

## ترمودینامیک

۱. جریان ماده ای با شدت 2 و آنتالپی 3 به طور کاملاً یکنواخت (پایدار) وارد یک مخزن اختلاط غیر عایق شده؛ و با جریان دیگری از آن ماده با شدت 5 و آنتالپی 4 مخلوط می‌شود. در این مخزن هم‌زنی با توان مصرفی 2 کار می‌کند. در صورتی که آنتالپی جریان خروجی برابر 6 باشد، شدت انتقال حرارت محیط با حجم کنترل، کدام است؟ واحدها همه هماهنگ است.

(۱) 12 (۲) 14 (۳) 18 (۴) 26

۲. درون یک مخزن آب، یک بمب کالری‌متری قرار دارد. در داخل آب یک هم‌زن با توان مصرفی 100 وات کار می‌کند. یک واکنش در داخل بمب کالری‌متری انجام می‌شود. در مدت نیم‌ساعت مقدار 2000 کیلوژول گرما از بمب کالری‌متری به آب منتقل می‌شود. در همین مدت مقدار 50 کیلوژول گرما از مخزن به محیط بیرون (یعنی به هوا) منتقل می‌شود. تغییر انرژی داخلی آب درون مخزن در این مدت، چند کیلوژول است؟

(۱) 1720 (۲) 1770 (۳) 2130 (۴) 2180

۳. رفتار یک گاز خالص با استفاده از معادله‌ی حالت Virial (با دو جمله) توصیف می‌شود؛ که در آن ضریب دوم

Virial از رابطه‌ی  $B = b - \frac{a}{T^2}$  به دست می‌آید (a و b مقادیر ثابتی هستند). دمای Boyle، چقدر است؟

(۱)  $\sqrt{\frac{a}{b}}$  (۲)  $\sqrt{\frac{b}{a}}$  (۳)  $a\sqrt{b}$  (۴)  $b\sqrt{a}$

۴. در یک حجم کنترل (سیستم باز) فرضی و عایق دو جریان یکی به شدت 2 و آنتروپی مخصوص 4 و دیگری به شدت 5 و آنتروپی مخصوص 5 به‌طور کاملاً یکنواخت (پایدار) وارد و جریانی به آنتروپی مخصوص 6 خارج می‌شود. گزینه صحیح در این مورد کدام است؟ واحد همه هماهنگ است.

(۱) اطلاعات کافی نیست. (۲) فرآیند امکان‌پذیر و غیر برگشت‌پذیر است. (۳) فرآیند امکان‌پذیر و برگشت‌پذیر است. (۴) فرآیند امکان‌پذیر نیست.

۵. در یک مخزن به حجم 1000lit، یک گاز کامل در دمای 25°C و فشار 5MPa قرار دارد. در این مخزن نشت کوچکی ایجاد شده و پس از مدت طولانی فشار گاز داخل مخزن به نصف می‌رسد. حرارت مبادله شده بین گاز و محیط در طی فرآیند چند kJ است؟

(۱) 500 (۲) 1000 (۳) 2500 (۴) 3500

(فرآیند پایا یا یکنواخت). کدام یک از گزینه‌های زیر برای این فرآیند درست است؟

(۱) آنتالپی ویژه بخار در خروجی، 4800 از آنتالپی ویژه بخار در ورودی بیش تر است.

(۲) آنتالپی ویژه بخار در خروجی،  $4800 \text{ J}$  از آنتالپی ویژه بخار در ورودی کمتر است.

(۳) آنتالپی ویژه بخار در خروجی،  $4800 \text{ kJ}$  از آنتالپی ویژه بخار در ورودی بیشتر است.

(۴) آنتالپی ویژه‌ی بخار در خروجی،  $4800 \text{ kJ}$  از آنتالپی ویژه‌ی بخار در ورودی کمتر است.

