

## ترمودینامیک

۱- اگر از معادله حالت  $V - b = \frac{RT}{P} - \frac{a}{RT}$  برای محاسبه ضریب فوگاسیته استفاده شود، کدام رابطه برقرار است؟

$$\text{Ln}\phi = \frac{P}{RT} \left( \frac{a}{RT} - b \right) \quad (۴) \quad \text{Ln}\phi = \frac{P}{RT} \left( b - \frac{a}{RT} \right) \quad (۳) \quad \text{Ln}\phi = \frac{RT}{P} \left( \frac{a}{RT} - b \right) \quad (۲) \quad \text{Ln}\phi = \frac{RT}{P} \left( b - \frac{a}{RT} \right) \quad (۱)$$

۲- حجم محلولی توسط رابطه  $V = 5 + 2x_1 - x_1^2$  داده شده است. مقدار  $\bar{V}_1$  در  $x_1 = 0.2$  کدام است؟

$$6/62 \quad (۴) \quad 6/26 \quad (۳) \quad 6/46 \quad (۲) \quad 6/64 \quad (۱)$$

۳- ضریب فوگاسیته هر گاز حقیقی:

- (۱) همواره کوچکتر از یک می باشد.  
(۲) همواره بزرگتر از یک می باشد.  
(۳) ممکن است بزرگتر یا کوچکتر از یک باشد.  
(۴) مستقل از جنس گاز و فقط تابع فشار می باشد.

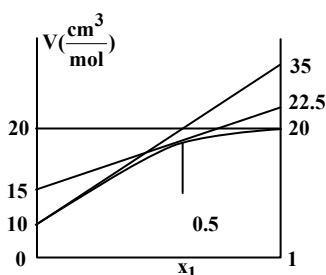
۴- کدام رابطه بیانگر پتانسیل شیمیایی ( $\mu$ ) می باشد؟

$$\left[ \frac{\partial(nh)}{\partial n_i} \right]_{ns,P,n_i} \quad (۴) \quad \left[ \frac{\partial(nv)}{\partial n_i} \right]_{ns,nv,T} \quad (۳) \quad \left[ \frac{\partial(nA)}{\partial n_i} \right]_{ns,P,T} \quad (۲) \quad \left[ \frac{\partial(nv)}{\partial n_i} \right]_{T,P,n_i} \quad (۱)$$

۵- طبق قانون آمگات، خواص هر سازنده در مخلوط برابر خواص آن ماده در حالت خالص و در ..... است.

- (۱) دما و فشار سیستم      (۲) فشار و حجم سیستم      (۳) دما و حجم سیستم      (۴) دما و فشار و حجم سیستم

۶- در شکل، نمودار  $V - x_1$  مشاهده می شود. مقدار حجم مخلوط در  $x_1 = 0.5$  چقدر است؟



$$17/5 \frac{\text{cm}^3}{\text{mol}} \quad (۲) \quad 15 \frac{\text{cm}^3}{\text{mol}} \quad (۱)$$

$$27/5 \frac{\text{cm}^3}{\text{mol}} \quad (۴) \quad 18/75 \frac{\text{cm}^3}{\text{mol}} \quad (۳)$$

۷- ضریب فوگاسیته یک مخلوط دوتایی از گازها توسط معادله  $\ln \phi = (1 + y_2)y_1y_2$  داده شده است. کدام گزینه در مورد  $\hat{f}_1$  صحیح می باشد؟

$$\hat{f}_1 = y_1 P \exp[y_1^2(1 + 2y_2)] \quad (1)$$

$$\hat{f}_1 = y_1 P \exp(\epsilon y_1^2 - \epsilon y_1 - 2y_1^3 + 2) \quad (2)$$

$$\hat{f}_1 = y_1 P \exp(2y_1^3) \quad (3)$$

$$\hat{f}_1 = y_1 \exp(\epsilon y_1^2 - 2y_1^3 + 2) \quad (4)$$

۸- در یک مخلوط دوجزئی ( $x_1 = x_2$ ) در دمای  $25^\circ\text{C}$  مقادیر فوگاسیته اجزا در داخل محلول به ترتیب  $\hat{f}_1 = 2\text{atm}$  و  $\hat{f}_2 = 1\text{atm}$  می باشد. مقدار فوگاسیته کل مخلوط دوجزئی کدام است؟

$$\sqrt{2} \quad (1)$$

$$\frac{\sqrt{2}}{2} \quad (2)$$

$$\sqrt[3]{4} \quad (3)$$

$$2\sqrt{2} \quad (4)$$

۹- یک محلول دوتایی مرکب از  $11/6\text{kg}$  بوتان ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ) و  $4/4\text{kg}$  پروپان ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) تحت شرایط معینی موجود است. حجم مولی جزیی بوتان

$$\frac{\text{lit}}{\text{mol}} \quad (1)$$

$$\frac{\text{lit}}{\text{mol}} \quad (2)$$

$$160 \quad (3)$$

$$64 \quad (4)$$

۱۰- برای یک مخلوط دوجزئی اطلاعات زیر در دسترس است. مخلوطی از این دو ماده با جزء مولی مساوی دارای آنتالپی  $10\text{kJ}$  می باشد. حجم این مخلوط برحسب سانتی متر مکعب کدام است؟

$$10\text{cm}^3 \quad (1)$$

$$20\text{cm}^3 \quad (2)$$

$$30\text{cm}^3 \quad (3)$$

$$60\text{cm}^3 \quad (4)$$

$$\bar{v}_i \left( \frac{\text{cm}^3}{\text{mol}} \right)$$

$$\bar{h}_i \left( \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right)$$

جزء مایع

$$\bar{v}_i \left( \frac{\text{cm}^3}{\text{mol}} \right)$$

$$\bar{h}_i \left( \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right)$$

بنزن

۱

۰/۳۵

تولون

۲

۰/۶۵

۱۱- در مورد معادله حالت واندروالس کدام حکم برقرار است؟

(۱) پارامترهای این معادله ( $b, a$ ) فقط تابع دما هستند.

(۲) در شرایط دما و فشار نقصانی یکسان ( $T_r, P_r$ ) همه اجسام خالص ضریب تراکم پذیری یکسان دارند.

(۳) در شرایط تعادل دوفازی مایع و بخار، همواره ۳ جواب حقیقی برای ضریب تراکم پذیری وجود دارد.

(۴) قادر به محاسبه فشار بخار اشباع مایعات خالص نیست.

۱۲- در دما و فشار ثابت، آنتالپی یک مخلوط دوجزئی برحسب  $\frac{\text{J}}{\text{mol}}$  به صورت زیر می باشد. آنتالپی مولار جزیی برای گونه ۱ در رقت بی نهایت

$$H = 400x_1 + 600x_2 + x_1x_2(40x_1 + 20x_2) \quad \text{چقدر است؟}$$

$$640 \quad (4)$$

$$600 \quad (3)$$

$$420 \quad (2)$$

$$400 \quad (1)$$

۱۳- در یک مخلوط دوجزئی،  $\frac{g^E}{RT} = x_1x_2$  (معادله مارگولس یک پارامتری). اگر جزء مولی ماده ۱ برابر با ۰/۲۵ باشد، کدام گزینه مقادیر فعالیت و ضرایب فعالیت را برای جزء ۱ و جزء ۲ به درستی بیان می نماید؟ (به ترتیب از چپ به راست)

$$(1) \quad (0/25 \times e^{0/56}, e^{0/56}) \text{ و } (0/75 \times e^{0/56}, e^{0/56}) \quad (2) \quad (0/25 \times e^{0/56}, e^{0/56}) \text{ و } (0/75 \times e^{0/56}, e^{0/56})$$

$$(3) \quad (0/25 \times e^{0/56}, e^{0/56}) \text{ و } (0/75 \times e^{0/56}, e^{0/56}) \quad (4) \quad (0/25 \times e^{0/56}, e^{0/56}) \text{ و } (0/75 \times e^{0/56}, e^{0/56})$$

۱۴- در یک محلول دوجزئی در دما و فشار ثابت  $\bar{g}_1 = g_1^\circ + RT \ln x_1$  داده می شود، که  $g_1^\circ$  انرژی گیبس خالص جزء ۱ در شرایط استاندارد می باشد.  $\bar{g}_2$  برابر با کدام گزینه است؟

$$g_2^\circ + RT \ln x_1 \quad (1)$$

$$g_2^\circ - RT \ln x_1 \quad (2)$$

$$g_2^\circ + RT \ln x_2 \quad (3)$$

$$g_2^\circ - RT \ln x_2 \quad (4)$$

۱۵- طبق قانون لوئیجس رندال، فوگاسیته حالت استاندارد ( $f_i^\circ$ ) کدام است؟

(۱) فوگاسیته جزء خالص  $i$  در یک حالت مجازی و در  $T$  و  $P$  محلول

(۲) فوگاسیته جزء  $i$  خالص به شکل حقیقی آن در همان دما و فشار و حالت فیزیکی محلول

(۳) فوگاسیته جزء خالص  $i$

(۴) فوگاسیته محلول در همان  $T$  و  $P$

۱۶ — محلولی متشکل از ۶۰٪ مولی جز (۱) و ۴۰٪ مولی جز (۲) می‌باشد. در  $T$  و  $P$  ثابت، اگر حجم مولی جزیی جزء اول به میزان  $2\text{ cm}^3$  کاهش یابد، در این صورت کدام گزینه صحیح است؟

- (۱) حجم مولی جزیی جز ۲ به میزان  $2\text{ cm}^3$  افزایش می‌یابد. (۲) حجم مولی جزیی جز ۲ به میزان  $2\text{ cm}^3$  کاهش می‌یابد.  
(۳) حجم مولی جزیی جز ۲ به میزان  $3\text{ cm}^3$  کاهش می‌یابد. (۴) حجم مولی جزیی جز ۲ به میزان  $3\text{ cm}^3$  افزایش می‌یابد.

۱۷ — برای گازی که از معادله  $(P + \frac{a}{V^2})(V - b) = RT$  تبعیت می‌کند،  $(\frac{\partial u}{\partial V})_T$  کدام است؟

- (۱)  $-\frac{a}{V^2}$  (۲)  $\frac{a}{V}$  (۳)  $\frac{ab}{V}$  (۴)  $\frac{a}{V^2}$

۱۸ — در تئوری حالت‌های متناظر برای پیش‌بینی عامل تراکم‌پذیری ( $z$ ) از پارامتر سومی استفاده می‌گردد. کدام یک از تعاریف زیر برای پارامتر سوم صادق است؟

- (۱) مقدار درجه حرارت بحرانی (۲)  $1 - \log(P_r^{\text{sat}})_{T_r=0.7} - 1 - \log(P_r^{\text{sat}})_{T_r=0.7}$  (شعبه  $P_r$  = فشار نقصانی)  
(۳)  $1 + \log(P_r^{\text{sat}})_{T_r=0.7} - 1 - \log(P_r^{\text{sat}})_{T_r=0.7}$  (درجه حرارت نقصانی) (۴) بسته به حالت تراکم‌پذیری متفاوت است.

۱۹ — در صورتی که گازی از معادله حالت ویریال (virial)  $z = 1 + \frac{B}{V} + \frac{C}{V^2} + \dots$  تبعیت کند، حجم پسماند یا (Residual volume) آن گاز در

فشار نزدیک به صفر، برابر با کدام گزینه است؟

- (۱)  $-B$  (۲)  $-\frac{RT}{B}$  (۳)  $-C$  (۴)  $C$

۲۰ — برای گازی که از معادله حالت  $P(V - b) = RT$  پیروی می‌کند، کدام گزینه صحیح می‌باشد؟

- (۱)  $C_p$  این گاز تابع فشار و  $C_v$  آن تابع حجم است. (۲)  $C_p$  این گاز تابع فشار ولی  $C_v$  آن تابع حجم نیست.  
(۳)  $C_D$  این گاز تابع فشار نبوده ولی  $C_v$  آن تابع حجم است. (۴)  $C_D$  و  $C_v$  این گاز تابع فشار و حجم نیست.

## ترمودینامیک

۱ - گزینه «۳»

محاسبه فوگاسیته گازهای واقعی:

$$dg = ZRTd\ln p = RTd\ln f \Rightarrow zd\ln p = d\ln f$$

$$\Rightarrow (zd\ln p) - d\ln p = d\ln f - d\ln p \Rightarrow \int_0^{\ln \frac{f}{p}} d\ln f \int_0^p (z-1) \frac{dp}{p}$$

$$\Rightarrow \ln \frac{f}{p} = \ln \phi = \int_0^p \left(\frac{z-1}{p}\right) dp \xrightarrow{T=\text{cte}} \phi = e^{\int_0^p \left(\frac{z-1}{p}\right) dp} \Rightarrow f = pe^{\int_0^p \left(\frac{z-1}{p}\right) dp}$$

محاسبه فوگاسیته و ضریب فوگاسیته با داشتن معادله حالت و به دست آوردن Z و در نتیجه  $\phi$  و f به دست می‌آید.

$$V - b = \frac{RT}{P} - \frac{a}{RT} \Rightarrow \frac{PV}{RT} = z = 1 + \left(b - \frac{a}{RT}\right) \frac{P}{RT}$$

نکته:

در این نوع مسائل همواره از روی معادله حالت،  $z = \frac{PV}{RT}$  را می‌سازیم تا بتوان انتگرال گرفت.

$$\Rightarrow \ln \phi = \int_0^p \frac{z-1}{p} dp = \int_0^p \frac{1}{RT} \left(b - \frac{a}{RT}\right) dp = \frac{P}{RT} \left(b - \frac{a}{RT}\right)$$

\* دقت در انتگرال گیری و تعیین درست کران‌های بالا و پایین انتگرال و نیز روش کلی حل این نوع مسائل از نکات اصلی در این تست می‌باشد.

۲ - گزینه «۱»

محاسبه خواص پارشیال

با توجه به رابطه  $\bar{M}_i = \left[\frac{\partial(nM)}{\partial n_i}\right]_{T,p,n_j}$  اثبات می‌شود که روابط زیر در مورد خواص مولی جزئی  $\bar{M}_i$  برقرار است:

$$\bar{M}_1 = M - x_2 \left(\frac{\partial M}{\partial x_2}\right)_{T,p,x_1}, \bar{M}_2 = M - x_1 \left(\frac{\partial M}{\partial x_1}\right)_{T,p,x_2}$$

نکته مهم:

در کنگور ارشد از روابط بالا در محاسبه خواص پارشیال استفاده نمی‌کنیم بلکه فرمول محاسبه M پارشیال ( $\bar{M}_i$ ) در کنگور به ترتیب زیر است:

۱- ابتدا به جای تمام  $x_1$  ها،  $1 - x_1$  قرار داده و عبارت M را ساده می‌کنیم.

۲- نسبت به  $x_1$  مشتق می‌گیریم و در روابط زیر اعمال می‌کنیم:

$$\begin{cases} \bar{M}_1 = M + (1 - x_1) \left(\frac{\partial M}{\partial x_1}\right)_{T,p,x_2} \\ \bar{M}_2 = M - x_1 \left(\frac{\partial M}{\partial x_1}\right)_{T,p,x_2} \end{cases}$$

$$\bar{v}_1 = v + (1 - x_1) \left(\frac{\partial v}{\partial x_1}\right)_{T,p,x_2} = (\Delta + 2x_1 - x_1^2) + (1 - x_1)(2 - 2x_1)$$

$$x_1 = 0/2 \Rightarrow \bar{v}_1 = (\Delta + 2 \times 0/2 - 0/2^2) + (1 - 0/2)(2 - 2 \times 0/2) \Rightarrow \boxed{\bar{v}_1 = 6/64}$$

\* این نوع سوالات همواره در کنگورهای کارشناسی ارشد مطرح می‌شود و لذا دانستن دو فرمول ذکر شده در اینجا بسیار مهم است.

### ۳ - گزینه «۳»

در بحث تعادلات فازی که در  $T = cte$  بررسی می‌کنیم روابط زیر برقرار است:

$$dg = vdp - sdT \xrightarrow{T=cte} dg = vdp$$

مفهوم انرژی گیبس مربوط به پتانسیل شیمیایی است.

$$v = \frac{RT}{p} \Rightarrow dg = \frac{RT}{p} dp \Rightarrow dg = RT d \ln p \Rightarrow \Delta g = RT \ln \frac{p_2}{p_1}$$

$$v = \frac{ZRT}{p} \Rightarrow dg = z \frac{RT}{p} dp \Rightarrow \Delta g = \int_{p_1}^{p_2} \frac{ZRT}{p} dp = RT \int_{p_1}^{p_2} z d \ln p$$

اگر بخواهیم رابطه  $z$  را با  $p$  به دست آورده و انتگرال بگیریم کار سختی است لذا پارامتر جدیدی به نام فوگاسیته تعریف می‌کنیم که از جنس فشار است و واحد فشار دارد و وقتی در رابطه  $\Delta g$  گازهای ایده‌آل به جای فشار قرار می‌گیرد،  $\Delta g$  گازهای واقعی را به ما می‌دهد.

$$f \Rightarrow \Delta g = RT \ln \frac{f_2}{f_1} \quad dg = RT d \ln p \xrightarrow{\text{گازهای واقعی}} dg = RT d \ln f$$

برای آنکه فوگاسیته را بی‌بعد کنیم از پارامتری به نام ضریب فوگاسیته استفاده می‌کنیم که حاصل تقسیم فوگاسیته بر فشار است و در حالتی که فشار به سمت صفر میل کند رفتار گاز به سمت ایده‌آل نزدیک خواهد شد.

$$\phi = \frac{f}{p}, \quad \lim_{p \rightarrow 0} \phi = 1 \Rightarrow f = p$$

در این مسأله همان طور که در سوال شماره ۴۶ اثبات شد مشخص است که مقدار  $\phi$  به رفتار PVT گاز بستگی دارد لذا  $\phi$  می‌تواند کوچکتر یا

$$\ln \phi = \int_0^p \left( \frac{z-1}{p} \right) dp \quad \text{بزرگتر از ۱ باشد.}$$

\* مفهوم  $f$  و  $\phi$  در گازهای ایده‌آل و واقعی بسیار مهم است.

۸

### ۴ - گزینه «۴»

رابطه خواص ترمودینامیکی مخلوط‌های همگن برای سیستم‌های با ترکیب متغیر

$$d(nG) = (nv)dp - (ns)dT + \sum \left[ \frac{\partial(nG)}{\partial n_i} \right]_{p,T,n_j}$$

اگر با یک سیستم باز تک‌فاز که ماده را با محیطش مبادله می‌نماید، سر و کار داشته باشیم باید اثر ترکیب اجزاء مختلف را در رابطه خاصیت اعمال نماییم در نتیجه اندیس  $n_i$  در عبارت بالا نشان می‌دهد که تعداد مول همه اجزاء به استثنای  $i$  ثابت نگه داشته می‌شود. در ترم آخر معادله، هر جمله  $\sum$  پتانسیل شیمیایی برای یک جزء است بنابراین پتانسیل شیمیایی جزء  $i$  چنین تعریف می‌شود:

$$\mu_i = \left[ \frac{\partial(nG)}{\partial n_i} \right]_{p,T,n_j} \Rightarrow d(nG) = (nv)dp - (ns)dT + \sum \mu_i dn_i$$

برای توابع دیگر ترمودینامیکی نیز روابط مشابهی به دست می‌آید. این معادلات کلی هستند و در مورد تغییرات بین حالات تعادلی هر سیستم سیال همگن اعم از باز یا بسته به کار می‌روند.

### نکته مهم و تستی:

در روابط پتانسیل شیمیایی بر حسب دیفرانسیل توابع اصلی فقط  $ns$  و  $nv$  ظاهر می‌شود و هیچ وقت  $nT$  و  $np$  نداریم چون دما و فشار تابع مول‌های ماده نیستند.

$$du = Tds - pdv \Rightarrow \mu_i = \left[ \frac{\partial(nu)}{\partial n_i} \right]_{ns, nv, n_j}$$

$$dh = Tds + vdp \Rightarrow \mu_i = \left[ \frac{\partial(nh)}{\partial n_i} \right]_{ns, p, n_j}$$

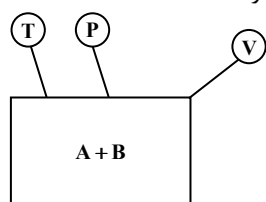
$$dg = vdp - sdT \Rightarrow \mu_i = \left[ \frac{\partial(ng)}{\partial n_i} \right]_{p, T, n_j}$$

$$da = -pdv - sdT \Rightarrow \mu_i = \left[ \frac{\partial(na)}{\partial n_i} \right]_{nv, T, n_j}$$

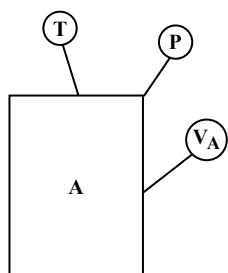
### ۵- گزینه «۱»

توضیح قانون آمگات

اگر مخلوطی از گازهای ایده‌آل  $A$  و  $B$  را در دمای  $T$  و فشار  $P$  در ظرفی به حجم  $V$  داشته باشیم در این صورت مقدار هر خاصیت برای گاز  $A$  در داخل مخلوط برابر است با مقدار همان خاصیت برای گاز  $A$  خالص در ظرفی به دمای  $T$  و فشار  $P$ .



$$n = n_A + n_B \Rightarrow \frac{pV}{RT} = \frac{pV_A}{RT} + \frac{pV_B}{RT} \Rightarrow V = V_A + V_B$$



$$\Rightarrow \frac{V_A}{V} = y_A \Rightarrow \text{تعریف حجم‌های جزئی} \quad \boxed{V_A = y_A \cdot V}$$

به این ترتیب طبق قانون آمگات، خواص هر سازنده در مخلوط برابر خواص آن ماده در حالت خالص و در دما و فشار سیستم است.

### نکته:

گزینه ۳ در مورد قانون دالتون صحیح می‌باشد.

آماگات ← دما و فشار سیستم

دالتون ← دما و حجم سیستم

\* بیان روان در مورد برخی قوانین ترمودینامیک و دانستن تعاریف و مفاهیم در کنکور ارشد الزامی است.

## ۶- گزینه «۳»

در حالت کلی خواص پارشیال را به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$\bar{M}_i = \left[ \frac{\partial(nM)}{\partial n_i} \right]_{T,p,n_j \neq i}$$

خواص پارشیال فقط برای خواص تعریف می‌شود که وابسته به جرم سیستم باشند مثل S و G و H

روابط اولر در مخلوط‌ها

$$nM = \sum n_i \bar{M}_i \quad \text{کل خاصیت } M \text{ در محلول}$$

$$M = \sum x_i \bar{M}_i \quad \text{مقدار هر خاصیت } M \text{ در داخل محلول برابر است با متوسط خواص مولی جزئی در داخل محلول}$$

نکته: خط مماس در نقطه  $x_1 = 0/5$  مقادیر  $\bar{V}_1$  و  $\bar{V}_2$  را می‌دهد.

$$\begin{cases} \bar{V}_1 = 22/5 \\ \bar{V}_2 = 15 \end{cases} \Rightarrow v = x_1 \bar{V}_1 + x_2 \bar{V}_2 \Rightarrow v = 0/5 \times 22/5 + 0/5 \times 15 \Rightarrow \boxed{v = 18/5 \frac{\text{cm}^3}{\text{mol}}}$$

$$x_1 = 0/5 \xrightarrow{(1-x_1)} x_2 = 0/5$$

\* درستی رابطه اولر در محاسبه خواص پارشیال مثل حجم‌های جزئی و مفهوم خط مماس در نمودارهای فوق در یافتن پاسخ درست تست اهمیت دارد.

