(g) + 2H_2O(g)$ چند کیلوژول گرما آزاد می شود؟ ($O=16, N=14, H=1$)

(۴) $57/95$

(۳) $53/45$

(۲) $115/9$

(۱) $106/9$



تست: گرمای مولی سوختن C_4H_8OH در شرایط آزمایشگاه برابر 1235 - کیلوژول بر مول است. برای گرم کردن 500 گرم آب با دمای $20^\circ C$ به $70^\circ C$ باید چند گرم از این الکل سوخته شود؟ (در صورتی که فقط 85% از گرمای سوختن الکل صرف گرم کردن آب شود و مابقی تلف گردد و گرمای ویژه آب برابر $4.18 J \cdot g^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$ می باشد).

۴/۶ (۴)

۶/۹ (۳)

۳/۹ (۲)

۹/۲ (۱)



تست: اگر آنتالپی سوختن اتانول برابر $966 \frac{kJ}{mol}$ باشد، 10 گرم از آن را در یک گرماسنج بمبی با دمای $5^\circ C$ که دارای 1400 گرم آب است وارد می کنیم تا با مقدار کافی گاز اکسیژن بسوزد، دمای نهایی گرما سنج بر حسب $^\circ C$ چند است؟ (ظرفیت گرمایی گرماسنج بدون آب $1.72 \frac{kJ}{^\circ C}$ است).

۳۲/۶ (۴)

۳۶/۲ (۳)

۲۸/۸ (۲)

۲۵/۷ (۱)

باید حساب کنیم در اثر سوختن 10 گرم اتانول چه مقدار گرما تولید می شود:

$$\frac{q}{966} = \frac{10}{46} \rightarrow q = 210 \text{ kJ}$$

در نتیجه این مقدار گرما جذب ظرف گرماسنج بمبی و آب درون آن می شود.

ظرفیت گرمایی آب درون آن + ظرفیت گرمایی ظرف گرماسنج = ظرفیت گرمایی کل گرماسنج

$$\text{ظرفیت گرمایی آب درون گرماسنج} = mc = 1400 \times 4/2 = 5880 \text{ J} \cdot \text{C}^{-1} = 5.88 \text{ kJ} \cdot \text{C}^{-1}$$

$$\text{ظرفیت گرمایی کل گرماسنج} = 1.72 + 5.88 = 7.6 \text{ kJ} \cdot \text{C}^{-1}$$



$$mc = \frac{q_{\text{کل}}}{\Delta T} \Rightarrow 7.6 = \frac{210}{(T_f - 5)} \Rightarrow T_f = 32.6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

اگر مخلوطی از اتن و اتین به حجم، ۲۲/۴ در شرایط *STP* به طور کامل سوخته و 1428 kJ گرما آزاد کرده باشد، چند

گرم اتین در این مخلوط وجود داشته است؟ (گرمای سوختن مولی اتین و اتن به ترتیب 1340 kJ و 1450 kJ است.)

$$(C=12 \text{ و } H=1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1})$$

۸/۶ (۴)

۷/۳ (۳)

۵/۱ (۲)

۵/۲ (۱)



یک قطعه یخ با دمای 0°C ، را در 200 گرم آب 25°C قرار می دهیم. پس از ذوب کامل یخ مورد نظر، دمای سامانه 5°C

است. جرم قطعه یخ اولیه چند گرم بوده است؟ (ظرفیت گرمایی ویژه ی آب برابر $4.184 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{C}^{-1}$ و $340 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$ $\Delta H_{\text{ذوب}}^\circ H_2O(S)$)

۸۰۰ (۴)

۵۰ (۳)

۴۶/۳ (۲)

۲۳/۶ (۱)



تست: عنصر A فقط دارای دو دگرشکل است که محصول سوختن هر دو دگرشکل، AO_2 بوده و آنتالپی استاندارد سوختن آن‌ها برابر -297 و -303 کیلوژول بر مول است. آنتالپی استاندارد تشکیل دگرشکل ناپایدارتر برحسب $kJ.mol^{-1}$ کدام است؟

