تست فیزیک دهم

(با جواب تشریحی)

فصل پنجم
ترمودینامیک
فقط رشته ریاضی

ریاضی و تجربی

سراسری

(داخل و خارج کشور)

گزینه دو

قلم چی

تنظیم : عقیل اسکندری

دبیر فیزیک منطقه سه تهران

1398/6/23

09125164028

09125164028

فصل 5 فیزیک 10
ترمودینامیک

09125164028

۱- حجم گاز کاملی در فشار $۱۰^۵ Pa$ و دمای $۲۷^\circ C$، برابر $۱ cm^۳$ است. تعداد مولکول‌های گاز کدام است؟ ($R = ۸ \frac{J}{mol \cdot K}$ و عدد آووگادرو $\simeq ۶ \times ۱۰^{۲۳}$)

سراسری- ۱۳۹۱

① $۲٫۵ \times ۱۰^{۲۱}$ ② $۲٫۵ \times ۱۰^{۱۹}$ ③ $\frac{۱۰^{۱۳}}{۲۴}$ ④ $\frac{۱۰^{۲۳}}{۲۴}$

پاسخ: گزینه ۲ برای حل، ابتدا با کمک معادله‌ی حالت گاز کامل، تعداد مول گاز کامل را محاسبه می‌کنیم:

$$PV = nRT \Rightarrow ۱۰^۵ \times ۱ \times ۱۰^{-۶} = n \times ۸ \times (۲۷۳ + ۲۷) \Rightarrow n = \frac{۰٫۱}{۲۴۰۰} = \frac{۱}{۲۴۰۰۰} mol$$

در ادامه با توجه به مفهوم عدد آووگادرو، با یک تناسب ساده داریم:

$$\begin{cases} \frac{\text{مول}}{۱} = \frac{\text{تعداد مولکول}}{۶ \times ۱۰^{۲۳}} \\ \frac{۱}{۲۴۰۰۰} = N \end{cases} \Rightarrow N = \frac{۱}{۲۴۰۰۰} \times = \frac{۱}{۴} \times ۱۰^{۲۰} = ۲٫۵ \times ۱۰^{۱۹}$$

نگاه دیگر:

$$\text{تعداد مول} = \frac{\text{تعداد مولکول ها}}{\text{عدد آوواکادرو}} \Rightarrow n = \frac{N}{N_A} \Rightarrow N = nN_A = \frac{۱}{۲۴۰۰۰} \times ۶ \times ۱۰^{۲۳} = ۲٫۵ \times ۱۰^{۱۹}$$

۲- در ۱۵ لیتر گاز کامل ۲ اتمی که دمای آن ۲۳- درجه‌ی سلسیوس و فشار آن ۸ اتمسفر است، چه تعداد مولکول گاز وجود دارد؟

خارج از کشور- ۱۳۹۰

($R = ۸ \frac{J}{mol \cdot K}$، عدد آووگادرو $= ۶ \times ۱۰^{۲۳}$، $۱ atm = ۱۰^۵ Pa$)

① $۳٫۶ \times ۱۰^{۲۲}$ ② $۳٫۶ \times ۱۰^{۲۴}$ ③ $۳٫۹ \times ۱۰^{۲۳}$ ④ $۳٫۹ \times ۱۰^{۲۵}$

پاسخ: گزینه ۲ برای حل ابتدا با کمک معادله‌ی حالت گاز کامل، تعداد مول گاز کامل را محاسبه می‌کنیم:

$$PV = nRT \Rightarrow ۸ \times ۱۰^۵ \times ۱۵ \times ۱۰^{-۳} = n \times ۸ \times (۲۷۳) + (-۲۲) \Rightarrow n = ۶$$

ادامه با توجه به مفهوم عدد آوگادرو با یک تناسب ساده داریم:

۱ مول	۶×۱۰^{۲۳} = تعداد مولکول
۶ مول	$N = ?$

$$N = ۳۶ \times ۱۰^{۲۳} = ۳٫۶ \times ۱۰^{۲۴}$$

۳- مخزنی به حجم ۵ لیتر حاوی گاز اکسیژن در فشار $۱۰^۵ Pa$ و دمای $۲۷^\circ C$ است. جرم گاز موجود در مخزن چند گرم است؟ ($R = ۸ \frac{J}{mol \cdot K}$ ، $M_{O_۲} = ۳۲ \frac{g}{mol}$)

سراسری- ۱۳۹۰

① $\frac{۱۰}{۳}$ ② $\frac{۵}{۳}$ ③ $\frac{۲۰}{۳}$ ④ $\frac{۵}{۲۴}$

پاسخ: گزینه ۳ با توجه به معادله‌ی حالت گاز کامل می‌توان نوشت:

09125164028 عقیل اسکندری

$$PV = nRT \Rightarrow ۱۰^۵ \times (۵ \times ۱۰^{-۳}) = n \times ۸ \times (۲۷ + ۲۷۳) \Rightarrow n = \frac{۵۰۰}{۸ \times ۳۰۰} = \frac{۵}{۲۴} mol$$

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow \frac{۵}{۲۴} = \frac{m}{۳۲} \Rightarrow m = \frac{۲۰}{۳} gr$$

09125164028

۴- چگالی یک گاز کامل در دمای $۷^\circ C$ و فشار $۱۰^۵ Pa$ چند گرم بر لیتر است؟ $R = ۸ J/molK$ ، جرم مولکولی $= ۳۲ g/mol$

خارج از کشور- ۱۳۸۷

① $\frac{۷}{۱۰}$ ② $\frac{۷}{۳۰}$ ③ $\frac{۱۰}{۷}$ ④ $\frac{۴۰}{۷}$

پاسخ: گزینه ۳ طبق معادلات داریم:

$$PV = nRT \Rightarrow PV = \frac{m}{M}RT \Rightarrow PM = \frac{m}{V}RT \Rightarrow PM = \rho RT$$

با جایگذاری چگالی بدست می‌آید.

$$T = ۷ + ۲۷۳ = ۲۸۰ K$$

$$۱۰^۵ \times ۳۲ \times ۱۰^{-۳} = \rho \times ۸ \times ۲۸۰ \Rightarrow \rho = \frac{۳۲ \times ۱۰^۲}{۸ \times ۲۸۰} = \frac{۴۰۰}{۲۸۰} = \frac{۱۰}{۷} \frac{kg}{m^۳} = \frac{gr}{lit}$$

09125164028

۵- در یک مخزن ۶ لیتر هوا با فشار ۴ اتمسفر موجود است. مقداری از هوای مخزن را خارج می‌کنیم و فشار آن به ۲ اتمسفر می‌رسد، حجم هوای خارج شده از مخزن در فشار یک اتمسفر چند لیتر است؟ (دما ثابت و گاز کامل فرض شود)

خارج از کشور- ۱۳۸۸

① ۶ ② ۱۲ ③ ۲۲ ④ ۲۴

پاسخ: گزینه ۲ چون مقداری گاز کامل را به دو قسمت تقسیم کرده‌ایم، داریم:

$$\left.\begin{array}{l} \frac{P_۰V_۰}{T_۰} = \frac{P_۱V_۱}{T_۱} + \frac{P_۲V_۲}{T_۲} \\ T_۰ = T_۱ = T_۲ \end{array}\right\} \Rightarrow P_۰V_۰ = P_۱V_۱ + P_۲V_۲ \Rightarrow ۴ \times ۶ = ۲ \times ۶ + ۱ \times V_۲ \Rightarrow V_۲ = ۱۲ lit$$

09125164028

۶- مخزنی شامل ۲ گرم گاز هلیوم و ۱۶ گرم گاز اکسیژن است. دمای مخلوط این دو گاز، $۳۰۰ K$ و فشار آن $۱۰^۵ Pa$ می‌باشد. با فرض اینکه گازها کامل باشند، چگالی مخلوط چند کیلوگرم بر متر مکعب است؟

خارج از کشور- ۱۳۹۳

$(R = ۸ \frac{J}{mol \cdot K}\ ,\ M_{He} = ۴ \frac{g}{mol}\ ,\ M_{O_۲} = ۳۲ \frac{g}{mol})$

① ۰٫۷۵ ② ۰٫۶۰ ③ ۰٫۴۰ ④ ۰٫۲۵

پاسخ: گزینه ۱ برای پاسخ دادن به این سؤال، مراحل زیر را طی می‌کنیم:

مرحله‌ی اول: محاسبه‌ی مجموع حجم گاز هلیوم و اکسیژن در مخلوط با توجه به معادله‌ی حالت گاز کامل:

$$\left\{\begin{array}{l} n_{O_۲} = \frac{m_{O_۲}}{M_{O_۲}} = \frac{۱۶}{۳۲} = \frac{۱}{۲} \\ n_{He} = \frac{m_{He}}{M_{He}} = \frac{۲}{۴} = \frac{۱}{۲} \end{array}\right. \Rightarrow n_{کل} = n_۱ + n_۲ = \frac{۱}{۲} + \frac{۱}{۲} = ۱ mol$$

$$PV = nRT \Rightarrow ۱۰^۵ \times V = ۱ \times ۸ \times ۳۰۰ \Rightarrow V = ۲۴ \times ۱۰^{-۳} m^۳$$

09125164028 عقیل اسکندری

مرحله‌ی دوم: محاسبه‌ی چگالی مخلوط دو ماده باتوجه به رابطه‌ی $\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{\sum m}{V_{\text{کل}}}$:

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{\sum m}{V} = \frac{(۲+۱۶)\times ۱۰^{۳}}{۲۴\times ۱۰^{-۳}} \xrightarrow[\text{تبدیل } g \text{ به } kg]{} = \frac{۱۸\times ۱۰^{۳}}{۲۴\times ۱۰^{-۳}} = \frac{۳}{۴} = ۰/۷۵\frac{kg}{m^{۳}}$$

09125164028

۷- مخزنی به حجم $۴۰Lit$ **حاوی مخلوطی از گازهای هیدروژن و هلیم در دمای** $۱۲۷^{\circ}C$ **و فشار** $۲\times ۱۰^{۵}Pa$ **است. اگر جرم مخلوط ۸ گرم باشد. نسبت جرم هیدروژن به جرم هلیم کدام است؟** $(R = ۸\frac{J}{mol\cdot K})$ خارج از کشور- ۱۳۹۸

① $\frac{۱}{۳}$ ② $\frac{۱}{۲}$ ③ ۲ ④ ۳

پاسخ: **گزینه ۱**

$$\begin{cases} M_{H_۲} = ۲gr/mol & V = ۴۰Lit \\ M_{H_e} = ۴gr/mol & T = ۱۲۷+۲۷۳ = ۴۰۰K \\ & P = ۲\times ۱۰^{۵}Pa \end{cases}$$

$$PV = nRT \rightarrow \underbrace{(۲\times ۱۰^{۵})(۴۰\times ۱۰^{-۳})}_{۸۰۰۰} = n\times ۸\times ۴۰۰ \rightarrow \boxed{n = ۲/۵}$$

[مجموع تعداد مول‌های هلیم و هیدروژن]

$$N = n_{H_۲} + n_{He} = \frac{m_{H_۲}}{m_{H_۲}} + \frac{m_{He}}{m_{He}} = ۲/۵ \rightarrow \frac{m_{He}}{۲} + \frac{m_{He}}{۴} = ۲/۵$$

$$\rightarrow \begin{cases} ۲m_{H_۲} + m_{He} = ۱۰g \\ m_{H_۲} + m_{He} = ۸g \end{cases} \rightarrow \begin{cases} m_{H_۲} = ۲g \\ m_{He} = ۶g \end{cases} \rightarrow \frac{m_{H_۲}}{m_{He}} = \frac{۲}{۶} = \frac{۱}{۳}$$

۸- مخزنی با حجم ثابت ۸۰ لیتر محتوی مخلوطی از دو گاز هیدروژن و هلیم با دمای ثابت ۲۷ درجه‌ی سلسیوس و فشار ۷/۵ اتمسفر است. اگر جرم مخلوط ۸۰ گرم باشد، چند درصد از جرم مخلوط را هلیم تشکیل می‌دهد؟ خارج از کشور- ۱۳۹۶

$(R = ۸\frac{J}{mol\cdot K}\ ,\ ۱atm = ۱۰^{۵}pa)$

① ۲۵ ② ۴۰ ③ ۶۰ ④ ۷۵

پاسخ: **گزینه ۴** ابتدا چون همه‌ی اطلاعات مسئله در مورد مخلوط دو گاز (هیدروژن و هلیم) را داریم ابتدا تعداد مول این مخلوط را با استفاده از رابطه‌ی $PV = nRT$ به دست می‌آوریم.

$$PV = nRT \Rightarrow ۷/۵\times ۱۰^{۵}\times ۸۰\times ۱۰^{-۳} = n\times ۸\underbrace{(۲۷+۲۷۳)}_{۳۰۰} \Rightarrow n = ۲۵mol$$

حال باتوجه به این‌که مجموع تعداد مول دو گاز و مجموع جرم دو گاز را داریم می‌توان نوشت:

$$\begin{matrix} H_۲ = (۱) & \text{گاز} \\ He = (۲) & \text{گاز} \end{matrix} \begin{cases} n_۱ + n_۲ = ۲۵ \\ m_۱ + m_۲ = ۸۰ \xrightarrow{n=\frac{m}{M}} n_۱M_۱ + n_۲M_۲ = ۸۰ \xrightarrow[M_۲=۴g]{M_۱=۲g} ۲n_۱ + ۴n_۲ = ۸۰ \end{cases} \Rightarrow \begin{matrix} n_۱ = ۱۰ \\ n_۲ = ۱۵ \end{matrix}$$

09125164028 عقیل اسکندری

$$n_۲ = \frac{m_۲}{M_۲} \Rightarrow ۱۵ = \frac{m_۲}{۴} \Rightarrow m_۲ = ۶۰g$$

$$\frac{m_۲}{M_{کل}} = \frac{۶۰}{۸۰} \times ۱۰۰ = ۷۵\%$$

09125164028

۹- مخزنی با حجم ثابت ۱۴ لیتر محتوی مخلوطی از ۶ گرم گاز هیدروژن و ۱۱۲ گرم گاز نیتروژن ۲۷ درجه‌ی سلسیوس است. فشار مخلوط گازها چند اتمسفر است؟ سراسری- ۱۳۹۶

$(M_{N_۲} = ۲۸\frac{g}{mol}, M_{H_۲} = ۲\frac{g}{mol}, ۱atm = ۱۰^۵Pa, R = ۸\frac{J}{mol \cdot K})$

① ۶ ② ۸ ③ ۹ ④ ۱۲

پاسخ: گزینه ۴ در ابتدا تعداد مول هریک از دو گاز را به دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} n_{H_۲} = \frac{m_{H_۲}}{M_{H_۲}} = \frac{۶}{۲} = ۳mol \\ n_{N_۲} = \frac{m_{N_۲}}{M_{N_۲}} = \frac{۱۱۲}{۲۸} = ۴mol \end{cases} \Rightarrow n_{مخلوط} = ۳ + ۴ = ۷$$

$$\begin{cases} V_{مخلوط} = ۱۴lit = ۱۴ \times ۱۰^{-۳}m^۳ \\ T_{مخلوط} = ۰ + ۲۷۳ = ۲۷ + ۲۷۳ = ۳۰۰^\circ K \end{cases}$$

با نوشتن رابطه‌ی قانون گازها خواهیم داشت:

$$PV = nRT \Rightarrow P \times ۱۴ \times ۱۰^{-۳} = ۷ \times ۸ \times ۳۰۰ \Rightarrow = ۱۲ \times ۱۰^۵Pa = ۱۲atm$$

۱۰- در محفظه‌ای به حجم ۳۳٫۶ لیتر مخلوطی از دو گاز اکسیژن و هلیم وجود دارد. فشار گاز ۲×۱۰^۵ پاسکال و دمای آن ۷ درجهٔ سلسیوس است. اگر جرم گاز ۵۴ گرم باشد، چند درصد مولکول‌های آن اکسیژن است؟ سراسری- ۱۳۹۷

$(M_{He} = ۴\frac{g}{mol}, M_{O_۲} = ۳۲\frac{g}{mol}, R = ۸\frac{J}{mol \cdot K})$

① ۵۰ ② ۶۰ ③ ۴۰ ④ ۳۰

پاسخ: گزینه ۱ ابتدا تعداد مول مخلوط را به دست می‌آوریم:

$$PV = nRT \Rightarrow ۲ \times ۱۰^۵ \times ۳۳٫۶ \times ۱۰^{-۳} = n \times ۸ \times ۲۸۰ \Rightarrow n = ۳$$

$$n_{مخلوط} = n_{He} + n_{O_۲} \rightarrow n_{He} = (۳ - n_{O_۲}) \ , \ n = \frac{m}{M} \Rightarrow m = nM$$

بنابراین:

$$n_{O_۲} \times ۳۲ + (۳ - n_{O_۲}) \times ۴ = ۵۴ \Rightarrow n_{O_۲} = ۱٫۵mol$$

$$\text{درصد مولکول اکسیژن} = \frac{n_{O_۲}}{n_{مخلوط}} \times ۱۰۰ = \frac{۱٫۵}{۳} \times ۱۰۰ = ۵۰\%$$

09125164028 عقیل اسکندری

۱۱- مقداری گاز کامل تک‌اتمی در یک فرایند هم‌فشار، گرمای Q را می‌گیرد و انرژی درونی آن به اندازهٔ ΔU تغییر می‌کند. کدام گزینه درست است؟ خارج از کشور- ۱۳۹۷

09125164028

① $Q = \Delta U$ ② $Q = -\Delta U$ ③ $Q = \frac{۳}{۵}\Delta U$ ④ $Q = \frac{۵}{۳}\Delta U$

پاسخ: گزینه ۴ در فرآیند هم‌فشار تک اتمی:

$$Q = nc_P\Delta T = \frac{۵}{۲}nR\Delta T = \frac{۵}{۲}P\Delta V \ , \ W = -P\Delta V$$

$$Q = -\frac{۵}{۲}W \Rightarrow W = -\frac{۲}{۵}Q$$

$$\Delta U = Q + W \Rightarrow \Delta U = Q - \frac{۲}{۵}Q = \frac{۳}{۵}Q \Rightarrow Q = \frac{۵}{۳}\Delta U$$

۱۲- گرمایی که یک گرم گاز هیدروژن می‌گیرد، تا در فشار ثابت دمایش $1^\circ C$ افزایش یابد، چند برابر مقدار گرمایی است که یک گرم آب می‌گیرد تا دمایش $1^\circ C$ افزایش یابد؟ $(M_{H_۲} = ۲\frac{g}{mol} \ , \ C_P = ۲۸\frac{J}{mol\cdot K} \ , \ C_{(آب)} = ۴۲۰۰\frac{J}{kg\cdot^\circ C})$ خارج از کشور- ۱۳۹۳

① $\frac{۲۰}{۳}$ ② $\frac{۱۰}{۳}$ ③ ۲ ④ ۱

پاسخ: گزینه ۲ هردو گرمای مطرح شده در صورت سؤال را با توجه به روابط زیر محاسبه می‌کنیم (دقت شود که یک گرم گاز هیدروژن، معادل با نیم مول است):