## ۷- گزینه «۲»

فוגاسیته و ضریب فوگاسیته و ارتباط آنها با خواص پارشیال (جزئی)

فوگاسیته چون وابسته به جرم نیست پس خاصیت پارشیال به حساب نمی‌آید اما چون در محاسبات ترمودینامیکی به آن نیاز داریم در نتیجه خاصیت پارشیال فوگاسیته را به عنوان کمیتی که خاصیت پارشیال آن مجازی است به صورت  $\hat{f}_i$  نشان می‌دهیم. البته  $\ln f$  یک خاصیت پارشیال

$$\left[ \frac{\partial(n \ln f)}{\partial n_i} \right]_{T,p,n_j} = \ln \frac{\hat{f}_i}{x_i} = \ln f + (1-x_i) \left( \frac{\partial \ln f}{\partial x_i} \right) \quad \text{است یعنی:}$$

در مورد ضریب فوگاسیته هم توضیحات فوق برقرار است و در نتیجه  $\phi$  خاصیت پارشیال نیست ولی  $\ln \phi$  خاصیت پارشیال است یعنی:

$$\left[ \frac{\partial(n \ln \phi)}{\partial n_i} \right]_{T,p,n_j} = \ln \hat{\phi}_i = \ln \phi + (1-x_i) \left( \frac{\partial \ln \phi}{\partial x_i} \right)$$

$$\ln \phi = (1+y_2)y_1y_2 = (1+1-y_1)y_1(1-y_1) \Rightarrow \ln \phi = 2y_1 + y_1^2 - 3y_1^3$$

$$\ln \hat{\phi}_1 = \left[ \frac{\partial(n \ln \phi)}{\partial n_1} \right]_{n_2} = \ln \phi + (1-y_1) \left( \frac{\partial \ln \phi}{\partial y_1} \right)$$

$$\Rightarrow \ln \hat{\phi}_1 = 2y_1 + y_1^2 - 3y_1^3 + (1-y_1)(2 + 2y_1^2 - 6y_1) = 2y_1 + y_1^2 - 3y_1^3 + 2 + 2y_1^2 - 6y_1 - 2y_1 - 3y_1^3 + 6y_1^2$$

$$\Rightarrow \ln \hat{\phi}_1 = 6y_1^2 - 6y_1 - 2y_1^3 + 2 \Rightarrow \hat{\phi}_1 = \exp(6y_1^2 - 6y_1 - 2y_1^3 + 2)$$

$$\hat{\phi}_1 = \frac{\hat{f}_1}{x_1 p} \Rightarrow \hat{\phi}_1 = \frac{\hat{f}_1}{y_1 p} \Rightarrow \hat{f}_1 = y_1 p \hat{\phi}_1 = y_1 p \exp(6y_1^2 - 6y_1 - 2y_1^3 + 2)$$

\* نحوه محاسبه  $\hat{f}_i$  و  $\hat{\phi}_i$  در کنکور مهم است.

۸ - گزینه «۴»

$\text{Ln}f = \sum x_i \text{Ln} \frac{\hat{f}_i}{x_i}$  یک خاصیت پارشیال است در نتیجه

$$x_1 = x_2 = 0.5$$

$$\text{Ln}f = x_1 \text{Ln} \frac{\hat{f}_1}{x_1} + x_2 \text{Ln} \frac{\hat{f}_2}{x_2} \Rightarrow \text{Ln}f = (0.5 \times \text{Ln} \frac{2}{0.5}) + (0.5 \times \text{Ln} \frac{1}{0.5})$$

$$\Rightarrow \text{Ln}f = (0.5 \times \text{Ln}4) + (0.5 \times \text{Ln}2) \Rightarrow \text{Ln}f = (\text{Ln}2) + (0.5 \times \text{Ln}2)$$

$$\Rightarrow \text{Ln}f = 1.5 \times \text{Ln}2 = \text{Ln}(2)^{1.5} \Rightarrow f = \sqrt{2^3} \Rightarrow \boxed{f = 2\sqrt{2}}$$

نکته:

همواره برای محاسبه فوگاسیته  $f$  و ضریب فوگاسیته  $\phi$  در مخلوط‌های دو جزئی باید از خواص پارشیال آنها یعنی  $\text{Ln}f$  و  $\text{Ln}\phi$  و روابط گفته شده در پاسخ سوال شماره ۵۲ استفاده نمود.  
\* این نکته که  $\text{Ln}f$  و  $\text{Ln}\phi$  خواص پارشیال هستند. (نه  $f$  و نه  $\phi$ ) در حل و فهم مسائل بسیار مهم است.

۹ - گزینه «۳»

با توجه به این که حجم مولی جزئی یک خاصیت پارشیال است در نتیجه:

$$v = \sum x_i \bar{v}_i \Rightarrow v = \sum n_i \bar{v}_i \Rightarrow v = n_B \bar{v}_B + n_P \bar{v}_P$$

ابتدا تعداد مول‌های بوتان (B) و پروپان (P) را به دست می‌آوریم:

$$n_B = \frac{11.6 \text{ kg}}{58 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}} = 0.2 \text{ kmol} = 200 \text{ mol}$$

$$Mw \Big|_{C_4H_{10}} = 4 \times 12 + 10 \times 1 = 58$$

$$n_P = \frac{4.4 \text{ kg}}{44 \left( \frac{\text{kg}}{\text{mol}} \right)} = 0.1 \text{ kmol} = 100 \text{ mol}$$

$$Mw \Big|_{C_3H_8} = 3 \times 12 + 8 \times 1 = 44$$

$$\Rightarrow v = (200 \times 0.6) + (100 \times 0.4) = 120 + 40 \Rightarrow \boxed{v = 160 \text{ Lit}}$$



۱۰- گزینه «۳»

با توجه به پارشیال بودن خواص آنتالپی و حجم برای مایعات روابط زیر در محلول‌های دو جزئی مایع برقرار است:

$$\Rightarrow x_1 = x_2 = 0.5$$

دو ماده با جزء مولی مساوی

$$h = x_1 \bar{h}_1 + x_2 \bar{h}_2 = (0.5 \times 0.35) + (0.5 \times 0.65) \Rightarrow h = 0.5 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

آنتالپی کل مخلوط دو جزئی بنزن و تولوئن به ازای واحد مول

$$\boxed{H = nh} \Rightarrow 10 \text{ kJ} = n(0.5 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}) \Rightarrow n = 20 \text{ mol}$$

تعداد مول کل مخلوط  $n = 20 \text{ mol}$

$$v = x_1 \bar{v}_1 + x_2 \bar{v}_2 = (0.5 \times 1) + (0.5 \times 2) \Rightarrow v = 1.5 \frac{\text{cm}^3}{\text{mol}}$$

$$\boxed{v = nv} \Rightarrow v = (20 \text{ mol})(1.5 \frac{\text{cm}^3}{\text{mol}}) \Rightarrow \boxed{v = 30 \text{ cm}^3}$$

حجم کل مخلوط دو جزئی بنزن و تولوئن

\* فهم این نکته که در روابط ترمودینامیکی کجا تعداد مول‌ها ( $n$ ) باید وارد شود و در محاسبات مخلوط‌های دو جزئی خود را نشان دهد، بسیار حائز اهمیت است.

۱۱- گزینه «۳»

$$(P + \frac{a}{V^2})(V - b) = RT \Rightarrow P = \frac{RT}{V - b} - \frac{a}{V^2}$$

معادله واندروالس

حجم اشغال شده توسط مولکول‌ها  $\rightarrow$  ضریب  $b$  (۱)

$$\frac{a}{V^2} \rightarrow \text{نیروهای جاذبه بین مولکولی}$$

$$(3) (\frac{\partial P}{\partial V})_{T_c} = 0$$

$$(4) (\frac{\partial^2 P}{\partial V^2})_{T_c} = 0$$

$a$  و  $b$  همواره ثابت و مثبت هستند. (۵)

$$(6) a = \frac{27 R^2 T_c^2}{64 P_c}$$

$$(7) b = \frac{RT_c}{8 P_c}$$

$$(8) V_c = 3b$$

حجم بحرانی

$$(9) Z_c = \frac{P_c V_c}{RT_c} = \frac{3}{8} = 0.375$$

ضریب تراکم‌پذیری بحرانی

$$\begin{matrix} \text{ضریب} & & \text{ضریب} \\ \text{تراکم‌پذیری} & & \text{تراکم‌پذیری} \\ \uparrow & & \uparrow \\ Z_g & & Z_L \end{matrix}$$

$$(10) Z^3 - (\frac{P_r}{\lambda T_r} + 1)Z^2 + (\frac{27 P_r}{64 T_r^2})Z - \frac{27 P_r^2}{512 T_r^3} = 0$$

معادله واندروالس برحسب ضریب تراکم‌پذیری و فشار و دمای نقصانی یافته دارای سه ریشه حقیقی است.

\* کلیه نکات مطرح شده در این سوال در رابطه با معادله حالت واندروالس بسیار مهم است.

۱۲- گزینه «۲»

طبق روش گفته شده در پاسخ سوال شماره ۴۷ خاصیت پارشیال را برای آنتالپی محاسبه می‌کنیم برای این کار ابتدا به جای  $x_2$  قرار

$$\bar{H}_1 = H + (1 - x_1) \left( \frac{\partial H}{\partial x_1} \right)_{T,p,x_2} \quad \text{می‌دهیم } 1 - x_1 \text{ و در نتیجه:}$$

$$\Rightarrow H = 400x_1 + 600(1 - x_1) + x_1(1 - x_1)(40x_1 + 20(1 - x_1)) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow H = 400x_1 + 600 - 600x_1 + (x_1 - x_1^2)(40x_1 + 20 - 20x_1) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow H = 600 - 200x_1 + 20x_1 + 20x_1^2 - 20x_1^2 - 20x_1^3 \Rightarrow H = 600 - 180x_1 - 20x_1^3$$

$$\bar{H}_1 = H + (1 - x_1) \left( \frac{\partial H}{\partial x_1} \right) = (600 - 180x_1 - 20x_1^3) + (1 - x_1)(-180 - 60x_1^2)$$

$$\Rightarrow \bar{H}_1 = 600 - 180x_1 - 20x_1^3 - 180 - 60x_1^2 + 180x_1 + 60x_1^3 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \bar{H}_1 = 420 + 40x_1^3 - 60x_1^2, \quad \text{آنتالپی مولار جزئی برای گونه ۱}$$

$$\text{آنتالپی مولار جزئی برای گونه ۱ در رقت بی‌نهایت} \quad \bar{H}_1^\infty = \lim_{\substack{x_1 \rightarrow 0 \\ x_2 \rightarrow 1}} (\bar{H}_1) = 420 + 40(0)^3 - 60(0)^2 \Rightarrow \bar{H}^\infty = 420 \frac{\text{J}}{\text{mol}}$$

نکته مهم:

$$\bar{H}_1^\infty = \lim_{\substack{x_1 \rightarrow 0 \\ x_2 \rightarrow 1}} (\bar{H}_1) \quad \text{برای جزء ۱ در رقت بی‌نهایت}, \quad \bar{H}_2^\infty = \lim_{\substack{x_2 \rightarrow 0 \\ x_1 \rightarrow 1}} (\bar{H}_2) \quad \text{برای جزء ۲ در رقت بی‌نهایت}$$

۱۳- گزینه «۱»

اختلاف دو خاصیت از یک محلول را در اثر اختلاط، Excess می‌گویند:

$$M^E = \Delta M_{\text{mixing}}^{\text{Real}} - \Delta M_{\text{mixing}}^{\text{ideal}}$$

$$\Delta M_{\text{mixing}}^{\text{ideal}} = 0 \Rightarrow M^E = \Delta M_{\text{mixing}}^{\text{Real}}$$

اگر  $M$  یکی از خواص  $C_v, C_p, u, h, v$  باشد آنگاه داریم:

$$g^E = \Delta g_{\text{mixing}}^{\text{Real}} - \Delta g_{\text{mixing}}^{\text{ideal}}$$

مهم‌ترین تابع فزونی  $g^E$  است که عبارت است از:

$$g^E = RT \sum x_i \ln \hat{a}_i - RT \sum x_i \ln x_i \Rightarrow \frac{g^E}{RT} = \sum x_i \ln \frac{\hat{a}_i}{x_i} \xrightarrow{\hat{a}_i = \gamma_i x_i} \frac{g^E}{RT} = \sum x_i \ln \gamma_i$$

نتیجه مهم: اگر کمیت یا خاصیتی مثل  $M$  داشته باشیم که extensive باشد (تابع حالت و مستقل از مسیر) و طبق رابطه اولر بتوان  $M$  را به

$$\text{صورت } M = \sum x_i A_i \quad \text{نوشت آنگاه } A_i \text{ حتماً خاصیت پارشیال کمیت } M \text{ می‌باشد در نتیجه در رابطه فوق } \ln \gamma_i \text{ خاصیت پارشیالی از } \frac{g^E}{RT} \text{ است.}$$

نکته: اگر محلولی از معادله مارگوس یک پارامتری  $Ax_1x_2 = \frac{g^E}{RT}$  پیروی کند، ضرایب فعالیت و فعالیت از روابط زیر به دست می‌آید:

$$\xrightarrow{\text{گیس-دوهم}} \ln \gamma_i = \left[ - \frac{\partial \left( \frac{ng^E}{RT} \right)}{\partial n_i} \right]_{T,p,n_j} \Rightarrow \sum x_i d \ln \gamma_i = 0$$

$$\ln \gamma_1 = A x_2^2 \Rightarrow \gamma_1 = e^{A x_2^2}, \quad \hat{a}_1 = \gamma_1 x_1$$

$$\ln \gamma_2 = A x_1^2 \Rightarrow \gamma_2 = e^{A x_1^2}, \quad \hat{a}_2 = \gamma_2 x_2$$

#### ۱۴- گزینه «۳»

رابطه گیبس - دهم در محاسبه خواص پارشیال

علائم قراردادی در خواص ترمودینامیک محلول‌ها:

۱- خواص کل (nM)  $\leftarrow nH, nS, nG$  ۲- خواص مولی کل (M)  $\leftarrow u, H, S, G$

۳- خواص مولی جزئی ( $\bar{M}_i$ )  $\leftarrow \bar{H}_i, \bar{S}_i, \bar{G}_i$  ۴- خواص مولی خالص ( $M_i$ )  $\leftarrow U_i, H_i, S_i, G_i$

نکته: از رابطه گیبس - دهم زمانی استفاده می‌کنیم که یکی از خواص پارشیال را به ما بدهند و این خاصیت پارشیال را برای جزء دوم از ما بخواهند.

$$\Rightarrow \sum x_i d\bar{M}_i = 0 \quad (T, p = \text{cte})$$

$$\bar{g}_1 = g_1^\circ + RT \ln x_1 \xrightarrow{x_1=1 \text{ خالص}} \bar{g}_1 = g_1^\circ$$

$$\sum x_i d\bar{M}_i = 0 \Rightarrow x_1 d\bar{g}_1 + x_2 d\bar{g}_2 = 0 \Rightarrow x_1 \left( RT \frac{dx_1}{x_1} \right) + x_2 d\bar{g}_2 = 0$$

$$\Rightarrow d\bar{g}_2 = \frac{-RT dx_1}{x_2} \left\{ \begin{array}{l} x_1 = 1 - x_2 \\ dx_1 = -dx_2 \end{array} \right. \Rightarrow d\bar{g}_2 = \frac{RT dx_2}{x_2}$$

$$\Rightarrow \bar{g}_2 = RT \ln x_2 + C \quad x_2 = 1 \Rightarrow \bar{g}_2 = g_2^\circ = RT \ln 1 + C \Rightarrow \boxed{C = g_2^\circ} \Rightarrow \bar{g}_2 = RT \ln x_2 + g_2^\circ$$

\* اصولاً در مسائلی که حل آنها به صورت پارامتری انجام می‌شود، حل معادلات دیفرانسیل و انتگرال‌گیری (تکنیک‌های ریاضی) نقش مهمی دارد.

#### ۱۵- گزینه «۲»

قانون لوئیجس رندال (L.R)

$$v_i dp = RT d \ln f_i \quad \text{برای جزء } i \text{ به حالت خالص}$$

$$\bar{v}_i dp = RT d \ln \hat{f}_i \quad \text{برای جزء } i \text{ در داخل محلول}$$

$$\xrightarrow{\text{دو رابطه بالا را از هم کم می‌کنیم.}} \int_0^p (\bar{v}_i - v_i) dp = \int_{\ln x_i}^{\ln \frac{\hat{f}_i}{f_i}} RT d \ln \frac{\hat{f}_i}{f_i}$$

$$\bar{v}_i = v_i \Rightarrow 0 = \int_{\ln x_i}^{\ln \frac{\hat{f}_i}{f_i}} RT d \ln \frac{\hat{f}_i}{f_i} \Rightarrow 0 = RT \ln \frac{\hat{f}_i}{f_i x_i}$$

$$\Rightarrow \boxed{\hat{f}_i = f_i x_i} \quad \lim_{p \rightarrow 0} \ln \frac{\hat{f}_i}{f_i} = \ln \frac{f_i x_i}{f_i} = \ln x_i$$

نکته: طبق این قانون فوگاسیته حالت استاندارد ( $f_i^\circ$ ) برابر با فوگاسیته جزء  $i$  خالص به شکل حقیقی آن در همان  $T$  و  $P$  محلول و در همان حالت فیزیکی (مثلاً مایع یا گاز که محلول در آن واقع است، می‌باشد. قانون  $L.R$  برای سازنده با غلظت بالا صادق است. این حالت استاندارد بیشتر برای ترکیباتی به کار می‌رود که در  $T$  و  $P$  داده شده در همان حالت فیزیکی محلول به صورت پایدار وجود دارند. (مثلاً مخلوط گازهای سوپریت یا مایعات subcold)

#### ۱۶- گزینه «۴»

طبق رابطه گیبس - دوهام

$$\bar{M}_i = \bar{V}_i \quad (P, T = \text{Cte}) \quad x_1 = 0.6 \quad x_2 = 0.4$$

$$d\bar{V}_1 = -0.02 \text{ cm}^3 \text{ یعنی کاهش حجم مولی جزئی}$$

$$\Rightarrow \sum x_i d\bar{M}_i = 0 \Rightarrow \sum x_i d\bar{V}_i = 0$$

$$\Rightarrow x_1 d\bar{V}_1 + x_2 d\bar{V}_2 = 0 \Rightarrow (0.6)(-0.02) + (0.4)(d\bar{V}_2) = 0$$

$$\Rightarrow d\bar{V}_2 = \frac{0.6 \times 0.02}{0.4} \Rightarrow \boxed{d\bar{V}_2 = +0.03 \text{ cm}^3}$$

علامت (+) نشان می‌دهد که حجم مولی جزء ۲ به اندازه  $0.03 \text{ cm}^3$  زیاد شده است.

\* تشخیص این نکته که این سوال از رابطه گیبس - دوهام حل می‌شود و تعیین درست علامت‌ها در دستیابی به گزینه درست مهم است.

#### ۱۷- گزینه «۴»

در محاسبه تغییرات انرژی داخلی ( $du$ ) داریم:

$$u = u(T, v)$$

$$du = \left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_v dT + \left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T dv \quad \text{طبق تعریف} \quad \left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_v = C_v$$

$$du = Tds - Pdvdv \quad \text{می‌دانیم انرژی داخلی برحسب آنتروپی}$$

$$\xrightarrow{(\div) \partial v} \left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T = T \left(\frac{\partial s}{\partial v}\right)_T - P = T \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_v - P \quad \text{طبق روابط ماکسول}$$

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

$$T = \text{cte} \Rightarrow \left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T = [T \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v - P] \quad (1)$$

$$P = \frac{RT}{v-b} - \frac{a}{v^2} \Rightarrow \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v = \frac{R}{v-b} \quad (2)$$

$$(1) \text{ در } (2) \text{ با جایگذاری} \Rightarrow \left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T = T \left(\frac{R}{v-b}\right) - \frac{RT}{v-b} + \frac{a}{v^2} \Rightarrow \left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T = \frac{a}{v^2}$$

\* دقت در محاسبه و علامت (+) و (-) در انتخاب گزینه درست بسیار تأثیرگذار می‌باشد.

## ۱۸- گزینه «۲»

منحنی عمومی ضریب تراکم‌پذیری ( $Z$  برحسب  $T_r$  و  $P_r$ )

۱- بر اساس منحنی عمومی ضریب تراکم‌پذیری، گازها در  $T_r$  و  $P_r$  یکسان،  $Z$  یکسان خواهند داشت. این اصل را اصل حالات متناظر دو پارامتری ( $P_r$  و  $T_r$ ) می‌نامیم.

۲- بر اساس منحنی  $Z$  برحسب  $T$  و  $P$  مقدار  $Z_c$  برای هر گاز مقدار مشخصی می‌باشد. این مقدار برای تمام گازها در محدوده  $0/23 < Z_c < 0/27$  می‌باشد. اما بر اساس منحنی عمومی ضریب تراکم‌پذیری (اصل حالات متناظر دو پارامتری یعنی  $Z$  برحسب  $T_r$  و  $P_r$ ) ضریب تراکم‌پذیری در نقطه بحرانی برای تمام گازها یکسان و برابر  $0/27$  می‌باشد. این مقدار همیشه ثابت بوده و به نوع معادله حالت گاز بستگی ندارد.

$$Z_c = \frac{P_c V_c}{RT_c}$$

۳- فقط برای گازهای نجیب ( $Rn - Ne - Xe - Kr - Ar$ ) منحنی عمومی ضریب تراکم‌پذیری دقت خوب و بالایی دارد. (مثلاً عدد  $0/27$  در نقطه بحرانی برای گازهای نجیب و کم‌قطبی نتیجه خوبی دارد). لذا برای بقیه گازها بهتر است از نمودار  $Z$  برحسب  $T_r$  و  $P_r$  مختص همان گاز استفاده کنیم بنابراین برای رفع این مشکل، منحنی جدیدی برحسب اصل حالات متناظر سه پارامتری که علاوه بر  $T_r$  و  $P_r$  پارامتر سوم به نام ضریب بی‌مرکزی یا ضریب استنتریک (Acentric factor) که با  $\omega$  نشان می‌دهیم وارد شد.  $\omega$  پارامتری است که در ارتباط با فشار بخار (فشار اشباع sat) هر ماده‌ای تعریف شده و به عنوان یک مشخصه ساختمان مولکولی به صورت تجربی به دست می‌آید.

نکته

$$۱) \quad \omega = -1 - \log p_r^{sat} \Big|_{T_r = 0/7}$$

$$۲) \quad \omega = 0 \Rightarrow -\log p_r^{sat} \Big|_{T_r = 0/7} = 1 \Rightarrow p^{sat} = 0/1 P_c$$

طبق رابطه Pitzer تمام گازها در  $T_r$  و  $P_r$  و  $\omega$  یکسان،  $Z$  یکسان خواهند داشت که این مطلب بیان اصل حالات متناظر سه پارامتری است.

$$۳) \quad \text{Pitzer رابطه} \Rightarrow Z = Z^0 + \omega Z^1$$

۱- اصل حالات متناظر سه پارامتری برای کلیه گازها اعم از خیلی قطبی - کم قطبی و نجیب دقت بالایی دارد.

