۴۶- ثابت تعادل واکنش تجزیه اکسیژن در دمای $T_۲$ و فشار $۱MPa$ برابر $K=۱(MPa)^{-۱}$ است. درصورتی‌که ۵ مول اکسیژن در داخل یک محفظه را به این دما و فشار برسانیم، چند مول اکسیژن مولکولی در نهایت باقی خواهد ماند؟

$$O_۲ \rightleftarrows ۲O$$

۱) ۰/۴۳ ۲) ۱/۱۳
۳) ۲/۷۶ ۴) ۴/۶۷

پاسخ: گزینه ۳ صحیح است.

	O_2	$2O$
ابتدا	**۵**	**۰**
انتها	$5-\varepsilon$	2ε

$$k=\Pi y_i^{n_i} P^{n_{tot}}$$
$$n_{tot}=۱-۲=-۱$$
$$y_{O_۲}=\frac{۵-\varepsilon}{۵+\varepsilon}$$
$$y_O=\frac{۲\varepsilon}{۵+\varepsilon}.$$
$$k=\frac{\left(\frac{۵-\varepsilon}{۵+\varepsilon}\right)}{\left(\frac{۲\varepsilon}{۵+\varepsilon}\right)^۲}(۱)^{-۱}=۱$$
$$(۵-\varepsilon)(۵+\varepsilon)=۴\varepsilon^۲$$
$$۲۵-\varepsilon^۲=۴\varepsilon^۲ \rightarrow \varepsilon^۲=۵ \rightarrow \varepsilon=\sqrt{۵}=۲/۲۳$$
$$O_۲: ۵-\varepsilon=۲/۷۶$$

ostadsarlak.ir

۴۷- انرژی یک سیستم گازی را می‌توان از رابطه $U = ۳PV + c_۰$ محاسبه کرد. درصورتی‌که سیستم یک فرایند آدیاباتیک را طی کند، رابطه بین فشار و حجم سیستم چگونه است؟

۱) $PV = cte$

۲) $PV^۲ = cte$

۳) $P^۲V^۳ = cte$

۴) $P^۳V^۴ = cte$

پاسخ گزینه ۴ صحیح است

$$Tds - Pdv = du$$
$$-Pdv = ۳Pdv + ۳vdP$$
$$-۴Pdv = ۳vdP$$
$$-۴\frac{dv}{v} = ۳\frac{dP}{P} \rightarrow -\ln v^۴ = \ln P^۳ + C$$
$$\ln P^۳v^۴ = C_۲$$
$$P^۳v^۴ = C_۳$$

ostadsarlak.ir

۴۸- یک مخزن عایق حاوی یک کیلوگرم هوا با حجم $\frac{۱}{۴}\times V_{Total}$ در دمای $T_۱$ و فشار $P_۱$ قرار دارد. غشای بین هوا و قسمت خلأ برداشته می‌شود. میزان انهدام اگزرژی کدام است؟ (حجم کل مخزن V_{Total} و دمای محیط $T_۱$)

هوا	۱	خلأ	۲

۱) $\frac{P_۱V_{Total}}{۳}\ln ۳$

۲) $\frac{P_۱V_{Total}}{۴}\ln ۴$

۳) $\frac{P_۱V_{Total}}{۴}\ln ۳$

۴) $\frac{P_۱V_{Total}}{۳}\ln ۴$

پاسخ گزینه ۲ صحیح است.

$$\Delta s = c_v \ln\frac{T_۲}{T_۱} + R\ln\frac{v_۲}{v_۱} = R\ln ۴$$

$$I = T_۱S_{gen} = RT_۱\ln ۴ = \frac{P_۱V}{۴}\ln ۴$$

ostadsarlak.ir

۴۹- اگر معادلهٔ اویلر در فضای انرژی برابر $U = TS - P\forall + \sum \mu_i N_i$ باشد، معادلهٔ گیبس دُوام (Gibb's-Duhem) در فضای آنتروپی، کدام است؟

۱) $Ud(\frac{1}{T}) + \forall d(\frac{P}{T}) - \sum_i N_i d(\frac{\mu_i}{T}) = 0$

۲) $dS = \frac{dU}{T} + \frac{P}{T}d\forall - \sum_{k=1}^{N} \frac{\mu_k}{T} dN_k$