گرمای لازم برای افزایش دمای $1^\circ C$ برای نیم مول گاز هیدروژن در فشار ثابت است. $Q_۱ = nC_P = \frac{۱}{۲} \times ۲۸ \times ۱ = ۱۴J$

$$Q_۲ = mc\Delta T = ۱ \times ۱۰^{-۳} \times ۴۲۰۰ \times ۱ = ۴٫۲J \Rightarrow \frac{Q_۱}{Q_۲} = \frac{۱۴}{۴٫۲} = \frac{۱۰}{۳}$$ (گرمای لازم برای افزایش دمای $1^\circ C$ برای $1g$ آب)

۱۳- در یک فرآیند هم فشار یک لیتر گاز کامل دو اتمی در دمای صفر درجه‌ی سلسیوس مقداری گرما از دست می‌دهد و حجم آن در نشار یک اتمسفر به ۰٫۸ حجم اولیه‌اش می‌رسد. در این فرآیند گاز چند ژول گرما از دست می‌دهد؟ سراسری- ۱۳۸۶

$(1atm = 10^۵pa, C_P = \frac{۷}{۲}R)$

① ۵۰ ② ۷۰ ③ ۱۰۰ ④ ۴۰

پاسخ: گزینه ۲

$$\begin{cases} Q = nc_P(T_۲ - T_۱) = n \times \frac{۷}{۲}R(T_۲ - T_۱) \\ \frac{PV}{T} = nR \Rightarrow T = \frac{PV}{nR} \end{cases}$$

$$\Rightarrow Q = n \times \frac{۷}{۲}R(\frac{PV_۲}{nR} - \frac{PV_۱}{nR}) = \frac{۷}{۲}P(V_۲ - V_۱) \Rightarrow \frac{۷}{۲} \times 10^۵ \left[(۰٫۸ - ۱) \times 10^{-۳}\right] = -۷۰J$$

09125164028 عقیل اسکندری

۱۴ - دمای ۱۰ گرم گاز هیدورژن در فشار ثابت از $۲۷^\circ C$ به $۱۲۷^\circ C$ می‌رسد. کار انجام شده توسط گاز در این فرایند چند کیلوژول است؟ ($R = ۸\frac{J}{mol \cdot K}$, $M_{H_۲} = ۲\frac{g}{mol}$) سراسری- ۱۳۹۶

09125164028

۱) ۲ ۲) ۴ ۳) ۶ ۴) ۸

پاسخ: گزینه ۲ در فرآیند هم فشار کار از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید.

$$W = -P\Delta V$$

$$W = -P\Delta V = -P(V_۲ - V_۱) = -(PV_۲ - PV_۱)$$

$$\xrightarrow{PV=nRT} W = -(nRT_۲ - nRT_۱) = -(۵ \times ۸ \times ۴۰۰ - ۵ \times ۸ \times ۳۰۰)$$

$$n = \frac{m}{M} = \frac{۱۰}{۲} = ۵$$

$$\rightarrow W = -۴۰۰۰ \text{ (گاز) کار محیط روی دستگاه}$$

$$W' = +۴۰۰۰J = ۴kJ \text{ (گاز) کار دستگاه روی محیط} \quad (W' = -W)$$

09125164028

۱۵ - گاز درون یک محفظه را در فشار ثابت $۲ \times ۱۰^۵ Pa$ سرد می‌کنیم و از حجم $۶lit$ به $۲lit$ می‌رسد. اگر گاز در این فرایند $۲۸۰۰J$ گرما از دست بدهد، انرژی درونی آن چند ژول کاهش می‌یابد؟ سراسری- ۱۳۹۵

۱) ۱۲۰۰ ۲) ۱۸۰۰ ۳) ۲۰۰۰ ۴) ۳۶۰۰

پاسخ: گزینه ۳ ابتدا کار انجام شده روی گاز را محاسبه می‌کنیم و در نهایت با استفاده از قانون اول ترمودینامیک به راحتی تغییرات انرژی درونی قابل محاسبه است:

$$Q = -۲۸۰۰J$$

$$W = -P(\Delta V) = -P(V_۲ - V_۱) = -۲ \times ۱۰^۵ (۲ - ۶) \times ۱۰^{-۳} = ۸۰۰J$$

$$\Delta U = Q + W = -۲۸۰۰ + ۸۰۰ = -۲۰۰۰J$$

09125164028

۱۶ - حجم نیم‌مول گاز هلیم طی یک فرایند هم‌فشار، از ۱۰ لیتر به ۸ لیتر می‌رسد. اگر دمای اولیهٔ گاز برابر $۲۷^\circ C$ باشد، کار انجام شده روی گاز چند ژول است؟ خارج از کشور- ۱۳۹۷

($R = ۸\frac{J}{mol \cdot K}$)

۱) -۲۴۰ ۲) -۱۲۰۰ ۳) ۲۴۰ ۴) ۱۲۰۰

پاسخ: گزینه ۳ فشار گاز را محاسبه می‌کنیم.

$$PV = nRT \Rightarrow P \times ۱۰ \times ۱۰^{-۳} = ۰/۵ \times ۸ \times ۳۰۰ \Rightarrow P = \frac{۱۲۰۰}{۱۰^{-۲}} = ۱۲ \times ۱۰^۴ pa$$

$$W = -P\Delta V = -۱۲ \times ۱۰^۴ \times (۸ - ۱۰) \times ۱۰^{-۳} = ۲۴۰J$$

۱۷ - یک مول گاز تک‌اتمی، طی یک فرایند هم‌فشار، $۴۰J$ کار روی محیط انجام می‌دهد. تغییر انرژی درونی گاز چند ژول است؟ سراسری- ۱۳۹۷

۱) ۱۴۰ ۲) ۱۰۰ ۳) ۶۰ ۴) ۲۰

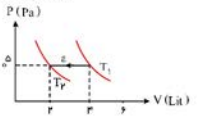
09125164028 عقیل اسکندری

پاسخ: گزینه ۳

$$\left.\begin{aligned}\Delta U &= \frac{۳}{۲}nR\Delta T = \frac{۳}{۲}P\Delta V \\ W_{\text{هم‌فشار}} &= -P\Delta V\end{aligned}\right\} \Rightarrow |\Delta U_{\text{هم‌فشار}}| = ۱٫۵\,|W_{\text{هم‌فشار}}| = ۱٫۵ \times ۴۰ = ۶۰J$$

09125164028

۱۸- شکل مقابل مربوط به گاز کامل تک اتمی است که طی فرایند a به طور هم فشار از دمای $T_۱$ به دمای $T_۲$ رسیده است. تغییر انرژی درونی گاز در این فرایند چند ژول است؟ سراسری- ۱۳۸۱



① $+۵۰۰$ ② $+۳۰۰$ ③ -۳۰۰ ④ -۵۰۰

09125164028

پاسخ: گزینه ۳

$$\frac{PV}{T} = nR \Rightarrow T = \frac{PV}{nR} \quad , \quad \Delta U = \frac{۳}{۲}nR\Delta T = \frac{۳}{۲}nR\left[\frac{P_۲V_۲}{nR} - \frac{P_۱V_۱}{nR}\right]$$

$$\Delta U = \frac{۳}{۲}[P_۲V_۲ - P_۱V_۱] = \frac{۳}{۲}P(V_۲ - V_۱) \Rightarrow \Delta U = \frac{۳}{۲} \times ۱۰^۵[(۲ - ۴) \times ۱۰^{-۳}] = -۳۰۰J$$

۱۹- در یک انبساط هم فشار گاز کامل، کدام کمیت‌ها مثبت‌اند؟ (W : کار انجام شده روی گاز، Q : گرمای داده شده به گاز و ΔU : تغییر انرژی درونی گاز است.) خارج از کشور- ۱۳۸۹

① $\Delta U, Q$ ② $W, Q, \Delta U$ ③ Q, W ④ $\Delta U, W$

پاسخ: گزینه ۱ چون در این فرایند حجم گاز افزایش یافته است پس کار انجام شده روی گاز منفی است. از طرفی بنابر رابطه‌ی $V = \left(\frac{nR}{p}\right)T$ در فشار ثابت اگر حجم گازی افزایش یابد، دمای آن نیز افزایش می‌یابد ($\Delta U > ۰$). در نتیجه بنابر قانون اول ترمودینامیک ($\Delta U = Q + W$). چون $\Delta U > ۰$ و $W < ۰$ است، می‌توان نتیجه گرفت که $Q > ۰$ است.

۲۰- مقداری گاز کامل تک اتمی طی فرآیندی هم‌فشار $۵۰۰J$ گرما از محیط می گیرد. تغییر انرژی درونی این گاز چند ژول است؟ سراسری- ۱۳۸۹

$(C_{mP} = \frac{۵}{۲}R)$

① ۲۰۰ ② ۳۰۰ ③ ۵۰۰ ④ ۴۰۰

پاسخ: گزینه ۲

$$Q = nC_P(T_۲ - T_۱) \Rightarrow Q = n \times \frac{۵}{۲}R[\frac{PV_۲}{nR} - \frac{PV_۱}{nR}]$$

$$\Rightarrow Q = \frac{۵}{۲}P(V_۲ - V_۱) \Rightarrow ۵۰۰ = \frac{۵}{۲}P(V_۲ - V_۱)$$

$$\Rightarrow P(V_۲ - V_۱) = ۲۰۰ \Rightarrow \Delta U = \frac{۳}{۲}nR(T_۲ - T_۱) = \frac{۳}{۲}nR[\frac{PV_۲}{nR} - \frac{PV_۱}{nR}]$$

$$\Rightarrow \Delta U = \frac{۳}{۲}P(V_۲ - V_۱) = \frac{۳}{۲}[۲۰۰] = ۳۰۰J$$

09125164028 عقیل اسکندری

در فرآیند هم فشار:

برای گاز تک اتمی: $\Delta U = -\frac{3}{2}W$

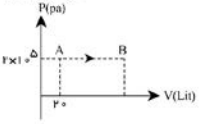
09125164028

برای گاز دو اتمی: $\Delta U = -\frac{5}{2}W$

برای گاز چند اتمی: $\Delta U = -\frac{7}{2}W$

۲۱- یک گاز کامل تک اتمی، فرایند AB را مطابق شکل طی می‌کند. اگر انرژی درونی گاز طی این فرایند $9kJ$ تغییر کند، حجم گاز در حالت B چند لیتر است؟ $(C_V = \frac{3}{2}R \text{ و } C_P = \frac{5}{2}R)$

سراسری- ۱۳۹۱



① ۳۰ ② ۳۸ ③ ۴۵ ④ ۵۰

09125164028

پاسخ: **گزینه ۳**

$$\begin{cases} \Delta U = \frac{3}{2}nR\Delta T \\ PV = nRT \Rightarrow P\Delta V = nR\Delta T \end{cases} \Rightarrow \Delta U = \frac{3}{2}P\Delta V \Rightarrow 9000 = \frac{3}{2}(2\times10^5)\times\Delta V$$

$$\Rightarrow V_2 - 20 = \frac{3}{100}m^3 = 30Lit \Rightarrow V_2 = 50Lit$$

نکته: $m^3 \xrightarrow{\times10^3} Lit$

۲۲- حجم اولیه ی گاز کاملی در دمای $27^\circ C$ برابر ۲ لیتر است. اگر درفشار ثابت $1{,}5\times10^5$ پاسکال ، دمای آن را به $127^\circ C$ برسانیم، کاری که گاز روی محیط انجام می دهد، چند ژول است؟

سراسری- ۱۳۹۱

① ۱ ② $\frac{200}{3}$ ③ ۱۰۰ ④ ۳۰۰

09125164028

پاسخ: **گزینه ۳**

$$P - \text{ثابت} \rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \rightarrow \frac{2}{300} = \frac{V_2}{400} \rightarrow V_2 = \frac{8}{3}Lit$$

کاری که گاز روی محیط انجام می‌دهد $W' = -W = P\Delta V = (1{,}5\times10^5)\times[(\frac{8}{3}-2)\times10^{-3}] = 100J$

۲۳- دو مول گاز تک اتمی به حجم ۱٫۷۵ متر مکعب را در فشار ثابت منبسط کرده ایم. اگر دمای اولیه‌ی گاز ۳۵۰ کلوین باشد و در این فرایند 10^4 ژول گرما مبادله شده باشد، دمای ثانویه چند کلوین و حجم ثانویه چند متر مکعب است؟ $(R = 8\frac{J}{mol\cdot K})$

سراسری- ۱۳۹۰

① ۶۰۰ و ۳ ② ۷۶۶ و ۳ ③ ۷۶۶ و ۳٫۸ ④ ۶۰۰ و ۳٫۸

09125164028 عقیل اسکندری

پاسخ: گزینه ۱

$$Q = nC_P(T_2 - T_1) \Rightarrow 10^4 = 2 \times \frac{5}{2} \times 8(T_2 - 350) \Rightarrow T_2 = 600k$$

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{1/75}{350} = \frac{V_2}{600} \Rightarrow V_2 = 3m^3$$

09125164028

۲۴- دمای ۲ مول گاز کامل، درفشار ثابت از ۳۰ درجه سلسیوس به ۸۰ درجه‌ی سلسیوس افزایش می‌یابد. کار انجام شده روی گازدر این فرایند چند ژول است؟ $(R = 8/3 \frac{J}{mol \cdot K})$ سراسری- ۱۳۹۳

① ۴۱۵ ② -415 ③ ۸۳۰ ④ -830

پاسخ: گزینه ۴

کارفرآیندهم فشار $W_P = -P\Delta V \xrightarrow{P\Delta V = nR\Delta T} W_P = -nR\Delta T$

$$W_P = -2 \times 8/3(80 - 30) \Rightarrow W_P = -830J$$

09125164028

۲۵- در فشار ثابت P، به مقدار معینی گاز کامل Q ژول گرما می‌دهیم و دمای آن را به اندازه‌ی ΔT افزایش می‌دهیم. اگر تغییر انرژی درونی گاز ΔU باشد، کدام رابطه در SI درست است؟ خارج از کشور- ۱۳۹۲

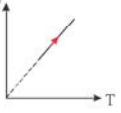
① $\Delta U < 0 < Q$ ② $0 < \Delta U < Q$ ③ $0 < \Delta U = Q$ ④ $0 < \Delta U = \frac{3}{2}Q$

پاسخ: گزینه ۲ چون دما افزایش یافته است بنابراین ΔU مثبت است و در نتیجه گزینه‌ی (۱) نادرست است. از طرفی می‌دانیم در فرایند هم فشار $Q = \frac{3}{2}W$ یا $Q = \frac{5}{2}W$ و از طرف دیگر $Q = \frac{7}{2}W$ و W و Q هم علامت نیستند و با توجه به این که $\Delta U = Q + W$ در نتیجه $|Q| > |\Delta U|$. بنابراین:

$$0 < \Delta U < Q$$

09125164028

۲۶- در شکل مقابل، پاره‌خط ab فرآیندی را روی مقداری گاز کامل نشان می‌دهد. در طی این فرآیند ..... خارج از کشور- ۱۳۸۵



① انرژی درونی گاز کامل ثابت است.

② فشار گاز ثابت است.

③ چگالی گاز تغییر نکرده است.

④ با محیط خارج مبادله‌ی گرما نشده‌است.

پاسخ: گزینه ۲ چون در ضمن فرآیند ab دمای گاز افزایش می‌یابد، انرژی درونی گاز کامل هم بالا می رود (حذف گزینه‌ی ۱) و گاز روی محیط بیرون کار انجام می‌دهد و از آن گرما می‌گیرد (حذف گزینه‌ی ۴) و با بالا رفتن حجم گاز و ثابت ماندن جرم آن، چگالی گاز کاهش می‌یابد (حذف گزینه‌ی ۳). در نهایت چون فرآیند به صورت یک خط راست گذرا از مبدأ در دستگاه $V - T$ می‌باشد، فرآیند ab هم‌فشار است. (درست بودن گزینه‌ی ۲)

09125164028 عقیل اسکندری

۲۷- در یک فرایند هم فشار، یک لیتر گاز کامل دو اتمی مقداری گرما از دست می دهد و در فشار یک جو حجم آن ۲۵ درصد کاهش می یابد. کار انجام شده روی گاز چند ژول است؟ (یک جوّ برابر 10^5 پاسکال است.) خارج از کشور- ۱۳۸۶

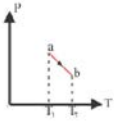
① ۲۵ ② ۷۵ ③ ۲۵۰ ④ چنین فرایندی امکان ندارد.

09125164028

پاسخ: گزینه ۱

$$W_{-} = -P\Delta V \rightarrow W_{-} = -10^5 \times \left[\left(1 - \frac{1}{4}\right) - 1\right] \times 10^{-3} = 25J$$

۲۸- نمودار $(P-T)$ یک مول گاز کامل مطابق شکل مقابل است. کدام عبارت در خصوص فرآیند ab درست است؟ سراسری- ۱۳۸۸



① حجم گاز افزایش یافته است. ② گاز گرما از دست داده است.

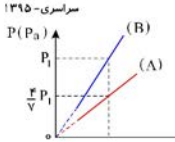
③ انرژی درونی گاز کاهش یافته است. ④ کار انجام شده روی گاز مثبت است.

09125164028

پاسخ: گزینه ۱ با توجه به شکل فشار کاهش یافته و دما افزایش یافته است و انرژی درونی افزایش یافته و طبق $PV = nRT$ می توان گفت حجم زیاد شده است.

$$V = \frac{nRT \rightarrow \text{زیاد}}{P \rightarrow \text{کم}}$$

۲۹- اگر نمودار $(P-T)$ ۵ مول گاز کامل A به حجم ۱۰ لیتر و n مول گاز کامل B به حجم ۱۶ لیتر به صورت شکل زیر باشد، n کدام است؟ سراسری- ۱۳۹۵



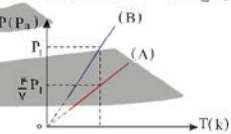
① ۱۰ ② ۱۴ ③ ۲۰ ④ ۲۸

09125164028

پاسخ: گزینه ۲ با استفاده از معادله‌ی حالت گازهای کامل داریم:

$$PV = nRT \rightarrow \frac{P_A}{P_B} \times \frac{V_A}{V_B} = \frac{n_A}{n_B} \times \frac{T_A}{T_B}$$

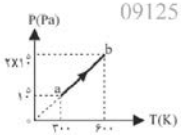
$$\xrightarrow{T=\text{ثابت}} \frac{\frac{4}{7}P_1}{P_1} \times \frac{10}{16} = \frac{5}{n_B} \times 1 \rightarrow \frac{4}{7} \times \frac{10}{16} = \frac{5}{n_B} \rightarrow n_B = 14mol$$



09125164028 عقیل اسکندری

۳۰- نمودار $P-T$ نیم مول گاز کامل تک اتمی مطابق شکل است. در این فرایند انرژی درونی گاز چند ژول افزایش می‌یابد؟

خارج از کشور- ۱۳۸۶



09125164028

$(C_V = \frac{۳}{۲}R$ و $R = ۸\frac{J}{mol \cdot K})$

① ۶۰۰ ② ۱۲۰۰

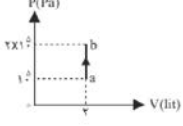
③ ۱۸۰۰ ④ ۳۰۰۰

پاسخ: گزینه ۳

$$\Delta U = nC_V\Delta T = \frac{۳}{۲}nR\Delta T = \frac{۳}{۲} \times ۰/۵ \times ۸ \times ۳۰۰ = ۱۸۰۰J$$

۳۱- نمودار $P-V$ یک گاز کامل تک اتمی مطابق شکل است. در این فرایند، انرژی درونی گاز ..... یافته است.