حالت دهد، و  $V_2 = V_1$  باشد، آن گاه همیشه:

حالت دهد، و  $V_2 = V_1$  باشد، آن گاه همیشه:

$$W=0 \quad , \quad \Delta u \neq \int_{T_1}^{T_2} C_v dT \quad (\gamma) \qquad Q-W=\Delta u \quad , \quad \Delta u \neq \int_{T_1}^{T_2} C_v dT \quad (\gamma)$$

$$\Delta u = \int_{T_1}^{T_2} C_v dT \quad (\text{f}) \qquad Q = \Delta u \quad , \quad \Delta u = \int_{T_1}^{T_2} C_v dT \quad (\text{r})$$

۸. اگر فشار گازی در دمای ثابت  $T$  به سمت صفر میل کند آن‌گاه:

۱) حاصل ضرب فشار در حجم مخصوص آن گاز (PV) برابر RT می‌شود؛ ولی V آن لزوماً برابر  $\frac{RT}{P}$  نمی‌شود.

(۲) حاصل ضرب فشار در حجم مخصوص آن گاز (PV) برابر RT و حجم مخصوص آن برابر  $\frac{RT}{P}$  خواهد شد.

(۳) تفاضل حجم مخصوص آن گاز و  $\frac{RT}{p}$ ، لزوماً مثبت خواهد شد.

(۴) تفاضل حجم مخصوص آن گاز و  $\frac{RT}{p}$ ، لزوماً منفی خواهد شد.

$600^{\circ}\text{K}$ ، با هم تبادل حرارت می‌کنند؛ تا به تعادل برسند. تغیب آن‌ها و این تحول تقریباً چیست؟ واحدها همه

همان‌گونه است.  $\ln 2 = 0.7$  ،  $\ln 3 = 1.1$  ،  $\ln 5 = 1.6$

هماهنگ است.  $\ln 2 = 0.7$  ,  $\ln 3 = 1.1$  ,  $\ln 5 = 1.6$ .

8 (f)                      6 (e)                      4 (d)                      2 (c)

6 (3)                      4 (2)                      2 (1)

4 (r)                                  2 (l)

2 (1)

آن شود. وقتی فشار داخل مخزن به ده بار رسید، شیر ورودی را می‌بندیم. در این لحظه دمای داخل مخزن چند

درجه کلوین است؟ می‌دانیم که بر حسب کالری بر گرم مول بر درجه کلوین  $C_p = 7$  و  $C_v = 5$  می‌باشد.

درجه کلوین است؟ می دانیم که بر حسب کالری بر گرم مول بر درجه کلوین  $C_p = 7$  و  $C_v = 5$  می باشد.

560 (f)                      520 (r)                      480 (r)                      400 (l)

520 (3)                      480 (2)                      400 (1)

480 (r)                      400 (l)

400 ( )

و دمای 300-450 K به دست آمده است. کدام عبارت برای حجم مخصوص این ماده در همین محدوده دما و

$$G^R = \left( \begin{array}{cc} 1 & C \end{array} \right)_{\mathbb{R}^2} = (y^R, y, y^{ig}) \quad (4.1)$$

فشار، درست است.  $\left( M^R = M - M^{ig} \right)$  و  $\frac{G^R}{RT} = a + \left( b - \frac{C}{T} \right) P^2$  و  $a$  و  $b$  و  $c$  می باشد.

$$V = RT \left[ a + 2 \left( b - \frac{C}{T} \right) P \right] \quad (7)$$

$$V = RT \left[ \frac{a}{P} + 2 \left( b - \frac{C}{T} \right) \right] \quad (f) \qquad V = RT \left[ a + 2 \left( b - \frac{C}{T} \right) P + \frac{1}{P} \right] \quad (g)$$

۱۲. در یک فرآیند در فشار ثابت، با فرض ثابت بودن  $\beta$  (ضریب انبساط حجمی)، گزینه‌ی صحیح کدام است؟

$V = A(T) \exp(\beta T)$  (۱)  $V = A(P) \exp(\beta T)$  (۲)