- (۱) $+6$ (۲) -6 (۳) -600 (۴) $+600$



لیوانی حاوی 200 گرم آب با دمای $25^{\circ}C$ موجود است. اگر آنتالپی ذوب یخ برابر $6kJ.mol^{-1}$ و ظرفیت گرمایی ویژه‌ی آب $4/2J.g^{-1}.^{\circ}C^{-1}$ باشد، چند گرم یخ $0^{\circ}C$ ، باید به لیوان افزود تا در اثر ذوب شدن آن، دمای لیوان به $0^{\circ}C$ کاهش یابد؟

- (۱) $5/73$ (۲) 47 (۳) 63 (۴) 129



تست: آنتالپی استاندارد سوختن متان، $-890kJ.mol^{-1}$ است. ظرفیت گرمایی مولی آهن $25/2J.mol^{-1}.K^{-1}$ ، نقطه‌ی ذوب آن $1803K$ و آنتالپی استاندارد ذوب آن $15kJ.mol^{-1}$ است. با فرض این که هیچ اتلاف گرمایی وجود ندارد، چند گرم متان باید بسوزد تا 28 گرم آهن با دمای اولیه‌ی $303K$ ذوب شود؟

- (۱) $0/47$ (۲) $0/98$ (۳) $0/58$ (۴) $1/16$



تست: بر اثر سوختن ۱۲/۸ گرم متانول در یک گرماسنج بمبی، دمای حمام آب و سایر اجزای گرماسنج از 30°C به 70°C افزایش یافته است. اگر فرض کنیم ظرفیت گرمایی ویژهی آب برابر $4/2 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$ و ظرفیت گرمایی سایر اجزای گرماسنج برابر $6 \text{ kJ} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$ است، جرم آب موجود در این گرماسنج، تقریباً چند گرم بوده است؟ (آنتالپی استاندارد سوختن متانول برابر $-715 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ است)

۱۵۷/۸ (۴)

۲۷۳/۸ (۳)

۲۰۲/۶ (۲)

۱۸۵/۶ (۱)



۶ گرم گلوکز را در یک گرماسنج بمبی سوزانده‌ایم. این گرماسنج که ظرفیت گرمایی آن به تنهایی (بدون آب) $4 \text{ kJ} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$ است حاوی ۷۵۰ g آب است. دمای گرماسنج و آب موجود در آن از 25°C به 40°C افزایش یافته است. آنتالپی سوختن گلوکز بر حسب $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ کدام است؟

-۲۹۱۴/۶ (۴)

-۲۶۵۲/۶ (۳)

-۳۶۱۵/۵ (۲)

-۳۲۱۷/۵ (۱)





در یک گرماسنج لیوانی به ظرفیت گرمایی $400 \text{ J} \cdot \text{C}^{-1}$ ، مقدار 25 ml محلول 0.8 M نیتریک اسید و 50 ml محلول 0.5 M آمونیاک را با هم مخلوط می‌کنیم. پس از پایان واکنش دمای گرماسنج و نیز محلول نهایی از $17/2^\circ\text{C}$ به $22/2^\circ\text{C}$ افزایش یافته است. ΔH واکنش موردنظر برحسب $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ کدام است؟ (چگالی محلول نهایی را $1/2 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$ و ظرفیت گرمایی ویژه‌ی آن را $4 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{C}^{-1}$ در نظر بگیرید.)

(۴) -۹۵

(۳) -۱۹۰

(۲) -۸۵

(۱) -۱۷۰



از سوختن کامل یک گرم مخلوط گازی شامل $\text{H}_2(\text{g})$ و $\text{CH}_4(\text{g})$ در اکسیژن در آزمایشگاه $73/06$ کیلوژول گرما آزاد شود. نسبت مولی $\frac{\text{H}_2(\text{g})}{\text{CH}_4(\text{g})}$ در مخلوط گازی داده شده کدام است؟ می‌دانیم که گرمای سوختن $\text{H}_2(\text{g})$ و $\text{CH}_4(\text{g})$ در همان شرایط به ترتیب برابر $-142/9$ و $-55/6$ کیلوژول بر گرم است.