۲- اصل حالات متناظر دو پارامتری فقط برای گازهای نجیب و غیرقطبی دقت بالایی دارد.

## ۱۹- گزینه «۱»

حجم پسماند  $\alpha$  (حجم نقصانی - حجم کاهیده)

$$\begin{cases} Z = \frac{P_v}{RT} = 1 + B'P + C'P^2 + \dots & \text{بسط ویریالی } Z \text{ برحسب } P \Rightarrow \left(\frac{\partial Z}{\partial P}\right)_{P \rightarrow 0} = B' \\ Z = \frac{P_v}{RT} = 1 + \frac{B}{V} + \frac{C}{V^2} + \dots & \text{بسط ویریالی } Z \text{ برحسب } V \end{cases}$$

نکته:

ضرایب ویریال به جنس یک ماده بستگی دارند و برای یک ماده خاص فقط و فقط تابع دما هستند.

$$\begin{aligned} B'P &\Rightarrow B' = \frac{B}{RT} \quad \text{جمله } B'P \text{ به خاطر برهم کنش بین ۲ مولکول} \rightarrow \text{ضریب دوم ویریال} \\ C'P^2 &\Rightarrow C' = \frac{C - B^2}{(RT)^2} \quad \text{جمله } C'P^2 \text{ به خاطر برهم کنش بین ۳ مولکول} \rightarrow \text{ضریب سوم ویریال} \\ \left. \begin{aligned} \alpha &= v^{\text{ideal}} - v^{\text{real}} \quad \text{برای مواد خالص} \\ \alpha &= v^{\text{Real}} - v^{\text{ideal}} \quad \text{برای مواد مخلوط} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \alpha = \frac{RT}{P} - \frac{ZRT}{P} = -RT \left( \frac{Z}{P} - \frac{1}{P} \right) \Rightarrow \alpha = -RT \left( \frac{Z-1}{P} \right) \quad (1) \end{aligned}$$

نکته: در فشارهای پایین از معادله  $Z = 1 + B'P$  استفاده می کنیم:

$$\left( \frac{\partial Z}{\partial P} \right)_{P \rightarrow 0} = \frac{Z_2 - Z_1}{P_2 - P_1} = \left( \frac{Z-1}{P-0} \right) \quad (2)$$

$$(1), (2) \Rightarrow \boxed{\alpha = -RT \left( \frac{\partial Z}{\partial P} \right)_{P \rightarrow 0}} \quad \text{در فشارهای پایین}$$

$Z = 1 + B'P + C'P^2 + \dots \Rightarrow Z = 1 + B'P$  معادله حالت ویریال  $Z$  را بر حسب  $P$  بسط می دهیم.

$$\alpha = -RT \left( \frac{\partial Z}{\partial P} \right)_{P \rightarrow 0} = -RT(B') = -RT \left( \frac{B}{RT} \right) \Rightarrow \boxed{\alpha = -B}$$

۲۰- گزینه «۴»

تغییرات  $C_D$  و  $C_V$  بر حسب  $P$  و  $V$  در  $T = \text{Cte}$

$$\begin{aligned} S = S(T, P) &\Rightarrow ds = \left( \frac{\partial S}{\partial T} \right)_P dT + \left( \frac{\partial S}{\partial P} \right)_T dP \left\{ \Rightarrow ds = \frac{C_P}{T} dT - \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P dP \quad (1) \right. \\ dh &= Tds + vdp \\ S = S(T, V) &\Rightarrow ds = \left( \frac{\partial S}{\partial T} \right)_V dT + \left( \frac{\partial S}{\partial V} \right)_T dV \left\{ \Rightarrow ds = \frac{C_V}{T} dT + \left( \frac{\partial P}{\partial T} \right)_V dV \right. \\ du &= Tds - PdV \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \text{اگر شرط کامل بودن را برای معادلات (۱) و (۲) اعمال کنیم.} \quad \left\{ \begin{aligned} \left( \frac{\partial C_P}{\partial P} \right)_T &= -T \left( \frac{\partial^2 V}{\partial T^2} \right)_P \\ \left( \frac{\partial C_V}{\partial V} \right)_T &= T \left( \frac{\partial^2 P}{\partial T^2} \right)_V \end{aligned} \right.$$

$$P = \frac{RT}{V-b} \Rightarrow \left( \frac{\partial P}{\partial T} \right)_V = \frac{R}{V-b} \Rightarrow \left( \frac{\partial^2 P}{\partial T^2} \right)_V = 0 \Rightarrow \left( \frac{\partial C_V}{\partial V} \right)_T = 0 \Rightarrow C_V \text{ تابع حجم نیست.}$$

$$V = \frac{RT}{P} + b \Rightarrow \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P = \frac{R}{P} \Rightarrow \left( \frac{\partial^2 V}{\partial T^2} \right)_P = 0 \Rightarrow \left( \frac{\partial C_P}{\partial P} \right)_T = 0 \Rightarrow C_P \text{ تابع حجم نیست.}$$

## ترمودینامیک

۱ - یک سیلندر و پیستون حاوی مقداری گاز است. این گاز به طور ایزوترمال و برگشت پذیر، طوری منبسط می شود که حجم نهایی دو برابر حجم اولیه اش می باشد. این گاز از معادله  $P(v-b) = RT$  پیروی می کند که در آن  $b$  مقدار ثابتی است. کار انجام یافته کدام است؟

$$P_1(v_1 - b) \ln\left(\frac{v_1 + b}{v_2 + b}\right) \quad (۱) \quad P_1(v_1 - b) \ln\left(1 + \frac{v_1}{v_1 - b}\right) \quad (۲)$$

$$P_1(v_1 - b) \ln\left(1 - \frac{v_1}{v_1 - b}\right) \quad (۴) \quad P_1(v_1 - b) \ln\left(1 + \frac{v_1 - b}{v_1}\right) \quad (۳)$$

۲ - کدام رابطه در مورد یک فرآیند آدیاباتیک برگشت پذیر گاز ایده آل برقرار است؟

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} \quad (۲) \quad \frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} \quad (۱)$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1} \quad (۴) \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \quad (۳)$$

۳ - بخار سوپر هیت در شرایط  $T_i$  و  $P_i$  وارد یک توربین شده و تا شرایط  $T_e$  و  $P_e$  منبسط می شود. اگر انبساط یک بار به شکل آدیاباتیک و برگشتناپذیر (فرآیند ۱) و بار دوم از همان شرایط اولیه به طور ایزونتروپیک صورت گیرد (فرآیند ۲)، بازدهی توربین ( $\eta$ ) کدام است؟

$$\left[\frac{T_{e,2}}{T_i} = b, \frac{T_{e,1}}{T_i} = a, P_{e,1} = P_{e,2}\right]$$

$$\eta = \frac{1 - \left(\frac{a}{b}\right)}{1 + \left(\frac{a}{b}\right)} \quad (۴) \quad \eta = 1 - \frac{a}{b} \quad (۳) \quad \eta = \frac{1-a}{1-b} \quad (۲) \quad \eta = \frac{1-b}{1-a} \quad (۱)$$

۴ - گازی از معادله حالت  $P = \frac{RT}{V-b} + \frac{a}{TV^2}$  پیروی می کند که  $a$  و  $b$  مقادیر ثابتی می باشند، اگر در حجم ثابت، دما و فشار گاز را تغییر

دهیم، در این صورت ضریب تراکم پذیری گاز ( $Z$ ) کدام است؟

(۲) با افزایش دما افزایش می یابد.

(۱) با کاهش دما افزایش می یابد.

(۴) برای این گاز با تغییر دما، ضریب تراکم پذیری تغییری نمی کند.

(۳) با دو برابر شدن دما دو برابر می شود.

۵- برای یک گاز ساده معین که از معادله حالت  $V = \frac{RT}{P} + \frac{b}{T}$  پیروی می کند (b مقدار ثابتی است)، با استفاده از رابطه ماکسول  $(\frac{\partial S}{\partial P})_T = -(\frac{\partial V}{\partial T})_P$  کدام یک از روابط زیر صحیح است؟

$$\left(\frac{\partial h}{\partial p}\right)_T = \frac{2b}{T} \quad (۱) \quad \left(\frac{\partial h}{\partial p}\right)_T = \frac{-b}{T^2} \quad (۲) \quad \left(\frac{\partial h}{\partial p}\right)_T = \frac{2b}{T^2} \quad (۳) \quad \left(\frac{\partial h}{\partial p}\right)_T = 2bT \quad (۴)$$

۶- یک مکعب فلزی با چگالی  $5 \frac{gr}{cm^3}$  و طول ضلع  $2 \text{ cm}$  و گرمای ویژه  $1 \frac{J}{gr \cdot K}$  و دمای  $627^\circ C$  را در استخری با دمای  $27^\circ C$  به مدت طولانی قرار می دهیم. تغییر آنتروپی مکعب چقدر است؟ ( $\ln 3 \approx 1$ )

$$-40 \frac{kJ}{K} \quad (۱) \quad -80 \frac{kJ}{K} \quad (۲) \quad -400 \frac{kJ}{K} \quad (۳) \quad -800 \frac{kJ}{K} \quad (۴)$$

۷- گرما دادن به سیستم چه اثری روی آنتروپی خواهد داشت؟

(۱) افزایش آنتروپی

(۲) کاهش آنتروپی

(۳) تأثیری بر آنتروپی نخواهد داشت.

(۴) اثر آن با توجه به شرایط سیستم متفاوت است.

۸- بازده ایزنتروپیک کمپرسوری که دمای سیال ورودی و خروجی آن به ترتیب  $300 \text{ K}$  و  $600 \text{ K}$  می باشد، برابر  $75\%$  است. اگر این کمپرسور در شرایط ایزوترم کار کند و بازده آن  $80\%$  باشد، کار ورودی آن چقدر خواهد بود؟ (دماهای داده شده مربوط به حالت ایزنتروپیک می باشد)

$$C_p = 1 \frac{kJ}{kg \cdot K} \text{ و}$$

$$187/5 \frac{kJ}{kg} \quad (۱) \quad 281/25 \frac{kJ}{kg} \quad (۲) \quad 300 \frac{kJ}{kg} \quad (۳) \quad 320 \frac{kJ}{kg} \quad (۴)$$

۹- برای یک مخلوط سه جزئی در T و P ثابت، خاصیت مولار M به صورت زیر می باشد که  $M_0$  عددی ثابت و  $M_i$  ها مربوط به گونه های خالص i می باشند.  $\bar{M}_1$  کدام است؟

$$M = x_1 M_1 + x_2 M_2 + x_3 M_3 + x_1 x_2 x_3 M_0$$

$$M_1 - x_2 x_3 (x_2 + x_3 - x_1) M_0 \quad (۲) \quad M_1 + x_2 x_3 (x_2 + x_3 - x_1) M_0 \quad (۱)$$

$$M_1 + x_1 (x_2 + x_3 - x_1) M_0 \quad (۴) \quad M_1 - x_1 (x_2 + x_3 - x_1) M_0 \quad (۳)$$

۱۰- در یک محلول دوجزئی در T و P ثابت کدام یک از عبارات زیر صادق است؟

$$x_1 \left( \frac{\partial \ln \hat{f}_1}{\partial x_1} \right) - x_2 \left( \frac{\partial \ln \hat{f}_2}{\partial x_2} \right) = 0 \quad (۲) \quad x_1 \left( \frac{\partial \ln \hat{f}_1}{\partial x_1} \right) + x_2 \left( \frac{\partial \ln \hat{f}_2}{\partial x_2} \right) = 0 \quad (۱)$$

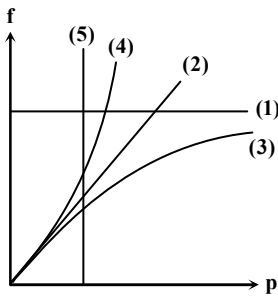
$$\left( \frac{\partial \ln \hat{f}_1}{\partial x_1} \right) = \left( \frac{\partial \ln \hat{f}_2}{\partial x_2} \right) \quad (۴) \quad x_1 \left( \frac{\partial \ln \hat{f}_1}{\partial x_1} \right) - x_2 \left( \frac{\partial \ln \hat{f}_2}{\partial x_2} \right) = 0 \quad (۳)$$

۱۱- در یک محلول دوجزئی از اجزاء ۱ و ۲، حجم مولی جزئی و نیز حجم مولی ماده خالص اجزاء به قرار زیر می باشند. اگر  $10$  مول از جزء (۱) با  $20$  مول از جزء (۲) با هم در دما و فشار ثابت مخلوط شوند، تغییر حجم در اثر اختلاط بر حسب سانتی متر مکعب چقدر خواهد بود؟

جزء	$v \left( \frac{cm^3}{mol} \right)$	$\bar{v} \left( \frac{cm^3}{mol} \right)$	
۱	۲	۲/۵	۹ (۱)
۲	۱/۵	۱/۳	۵ (۲)
			۴ (۳)
			۱ (۴)



۱۲- کدام یک از نمودارهای نشان داده شده برای منحنی فوگاسیته بر حسب فشار یک گاز ایده آل صحیح می باشد؟



(۱) منحنی (۱)

(۲) منحنی (۲)

(۳) منحنی (۳) و (۴) هر دو می توانند.

(۴) منحنی (۵)

۱۳- گاز ایده آلی از شرایط اولیه  $P_1$  و  $V_1$  تا شرایط ثانویه  $P_2$  و  $V_2$  طوری متراکم می شود، که در طول مسیر  $PV^{1/2} = \text{cte}$  می باشد، اگر برای این

گاز ایده آل  $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1/4$  باشد، تغییر آنتروپی این گاز کدام است؟

(۱) مثبت است (۲) منفی است (۳) صفر است (۴) بستگی به جنس گاز دارد

۱۴- کدام گزینه صحیح می باشد؟

(۱) اگر در یک فشار مشخص، دمای سیال از دمای اشباع آن کمتر باشد، در این صورت مایع سرد یا متراکم داریم.

(۲) اگر در یک دمای مشخص، فشار سیال از فشار اشباع کمتر باشد، در این صورت بخار داغ یا سوپرهیت داریم.

(۳) به مایعی که در یک فرآیند فشار ثابت، دمای آن به دمایی بالاتر از دمای جوش افزایش داده شده ولی هنوز تبخیر نشده باشد، سوپرهیت می گویند.

(۴) تمام موارد صحیح می باشند.

۱۵- چه موقع  $C_p$  یک ماده برابر با  $C_v$  آن خواهد شد؟

(۱) در جامدات و مایعات (۲) در سیالات تراکم پذیر (۳) برای آب در دمای  $4^\circ\text{C}$  (۴) گزینه های ۱ و ۳

۱۶- آیا ممکن است یک موتور حرارتی ساخت که بین دو درجه حرارت  $800^\circ\text{K}$  و  $300^\circ\text{K}$  کار کرده و مقدار گرمای گرفته شده از منبع

گرم  $500^\circ\text{kJ}$ ، گرمای داده شده به منبع سرد  $187/5^\circ\text{kJ}$  و کار انجام شده توسط این موتور  $200^\circ\text{kJ}$  باشد؟

(۱) ممکن است.

(۲) ممکن نیست زیرا قانون اول ترمودینامیک را نقض می کند.

(۳) ممکن نیست زیرا قانون دوم ترمودینامیک را نقض می کند.

(۴) ممکن نیست زیرا هر دو قانون اول و دوم ترمودینامیک را نقض می کند.

۱۷- یک یخچال با  $\text{COP} = 4$  برای ایجاد یک تن سرما معادل  $\frac{12000 \text{ Btu}}{\text{hr}}$  به کار می رود. چنانچه کمپرسور یخچال دارای راندمان ۷۵ درصد،

تلفات انرژی در خطوط انتقال انرژی ۱۰ درصد و راندمان تبدیل انرژی گرمایی سوخت به الکتریسیته ۲۵ درصد باشد، انرژی تولید شده در نیروگاه

کدام است؟

(۱)  $4000 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$  (۲)  $4400 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$  (۳)  $17600 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$  (۴)  $3000 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$

۱۸- برای یک سیستم دوجزئی که درجه حرارت و فشار ثابت است، انرژی مازاد گیبس کدام است؟

(۱)  $G^E = RT(x_1 \ln \gamma_1 + x_2 \ln \gamma_2)$  (ضریب اکتیویته  $\gamma$ ) (۲)  $G^E = RT(n_1 \ln \phi_1 + n_2 \ln \phi_2)$  (ضریب فوگاسیته  $\phi$ )

(۳)  $G^E = RT(x_1 \ln \mu_1 + x_2 \ln \mu_2)$  (پتانسیل شیمیایی  $\mu$ ) (۴) گزینه ۱ و ۲

۱۹- در یک محلول دوجزئی،  $\bar{V}_1 = 2x_1 + 2$  می باشد. چنانچه دما و فشار محلول ثابت باشد،  $\bar{V}_2$  برابر با کدام گزینه خواهد بود؟ (حجم ویژه

خالص جزء دوم برابر ۵ می باشد.)

(۱)  $\bar{V}_2 = 2 \ln x_2 - 2x_2 + 7$  (۲)  $\bar{V}_2 = 2 \ln x_2 - 2x_2 + 5$  (۳)  $\bar{V}_2 = 2 \ln x_2 - 2x_2 + 3$  (۴)  $\bar{V}_2 = 2x_2 - 2 \ln x_2 + 12$

۲۰- آنتروپی همراه بوده و تغییر انرژی گیبس در اثر اختلاط ..... می باشد.

(۱) بازگشت ناپذیر - افزایش - منفی (۲) بازگشت ناپذیر - افزایش - مثبت (۳) بازگشت پذیر - کاهش - منفی (۴) بازگشت پذیر - کاهش - مثبت

### ترمودینامیک

۱ - گزینه «۲»

فرآیند همدم (ایزوترم)

برای گاز ایده‌آل در یک فرآیند همدم روابط زیر برقرار است:

$$du = nC_v dT = Q - W = 0 \Rightarrow Q = W$$

$$Q = W = \int P dv = \int nRT \frac{dv}{v}$$

$$Q = W = nRT \ln \frac{v_2}{v_1} \Rightarrow Q = W = nRT \ln \frac{P_1}{P_2}$$

$$\text{در این مسأله } w = \int_1^2 P dv = \int_1^2 \frac{RT}{v-b} dv = RT \ln \frac{v_2-b}{v_1-b} \quad v_2 = \gamma v_1$$

$$\Rightarrow w = RT \ln \left( \frac{\gamma v_1 - b}{v_1 - b} \right) = RT \ln \left( \frac{v_1 + v_1 - b}{v_1 - b} \right)$$

$$\Rightarrow w = RT \ln \left( 1 + \frac{v_1}{v_1 - b} \right) = P_1 (v_1 - b) \ln \left( 1 + \frac{v_1}{v_1 - b} \right)$$

## ۲ - گزینه «۲»

$$PV^\gamma = \text{cte}$$

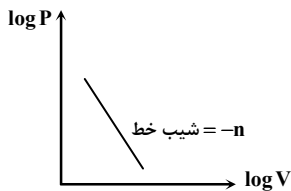
فرآیندهای ایزنتروپیک (آدیاباتیکی)

فرآیندهای ایزنتروپیک فرآیندهای برگشت پذیری هستند که عایق و آدیاباتیکی بوده و انتقال حرارت ندارند و برای آنها روابط زیر بین  $P$  و  $T$  و  $V$  برقرار است:

$$(۱) \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^\gamma \quad (۲) \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \quad (۳) \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} \quad (\gamma = \frac{C_p}{C_v}, \text{ دما بر حسب کلوین})$$

نکته: در حالت کلی فرآیندهای پلی تروپیک را به صورت  $PV^n = \text{cte}$  تعریف می‌نماییم که فرآیندهای برگشت پذیری هستند که توام با انتقال حرارت می‌باشند. بدین ترتیب تمامی روابط ایزنتروپیک برای پلی تروپیک هم برقرار است و فقط کافی است به جای  $\gamma$ ،  $n$  قرار دهیم.

$$PV^n = C \Rightarrow \log P + n \log V = \log C \Rightarrow \log P = -n \log V + \log C \Rightarrow \begin{cases} n=0 \xrightarrow{\text{نوع فرآیند}} P = \text{cte} \\ n=1 \xrightarrow{\text{نوع فرآیند}} T = \text{cte} \\ n=\gamma \xrightarrow{\text{نوع فرآیند}} S = \text{cte} \\ n=\infty \xrightarrow{\text{نوع فرآیند}} V = \text{cte} \end{cases}$$



$$w = \int_1^2 P dv = \int_1^2 C V^{-n} dv = C \left[ \frac{V^{-n+1}}{-n+1} \right]_1^2$$

بدین ترتیب کار در فرآیندهای پلی تروپیک به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\Rightarrow w = C \left( \frac{V_2^{1-n} - V_1^{1-n}}{1-n} \right) = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{1-n} \Rightarrow w = \frac{P_1 V_1 - P_2 V_2}{n-1} = \frac{R(T_1 - T_2)}{n-1}$$

## ۳ - گزینه «۲»



محاسبه کار فرآیند برگشت‌ناپذیر (کارآیی توربین)

در یک سیستم جریان دار مثل پمپ، توربین و کمپرسور کار برابر است با گیس ورودی منهای گیس خروجی

**نکات توربین**

$$(۱) \quad Q + \dot{m}_i h_i = w + \dot{m}_e h_e \quad \text{معمولاً } \dot{m}_i = \dot{m}_e \quad \text{در صورت وجود دبی}$$

$$(۲) \quad Q + h_i = h_e + w \quad \text{در صورت عدم وجود دبی}$$

$$(۳) \quad \eta_t = \frac{w_{\text{Real}}}{w_{\text{ideal}}} \quad \text{بازده تجهیزات جریان دار}$$

برای توربین گازی آدیاباتیکی با فرض داشتن گاز ایده‌آل داریم:

$$(۴) \quad Q + h_i = h_e + w \xrightarrow{Q=0} \begin{cases} w_{\text{Real}} = h_i - h_{e,1} = C_p(T_i - T_{e,1}) & \text{کار تولید واقعی} \\ w_{\text{ideal}} = h_i - h_{e,2} = C_p(T_i - T_{e,2}) & \text{کار تولیدی ایده‌آل یا ماکزیمم} \end{cases}$$

$$\eta_t = \frac{h_i - h_{e,1}}{h_i - h_{e,2}} \approx \frac{T_i - T_{e,1}}{T_i - T_{e,2}} \quad \text{در این مسأله}$$

$$\Rightarrow \eta_t = \frac{T_i \left(1 - \frac{T_{e,1}}{T_i}\right)}{T_i \left(1 - \frac{T_{e,2}}{T_i}\right)} = \frac{1-a}{1-b}$$

۴ - گزینه «۱»

$$Z = \frac{PV}{RT} \quad \text{ضریب تراکم‌پذیری در گازهای واقعی}$$

نکته: برای بررسی و تغییر ضریب تراکم‌پذیری همواره سعی می‌کنیم عبارت  $\frac{PV}{RT}$  را از روی معادلات حالت بسازیم.

$$P = \frac{RT}{V-b} + \frac{a}{TV^2} \Rightarrow Z = \frac{PV}{RT} = \frac{V}{V-b} + \frac{a}{RT^2V} \quad \text{در این مسأله}$$

طبق فرض مسأله مقدار  $V$  و  $b$  ثابت بوده و در نتیجه  $\frac{V}{V-b}$  مقدار ثابتی است. با کاهش دما عبارت دوم زیاد شده و در نتیجه ضریب تراکم‌پذیری  $Z$  افزایش می‌یابد.

$$T \downarrow \Rightarrow Z \uparrow \Rightarrow \text{کل کسر بزرگ می‌شود.} \Rightarrow \text{چون در مخرج کسر است.}$$

۵ - گزینه «۱»

روابط ترمودینامیکی ماکسول

نکته: روابط زیر از ترکیب قانون اول و دوم ترمودینامیک برای یک سیستم بسته در حالت برگشت‌پذیر به دست آمده و برای سیستم برگشت‌ناپذیر نیز درست است:

(۱) $du = Tds - Pdv$	انرژی داخلی $U = Q - W$
(۲) $dh = Tds + Vdp$	آنتالپی $h = \Delta U + \Delta(Pv)$
(۳) $dg = Vdp - SdT$	انرژی گیبس $g = h - TS$
(۴) $da = -Pdv - SdT$	انرژی هلمهولتز $a = U - TS$

اگر شرط کامل بودن معادله دیفرانسیل را برای روابط فوق بنویسیم به نتایج زیر می‌رسیم:

$$\begin{aligned} (۱) \Rightarrow \left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_S &= -\left(\frac{\partial P}{\partial S}\right)_V & (۲) \Rightarrow \left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_S &= \left(\frac{\partial V}{\partial S}\right)_P \\ (۳) \Rightarrow \left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T &= -\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P & (۴) \Rightarrow \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T &= \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V \end{aligned}$$

روابط (۳) و (۴) خیلی مهم است چون از آنجا که آنتروپی کمیت قابل اندازه‌گیری نیست، به این وسیله به کمیت‌های قابل اندازه‌گیری دما و فشار و حجم تبدیل می‌شود.

$$dh = Tds + Vdp \Rightarrow \left(\frac{\partial h}{\partial p}\right)_T = T\left(\frac{\partial s}{\partial p}\right)_T + V = V - T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p \quad (I)$$

$$\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p = \frac{R}{P} + b\left(\frac{1}{T^2}\right) \quad (II) \quad \text{حال از معادله حالت داده شده } \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p \text{ را حساب می‌کنیم:}$$

$$(I) \text{ و } (II) \Rightarrow \left(\frac{\partial h}{\partial p}\right)_T = \frac{RT}{P} + \frac{b}{T} - T\left(\frac{R}{P} - \frac{b}{T^2}\right) \Rightarrow \left(\frac{\partial h}{\partial p}\right)_T = \frac{2b}{T}$$

## ۶- گزینه «۳»

محاسبه تغییر آنتروپی مایعات و جامدات

$$ds = C_p \frac{dT}{T} - \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p dp$$

۱- برای مایعات و جامدات تغییرات حجم در مقابل دما بسیار ناچیز است.