$V = A(T) \exp(-\beta T)$  (۳)  $V = A(P) \exp(-\beta T)$  (۴)

۱۳. در یک سیستم دوفازی مایع بخار در حالت تعادل (VLE) در دمای  $T$  و فشار 1.15 اتمسفر، قانون راولت

صدق می‌کند. کسر مولی سازنده‌ی دوم در فاز مایع، کدام است؟  $P_1^{\text{sat}} = 1.8 \text{ atm}$  ،  $P_2^{\text{sat}} = 0.5 \text{ atm}$   
 (۱) 0.42 (۲) 0.5 (۳) 0.58 (۴) 0.62

۱۴. در یک مخلوط همگن دوجزئی،  $\hat{f}_1 = 1 - x_2 + 10x_1^2$  می‌باشد. ضریب اکتیویته‌ی  $(\gamma_1)$  آن سازنده، در  $x_1 = 0.5$  کدام است؟

(۱) 0.45 (۲) 0.54 (۳) 0.62 (۴) 0.71

۱۵. در یک مخلوط دو جزئی گازی با مول‌های جزئی مساوی داریم:  $\ln \hat{\phi}_1 = -0.333$  ،  $\ln \hat{\phi}_2 = -0.666$ . در این

صورت ضریب فوگاسیته‌ی مخلوط، کدام است؟  $\text{Exp}(0.2) = 1.2$  ،  $\text{Exp}(0.3) = 1.3$  ،  $\text{Exp}(0.5) = 1.6$   
 (۱) 0.82 (۲) 0.72 (۳) 0.62 (۴) 0.54

۱۶. در یک مخلوط همگن دو جزئی مایع داریم  $\left(\frac{G^E}{RT}\right)^* = 3x_1x_2 - 3$  تابع  $\ln \gamma_1^*$  برابر کدام است؟

(۱)  $3x_1^2 - 1$  (۲)  $3x_2^2 - 1$  (۳)  $3x_1^2 - 3$  (۴)  $3x_2^2 - 3$

۱۷. برای یک سیستم دوجزئی همگن در دمای  $T$  و فشار  $P$  داریم:  $\mu_2 = G_2 + RT \ln x_2$  ، تابع  $\mu_1$  برابر کدام است؟

(۱)  $G_1 - 2RT \ln x_1$  (۲)  $G_1 + 2RT \ln x_1$  (۳)  $G_1 - RT \ln x_1$  (۴)  $G_1 + RT \ln x_1$

۱۸. برای یک مخلوط همگن دو جزئی در دمای  $T$  و فشار  $P$  داریم:  $\Delta V = 5x_1x_2$  ، مقدار  $\bar{V}_1$  در همان دما و همان فشار و  $x_1 = 0.4$  ، کدام است؟  $V_1 = 10$  و واحدها همه هماهنگ است.

(۱) 19.8 (۲) 12.8 (۳) 11.8 (۴) 10.8

۱۹. کدام گزینه نادرست است؟  $\epsilon_e$  درجه پیشرفت واکنش یا مختصه واکنش در هنگام تعادل است.

(۱) در یک واکنش گرمازا، با کاهش دما در فشار ثابت،  $\epsilon_e$  کاهش می‌یابد.

(۲) در یک واکنش گرما گیر، با افزایش دما در فشار ثابت،  $\epsilon_e$  افزایش می‌یابد.

(۳) در یک واکنش گرمازا، با عدد استوکیومتری منفی، با افزایش فشار در دمای ثابت،  $\epsilon_e$  افزایش می‌یابد.

(۴) در یک واکنش گرماگیر، با عدد استوکیومتری منفی، با افزایش فشار در دمای ثابت،  $\epsilon_e$  افزایش می‌یابد.

۲۰. در یک محلول دو جزئی در دمای ثابت  $T$ ، و فشار  $P$ ، فوگاسیته محلول طبق رابطه  $\ln f = Ax_1 + Bx_2 + Cx_1x_2$  داده شده است. ثابت Henry برای جزء (۱) کدام است؟  $A, B, C$  اعداد ثابتی هستند.