خارج از کشور- ۱۳۸۶



$(C_V = \frac{۳}{۲}R)$

① ۳۰۰ ژول کاهش ② ۳۰۰ ژول افزایش

③ $۱۰^۵ \times ۳$ ژول افزایش ④ $۱۰^۵ \times ۳$ ژول کاهش

پاسخ: گزینه ۲

$$\Delta U = W + Q = ۰ + Q = nC_V\Delta T = \frac{۳}{۲}nR\Delta T = \frac{۳}{۲}V \cdot \Delta P$$

$$\Rightarrow \Delta U = \frac{۳}{۲} \times ۲ \times ۱۰^{-۳} \times \left(۲ \times ۱۰^۵ - ۱۰^۵\right) = +۳۰۰J$$

۳۲- اگر R ثابت گازها بر حسب $\frac{J}{mol \cdot K}$ باشد، مقدار گرمایی که در حجم ثابت باید به یک مول گاز کامل تک اتمی بدهیم تا دمای آن را یک کلوین بالا ببرد، برابر با کدام است؟ سراسری- ۱۳۸۳

① $\frac{۱}{۲}R$ ② $\frac{۳}{۲}R$ ③ $\frac{۵}{۲}R$ ④ $\frac{۷}{۲}R$

پاسخ: گزینه ۲

$$Q = nC_V(T_۲ - T_۱) = ۱ \times \frac{۳}{۲}R(۱) \Rightarrow Q = \frac{۳}{۲}R$$

۳۳- درون دو ظرف با حجم یکسان، در یکی n مول گاز اکسیژن و در دیگری به همان تعداد مول هلیم وجود دارد. طی یک فرایند هم حجم، به هر دو گاز، مقدار گرمای یکسانی می‌دهیم. اگر نسبت افزایش دمای هلیم به افزایش دمای اکسیژن را با k و نسبت تغییر انرژی درونی گاز هلیم به تغییر انرژی درونی گاز اکسیژن را با m نشان دهیم، کدام گزینه درست است؟ سراسری- ۱۳۹۸

① $m = ۱ \, , \, k > ۱$ ② $m = ۱ \, , \, k = ۱$ ③ $m < ۱ \, , \, k < ۱$ ④ $m > ۱ \, , \, k > ۱$

09125164028 عقیل اسکندری

پاسخ: گزینه ۱

$$\begin{cases} Q_{He} = \frac{3}{2} n_{He} R \Delta T_{He} \\ Q_{O_2} = \frac{5}{2} n_{O_2} R \Delta T_{O_2} \\ n_{O_2} = n_{He} \end{cases} \xrightarrow{\div} \frac{\Delta T_{He}}{\Delta T_{O_2}} \times \frac{3}{5} = 1 \rightarrow \frac{\Delta T_{He}}{\Delta T_{O_2}} = \frac{5}{3} = K \rightarrow K > 1$$

در فرآیند هم‌حجم: $\Delta U = Q + \cancel{W}^{\circ} = Q \rightarrow \frac{\Delta U_{He}}{\Delta U_{O_2}} = \frac{Q_{He}}{Q_{O_2}} = 1 = m \rightarrow m = 1$

۳۴- فشار نیم مول گاز کامل دو اتمی در حجم ثابت، ۲۵ درصد افزایش می‌یابد. اگر دمای اولیه‌ی گاز $300K$ باشد، گاز چند ژول گرما می‌گیرد؟ $(R = 8 \frac{J}{mol \cdot K})$ خارج از کشور- ۱۳۹۶

۱) ۱۵۰۰ ۲) ۹۰۰ ۳) ۷۵۰ ۴) ۴۵۰

پاسخ: گزینه ۳ ابتدا چون حجم ثابت است با استفاده از رابطه‌ی $\frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1}$ دمای ثانویه‌ی گاز را به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1} \xrightarrow[T_1 = 300]{P_2 = P_1 + \frac{1}{4}P_1 = \frac{5}{4}P_1} \frac{\frac{5}{4}P_1}{P_1} = \frac{T_2}{300} \Rightarrow T_2 = 375K$$

برای محاسبه‌ی گرما نیم مول گاز دواتمی در حجم ثابت از رابطه‌ی Q زیر به‌دست می‌آوریم:

$$Q = nC_V \Delta T \xrightarrow[C_V = \frac{5}{2}R]{n = 0/5 mol} Q = 0/5 \times \frac{5}{2} R \times (T_2 - T_1)$$

$$\Rightarrow Q = 0/5 \times \frac{5}{2} \times 8 \times (375 - 300) = 750J$$

۳۵- مقداری گاز کامل، در فرایندی از محیط گرما می‌گیرد. در این صورت: خارج از کشور- ۱۳۹۸

۱) دمای گاز افزایش می‌یابد. ۲) ممکن است دمای گاز ثابت بماند.

۳) انرژی درونی گاز افزایش می‌یابد. ۴) الزاماً گاز روی محیط، کار انجام می‌دهد.

پاسخ: گزینه ۲ می‌تواند گاز گرما دریافت کند ولی دمایش ثابت بماند.

$$T_{\circ} = \text{ثابت} \rightarrow Q + W = 0 \rightarrow Q = -W$$

$$V \uparrow \rightarrow W < 0 \rightarrow Q > 0$$

و گاز منبسط شود:

نرژی درونی هم تابع دمای (مطلق) است. پس می‌تواند ثابت مانده باشد.

۳۶- دستگاهی از گاز کامل در یک فرآیند هم دما ۶۰۰ ژول کار روی محیط انجام می‌دهد. انرژی درونی این دستگاه: سراسری- ۱۳۸۶

۱) ثابت می‌ماند. ۲) ۶۰۰ ژول کاهش می‌یابد.

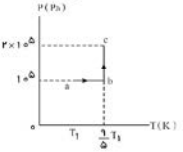
۳) ۶۰۰ ژول افزایش می‌یابد. ۴) بیش از ۶۰۰ ژول کاهش می‌یابد.

پاسخ: گزینه ۱ می‌دانیم انرژی درونی گاز کامل فقط تابع دمای مطلق گاز است پس در فرآیند هم دما که دمای گاز ثابت می‌ماند،

09125164028 عقیل اسکندری

انرژی درونی آن نیز ثابت می‌ماند.

۳۷- نمودار $(P-T)$ ی مقدار معینی گاز کامل تک اتمی، مطابق شکل زیر است. اگر حجم گاز در حالت c برابر ۴٫۵ لیتر باشد، تغییر انرژی درونی گاز در فرایند abc چند ژول است؟ $(C_V=\frac{3}{2}R)$ خارج از کشور- ۱۳۹۸



① ۱۰۰۰
② ۶۰۰
③ ۲۵۰
④ ۱۵۰

پاسخ: گزینه ۲

$$V_C=\frac{nRT_C}{P_C}=۴٫۵\times ۱۰^{-۳}(m^۳)$$

$$\rightarrow \frac{nR\times \frac{۹}{۵}T_۱}{۲\times ۱۰^۵}=۴٫۵\times ۱۰^{-۳}\rightarrow nRT_۱=\frac{۹۰۰}{\frac{۹}{۵}}=۵۰۰(*)$$

فرآیند bc هم‌دما است. یعنی: $\Delta U_{bc}=۰$

$$\begin{cases}\Delta U_{abc}=\Delta U_{ab}+\underbrace{\Delta U_{bc}}_{صفر}=\Delta U_{ab}=Q_{ab}+W_{ab}\\ =nC_V\Delta T_{ab}=\frac{۳}{۲}nR\Delta T_{ab}=\frac{۳}{۲}nR(\frac{۹}{۵}T_۱-T_۱)=\frac{۳}{۲}nR\times\frac{۴}{۵}T_۱\\ \Delta U=nC_V\Delta T \text{ در فرآیند بی دررو هم‌فشار رو هم حجم}\end{cases}$$

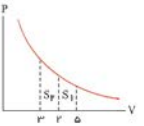
$$(*):\Delta U_{abc}=\frac{۶}{۵}nRT_۱=\frac{۶}{۵}\times ۵۰۰=۶۰۰J$$

۳۸- در یک فرایند بی‌دررو، اگر حجم گاز از $۵Lit$ به $۴Lit$ برسد، کار انجام شده روی گاز برابر $W_۱$ و تغییر انرژی درونی گاز $\Delta U_۱$ است و اگر در ادامهٔ همان فرایند، حجم گاز از $۴Lit$ به $۳Lit$ برسد، کار انجام شده روی گاز $W_۲$ و تغییر انرژی درونی گاز $\Delta U_۲$ ست. کدام رابطه درست است؟ سراسری- ۱۳۹۸

① $\Delta U_۲=\Delta U_۱\ ,\ W_۲=W_۱$
② $\Delta U_۲>\Delta U_۱\ ,\ W_۲>W_۱$
③ $\Delta U_۱>\Delta U_۲\ ,\ W_۱>W_۲$
④ $\Delta U_۲>\Delta U_۱\ ,\ W_۱>W_۲$

09125164028 عقیل اسکندری

پاسخ: **گزینه ۲**

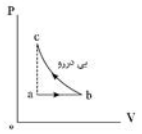


$$\xrightarrow[Q=0]{\text{فرایند بی‌دررو}} \begin{cases} \Delta U = W \\ \Delta U = nC_V\Delta T \end{cases}$$

09125164028

با توجه به نمودار، $S_2 > S_1$ است. یعنی مقدار کار (و همان ΔU) با کاهش حجم از ۴ لیتر به ۳ لیتر مقدار بیشتری خواهد داشت.

۳۹- یک گاز کامل با طی دو فرایند از حالت a به حالت c می‌رود. اگر در این مسیر کار انجام‌شده روی گاز W، گرمای داده شده به گاز Q و تغییر انرژی درونی گاز ΔU باشد، علامت W، Q و ΔU به ترتیب چگونه‌اند؟ سراسری- ۱۳۹۷



(۱) مثبت، صفر و مثبت

(۲) مثبت، مثبت و مثبت

(۳) مثبت، منفی و صفر

(۴) منفی، مثبت و مثبت

پاسخ: **گزینه ۲**

$$\Delta U: \text{نقطهٔ } C \text{ نسبت به } a \text{ از مبدأ نمودار } P-V \text{ دورتر است} \Rightarrow T_C > T_a \Rightarrow U_C > U_a \Rightarrow \Delta U > 0$$

$$W: \begin{cases} a \to b: \text{افزایش حجم} \Rightarrow W_1 < 0 \\ b \to c: \text{کاهش حجم} \Rightarrow W_2 > 0 \end{cases} \xrightarrow{\text{با توجه به مساحت}} |W_2| > |W_1| \Rightarrow W_{کل} > 0$$

$$Q: \begin{cases} a \to b: \text{هم‌فشار} \Rightarrow W_1 < 0 \Rightarrow Q_1 > 0 \\ b \to c: \text{بی‌دررو} \Rightarrow Q_2 = 0 \end{cases} \to Q_{کل} = Q_1 > 0$$

۴۰- درجدول روبه‌رو، به جای X و Y از راست به چپ کدامیک از کلمه‌های زیر مناسب است؟ سراسری- ۱۳۹۴

انرژی درونی	حجم	فشار	نوع فرآیند
X	Y	کاهش	بی دررو

(۱) کاهش، افزایش **(۲) افزایش، افزایش** **(۳) افزایش، کاهش** **(۴) کاهش، کاهش**

پاسخ: **گزینه ۱**

دررفرآیندی بی دررو:

$$(V \propto \frac{1}{P} \propto \frac{1}{T})$$

دررفرآیندی بی دررو با کاهش فشار، حجم گاز افزایش می‌یابد. (انبساط بی دررو) در انبساط بی دررو، دمای گاز کاهش می‌یابد و چون نرژی درونی گازبا دمای آن متناسب است، انرژی درونی نیز کاهش می‌یابد.

۴۱- در کدام یک از فرایندهای نام برده شده، تغییر انرژی درونی مقدار معینی گاز کامل، بزرگ‌تر از کاری است که محیط روی گاز انجام داده است؟ خارج از کشور- ۱۳۹۴

(۱) تراکم بی دررو **(۲) انبساط هم فشار** **(۳) تراکم هم دما** **(۴) انبساط بی‌دررو**

پاسخ: **گزینه ۲ بنا بر قانون اول ترمودینامیک اگر $\Delta U > W$ باشد می توان نتیجه گرفت: $Q > 0$**

گزینه‌های (۱) و (۴) بی‌دررو هستند و Q برای آنها صفر است.

09125164028 عقیل اسکندری

گزینه‌ی (۳): در فرآیند هم دما $\Delta U = 0$ است، پس $W = -Q$ و چون تراکم هم دما می‌باشد (کاهش حجم) کار در این فرآیند مثبت است و $Q < 0$ است.

گزینه‌ی (۲): در فرآیند انبساط هم‌فشار بنابر رابطه $W = -P\Delta V$، می‌توان نتیجه گرفت $W < 0$ است (زیرا $\Delta V > 0$) و در فرآیندهای هم‌فشار داریم: $Q = -۲٫۵W$ پس $Q > 0$ است. بنابراین گزینه‌ی (۲) صحیح است.

۴۲-حجم گاز کاملی V_1 و فشارش P_1 است. آن را یک بار به صورت هم دما و یک بار هم به صورت بی‌دررو منبسط می‌کنیم تا فشارش به $P_2 = \frac{1}{2}P_1$ برسد. حجم ثانویه‌ی گاز در فرآیند هم دما V_2 و در فرایند بی‌دررو V_2' است. در این خصوص، کدام رابطه درست است؟ خارج از کشور- ۱۳۸۹

① $V_2 = V_2' = ۲V_1$ ② $V_2 = V_2' = ۲V_1$ ③ $V_2' > ۲V_1, V_2 = ۲V_1$ ④ $V_2' < ۲V_1, V_2 = ۲V_1$

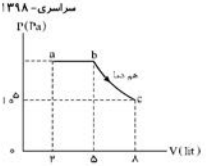
پاسخ: گزینه ۴

فرایند هم دما $PV = nRT \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow V_2 = ۲V_1$

در فرایند بی‌دررو، هنگامی که فشار گاز را نصف می‌کنیم، دمای گاز کاهش می‌یابد. توجه شود در فرایند هم دما گاز از محیط گرما دریافت می‌کند و دما ثابت می‌ماند ولی در فرایند بی‌دررو گاز نمی‌تواند گرمایی از محیط بیرون دریافت کند.

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_1}{V_2} \times \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{V_1}{V_2'} \times \frac{T_2}{T_1}, (T_2 < T_1) \Rightarrow V_2' < ۲V_1$$

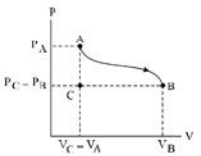
۴۳-نمودار $(P-V)$ ی مقدار معینی گاز تک اتمی مطابق شکل زیر است. انرژی درونی گاز در حالت c چند ژول از انرژی درونی گاز در حالت a بیشتر است؟ $(C_P = \frac{5}{2}R)$ سراسری- ۱۳۹۸



① ۴۵۰ ② ۷۲۰ ③ ۷۵۰ ④ ۱۲۰۰

پاسخ: گزینه ۲

در هر فرآیندی (یا چند فرآیند متوالی ...) مانند فرآیند AB در نمودار رسم شده:



$$\Delta U_{AB} = \underbrace{\Delta U_{AC}}_{\text{هم‌حجم}} + \underbrace{\Delta U_{CB}}_{\text{هم‌فشار}} = (Q_{AC} + \cancel{W_{AC}}^{0}) + (\underbrace{Q_{CB}}_{nC_P\Delta T_{CB}} + \overbrace{W_{CB}}^{-nR\Delta T_{CB} = -P_B\Delta V_{CB}})$$

09125164028 عقیل اسکندری

$$\rightarrow \Delta U_{AB} = nC_V\Delta T_{AC} + \underbrace{(nC_P\Delta T_{CB} - nR\Delta T_{CB})}_{n(C_P-R)\Delta T_{CB}} = nC_V\Delta T_{AC} + nC_V\Delta T_{CB}$$

09125164028

$$\rightarrow \Delta U_{AB} = nC_V(T_C - T_A) + nC_V(T_B - T_C) = nC_V(T_B - T_A) \rightarrow \boxed{\Delta U_{AB} = nC_V\Delta T_{AB}}$$

$$\frac{P_bV_b}{T_b} = \frac{P_eV_e}{T_e} \xrightarrow{T_b=T_e} P_b \times 5 = 10^5 \times 8 \Rightarrow P_b = 1/6 \times 10^5 P_a = P_a$$

$$\Delta U_{ae} = \frac{3}{2}(P_eV_e - P_aV_a) = \frac{3}{2}(8 \times 1 - 1/6 \times 2) \times 100 = 720J$$

۴۴- در یک سیستم گاز کامل، درکدام فرآیند انرژی درونی گاز کاهش می یابد؟ سراسری- ۱۳۸۷

۱) انقباض هم دما **۲) انبساط هم دما** **۳) انبساط بی دررو** **۴) انقباض بی دررو**

پاسخ: گزینه ۳ می دانیم انرژی درونی فقط تابع دماست. بنابراین درفرآیند هم دما انرژی درونی گاز تغییری نمی کند. در فرآیند بی در رو $(Q = 0)$ و $(\Delta U = W)$ است. چون در انبساط $W < 0$ است پس $\Delta U < 0$.

۴۵- در فرایند تراکم بی دررو یک گاز کامل، وقتی فشار گاز ۲ برابر می‌شود. دمای مطلق گاز k برابر می‌شود. k کدام است؟

خارج از کشور- ۱۳۹۱

۱) $k = 1$ **۲)** $k > 2$ **۳)** $k = 2$ **۴)** $1 < k < 2$

پاسخ: گزینه ۴ درفرایند تراکم بی‌دررو، گاز بدون دریافت گرما کار جذب کرده و دما و انرژی درونی اش افزایش می‌یابد و گزینه‌ی (۱) صحیح نمی‌باشد. از طرفی با توجه به این که فرایند تراکم است حجم گاز کاهش یافته و می توان گفت:

$$PV = nRT \Rightarrow T = \underbrace{\frac{PV}{nR}}_{cte} \Rightarrow T_2 = \underbrace{k}_{1<k<2}T_1$$

افزایش می یابد ولی دو برابر نمی‌شود. $T \rightarrow$

۲ برابر $P \rightarrow \uparrow$

کاهش $V \rightarrow \downarrow$

۴۶- در کدام فرآیند ترمودینامیکی، تغییر انرژی درونی گاز کامل با کار انجام شده روی گاز برابر است؟ سراسری- ۱۳۸۸

۱) هم حجم **۲) بی دررو** **۳) هم دما** **۴) هم فشار**

پاسخ: گزینه ۲

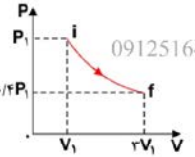
$$\Delta U = Q + W$$

می دانیم که در فرایند بی‌دررو تبادل گرمای محیط با سیستم صفر است بنابراین:

$$\Delta U = \cancel{Q}^{0} + W \Rightarrow \Delta U = W$$

09125164028 عقیل اسکندری

۴۷- مطابق شکل زیر، مقداری گاز کامل، طی فرایندی از حالت i به حالت f می‌رسد. در مورد این فرایند می‌توان گفت: سراسری- ۱۳۹۳



09125164028

۱) فرایند هم دما است.