۲- برای مایعات و جامدات  $C_p$  و  $C_v$  تقریباً با هم برابر هستند

$$\left. \begin{aligned} (۱) \Rightarrow \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p &= 0 \\ (۲) \Rightarrow C_p &= C_v = C \end{aligned} \right\} \Rightarrow ds = C \frac{dT}{T} \Rightarrow \Delta s = C \ln \frac{T_2}{T_1}$$

تغییرات آنتروپی به ازای واحد جرم یعنی با دیمانسیون  $\frac{kJ}{kg.K}$

$$\Rightarrow \Delta S = m C \ln \frac{T_2}{T_1} = \rho v C \ln \frac{T_2}{T_1} \quad \begin{matrix} \text{دمای محیط} \\ \text{دمای جسم} \end{matrix}$$

(T برحسب کلوین) تغییرات آنتروپی به ازای جرم m کیلوگرم

$$\Delta S = \left(\frac{5 \text{ gr}}{\text{cm}^3}\right) \times (20 \text{ cm})^3 \times \left(10 \frac{J}{\text{gr.K}}\right) \ln \frac{27+273}{627+273} = 5 \times 10000 \times \ln \frac{300}{900} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta S = 40000 \times \ln \frac{1}{3} = -40000 \times \frac{J}{K} = -400 \frac{kJ}{K}$$

## ۷- گزینه «۱»

بررسی مفهومی و ریاضی تغییرات آنتروپی

$$du = Tds - Pdv \Rightarrow ds = \frac{1}{T} (du + Pdv) \Rightarrow ds = \frac{1}{T} (\delta Q - \delta w + Pdv) \quad (1)$$

$$(2) \quad \delta w' \text{ کار هدر رفته} + \delta w \text{ کار تولیدی} = Pdv \text{ حداکثر کاری که می توان تولید کرد (کار در حالت برگشت پذیر) از طرفی}$$

$$(1) \text{ و } (2) \Rightarrow ds = \frac{1}{T} (\delta Q - \delta w + \delta w + \delta w') \Rightarrow ds = \frac{\delta Q}{T} + \frac{\delta w'}{T}$$

$$\Rightarrow \delta w' = 0 \Rightarrow \Delta s = \int \frac{\delta Q}{T}$$

$$\Rightarrow \delta w', T > 0 \Rightarrow \frac{\delta w'}{T} > 0 \Rightarrow ds > \frac{\delta Q}{T}$$

الف - چگونه آنتروپی یک سیستم را افزایش دهیم؟

۱- سیستم را در مسیر بازگشت ناپذیر قرار می دهیم تا  $\delta w'$  افزایش پیدا کند.

۲- به سیستم گرما و حرارت می دهیم یعنی  $Q$  را افزایش می دهیم.

نکته: کاهش دما جزء راه های «الف» نیست چون عملاً دما فقط تا حدی مشخص می توان کاهش داد.

ب - چگونه آنتروپی یک سیستم را کاهش دهیم؟

۱- برای کاهش آنتروپی سیستم فقط یک راه وجود دارد و آن این که حرارت به نحوی از سیستم خارج شود.

نکته: کاهش  $\delta w'$  یا افزایش دما جزء راه های «ب» نیست چون اصطکاک و بازگشت ناپذیری را تا یک حدی می توان کاهش داد و  $\delta w'$  در مقایسه با  $Q$  زیاد نیست.

## ۸- گزینه «۴»

بازده ایزنتروپیک و هم دما

$$\eta_{\text{isentropic}} = \frac{\text{کار مصرفی ایده آل}}{\text{کار مصرفی واقعی}} = \frac{w_s}{w_a} = 0.75 \quad (I)$$

$$\eta_{\text{isotherm}} = \frac{\text{کار ورودی}}{\text{کار مصرفی}} = \frac{w_t}{w_a} = 0.8 \quad (II)$$

$$W_s = h_i - h_{es} = C_p(T_i - T_{es})$$

$$W_s = 1 \times (300 - 600) = -300 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad (III)$$

$$(I), (III) \Rightarrow w_a = -400 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad (IV)$$

$$(II), (IV) \Rightarrow w_t = -320 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

علامت منفی نشان دهنده ورود کار به سیستم است.

## ۹- گزینه «۱»

خواص جزئی مولی (پارشال)

برای جزء  $i$  در یک محلول، خاصیت جزئی مولی ( $\bar{M}_i$ ) به صورت روبرو تعریف می‌شود.

$$\bar{M}_i = \left[ \frac{\partial(nM)}{\partial n_i} \right]_{T, P, n_j}$$

که در آن  $M$  نشانگر مقدار مولی هر خاصیت غیرمتمرکز (Extensive) ترمودینامیکی برای محلول مورد نظر است. این معادله در واقع نحوه توزیع یک خاصیت محلول را در میان اجزاء آن تعریف می‌کند.

### نکته

۱- تعریف خاصیت جزئی مولی تنها برای خواص غیرمتمرکزی به کار می‌رود که می‌توان آن را به صورت مولی نوشت و در مورد خواص مثل  $P$  و  $T$  تعریف فوق به کار نمی‌رود.

۲- برای یک ماده خالص،  $\bar{M}_i$  برابر با  $M_i$  (خاصیت مولی  $i$  خالص) است.

۳- در ترمودینامیک محلول‌ها سه نوع خاصیت به کار می‌روند که توسط نمادهای زیر نشان داده می‌شوند:

خواص محلول  $M$  / خواص جزئی  $\bar{M}_i$  / خواص جزء خالص  $M_i$

$$\bar{M}_1 = \left[ \frac{\partial(nM)}{\partial n_1} \right]_{T, P, n_2, n_3} = \frac{\partial}{\partial n_1} \left[ n_1 M_1 + n_2 M_2 + n_3 M_3 + \frac{n_1 n_2 n_3}{n^2} M_0 \right]$$

$$\Rightarrow \bar{M}_1 = M_1 + n_2 n_3 \left[ \frac{n_2 + n_3 - n_1}{n^3} \right] M_0$$

$$\Rightarrow \bar{M}_1 = M_1 + x_2 x_3 (x_2 + x_3 - x_1) M_0$$

## ۱۰- گزینه «۲»

با توجه به توضیحات سوال قبل یک رابطه مهم دیگر معادله گیبس - دوم است که در حالت کلی برای یک فاز همگن چنین نوشته می‌شود:

$$\left( \frac{\partial M}{\partial T} \right)_{P, X} dT + \left( \frac{\partial M}{\partial P} \right)_{T, X} dP - \sum (x_i d\bar{M}_i) = 0$$

$$\text{if } T, P : \text{Const} \Rightarrow \sum x_i d\bar{M}_i = 0 \quad (P \text{ و } T \text{ ثابت})$$

معادله بسیار مهمی که برای محاسبه  $\bar{M}_i$  از مقادیر داده شده  $M$  و جزءهای مولی کاربرد دارد چنین است:

$$\bar{M}_i = M - \sum_{k \neq i} \left[ x_k \left( \frac{\partial M}{\partial x_k} \right)_{T, P, x_L \neq i, K} \right]$$

برای حالت خاص در مورد یک محلول دوجزئی معادله فوق به شکل زیر در می‌آید:

$$\bar{M}_1 = M + (1 - x_1) \frac{dM}{dx_1}, \quad \bar{M}_2 = M - x_1 \frac{dM}{dx_1}$$

در این مسأله اگر رابطه گیبس - دوم را در مورد فوگاسیته بنویسیم:

$$\sum x_i d \ln \hat{f}_i = 0 \Rightarrow x_1 d \ln \hat{f}_1 + x_2 d \ln \hat{f}_2 = 0$$

با تقسیم طرفین بر  $dx_1$  خواهیم داشت:

$$x_1 \left( \frac{\partial \ln \hat{f}_1}{\partial x_1} \right) + x_2 \left( \frac{\partial \ln \hat{f}_2}{\partial x_1} \right) = 0 \quad (1)$$

از طرف دیگر:

$$\left(\frac{\partial \text{Ln} \hat{f}_r}{\partial x_1}\right) = \left(\frac{\partial \text{Ln} \hat{f}_r}{\partial x_r}\right) \left(\frac{\partial x_r}{\partial x_1}\right)$$

$$x_1 + x_r = 1 \Rightarrow dx_r + dx_1 = 0 \Rightarrow \left(\frac{\partial x_r}{\partial x_1}\right) = -1$$

$$\Rightarrow \left(\frac{\partial \text{Ln} \hat{f}_r}{\partial x_1}\right) = -\left(\frac{\partial \text{Ln} \hat{f}_r}{\partial x_r}\right) \quad (2)$$

$$(1) \text{ و } (2) \Rightarrow x_1 \left(\frac{\partial \text{Ln} \hat{f}_1}{\partial x_1}\right) - x_r \left(\frac{\partial \text{Ln} \hat{f}_r}{\partial x_r}\right) = 0$$

#### ۱۱- گزینه «۴»

تغییرات خاصیت در اثر اختلاط

اگر  $M$  یک خاصیت ترمودینامیکی باشد، تغییرات خاصیت  $M$  را در اثر اختلاط به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$\Delta M_{\text{mixing}} = M^{\text{Real}} - M^{\text{ideal}} = \sum x_i \bar{M}_i - \sum x_i M_i = \sum x_i (\bar{M}_i - M_i)$$

$$\text{در این مسأله } V^{\text{Real}} = n_1 \bar{V}_1 + n_r \bar{V}_r, V^{\text{ideal}} = n_1 v_1 + n_r v_r,$$

$$\Delta V_{\text{mixing}} = V^{\text{Real}} - V^{\text{ideal}} = n_1 (\bar{v}_1 - v_1) + n_r (\bar{v}_r - v_r)$$

$$\Rightarrow \Delta V_{\text{mixing}} = 10(2/5 - 2) + 20(1/3 - 1/5) = 5 - 4 = 1 \text{ cm}^3$$



$$(۱) \lim_{P \rightarrow 0} \left( \frac{f}{P} \right) = \lim_{p \rightarrow 0} \phi = 1$$

$$(۲) \quad \phi = e^{\int_0^P \left( \frac{Z-1}{P} \right) dp} \quad \text{ضریب فوگاسیته}$$

$$(۳) \quad f = P e^{\int_0^P \left( \frac{Z-1}{P} \right) dp} \quad \text{فوگاسیته}$$

$$(۴) \quad \text{برای جسم خالص} \quad \begin{cases} dG_i = RT d \ln f_i \\ \lim_{p \rightarrow 0} \left( \frac{f_i}{P} \right) = 1 \\ \phi_i = \frac{f_i}{P} \end{cases} \quad (T \text{ ثابت})$$

در این مسأله برای گاز ایده‌آل  $\frac{f}{P} = 1$  بوده و لذا منحنی شماره (۲) جواب صحیح می‌باشد.

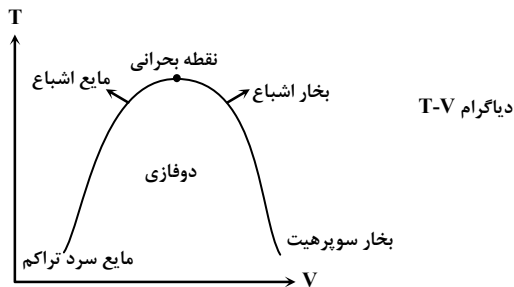
$$\left. \begin{aligned} ds &= \frac{C_p}{T} dT - \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P dp \\ ds &= \frac{C_v}{T} dT + \left( \frac{\partial P}{\partial T} \right)_V dv \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{cases} ds = \frac{C_p}{T} dT - \frac{R}{P} dp \\ ds = \frac{C_v}{T} dT + \frac{R}{V} dv \end{cases} \Rightarrow v = \frac{RT}{P} \text{ اگر گاز ایده‌آل باشد.}$$

$$\Delta s = C_p \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1} \quad \text{تغییر آنتروپی گاز ایده‌آل} \quad C_p = \frac{R\gamma}{\gamma-1}, C_v = \frac{R}{\gamma-1}$$

$$Pv^n = \text{cte} \xrightarrow{\text{جاگذاری}} \Delta s = \frac{R\gamma}{\gamma-1} \ln \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - R \ln \frac{P_2}{P_1} \Rightarrow \Delta s = \left( \frac{R\gamma}{\gamma-1} \right) \left( \frac{n-1}{n} \right) \ln \frac{P_2}{P_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1}$$

$$\Rightarrow \Delta s = \left( R \ln \frac{P_2}{P_1} \right) \left( \frac{\gamma(n-1)}{n(\gamma-1)} - 1 \right) \Rightarrow \Delta s = R \cdot \frac{n-\gamma}{n(\gamma-1)} \ln \frac{P_2}{P_1}$$

$$\left. \begin{aligned} n &= 1/2 \\ \gamma &= 1/4 \\ \frac{P_2}{P_1} &> 1 \text{ تراکم} \end{aligned} \right\} \Rightarrow n - \gamma < 0 \Rightarrow \Delta s < 0 \quad \text{تغییرات آنتروپی منفی است.}$$



## تعاریف و مفاهیم مهم

## ۱- نقطه بحرانی

الف - نقطه بحرانی بالاترین دما و فشاری است که در آن تعادل بخار و مایع امکان پذیر می باشد.

ب - نقطه بحرانی هر ماده تنها نقطه‌ای است که در آن فرآیند تبخیر در فشار ثابت وجود ندارد چون در این نقطه:  
۲- گاز

اگر حرارت داده شده به سیال طوری باشد که دما از دمای بحرانی بیشتر شود،  $(T > T_c)$  ولی فشار از فشار بحرانی کمتر باشد،  $(P < P_c)$  آنگاه حالت ماده گاز است.

## ۳- سیال فوق بحرانی

در این حالت  $T > T_c$  و  $P > P_c$  بوده و به هیچ طریقی نمی توان سیال فوق بحرانی را کندانس کرد.

## ۴- مایع سرد یا متراکم (sub cold)

الف - اگر در یک فشار مشخص، دما از دمای اشباع کمتر باشد.  
ب - اگر در یک دمای مشخص، فشار از فشار اشباع بیشتر باشد.

## ۵- بخار داغ یا سوپرهیت (super heated)

الف - اگر در یک فشار مشخص، دما از دمای اشباع بیشتر باشد.  
ب - اگر در یک دمای مشخص، فشار از فشار اشباع کمتر باشد.  
ج - به مایعی که در یک فرآیند فشار ثابت، دمای آن به دمایی بالاتر از دمای جوش افزایش داده شده و لی هنوز تبخیر نشده باشد، سوپرهیت می گویند.

۱۵- گزینه «۴»

تغییرات  $C_P$  و  $C_V$  برحسب فشار و حجم در دمای ثابت و نتایج معادله زیر:

$$C_P - C_V = -T \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P^2 \left( \frac{\partial P}{\partial V} \right)_T$$

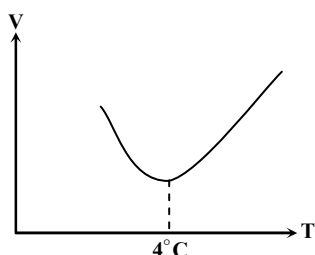
(۱) حجم تمام مواد خالص با افزایش فشار کاهش می‌یابد یعنی:

$$C_P - C_V > 0 \xrightarrow{\text{(برای تمام مواد خالص)}} C_P > C_V, \frac{C_P}{C_V} > 1$$

(۲) طبق تعریف ضریب انبساط حجمی ( $\beta$ ) و ضریب تراکم‌پذیری هم‌دما ( $K$ ):

$$\beta = \frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P, K = -\frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial P} \right)_T \Rightarrow C_P - C_V = -T (\beta^2 V^2) \left( \frac{-1}{kV} \right) \Rightarrow C_P - C_V = \frac{\beta^2 TV}{k}$$

در این مسأله حالات تساوی  $C_P$  با  $C_V$ :



(۱) در صفر مطلق کلونین (اگر بتوان به آن رسید).

(۲)  $4^\circ\text{C}$  برای آب  $\rightarrow \beta = 0, \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P = 0$

(۳) برای سیالات تراکم‌ناپذیر  $\rightarrow \beta = K = 0$

(۴) در این حالت  $\beta^2$  و  $V$  خیلی کوچک است و لذا  $C_P$  با  $C_V$  تقریباً برابر است  $\rightarrow$  برای جامدات و مایعات

۱۶- گزینه «۲»

$$Q_H = 500 \text{ kJ}, Q_L = 187/5 \text{ kJ}, W = 200 \text{ kJ}$$

$$Q_H - Q_L = 500 - 187/5 = 312/5 \neq 200 \Rightarrow$$

$$\left. \begin{aligned} \eta_c = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{300}{800} = 0/625 \\ \eta = \frac{W}{Q_H} = \frac{200}{500} = 0/4 \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

قانون اول ترمودینامیک که قانون بقای انرژی است، نقض شده است.

چون  $\eta < \eta_c$  است لذا قانون دوم ترمودینامیک نقض نشده است.

## ۱۷ - گزینه «۲»

یخچال

یخچال وسیله‌ای است که در یک سیکل عمل می‌کند و نیازمند کار است تا حرارت را از جسم درجه حرارت پایین به جسم درجه حرارت بالا انتقال دهد. کارایی یک یخچال به صورت ضریب عملکرد بیان می‌شود که با نماد  $\beta$  یا  $C_{op}$  نمایش داده می‌شود. در یخچال، انرژی مطلوب گرمای انتقال یافته از فضای تبرید ( $Q_L$ ) و انرژی هزینہ شده، کار ( $w$ ) می‌باشد.

$$\beta = C_{op} = \frac{\text{انرژی مطلوب}}{\text{انرژی هزینہ شده}} = \frac{Q_L}{w} = \frac{Q_L}{Q_H - Q_L} = \frac{1}{\frac{Q_H}{Q_L} - 1}$$

$$W = \frac{Q_L}{\beta} = \frac{12000}{4} = 3000 \text{ Btu/hr}$$

$$\text{کار کمپرسور} = \frac{W}{\eta} = \frac{3000}{0.75} = 4000 \text{ Btu/hr}$$

$$\text{انرژی تولید شده در نیروگاه} = \text{کار کمپرسور} \times (\text{تلفات انرژی}) = 4000 \times 1.1 = 4400 \text{ Btu/hr}$$

## ۱۸ - گزینه «۱»

اختلاف دو خاصیت از یک محلول را در اثر اختلاط، Excess می‌گویند:

$$M^E = \Delta M_{\text{mixing}}^{\text{Real}} - \Delta M_{\text{mixing}}^{\text{ideal}}$$

اگر  $M$  یکی از خواص  $v, h, u, C_p, C_v$  باشد آنگاه داریم:

$$\Delta M_{\text{mixing}}^{\text{ideal}} = 0 \Rightarrow M^E = \Delta M_{\text{mixing}}^{\text{Real}}$$

مهم‌ترین تابع فزونی  $G^E$  است که عبارت است از:

$$G^E = \Delta g_{\text{mixing}}^{\text{Real}} - \Delta g_{\text{mixing}}^{\text{ideal}}$$

$$G^E = RT \sum x_i \ln \hat{a}_i - RT \sum x_i \ln x_i \Rightarrow \frac{G^E}{RT} = \sum x_i \ln \frac{\hat{a}_i}{x_i} \xrightarrow{\hat{a}_i = \gamma_i x_i} \frac{G^E}{RT} = \sum x_i \ln \gamma_i$$

$$\frac{G^E}{RT} = \sum x_i \ln \gamma_i \Rightarrow G^E = RT(x_1 \ln \gamma_1 + x_2 \ln \gamma_2)$$

در دما و فشار ثابت، رابطه گیبس - دهم برای خاصیت جزئی مولی  $\bar{M}$  به صورت زیر نوشته می‌شود. از این رابطه زمانی استفاده می‌کنیم که یکی از خواص پارشیال را به ما بدهند و خاصیت پارشیال را برای جزء دوم از ما بخواهند:

$$\sum x_i d\bar{M}_i = 0$$

در این مسأله  $\sum x_i d\bar{V}_i = 0 \Rightarrow x_1 d\bar{V}_1 + x_2 d\bar{V}_2 = 0$

از طرفی  $\begin{cases} x_1 = 1 - x_2 \Rightarrow x_1 (2 dx_1) + x_2 d\bar{V}_2 = 0 \Rightarrow d\bar{V}_2 = \frac{-2x_1 dx_1}{x_2} \\ dx_1 = -dx_2 \Rightarrow d\bar{V}_2 = 2\left(\frac{1-x_2}{x_2}\right) dx_2 \Rightarrow d\bar{V}_2 = \left(\frac{2}{x_2} - 2\right) dx_2 \end{cases}$

$$\Rightarrow \bar{V}_2 = 2 \ln x_2 - 2x_2 + C \quad (1)$$

جمله داخل پرانتز در سوال برای به دست آوردن ثابت انتگرال C بیان شده است:

$$x_2 = 1 \Rightarrow \bar{V}_2 = V = 5 \quad \text{حجم ویژه خالص جزء دوم} \quad (2)$$

$$(1), (2) \Rightarrow 5 = 0 - 2 + C \Rightarrow C = V \xrightarrow{\text{جاگذاری در (1)}} \bar{V}_2 = 2 \ln x_2 - 2x_2 + V$$

در یک محلول ایده‌آل، برای اختلاط دو ماده نتایج زیر برقرار است:

$$(1) \Delta V_{\text{mixing}} = 0$$

$$(2) \Delta h_{\text{mixing}} = 0 \xrightarrow{h=u+\Delta(pv)} (3) \Delta u_{\text{mixing}} = 0$$

$$(4) \Delta C_{p\text{mixing}} = 0 \Rightarrow (5) \Delta C_{v\text{mixing}} = 0$$

(۶) در یک محلول ایده‌آل، اختلاط دو ماده یک فرآیند بازگشت‌ناپذیر است و با افزایش آنتروپی همراه است. یعنی  $\Delta S_{\text{mixing}} > 0$

(۷) در یک محلول ایده‌آل، در اثر اختلاط دو ماده، تغییر انرژی گیبس منفی می‌باشد زیرا اختلاط دو ماده خود به خود است و در نتیجه با کاهش

انرژی گیبس همراه است یعنی:  $\Delta g_{\text{mixing}} < 0$

$$\Delta g_{\text{mixing}} + T \Delta S_{\text{mixing}} = 0 \quad (8)$$

در یک محلول غیرایده‌آل، برای اختلاط دو ماده نتایج زیر برقرار است:

۱- اختلاط دو ماده یک فرآیند بازگشت‌ناپذیر بوده و با افزایش آنتروپی همراه است. یعنی  $\Delta S_{\text{mixing}} > 0$

$$\frac{\Delta g_{\text{mixing}}}{RT} = \sum x_i \ln \hat{a}_i \quad (9)$$

نکته کلی: تغییر آنتروپی در اثر اختلاط دو ماده (محلول ایده‌آل و غیرایده‌آل) زمانی max است که جزء مولی دو ماده در محلول با هم مساوی باشند.