(۱)  $\exp\left(A + \frac{B}{2}\right)$  (۲)  $\exp(A + B)$  (۳)  $\exp(B + C)$  (۴)  $\exp(A + C)$

## پاسخ تشریحی

۱. گزینه ۲ درست است.

برای حل این مسئله قانون اول ترمودینامیک برای سیستم باز را می‌نویسیم. با صرف‌نظر از انرژی پتانسیل و جنبشی در مقایسه با آنتالپی و انرژی داخلی داریم:

$$Q + \sum m_i h_i = W + \sum m_e h_e + m_2 u_2 - m_1 u_1$$

همزن روی سیستم کار انجام می‌دهد ( $W_{\text{mixer}} = -2$ ) و فرآیند کاملاً یکنواخت است ( $m_2 u_2 - m_1 u_1 = 0$ ):

$$Q + (2 \times 3) + (5 \times 4) = (-2) + (2 + 5)(6)$$
$$Q + 26 = 40 \Rightarrow Q = 14$$

۲. گزینه ۳ درست است.

با فرض آب به عنوان سیستم، قانون اول ترمودینامیک را برای سیستم بسته می‌نویسیم:

$$\Delta u = Q - W$$

$$\Delta u = (-50) + (2000) - \left( -\frac{100 \times 30 \times 60}{1000} \right)$$

توجه شود علامت منفی به این خاطر است که همزن روی سیستم کار انجام می‌دهد. ضریب  $\left( \frac{30 \times 60}{1000} \right)$  برای تبدیل از وات به کیلو ژول است.

$$\Delta u = 1950 + 180 = 2130 \text{ kJ}$$

۳. گزینه ۱ درست است.

**نکته:** دمای بویل هر گاز تنها دمایی است که در آن ضریب دوم ویریال برابر صفر می‌شود:

$$B = 0 \rightarrow b - \frac{a}{T^2} = 0 \Rightarrow T = \sqrt{\frac{a}{b}}$$

۴. گزینه ۲ درست است.

$$\Delta S_{\text{net}} = \Delta S_{\text{sys}} + \Delta S_{\text{surr}}$$

$$\Delta S_{\text{sys}} = m_2 S_2 - m_1 S_1$$

$$\Delta S_{\text{surr}} = \sum m_e S_e - \sum m_i S_i \pm \frac{Q}{T_o}$$

فرآیند انجام شده کاملاً پایدار بوده و در نتیجه  $\Delta S_{\text{sys}} = 0$  و تغییر آنتروپی محیط برابر است با:

$$\Delta S_{\text{surr}} = (7 \times 6) - (2 \times 4) - (5 \times 5) - 0$$

$$\Delta S_{\text{surr}} = 42 - 33 = 9$$

فرآیند امکان پذیر و برگشتناپذیر است.

$$\Delta S_{\text{net}} = 0 + 9 = 9 > 0 \Rightarrow$$

**نکته :**

$$\begin{cases} \Delta S_{\text{net}} > 0 \rightarrow \text{فرآیند امکان پذیر و برگشتناپذیر است.} \\ \Delta S_{\text{net}} = 0 \rightarrow \text{فرآیند امکان پذیر و برگشت پذیر است.} \\ \Delta S_{\text{net}} < 0 \rightarrow \text{فرآیند غیرممکن است.} \end{cases}$$

۵. گزینه ۳ درست است.