۳) $S = (\frac{1}{T})U + (\frac{P}{T})\forall - \sum_{k=1}^{N} (\frac{\mu_k}{T})N_k$

۴) $dU = TdS - Pd\forall + \sum_{k=1}^{N} \frac{\mu_k}{T} dN_k$

پاسخ گزینه ۱ صحیح است.

ostadsarlak.ir

۵۰- تولید آنتروپی کل در فرایند تبدیل بخارآب اشباع با دمای ۱۴۷ درجه سلسیوس و دمای محیط ۵۷ درجه سلسیوس به مایع اشباع چند کیلوژول بر کیلوگرم کلوین ($\frac{kJ}{kgK}$) و آیا این فرایند امکان‌پذیر است؟

$$S_{fg} = ۵kJ/kgK \;;\; h_{fg} = ۲۱۴۵kJ/kg$$

۱) ۱/۰ و امکان‌پذیر
۲) ۱/۵− و امکان‌ناپذیر
۳) ۱/۰− و امکان‌ناپذیر
۴) ۱/۵ و امکان‌پذیر

پاسخ گزینه ۴ صحیح است

$$\Delta S_{tot} = \Delta s_{sys} + \Delta s_{sur}$$

$$\Delta S_{tot} = s_{fg} + \frac{h_{fg}}{T} = -۵ + \frac{۲۱۴۵}{۳۳۰} = -۵ + ۶/۵ = ۱/۵$$

ostadsarlak.ir

۵۱- کوره‌ای را در نظر بگیرید که در دمای ثابت $۷۲۷^{\circ}C$ و به‌طور پایا، گرمایی با شدت $۲۰۰۰\,kW$ را منتقل می‌کند. اگر دمای محیط $۲۷^{\circ}C$ باشد، نرخ تبادل اگرژی توسط این انتقال گرما، چند kW است؟

۱) ۶۰۰
۲) ۱۴۰۰
۳) ۲۸۶۰
۴) $۶۶۶۶/۶۷$

پاسخ گزینه ۲ صحیح است.

$$S_g = \frac{-۲۰۰۰}{۱۰۰۰} + \frac{۲۰۰۰}{۳۰۰}$$

$$I = T_{\circ} S_g = ۳۰۰\left[\frac{-۲۰۰۰}{۱۰۰۰} + \frac{۲۰۰۰}{۳۰۰}\right] = ۱۴۰۰$$

ostadsarlak.ir

۵۲- هوا به‌عنوان یک گاز ایده‌آل در مخزنی به حجم V در دمای محیط T_0 و فشار P قرار دارد. با صرف‌نظر کردن از انرژی‌های جنبشی و پتانسیل، کدام رابطه اگرژی هوای موردنظر را ارائه می‌کند؟ (T_0, P_0 به‌ترتیب فشار و دمای محیط هستند.)

۱) $\phi = P_0 V[1 + \frac{P}{P_0} + \frac{P}{P_0}\ln\frac{P}{P_0}]$

۲) $\phi = P_0 V[1 - \frac{P_0}{P} + \frac{P_0}{P}\ln\frac{P}{P_0}]$

۳) $\phi = P_0 V[1 - \frac{P}{P_0} + \frac{P}{P_0}\ln\frac{P}{P_0}]$

۴) $\phi = P_0 V[1 - \frac{P}{P_0} - \frac{P}{P_0}\ln\frac{P}{P_0}]$

پاسخ:گزینه ۳ صحیح است.

$$\varphi = (u - u_0) - T_0(s - s_0) + P_0(v - v_0)$$

$$\xrightarrow{T_1 = T_0} \varphi = -T_0\left(c_p \ln\frac{T_1}{T_0} - R\ln\frac{P}{P_0}\right) + P_0\left(\frac{RT_1}{P} - \frac{RT_0}{P_0}\right)$$

$$\varphi = RT_0\left(\ln\frac{P}{P_0} + \frac{P_0}{P} - 1\right) = PV\left(\ln\frac{P}{P_0} + \frac{P_0}{P} - 1\right) = P_0 V\left(\frac{P}{P_0}\ln\frac{P}{P_0} + 1 - \frac{P}{P_0}\right)$$

ostadsarlak.ir

۵۳- در طی فرایند آدیاباتیک، مجذور فشار یک گاز ایده‌آل با توان پنجم دمای مطلق آن متناسب است. نسبت گرمای ویژه $\frac{C_p}{C_v}$ برای گاز، کدام است؟