۱. در یک فرآیند برگشت پذیر فشار ثابت، میزان تبادل گرمایی سیستم با محیط کدام است؟

(۱) میزان تغییرات انرژی هلمهولتز

(۲) میزان کار انجام شده سیستم

(۳) میزان تغییرات انرژی درونی سیستم

(۴) میزان تغییرات آنتالپی سیستم

۲. در یک سیکل نسبت گرمای انتقال یافته بین دو منبع سرد و گرم با نسبت دمای مطلق دو سیکل برابر است.

این سیکل :

(۱) قانون اول ترمودینامیک را نقض می کند.

(۲) قانون دوم ترمودینامیک را نقض می کند.

(۳) قانون اول و دوم ترمودینامیک را نقض می کند.

(۴) بالاترین راندمان ممکن بین دو دمای مذکور را داراست.

۳. برای یک گاز ایده آل کدامیک از عبارات زیر صحیح می باشد؟

(۱) انرژی داخلی یک گاز ایده آل فقط بستگی به فشار دارد.

(۲) انرژی داخلی یک گاز ایده آل فقط بستگی به درجه حرارت دارد.

(۳) انرژی داخلی یک گاز ایده آل بستگی به فشار و درجه حرارت دارد.

(۴) هیچکدام

۴. جریانی از ماده خالص به شدت  $1 \frac{kg}{s}$  و آنتالپی  $450 \frac{KJ}{kg}$  با جریان دیگری از همان ماده با شدت  $3 \frac{kg}{s}$  و

آنتالپی  $1000 \frac{KJ}{kg}$  مخلوط می شود. اگر آنتالپی خروجی برابر  $600 \frac{KJ}{kg}$  باشد، کدامیک از گزینه های زیر

صحیح است؟ (سیستم در حالت پایدار است)

(۱) سیستم مقدار  $950$  کیلو وات حرارت از محیط جذب می کند.

(۲) سیستم مقدار  $950$  کیلو وات حرارت به محیط می دهد.

(۳) سیستم مقدار  $1050$  کیلو وات حرارت از محیط جذب می کند.

(۴) سیستم مقدار  $1050$  کیلو وات حرارت به محیط می دهد.

۵. یک مول از گازی در یک پیستون از حجم ۱۷ به حجم ۲۷ انبساط می‌یابد. فرآیند هم دما و برگشت پذیر انجام می‌شود و گاز از معادله حالت  $P(v-b)=RT$  که  $b$  عدد مثبت ثابتی است پیروی می‌کند. معادله کار انجام شده برای فرآیند فوق چیست؟

$$\begin{array}{ll} RT1n \frac{P_2}{P_1} \quad (۱) & RT1n \frac{V_1}{V_2} \quad (۲) \\ RT1n \frac{V_2-b}{V_1-b} \quad (۳) & \text{هیچکدام} \quad (۴) \end{array}$$

۶. ضریب فوگاسیته گازی  $(f/p)$  که از معادله  $P(v-b)=RT$  پیروی می‌کند با کدام رابطه داده می‌شود؟

$$\begin{array}{ll} (1n \frac{f}{p} = \int_0^p \frac{z-1}{p} dp) & \frac{f}{p} = e^{-bp/T} \quad (۱) \\ \frac{f}{p} = e^{bp/T} \quad (۲) & \frac{f}{p} = \frac{1}{R} e^{-bT} \quad (۴) \\ \frac{f}{p} = e^{bp/T} \quad (۳) & \end{array}$$

۷. واکنشی تعادلی  $A(s) \rightleftharpoons B(s) + 2C(g)$  یک واکنش به شدت گرمازا می‌باشد با تغییر کدامیک از حالات زیر فشار گاز  $C$  کاهش می‌یابد؟

- (۱) افزایش دما      (۲) کاهش دما      (۳) افزایش  $A$       (۴) کاهش  $B$

۸. مخفف ppb در کدامیک از موارد زیر کاربرد دارد

- (۱) یک روش بیان تولید محصول روزانه است  
(۲) یک روش بیان غلظت در رقت خیلی کم است.  
(۳) یک روش بیان تعداد بشکه نفت است.  
(۴) یک روش بیان رسوب شدن مواد در لوله‌ها است.

۹. تصحیح درجه و فشار بحرانی در کدامیک از موارد زیر ضروری است.

- (۱) برای  $He$  و  $H_2$       (۲) برای  $NH_3$  و  $H_2O$   
(۳) برای  $H_2O$  و  $H_2$       (۴) برای  $He$  و  $H_2O$

۱۰. در ۱۰۰ درجه فارنهایت کدام ترتیب درباره فشار بخار صحیح است.

- (۱) هپتان > آب > استن      (۲) آب > استن > هپتان  
(۳) آب > هپتان > استن      (۴) هپتان > استن > آب

۱۱. وقتی هواشناسی رطوبت هوا را ۴۰ درصد اعلام می‌کند منظورش کدامیک از گزینه های زیر است

- (۱) رطوبت نسبی
- (۲) رطوبت مطلق
- (۳) ۴۰ درصد وزنی هوا آب است.
- (۴) ۴۰ درصد مولی هوا آب است.

۱۲. معادله  $du = Tds - PdV$  بیانگر :

- (۱) قانون اول ترمودینامیک است.
- (۲) قانون دوم ترمودینامیک است.
- (۳) ترکیب قانون اول و دوم است.
- (۴) هیچکدام از موارد فوق

۱۳. کدام عبارت زیر صحیح است.

- (۱) گرمای نهان نتیجه تغییر فاز اجسام است.
- (۲) گرمای واکنش نتیجه تغییر ساختار شیمیایی اجسام است.
- (۳) گرمای sensible نتیجه تغییر دمای جسم است.
- (۴) همه موارد فوق

۱۴. کدامیک از موارد زیر صحیح تراست

- (۱) مجموع تعویض انتروپی سیستم و محیط باید مثبت باشد.
- (۲) مجموع تعویض انتروپی سیستم و محیط باید منفی باشد.
- (۳) مجموع تعویض انتروپی سیستم و محیط باید همیشه صفر باشد.
- (۴) همه موارد فوق

۱۵. معادله Riecel برای محاسبه کدام کمیت زیر بکار می‌رود.

- (۱) فشار بخار
- (۲) گرمای واکنش
- (۳) گرمای نهان
- (۴) هیچکدام

۱۶. معادله آنتونی (Antoine) برای محاسبه کدام کمیت زیر بکار می‌رود

- (۱) درجه بحرانی
- (۲) فشار بحرانی
- (۳) فشار بخار
- (۴) حجم مخصوص

۱۷. کدامیک از عبارت زیر در شرایط یکسان صحیح است.

- (۱) هوای مرطوب سبک‌تر از هوای خشک است.
- (۲) هوای مرطوب سنگین‌تر از هوای خشک است.
- (۳) چگالی هوای مرطوب و هوای خشک یکسان است.



(۴) هیچکدام از موارد فوق

۱۸. معادله حالت در ترمودینامیک معمولاً به معادله ای گفته می شود که آن معادله ارتباط برقرار کند بین

$$(۱) P, T, S \quad (۲) P, P, U$$

$$(۳) P, T, V \quad (۴) P, P, H$$

۱۹. معادله حالت وندروالس  $RT(V - b) = (P + \frac{a}{V^2})(V - b)$  بر حسب  $V$  یک معادله :

(۱) درجه دو بسته است (۲) یک معادله درجه دو باز است.

(۲) یک معادله درجه سه بسته است. (۴) یک معادله درجه سه باز است.

۲۰. کدامیک از عبارات زیر قانون اول ترمودینامیک را بیان می کند.

(۱) اگر دو جسم با جسم سومی در تعادل حرارتی باشند آن دو جسم نیز با یکدیگر در تعادل حرارتی خواهند بود.

(۲) با انتقال انرژی به یک جسم و یا خروجی انرژی از آن انرژی کل آن جسم تغییر می کند.

(۳) مجموع جبری تغییرات انرژی در یک فرآیند مساوی صفر است.

(۴) تغییر انرژی داخلی یک سیستم طی یک فرآیند بستگی به نوع و چگونگی انجام آن دارد.

۲۱.  $n$  مول گاز ایده آل Ideal تحت دمای ثابت به طور برگشت پذیر متراکم می شود کار انجام یافته از کدامیک

از روابط زیر به دست می آید.

$$(۱) W = -nRTh\left(\frac{P_2}{P_1}\right) \quad (۲) W = -nRTh\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

$$(۳) W = nRTh\left(\frac{P_1V_1}{P_2V_2}\right) \quad (۴) W = \frac{RT}{n-1} \ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$$

۲۲. یک مخلوط گازی ایده آل (ideal) از ۵٪ مولی اتان  $C_2H_6$  و ۵۰٪ مولی پروپان  $C_3H_8$  ترکیب یافته است.

ثابت گاز برای مخلوط  $R_g$  برابر کدامیک از ارقام زیر است.

$$R=8/314 \text{ KJmol.K}$$

$$(۱) ۰/۲۴۰ \text{ KJ/Kg.K} \quad (۲) ۰/۲۲۵ \text{ KJ/Kg.K}$$

$$(۳) ۰/۱۸۹ \text{ KJ/Kg.K} \quad (۴) ۰/۲۸۷ \text{ KJ/Kg.K}$$

۲۳. گاز ایده آلی ( $C_p = 2/25 \text{ KJ/Kg.K}$ ) به طور یکنواخت با نرخ جریان با  $2 \text{ Kg/sec}$  عبور از لوله ای می کند. اختلاف دمای گاز در ورود به لوله و خروج از آن  $260^\circ\text{C}$  می باشد. چنانچه از تغییرات انرژی جنبشی و پتانسیل چشم پوشی شود چه مقدار گرما در هر ثانیه از گاز به محیط دفع شده است.

$$\begin{array}{ll} (1) & -\text{Kg/sec } 1040 \\ (2) & +293 \text{ Kg/sec} \\ (3) & -1170 \text{ Kg/sec} \\ (4) & -\text{Kg/sec } 585 \end{array}$$

۲۴. هوا با نرخ جریان  $4 \text{ Kg/sec}$  توسط یک کمپرسور متراکم می شود. تغییر آنتالپی ویژه طی این فرآیند  $\Delta h = 115 \text{ KJ/Kg}$  است. چنانچه اتلاف گرما از سیستم به محیط  $60 \text{ KW}$  باشد و از تغییر انرژی جنبشی و پتانسیل چشم پوشی گردد قدرت مصرفی کمپرسور چقدر خواهد بود.

$$\begin{array}{ll} (1) & -\text{KW } 175 \\ (2) & -\text{KW } 46 \\ (3) & +70 / \text{KW} \\ (4) & -\text{KW } 160 \end{array}$$

۲۵.  $0.4$  کیلو مول گاز ایده آل ( $\text{ideal}$ ) با  $C_p = 20 \text{ KJ/Kmol.K}$  در سیلندری دارای پیستون موجود است. با انتقال گرما به گاز دمای آن  $100^\circ\text{C}$  افزایش می یابد. تغییر آنتالپی گاز برابر خواهد بود با:

$$\begin{array}{ll} (1) & \Delta H = 800 \text{ KJ} \\ (2) & \Delta H = -2000 \text{ KJ} \\ (3) & \Delta H = 500 \text{ KJ} \\ (4) & \Delta H = 1000 \text{ KJ} \end{array}$$

۲۶.  $2$  مول آب مایع در  $100^\circ\text{C}$  و  $1 \text{ atm}$  تبخیر می شود.  $H_2O(L) \rightarrow H_2O(g)$  آنتالپی تبخیر آب  $\Delta H^{\text{vap}} = 4077 \text{ KJ/mol}$  است. تغییر آنتروپی محیط  $\Delta S_{\text{surr}}$  برابر است با:

$$\begin{array}{ll} (1) & 814 \text{ J/K} \\ (2) & -109 \text{ J/K} \\ (3) & 149 \text{ J/K} \\ (4) & -218 \text{ J/K} \end{array}$$

۲۷.  $1 \text{ Kg}$  قطعه فولادی با گرمای ویژه ثابت  $C$  را گرم می کنیم تا اینکه دمای آن از  $1^\circ\text{C}$  به  $2^\circ\text{C}$  برسد، تغییر آنتروپی آن از کدامیک از روابط زیر به دست می آید.

$$\begin{array}{ll} (1) & \Delta S = C1nT_1T_2 \\ (2) & \Delta S = -C1n \left( \frac{T_1T_2}{T_1+T_2} \right) \\ (3) & \Delta S = C1n \frac{T_2}{T_1} \\ (4) & \Delta S = C1n \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \end{array}$$

۲۸. در یک نیروگاه حرارتی دمای بخار آب ورودی به توربین  $540^\circ\text{C}$  و دمای منبع سرد (آب خنک کننده در کندانسور)  $20^\circ\text{C}$  می باشد. ماکزیمم بازدهی حرارتی نیروگاه تحت شرایط فوق چقدر است؟

$$\begin{array}{ll} (1) & 36\% \\ (2) & 64\% \\ (3) & 54\% \\ (4) & 49\% \end{array}$$

۲۹. در کدامیک از واکنش‌های شیمیایی (فاز گازی) زیر ثابت تعادل  $K_p$  فقط به غلظت مواد بستگی دارد؟



۳۰. کدامیک از عبارات زیر قانون ترمودینامیک را بیان می‌کند .

- (۱) در کلیه فرآیندهای برگشت ناپذیر آنتروپی کل (سیستم + محیط) افزایش می‌یابد .
- (۲) نمی‌توان ماشینی ساخت که با انجام فرآیند چرخه ای گرما را کاملاً به کار تبدیل کند .
- (۳) فرآیندی که در آن تغییر آنتروپی کل  $0 \Delta S_{net} <$  باشد عملاً انجام پذیر نیست
- (۴) هر سه

۳۱. کدامیک از عبارات زیر غلط است:

- (۱) در فرآیند تراکم آدیاباتیک مقدار معینی گاز  $\Delta u > 0$
- (۲) در فرآیند گرم شدن مقدار معینی گاز در حجم ثابت  $\Delta u = Q$  است .
- (۳) در فرآیند انبساط مقدار معینی گاز در دمای ثابت  $Q=W$  است .
- (۴) در فرآیند انبساط پلی تروپیک ( $PV^k = const$ ) مقدار معینی گاز  $W < 0$  است .

۳۲. برای سنجش میزان انحراف یک گاز واقعی از گازها ایده آل فاکتور ضریب تراکم پذیری تعریف شده است که برابر است با

- (۱)  $z = \frac{PV}{RT}$  که برای کلیه دماها به ازاء  $P \rightarrow 0$  به سمت واحد میل می‌کند .
- (۲)  $z = \frac{PV}{RT}$  که برای کلیه دماها به ازاء  $T \rightarrow 0$  به سمت واحد میل می‌کند .
- (۳)  $z = \frac{PV}{RT}$  که برای کلیه دماها به ازاء  $P \rightarrow 0$  به سمت واحد میل می‌کند .
- (۴)  $z = \frac{PV}{RT}$  که برای کلیه دماها به ازاء  $T \rightarrow 0$  به سمت واحد میل می‌کند .

۳۳. یک سیستم دو جزیی در حال تعادل مایع - بخار است مقداری جزء (۱) خالص به سیستم اضافه کرده و دما و فشار را در مقادیر اولیه تثبیت می‌نمائیم. پس از رسیدن به تعادل :

- (۱) ترکیب فاز بخار تغییر کرده ولی ترکیب فاز مایع تغییر نمی‌کند .
- (۲) ترکیب فاز بخار ثابت می‌ماند ولی ترکیب فاز مایع تغییر می‌کند .
- (۳) ترکیب هر دو فاز ثابت می‌ماند .

(۴) ترکیب هر دو فاز تغییر می کند .

۳۴. آنتالپی تشکیل بخار آب نسبت به آنتالپی تشکیل آب در دمای  $^{\circ}\text{C} 25$  و فشار اتمسفر مطابق کدامیک از گزینه های زیر است؟

- (۱)  $h_f - h_g$  (۲)  $h_g - h_f$  (۳)  $h_{fg}$  (۴) موارد ۲ و ۳

۳۵. واحد  $\beta$  (ضریب انبساطی حجمی) معکوس دما K-1 بوده و اگر واحد K (ضریب تراکم ایزوترمال) را عکس اتمسفر بگیریم کدام گزینه درست است؟

- (۱)  $\beta \approx K$  (۲)  $\beta < K$  (۳)  $\beta > K$  (۴)  $\beta \leq K$

۳۶. ۲ kg از سیالی در حالت مایع اشباع در دمای  $^{\circ}\text{C} 90$  حدود  $\text{KJ} 1650$  حرارت صرف شده است تا کیفیت مخلوط ۴۰ درصد گردد. گرمای نهان این سیال در شرایط ذکر شده چند  $\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$  است؟

- (۱)  $2062/5$  (۲)  $214/2$  (۳)  $2611/3$  (۴)  $2541/8$

۳۷. مخلوطی از دو فاز مایع و بخار آب در یک ظرف صلب در بسته را در نظر بگیرید. سیال را حرارت می دهیم در این فرآیند ... می شود؟

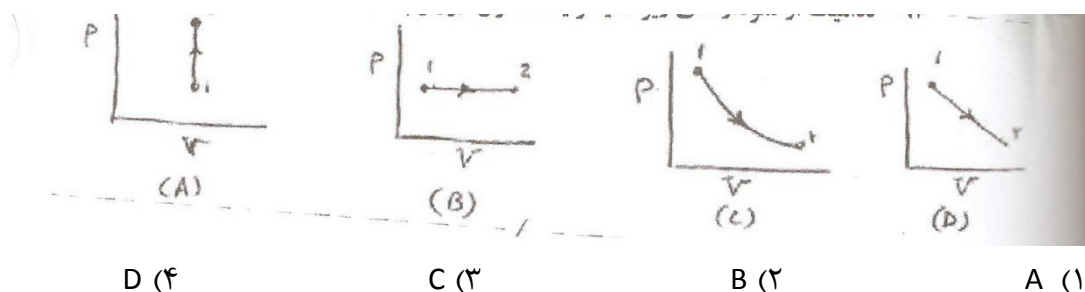
(۱) مقدار بخار زیاد

(۲) مقدار مایع زیاد می شود

(۳) تغییر آنتالپی با تغییر انرژی داخلی برابر

(۴) بستگی به حجم مخصوص دارد اگر از مقدار بحرانی کمتر باشد مقدار مایع زیاد می شود.

۳۸. کدامیک از نمودارهای زیر نمایانگر یک تحول ایزوثرم است؟



۳۹. کدامیک از گزینه های زیر بیانگر معادله گلاپرون است؟

$$\frac{\Delta H_n}{T_n} = \frac{2/7 \ln P_C - 1}{0/93 - T_m} \quad (۲)$$

(۴) هیچکدام

$$\Delta H = T \cdot \Delta V \frac{dp^{sat}}{dT} \quad (۱)$$

$$\frac{\Delta H_2}{\Delta H_1} = \left( \frac{1 - T_{r2}}{1 - T_{r1}} \right)^2 \quad (۳)$$

۴۰. در دمای ۲۹۸K، گرمای تشکیل واکنش‌های زیر داده شده است

گرمای تشکیل برای یک مول CO از عناصر سازنده بر حسب  $\frac{KJ}{gmol}$  برابر است با :

(۱) ۱۱۰/۶	(۲) -۱۷۲/۸۳	(۳) ۱۷۲/۸۳	(۴) -۱۱۰/۱۶
-----------	-------------	------------	-------------

۴۱. سیلندر پیستون حاوی هوا تحت فشار ۲۰۰ kpa و دمای ۶۰۰k است. طی یک فرآیند فشار ثابت حجم گاز دو برابر اولیه می‌گردد (حالت ۲) سپس پیستون توسط پین قفل می‌شود و دمای نهایی هوا به ۶۰۰k می‌رسد (حالت ۳) گرمای ویژه cp برابر  $\frac{KJ}{Kg}$  ۱/۰۰۴ و ثابت R برای هوا برابر

آنتالپی هوا در حالت ۲ در واحد  $\frac{KJ}{Kg}$  چقدر است؟

(۱) ۱۲۰۵	(۲) ۶۰۲	(۳) ۷۰۵	(۴) ۸۴۵
----------	---------	---------	---------

۴۲. کدامیک از گزینه‌های زیر کاملاً صحیح است؟

(۱) با استفاده از علم ترمودینامیک می‌توان مقدار کار و سرعت انتقال حرارت را در فرآیندهای مختلف تعیین نمود.