(۴) ۴

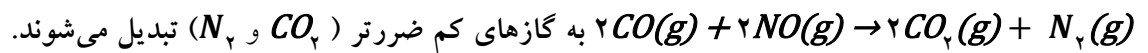
(۳) ۳

(۲) ۱

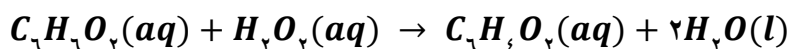
(۱) ۲



نکته) CO و NO دو گاز آلوده کننده‌ی هوا هستند که از آگزوز خودروها خارج می‌شوند و از طریق واکنش



نکته) **سوسک بمب افکن** برای دفاع از خود، مخلوطی از چند ماده را به سمت دشمن پرتاب می‌کند. به طوری که این مواد به سرعت، طبق معادله‌ی زیر با هم واکنش می‌دهند و گرمای زیادی آزاد می‌کنند.



آنتروپی:

معیاری از بی‌نظمی یک سامانه است و با نماد S نشان داده می‌شود.

در قانون دوم ترمودینامیک، به عنوان ملاکی برای توضیح خودبه‌خودی بودن فرآیندهای طبیعی معرفی می‌شود.

تغییر آنتروپی: با نماد ΔS مشخص شده و از رابطه‌ی $\Delta S = S_2 - S_1$ حاصل می‌شود.

اگر فرآیند با افزایش آنتروپی همراه باشد ($S_2 > S_1$)، در این صورت $\Delta S > 0$ خواهد بود.

اگر فرآیند با کاهش آنتروپی همراه باشد ($S_2 < S_1$)، در این صورت $\Delta S < 0$ خواهد بود.

با توجه به رابطه‌ی مربوط به محاسبه‌ی ΔS مشخص است که آنتروپی تابع حالت است.

آنتروپی یک سامانه در دمای صفر مطلق ($-273^\circ C$)، برابر صفر در نظر گرفته می‌شود.

انرژی آزاد گیبس، تغییرات آن و خودبه‌خودی بودن فرآیندها:



کمیتی است که تغییرات آنتروپی و تغییرات آنتالپی را به هم ربط می‌دهد و تغییرات آن، با نماد ΔG مشخص شده و از رابطه‌ی

$$\Delta G = G_2 - G_1$$

حاصل می‌شود.

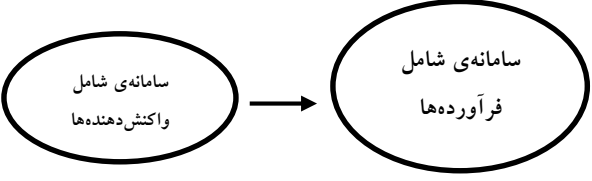
اگر T دمای مطلق باشد، ΔG فرآیند را می‌توان از رابطه‌ی $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ محاسبه کرد.

اگر $\Delta G < 0$ باشد، به معنی خودبه‌خودی بودن فرآیند مربوطه است و اگر $\Delta G > 0$ باشد، نشان‌گر غیرخودبه‌خودی بودن فرآیند است.

اگر $\Delta G = 0$ باشد، فرآیند موردنظر در هر دو جهت رفت و برگشت، خودبه‌خودی بوده و به حالت تعادل رسیده است.

نکته) انرژی آزاد نیز مانند آنتروپی، آنتالپی و انرژی درونی، یک تابع حالت است.

نکته) در هر فرآیند که در یک سامانه‌ی منزوی، خودبه‌خودی باشد، $\Delta S > 0$ است.