۱) $\frac{۵}{۳}$
۲) $\frac{۵}{۴}$
۳) $\frac{۴}{۳}$
۴) $\frac{۳}{۲}$

پاسخ: گزینه صحیح وجود ندارد ولی با عوض کردن فرض میتوان به گزینه ۱ رسید.

$$P = CT^{\frac{۵}{۲}}$$

$$P = NKT\left(\frac{\partial \ln z}{\partial v}\right)_T$$

$$CT^{\frac{۵}{۲}} = NKT\left(\frac{\partial \ln z}{\partial v}\right)_T \rightarrow CT^{\frac{۳}{۲}}V = \ln z$$

با این تابع به جواب طراح نمیرسیم و باید تابع را اصلاح کنیم

$$Z = \frac{۳}{۲}\ln T$$

$$u = RT^{۲}\left(\frac{\partial \ln z}{\partial T}\right) = \frac{۳}{۲}RT$$

$$C_v = \left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_v = \frac{۳}{۲}R$$

$$C_p = R + C_v = \frac{۵}{۲}R$$

$$\frac{C_p}{C_v} = \frac{۵}{۳}$$

ostadsarlak.ir

۵۴- یک مخزن بزرگ کاملاً عایق از یک خط لولهٔ هوا که دما و فشار مطلق آن به‌ترتیب T_i و P_i هستند، پر می‌شود. (تمام خواص خط لوله ثابت است). در لحظه‌ای که گذر جرمی هوای ورودی به مخزن $\dot{m}_i$ است، جرم هوای مخزن m_{cv} و دمای آن T_{cv} است. هوا، گاز آرمانی با C_V و C_P ثابت است. تغییرات دمای مخزن با زمان $(\frac{dT_{cv}}{dt})$ برابر کدام است؟ (از تغییرات انرژی جنبشی و پتانسیل صرف‌نظر کنید.)

۱) $\frac{\dot{m}_i c_v (T_i - T_{cv})}{m_{cv} c_p}$

۲) $\frac{\dot{m}_i c_p (T_i - T_{cv})}{m_{cv} c_v}$

۳) $\frac{\dot{m}_i (T_i - T_{cv})}{m_{cv}}$

۴) $\frac{\dot{m}_i (c_p T_i - c_v T_{cv})}{m_{cv} c_v}$

پاسخ: گزینه ۴ صحیح است.

$$\frac{d(mu)_{cv}}{dt} = \sum \dot{m}_i h_i = \dot{m}_i C_P T_i$$

$$m_{cv} \frac{d(u)_{cv}}{dt} + u_{cv} \frac{d(m)_{cv}}{dt} = \dot{m}_i C_P T_i$$

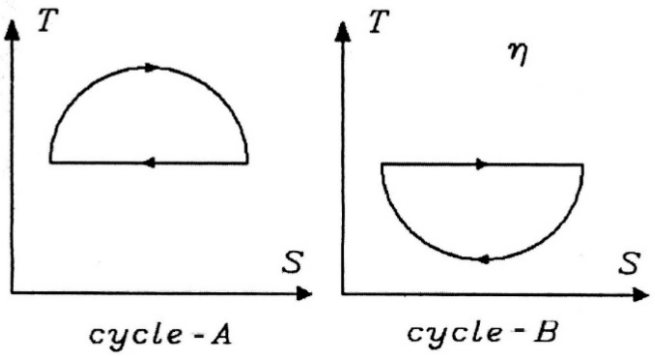
$$m_{cv} \frac{d(u)_{cv}}{dt} = \dot{m}_i C_P T_i - u_{cv} \dot{m}_i = \dot{m}_i C_P T_i - \dot{m}_i C_v T_{cv}$$

$$m_{cv} C_v \frac{d(T)_{cv}}{dt} = \dot{m}_i C_P T_i - \dot{m}_i C_v T_{cv}$$

$$\frac{d(T)_{cv}}{dt} = \frac{\dot{m}_i C_P T_i - \dot{m}_i C_v T_{cv}}{m_{cv} C_v}$$

ostadsarlak.ir

۵۵- دوچرخه بازگشت‌پذیر طبق دیاگرام‌های T-S ملاحظه می‌شود. اگر دمای حداقل چرخه (A) برابر دمای حداکثر چرخه (B) باشد، کدام مقایسه در رابطه با کار خالص چرخه و بازده حرارتی آنها درست است؟