(۲) با استفاده از علم ترمودینامیک می‌توان سرعت انتقال اجزاء مختلف شیمیایی بین فاز را تعیین نمود.

(۳) با استفاده از علم ترمودینامیک می‌توان حرارت واکنش‌ها و وضعیت تعادل فازها را تعیین نمود.

(۴) با استفاده از علم ترمودینامیک می‌توان حرارت واکنش‌ها و مکانیسم انجام آنها را پیش بینی نمود.

۴۳. سیستم بسته عبارت است از :

(۱) مقداری ماده با جرم و حدود مشخص

(۲) مقداری ماده که ضمن تحول از سیستم خارج می‌شود.

(۳) مقداری ماده که ضمن تحول به داخل سیستم وارد می‌شود.

(۴) فضای مشخصی که مقدار ماده موجود در آن متغیر باشد.

۴۴. اصل صفر ترمودینامیک بیانگر ...

(۱) اصل تبدیل جرم به انرژی به یکدیگر است.

۲) مربوط به تعادل حرارتی است.

۳) مربوط به کار برگشت پذیر است.

۴) مربوط به حرارت برگشت پذیر است.

۴۵. هوا در بالنی که به شکل کره و حجم اولیه آن  $0/1m^3$  و فشار آن  $kpa200$  می باشد قرار دارد. فشار درون بالن با مربع قطر آن متناسب است. وقتی فشار درون بالن به  $kpa600$  برسد مقدار کار انجام یافته در واحد  $kj$  چقدر است؟

(۱) ۱۷۵ (۲) ۱۶۵ (۳) ۱۸۰ (۴) ۱۸۵

۴۶. تغییر انرژي یک کیلو گرم آب برای کدامیک از موارد زیر بیشتر است؟

الف) افزایش ارتفاع به اندازه ۱۰۰ متر

ب) افزایش سرعت از صفر تا  $100\text{ m/s}$

ج) افزایش دمای آب به اندازه  $10^\circ\text{C}$

(۱) الف (۲) ب (۳) ج (۴) باهم برابرند.

۴۷. دریک فنر رابطه نیروی وارده  $F(\text{KN})$  و جابجایی نوک فنر  $x$  (بر حسب متر) بصورت  $F = 0/039x - 0/03x^2$  است اگر فنر  $20\text{ cm}$  کشیده شود مقدار کار انجام گرفته در واحد  $J$  چقدر است؟

(۱) ۰/۱۲۵ (۲) ۲۱/۵ (۳) ۲۲ (۴) ۰/۲۵

۴۸. دریک شیر انبساط حجم به ۳۲ برابر افزایش می یابد در صورتیکه سرعت متوسط دو برابر شود نسبت قطر ورودی به خروجی شیر انبساط چقدر است؟ (فرآیند آدیاباتیک است)

(۱) ۱/۸ (۲) ۸ (۳) ۴ (۴) ۱/۴

۴۹. کدامیک از گزینه های زیر صحیح است؟

(۱) یک فرآیند برگشت پذیر حداکثر کار را تولید کرده و حداقل کار را مصرف می کند.

(۲) یک فرآیند برگشت پذیر همواره بدون اصطکاک است.

(۳) فرآیندهای حقیقی معمولاً برگشت ناپذیرند.

(۴) تمام موارد

۵۰. یک مخزن صلب ایزوله شده است. آنرا توسط یک خط لوله فشار ثابت از هوا پر می کنیم (اندیس ۱ برای

خاصیت های مربوط به سیال در لوله و اندیس ۲ برای حالت نهایی گاز در داخل مخزن است.

(۱)  $h_i = u_2$  (۲)  $h_2 = u_i$  (۳)  $h_i = h_2$  (۴)  $h_2 = h_i$

۵۱. بخاری برقی با قدرت  $2 \text{ kW}$  هوا به دمای  $15^\circ \text{C}$  و دبی  $25 \text{ kg/sec}$  وارد آن می‌شود. اگر شدت حرارت منتقل شده از بخاری به محیط  $400 \text{ W}$  باشد دمای خروج هوا از بخاری بر حسب  $^\circ \text{C}$  چقدر خواهد بود؟  
 برای هوا  $c_p = 1 \text{ KJ/kg } ^\circ \text{C}$

(۱)  $21/4$  (۲)  $23$  (۳)  $25/1$  (۴)  $19/5$

۵۲. کدامیک از گزینه های زیر بیانگر قانون اول ترمودینامیک؟

$$(1) \delta Q - \delta w = dE \quad (2) \int Q - \int w = E$$

$$(3) \int \delta Q = \int \delta w \quad (4) \int \delta Q = \int \delta w$$

۵۳. طی یک فرآیند سیکلی در چهار نقطه تبادل حرارت و در سه نقطه تبادل کار مطابق زیر انجام شده است.

(۱)  $-4$  (۲)  $-5$  (۳) صفر (۴)  $5$

۵۴. اگر توان پلای تروپیک  $n=1/2$  و توان آدیاباتیک  $k=1/4$  و گرمای ویژه در حجم ثابت باشد  $C_v =$

$$0/028 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \text{ گرمای ویژه در حجم ثابت برای تحویل پلای تروپیک چند } \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \text{ است}$$

(۱)  $1/56$  (۲)  $0/56$  (۳)  $1/2$  (۴)  $1/4$

۵۵. کدامیک از تحولات زیر، انتقال گرما فقط باعث تغییر انرژی داخلی می‌شود؟

(۱) فشار ثابت (۲) دما ثابت (۳) آدیاباتیک (۴) حجم ثابت

۵۶. اگر کار در یک سیستم آدیاباتیک انجام شود دما ...

(۱) باید افزایش یابد (۲) تغییر نخواهد کرد

(۳) باید کاهش یابد (۴) باید کاهش و سپس افزایش یابد.

۵۷. اگر در فرآیندی مقدار آنترופی ثابت بماند این فرآیند...

(۱) حتماً آدیاباتیک و برگشت پذیر است.

(۲) لزوماً آدیاباتیک و برگشت ناپذیر است.

(۳) هم دما و برگشت پذیر است.

(۴) هم دما و برگشت ناپذیر است

۵۸. ضریب فوگاسیته یک گاز حقیقی

(۱) همواره کوچکتر از واحد است.

(۲) ممکن است کوچکتر یا بزرگتر از واحد باشد.

۳) مستقل از نوع گاز بوده و فقط تابع فشار گاز می‌باشد.

۴) همواره بزرگتر از واحد است.

۵۹. کدام رابطه برای کلیه مخلوط‌های گازی ایده آل A، B، C صحیح نمی‌باشد؟

(۱) درصد حجمی = درصد مولی (۲) درصد وزنی

(۳)  $y_A = n_A(n_A + n_B + n_C)$  (۴)  $P_T = P_A + P_B + P_C$

۶۰. در اختلاط محلول‌های ایده آل تغییرات کدام دسته صفر می‌شود؟

(۱) حجم و آنتالپی (۲) حجم و آنتروپی

(۳) آنتالپی و آنتروپی و حجم (۴) انرژی آزاد گیبس و آنتروپی

۶۱. در یک فرآیند برگشت پذیر فشار ثابت، میزان تبادل گرمایی سیستم با محیط عبارتست از:

(۱) میزان تغییرات انرژی هلمهولتز (۲) میزان کار انجام شده سیستم

(۳) میزان تغییرات انرژی درونی سیستم (۴) میزان تغییرات آنتالپی سیستم

۶۲. با استفاده از معادل کلا پیرون می‌توان:

(۱) گرمای نهان را در هر نوع تغییر فاز محاسبه کرد.

(۲) فقط گرمای تبخیر را محاسبه کرد.

(۳) فقط گرمای نهان ذوب را محاسبه کرد.

(۴) وضعیت تعادل فازی را بررسی کرد.

۶۳. تغییرات آنتروپی یک گاز ایده آل در کدامیک از فرآیندهای زیر منفی است؟

(۱) انبساط همدما (۲) فشرده شده همدما

(۳) انبساط آدیاباتیک برگشت پذیر (۴) فشرده شدن آدیاباتیک برگشت پذیر

۶۴. بر اساس قانون دوم ترمودینامیک :

(۱) تغییرات آنتروپی سیستم در یک تحول همواره بزرگتر و یا حداقل برابر صفر است.

(۲) مسیر تحول یک سیستم همواره در جهتی است که در آن افزایش در آنتروپی سیستم مشاهده شود.

(۳) مجموع تغییرات آنتروپی سیستم و محیط آن همواره بزرگتر و یا حداقل برابر صفر است.

(۴) هر سه گزینه فوق صحیح است.



۶۵. ضریب فوگاسیته یک گاز حقیقی :

(۱) همواره کوچکتر از واحد است.

(۲) همواره بزرگتر از واحد است.

(۳) ممکن است کوچکتر یا بزرگتر از واحد باشد.

(۴) مستقل از نوع گاز بوده و فقط تابع فشار آن گاز است.

۶۶. در فرآیند اختلاط یک محلول ایده آل، کدامیک از توابع ترمودینامیکی زیر تغییر می کند؟

(۱) انرژی داخلی (۲) آنترופی (۳) حجم مخصوص (۴) آنتالپی

۶۷. برای سیستم در حال تعادل زیر درجه آزادی برابر است با :

(۱) یک (۲) دو (۳) سه (۴) چهار

۶۸. در سیکل رانکین، بیشترین کار گم شده یا بازگشت ناپذیری مربوط به کدام عامل می باشد؟

(۱) عملکرد پمپ (۲) عملکرد توربین

(۳) انتقال حرارت در دیگ بخار (۴) هیچ یک از موارد فوق

۶۹. ضریب ژول - تامسون در مورد یک گاز کامل :

(۱) صفر است (۲) بستگی به  $P$ ،  $T$  گاز کامل دارد.

(۳) بینهایت است (۴) برابر واحد است.

۷۰. موتوری به یک پمپ متصل است و پمپ سیالی را جابجا می کند. اگر شیر خروجی پمپ را ببندیم، توان

مصرفی موتور.

(۱) بیشتر خواهد شد. (۲) تغییری نخواهد کرد.

(۳) کمتر خواهد شد. (۴) متناسب با کاهش دبی افزایش می یابد.

۷۱. بازده یک سیکل موتور احتراق داخلی بنزینی چهار زمانه بستگی به کدامیک از نسبت های زیر دارد؟

(۱) حاصلضرب حجم در فشار گاز قبل و بعد از احتراق

(۲) حجم گاز قبل و بعد از تراکم

(۳) دمای گاز قبل و بعد از احتراق

(۴) فشار گاز قبل و بعد از احتراق

۷۲. علت بالاتر بودن راندمان سیکل توربین های گاز نسبت به توربین بخار:

(۱) حذف مرحله انتقال حرارت در دیگ بخار است.

(۲) حذف پمپ انتقال مایع است.

(۳) دمای بالای مخلوط گاز است.

(۴) به هیچیک از موارد فوق بستگی ندارد.

۷۳. یخچال نفتی بر اساس کدام فرآیند کار می‌کند؟

(۱) تبخیر و میعان آمونیاک

(۲) تراکم و انبساط تدریجی آمونیاک

(۳) تراکم و انبساط ناگهانی آمونیاک

(۴) جذب و دفع آمونیاک در آب

۷۴. برای معین نمودن انحراف محلولهای مایع غیر ایده آل از محلولهای ایده آل لازم است حالت‌های استاندارد را

مشخص نمود. حالت استاندارد برای مایعات عبارتست از :

(۱) مایع خالص در فشار یک اتمسفر

(۲) مایع خالص در فشار سیستم

(۳) مایع خالص در فشار بخار مربوطه

(۴) هر سه مورد صحیح است.

۱. پاسخ ۴ صحیح است. در فرآیند فشار  $Q = \Delta H$  است.

۲. پاسخ ۳ صحیح است.

۳. پاسخ ۲ صحیح است. برای گاز ایده آل در مورد انرژی درونی داریم  $\Delta u = C_v dT$  همانطور که در فرمول پیداست تنها تابع دما است.

۴. پاسخ ۴ صحیح است.

$$m_1 H_1 + m_2 H_2 = m_e H_e + Q$$

$$m_1 + m_2 = m_e \Rightarrow 1 + 3 = 4$$

$$1 \times 45 + 3 \times 1000 = 4 \times 600 \Rightarrow 3450 = 2400 + Q$$

$$\Rightarrow Q = 3450 - 2400 = +1050$$

به دلیل مثبت بودن عدد، حرارت به محیط داده شده است.

۵. پاسخ ۳ صحیح است.

$$p(V - b) = RT, W = \int_{V_1}^{V_2} p dV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{RT}{V - b} dV = RT \ln \frac{V_2 - b}{V_1 - b}$$

۶. پاسخ ۲ صحیح است.

$$\ln \phi \left( \frac{f}{p} \right) = \int_0^p \frac{(z - 1)}{p} dp = - \frac{1}{RT} \int_0^p (V' - V) dp$$

$$\ln \phi = - \frac{1}{RT} \int_0^p \left( \frac{RT}{p} - V \right) dp$$

$$P(V - b) = RT \Rightarrow V - b = \frac{RT}{P} \Rightarrow V = \frac{RT}{p} + b$$

$$\ln \phi = - \frac{1}{RT} \int_0^p b dp = \frac{bp}{RT} \Rightarrow \phi = \frac{f}{p} = e^{\frac{bp}{RT}}$$

۷. پاسخ ۱ صحیح است. با توجه به اینکه واکنش گرمازا است با افزایش دما تعادل به سمت چپ می رود و تولید گاز کاهش می یابد.

۸. پاسخ ۲ صحیح است.

۹. پاسخ ۱ صحیح است.

۱۰. -

۱۱. پاسخ ۱ صحیح است: میزان رطوبت هوا به صورت نسبی بیان می شود.

$$R_s = \frac{P_V}{P^*}$$

۱۲. پاسخ ۳ صحیح است. طبق قانون اول  $\Delta u = Q - W$  و طبق قانون دوم  $Q = Tds$  و از ترکیب این دو قانون  $\Delta u = Tds - Pdv$  (توجه شود  $w \approx PdV$ )

۱۳. پاسخ ۴ صحیح است.

۱۴. پاسخ ۱ صحیح است  $\Delta S_T = \Delta S_s + \Delta S \geq 0$

۱۵. پاسخ ۳ صحیح است.

۱۶. پاسخ ۲ صحیح است.

۱۷. پاسخ ۳ صحیح است.

۱۸. پاسخ ۳ صحیح است.

۱۹. -

۲۰. پاسخ ۲ صحیح است. توجه کنید پاسخ ۱ مربوط به اصل صفرم ترمودینامیک است .

۲۱. پاسخ ۱ صحیح است .

$$W = -nRT \ln \frac{V_1}{V_2} \text{ or } -nRT \ln \frac{P_2}{P_1}$$

و در فرآیند دما ثابت  $Q=W$  است.

۲۲. پاسخ ۲ صحیح است .

$$\bar{M} = \sum x_i M_i \Rightarrow \bar{M} = X_1 M_1 + X_2 M_2$$

$$\bar{M} = 0/5 \times 30 + 0/5 \times 44 = 37$$

$$R = \frac{8/314Kj}{Kmol^\circ K} \bigg| \frac{1Kmol}{37Kg} = 0/225$$

۲۳. پاسخ ۳ صحیح است .

$$Q = mC_p(T_2 - T_1)$$

$$Q = 2/25 \times 2 \times (-260) = -1170$$

۲۴. پاسخ ۲ صحیح است .

$$W = \Delta H \times m \Rightarrow -0/4 \times 115 = -46$$

$$Q = mC_p\Delta T \text{ پاسخ ۱ صحیح است.}$$

با توجه به شرایط مسأله می توان مقدار Q و  $\Delta H$  را برابر دانست .

۲۶. پاسخ ۴ صحیح است. این شرایط مانند حالت ایزوبار  $Q=\Delta H$  می باشد .

$$Q=n\Delta H \Rightarrow 2 \times 40/7 = 81/4$$

$$\Delta S_{sur} = -\frac{Q}{T} = \frac{-\frac{81}{4}}{373} = -218$$

دما بر حسب  $^{\circ}K$  است .

۲۷. پاسخ ۳ صحیح است. البته بهتر است C را ظرفیت گرمایی بیان کنیم .

$$n = 1 - \frac{T_c}{T_H} \text{ پاسخ ۲ صحیح است. بازده ایی برابر با } \frac{T_c}{T_H}$$

$$T_c = 20 + 273 = 293, T_H = 540 + 273 = 813$$

$$n = 1 - \frac{293}{813} = 0/64 \times 100 = \%64$$

۲۹. پاسخ ۲ صحیح است

۳۰. پاسخ ۴ صحیح است. با توجه به تعاریف قانون دوم به خصوص بیان بلانگ همه موارد صحیح است .

۳۱. پاسخ صحیح ۱ است. عکس این گزینه صحیح است .

۳۲. پاسخ ۱ صحیح است.  $PV = ZRT = Z = \frac{PV}{RT}$  تراکم پذیری تابع دما و فشار است و در فشار صفر تمام

گازها به صورت ایده آل در می آیند و در گاز ایده آل  $Z=1$  می باشد.

۳۳. پاسخ ۴ صحیح است. با اضافه کردن هر جزء تعادل کاملاً بر هم می خورد.

۳۴. پاسخ ۲ صحیح است

۳۵. پاسخ ۱ صحیح است. با توجه به اینکه K و  $\beta$  عکس یکدیگرند با عکس کردن یکی هر دو تقریباً برابر

می شوند.

$$\beta = -\frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial P} \right)_{T=cte} \quad K = - \left. \frac{dP}{dV/V} \right|_{T=cte}$$

۳۶. پاسخ ۲ صحیح است.

$$\Delta H = \frac{1650}{0.4 \times 2} = 2062.5$$

۳۷. پاسخ ۴ صحیح است. بسته به شرایط اولیه ممکن است مقدار مایع یا بخار زیاد یا کم شود اما با توجه به شرط حجم مخصوص می توان گزینه ۴ را انتخاب کرد.

۳۸. پاسخ ۳ صحیح است.

۳۹. پاسخ ۱ صحیح است. نحوه ارائه دیگر این معادله به صورت  $\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta H}{T \Delta V}$  است

۴۰. پاسخ ۴ صحیح است.

$$\Delta H = -393/15 - (-282/99) = -110/16$$

۴۱. پاسخ ۱ صحیح است.

۴۲. پاسخ ۳ صحیح است.

۴۳. پاسخ ۱ صحیح است. سیستم بسته سیستمی است که تنها تبادل جرم دارد.

۴۴. پاسخ ۲ صحیح است. اصل صفر ترمودینامیک اصل تبادل حرارتی است که طبق آن اگر سیستم A, B و همچنین C, A در تعادل گرمایی باشند، آنگاه C, B نیز در تعادل گرمایی اند.

۴۵. پاسخ ۱ صحیح است. برای حل این انتگرال لازم است ابتدا D۱ و D۲ را بیابیم برای یافتن D۱ و D۲ به این صورت عمل می کنیم.

$$w \int_{D_1}^{D_2} P dV$$

$$P_1 = \alpha D_1^2 \Rightarrow 200 \times 10^3 = \alpha \times 0.5 V^2$$

$$\Rightarrow \alpha = 602815 \frac{pa}{m}$$

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{\pi D_1^3}{6} \Rightarrow 0/1 = \frac{\pi D_1^3}{6} \Rightarrow D_1 = 0/57$$

و برای  $D_2$  نیز به همین صورت عمل می‌کنیم.

$$w \int_{0/57}^1 (602815D^2) \left(\frac{\pi}{2}D^2\right) dp \Rightarrow 175000J (D_2 \approx 1)$$

۴۶. پاسخ ۳ صحیح است. افزایش CP در اثر حرارت بسیار زیاد است.

۴۷. سوال اشکال دارد.

۴۸. پاسخ ۴ صحیح است با توجه به رابطه حجم و سطح مقطع داریم

۴۹. پاسخ ۴ صحیح است.

۵۰. پاسخ ۱ صحیح است چون مخزن صلب و ایزوله است هیچ انتقالی ندارد.

$$m_1 h_1 = m_2 u_2 \rightarrow h_1 = u_2$$

۵۱. پاسخ ۱ صحیح است

$$Q = mC_p \Delta T \Rightarrow Q = mC_p (T_2 - T_1)$$

$$1/6 = 0/25 \times 1 \times (T_2 - 15)$$

$$1/6 = 0/25T_2 - 3/75 \Rightarrow 5/35 = 0/25T_2 \Rightarrow T_2 = 21/4$$

۵۲. پاسخ ۴ صحیح است. قانون اول  $\Delta u = Q - w$

قانون اول به صورت انتگرالی در سیستم چرخه ای  $\int dQ = \int dw$

۵۳. پاسخ ۲ صحیح است.

$$-20 + 4 - 5 + 12 = 10 - 14 + w_3 \Rightarrow w_3 = -5kJ$$

۵۴. پاسخ ۲ صحیح است.

$$C_v = \frac{R}{\alpha - 1} \rightarrow 0/028 = \frac{R}{1/4 - 1} \Rightarrow R = 0/012$$

$$C_v = \frac{R}{n - 1} \rightarrow C_v = \frac{0/012}{1/2 - 1} = 0/056$$

۵۵. پاسخ ۴ صحیح است. طبق فرآیند حجم ثابت

$$du = dQ = C_v dT$$

$$\Delta u = Q = \int C_v dT$$

۵۶. پاسخ ۳ صحیح است.

۵۷. پاسخ ۱ صحیح است. حتمأدر فرآیند آدیاباتیک  $\Delta S$  می تواند ثابت باشد به شرطی که شرایط برگشت پذیری در آن اعمال شود.

۵۸. پاسخ ۲ صحیح است. توجه داشته باشید در مورد گاز حقیقی هر دو احتمال وجود دارد نه گاز ایده آل

۵۹. پاسخ ۲ صحیح است. درصد وزنی و مولی هیچ گاه برابر نیست.

۶۰. پاسخ ۱ صحیح است. توجه شود آنتروپی فقط در فرآیند آدیاباتیک برگشت پذیر می تواند به صفر نزدیک شود.

۶۱. پاسخ ۴ صحیح است. در فرآیند فشار ثابت  $w = 0, Q = \Delta H$  است

۶۲. پاسخ ۱ صحیح است. فرم کلی معادله کلایرون به صورت  $\frac{dp}{dT} = P \frac{\Delta H}{RT^2}$  می باشد.

۶۳. پاسخ ۲ صحیح است. با توجه فرمول آنتروپی در دما ثابت داریم  $T = cte = \Delta S = -Rh \ln \frac{P_2}{P_1}$  توجه داشته باشید در انبساط یا تراکم هم دمای گاز ایده آل میزان آنتروپی مستقل از جنس گاز است.

۶۴. پاسخ ۳ صحیح است. طبق نابرابری کلایروس محیط  $S_{Tot} = S_s + S$  با توجه به این مطلب تنها آنتروپی کل از آنتروپی سیستم نامبرده شده است.

۶۵. پاسخ ۳ صحیح است. با توجه به رابطه  $RT d \ln f_i = V_i dp(T)$  فوگاسیته یک گاز تابع (PVT) بوده و مقادیر آن می تواند بزرگتر یا کوچکتر از واحد باشد.