مثال	علامت ΔS	علامت تغییر آنتروپی
$N_2O_4(g) \rightarrow 2NO_2(g)$	مثبت	افزایش تعداد مول گاز
$2SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g)$	منفی	کاهش تعداد مول گاز
$C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$	مثبت	از بین رفتن ماده‌ی جامد
$AgF(aq) + KCl(aq) \rightarrow AgCl(s) + KF(aq)$	منفی	تولید ماده‌ی جامد
	مثبت	افزایش حجم سامانه‌ی گازی
$H_2O(l, 20^\circ C) \xrightarrow{\text{گرما}}$	مثبت	افزایش دمای سامانه‌ی گازی
	مثبت	حل کردن گازی در گاز دیگر

تقسیم‌بندی فرآیندها از نظر علامت ΔG و خودبه‌خودی بودن آنها				
مثال	خودبه‌خودی بودن واکنش	علامت ΔG	علامت ΔH	علامت ΔS
$2\text{Na}(s) + 2\text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow 2\text{NaOH}(aq) + \text{H}_2(g)$	در هر دمایی، خودبه‌خودی	در هر دمایی، منفی	منفی	مثبت
$\text{MgCO}_3(s) \xrightarrow{\Delta} \text{MgO}(s) + \text{CO}_2(g)$	در دماهای بالا، خودبه‌خودی	در دماهای بالا، منفی	مثبت	مثبت
$2\text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \xrightarrow{\Delta} 2\text{SO}_3(g)$	در دماهای پایین، خودبه‌خودی	در دمای پایین، منفی	منفی	منفی
$3\text{CO}_2(g) + \text{H}_2\text{O}(g) \rightarrow \text{C}_3\text{H}_8(g) + 5\text{O}_2(g)$	در هر دمایی، غیر خودبه‌خودی	در هر دمایی، مثبت	مثبت	منفی

تست: اگر در تغییری انرژی سامانه یابد، آن تغییر خودبه‌خودی

(۲) کاهش - همواره - است

(۱) افزایش - نمی‌تواند - باشد

(۴) کاهش - می‌تواند - باشد

(۳) افزایش - همواره - است



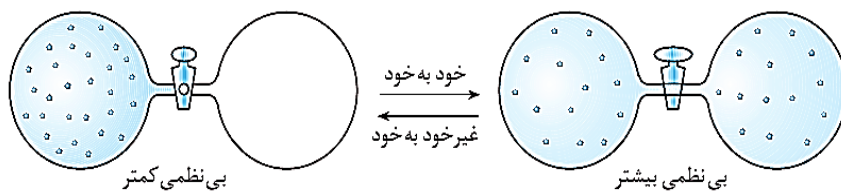
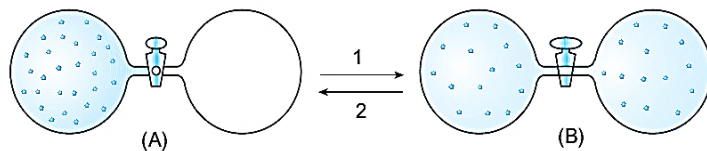
تست: با توجه به شکل کتاب درسی، به جای می‌توان عبارت و به جای می‌توان عبارت را قرار داد.

(۱) A - بی‌نظمی بیشتر - (۱) - خودبه‌خود

(۲) B - بی‌نظمی بیشتر - (۱) - غیر خودبه‌خود

(۳) A - بی‌نظمی کم‌تر - (۲) - غیر خودبه‌خود

(۴) B - بی‌نظمی کم‌تر - (۲) - خودبه‌خود



تست: هر تغییر شیمیایی یا فیزیکی به طور طبیعی در جهتی پیشرفت می کند که به سطح انرژی (ΔH ) و آنتروپی (ΔS ) برسد.