۱) $\eta_B > \eta_A$ و $W_A = W_B$

۲) $\eta_A > \eta_B$ و $W_A > W_B$

۳) $\eta_A > \eta_B$ و $W_A = W_B$

۴) $\eta_B > \eta_A$ و $W_A < W_B$

پاسخ: گزینه ۱ صحیح است.

ostadsarlak.ir

۵۶- یک سیستم ترمودینامیکی شامل دو ساچمهٔ سنگ‌زنی را در دمای T_1 برحسب کلوین و هر یک به جرم $m_1 = m_2 = m$ کیلوگرم در نظر است. در ابتدا یک ساچمه ساکن و ساچمهٔ دیگر با سرعت v_1 (برحسب متر بر ثانیه) درحال حرکت است. ساچمهٔ متحرک به ساچمهٔ ساکن به‌گونه‌ای برخورد می‌کند که دو ساچمه به‌هم چسبیده با سرعت کمتری معادل v_2 حرکت می‌کنند. گرمای ویژهٔ ساچمه برحسب $\frac{kJ}{kg\,K}$، با فرض این‌که هیچ‌گونه تبادل انرژی با محیط انجام نمی‌شود، تغییرات آنتروپی سیستم شامل دو ساچمه در اثر برخورد $(S_2 - S_1)$، چقدر است؟

۱) $2mc\ln\frac{T_1 + \frac{v_1^2}{2c}}{T_1}$

۲) $2mc\ln\frac{T_1 + \frac{v_1^2}{8c}}{T_1}$

۳) $mc\ln\frac{T_1 + \frac{v_1^2}{4c}}{T_1}$

۴) $4mc\ln\frac{T_1 + \frac{v_1^2}{2c}}{T_1}$

پاسخ: گزینه ۲ صحیح است.

$$\text{momentum} - \text{conversion}: \sum F_{c.v} = 0 \rightarrow \dot{m}_1 V_1 = 2\dot{m}_1 V_2 \rightarrow V_2 = \frac{1}{2}V_1$$

$$\text{energy} - \text{conversion}: \left(\frac{dE}{dt}\right)_{cv} = \dot{Q} - \dot{W} + \dot{m}_i\left(h_i + \frac{v_i^2}{2}\right) - \dot{m}_e\left(h_e + \frac{v_e^2}{2}\right)$$

$$2\dot{m}CT_1 + \dot{m}\frac{v_1^2}{2} = 2\dot{m}CT_2 + 2\dot{m}\frac{v_2^2}{2}$$

$$T_2 = T_1 + \frac{v_1^2}{4C} - \frac{v_2^2}{2C} \xrightarrow{V_2 = \frac{1}{2}V_1} T_2 = T_1 + \frac{v_1^2}{8C}$$

$$\Delta s = 2mc\ln\frac{T_2}{T_1} = 2mc\ln\frac{T_1 + \frac{v_1^2}{8C}}{T_1}$$

ostadsarlak.ir

۵۷- اگر رابطهٔ کلاپیرون ـ کلوزیوس $\frac{dP}{dt}=\frac{ds}{dv}$ باشد، رابطه تقریبی بین فشار بخار P و گرمای نهان تبخیر h_{fg} به کدام صورت است؟ (R ثابت بخار و C یک ثابت است.)

۱) $P=Ce^{\frac{RT}{h_{fg}}}$

۲) $P=\frac{۱}{C}e^{\frac{h_{fg}}{RT}}$

۳) $P=Ce^{-\frac{h_{fg}}{RT}}$

۴) $P=CRT\,e^{\frac{۱}{h_{fg}}}$

پاسخ: گزینه ۳ صحیح است.