۶۶. پاسخ ۲ صحیح است. با توجه به رابطه آن کاملاً مشخص است.

$$\ln \gamma_i = \left[ \frac{\partial \left( \frac{nG^E}{RT} \right)}{\partial n_i} \right]_{T,P,n_j} \Rightarrow \frac{G^E}{RT} = \sum x_i \ln \gamma_i$$

۶۷. پاسخ ۱ صحیح است.



$$F = 2 - \pi + N - r$$



۶۸. پاسخ ۳ صحیح است. در سیکل رانگین بیشترین برگشت ناپذیری مربوط به گرم کردن آب قبل تبخیر است که مربوط به دیگ بخار است.
۶۹. پاسخ ۱ صحیح است. در فرآیند گاز ایده آل چون دما تغییر نمی کند پس ضریب ژول تامسون صفر است.
۷۰. پاسخ ۱ صحیح است.
۷۱. پاسخ ۱ صحیح است.
۷۲. پاسخ ۳ صحیح است. نیروگاههای گازی از چرخه برایتون استفاده می کند که به دلیل انرژی بالا در دمای بالا و فشار بالا بازدهی بیشتری دارد.
۷۳. پاسخ ۴ صحیح است.
۷۴. پاسخ ۱ صحیح است.

## ترمودینامیک

۱- گاز ایده‌آلی در دمای  $45^{\circ}\text{C}$  با سرعت  $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  وارد یک شیبپور عایق‌کاری شده، می‌شود و در دمای  $^{\circ}\text{C}$  آن را ترک می‌کند. سرعت گاز

خروجی چند متر بر ثانیه است؟ ( $C_p = 1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$ )

(۱) ۳۰ (۲) ۱۰۰ (۳) ۲۰۰ (۴) ۳۰۰

۲- کدام یک از خواص زیر متمرکز یا شدتی (Intensive) هستند؟

(۱) انرژی داخلی (۲) دما (۳) فشار (۴) گزینه‌های ۲ و ۳

۳- کدام عبارت صحیح نمی‌باشد؟

(۱) تنها در فرایندهای برگشت‌پذیر کار انجام شده معادل سطح زیر نمودار P-V است.  
(۲) برای انجام کار کافی است بر مرز سیستم نیروی خارجی اثر کند و مرز سیستم حرکت کند.  
(۳) آنتالپی سیال در فرایند اختناق ثابت نمی‌ماند.

(۴) برای یک سیستم بسته در فرایند پلی‌تروپیک در گاز ایده‌آل و همراه با انتقال گرما داریم  $q = \frac{k-n}{1-n} C_v \Delta T$  (ثابت  $p v^n =$  فرایند برگشت‌پذیر مکانیکی است).

۴- فرایند تراکم برگشت‌پذیر گازی در داخل سیلندر و پیستون در فشار ثابت مفروض است. مقدار انتقال حرارت بر واحد جرم به شرطی که گاز

داخل سیلندر ایده‌آل باشد، کدام است؟ ( $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ )

(۱)  $q = \frac{kR}{2(1-\gamma)} (T_2 - T_1)$  (۲)  $q = \frac{R}{2(1-\gamma)} (T_2 - T_1)$  (۳)  $q = \frac{\gamma R}{\gamma - 1} (T_2 - T_1)$  (۴)  $q = \frac{R}{\gamma - 1} (T_2 - T_1)$

۵- برای یک گاز واقعی در فشارهای بسیار کم، کدام مورد درباره گرمای ویژه در فشار ثابت صحیح نیست؟

(۱) با افزایش تعداد اتم‌های مولکول گاز، وابستگی  $C_D$  به دما بیشتر خواهد شد.

(۲)  $C_p$  گازهای تک اتمی تقریباً ثابت است

(۳) برای گازهای با تعداد اتم یکسان،  $C_D$  مستقل از جرم مولکولی گاز است.

(۴)  $C_D$  گازهای چند اتمی با افزایش دما، افزایش می‌یابد.

۶- کدام مورد صحیح است؟

(۱) از مزایای چند مرحله‌ای ساختن کمپرسور، نزدیک کردن کار، به کار ایزوترمال است.

(۲) برای یک کمپرسور چند مرحله‌ای داریم:  $P_1 = C_R^n P_e$

(۳) با افزایش مراحل کمپرسور، حجم دستگاه افزایش می‌یابد.

(۴) در یک کمپرسور دو مرحله‌ای برای یافتن فشار میانی به شرطی که کل کار معرفی حداقل شود، داریم  $P_1 = \sqrt[n]{P_1 P_e}$

۷- برای یک گاز ایده‌آل،  $C_p = aT + R$  می‌باشد. شیب نمودار T-S در حجم ثابت، کدام گزینه می‌باشد؟

(۱)  $\frac{R}{a}$  (۲)  $\frac{a}{R}$  (۳)  $\frac{C_v}{R}$  (۴)  $\frac{1}{a}$

۸- شیر متصل به یک مخزن خالی را باز می‌کنیم تا سیال وارد مخزن شود. پس از برابر شدن فشار داخل مخزن و فشار خط لوله، شیر را می‌بندیم. در صورتی که دمای سیال داخل مخزن، دو برابر دمای سیال داخل لوله باشد و بازگشت‌ناپذیری صفر باشد، حرارت منتقل شده چقدر خواهد بود؟

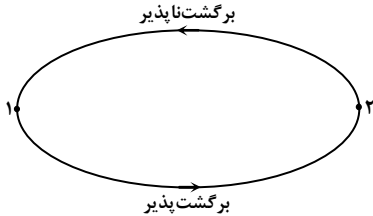
( $C_p = 1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$ ,  $T_0 = 300\text{K}$ )

(۱)  $210 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$  (۲)  $-210 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$  (۳)  $600 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$  (۴)  $-600 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

۹- در صورتی که دما و فشار یک گاز ایده آل هر دو  $m$  برابر شوند، تغییر آنتروپی چقدر است؟ ( $C_{V_0} = R$ )

(۱)  $-R \ln m$  (۲)  $R \ln m$  (۳)  $R \ln m$  (۴)  $2R \ln m$

۱۰- سیستمی به صورت هم‌دما و برگشت‌پذیر در دمای  $127^\circ \text{C}$  از نقطه یک به دو می‌رسد، به طوری که در طی این فرآیند  $1000 \text{ kJ}$  گرما دریافت می‌کند. چنانچه در مسیر برگشت از حالت ثانویه به اولیه، سیستم به صورت برگشت‌ناپذیر عمل کند، در مورد تغییر آنتروپی مسیر برگشت کدام گزینه صحیح است؟



(۱)  $\Delta S = -\int_1^2 \frac{dQ}{T}$  مسیر برگشت

(۲)  $\Delta S < \int_2^1 \frac{dQ}{T}$  مسیر برگشت

(۳)  $\Delta S = 2/\Delta \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$  مسیر برگشت

(۴) نمی‌توان اظهار نظر کرد چون فرآیند برگشت‌ناپذیر است.

۱۱- یک سیستم در یک فرآیند برگشت‌پذیر بین دو نقطه ۱ و ۲ جابجا می‌شود؛ (مسیر I). این سیستم بین همان دو نقطه به شکل برگشت‌ناپذیر جابجا می‌شود؛ (مسیر II). کدام یک از روابط زیر در مورد تغییر آنتروپی این دو مسیر درست می‌باشد؟

(۱)  $\Delta S_I > \Delta S_{II}$  (۲)  $\Delta S_I < \Delta S_{II}$  (۳)  $\Delta S_I + \Delta S_{II} = 0$  (۴)  $\Delta S_I = \Delta S_{II}$

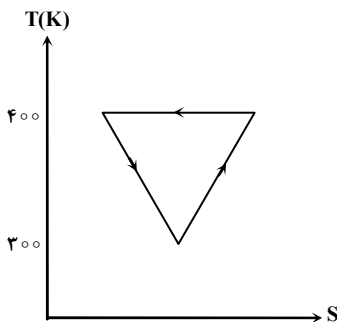
۱۲- ضریب عملکرد برای سیکل تبریدی در شکل زیر چقدر است؟

(۱)  $\beta = 3$

(۲)  $\beta = 7$

(۳)  $\beta = 1/7$

(۴) چون مقدار  $\Delta S$  مشخص نیست، محاسبه  $\beta$  امکان‌پذیر نمی‌باشد.



۱۳- به چه دلیل در صنعت نفت و گاز، کمپرسورها را چند مرحله‌ای می‌سازند؟

- (۱) نزدیک کردن فرآیند تراکم به فرآیند ایزوترم  
(۲) افزایش راندمان کمپرسور به دلیل افزایش کار تولیدی  
(۳) کاهش دمای خروجی  
(۴) همه موارد

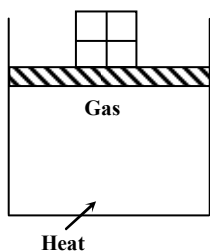
۱۴- یک جسم فلزی به جرم  $5 \text{ kg}$  و دمای اولیه  $327^\circ \text{C}$  در محیطی به دمای  $27^\circ \text{C}$  خنک می‌شود. اگر ظرفیت گرمایی قطعه فلزی  $5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}}$

باشد، تغییرات آنتروپی سیستم و محیط چقدر است؟

(۱)  $\Delta S = -175 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$  (۲)  $\Delta S = 250 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$  (۳)  $\Delta S = 75 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$  (۴)  $\Delta S = 425 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$

۱۵- سیستم شکل زیر را در نظر بگیرید که دارای حجم اولیه  $4 \text{ m}^3$  و فشار  $200 \text{ kPa}$  می‌باشد. به گاز ایده آل زیر پیستون داده می‌شود تا به

حجم نهایی  $1 \text{ m}^3$  برسد. اگر در حین حرارت دادن به سیستم، وزنه‌ها به شکلی برداشته شوند که  $PV^{1/3} = \text{Cte}$  باشد تا به حجم نهایی مورد نظر برسیم، مقدار کار انبساطی تولید شده چقدر است؟



(۱)  $10/2 \text{ kJ}$

(۲)  $6/4 \text{ kJ}$

(۳)  $7/3 \text{ kJ}$

(۴)  $4/3 \text{ kJ}$

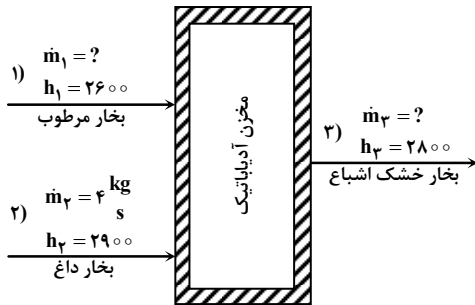
۱۶- آنتروپی گازی از رابطه  $S = P^{\gamma} + PT$  پیروی می کند.  $\left(\frac{\partial A}{\partial T}\right)_P$  برابر کدام گزینه است؟

(۱)  $-3P^{\gamma} - 2PT$  (۲)  $3P^{\gamma} + 2PT$  (۳)  $-P^{\gamma}$  (۴)  $P^{\gamma}$

۱۷- اگر معادله حالت گازی از رابطه  $Z = 1 + B'P$  تبعیت کند، کار تحول ایزوترمال برگشت پذیر است. واحد جرم کدام است؟

(۱)  $RTL \ln \frac{V_2}{V_1}$  (۲)  $RTB'PL \ln \frac{V_2}{V_1}$  (۳)  $RTB'PL \ln \frac{P_1}{P_2}$  (۴)  $RTL \ln \frac{P_1}{P_2}$

۱۸- جریانی از بخار داغ با شدت  $4 \frac{kg}{s}$  و جریان دیگری از بخار مرطوب وارد یک مخزن اختلاط آدیاباتیک شده و جریان بخار آب خشک از مخلوط کننده خارج می شود. شدت جرمی جریان بخار مرطوب و بخار آب خشک اشباع به ترتیب چقدر خواهد بود؟



(۱)  $\dot{m}_3 = 4 \frac{kg}{s}$  و  $\dot{m}_1 = 2 \frac{kg}{s}$

(۲)  $\dot{m}_3 = 10 \frac{kg}{s}$  و  $\dot{m}_1 = 6 \frac{kg}{s}$

(۳)  $\dot{m}_3 = 8 \frac{kg}{s}$  و  $\dot{m}_1 = 4 \frac{kg}{s}$

(۴)  $\dot{m}_3 = 6 \frac{kg}{s}$  و  $\dot{m}_1 = 2 \frac{kg}{s}$

۱۹- کدام عبارت در مورد یک ماشین گرمایی (Heat Engine) برگشت پذیر، طبق اصل کارنو (Carnot) صحیح می باشد؟

(۱) نوع سیال به کار رفته بر راندمان ماشین مؤثر است.

(۲) راندمان به نوع سیال به کار رفته بستگی نداشته و فقط تابع دمای دو منبع گرم و سرد می باشد.

(۳) استفاده از بخار داغ نسبت به سیالات دیگر ارجحیت دارد.

(۴) با کاهش تلفات انرژی می توان راندمان را به ۱۰۰ درصد نزدیک کرد.

۲۰- چه وقت از رابطه  $dh = C_p dT$  در محاسبه تغییرات آنتالپی می توان استفاده نمود؟

(۲) در فرآیندهای حجم ثابت و گاز ایده آل

(۱) در فرآیندهای فشار ثابت و گاز ایده آل

(۴) در فرآیندهای حجم ثابت و سیالات تراکم ناپذیر

(۳) در فرآیندهای فشار ثابت و سیالات تراکم ناپذیر

## ترمودینامیک

۱ - گزینه «۴»

این سؤال قانون اول ترمودینامیک را برای فرآیندهای جاری در حالت فرآیند حالت پایدار - جریان پایدار یعنی - (SSSF) Steady State مطرح می‌کند. سیستم‌های SSSF سیستم‌هایی هستند که در آنها هم جرم ورودی داریم و هم جرم خروجی ولی تغییرات جرم درون سیستم با زمان مشاهده نمی‌شود. در این حالت به جای انرژی داخلی در قانون اول سیستم‌های بسته، آنتالپی قرار می‌گیرد. به عبارت دیگر در سیستم‌های SSSF شرایط در تمام نقاط نسبت به زمان ثابت است.

$$q + \sum \dot{m}_i \left( h_i + \frac{V_i^2}{2} + gZ_i \right) = W + \sum \dot{m}_e \left( h_e + \frac{V_e^2}{2} + gZ_e \right)$$

i جریان ورودی / e جریان خروجی

$$\sum \dot{m}_i = \sum \dot{m}_e \quad \text{معادله پیوستگی}$$

در این مسأله:

۱)  $q = 0$

۲)  $W = 0$

۳)  $\dot{m}_e = \dot{m}_i \Rightarrow m_e = m_i = m$  چون فقط یک جریان ورودی و یک جریان خروجی داریم.

۴)  $Z_e = Z_i \rightarrow$  اختلاف ارتفاع نداریم.

$$\Rightarrow h_i + \frac{V_i^2}{2} = h_e + \frac{V_e^2}{2} \Rightarrow \frac{V_e^2}{2} = (h_i - h_e) + \frac{V_i^2}{2} \Rightarrow V_e^2 = 2C_p(T_i - T_e) + V_i^2$$

$$\Rightarrow V_e^2 = 2 \times 1000 \times (45 - 0) + (10)^2 \Rightarrow V_e = 300 \frac{m}{s}$$

نکات:

۱- واحد  $C_D$  حتماً باید  $\frac{J}{kg.K}$  باشد.

۲- در گاز ایده آل  $\Delta H = C_p \Delta T$

۳-  $\Delta T)_K = \Delta T)_C$

۴-  $\Delta$  بیانگر اختلاف خروجی با ورودی برای هر کمیت است.

\* قانون اول ترمودینامیک درباره سیستم‌های SSSF و USUF بسیار مهم است.

۲- گزینه «۴»

برخی از مفاهیم اساسی ترمودینامیکی عبارتند از: خاصیت (متمركز - غیرمتمركز)، توابع حالت، توابع مسیر که در این سؤال به مفهوم خاصیت پرداخته شده است.

خاصیت

هرگونه مشخصه قابل مشاهده یا قابل اندازه‌گیری یک سیستم را خاصیت آن می‌گوییم. مثلاً برای یک سیستم ترمودینامیکی،  $\rho, P, T$  و ... خاصیت‌های آن محسوب می‌شوند. در ترمودینامیک دو نوع خاصیت داریم:

۱- خاصیت متمركز یا شدتی (Intensive): خواص متمركز مستقل از مقدار ماده است. مثل: دما، فشار، حجم ویژه، انرژی داخلی ویژه

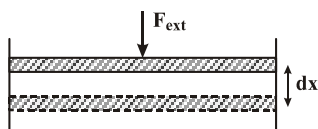
۲- خاصیت غیرمتمركز یا مقداری (Extensive): خواص غیرمتمركز بستگی به مقدار ماده دارد. مثل: حجم، جرم، انرژی داخلی، آنتالپی

نکات

۱- انرژی داخلی ویژه  $\leftarrow$  Intensive

۲- انرژی داخلی  $\leftarrow$  Extensive (انرژی مولکول‌های سازنده ماده)

۳- گزینه «۳»



$$\left. \begin{aligned} w &= \int F_{ext} \cdot dt \\ P_{ext} &= \frac{F_{ext}}{A} \end{aligned} \right\} \Rightarrow w = \int P_{ext} A dx$$

مطابق متن درس داریم:

که  $A$  سطح پیستون و  $dx$  میزان جابجایی مرز سیستم می‌باشد.

$P_{ext}$  فشار مطلق خارجی و همواره مثبت است و تنها در فرایند شبه تعادلی معادل فشار گاز داخل است. بنابراین می‌توان نوشت  $w = \int P dv$

بنابراین گزینه‌های ۱ و ۲ صحیح هستند. در فرایند اختناق  $h_i = h_e$  بوده و این به معنی ثابت بودن آنتالپی است.

برای یک سیستم بسته در فرایند پلی تروپیک همراه با انتقال گرما داریم:

$$w = \frac{R(T_f - T_i)}{1-n} = \frac{P_f V_f - P_i V_i}{1-n} = \frac{k-1}{1-n} \Delta u, n \neq 1, \Delta u = q - w \Rightarrow$$

$$q = \Delta u \left( \frac{k-1}{1-n} + \frac{1-n}{1-n} \right) \Rightarrow q = \frac{k-n}{1-n} C_v \Delta T$$

۴- گزینه «۳»

پنج فرآیند مهم برای گاز ایده آل عبارتند از:

۱- فرآیند حجم ثابت (ایزومتر)

۲- فرآیند فشار ثابت (ایزوبار)

۳- فرآیند هم دما (ایزوترم)

۴- فرآیند آدیاباتیک

۵- فرآیند پلی تروپیک

به دلیل آن که انرژی داخلی یک گاز ایده آل فقط تابعی از دماست لذا آنتالپی و ظرفیت گرمایی در فشار ثابت نیز فقط تابعی از دما می باشد.

$$Q = \Delta H = n \int C_p dT \quad (n \text{ تعداد مول ها})$$

بنابراین در فرآیندهای فشار متغیر، تغییر آنتالپی دیگر برابر Q نخواهد بود.

از طرفی در یک فرآیند برگشت پذیر و فشار ثابت (چه انبساط و چه تراکم) کار برابر است با:

$$W = \int_{V_i}^{V_f} P dV = P(V_f - V_i)$$

$$\Delta u = Q - W \Rightarrow Q = (u_f - u_i) + P(V_f - V_i)$$

$$\left. \begin{aligned} Q &= C_p \Delta T = C_p (T_f - T_i) \\ C_p &= \frac{R\gamma}{\gamma-1} \end{aligned} \right\} \Rightarrow Q = \frac{R\gamma}{\gamma-1} (T_f - T_i)$$

نکته: کاربرد در کنکور

می دانیم:

$$\left\{ \begin{aligned} C_p - C_v &= R \\ \frac{C_p}{C_v} &= \gamma \end{aligned} \right. \xrightarrow{\text{دو معادله دو مجهول}} C_p = \frac{R\gamma}{\gamma-1} \text{ و } C_v = \frac{R}{\gamma-1}$$

چون گاز ایده آل است رابطه  $C_p - C_v = R$  برقرار است ولی اگر این رابطه برقرار بود لزوماً گاز ایده آل نیست.

#### ۵ - گزینه «۳»

دو نوع ظرفیت گرمایی داریم:

۱- ظرفیت گرمایی در حجم ثابت  $C_V$

۲- ظرفیت گرمایی در فشار ثابت  $C_P$

مقدار گرمایی که برای ایجاد یک تغییر حالت مشخص در یک سیستم باید اضافه شود بستگی به چگونگی انجام فرآیند دارد. تنها برای یک فرآیند برگشت پذیر با مسیر مشخص ممکن است این مقدار گرما با یک خاصیت سیستم مرتبط شود.

گزینه ۱ درست ← با افزایش جرم مولکولی گاز، وابستگی  $C_P$  به دما افزایش می یابد.

گزینه ۲ درست ← یک گاز یک اتمی مثل  $Ne-Ar-He$  که از اتم های منفرد تشکیل می شود فاقد انرژی ارتعاشی است و لذا تغییرات ظرفیت گرمایی در محدوده وسیعی از درجه حرارت ناچیز است.

گزینه ۴ درست ← یک گاز دو اتمی مثل  $O_2-H_2$  یک مدار ارتعاشی دارد و میزان ظرفیت گرمایی آن نسبت به درجه حرارت افزایش خواهد یافت. در یک گاز چند اتمی مثل  $H_2O-CO_2$  افزایش ظرفیت گرمایی نسبت به درجه حرارت بیشتر خواهد شد و این ناشی از مدارهای ارتعاشی اضافی مولکول های چند اتمی است.

\* مفروضات دانشجوی و تشخیص درست مفاهیم و افعال به کار رفته در گزینه ها باعث انتخاب صحیح گزینه درست می شود.

#### ۶ - گزینه «۱»

مطابق متن درس داریم:

از مزایای چند مرحله ای ساختن کمپرسور عبارتند از:

(۱) نزدیک کردن کار به کار ایزوترمال

(۲) حداقل کردن کار مصرفی

(۳) کم کردن هزینه خرید

(۴) بالا بردن راندمان کمپرسور

همچنین فشار میانی به شرط حداقل شدن کل کار برابر ریشه دوم حاصلضرب فشار اولیه و نهایی بوده و نیز رابطه میان فشار اولیه و نهایی با نسبت

$$\text{تراکم } (C_R) \text{ مطابق } C_R^n = \frac{P_c}{P} \text{ است.}$$



## ۷- گزینه «۴»

محاسبه تغییرات آنتروپی در ۲ حالت:

$$۱) S = S(T, P) \rightarrow dS = \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_P dT + \left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T dP, dh = TdS + VdP$$

$$\left(\frac{\partial h}{\partial T}\right)_P = T\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_P + \circ \Rightarrow \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_P = \frac{C_P}{T}$$

شیب خط مماس بر منحنی S-T روی خط فشار ثابت برابر است با  $\frac{C_P}{T}$ .

$$\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T = -\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P \Rightarrow dS = \frac{C_P}{T} dT - \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P dP$$

$$۲) S = S(T, V) \rightarrow dS = \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_V dT + \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T dV, du = TdS - PdV$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_V = T\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_V + \circ \Rightarrow \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_V = \frac{C_V}{T}$$

شیب خط مماس بر منحنی S-T روی خط حجم ثابت برابر است با  $\frac{C_V}{T}$ .

$$\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V \Rightarrow \begin{cases} dS = \frac{C_V}{T} dT + \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V dV \xrightarrow{\text{ثابت } V} \left(\frac{\partial T}{\partial S}\right)_V = \frac{T}{C_V} \\ C_P - C_V = R \\ C_P = aT + R \end{cases} \Rightarrow C_V = aT \Rightarrow \left(\frac{\partial T}{\partial S}\right)_V = \frac{T}{aT} = \frac{1}{a}$$

$\left(\frac{\partial T}{\partial S}\right)_V$ : شیب نمودار T-S در حجم ثابت می باشد.