۲) فرایند بی‌دررو است.

۳) گاز گرما گرفته است.

۴) کار انجام شده روی گاز مثبت است.

پاسخ: **گزینه ۳**

$$T\alpha PV \Rightarrow \begin{cases} T_i\alpha P_iV_i \Rightarrow T_i\alpha P_1V_1 \\ T_f\alpha P_fV_f \Rightarrow T_f\alpha \frac{۴}{۱۰}P_1 \times ۳V_1 \end{cases} \Rightarrow T_f > T_i$$

بنابراین فرایند هم دما نیست. درانبساط بی‌دررو نیز دما کاهش می‌یابد درحالی که دراین سوال دما در انتهای فرایند افزایش یافته است. با توجه به افزایش دما می‌توان استدلال کرد که گاز گرما گرفته است.

توجه: درانبساط کار انجام شده منفی است.

۴۸- در یک انبساط بی‌دررو، کار انجام شده توسط یک مول گاز کامل تک اتمی برابر ۱۶۵۰ ژول است. دمای گاز در این فرایند، چند درجه سلسیوس کاهش می‌یابد؟ $(R = ۸\frac{J}{mol \cdot k})$ خارج از کشور- ۱۳۹۵

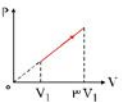
۱) ۶۵ ۲) ۷۵ ۳) ۱۱۲٫۵ ۴) ۱۳۷٫۵

پاسخ: **گزینه ۴ در فرایند بی دررو گرمایی مبادله نمی‌شود. بنابراین تنها راه تبادل انرژی سیستم با محیط انجام کار است.**

$$\Delta U = Q + W \xrightarrow{Q=۰} \Delta U = W \xrightarrow[W<۰]{\text{انبساط}} \frac{۳}{۲}nR\Delta T = -۱۶۵۰$$

$$\Rightarrow \frac{۳}{۲} \times ۱ \times ۸ \times \Delta T = -۱۶۵۰ \Rightarrow \Delta T = -۱۳۷٫۵k \xrightarrow{\Delta T = \Delta\theta} \Delta\theta = -۱۳۷٫۵\ ^\circ C$$

۴۹- نمودار $P - V$ ی گاز کاملی مطابق شکل زیر است. در این فرایند، دمای مطلق گاز چندبرابر شده است؟ خارج از کشور- ۱۳۹۵



۱) ۱٫۵ ۲) ۳

۳) ۶ ۴) ۹

پاسخ: **گزینه ۴ باتوجه به این که شیب نمودار $P - V$ ثابت است یک رابطه‌ی خطی به صورت $P = aV$ بین فشار و حجم گاز در نظر می گیریم که در آن a شیب نمودار است.**

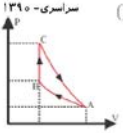
$$P = aV \Rightarrow \frac{P}{V} = a = \text{ثابت} \Rightarrow \frac{P_۲}{V_۲} = \frac{P_۱}{V_۱} \xrightarrow{V_۲ = ۳V_۱} \frac{P_۲}{۳V_۱} = \frac{P_۱}{V_۱} \Rightarrow P_۲ = ۳P_۱$$

$$PV = nRT \rightarrow \frac{P_۲V_۲}{T_۲} = \frac{P_۱V_۱}{T_۱} \Rightarrow \frac{(۳P_۱)(۳V_۱)}{T_۲} = \frac{P_۱V_۱}{T_۱} \Rightarrow \frac{۹}{T_۲} = \frac{۱}{T_۱} \Rightarrow \frac{T_۲}{T_۱} = ۹$$

09125164028 عقیل اسکندری

۵۰- یک گاز کامل تک اتمی چرخه‌ای شامل سه فرایند متوالی هم دما، هم حجم و بی‌دررو را مطابق شکل روبه‌رو، طی می‌کند. کار انجام شده روی محیط در فرایند بی‌دررو، برابر با کدام است؟

سراسری- ۱۳۹۰



09125164028

① کار انجام شده در کل چرخه

② گرمای مبادله شده در فرایند هم دما

③ کار انجام شده در فرایند هم دما

④ گرمای مبادله شده در فرایند هم حجم

پاسخ: **گزینه ۴ در یک چرخه‌ی کامل تغییر انرژی درونی صفر است و فرایند AB هم دما است.**

$$\Delta U = 0 \Rightarrow \underbrace{Q_{AB} + W_{AB}}_{0} + \underbrace{Q_{CA}}_{0} + W_{CA} + Q_{BC} + \underbrace{W_{BC}}_{0} = 0$$

$$W_{CA} + Q_{BC} = 0 \Rightarrow W_{CA} = -Q_{BC}$$

۵۱- در فرآیند انبساط بی‌دررو گاز کامل: خارج از کشور- ۱۳۸۸

① دمای گاز کاهش می‌یابد.

② دمای گاز ثابت می‌ماند.

③ تغییر انرژی درونی گاز صفر است.

④ انرژی درونی گاز افزایش می‌یابد.

پاسخ: **گزینه ۱ در فرایند بی‌دررو $(V \propto \frac{1}{T} \propto \frac{1}{P})$ این تناسب برقرار است و چون انبساط داریم $V \uparrow$ در نتیجه $T \downarrow \leftarrow$ انرژی درونی کاهش**

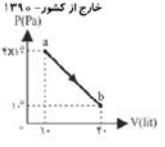
۵۲- در یک فرایند روی مقدار معینی گاز کامل، دمای دستگاه بدون دریافت یا انتقال گرما تغییر می‌کند. این فرایند می‌تواند ..... باشد. سراسری- ۱۳۸۵

① هم حجم ② هم فشار ③ هم دما ④ بی‌دررو

پاسخ: **گزینه ۴ می‌دانیم در فرآیند بی‌دررو $Q = 0$ است.**

۵۳- شکل روبه‌رو نمودار $(P - V)$ مربوط به مقداری گاز کامل است. انرژی درونی گاز در این فرایند چگونه تغییر می‌کند؟

خارج از کشور- ۱۳۹۰



① پیوسته کاهش می‌یابد.

② پیوسته افزایش می‌یابد.

③ ابتدا کاهش، سپس افزایش می‌یابد.

④ ابتدا افزایش، سپس کاهش می‌یابد.

پاسخ: **گزینه ۴ باتوجه به یکسان بودن حاصل‌ضرب PV در a و b، دمای گاز در نقاط یکسان است.**

از طرفی حاصل‌ضرب PV در نقطه‌ی وسط از a و b بیش‌تر است (با مشتق گیری می‌توان ثابت کرد که حاصل‌ضرب PV در وسط این خط بیش‌ترین مقدار را دارد). یعنی دما ابتدا افزایش و سپس کاهش یافته است و باتوجه به رابطه‌ی مستقیم بین انرژی درونی و دما، برای مقدار معینی گاز می‌توان گفت انرژی درونی گاز نیز ابتدا افزایش و سپس کاهش یافته است.

راه دوم باتوجه به یکسان بودن دمای a و b نمودار هم‌دمای گذرا از بین این دو نقطه را ترسیم می‌کنیم و مشاهده می‌شود نقطه‌ی C بالای نمودار قرار دارد و این بدین معناست که: $T_c > T_a = T_b$

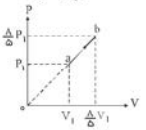
09125164028 عقیل اسکندری

نقطه‌ی C وسط پاره خط $a-b$ است.

۵۴- نمودار $P-V$ ی نیم مول گاز کامل دو اتمی مطابق شکل زیر است. اگر دمای گاز در حالت a، $300K$ باشد، تغییر انرژی درونی گاز در فرایند ab چند ژول است؟ $(R=8\frac{J}{mol\cdot K})$

09125164028

خارج از کشور- ۱۳۹۶



① ۴۶۸۰ ② ۲۸۰۸

③ ۱۸۰۰ ④ ۱۰۵۰

پاسخ: گزینه ۱ تغییر انرژی درونی گاز دواتمی را می‌توانیم از رابطه‌ی زیر به دست آوریم:

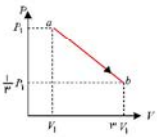
$$\Delta U=\frac{5}{2}nR\Delta T=\frac{5}{2}(P_2V_2-P_1V_1)\rightarrow Q=\frac{5}{2}(\frac{4}{5}P_1\times\frac{4}{5}V_1-P_1V_1)$$

$$\Rightarrow Q=\frac{39}{10}P_1V_1\xrightarrow{P_1V_1=nRT_1}Q=\frac{39}{10}nRT_1\Rightarrow Q=\frac{39}{10}\times 0.5\times 8\times 300=4680J$$

09125164028

۵۵- نمودار $(P-V)$ یک گاز کامل، مطابق شکل رو به رو است. در فرایند ab، .....

خارج از کشور- ۱۳۹۲



① دمای گاز در طول فرایند ثابت می‌ماند.

② کاری که گاز روی محیط انجام می‌دهد منفی است.

③ انرژی درونی گاز ابتدا کاهش، سپس افزایش می‌یابد.

④ گرمایی که گاز می گیرد برابر کاری است که گاز روی محیط انجام می‌دهد.

پاسخ: گزینه ۴

ابتدا انرژی درونی را در ابتدا و انتهای فرایند بررسی می‌نماییم.

$$U\propto P\cdot V\qquad \left.\begin{array}{l}U_a=P_1V_1\\ U_b=\frac{1}{3}P_1\cdot 3V_1\end{array}\right\}\Rightarrow U_a=U_b$$

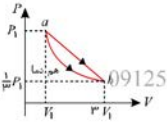
حال تک تک گزینه‌ها را بررسی می‌نمائیم:

گزینه‌ی (۱): با توجه به یکسان بودن انرژی درونی در ابتدا و انتهای فرایند اگر نمودار هم‌دمای گذرنده از a و b را ترسیم کنیم متوجه می شویم که دمای گاز در ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد بنابراین گزینه‌ی (۱) نادرست است. (نمودار هم دما زیر این نمودار قرار می گیرد.)

گزینه‌ی (۲): در طول فرایند حجم گاز افزایش یافته است بنابراین کاری که گاز روی محیط انجام می‌دهد و گزینه‌ی (۲) هم نادرست ست.

گزینه‌ی (۳): با توجه به آن چه در شرح گزینه‌ی (۱) بیان کردیم دمای گاز ابتدا افزایش و سپس کاهش می یابد بنابراین این گزینه نیز نادرست است.

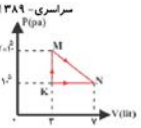
09125164028 عقیل اسکندری



$$\Delta U = U_b - U_a \xrightarrow{U_b - U_a} \Delta U = ۰ \Rightarrow Q + W = ۰ \Rightarrow Q = |W|$$ گزینه‌ی (۴)

09125164028

۵۶- مطابق شکل مقابل، گاز دو اتمی، از طریق دو مسیر از K به N رسیده است. گرمایی که گاز در مسیر KMN گرفته، چند ژول است؟ $(C_{mV} = \frac{۵}{۲}R, C_{mP} = \frac{۷}{۲}R)$



① ۶۰۰
② ۸۰۰
③ ۱۶۰۰
④ ۱۲۰۰

09125164028

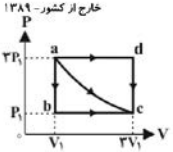
پاسخ: گزینه ۳

$$\Delta U_{KMN} = \Delta U_{KN} \Rightarrow Q_{KMN} + W_{KM} + W_{MN} = Q_{KN} + W_{KN} \quad , \quad (W_{KM} = ۰)$$

$$\Rightarrow Q_{KMN} = Q_{KN} + W_{KN} - W_{MN} \Rightarrow Q_{KMN} = \frac{۷}{۲}P \cdot \Delta V - P \cdot \Delta V - (-S_{MN})$$

$$= \frac{۵}{۲} \times ۱۰^۵ \times (۴ \times ۱۰^{-۳}) + \frac{۳ \times ۱۰^۵ \times ۴ \times ۱۰^{-۳}}{۲} = ۱۶۰۰J$$

۵۷- مطابق شکل روبه‌رو، مقداری گاز کامل تک اتمی طی سه فرآیند ac، abc و adc از حالت a به حالت c می‌رود. در این خصوص، کدام بیان نادرست است؟



① تغییر انرژی درونی گاز در هر سه فرآیند یکسان است.
② تغییر انرژی درونی گاز در هر سه فرآیند برابر صفر است.
③ در هر سه فرآیند گاز گرمای یکسانی دریافت کرده است.
④ کار در فرآیند adc، ۳ برابر کار در فرآیند abc است.

09125164028

پاسخ: گزینه ۳

$$\Delta U = \frac{۳}{۲}nR\Delta T$$

$$PV = nRT \Rightarrow T = \frac{PV}{nR} \Rightarrow \begin{cases} T_a = \frac{۳P_1V_1}{nR} \\ T_c = \frac{۳P_1V_1}{nR} \end{cases} \Rightarrow T_c - T_a = ۰ \Rightarrow \Delta U = ۰ \Rightarrow \Delta U_{adc} = \Delta U_{ac} = \Delta U_{abc}$$

$$W_{adc} = W_{ad} + W_{dc} = ۳P_1 \times (۳V_1 - V_1) + ۰ = ۶P_1V_1$$

$$W_{abc} = W_{ab} + W_{bc} = ۰ + P_1 \times (۳V_1 - V_1) = ۲P_1V_1$$

بنابر قانون اول ترمودینامیک داریم:

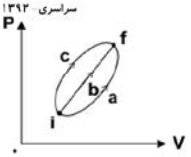
$$\Delta U = Q + W$$

09125164028 عقیل اسکندری

$$\Rightarrow \begin{cases} 0 = Q_{adc} + W_{adc} \Rightarrow Q_{adc} = -W_{adc} \\ 0 - Q_{abc} + W_{abc} \rightarrow Q_{abc} - -W_{abc} \end{cases} \Rightarrow$$ یعنی گرمای دریافت شده در فرایند abc و adc یکسان نمی باشد

۵۸- نمودار $(P-V)$ی گاز کاملی که از سه مسیر a ، b و c از حالت i به حالت f می رود، مطابق شکل زیر است. اگر تغییر انرژی درونی گاز ΔU و گرمایی که گاز می گیرد Q باشد، کدام رابطه درست است؟

سراسری ۱۳۹۲



① $Q_c > Q_b > Q_a$

② $Q_a > Q_b > Q_c$

③ $\Delta U_a = \Delta U_b = \Delta U_c < 0$

④ $\Delta U_a = \Delta U_b = \Delta U_c = 0$

پاسخ: گزینه ۱ برای مقدار معینی گاز کامل، انرژی درونی فقط تابع دمای مطلق گاز است، بنابراین دراین سؤال چون ابتدا و انتها برای هر سه مسیر یکسان است، بنابراین تغییرات انرژی درونی در هر سه مسیر یکسان خواهد بود و از طرفی چون فشار و حجم در انتهای مسیر بیش‌تر از فشار و حجم در ابتدای مسیر است، بنابراین دمای مطلق درانتهای مسیر بیش‌تر از ابتدای مسیر است و بنابراین داریم:

$$\Delta U_a = \Delta U_b = \Delta U_c > 0 \qquad (1)$$

از طرفی مساحت زیر نمودار $P-V$ و محور حجم برابر با اندازه‌ی کاری است که محیط روی گاز انجام می‌دهد و چون فرایند انبساطی است، کار محیط روی گاز منفی است.

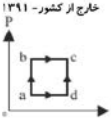
$$S_a < S_b < S_c \Rightarrow |W_a| < |W_b| < |W_c| \xrightarrow[W<0]{\text{فرایند انبساطی}} W_c < W_b < W_a < 0 \qquad (2)$$

با توجه به قانون اول ترمودینامیک $(\Delta U = Q + W)$ و روابط (۱) و (۲)، می توان نتیجه گرفت:

$$Q_c > Q_b > Q_a > 0$$

۵۹- یک گاز کامل تک اتمی از دو مسیر abc و adc از حالت a به حالت c می‌رود. کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟

خارج از کشور- ۱۳۹۱



① گرمایی که گاز در هر دو مسیر می گیرد، یکسان است.

② گرمایی که گاز درمسیر abc می گیرد، بیشتر از گرمایی است که در مسیر adc می گیرد.

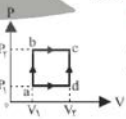
③ کار انجام شده توسط گاز در مسیر adc، بیش تر از کار انجام شده در مسیر abc است.

④ تغییر انرژی درونی گاز در مسیر abc بیش تر از تغییر انرژی درونی گاز در مسیر adc است.

پاسخ: گزینه ۲ برای پاسخ به این سؤال، به موارد زیر توجه کنید:

۱- با توجه به این که در مسیرهای abc و adc نقطه ی آغاز و پایان یکسان است. بنابراین تغییر انرژی درونی در دو مسیر یکسان ست.

$$\Delta U = \frac{3}{2}(P_cV_c - P_aV_a) \Rightarrow \Delta U_{abc} = \Delta U_{adc}$$



۲- در فرایندهای ab و cd کار صفر است (زیرا فرآیند هم حجم است.) و در فرآیندهای bc و ad که انبساط هم فشار هستند، کار انجام شده منفی است.