چون گاز مخزن ابتدا در دمای محیط قرار دارد و خروج گاز به آرامی صورت می گیرد، می توان گفت دمای گاز ثابت می ماند (زیرا کاهش دما با انتقال حرارت از محیط جبران می شود.) و این یک تحول USUF را طی می کند و داریم:

$$Q + m_i h_i = W + m_e h_e + m_2 u_2 - m_1 u_1$$

$$W = 0, \quad m_i = 0 \rightarrow Q = m_e h_e + m_2 u_2 - m_1 u_1$$

$$T_2 = T_1, \quad P_2 = \frac{1}{2} P_1 \Rightarrow m_2 = \frac{1}{2} m_1, \quad m_e = \frac{1}{2} m_1$$

$$\Rightarrow Q = \frac{m_1}{2} (h_e + u_2 - 2u_1) \quad (1)$$

از طرف دیگر داریم:

$$T_2 = T_1 \Rightarrow u_2 = u_1, \quad h_2 = h_1 = h_e \xrightarrow{(1)} Q = \frac{m_1}{2} (h_1 - u_1)$$

$$Q = \frac{m_1}{2} (u_1 + P_1 v_1 - u_1) = \frac{m_1}{2} (P v_1)$$

$$Q = \frac{P V_1}{2} = \frac{5 \times 10^3 \times 1}{2} = 2500 \text{ kJ}$$

۶. گزینه ۱ درست است.

$$Q + m_i \left( h_i + \frac{V_i^2}{2} \right) = W + m_e \left( h_e + \frac{V_e^2}{2} \right)$$

$$Q, W = 0 \rightarrow h_i + \frac{V_i^2}{2} = h_e + \frac{V_e^2}{2} \Rightarrow h_e - h_i = \frac{V_i^2}{2} - \frac{V_e^2}{2}$$

$$h_e - h_i = \frac{(100)^2}{2} - \frac{(20)^2}{2} = 5000 - 200 = 4800 \text{ J}$$

پس آنتالپی ویژه بخار خروجی از آنتالپی ویژه بخار ورودی 4800 J بیش تر است.

۷. گزینه ۳ درست است.

$$du = C_v dT + \left[ T \left( \frac{\partial P}{\partial T} \right)_v - P \right] dv$$

چون  $V_1 = V_2$  است پس

$$du = C_v dT \rightarrow \Delta u = \int_{T_1}^{T_2} C_v dT$$

چون  $V_1 = V_2$  است و تغییر حجم نداریم در نتیجه  $W = 0$  بوده و

$$\Delta u = Q - W \xrightarrow{W=0} Q = \Delta u$$

۸. گزینه ۱ درست است.

**نکته:** در دمای ثابت  $T$  وقتی فشار به سمت صفر میل می کند، ضریب تراکم پذیری ( $Z$ ) به سمت یک نزدیک شده ولی مساوی یک نمی شود ولی فقط در دمای بویل است که وقتی در دمای ثابت فشار به سمت صفر میل می کند  $Z$  دقیقاً مساوی یک می شود. طبق تعریف حجم پس ماند داریم:

$$\alpha = -RT \left( \frac{\partial Z}{\partial P} \right)_T$$

بنابراین علامت تفاضل حجم مخصوص گاز و  $\frac{RT}{P}$  بستگی به  $\left( \frac{\partial Z}{\partial P} \right)_T$  دارد. این عبارت می تواند مثبت، منفی یا صفر باشد. لذا گزینه های ۳ و ۴ نمی توانند درست باشند.

۹. گزینه ۱ درست است.

$$T_e = \frac{m_1 c_1 T_1 + m_2 c_2 T_2}{m_1 c_1 + m_2 c_2} = \frac{(2 \times 5 \times 300) + (4 \times 10 \times 600)}{(2 \times 5) + (4 \times 10)}$$

$$T_e = 540 \text{ K}$$

$$\Delta S_1 = m_1 c_1 \ln \frac{T_e}{T_1} = 2 \times 5 \ln \left( \frac{540}{300} \right) = 10 \times \ln 1.8 = 10 (\ln 2 + \ln 0.9)$$

$$\Delta S_1 = 10 (\ln 2 + \ln 9 - \ln 10) = 10 (0.7 + 2.2 - 2.3) = 6$$

$$\Delta S_2 = m_2 c_2 \ln \frac{T_e}{T_2} = 4 \times 10 \ln \left( \frac{540}{600} \right) = 40 \ln 0.9 =$$

$$\Delta S_2 = 40 (\ln 9 - \ln 10) = 40 (2.2 - 2.3) = -4$$

$$\Rightarrow \Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = 6 - 4 = 2$$

۱۰. گزینه ۴ درست است.

$$T_2 = \gamma T_1 = \left( \frac{C_p}{C_v} \right) T_1 = \left( \frac{7}{5} \right) \times 400 = 560 \text{ K}$$

۱۱. گزینه ۳ درست است.