- (۱) بالاتر - بزرگ تر - پایین تر - کوچک تر
 (۲) پایین تر - بزرگ تر - بالاتر - کوچک تر
 (۳) بالاتر - کوچک تر - پایین تر - بزرگ تر
 (۴) پایین تر - کوچک تر - بالاتر - بزرگ تر



تست: بر اثر حل شدن آمونیوم نیترات در آب، آنتالپی و آنتروپی (بی نظمی) سامانه به ترتیب چه تغییری می کند؟

- (۱) افزایش - افزایش (۲) کاهش - افزایش (۳) کاهش - کاهش (۴) افزایش - کاهش

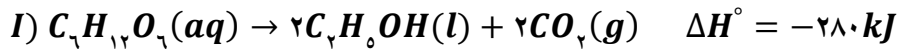


تست: واکنش گازی: $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l), \Delta H = -572 kJ$ نمونه ای از واکنش های شیمیایی است که با سطح انرژی و آنتروپی همراه بوده و است.

- (۱) کاهش - کاهش - برگشت پذیر
 (۲) کاهش - کاهش - خودبه خودی
 (۳) افزایش - افزایش - خودبه خودی
 (۴) افزایش - کاهش - برگشت پذیر



تست: با توجه به واکنش‌های زیر و مقدار ΔH° آن‌ها می‌توان دریافت که در دمای معمولی، واکنش خودبه‌خودی
 زیرا آنتروپی در آن و گرما است.



- (۱) I - است - افزایش یافته - گیر
 (۲) I - نیست - کاهش یافته - ده
 (۳) II - است - تغییر نکرده - ده
 (۴) II - نیست - تغییر نکرده - گیر



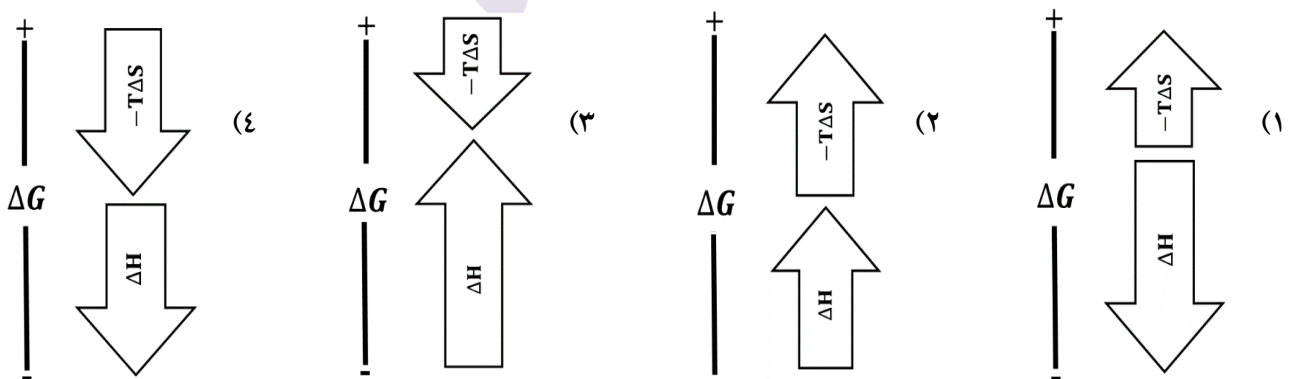
تست: کدام گزینه برای پرکردن عبارت زیر مناسب است؟

..... یک سامانه‌ی منزوی، طی یک فرآیند خودبه‌خودی، می‌یابد.