09125164028 عقیل اسکندری

$$W_{abc} = W_{ab} + W_{bc} = 0 + (-P_2(V_2 - V_1)) = -P_2(V_2 - V_1)$$
$$W_{adc} = W_{ad} + W_{dc} = W_{ad} + 0 = -P_1(V_2 - V_1)$$

۳- گرمای داده شده به گاز در مسیر abc از adc بیش‌تر است، محاسبات زیر این موضوع را تأیید می‌کند (دقت شود که ΔU در دو مسیر یکسان است)

09125164028

$$\Delta U = Q + W \Rightarrow Q = \Delta U - W$$
$$\begin{cases} Q_{abc} = \Delta U + P_2(V_2 - V_1) \\ Q_{adc} = \Delta U + P_1(V_2 - V_1) \end{cases} \xrightarrow{P_2 > P_1} Q_{abc} > Q_{adc}$$

۶۰- مقداری گاز کامل تک اتمی درفشار P_1 ، حجم V_1 ودمای مطلق T_1 قراردارد. طی یک فرآیند هم حجم دمای گاز به $T_2 = 2T_1$ می رسد و گازگرمای Q_1 را دریافت می کند. سپس طی یک فرآیند هم فشار دمای گاز به $T_3 = 4T_2$ می رسد و گاز گرمای Q_2 رادریافت می کند. Q_2 چندبرابر Q_1 است؟ سراسری- ۱۳۸۷

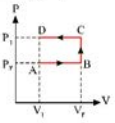
① ۵ ② ۱۰ ③ $\frac{5}{6}$ ④ $\frac{10}{3}$

09125164028

پاسخ: گزینه ۲

$$\left.\begin{aligned} Q_1 &= nC_V(T_2 - T_1) = n \times \frac{3}{2}R(T_2 - T_1) = \frac{3}{2}nR(2T_1 - T_1) \Rightarrow Q_1 = \frac{3}{2}nR(T_1) = \frac{3}{2}nRT_1 \\ Q_2 &= nC_P(T_3 - T_2) = n \times \frac{5}{2}R(4T_2 - T_2) = 3 \times \frac{5}{2}nRT_2 \Rightarrow Q_2 = \frac{15}{2}nR(2T_1) = 15nRT_1 \end{aligned}\right\}$$
$$\Rightarrow \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{15nRT_1}{\frac{3}{2}nRT_1} = 10$$

۶۱- مطابق شکل گاز کاملی طی سه فرآیند BC ،AB و CD از نقطه A به نقطه D می‌رود، کدام گزینه‌ی زیر درست است؟ سراسری- ۱۳۸۶



① انرژی درونی گاز ثابت می‌ماند.
② کار محیط روی گاز منفی است.
③ انرژی درونی گاز افزایش می‌یابد.
④ کاری که گاز روی محیط انجام می‌دهد برابر صفر است.

09125164028 عقیل اسکندری

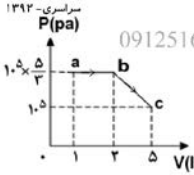
پاسخ: گزینه ۳ چون انرژی درونی به مسیر بستگی ندارد. می‌توانیم مسیر AD را جایگزین مسیر $ABCD$ کنیم. در مسیر AD حجم ثابت و چون فشار افزایش می‌یابد. $(P_2 > P_1)$

دمای گاز نیز زیاد می‌شود بنابراین انرژی درونی گاز زیاد می‌شود. $PV_{\text{ثابت}} = nRT \uparrow \uparrow$

$$nR = \frac{PV \leftarrow \text{ثابت} \rightarrow \text{زیاد}}{T \rightarrow \text{زیاد}}$$

۶۲- نمودار $(P-V)$ی یک گاز کامل تک اتمی مطابق شکل زیر است. گرمایی که گاز در فرایند abc با محیط مبادله می‌کند، چند ژول است؟ $(R=۸\frac{A}{mol\cdot K})$

سراسری- ۱۳۹۲



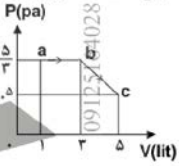
09125164028

① ۱۱۰۰ ② ۳۳۰۰ ③ $\frac{۱۷۰۰}{۳}$ ④ $\frac{۲۳۰۰}{۳}$

پاسخ: **گزینه ۱** مطابق نمودار، فرایند ab یک فرایند هم فشار است، بنابراین می توان نوشت:

$$Q_{ab}=nC_P(T_b-T_a)\xrightarrow[C_P=\frac{۵}{۲}R]{PV=nRT}Q_{ab}=\frac{۵}{۲}P_{ab}(V_b-V_a)$$

$$\Rightarrow Q_{ab}=\frac{۵}{۲}\times\frac{۵}{۳}\times ۱۰^۵\times(۳-۱)\times ۱۰^{-۳}\Rightarrow Q_{ab}=\frac{۲۵۰۰}{۳}J$$



از طرفی داریم:

$$P_aV_a=P_cV_c\Rightarrow T_b=T_c\Rightarrow U_b=U_c\Rightarrow\Delta U_{bc}=۰$$

بنابراین با استفاده از قانون اول ترمودینامیک داریم:

$$\Delta U_{bc}=Q_{bc}+W_{bc}=۰\Rightarrow Q_{bc}=-W_{bc}$$

$$\Rightarrow Q_{bc}=\frac{۱}{۲}\times(۵-۳)\times ۱۰^{-۳}\times(۱+\frac{۵}{۳})\times ۱۰^۵\Rightarrow Q_{bc}=\frac{۸۰۰}{۳}J$$

$$Q_{ac}=Q_{ab}+Q_{bc}=\frac{۲۵۰۰}{۳}+\frac{۸۰۰}{۳}\Rightarrow Q_{ac}=۱۱۰۰J$$

۶۳- دمای نیم مول گاز تک اتمی طی یک فرایند هم فشار از $۷^\circ C$ به $۱۴۷^\circ C$ می‌رسد. سپس طی یک فرایند هم‌حجم، فشار گاز، ۲۵ درصد کاهش می‌یابد. تغییر انرژی درونی گاز در کل فرایندها چند ژول است؟ $(C_V=۱۲\frac{J}{mol\cdot k})$

خارج از کشور- ۱۳۹۵

① ۲۱۰ ② ۲۴۰ ③ ۵۶۰ ④ ۱۰۸۰

پاسخ: **گزینه ۱** تغییر انرژی درونی گاز تک اتمی را در هر حالت به دست می‌آوریم:

$$\left.\begin{matrix}\theta_۱=۷^\circ C\to T_۱=۲۸۰k\\ \theta_۲=۱۴۷^\circ C\to T_۲=۴۲۰k\end{matrix}\right\}\Rightarrow\Delta U_۱=nC_V\Delta T=۰/۵\times۱۲\times(۴۲۰-۲۸۰)\Rightarrow\Delta U_۱=۸۴۰J$$

در حجم ثابت، فشار با دمای مطلق گاز متناسب است. بنابراین اگر در حجم ثابت، فشار گاز ۲۵ درصد کاهش یابد دمای مطلق گاز نیز ۲۵ درصد کاهش می‌یابد.

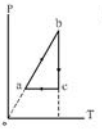
$$T_۳=۰/۷۵T_۲=۰/۷۵\times۴۲۰\to T_۳=۳۱۵k$$

$$\Delta U_۲=nC_V\Delta T'=۰/۵\times۱۲(۳۱۵-۴۲۰)=-۶۳۰J$$

09125164028 عقیل اسکندری

$$\Delta U_T = \Delta U_1 + \Delta U_2 = 840 + (-630) = 210\,J$$

۶۴- چرخهٔ روبه رو، مربوط به مقدار معینی گاز کامل است. در این چرخه کدام مورد درست است؟ خارج از کشور ۱۳۹۷



09125164028

① $|W_{bc}| < W_{ca}$

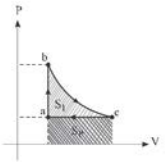
② $|Q_{ca}| > Q_{ab}$

③ $|\Delta U_{ca}| < \Delta U_{ab}$

④ $|\Delta U_{ca}| > \Delta U_{ab}$

پاسخ: **گزینه ۲**

توجه کنید که نمودار داده شده در سوال، نمودار $P-T$ (فشار - زمان) است بنابراین برای تحلیل راحت تر گزینه‌ها نمودار $P-V$ (فشار - حجم) را رسم می کنیم.



می دانیم اندازهٔ کار انجام شده در یک فرایند برابر است با مساحت زیر نمودار آن فرایند در نمودار $P-V$. بنابراین داریم:

$$\left.\begin{matrix}|W_{bc}| = S_1 \\ W_{ca} = S_2\end{matrix}\right\} \xrightarrow{S_1 > S_2} |W_{bc}| > W_{ca} \Rightarrow \text{گزینهٔ ۱ غلط است}$$

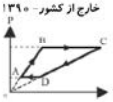
می دانیم در یک چرخه $\Delta U = 0$ می باشد پس داریم:

$$\left.\begin{matrix}\Delta U_{\text{چرخه}} = 0 \Rightarrow \Delta U_{ab} + \Delta U_{bc} + \Delta U_{ca} = 0 \\ \text{فرآیند } bc \text{ هم‌دما} \Rightarrow \Delta U_{bc} = 0\end{matrix}\right\}$$

$$\Rightarrow \Delta U_{ab} + \Delta U_{ca} = 0 \Rightarrow \Delta U_{ab} = -\Delta U_{ca} \Rightarrow |\Delta U_{ca}| = |\Delta U_{ab}| \Rightarrow \text{گزینهٔ ۳ و ۴ غلط است}$$

$$\left.\begin{matrix}\text{فرایند } ab \text{ هم‌حجم است} \Rightarrow Q_{ab} = nC_V\Delta T_{ab} \\ \text{فرایند } ca \text{ هم‌فشار است} \Rightarrow Q_{ca} = nC_P\Delta T_{ca}\end{matrix}\right\} \xrightarrow[C_P > C_V]{|\Delta T_{ca}| = \Delta T_{ab}} |Q_{ca}| > Q_{ab} \Rightarrow \text{گزینهٔ ۲ صحیح است}$$

۶۵- نمودار $(P-T)$ یک گاز کامل مطابق شکل مقابل است. کدام گزینه‌ی زیر درست است؟ خارج از کشور ۱۳۹۰



① $W_{CD} > W_{AB}$

② $Q_{BC} < |Q_{DA}|$

③ $|Q_{CD}| > Q_{AB}$

④ $|W_{BC}| < W_{DA}$

پاسخ: **گزینه ۳** تذکر: در یک فرآیند هم حجم، نمودار $P-T$ خطی عبوری از مبدأ می‌باشد که شیب آن برابر $\frac{nR}{V}$ است.

$$PV = nRT$$

$$\tan\alpha = \frac{P}{T} = \frac{nR}{V}$$

V (افزایش) $\Rightarrow \alpha$ (کاهش) $\Rightarrow$ شیب خط کاهش می‌یابد.

بنابراین فرآیندهای AB و CD هم حجم هستند و کار آن‌ها صفر است. از طرفی با توجه به شیب خطوط AB و CD

09125164028 عقیل اسکندری

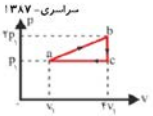
حجم گاز در فرآیند CD از AB بیش‌تر است. (در فرآیند هم حجم کار انجام شده بر روی گاز توسط محیط صفر است.)

$$W_{AB} = W_{CD} = 0$$

$$|Q| = \frac{3}{2}V\Delta P \xrightarrow{(\Delta P_{AB} = \Delta P_{CD})} V_{CD} > V_{AB} \Rightarrow |Q_{CD}| > |Q_{AB}|$$

۶۶- یک گازکامل تک اتمی چرخه ای را مطابق شکل می پیماید. تغییر انرژی درونی گاز در فرآیند ab، چند برابر P_1V_1 است؟ ($C_V = \frac{3}{2}R, C_P = \frac{5}{2}R$)

سراسری- ۱۳۸۷



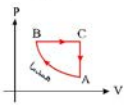
۱) ۴٫۵
۲) ۸
۳) ۱۰٫۵
۴) ۱۵

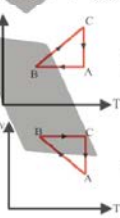
پاسخ: گزینه ۳

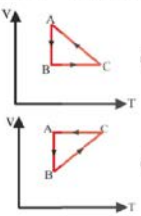
$$\frac{PV}{T} = nR \Rightarrow T = \frac{PV}{nR} \Rightarrow T_a = \frac{P_1V_1}{nR}, T_b = \frac{2P_1 \times 4V_1}{nR} = \frac{8P_1V_1}{nR}$$

$$\Delta U = \frac{3}{2}nR\Delta T = \frac{3}{2}nR\left(\frac{8P_1V_1}{nR} - \frac{P_1V_1}{nR}\right) = \frac{3}{2} \times 7P_1V_1 = \frac{21}{2}P_1V_1 = 10{,}5P_1V_1$$

۶۷- نمودار $P - V$ ، سه فرایند ترمودینامیکی گاز کامل رسم شده است. نمودار $V - T$ آن‌ها کدام است؟ سراسری- ۱۳۸۵



۱)


۲)


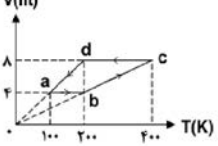
۳)

۴)

پاسخ: گزینه ۴ فرایند AB یک فرایند هم‌دما که نمودارهای ۲ و ۴ می‌تواند درست باشند فرایند BC نیز هم فشار می‌باشد ($V = kT$) که در این صورت فقط گزینه‌ی ۴ می‌تواند درست باشد.

۶۸- یک مول گاز کامل تک‌اتمی، چرخه‌ای مطابق شکل را طی می‌کند. گاز در کل چرخه چند ژول گرما از محیط می‌گیرد؟ ($R = 8\frac{J}{mol \cdot K}$)

خارج از کشور- ۱۳۸۷



۱) ۲۰۰
۲) ۴۰۰
۳) ۶۰۰
۴) ۸۰۰

پاسخ: گزینه ۴

در یک چرخه $\Delta U = 0$ می‌باشد.

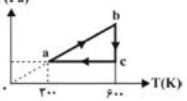
09125164028 عقیل اسکندری

فرآیند bc و ad که هم فشار می‌باشد. $(W = -P\Delta V = -nR\Delta T)$

$$\Delta U = Q + W \Rightarrow ۰ = Q + W \Rightarrow Q = -W$$
$$W = W_{ab} + W_{bc} + W_{cd} + W_{da} = ۰ + W_{bc} + ۰ + W_{da} = W_{bc} + W_{da}$$
$$W = -nR(T_c - T_b) - nR(T_a - T_d)$$
$$= -۱ \times ۸ \times (۴۰۰ - ۲۰۰) - ۱ \times ۸(۱۰۰ - ۲۰۰) = -۸۰۰J \Rightarrow Q = ۸۰۰J$$

۶۹- نمودار $(P-T)$ برای یک مول گاز کامل تک اتمی، مطابق شکل است. کار انجام شده روی گاز در فرآیند ca چند ژول است؟ $(R = ۸J/mol \cdot K)$

خارج از کشور- ۱۳۸۸



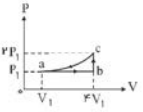
① صفر
② ۱۲۰۰
③ ۲۴۰۰
④ باید فشار گاز در حالت a معین باشد.

پاسخ: گزینه ۳

$$PV = nRT \Rightarrow V = (\frac{nR}{P})T \Rightarrow V_۲ - V_۱ = \frac{nR}{P}(T_۲ - T_۱)$$
$$\Rightarrow W = -P\Delta V = -nR\Delta T \Rightarrow ۸۰۰ \times (۳۰۰ - ۶۰۰) = ۲۴۰۰J$$

۷۰- مقداری گاز کامل تک اتمی، چرخه‌ای را مطابق شکل زیر می‌پیماید. اگر گاز در فرایند ab، ۱۵۰۰J گرما بگیرد، انرژی درونی آن در فرایند ca، چند ژول کاهش یافته است؟

سراسری- ۱۳۹۶



① ۱۵۰۰
② ۱۸۰۰
③ ۲۱۰۰
④ ۲۴۰۰

پاسخ: گزینه ۳ در فرآیند ab که یک فرآیند هم‌فشار است داریم:

$$Q_{ab} = \frac{۵}{۲}P\Delta V = \frac{۵}{۲}P_۱(۴V_۱ - V_۱) = \frac{۵}{۲}P_۱ ۳V_۱ \xrightarrow{Q=۱۵۰۰J} ۱۵۰۰ = \frac{۵}{۲} \times ۳P_۱V_۱ \Rightarrow P_۱V_۱ = ۲۰۰$$

چون گاز تک اتمی است برای محاسبه‌ی تغییرات انرژی درونی از رابطه‌ی زیر استفاده می‌کنیم:

$$\Delta U_{ca} = \frac{۳}{۲}nR\Delta T = \frac{۳}{۲}nR(\frac{P_۱V_۱}{nR} - \frac{۸P_۱V_۱}{nR}) = -\frac{۳}{۲} \times ۷P_۱V_۱ = -\frac{۲۱}{۲} \times ۲۰۰ = -۲۱۰۰J$$

۷۱- اگر دمای چشمه‌ی سرد یک ماشین گرمایی را که با چرخه‌ی کارنو کار می‌کند ۱۰۰ کلوین کاهش دهیم، بازده آن از η به $\eta + ۲۰\%$ تبدیل می‌شود. دمای چشمه‌ی گرم این ماشین چند درجه‌ی سلسیوس است؟

سراسری- ۱۳۹۲

① ۵۰۰
② ۳۲۷
③ ۳۰۰
④ ۲۲۷

پاسخ: گزینه ۴ با استفاده از رابطه‌ی بازده‌ی ماشین گرمایی که چرخه‌ی کارنو را طی می‌کند، می‌توان نوشت:

$$\eta_{max} = ۱ - \frac{T_L}{T_H} \qquad (I)$$

در حالت دوم: با کاهش دمای چشمه‌ی سرد، بازده‌ی ماشین ۲۰٪ یا $\frac{۱}{۵}$ افزایش می‌یابد، بنابراین داریم:

09125164028 عقیل اسکندری

$$\eta'_{max} = 1 - \frac{T'_L}{T_H} \Rightarrow \eta_{max} + \frac{1}{5} = 1 - \frac{T_L - 100}{T_H}$$

$$\xrightarrow{(I)} 1 - \frac{T_L}{T_H} = \frac{1}{5} \Rightarrow \frac{T_L}{T_H} = \frac{100}{T_H} \Rightarrow T_H = 500K \Rightarrow \theta_H = 227^\circ C$$

۷۲- اختلاف دمای منبع گرم و منبع سرد در یک ماشین گرمایی $27^\circ C$ است. اگر بیشترین بازده این ماشین ۳۰٪ باشد، دمای منبع گرم تقریبا چند درجه سانتیگراد است؟ سراسری- ۱۳۸۴

① ۹۰ ② -210 ③ -156 ④ -183

پاسخ: گزینه ۴

$$\eta_{max} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = \frac{T_H - T_L}{T_H} \Rightarrow 0,3 = \frac{27}{T_H} \Rightarrow T_H = 90K$$
$$T_H = \theta + 273 \Rightarrow 90 = \theta + 273 \Rightarrow \theta = -183^\circ C$$

۷۳- حداکثر بازده ماشین حرارتی که بین دماهای جوش و انجماد آب (۱۰۰ و صفر درجه‌ی سلسیوس) کار می‌کند، تقریباً چند درصد است؟ سراسری- ۱۳۸۹

① ۱۵ ② ۲۷ ③ ۴۰ ④ ۳۳

پاسخ: گزینه ۲

$$\eta_{max} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{0 + 273}{100 + 273} = 1 - \frac{273}{373} = \frac{100}{373} \Rightarrow \eta_{max} = 0,27 = 27\%$$

۷۴- یک ماشین که با چرخه‌ی کارنو کار می‌کند به اندازه $1,26 \times 10^7$ ژول گرما از منبع گرم با دمای ۶۲۷ درجه‌ی سلسیوس گرفته و مقداری از آن را به منبع سرد با دمای ۲۷ درجه‌ی سلسیوس می‌دهد، کار انجام شده توسط ماشین و گرمایی را که به چشمه‌ی سرد داده است، به ترتیب از راست به چپ هر کدام چند ژول است؟ سراسری- ۱۳۸۸

① $|Q_L| = 8,4 \times 10^6, |W| = 4,2 \times 10^6$ ② $|Q_L| = 4,2 \times 10^6, |W| = 8,4 \times 10^6$

③ $|Q_L| = 6 \times 10^5, |W| = 12 \times 10^6$ ④ $|Q_L| = 12 \times 10^6, |W| = 6 \times 10^5$

پاسخ: گزینه ۲

$$\eta_{max} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{27 + 273}{627 + 273} = 1 - \frac{300}{900} = \frac{2}{3}$$
$$\eta_{max} = \frac{|W|}{Q_H} \Rightarrow \frac{2}{3} = \frac{|W|}{1,26 \times 10^7} \Rightarrow |W| = 0,84 \times 10^7 = 8,4 \times 10^6 J$$
$$Q_H = |Q_L| + |W| \Rightarrow |Q_L| = Q_H - |W| = 1,26 \times 10^7 - 0,84 \times 10^7$$
$$= 0,42 \times 10^7 = 4,2 \times 10^6 J$$

۷۵- دمای چشمه‌ی سرد در یک ماشین گرمایی کارنو، ۷ درجه‌ی سلسیوس و بازده آن ۵۰ درصد است. اگر با ثابت ماندن دمای چشمه‌ی گرم، بازده ماشین به ۴۰ درصد رسیده باشد، دمای چشمه‌ی سرد چند درجه افزایش یافته است؟ خارج از کشور- ۱۳۸۸

① ۴۲ ② ۴۹ ③ ۵۶ ④ ۶۳

09125164028 عقیل اسکندری

پاسخ: گزینه ۳

$$\eta = 1 - \frac{T_L}{T_H} \Rightarrow \begin{cases} 0/5 = 1 - \frac{273+7}{T_H} \\ 0/4 = 1 - \frac{T_L}{T_H} \Rightarrow 0/4 = 1 - \frac{T_L}{560} \end{cases}$$
$$\Rightarrow T_L = 336K \Rightarrow \theta_L = 336 - 273 = 63^\circ C$$
$$\Rightarrow \Delta\theta_C = 63 - 7 = 56^\circ C$$

در نتیجه دمای چشمه‌ی سرد، ۵۶ درجه‌ی سلسیوس افزایش یافته است.