طبق تعریف داریم:

$$\left(\frac{\partial G}{\partial P}\right)_{T,x} = V$$

بنابراین رابطه زیر را نیز می توان نوشت:

$$V^R = \left(\frac{\partial G}{\partial P}\right)_{T,x} \Rightarrow V^R = RT \left[ a + 2 \left( b - \frac{C}{T} \right) P \right]$$

بر اساس تعریف حجم باقی مانده می توان نوشت:

$$V^R = V - V^{ig} \rightarrow V = V^R + \frac{RT}{P}$$

$$V = RT \left[ a + 2 \left( b - \frac{C}{T} \right) P + \frac{1}{P} \right]$$

۱۲. گزینه ۱ درست است.

طبق تعریف ضریب انبساط حجمی داریم:

$$\beta = \frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P \rightarrow \frac{dV}{V} = \beta dT$$

$$\ln V = \beta T + \ln A \rightarrow V = A(T) \exp(\beta T)$$

۱۳. گزینه ۲ درست است.

وقتی در یک سیستم دوجزئی قانون راولت صدق کند داریم:

$$\begin{cases} y_1 P_t = x_1 P_1^{\text{sat}} \\ y_2 P_t = x_2 P_2^{\text{sat}} \end{cases} \rightarrow P_t = x_1 P_1^{\text{sat}} + x_2 P_2^{\text{sat}}$$

با جاگذاری  $x_2 = 1 - x_1$  داریم:

$$x_1 = \frac{P - P_2}{P_1 - P_2}$$

با جایگذاری:

$$x_1 = \frac{1.15 - 0.5}{1.8 - 0.5} = 0.5 \Rightarrow x_2 = 1 - x_1 = 0.5$$

۱۴. گزینه ۲ درست است.

$$\hat{f}_1 = f_1 x_1 \gamma_1$$

$$\gamma_1 = \frac{\hat{f}_1}{f_1 x_1} = \frac{1 - x_2 + 10x_1^2}{(1 - 0 + 10) \times x_1}$$

توجه: برای محاسبه  $f_1$  در رابطه  $\hat{f}_1$  مقدار  $x_1 = 1$  قرار داده شد.

$$\gamma_1 = \frac{1 - 0.5 + 10(0.5)^2}{11 \times 0.5} = \frac{3}{5.5} = 0.54$$

۱۵. گزینه ۳ درست است.

**نکته:** در یک مختلط چندجزئی داریم:

$$\ln \phi = \sum x_i \ln \hat{\phi}_i$$

$$\ln \phi = x_1 \ln \hat{\phi}_1 + x_2 \ln \hat{\phi}_2$$

$$\ln \phi = 0.5(-0.333) + 0.5(-0.666) \Rightarrow \ln \phi = -0.5$$

$$\phi = \frac{1}{e^{0.5}} = \frac{1}{1.6} = 0.62$$

۱۶. گزینه ۴ درست است.

**توجه:**  $\gamma_1^*$  ضریب فعالیت جز اول بر مبنای قانون هنری است. می‌دانیم:

$$\lim_{x_1 \rightarrow 0} \gamma_1^* = 1 \quad \text{یا} \quad \lim_{x_1 \rightarrow 0} (\ln \gamma_1^*) = 0$$

حال این مطلب را در گزینه‌ها امتحان می‌کنیم. فقط در گزینه ۴ است که وقتی  $x_1 \rightarrow 0$  ،  $x_2 \rightarrow 1$  مقدار  $\ln \gamma_1^* = 0$  می‌شود.