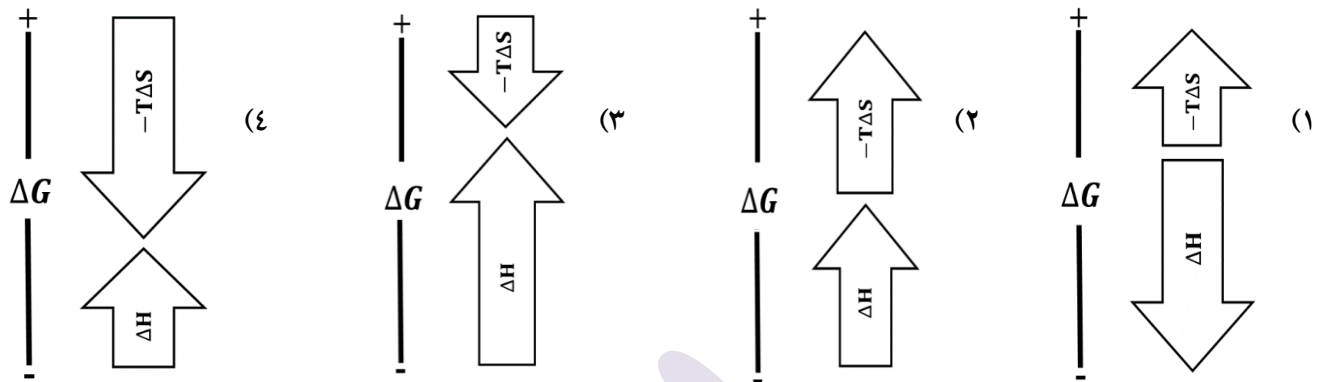
- (۱) آنتالپی - افزایش (۲) آنتروپی - کاهش (۳) آنتالپی - کاهش (۴) آنتروپی - افزایش



تست: کدام حالت مربوط به واکنشی است که در همه‌ی دماها خودبه‌خودی است؟



تست: کدام حالت مربوط به واکنشی است که تنها می‌تواند در دماهای بالا به‌طور خودبه‌خود انجام شود؟



تست: در کدام ردیف جدول زیر ΔH ، ΔS و ΔG درست معرفی شده‌اند؟

ردیف	ΔH	ΔS	ΔG	آیا واکنش خودبه‌خود است؟
۱ (۱)	مثبت	منفی	منفی	بله، در دماهای بالا
۲ (۲)	مثبت	مثبت	مثبت	هرگز خودبه‌خودی نیست
۳ (۳)	منفی	منفی	منفی	بله، در دماهای پایین
۴ (۴)	منفی	مثبت	مثبت	بله، در همه‌ی دماها



تست: در یک فرآیند خودبه‌خودی و یک‌طرفه برای کدام یک از سامانه‌های زیر $\Delta S_{\text{سامانه}} > 0$ است؟

- (۱) سامانه بسته (۲) سامانه باز (۳) سامانه ایزوله (۴) هیچکدام

در یک فرآیند خودبه‌خودی طبق قانون دوم ترمودینامیک، $\Delta S_{\text{محیط}} + \Delta S_{\text{سامانه}} = \Delta S_{\text{کل}} > 0$ است. حال اگر سیستم ایزوله باشد

در این صورت $\Delta S_{\text{محیط}} = 0$ (زیرا گرمایی به محیط داده نمی‌شود) بنابراین $\Delta S_{\text{سامانه}} = \Delta S_{\text{کل}} > 0$



تست: اگر مقادیر ΔH و ΔS برای یک واکنش برابر -60 kJ و $-0.12 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$ باشد. کدام مطلب زیر صحیح است؟

(۱) با تغییر حالت فیزیکی مواد شرکت‌کننده در واکنش، ΔG واکنش ثابت می‌ماند.

(۲) این واکنش می‌تواند در هر دمایی خودبه‌خودی باشد.

(۳) در بازه‌ی زمانی $T < 27^\circ\text{C}$ واکنش خودبه‌خودی است.

(۴) در بازه‌ی زمانی $T < 300^\circ\text{C}$ واکنش خودبه‌خودی است.

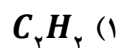
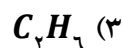
دلیل نادرستی گزینه‌ی یک: حالت فیزیکی مواد شرکت‌کننده در واکنش از جمله موارد موثر بر آنتالپی واکنش (ΔH) و آنتروپی واکنش (ΔS) است و از این‌رو با تغییر حالت فیزیکی مواد شرکت‌کننده در واکنش ΔH و ΔS و همچنین ΔG تغییر می‌کند.