۷۶- یک ماشین گرمایی کارنو در هر ثانیه ۴۰۰ ژول کار انجام می‌دهد و بین دو منبع سرد و گرم با دماهای $47^\circ C$ و $127^\circ C$ کار می‌کند. گرمایی که در هر ثانیه توسط ماشین از چشمه‌ی گرم گرفته می‌شود، چند ژول است؟ خارج از کشور- ۱۳۸۷

① ۲۰۰۰ ② ۴۰۰۰ ③ ۶۰۰۰ ④ ۸۰۰۰

پاسخ: گزینه ۱

$$\eta_{max} = 1 - \frac{T_L}{T_H} \Rightarrow \eta_{max} = 1 - \frac{273+47}{273+127} = 1 - \frac{320}{400} = \frac{1}{5}$$
$$\eta_{max} = \frac{|W|}{Q_H} \Rightarrow \frac{1}{5} = \frac{400}{Q_H} \Rightarrow Q_H = 2000J$$

۷۷- بازده یک ماشین کارنو ۲۵ درصد است. این ماشین بین دو چشمه با دمای ثابت که اختلاف دمای آن‌ها $100^\circ C$ است، کار می کند. دمای چشمه‌ی گرم چند درجه ی سلسیوس است؟ خارج از کشور- ۱۳۹۳

① ۱۲۷ ② ۴۰۰ ③ ۵۲۷ ④ ۸۰۰

پاسخ: گزینه ۱

$$\eta = 1 - \frac{T_L}{T_H} \to \frac{1}{4} = 1 - \frac{T_L}{T_L+100} \Rightarrow \frac{T_L}{T_L+100} = \frac{3}{4} \to T_L = 300K \to T_H = 400K \to \theta_H = 400 - 273 = 127^\circ C$$

۷۸- بازده‌ی یک ماشین گرمایی کارنو، ۳۰ درصد است. اگر برحسب درجه‌ی سلسیوس دمای منبع گرم آن ۴ برابر دمای منبع سرد آن باشد، دمای منبع سرد، چند درجه‌ی سلسیوس است؟ سراسری- ۱۳۹۵

① ۲۸ ② ۳۵/۵ ③ ۴۵/۵ ④ ۹۱

پاسخ: گزینه ۳ بازده ماشین گرمایی کارنو از رابطه‌ی $\eta = 1 - \frac{T_L}{T_H}$ به دست می‌آید. بنابراین :

$$\eta = 1 - \frac{T_L}{T_H} \to \eta = 1 - \frac{\theta_c + 273}{\theta_h + 273} \xrightarrow{\theta_H = 4\theta_C} \frac{30}{100} = 1 - \frac{\theta_C + 273}{4\theta_C + 273}$$
$$\to \frac{\theta_C + 273}{4\theta_C + 273} = \frac{7}{10} \to 28\theta_C + 7 \times 273 = 10\theta_C + 2730 \to 18\theta_C = 819$$
$$\to \theta_C = 45/5^\circ C$$

09125164028 عقیل اسکندری

۷۹- کدام داده‌ها، ممکن است مربوط به ماشین گرمایی باشد که دمای چشمه های گرم و سرد آن به ترتیب $۴۰۰K$ و $۳۰۰K$ است؟

خارج از کشور- ۱۳۹۴

① $Q_H = ۱۰kJ\ ,\ |Q_L| = ۸kJ\ ,\ |W| = ۲kJ$

② $Q_H = ۲kJ\ ,\ |Q_L| = ۲kJ\ ,\ |W| = ۱kJ$

③ $Q_H = ۶kJ\ ,\ |Q_L| = ۴kJ\ ,\ |W| = ۱kJ$

④ $Q_H = ۸kJ\ ,\ |Q_L| = ۷٫۵kJ\ ,\ |W| = ۱٫۵kJ$

پاسخ: گزینه ۱ اولاً ماشین گرمایی که بین این دو دما کار کند، بازده حداکثری آن برابر است با:

$$\eta_{\max} = ۱ - \frac{T_L}{T_H} \Rightarrow \eta_{\max} = ۱ - \frac{۳۰۰}{۴۰۰} = ۰٫۲۵ \Rightarrow \eta_{\max} = ۲۵\%$$

همچنین با بررسی گزینه‌های مشخص می‌شود که در گزینه‌های (۳) و (۴) اصلاً قانون اول ترمودینامیک صدق نمی‌کند و بین دو گزینه ی دیگر در گزینه‌ی (۱) بازده زیر ۲۵% می‌باشد.

گزینه‌ی ۱: $\eta = ۱ - \frac{Q_L}{Q_H} = ۱ - \frac{۸}{۱۰} = ۰٫۲ \xrightarrow{\times ۱۰۰} \eta_۱ = ۲۰\%$

و در گزینه‌ی (۲) راندمان بیش از ۲۵% است که این با شرط $\eta_{\max} = ۲۵\%$ تناقض دارد.

گزینه‌ی ۲: $\eta = ۱ - \frac{۲}{۳} = \frac{۱}{۳} \xrightarrow{\times ۱۰۰} \eta \simeq ۳۳\%$

۸۰- بازده یک ماشین گرمایی که در هر چرخه $۸۰۰J$ گرما به چشمه سرد می‌دهد، برابر ۰٫۲ است. این ماشین در هر چرخه چند ژول گرما از چشمه گرم می‌گیرد؟

سراسری- ۱۳۸۱

① ۱۰۰۰ ② ۱۶۰۰ ③ ۲۰۰۰ ④ ۴۰۰۰

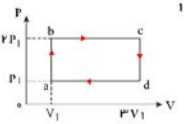
پاسخ: گزینه ۱

$$\eta = \frac{W}{QH} \Rightarrow \eta = \frac{Q_H - Q_L}{Q_H}$$

$$۰٫۲ = \frac{Q_H - ۸۰۰}{Q_H} \Rightarrow ۰٫۲Q_H = Q_H - ۸۰۰ \Rightarrow ۸۰۰ = ۰٫۸Q_H \Rightarrow Q_H = ۱۰۰۰J$$

۸۱- مقداری گاز کامل تک اتمی در یک ماشین گرمایی چرخه‌ای را مطابق شکل زیر می پیماید، بازده ماشین چقدر است؟

خارج از کشور- ۱۳۹۳



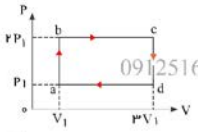
$(C_P = \frac{۵}{۲}R,\ C_V = \frac{۳}{۲}R)$

① $\frac{۴}{۲۳}$ ② $\frac{۴}{۱۳}$ ③ $\frac{۶}{۲۳}$ ④ $\frac{۶}{۱۳}$

پاسخ: گزینه ۱ برای محاسبه‌ی بازده، کافی است مقادیر گرمای گرفته شده و کار انجام شده توسط گاز را محاسبه کنیم. در فرآیندهای

09125164028 عقیل اسکندری

ab و bc، گاز گرما دریافت کرده و مقدار کار انجام شده برابر مساحت داخل چرخه است.



09125164028

$$\begin{cases} (\text{هم حجم}): Q_{ab} = nC_V\Delta T = \frac{3}{2}nR\Delta T = \frac{3}{2}(P_bV_b - P_aV_a) = \frac{3}{2}\times(2P_1V_1 - P_1V_1) \\ \qquad\qquad = \frac{3}{2}P_1V_1 \\ (\text{هم فشار}): Q_{bc} = nC_P\Delta T = \frac{5}{2}(P_cV_c - P_bV_b) = \frac{5}{2}(6P_1V_1 - 2P_1V_1) = 10P_1V_1 \end{cases}$$

$$|W| = S = P_1 \times 2V_1 = 2P_1V_1 \Rightarrow \eta = \frac{|W}{Q_H} = \frac{2P_1V_1}{(\frac{3}{2}P_1V_1 + 10P_1V_1)} = \frac{2P_1V_1}{\frac{23}{2}P_1V_1} = \frac{4}{23}$$

09125164028

تذکر: دقت شود که در مراحل cd و da، گاز گرما از دست می‌دهد.

۸۲- درون یک اتاق، یخچالی روشن است و در یخچال باز است. اگر اتاق با محیط خارج کاملاً عایق‌بندی حرارتی شده باشد، بعد از ۲۴ ساعت کار یخچال، دمای اتاق چگونه تغییر می‌کند؟ خارج از کشور- ۱۳۸۵

(۱) ثابت می‌ماند.
(۲) افزایش می‌یابد.
(۳) کاهش می‌یابد.
(۴) یخچال در چنین شرایطی کار نمی‌کند.

پاسخ: گزینه ۲ چون درب یخچال باز است، انرژی الکتریکی که موتور یخچال مصرف می‌کند، سبب افزایش دمای اتاق می‌شود در واقع یخچال گرمای Q_L را از اتاق می‌گیرد، اما با انجام کار (W) روی آن، گرمای Q_H را به محیط بیرون یخچال انتقال می‌دهد که این محیط هم همان اتاق می‌باشد، پس نهایتاً گرما وارد محیط اتاق شده است و دمای اتاق بالا می‌رود. $Q_H = |Q_L| + |W|$

۸۳- اگر ضریب عملکرد یخچال (۱)، ۱٫۵ برابر ضریب عملکرد یخچال (۲) باشد و توان الکتریکی این دو یخچال با هم برابر باشد، در یک بازه زمانی که هر دو یخچال روشن هستند، گرمایی که یخچال (۱) به بیرون می‌دهد، چند برابر گرمایی است که یخچال (۲) به بیرون می‌دهد؟ سراسری- ۱۳۹۴

(۱) $\frac{3}{2}$
(۲) $\frac{4}{3}$
(۳) $\frac{5}{4}$
(۴) بستگی به اندازه ضریب عملکرد یخچال‌ها دارد.

پاسخ: گزینه ۴ چون توان الکتریکی دو یخچال برابر است، کاری که در یک مدت معین موتور دو یخچال انجام می‌دهد، مساوی است:

$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{\frac{Q_{L_1}}{W}}{\frac{Q_{L_2}}{W}} = \frac{Q_{L_1}}{Q_{L_2}} = 1,5$$

09125164028 عقیل اسکندری

گرمایی که یخچال‌ها به بیرون می‌دهند، برابر $|Q_H| = Q_L + W$ است:

$$\frac{|Q_{H_1}|}{|Q_{H_2}|} = \frac{Q_{L_1} + W}{Q_{L_2} + W} = \frac{1{,}5Q_{L_2} + W}{Q_{L_2} + W}$$

09125164028

واضح است که برای کسر بالا نمی‌توان مقدار عددی تعیین کرد.

۸۴- در یک یخچال، گرمایی که به بیرون داده می‌شود، $\frac{۵}{۴}$ گرمایی است که از مواد داخل یخچال گرفته می‌شود. ضریب عملکرد این یخچال چقدر است؟ سراسری- ۱۳۹۸

۱) ۲ ۲) ۳ ۳) ۴ ۴) ۵

پاسخ: گزینه ۳

$$K = \frac{Q_L}{W} = \frac{Q_L}{Q_H - Q_L} \xrightarrow{Q_H = \frac{۵}{۴}Q_L} K = \frac{Q_L}{\frac{۵}{۴}Q_L - Q_L} = ۴$$

09125164028

۸۵- ضریب عملکرد یخچالی برابر با ۴ است. این یخچال ۲ کیلوگرم آب با دمای ۱۰ درجه‌ی سلسیوس را به یخ $-۸^\circ C$ تبدیل کرده است. یخچال در این فرایند چند کیلوژول گرما به محیط بیرون داده است؟ سراسری- ۱۳۹۳

$(L_f = ۳۳۶\frac{kJ}{kg}$ و $C_{آب} = ۲\ C_{یخ} = ۴۲۰۰\frac{J}{kg\cdot^\circ C})$

۱) ۴۳۳ ۲) ۴۹۳ ۳) ۸۶۷ ۴) ۹۸۷

پاسخ: گزینه ۴

یخ $-۸^\circ C \rightarrow$ یخ صفر درجه $\rightarrow$ آب صفر درجه $\rightarrow$ آب $۱۰^\circ C$

$$Q_L = mc_{آب}\Delta\theta + mL_f + mc_{یخ}\Delta\theta'$$

$$Q_L = ۲ \times ۴۲۰۰ \times (۱۰) + ۲ \times ۳۳۶۰۰۰ + ۲ \times ۲۱۰۰ \times ۸$$

$$\Rightarrow Q_L = ۸۴۰۰۰ + ۶۷۲۰۰۰ + ۳۳۶۰۰ = ۷۸۹۶۰۰J$$

از طرفی: $K = ۴ \Rightarrow ۴ = \frac{Q_L}{W} \Rightarrow ۴ = \frac{Q_L}{Q_H - Q_L}$

$$\Rightarrow ۴Q_H - ۴Q_L = Q_L \Rightarrow Q_H = \frac{۵}{۴}Q_L$$

$$\Rightarrow Q_H = \frac{۵}{۴} \times ۷۸۹۶۰۰ \Rightarrow Q_H = ۹۸۷kJ$$

09125164028

۸۶- ضریب عملکرد یک یخ ساز ۵ است. اگر در هر ساعت $۲kg$ آب با دمای $۲۰^\circ C$ را به یخ با دمای $-۱۵^\circ C$ تبدیل کند، توان موتور الکتریکی این یخ ساز تقریبا چند وات است؟ (گرمای نهان ذوب یخ $۳{,}۴ \times ۱۰^۵\frac{J}{kg}$ و گرمای ویژه یخ $۲{,}۱\frac{J}{gr^\circ C}$ و گرمای ویژه آب $۴{,}۲\frac{J}{gr^\circ C}$ است.) سراسری- ۱۳۸۵

۱) ۲۵٫۳ ۲) ۳۷٫۷ ۳) ۵۰٫۶ ۴) ۲۵۳

پاسخ: گزینه ۳

یخ $-۱۵ \Rightarrow$ یخ صفر $\Rightarrow$ آب صفر درجه $\Rightarrow$ آب $۲۰^\circ C$

09125164028 عقیل اسکندری

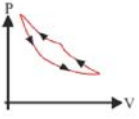
$$Q_L = mc(۲۰ - ۰) + mL_f + mc'(۰ + ۱۵)$$

$$\Rightarrow Q_L = ۱۰^۳(۲ \times ۳٫۴ \times ۲۰ + ۲ \times ۳۴۰ + ۲ \times ۲٫۱ \times ۱۵) \Rightarrow Q_L = ۹۱۱ \times ۱۰^۳$$

$$K = \frac{Q_L}{W} \Rightarrow ۵ = \frac{۹۱۱ \times ۱۰^۳}{W} \Rightarrow W = \frac{۹۱۱ \times ۱۰^۳}{۵}$$

$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow P = \frac{۹۱۱ \times ۱۰^۳}{۵ \times ۳۶۰۰} = ۵۰٫۶W$$

۸۷- نمودار $P - V$ (فشار برحسب حجم) چرخه ای که دستگاه در یک یخچال فرضی طی می کند مانند شکل زیر است. اگر ضریب عملکرد آن ۴ و مساحت داخل چرخه $۳kJ$ باشد، این یخچال در هر چرخه چند کیلوژول گرما به محیط می‌دهد؟ سراسری- ۱۳۸۴



① ۳ ② ۹ ③ ۱۲ ④ ۱۵

پاسخ: گزینه ۴

$$K = \frac{Q_L}{W} \Rightarrow ۴ = \frac{Q_L}{۳} \Rightarrow Q_L = ۱۲kJ$$

$$|Q_H| = Q_L + W = ۱۲ + ۳ = ۱۵kJ$$

۸۸- یک خنک کننده در هر ساعت ۶×۱۰^۶ ژول گرما از اطاق گرفته و در همان مدت $۷٫۸ \times ۱۰^۶$ ژول گرما به فضای بیرون می دهد. توان این خنک کننده چند کیلووات است؟ سراسری- ۱۳۸۳

① ۵۰۰ ② ۰٫۵ ③ ۴ ④ ۵

پاسخ: گزینه ۲

$$|Q_H| = Q_L + W \Rightarrow (۷٫۸ \times ۱۰^۶) = (۶ \times ۱۰^۶) + W \Rightarrow W = ۱٫۸ \times ۱۰^۶ J$$

$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow P = \frac{۱٫۸ \times ۱۰^۶}{۳۶۰۰} = ۵۰۰W = ۰٫۵\ kW$$

۸۹- توان مصرفی یک کولر گازی ۱۰۰۰ وات و ضریب عملکرد آن ۲٫۵ است. این کولر در هر ساعت، چند مگاژول گرما به فضای بیرون می دهد؟ خارج از کشور- ۱۳۹۱