۱۷. گزینه ۴ درست است.

**نکته:** چون خاصیت مولی جزئی برای یکی از اجزاء داده شده است و خاصیت مولی جزئی برای جزء دوم خواسته شده است بنابراین از رابطه گیبس - دوم استفاده می‌کنیم.

$$x_1 d\mu_1 + x_2 d\mu_2 = 0 \rightarrow x_1 d\mu_1 + x_2 \left( 0 + RT \frac{dx_2}{x_2} \right) = 0$$

$$d\mu_1 = -RT \frac{dx_2}{x_1} \xrightarrow{\substack{x_1 + x_2 = 1 \\ dx_1 = -dx_2}} d\mu_1 = -RT \frac{dx_1}{x_1}$$

$$\mu_1 = RT \ln x_1 + c$$

ولی می‌دانیم وقتی  $x_1 = 1$  است در این صورت  $\mu_1 = G_1$  می‌باشد:

$$G_1 = RT \ln 1 + c \rightarrow c = G_1 \rightarrow \mu_1 = G_1 + RT \ln x_1$$

۱۸. گزینه ۳ درست است.

$$M = 5x_1x_2 = 5x_1(1-x_1) = 5x_1 - 5x_1^2$$

$$\bar{M} = M + (1-x_1) \left( \frac{\partial M}{\partial x_1} \right)_{T,P,x_2}$$

$$\bar{M}_1 = (5x_1x_2) + (1-x_1)(5-10x_1)$$

با جایگذاری  $x_1 = 0.4$  خواهیم داشت:

$$\bar{M}_1 = \bar{\Delta V}_1 = 1.8 \rightarrow \bar{V}_1 - V_1 = 1.8 \Rightarrow 10 + 1.8 = 11.8$$



۱۹. گزینه ۱ درست است.

$$\left(\frac{\partial \varepsilon_e}{\partial T}\right)_P < 0 \text{ و } \Delta H_r < 0 \text{ واکنش گرمازا}$$

$$\left(\frac{\partial \varepsilon_e}{\partial T}\right)_P > 0 \text{ و } \Delta H_r > 0 \text{ واکنش گرماگیر}$$

$$\left(\frac{\partial \varepsilon_e}{\partial P}\right)_T < 0 \text{ و } \Delta n > 0 \text{ عدد استوکیومتری مثبت}$$

$$\left(\frac{\partial \varepsilon_e}{\partial P}\right)_T > 0 \text{ و } \Delta n < 0 \text{ عدد استوکیومتری منفی}$$

با توجه به روابط فوق مشخص است که گزینه ۱ نادرست است.

۲۰. گزینه ۴ درست است.

**نکته:** برای محاسبه ثابت هنری جزء i از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:

$$K_i = \lim_{x_i \rightarrow 0} \frac{\hat{f}_i}{x_i}$$

$$\ln f = Ax_1 + B(1-x_1) + Cx_1(1-x_1)$$

$$\bar{M}_1 = M + (1-x_1) \left( \frac{\partial M}{\partial x_1} \right)_{T,P,x_2}$$

$$\ln \left( \frac{\hat{f}_1}{x_1} \right) = \ln f + (1-x_1) \left( \frac{\partial \ln f}{\partial x_1} \right)_{T,P,x_2}$$

$$\ln \left( \frac{\hat{f}_1}{x_1} \right) = \underbrace{(Ax_1 + Bx_2 + Cx_1x_2) + (1-x_1)(A-B+C-2Cx_1)}_Z$$

$$\hat{f}_1 = x_1 \exp(Z)$$

$$\Rightarrow K_1 = \lim_{x_1 \rightarrow 0} \frac{\hat{f}_1}{x_1} = \lim_{x_1 \rightarrow 0} \exp(Z) = \exp(B + A - B + C)$$

$$\Rightarrow K_1 = \exp(A + C)$$