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \Rightarrow \Delta H - T\Delta S < 0 \Rightarrow (-60 \text{ kJ}) - T \times \left(-0.12 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}\right) < 0$$

$$\Rightarrow T \times 0.12 \frac{\text{kJ}}{\text{K}} < 60 \text{ kJ} \Rightarrow T < \frac{60 \text{ kJ}}{0.12 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}} \Rightarrow T < 300 \text{ K} \Rightarrow T < 27^\circ\text{C}$$



تست: در دمای 25°C و فشار یک اتمسفر، آنتروپی کدام گاز بر حسب $\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ بزرگ‌تر است؟



تست: برم مایع در دمای $332/7$ کلون به جوش می‌آید. آنتالپی تشکیل $Br_2(g)$ با توجه به جدول روبه‌رو چند $kJ.mol^{-1}$ است؟

$S^{\circ}(J.mol^{-1}.K^{-1})$	
$Br_2(g)$	۵۸ / ۶
$Br_2(l)$	۳۶ / ۴

است؟

(۱) ۷/۴

(۲) ۱۲/۱

(۳) ۱۹/۵

(۴) ۲۲/۲





تست‌های مفهومی و سطح بالا:

تست: چند مورد از عبارات‌های زیر درست است؟

الف) اگر ظرفیت گرمایی ویژه‌ی جسم A کم‌تر از جسم B باشد و به آن‌ها مقدار یکسانی گرما داده شود، قطعاً افزایش دمای جسم A بیشتر از جسم B خواهد بود.

ب) اگر در فرایند سوختن گاز استیلن به جای اکسیژن خالص از هوا استفاده شود. دمای شعله آن کاهش می‌یابد.

ج) در فرآیند تبخیر یک گرم آب 100°C در فشار ثابت، $\Delta H > \Delta E$ است.

د) شیب نمودار ΔG بر حسب دما برای واکنش سوختن استیلن، مثبت است.

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)



تست: چند مورد از عبارات‌های زیر درست است؟

الف) برای محاسبه‌ی آنتالپی تبخیر آب، می‌توان آنتالپی استاندارد سوختن $H_f(g)$ را از آنتالپی استاندارد تشکیل $H_f(g)$ کم کرد.

ب) سوختگی ناشی از بخار آب جوش بیشتر از سوختگی ناشی از آب جوش است.

ج) گرمای حاصل از سوختن یک گرم H_f کم‌تر از سوختن یک گرم H است.

د) در فرآیندهایی که گرما بین سامانه و محیط انتقال نمی‌یابند، کار انجام شده توسط یک سامانه بسته، مستقل از مسیر است.

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)



تست: ظرفیت گرمایی ویژه‌ی هیدروکربنی که شامل ۸۰ درصد جرمی کربن، $1/2 J \cdot g^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$ است. کدام عدد را می‌توان به ظرفیت گرمایی مولی این ترکیب برحسب $J \cdot mol^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$ نسبت داد؟

۵۴ (۴)

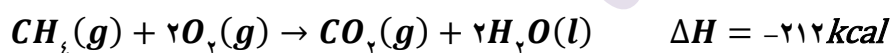
۳۰ (۳)

۱۹/۲ (۲)

۱۲/۵ (۱)



تست: اگر مخلوطی از گازهای هیدروژن و متان شامل ۶۶/۶۶ درصد حجمی متان در دما و فشار معین، به طور کامل بسوزد و مقدار ۱۱/۲۵ گرم آب تولید کند، مقداری گرمای آزاد شده در این فرآیند بر حسب کیلوژول به تقریب کدام است؟



۲۵۸/۳ (۴)

۱۸۲/۷ (۳)

۶۱/۵ (۲)

۴۳/۵ (۱)



تست: اگر ΔH واکنش تهیهی گازآب در صنعت برابر $+134\text{Kj}$ باشد، از سوختن 10 گرم گازآب چند کیلوژول گرما آزاد می‌شود؟ (ΔH تشکیل $\text{CO}_2(g)$ را برابر با -349 کیلوژول بر مول در نظر بگیرید.)