① ۹٫۶ ② ۱۲٫۶ ③ ۹۶۰۰ ④ ۱۲۶۰۰

پاسخ: گزینه ۲ با توجه به محاسبات زیر داریم:

$W = Pt = ۱۰۰۰ \times ۳۶۰۰ = ۳۶ \times ۱۰^۵ J$ (محاسبه‌ی کار انجام شده در یک ساعت)

(محاسبه‌ی گرمای گرفته شده از داخل اتاق در یک ساعت)

$$K = \frac{Q_L}{W} \Rightarrow Q_L = KW = ۲٫۵ \times ۳۶ \times ۱۰^۵ J = ۹۰ \times ۱۰^۵ J$$

$$Q_H = Q_L + W = ۹۰ \times ۱۰^۵ + ۳۶ \times ۱۰^۵ J = ۱۲٫۶MJ$$

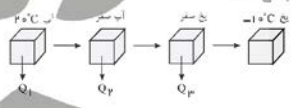
09125164028 عقیل اسکندری

۹۰- توان یک یخ‌ساز $250W$ و ضریب عملکرد آن ۴ است. چند ثانیه طول می‌کشد تا این یخ‌ساز، ۲ کیلوگرم آب $20^\circ C$ را به یخ $-10^\circ C$ تبدیل کند؟ ($C_{یخ}=2100J/kg^\circ C, C_{آب}=4200J/kg^\circ C$ و $L_f=336000J/kg$) خارج از کشور- ۱۳۹۸

① ۹۰ ② ۳۶۰ ③ ۸۸۲ ④ ۳۵۲۸

پاسخ: **گزینه ۳**

$$P=\frac{W}{t}=250W, K=4 \rightarrow \frac{Q_L}{W}=4$$



$$\begin{cases} Q_L=-Q_{\text{مواد درون یخچال}} \\ Q=Q_1+Q_2+Q_3=m_{آب}C\Delta\theta-mL_F+m_{یخ}C\Delta\theta \end{cases}$$

$$\rightarrow Q=2\times 4200\times(0-20)-2\times 336000+2\times 2100\times(-10-0)$$

$$\rightarrow Q=-168000J-672000J-42000J=-882000$$

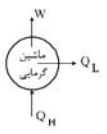
$$Q_L=-(-882000J)=882000J \rightarrow t=\frac{Q}{250}=\frac{\frac{Q_L}{4}}{250}=\frac{882000}{1000} \rightarrow \boxed{t=882s}$$

۹۱- یک ماشین گرمایی در هر دقیقه $27kJ$ گرما از چشمهٔ گرم می‌گیرد. اگر بازده آن ۴۰ درصد باشد، گرمای تلف‌شدهٔ این ماشین در هر ثانیه چند کیلوژول است؟ قلم چی- ۱۳۹۸

① ۲۷۰ ② ۱۶۲ ③ ۱۰۸ ④ ۲٫۷

پاسخ: **گزینه ۴**

مطابق قانون اول ترمودینامیک برای چرخهٔ ماشین‌های گرمایی آرمانی داریم:



$$\Delta U=0 \Rightarrow Q_H+Q_L+W=0 \Rightarrow Q_H=|Q_L|+|W|$$

از طرفی رابطهٔ بازدهٔ ماشین گرمایی به‌صورت $\eta=\frac{|W|}{Q_H}$ می‌باشد. بنابراین ابتدا از رابطهٔ بازدهٔ ماشین گرمایی مقدار W را محاسبه می‌کنیم:

$$\eta=\frac{|W|}{Q_H} \Rightarrow \frac{40}{100}=\frac{|W|}{270} \Rightarrow |W|=0.4\times 270=108kJ$$

$$Q_H=|Q_L|+|W| \Rightarrow |Q_L|=Q_H-|W|=270-108=162kJ$$

گرمای تلف‌شده در هر ثانیه $=162\div 60=2.7kJ$

09125164028 عقیل اسکندری

۹۲- با استفاده از کار خروجی یک ماشین گرمایی، می‌توان در هر دقیقه وزنه‌ای به جرم m را به اندازهٔ $۴m$ با تندی ثابت بالا برد. اگر بازدهٔ این ماشین ۲۰ درصد و گرمایی که ماشین در هر دقیقه دریافت می‌کند برابر با $۵۰kJ$ باشد، m چند کیلوگرم است؟ قلم چی- ۱۳۹۸

① ۲۵۰ ② ۱۰۰۰ ③ ۵۰۰ ④ ۷۵۰

09125164028

پاسخ: گزینه ۱ به‌کمک رابطهٔ بازده برای ماشین‌های گرمایی آرمانی داریم:

$$\eta = \frac{|W|}{Q_H} \rightarrow \frac{۲۰}{۱۰۰} = \frac{|W|}{۵۰۰۰۰} \rightarrow |W| = ۱۰۰۰۰J$$

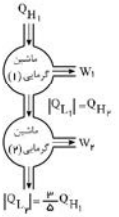
کار خروجی ماشین روی محیط به صورت افزایش انرژی پتانسیل گرانشی وزنه ظاهر می‌شود. یعنی داریم:

$$|W| = U \xrightarrow{U=mgh} ۱۰۰۰۰ = m \times ۱۰ \times ۴$$

$$\rightarrow m = \frac{۱۰۰۰۰}{۴۰} = ۲۵۰kg$$

09125164028

۹۳- در طرح‌واره شکل زیر، تمام انرژی گرمایی تلف شده در ماشین گرمایی آرمانی (۱) را ماشین گرمایی آرمانی (۲) دریافت می کند. اگر بازدهٔ ماشین گرمایی (۲) برابر با ۲۵ درصد باشد، بازدهٔ ماشین گرمایی (۱) چند درصد است؟ قلم چی- ۱۳۹۸



① ۱۵ ② ۲۵

③ ۳۰ ④ ۲۰

09125164028

پاسخ: گزینه ۴ با استفاده از رابطهٔ بازدهٔ ماشین گرمایی آرمانی و با توجه به این که $Q_{H_2} = |Q_{L_1}|$ و $|Q_{L_2}| = \frac{۳}{۵}Q_{H_1}$ است، می توان نوشت:

$$\eta_۲ = ۱ - \frac{|Q_{L_2}|}{Q_{H_2}} \xrightarrow[|Q_{L_2}|=\frac{۳}{۵}Q_{H_1}]{\eta_۲=\frac{۲۵}{۱۰۰}=\frac{۱}{۴}} \frac{۱}{۴} = ۱ - \frac{\frac{۳}{۵}Q_{H_1}}{Q_{H_2}}$$

$$\xrightarrow{Q_{H_2}=|Q_{L_1}|} \frac{۳}{۴} = \frac{۳}{۵}\frac{Q_{H_1}}{|Q_{L_1}|} \Rightarrow \frac{|Q_{L_1}|}{Q_{H_1}} = \frac{۴}{۵}$$

$$\eta_۱ = ۱ - \frac{|Q_{L_1}|}{Q_{H_1}} \Rightarrow \eta_۱ = ۱ - \frac{۴}{۵} \Rightarrow \eta_۱ = \frac{۱}{۵} \Rightarrow \eta_۱ = ۲۰\%$$

09125164028 عقیل اسکندری

۹۴- اگر دمای چشمهٔ سرد یک ماشین گرمایی فرضی را که با چرخهٔ کارنو کار می‌کند، ۱۰۰ کلوین کاهش دهیم، بازدهٔ آن برحسب درصد η از به $\eta + ۲۰$ تبدیل می‌شود. دمای چشمهٔ گرم این ماشین چند درجهٔ سلسیوس است؟ قلم چی- ۱۳۹۸

① ۵۰۰ ② ۳۲۷ ③ ۳۰۰ ④ ۲۲۷

09125164028

پاسخ: گزینه ۴ با استفاده از رابطهٔ بازدهٔ یک ماشین گرمایی فرضی که چرخهٔ کارنو را طی می‌کند، می‌توان نوشت:

$$\eta_{\text{کارنو}} = ۱ - \frac{T_L}{T_H} \quad (I)$$

در حالت دوم، با کاهش دمای چشمهٔ سرد، بازدهٔ ماشین ۲۰% و یا $\frac{۱}{۵}$ افزایش می‌یابد. بنابراین داریم:

$$\eta'_{\text{کارنو}} = ۱ - \frac{T'_L}{T_H} \Rightarrow \eta_{\text{کارنو}} + \frac{۱}{۵} = ۱ - \frac{T_L - ۱۰۰}{T_H}$$

$$\xrightarrow{(I)} ۱ - \frac{T_L}{T_H} + \frac{۱}{۵} = ۱ - \frac{T_L}{T_H} + \frac{۱۰۰}{T_H} \Rightarrow T_H = ۵۰۰K \Rightarrow \theta_H = ۵۰۰ - ۲۷۳ = ۲۲۷^\circ C$$

۹۵- چه تعداد از موارد زیر نادرست است؟ قلم چی- ۱۳۹۸

الف) در ماشین‌های گرمایی با ترکیب چند فرایند ترمودینامیکی، دستگاه مقداری گرما از محیط دریافت و بخشی از آن را به کار روی محیط تبدیل می‌کند.

ب) با برخی ساده‌سازی‌ها در چرخهٔ ماشین بخار می‌توان به چرخه‌ای آرمانی موسوم به چرخهٔ اتو رسید.

پ) در چرخهٔ ماشین درون‌سوز بنزینی چهار فرایند همراه با حرکت پیستون‌اند که به آن‌ها ضربه می‌گویند.

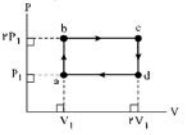
ت) بازده واقعی ماشین‌های درون‌سوز بنزینی در حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد و بازده ماشین‌های برون‌سوز بخار ۳۰ تا ۴۰ درصد است.

① ۱ ② ۲ ③ ۳ ④ ۴

پاسخ: گزینه ۱ بررسی مورد نادرست:

«ب»: تحلیل دقیق چرخهٔ یک ماشین بخار دشوار است. اما با برخی ساده‌سازی‌ها می‌توان به تحلیل این ماشین‌ها پرداخت و به چرخه‌ای آرمانی موسوم به چرخهٔ رانکین رسید.

۹۶- مقداری گاز کامل تک‌اتمی در یک ماشین گرمایی، چرخه‌ای را مطابق شکل زیر می‌پیماید. در این صورت، بازده این ماشین گرمایی کدام است؟ $(R = ۸J/mol \cdot K \ , \ C_P = \frac{۵}{۲}R \ , \ C_V = \frac{۳}{۲}R)$ قلم چی- ۱۳۹۸



① $\frac{۲}{۹۳}$ ② $\frac{۳}{۱۳}$ ③ $\frac{۴}{۲۳}$ ④ $\frac{۴}{۱۳}$

پاسخ: گزینه ۲ این ماشین گرمایی در فرایندهای ab و bc گرما می‌گیرد:

$$Q_H = Q_{ab} + Q_{bc}$$

$$ab \ : \ \text{هم‌حجم} \Rightarrow Q_{ab} = nC_V(\Delta T)_{ab} \Rightarrow Q_{ab} = \frac{۳}{۲}nR(\Delta T)_{ab}$$

$$= \frac{۳}{۲}V(\Delta P)_{ab} = \frac{۳}{۲} \times V_۱ \times (۲P_۱ - P_۱) = \frac{۳}{۲}P_۱V_۱$$

09125164028 عقیل اسکندری

bc : هم‌فشار $\Rightarrow Q_{bc} = nC_P(\Delta T)_{bc} \Rightarrow Q_{bc} = \frac{5}{2}nR(\Delta T)_{bc}$

$= \frac{5}{2} \times P(\Delta V)_{bc} = \frac{5}{2} \times 2P_1 \times (2V_1 - V_1) = 5P_1V_1$

$\Rightarrow Q_H = Q_{ab} + Q_{bc} = \frac{3}{2}P_1V_1 + 5P_1V_1 = \frac{13}{2}P_1V_1$

$|W| =$ مساحت داخل چرخه $= P_1V_1 \Rightarrow \eta = \frac{|W|}{Q_H} = \frac{P_1V_1}{\frac{13}{2}P_1V_1} = \frac{2}{13}$

۹۷- یک ماشین گرمایی در هر چرخه $14kJ$ گرما از منبع دمابالا دریافت می‌کند. اگر بازده این ماشین گرمایی ۴۰ درصد باشد و در یک دقیقه، با گرمایی اتلافی این ماشین بتوان $3kg$ یخ با دمای $0^\circ C$ را به طور کامل به آب با دمای $0^\circ C$ تبدیل کرد، این ماشین گرمایی در هر ثانیه چند مرتبه این چرخه را طی می‌کند؟ $(L_F = 336kJ/kg)$ قلم‌چی- ۱۳۹۸

۱ ① ۲ ② ۶۰ ③ ۱۲۰ ④

پاسخ: گزینه ۲

$$\eta = 1 - \frac{|Q_L|}{Q_H} = 0/4 = 1 - \frac{|Q_L|}{14} \Rightarrow \frac{|Q_L|}{14} = 0/6 \Rightarrow |Q_L| = 8/4kJ$$

اگر تعداد مرتبه‌هایی که چرخه طی می‌شود را n بنامیم. $n|Q_L| = mL_F$ خواهد بود. بنابراین:

$$n = \frac{mL_F}{|Q_L|} = \frac{3 \times 336}{8/4} = 120$$

چون در یک دقیقه ۱۲۰ بار چرخه طی شده است، پس در هر ثانیه ۲ بار چرخه طی شده است.

۹۸- با یک ماشین گرمایی می‌توان در هر دقیقه وزنه‌ای به جرم $50kg$ را به اندازهٔ $20m$ با تندی ثابت بالا برد. اگر بازدهٔ ماشین ۰/۲۵ باشد، گرمایی که ماشین در هر دقیقه می‌گیرد، چند کیلوژول است؟ $(g = 10N/kg)$ قلم‌چی- ۱۳۹۸

۱۰ ① ۲۰ ② ۳۰ ③ ۴۰ ④

پاسخ: گزینه ۴

بازده ماشین گرمایی $\eta = \frac{W}{Q_H}$
کار لازم جهت بالا بردن جسم با تندی ثابت $W = mgh$
$\rightarrow Q_H = 40000J = 40kJ$

$$0/25 = \frac{50 \times 10 \times 20}{Q_H}$$

۹۹- توان خروجی و بازدهٔ یک ماشین گرمایی به ترتیب $20kW$ و ۱۰ درصد است. اگر این ماشین در هر چهار دقیقه ۴۸۰ چرخه را طی کند، اندازهٔ گرمایی که در هر چرخه به چشمهٔ سرد می‌دهد برابر با چند کیلوژول است؟ قلم‌چی- ۱۳۹۸

۹۴/۵ ① ۸۰ ② ۹۰ ③ ۱۰۰ ④

پاسخ: **گزینه ۳ طبق رابطهٔ راندمان (بازهٔ η) و توان (P) داریم:**

$$\eta = \frac{|W|}{Q_H} \cdot P = \frac{W}{t} \xrightarrow{W=Pt} \eta = \frac{P \cdot t}{Q_H} \rightarrow \frac{10}{100} = \frac{20 \times 10^3 \times 4 \times 60}{Q_H} \rightarrow Q_H = 48 \times 10^6 j$$

09125164028 عقیل اسکندری

$$\xrightarrow{\text{سوال مقدار } Q_L \text{ را می‌خواهد}} \eta = 1 - \frac{|Q_L|}{Q_H} \to \frac{10}{100} = 1 - \frac{|Q_L|}{480 \times 10^6} \to \frac{9}{10} = \frac{Q_L}{480 \times 10^6}$$

$$\Rightarrow Q_L = 480 \times 9 \times 10^5 j$$

09125164028

حالا این مقدار گرمای داده شده به منبع سرد در ۴۸۰ چرخه است. اما سؤال Q_L را در هر چرخه خواسته پس:

هر چرخه $Q_L = \frac{480 \times 9 \times 10^5}{480} = 9 \times 10^3 j = 9 kj$

۱۰۰ - کدام یک از گزینه‌های زیر نادرست است؟ قلم چی- ۱۳۹۸!

(۱) اگر قانون دور ترمودینامیک به بیان ماشین گرمایی نقض شود، قانون دوم ترمودینامیک به بیان یخچالی نیز نقض می‌شود.

(۲) ممکن نیست دستگاه چرخه‌ای را بپیماید که در طی آن مقداری گرما را از منبع دما بالا جذب و تمام آن‌را به کار تبدیل کند.

(۳) اگر در چرخهٔ یک ماشین گرمایی، تمام گرمای گرفته از منبع دما بالا به کار تبدیل شود، قانون اول و دوم ترمودینامیک نقض شود.

(۴) اگر در یک فرایند، تمام گرمای دریافتی توسط گاز به کار تبدیل شود، نمی‌توان گفت که قوانین ترمودینامیک الزاماً نقض می‌شوند.

پاسخ: گزینه ۳ اگر در چرخهٔ یک ماشین گرمایی، تمام گرمای گرفته شده از منبع دما بالا به کار تبدیل شود، قانون اول ترمودینامیک نقض نمی‌شود؛ اما براساس قانون دوم ترمودینامیک امکان طراحی و ساخت ماشینی که این تبدیل را انجام دهد، غیرممکن است.

در مورد گزینهٔ «۴»؛ توجه کنید ممکن است در یک فرایند (انبساط هم‌دما) گاز تمام گرمای دریافتی را به کار تبدیل کند. این موضوع تناقضی با قوانین ترمودینامیک ندارد.

۱۰۱ - اطلاعات ماشین‌های گرمایی فرضی A، B و C که هر کدام بین دو دمای $300K$ و $400K$ کار می‌کنند، در زیر آورده شده است. کدام ماشین قابل ساخت است؟ قلم چی- ۱۳۹۸!

$$A : W = -40J \ , \ Q_L = -1800J \ , \ Q_H = 2000J$$

$$B : W = -400J \ , \ Q_L = -200J \ , \ Q_H = 600J$$

$$C : W = -40J \ , \ Q_L = -360J \ , \ Q_H = 400J$$

(۱) A **(۲)** B **(۳)** C **(۴)** A **و** C

پاسخ: گزینه ۳ طبق قضیهٔ کارنو بیشترین بازده ماشین گرمایی‌ای که بین دو منبع با دمای T_L (دمای منبع دماپایین) و T_H (دمای منبع دمابالا) کار می‌کند برابر است با:

$$\eta_{max} = 1 - \frac{T_L}{T_H}$$

بنابراین ماشینی قابل ساخت است که بازده آن از این مقدار بیشتر نباشد:

$$\eta_{max} = \eta_{کارنو} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{300}{400} = \frac{1}{4}$$

09125164028 عقیل اسکندری

$$\eta = \frac{|W|}{Q_H} \Rightarrow \begin{cases} A : \eta = \frac{۴۰}{۲۰۰۰} = \frac{۱}{۵۰} < \frac{۱}{۴} & \checkmark \\ B : \eta = \frac{۴۰۰}{۶۰۰} = \frac{۲}{۳} > \frac{۱}{۴} & \times \\ C : \eta = \frac{۳۶۰}{۴۰۰} = \frac{۱}{۱۰} < \frac{۱}{۴} & \checkmark \end{cases}$$

09125164028

همچنین قانون اول ترمودینامیک نیز نباید نقض شود. بنابراین:

$$Q_H = |W| + |Q_L| \Rightarrow \begin{cases} A : ۲۰۰۰ \overset{?}{=} ۴۰ + ۱۸۰۰ & \times \\ B : ۴۰۰ \overset{?}{=} ۴۰ + ۳۶۰ & \checkmark \end{cases}$$

بنابراین فقط ماشین C قابل ساخت است.