\* در ذهن داشتن روابط ماکسول برای آنتروپی و تعریف درست مفاهیم که براساس آن مشتق گیری صحیح انجام شود نکته اصلی این سؤال می باشد چرا که در صورت عدم به یاد داشتن روابط ماکسول، دانشجو باید قادر باشد در مدت زمان محدود این روابط را اثبات کرده و بدست آورد.

## ۸- گزینه «۱»

فرآیند حالت یکنواخت - جریان یکنواخت (Uniform State - Uniform Flow) در فرآیندهای USUF می توانیم هم ورود و هم خروج جرم را داشته باشیم و در ضمن درون سیستم هم تغییرات جرم با زمان مشاهده می شود. در این فرآیند حتی می توانیم ورود یا خروج جرم را به تنهایی داشته باشیم. فرض های اصلی در این فرآیند عبارتند از:

۱- حالت جرم در حجم کنترل می تواند در طول زمان تغییر یابد ولی در هر لحظه حالت در تمامی حجم کنترل به صورت یکنواخت می باشد.

۲- حالت جرم عبورکننده از هر ناحیه روی سطح کنترل در طول زمان ثابت است اگرچه ممکن است دبی جرمی نسبت به زمان تغییر کند.

$$I = T_o (\sum m_e S_e - \sum m_i S_i + m_r S_r - m_l S_l) - \dot{Q}_{C.V}$$

در یک فرآیند USUF بازگشت ناپذیری برابر است با:

در این مسأله یک جریان ورودی داریم و خروجی نداریم. در ابتدا نیز مخزن خالی بوده است.

$$m_e = \circ, m_l = \circ, m_r = m_i \Rightarrow I = T_o (S_r - S_i) - Q_{C.V}$$

$$\Rightarrow S_r - S_i = C_P \ln \frac{T_r}{T_i}$$

$$I = C_P T_o \ln \frac{T_r}{T_i} - Q_{C.V} \xrightarrow{I=\circ} Q_{C.V} = 1 \times 3 \times 10^3 \times \ln 2 = 210 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

حرارت انتقال یافته

\* دقت دانشجو در محاسبه و مفهوم + یا - بودن حرارت انتقال یافته یا حرارت ورودی به سیستم و رعایت دیمانسیون پارامترها نکته مهم در این تست می باشد.

۹- گزینه «۳»

در سؤال شماره ۵۲ روابط  $dS$  را اثبات کردیم:

$$\left\{ \begin{array}{l} dS = \frac{C_P}{T} dT - \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P dP \\ dS = \frac{C_V}{T} dT + \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V dV \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{اگر گاز ایده‌آل باشد}} V = \frac{RT}{P} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} dS = \frac{C_P}{T} dT - \frac{R}{P} dP \\ dS = \frac{C_V}{T} dT + \frac{R}{V} dV \end{array} \right.$$

نکته: تغییر آنتروپی گاز ایده‌آل در یک فرآیند ایزوثرم به جنس گاز بستگی ندارد، چون:

$$T_1 = T_2 \Rightarrow \ln \frac{T_2}{T_1} = 0$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta S = C_P \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1} \\ \Delta S = C_V \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{V_2}{V_1} \end{array} \right.$$

در این مسأله:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta S = C_{P_0} \ln \frac{T_2}{T_1} - R \ln \frac{P_2}{P_1} \\ C_{P_0} - C_{V_0} = R \xrightarrow{C_{V_0}=R} \begin{array}{l} C_{P_0} = 2R \\ P_2 = mP_1 \end{array} \end{array} \right\} \Rightarrow \Delta S = 2R \ln m - R \ln m \Rightarrow \Delta S = R \ln m$$

۱۰- گزینه «۱»

بهترین بیان از قانون دوم ترمودینامیک: اصل افزایش آنتروپی برای سیستم بسته / فرآیندهایی قابل انجام هستند که مجموع تغییرات آنتروپی سیستم و محیط بزرگتر یا مساوی صفر باشد. این اصل را اصل افزایش آنتروپی می‌نامیم یعنی یک فرآیند همواره در جهتی شکل می‌گیرد که مجموع تغییرات آنتروپی سیستم و محیط بزرگتر مساوی صفر باشد.

فرض:  $(T_o > T)$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta S_{\text{sys}} \geq \frac{Q}{T} \\ \Delta S_{\text{surr}} = -\frac{Q}{T_o} \text{ به محیط گرما داده شده} \end{array} \right\} \Rightarrow \Delta S_{\text{sys}} + \Delta S_{\text{surr}} \geq Q \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_o} \right) \Rightarrow \Delta S_{\text{sys}} + \Delta S_{\text{surr}} \geq 0$$

مساوی ← برگشت‌پذیر

بزرگ‌تر ← برگشت‌ناپذیر

در این مسأله:

$$\Delta S (\text{کل}) = \Delta S (\text{رفت}) + \Delta S (\text{برگشت}) = 0$$

$$\Delta S (\text{رفت}) = -\Delta S (\text{برگشت}) \Rightarrow \Delta S (\text{برگشت}) = -\int_1^2 \frac{dQ}{T} = \frac{-1000}{400} = -2.5 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$$

$$(T = 127 + 273 = 400^\circ \text{K})$$

و چون مسیر برگشت، بازگشتناپذیر است، پس:  $\Delta S > \int_2^1 \frac{dQ}{T}$ . به عبارت روشن‌تر تغییر آنتروپی از حالت ۲ به حالت ۱، بزرگتر از میزان انتگرال

$\frac{dQ}{T}$  از نقطه ۲ به ۱ است، چرا که فرآیند ۲ به ۱ بازگشتناپذیر است. از آنجایی که سیال یک چرخه را طی می‌کند (از ۱ به ۲ و از ۲ به ۱) و تغییر آنتروپی در یک چرخه صفر است (چرا که آنتروپی تابع حالت است و حالات ابتدایی و نهایی در چرخه یکسان است)؛ پس باید تغییر آنتروپی در مسیر برگشت از لحاظ اندازه برابر تغییر آنتروپی مسیر رفت باشد ولی از لحاظ جهت مخالف آن باشد.

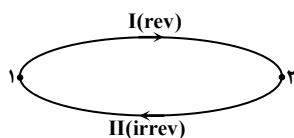
\* مفهوم  $\Delta S_{\text{SUS}}$  و  $\Delta S_{\text{SURT}}$  و کران‌های بالا و پایین انتگرال که تغییر در آنها منجر به تغییر در علامت مقدار بدست آمده می‌شود، هدف اصلی این تست است.

#### ۱۱- گزینه «۴»

گزینه ۱ و ۳ اصلاً نمیتوانند درست باشند چون تغییر آنتروپی یک فرآیند برگشتناپذیر در مقایسه با فرآیند برگشت‌پذیر بیشتر است، پس احتمالاً گزینه ۲ درست خواهد بود اما باید دقت کرد که گزینه ۲ هم غلط است. چون در این مسأله حالت اولیه و ثانویه عین هم می‌باشد. (برعکس مسأله سیلندر و پیستون که حالت اولیه یکسان است ولی حالت ثانویه یکسان نیست و در آن مسأله گزینه ۲ درست است).

**نکته مهم در مفهوم  $\Delta S$ :**

این جمله که می‌گویند  $\Delta S$  مسیر بازگشتناپذیر از  $\Delta S$  مسیر بازگشت‌پذیر بیشتر است فقط در صورتی درست است که نقطه شروع و پایان دو فرآیند یکسان نباشد که در این صورت فرآیند بازگشتناپذیر آنتروپی را افزایش می‌دهد.



شرایط ثانویه یکسان نباشد  $\Delta S_{\text{I}} < \Delta S_{\text{II}}$  گزینه ۲.

شرایط ثانویه یکسان باشد  $\Delta S_{\text{I}} = \Delta S_{\text{II}}$  گزینه ۴.

## ۱۲- گزینه «۲»

منحنی T-S در سیکل تبریدی کارنو:

- ۱- سیکل‌های توانی ← گرمایش تولید می‌کنند ← در جهت عقربه‌های ساعت
  - ۲- سیکل‌های تبریدی ← سرمایش تولید می‌کنند ← در خلاف جهت عقربه‌های ساعت
- نکته مهم در محاسبات:

$$Q_L = W_C - Q_H = \text{اختلاف دو مساحت‌ها} \left\{ \begin{array}{l} W_C = \text{مساحت سیکل بسته} \\ Q_H = \text{بزرگ‌ترین مساحت زیر نمودار} \end{array} \right.$$

$$\beta = \frac{Q_L}{W_C} = \frac{Q_L}{Q_H - Q_L} = \frac{T_L}{T_H - T_L} \rightarrow \text{برای سیکل کارنو}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{ارتفاع} \times \text{عرض} = \Delta S \times (400 - 300) = 50 \Delta S \\ \text{مساحت مثلث متساوی‌الاضلاع} = W_C = \frac{2}{2} = 50 \Delta S \\ Q_H = \text{مساحت مستطیل} = \text{بزرگ‌ترین مساحت زیر نمودار} = 400 \times \Delta S \end{array} \right\} \Rightarrow Q_L = Q_H - W_C = 50 \Delta S - 400 \Delta S$$

$$\Rightarrow Q_L = -350 \Delta S$$

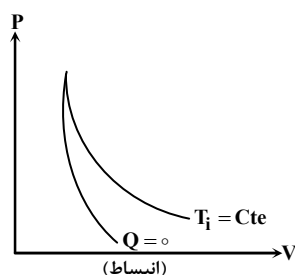
$$\beta = \frac{-350 \Delta S}{50 \Delta S} = -7 \Rightarrow |\beta| = |-7| = 7$$

توجه: این نوع سؤالات بیشتر در مهندسی مکانیک مطرح می‌شود البته تعریف دقیق  $Q_H$ ,  $W_C$  و  $Q_L$  در علامت و مقدار درست جواب بدست آمده بی‌تأثیر نیست.

## ۱۳- گزینه «۴»

چرا کمپرسورها را چند مرحله‌ای می‌سازیم؟

- ۱- با چند مرحله‌ای ساختن کمپرسورها می‌خواهیم فرآیند تراکم را به فرآیند ایزوثرم نزدیک کنیم چون فرآیندهای تراکم ایزوثرم کار مصرفی کمتری در مقایسه با آدیاباتیک مصرف و کار تولیدی بیشتری، تولید می‌کنند.
- ۲- افزایش راندمان کمپرسور به دلیل کم شدن کار مصرفی
- ۳- کاهش هزینه خرید دستگاه
- ۴- کاهش حجم دستگاه مورد نیاز
- ۵- کاهش دمای خروجی



نکته

برای توربین‌ها نیز قوانین فوق برقرار است فقط در توربین، گازها منبسط می‌شوند و همچنین بین مراحل از گرم‌کن استفاده می‌کنیم. زیرا در اثر انبساط دما کاهش یافته و لذا در هر مرحله باید گاز را تا دمای ورودی ( $T_i$ ) آن گرم کنیم. در حالی که در اثر تراکم در کمپرسورها دما افزایش یافته و لذا در هر مرحله باید گاز را تا دمای ورودی آن ( $T_i$ ) سرد کنیم.

\* تفاوت بین فرآیندهای متداول گازی که در توربین و کمپرسور و نحوه عملیات فرآیندی آنها تأثیرگذار است باید در پاسخ این سؤال در نظر گرفته شود.

#### ۱۴- گزینه «۳»

محاسبه تغییر آنتروپی مایعات و جامدات

۱- برای مایعات و جامدات تغییرات حجم در مقابل دما بسیار ناچیز است.

۲- برای مایعات و جامدات،  $C_p$  و  $C_v$  تقریباً با هم برابر هستند

نتیجه دو عامل بالا برابر است با: ظرفیت گرمایی  $C_p = C_v = C$

$$\left. \begin{aligned} ds &= C_p \frac{dT}{T} - \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p dp \\ ۱) \Rightarrow \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p &= 0 \\ ۲) \Rightarrow C_p &\approx C_v = C \end{aligned} \right\} \Rightarrow dS = C \frac{dT}{T} \Rightarrow \Delta S = CLn \frac{T_2}{T_1} \left( \frac{kJ}{kg \cdot K} \right)$$

(تغییرات آنتروپی به ازای واحد جرم)

$$\Delta S = mCLn \frac{T_2}{T_1} \left( \frac{kJ}{K} \right)$$

$\Rightarrow$  تغییرات آنتروپی به ازای جرم  $m$  کیلوگرم

در این مسأله:

چون محیط خیلی از سیستم بزرگتر است در نتیجه هر چقدر سیستم به محیط گرما دهد، دما به محیط برمیگردد ولی دمای محیط تغییر نخواهد کرد. (کره داغ در دریا دمای آب را تغییر نمی‌دهد).

$$m = 50 \text{ kg} \quad T_1 = 327^\circ \text{C} \quad T_2 = 27^\circ \text{C} \quad C = 5 \frac{kJ}{kg \cdot K}$$

نکته: دما باید مطلق باشد (بر حسب  $K$ ).

$$\Delta S_{sys} = mCLn \frac{T_2}{T_1} = 50 \text{ kg} \times 5 \frac{kJ}{kg \cdot K} Ln \frac{27 + 273}{327 + 273}$$

$$\Delta S_{sys} = 250 Ln 0.08 = 250 (-0.9) \Rightarrow \Delta S_{sys} = -175 \frac{kJ}{K}$$

میزان حرارتی که جسم فلزی از دست می‌دهد توسط محیط جذب می‌شود.

$$Q = mC\Delta T = 50 \text{ kg} \times 5 \frac{kJ}{kg \cdot K} (27 - 327) = 250 (-300) kJ$$

این  $Q$  به محیط داده می‌شود لذا علامت  $(-)$  دارد به طوری که محیط این گرما را از سیستم می‌گیرد لذا در محیط  $Q$  مثبت خواهد بود.

$$\Delta S_{محیط} = \frac{Q}{T_o} = \frac{+250 \times 300}{27 + 273} = +250 \frac{kJ}{K}$$

مجموع تغییرات آنتروپی سیستم و محیط را تغییر خالص آنتروپی یا تولید آنتروپی می‌نامیم:

$$\Delta S_{net} = S_G (\text{Entropy Generation}) = \Delta S_{sys} + \Delta S_{surr} = 250 - 175 = +75 \frac{kJ}{K}$$

$$S_G > 0 \text{ فرآیند برگشتناپذیر}$$

$$S_G = 0 \text{ فرآیند برگشت پذیر}$$

نکته: همواره  $S_G \geq 0$

$$PV^n = Cte = C$$

$$W = \int_1^2 PdV = \int_1^2 CV^{-n} dV = C \frac{V^{-n+1}}{-n+1} \Big|_1^2 = C \left( \frac{V_2^{1-n} - V_1^{1-n}}{1-n} \right) = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{1-n} = \frac{P_1 V_1 - P_2 V_2}{n-1}$$

$$\Rightarrow W = \frac{P_1 V_1 - P_2 V_2}{n-1} = \frac{R(T_1 - T_2)}{n-1} \text{ فرآیندهای برگشت پذیر که توأم با انتقال حرارت هستند.}$$

روابط مهم

$$\frac{P_1}{P_2} = \left( \frac{V_2}{V_1} \right)^n \quad \frac{T_2}{T_1} = \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \quad \frac{T_2}{T_1} = \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{n-1}$$

در این مسأله:

$$\frac{P_1}{P_2} = \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^n \Rightarrow P_2 = 200 \left( \frac{0.04}{0.1} \right)^{1/3} = 108.6 \text{ kPa} \Rightarrow W = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{1-n} = \frac{108.6/6 \times 0.1 - 200 \times 0.04}{1 - \frac{1}{3}} \Rightarrow W = 4.29 \text{ kJ}$$

\* روابط P و V و T در فرآیندهای پلی تروپیک بسیار مهم است.

$$dA = -PdV - SdT \Rightarrow \left( \frac{\partial A}{\partial T} \right)_P = -P \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P - S$$

طبق روابط ماکسول:

$$\left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P = - \left( \frac{\partial S}{\partial P} \right)_T \Rightarrow \left( \frac{\partial A}{\partial T} \right)_P = P \frac{\partial S}{\partial P} - S$$

$$\Rightarrow \left( \frac{\partial A}{\partial T} \right)_P = P(TP + T) - (P^T + PT) = P^T$$

کار در فرایند برگشت پذیر مطابق روبرو خواهد بود:

$$\left. \begin{aligned} W &= \int PdV \\ \frac{PV}{RT} &= 1 + B'P \Rightarrow P \left[ \frac{V}{RT} - B' \right] = 1 \end{aligned} \right\} \Rightarrow w = \int \frac{dV}{\frac{V}{RT} - B'}$$

$$W = RT \int \frac{dv}{V - B'RT} \Rightarrow W = RT \ln \frac{V_2 - B'RT}{V_1 - B'RT} \quad (1)$$

$$\frac{PV}{RT} = 1 + B'P \Rightarrow P\left(\frac{V}{RT} - B'\right) = 1 \Rightarrow P = \frac{RT}{V - B'RT} \Rightarrow \begin{cases} P_1 = \frac{RT}{V_1 - B'RT} \\ P_2 = \frac{RT}{V_2 - B'RT} \end{cases} \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2 - B'RT}{V_1 - B'RT} \quad (2)$$

با توجه به (۱) و (۲) داریم:

$$w = RT \ln \frac{P_1}{P_2}$$

۱۸- گزینه «۴»

$$\begin{cases} \dot{m}_1 + \dot{m}_2 = \dot{m}_3 \\ \dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_2 h_2 = \dot{m}_3 h_3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \dot{m}_1 + 4 = \dot{m}_3 \\ (\dot{m}_1 \times 2600) + (4 \times 2900) = (\dot{m}_3 \times 2800) \end{cases}$$

$$\Rightarrow 2600\dot{m}_1 + 11600 = 2800(4 + \dot{m}_1) \Rightarrow -2600\dot{m}_1 + 2800\dot{m}_1 = 11600 - 11200 \Rightarrow 200\dot{m}_1 = 400 \Rightarrow \dot{m}_1 = 2 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$\dot{m}_1 + 4 = \dot{m}_3 \Rightarrow 2 + 4 \Rightarrow \dot{m}_3 = 6 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

نکته تستی: باید رابطه  $\dot{m}_1 + \dot{m}_2 = \dot{m}_3$  در همه گزینه‌ها برقرار باشد که گزینه‌های ۲ و ۳ و ۴ دارای این شرایط هستند و لذا باید حل کامل با دقت انجام شود.

۱۹- گزینه «۲»

چرخه کارنو (Carnot Cycle)

چون چرخه موتور گرمایی کارنو برگشت‌پذیر است، هر فرآیند می‌تواند برگشت‌پذیر باشد که در این حالت موتور می‌تواند یخچال شود. نکته مهم آن است که چرخه کارنو بدون توجه به نوع سیال عامل همواره چهار فرآیند یکسان دارد که این فرآیندها عبارتند از:

- ۱- فرآیند همدمای برگشت‌پذیر که در آن گرما به منبع دما بالا انتقال یافته و یا از آن گرفته می‌شود.
- ۲- فرآیند آدیاباتیک برگشت‌پذیر که در آن دمای سیال عامل از دمای بالا به دمای پایین کاهش می‌یابد.
- ۳- فرآیند آدیاباتیک برگشت‌پذیری که در آن دمای سیال عامل از دمای پایین به دمای بالا افزایش می‌یابد.
- ۴- فرآیند همدمای برگشت‌پذیر که در آن گرما از منبع دما پایین گرفته شده یا به آن انتقال می‌یابد.

$$\text{در سیکل کارنو: } \frac{Q_H}{Q_L} = \frac{T_H}{T_L}$$

$\eta = \eta_c \leftarrow$  سیکل برگشت‌پذیر، ایده‌آل و یا کارنو است.

$\eta > \eta_c \leftarrow$  سیکل غیرممکن است.

$\eta < \eta_c \leftarrow$  سیکل امکان‌پذیر، بازگشت‌ناپذیر و یا واقعی است.

$$\eta = \frac{w}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_L}{Q_H} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H} \Rightarrow \eta_c = 1 - \frac{T_L}{T_H}$$

$$\beta = \frac{Q_L}{W} = \frac{Q_L}{Q_H - Q_L} = \frac{1}{\frac{Q_H}{Q_L} - 1} \Rightarrow \beta_c = \frac{1}{\frac{T_H}{T_L} - 1}$$

#### نکات

- ۱- تحلیل  $\beta$  شبیه  $\eta$  است.
  - ۲- غیرممکن است موتور گرمایی بسازیم که بین دو منبع معلوم عمل کند و کارآمدتر از موتور برگشت پذیری باشد که بین همان دو منبع عمل کند.
  - ۳- تمام موتورهایی که براساس چرخه کارنو بین دو منبع دما ثابت معلوم عمل می کنند، بازده یکسانی دارند.
  - ۴- کارایی سیکل کارنو مستقل از نوع سیال عامل می باشد.
- \* مفهوم و تشخیص سیکل کارنو در کنکور اهمیت زیادی دارد.

#### ۲۰- گزینه «۱»

#### محاسبه تعریف آنتالپی $dh$

$$h = h(T, P) \Rightarrow dh = \left(\frac{\partial h}{\partial T}\right)_P dT + \left(\frac{\partial h}{\partial P}\right)_T dP$$

$C_P$  و  $C_V$  یک ماده تابع مسیر نیست چون آنتالپی و انرژی داخلی تابع مسیر نیستند بلکه تابع حالت طبق تعریف یا نقطه ای هستند.

$$\text{طبق تعریف: } C_P = \left(\frac{\partial h}{\partial T}\right)_P$$

$$dh = TdS + VdP \xrightarrow{\div \partial P} \left(\frac{\partial h}{\partial P}\right)_T = T\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T + V$$

در آزمایشگاه تغییر آنتروپی را نمی توان اندازه گرفت پس باید تغییر حجم را با دما اندازه بگیریم یعنی آنتروپی که یک کمیت غیر قابل اندازه گیری است با سه کمیت  $T$  و  $P$  و  $V$  قابل اندازه گیری محاسبه شود به این ترتیب ۲ رابطه مهم داریم:

$$\begin{cases} \left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T = -\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P \\ \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = -\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V \end{cases} \Rightarrow \left(\frac{\partial h}{\partial P}\right)_T = V - T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P \Rightarrow dh = C_P dT + \left[ V - T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P \right] dP$$

$$۱- \text{در فرآیندهای فشار ثابت } P = Cte \Rightarrow dP = 0 \Rightarrow dh = C_P dT$$

$$۲- \text{در گاز ایده آل } V = \frac{RT}{P} \Rightarrow dh = C_P dT + \left[ V - T \times \frac{R}{P} \right] dP \Rightarrow dh = C_P dT$$