۵۲۸ (۴)

۳۵۰ (۳)

۱۷۶ (۲)

۸۷ (۱)



تست: اگر در دما و فشار ثابت جرم یکسانی از گازهای H_2S و O_2 درون سیلندری روان با یکدیگر واکنش دهند. به تقریب چند درصد حجم پایانی مخلوط واکنش را بخار آب تشکیل می‌دهد؟

۴۱/۴۶٪ (۴)

۳۵/۴۲٪ (۳)

۲۵/۳۴٪ (۲)

۱۶/۴۴٪ (۱)



تست: اگر با گرمای آزاد شده از سوختن ۸ گرم گاز متان بتوان ۴۴/۸ لیتر گاز هیدروژن را در شرایط استاندارد از واکنش تهیهی گاز آب به دست آورد. بازده درصدی واکنش تهیهی گاز آب کدام است؟ (آنتالپی استاندارد سوختن متان $-۹۰۰\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ و ΔH واکنش تهیهی گاز آب در صنعت $+۱۵۰\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ است.)

۸۰ (۴)

۶۶/۶۶ (۳)

۴۰ (۲)

۳۳/۳۳ (۱)



تست: آنتالپی استاندارد سوختن اتان و اتانول به ترتیب برابر -۱۵۶ و -۱۳۷ کیلوژول بر مول می باشد. اگر آنتالپی استاندارد تشکیل اتان $-۸۵\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ باشد. آنتالپی استاندارد تشکیل اتانول چند کیلوژول بر مول است؟

-۳۰۱۶ (۴)

-۲۸۴۶ (۳)

-۲۷۴ (۲)

-۱۰۴ (۱)



تست: از سوختن ناقص ۱ مول گرافیت، ضمن تولید گازهای CO و CO_2 ، $366/5$ کیلوژول گرما آزاد می‌شود، میزان اکسیژن مصرفی در این فرایند، تقریباً چند درصد باید افزایش یابد تا گرافیت به‌طور کامل بسوزد؟ (از سوختن کامل گرافیت، تنها گاز CO_2 تولید می‌شود.) (آنتالپی استاندارد تشکیل $CO(g)$ و $CO_2(g)$ را به ترتیب -110 و -395 کیلوژول برمول در نظر بگیرید.)
 $(O = 16, C = 12 : g.mol^{-1})$

۹۵ (۴)

۹۰ (۳)

۱۰ (۲)

۵ (۱)



تست: اگر ۳ گرم از نمونه‌ی ناخالص اتین را در یک گرماسنج بمبی وارد کنیم تا با مقدار کافی گاز اکسیژن بسوزد، دما $6^\circ C$ افزایش می‌یابد. اگر آنتالپی استاندارد سوختن اتین، برابر $-1300 KJ.mol^{-1}$ باشد، درصد خلوص اتین کدام است؟ (فرض کنید ناخالصی‌ها در فرآیند سوختن شرکت نمی‌کنند و ظرفیت گرمایی گرماسنج برابر $20 KJ.^\circ C^{-1}$ است.)
 $(C = 12, H = 1 : g.mol^{-1})$

۸۰ (۴)

۷۵ (۳)

۶۲ (۲)

۴۸ (۱)



تست: با توجه به این که ΔH° و ΔG° واکنش نمادین $A_2(g) + B_2(g) \rightarrow 2AB(g)$ در دمای 27°C به ترتیب -300 و -400 کیلوژول بر مول است، آنتروپی ماده‌ی $AB(g)$ برابر چند $J \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ می‌باشد؟ (بین آنتروپی (S) مواد شرکت کننده در واکنش رابطه‌ی $S_{A_2} = 2S_{B_2} = S_{AB}$ برقرار است.)

۵۰۰ (۴)

۱۸۰ (۳)

۰/۵ (۲)

۰/۱۸ (۱)



میفوی همه ی آزمون ها رو داشته باشی



بزن رو شکل بالایی

عضو کانال ما شو

www.ShimiPedia.ir