$$\frac{dP}{dT}=\frac{h_{fg}}{Tv_{fg}}=\frac{h_{fg}}{T\frac{RT}{P}}\rightarrow\frac{dP}{P}=\frac{h_{fg}}{RT^{۲}}dT$$

$$\ln P=-\frac{h_{fg}}{RT}+c\rightarrow P=ce^{-\frac{h_{fg}}{RT}}$$

ostadsarlak.ir

۵۸- یک گاز تک‌اتمی که دارای دو تراز الکترونی $\varepsilon_{e_0} = 0$ و ε_{e_1} است، را در نظر بگیرید. دیژنریسی (degeneracy) این دو تراز برابر واحد است. بخشی از اتم‌ها که بر روی هر یک از این ترازها قرار دارند، چقدر است؟

$$y = \frac{\varepsilon_{e_1}}{KT} \quad (\text{ثابت بولتزمن } K)$$

۱) در پایین‌ترین تراز $\frac{e^{y}}{1+e^{y}}$ و تراز بعدی $\frac{1}{1+e^{y}}$

۲) در پایین‌ترین تراز $\frac{e^{-y}}{1+e^{-y}}$ و تراز بعدی $\frac{1}{1+e^{-y}}$

۳) در پایین‌ترین تراز $\frac{1}{1+e^{y}}$ و تراز بعدی $\frac{e^{y}}{1+e^{y}}$

۴) در پایین‌ترین تراز $\frac{1}{1+e^{-y}}$ و تراز بعدی $\frac{e^{-y}}{1+e^{-y}}$

پاسخ: گزینه ۴ صحیح است.

$$Z = \sum g_j e^{\frac{-\varepsilon_j}{kT}} = \sum g_j e^{-y} = \left(1+e^{-y}\right)$$

$$\frac{Z_1}{Z_{tot}} = \frac{1}{1+e^{-y}}$$

$$\frac{Z_2}{Z_{tot}} = \frac{e^{-y}}{1+e^{-y}}$$

ostadsarlak.ir

۵۹- یک سیستم ترمودینامیکی دارای ۳ ذرهٔ قابل تشخیص a، b و c و کل انرژی سیستم ۳ واحد $(E = ۳)$ است. تعداد حالات ماکرو (macrostetate) و تعداد کل حالات میکرو (microstates) برای این سیستم، به‌ترتیب چقدر است؟

۱) ۲، ۵

۲) ۳، ۱۰

۳) ۷، ۹

۴) ۵، ۱۰

پاسخ: گزینه ۲ صحیح است.

Energy level	Macro I	Macro II	Macro III
۰	۲	۱	۰
۱	۰	۱	۳
۲	۰	۱	۰
۳	۱	۰	۰

$$w_۱ = N!\prod\left(\frac{g_j^{N_j}}{N_j!}\right) = ۳!\left(\frac{۱}{۲!}\right)(۱) = ۳$$

$$w_۲ = N!\prod\left(\frac{g_j^{N_j}}{N_j!}\right) = ۳! = ۶$$

$$w_۳ = ۳!\left(\frac{۱}{۳!}\right) = ۱$$

$$W_{micro} = ۱۰$$

ostadsarlak.ir

۶۰- یک گاز تک‌اتمی با دوتراز الکترونی $\varepsilon_e = ۰$ و $\varepsilon_{e۱}$، را در نظر بگیرید. دیژنریسی (degeneracy) این دو تراز برابر واحد است، اگر دمای گاز T باشد، مقدار آنتالپی مولی گاز $(\bar{h})$ چقدر است؟ ($\bar{R}$ ثابت جهانی گاز است.)

($y = \frac{\varepsilon_{e۱}}{KT}$ ثابت بولتزمن)

۱) $\bar{R}T(\frac{۵}{۲} + \frac{ye^{-y}}{۱+e^{-y}})$

۲) $\bar{R}T(\frac{۵}{۲} + \frac{e^{-y}}{۱+e^{-y}})$

۳) $\bar{R}T(\frac{۳}{۲} + \frac{ye^{-y}}{۱+e^{-y}})$

۴) $\bar{R}T(\frac{۳}{۲} + \frac{e^{-y}}{۱+e^{-y}})$

پاسخ: گزینه ۱ صحیح است.

$$Z_e = ۱ + e^{-y}$$

$$Z'_e = T\left(\frac{dZ}{dT}\right) = ye^{-y}$$

$$h_e = u_e = RT\frac{Z'_e}{Z_e} = RT\frac{ye^{-y}}{۱+e^{-y}}$$

$$h_{tr} = u_{tr} + Pv = \frac{۵}{۲}RT$$

$$h = RT(\frac{۵}{۲} + \frac{ye^{-y}}{۱+e^{-y}})$$

ostadsarlak.ir