۱۰۲- دمای منبع دما پایین در یک یخچال کارنو برابر با $-۳^\circ C$ است. اگر دمای منبع دما بالای آن را از $۴۲^\circ C$ به $۲۷^\circ C$ کاهش دهیم، ضریب عملکرد آن چگونه تغییر می‌کند؟ قلم چی- ۱۳۹۸

(۱) ۵۰ درصد کاهش می‌یابد. **(۲)** تقریباً ۳۳٫۳ درصد کاهش می‌یابد.

(۳) ۵۰ درصد افزایش می‌یابد. **(۴)** تقریباً ۳۳٫۳ درصد افزایش می‌یابد.

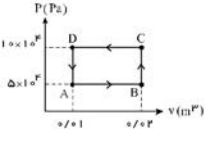
پاسخ: گزینه ۲ **با استفاده از تعریف ضریب عملکرد یک یخچال کارنو، داریم:**

$$K_{\text{کارنو}} = \frac{T_L}{T_H - T_L} = \frac{۲۷۳ + \theta_L}{\theta_H - \theta_L} \xrightarrow{\theta_L \text{ ثابت است}} \frac{(K_{\text{کارنو}})_۲}{(K_{\text{کارنو}})_۱} = \frac{\theta_{H_۱} - \theta_L}{\theta_{H_۲} - \theta_L} \Rightarrow \frac{(K_{\text{کارنو}})_۲}{(K_{\text{کارنو}})_۱} = \frac{۴۲ - (-۳)}{۲۷ - (-۳)} = \frac{۳}{۲}$$

بنابراین درصد تغییرات ضریب عملکرد یخچال کارنو فرضی برابر است با:

$$\frac{\Delta K_{\text{کارنو}}}{(K_{\text{کارنو}})_۱} \times ۱۰۰ - (\frac{(K_{\text{کارنو}})_۲}{(K_{\text{کارنو}})_۱} - ۱) \times ۱۰۰ - (\frac{۳}{۲} - ۱) \times ۱۰۰ - ۵۰\%$$

۱۰۳- یک مول گاز کامل تک‌اتمی در یک یخچال فرضی چرخه‌ای مطابق شکل زیر را می‌پیماید. ضریب عملکرد این یخچال کدام است؟ $(C_P = \frac{۵}{۲}R \; , \; C_V = \frac{۳}{۲}R)$ قلم چی- ۱۳۹۸

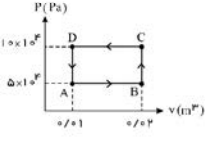


(۱) ۴ **(۲)** ۵٫۵

(۳) ۴٫۵ **(۴)** ۵

پاسخ: گزینه ۲

ابتدا کار انجام‌شده بر روی یخچال را که برابر است با مساحت داخل چرخه است، حساب می‌کنیم:



$$W_{\text{چرخه}} = \text{مساحت مستطیل} = (۰/۰۲ - ۰/۰۱) \times (۱۰ \times ۱۰^۴ - ۵ \times ۱۰^۴) \Rightarrow W = ۵۰۰J$$

با توجه به فرایندهای این چرخه، در فرایندهایی که دمای گاز افزایش می‌یابد (فرایندهای AB و BC) گاز گرمای Q_L را از

09125164028 عقیل اسکندری

محیط سرد داخل یخچال می‌گیرد. بنابراین داریم:

$$Q_{AB} = \frac{۵}{۲} P_{AB}(V_B - V_A) \Rightarrow Q_{AB} = \frac{۵}{۲} \times ۵ \times ۱۰^۴ \times (۰/۰۲ - ۰/۰۱) = ۱۲۵۰J$$

09125164028

$$Q_{BC} = \frac{۳}{۲} V_{BC}(P_C - P_B) \Rightarrow Q_{BC} = \frac{۳}{۲} \times ۰/۰۲ \times (۱۰ \times ۱۰^۴ - ۵ \times ۱۰^۴) = ۱۵۰۰J$$

$$Q_L = Q_{AB} + Q_{BC} = ۱۲۵۰ + ۱۵۰۰ \Rightarrow Q_L = ۲۷۵۰J$$

در نهایت ضریب عملکرد یخچال را به‌صورت زیر به‌دست می‌آوریم:

$$K = \frac{Q_L}{W} = \frac{۲۷۵۰}{۵۰۰} \Rightarrow K = ۵/۵$$

۱۰۴- به وسیله یخچالی با ضریب عملکرد ۴٫۲ و توان $۵۰۰W$ بعد از چند ثانیه می‌توان دمای یک کیلوگرم آب را به اندازهٔ $۵۰^\circ C$ پایین آورد؟ قلم چی- ۱۳۹۸

(آب تغییر حالت نمی‌دهد و $c_{آب} = ۴۲۰۰ \frac{J}{kg.^\circ C}$)

① ۲۰۰ ② ۱۵۰ ③ ۱۰۰ ④ ۵۰

09125164028

پاسخ: گزینه ۳ با استفاده از تعریف ضریب عملکرد یخچال، داریم:

$$Q_L = |mc\Delta\theta| \rightarrow Q_L = ۱ \times ۴۲۰۰ \times ۵۰$$

$$K = \frac{Q_L}{W} \rightarrow K = \frac{Q_L}{Pt} \rightarrow ۴/۲ = \frac{۱ \times ۴۲۰۰ \times ۵۰}{۵۰۰ \times t} \rightarrow t = \frac{۴۲۰}{۴/۲} = ۱۰۰s$$

۱۰۵- ضریب عملکرد یک یخچال فرضی کارنو که بین دو منبع با دماهای $۴۷^\circ C$ و $۱۶۷^\circ C$ کار می‌کند، کدام است؟ قلم چی- ۱۳۹۸

① $\frac{۸}{۳}$ ② $\frac{۸}{۵}$ ③ $\frac{۷}{۳}$ ④ $\frac{۷}{۴}$

09125164028

پاسخ: گزینه ۱ ضریب عملکرد یک یخچال فرضی کارنو برابر است با:

$$K_{کارنو} = \frac{T_L}{T_H - T_L} = \frac{۲۷۳ + ۴۷}{۱۶۷ - ۴۷} \Rightarrow K_{کارنو} = \frac{۸}{۳}$$

09125164028 عقیل اسکندری

۱۰۶- با توجه به جدول زیر، کدام وسیله نشان دهندهٔ یخچالی است که در آن قانون دوم ترمودینامیک نقض می‌شود؟

قلم چی- ۱۳۹۸

09125164028

وسیله	$Q_H(J)$	$Q_C(J)$	$W(J)$
A	۱۰۰	-۶۰	-۴۰
B	-۵۰	۵۰	۰
C	-۱۰۰	۶۰	۴۰
D	۵۰	۰	-۵۰

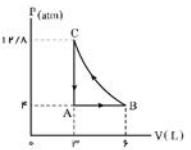
09125164028

① A ② B ③ C ④ D

پاسخ: گزینه ۲ می دانیم علامت W, Q_H و Q_C در یخچال به ترتیب منفی، مثبت و مثبت هستند. بنابراین وسیله های B و C می‌توانند یخچال باشند. اما با توجه به بیان یخچالی قانون دوم ترمودینامیک، امکان ندارد در یخچالی بدون انجام کار، گرما از جسم سرد گرفته و به جسم گرم منتقل شود. به عبارت ساده‌تر در چرخهٔ یک یخچال امکان ندارد $W = ۰$ باشد. به این ترتیب وسیلهٔ B یخچالی است که قانون دوم ترمودینامیک را نقض می‌کند.

۱۰۷- نمودار $P - V$ چرخه‌ای که مقدار معینی گاز کامل تک‌اتمی داخل یخچالی فرضی طی می‌کند، مطابق شکل زیر است. اگر فرآیند آرمانی BC بی دررو باشد، ضریب عملکرد این یخچال کدام است؟ ($C_V = \frac{۳}{۲}R$ و $C_P = \frac{۵}{۲}R$)

قلم چی- ۱۳۹۸



① ۳٫۱۲۵
② ۴٫۱۲۵
③ ۲٫۵
④ ۳٫۵

09125164028

پاسخ: گزینه ۱ ضریب عملکرد یخچال برابر $K = \frac{Q_L}{W}$ است. کافیست Q_L و W حساب شود:

$$Q_{\text{کل چرخه}} = Q_{AB} + Q_{BC} + Q_{CA} \quad , \quad Q_{\text{چرخه}} = -W_{\text{چرخه}} \rightarrow\rightarrow -W_{\text{چرخه}} = Q_{AB\ \text{هم‌فشار}} + Q_{BC\ \text{بی‌دررو}} + Q_{CA\ \text{هم‌حجم}}$$

$$\rightarrow -W_{\text{چرخه}} = (\frac{C_P}{R})P\Delta V + ۰ + (\frac{C_V}{R}V\Delta P)$$

$$\rightarrow -W_{\text{چرخه}} = \frac{۵}{۲} \times ۴ \times ۱۰^{۵} \times ۳ \times ۱۰^{-۳} + \frac{۳}{۲} \times ۳ \times ۱۰^{-۳} \times (-۸٫۸ \times ۱۰^{۵})$$

$$\rightarrow -W_{\text{چرخه}} = ۳۰۰۰ + (-۳۹۶۰) = -۹۶۰ \Rightarrow W_{\text{چرخه}} = ۹۶۰j$$

از طرفی هم Q_L گرمایی است که گازمی‌گیرد (علامت +) پس:

$$Q_L = Q_{AB} = +۳۰۰۰j$$

در نتیجه داریم:

09125164028 عقیل اسکندری

ضریب عملکرد $K = \frac{Q_L}{W} = \frac{۳۰۰۰}{۹۶۰} = ۳/۱۲۵$

۱۰۸ - کدام گزینه در مورد یخچال‌ها نادرست است؟ قلم چی- ۱۳۹۸!

09125164028

۱) با استفاده از کار، گرما را از منبعی دما پایین می‌گیرد و به منبعی دما بالا می‌دهد.

۲) ضریب عملکرد یخچال یکا ندارد.

۳) هرچه اختلاف دما بین دو منبع دما بالا و دما پایین بیشتر باشد، ضریب عملکرد یخچال کارنو بزرگ‌تر است.

۴) گرما به طور خود به خودی از جسم با دمای پایین تر به جسم با دمای بالاتر منتقل نمی‌شود.

پاسخ: گزینه ۳ با توجه به رابطهٔ $K_{\text{کارنو}} = \frac{T_L}{T_H - T_L}$، هر چه اختلاف دمای دو منبع دما بالا و دما پایین بیشتر شود، مخرج کسر در این رابطه بزرگ‌تر می‌شود. بنابراین با افزایش اختلاف دما بین دو منبع دما بالا و دما پایین، ضریب عملکرد یخچال کارنو کوچک‌تر می شود.

سایر گزینه‌ها صحیح است.

۱۰۹ - توان موتور یک یخچال برابر ۲۱۰ وات و ضریب عملکرد آن برابر ۲ است. چند ثانیه طول می‌کشد تا این یخچال، دمای $۱kg$ آب را بدون تغییر حالت فیزیکی $۵^\circ C$ کاهش دهد؟ $(c_{\text{آب}} = ۴۲۰۰ J/kg.^\circ C)$ قلم چی- ۱۳۹۸!

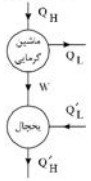
۱) ۱ ۲) ۵ ۳) ۱۰ ۴) ۵۰

پاسخ: گزینه ۴ گرمایی که برای کاهش دمای آب لازم است از آن گرفته شود، برابر است با:

$$Q = mc_{\text{آب}}|\Delta\theta| \Rightarrow Q = ۱ \times ۴۲۰۰ \times |-۵| = ۲۱۰۰۰J \Rightarrow Q_L = ۲۱۰۰۰J$$

$$K = \frac{Q_L}{W} = \frac{Q_L}{Pt} \Rightarrow t = \frac{Q_L}{PK} = \frac{۲۱۰۰۰}{۲۱۰ \times ۲} = ۵۰s$$

۱۱۰ - مطابق شکل زیر، کار مورد نیاز برای عملکرد یک یخچال با ضریب عملکرد ۵، توسط یک ماشین گرمایی با بازدهٔ ۲۵ درصد تأمین می‌شود. اگر $|Q'_H|$ مقدار گرمایی باشد که یخچال به محیط بیرون می‌دهد و Q_H مقدار گرمایی باشد که ماشین گرمایی از منبع دما بالا دریافت می کند، $\frac{|Q'_H|}{Q_H}$ کدام است؟ قلم چی- ۱۳۹۸!

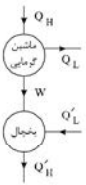


۱) $\frac{۵}{۴}$ ۲) $\frac{۵}{۳}$ ۳) $\frac{۴}{۳}$ ۴) ۱

09125164028 عقیل اسکندری

پاسخ: گزینه ۳

می‌دانیم در ماشین گرمایی $\eta = \frac{|W|}{Q_H}$ است. از طرف دیگر در یخچال ضریب عملکرد برابر $K = \frac{Q'_L}{W}$ است.



09125164028

بنابراین، با توجه به این که در یخچال $|Q'_H| = Q'_L + W$ است می‌توان نوشت:

$$|Q'_H| = KW + W \Rightarrow |Q'_H| = (K+1)W \xrightarrow{|W| = \eta Q_H} |Q'_H| = (K+1) \times \eta Q_H$$

$$\Rightarrow \frac{|Q'_H|}{Q_H} = (K+1)\eta \xrightarrow[\eta = ۰/۲۵ = \frac{1}{۴}]{K=۵} \frac{|Q'_H|}{Q_H} = (۵+1) \times \frac{1}{۴} = \frac{۶}{۴} \Rightarrow \frac{|Q'_H|}{Q_H} = \frac{۳}{۲}$$

09125164028

۱۱۱- به وسیلهٔ یخچالی با ضریب عملکرد ۴٫۲ و توان $۲۵۰W$ ، بعد از چند ثانیه می‌توان دمای $1kg$ آب را به اندازهٔ $۲۵^\circ C$ پایین آورد؟ $(c_{آب} = ۴۲۰۰ J/kg \cdot ^\circ C$ و آب تغییر حالت نمی‌دهد.) قلم چی- ۱۳۹۸

① ۲۵ ② ۵۰ ③ ۷۵ ④ ۱۰۰

پاسخ: گزینه ۴ یخچال با انجام کار W، گرمای Q_L را از محیط داخل یخچال گرفته و گرمای $|Q_H| = W + Q_L$ را به محیط بیرون می‌دهد. با استفاده از تعریف ضریب عملکرد یک یخچال، داریم:

$$K = \frac{Q_L}{W} = \frac{|mc\Delta\theta|}{P \cdot t} \Rightarrow ۴٫۲ = \frac{۱ \times ۴۲۰۰ \times ۲۵}{۲۵۰t} \Rightarrow t = ۱۰۰s$$

09125164028

۱۱۲- توان مصرفی یک کولر گازی ۲ کیلووات و ضریب عملکرد آن ۴ است. این کولر در هر دقیقه چند ژول گرما به فضای بیرون می‌دهد؟ قلم چی- ۱۳۹۸

① $۱۰^۴$ ② ۶×۱۰^۴ ③ ۸×۱۰^۵ ④ ۶×۱۰^۵

پاسخ: گزینه ۴ می‌توانیم توان‌ها را به‌صورت $P_H = \frac{Q_H}{t}$ و یا $P_W = \frac{W}{t}$ نمایش دهیم:

$$K = \frac{Q_L}{W} = \frac{|Q_H| - W}{W} = \frac{|Q_H|}{W} - ۱ \Rightarrow |Q_H| = (K+1)W \Rightarrow \frac{Q_H}{t} = (K+1)\frac{W}{t}$$
$$\Rightarrow P_H = (K+1)P_W$$

$$P_H = (۴ + ۱) \times ۲ \times ۱۰^۳ \Rightarrow P_H = ۱۰^۴ W$$

$$Q_H = P_H t = ۱۰^۴ \times ۶۰ = ۶ \times ۱۰^۵ J$$

روش دوم:

09125164028 عقیل اسکندری

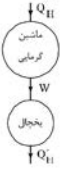
$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow ۲ = \frac{W}{۶۰} \Rightarrow W = ۱۲۰kJ$$

$$K = \frac{Q_C}{W} \Rightarrow ۴ = \frac{Q_C}{۱۲۰} \Rightarrow Q_C = ۴۸۰kJ$$

$$|Q_H| = Q_C + W = ۴۸۰ + ۱۲۰ = ۶۰۰kJ = ۶ \times ۱۰^{۵} J$$

۱۱۳- مطابق شکل زیر، کار مورد نیاز برای عملکرد صحیح یک یخچال با ضریب عملکرد ۵ توسط یک ماشین گرمایی با بازدهٔ ۲۵ درصد تأمین می‌شود. در این حالت مقدار گرمایی که یخچال به محیط بیرون می‌دهد، چند برابر مقدار گرمایی است که ماشین گرمایی از چشمهٔ با دمای بالا دریافت می‌کند؟

قلم‌چی- ۱۳۹۸

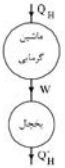


① $\frac{۵}{۴}$ ② $\frac{۵}{۳}$ ③ $\frac{۳}{۲}$ ④ ۱

پاسخ: گزینه ۳

می‌دانیم در ماشین گرمایی $\eta = \frac{|W|}{Q_H} = K - \frac{Q_L}{W}$ است از طرف دیگر در یخچال ضریب عملکرد برابر است.

بنابراین با توجه به این که در یخچال $|Q'_H| = Q_L + W$ است. می‌توان نوشت:



$$|Q'_H| = Q_L + W \xrightarrow{Q_L = KW} |Q'_H| = KW + W$$

$$\Rightarrow |Q'_H| = (K+۱)W \xrightarrow{|W| = \eta Q_H} |Q'_H| = (K+۱)\eta Q_H$$

$$\Rightarrow \frac{|Q'_H|}{Q_H} = (K+۱)\eta \xrightarrow[\eta = ۰/۲۵ = \frac{۱}{۴}]{K=۵} \frac{|Q'_H|}{Q_H} = (۵+۱) \times \frac{۱}{۴} = \frac{۶}{۴} \Rightarrow \frac{|Q'_H|}{Q_H} = \frac{۳}{۲}$$

09125164028 عقیل اسکندری

۱۱۴- مخترعی ادعا می‌کند چهار ماشین گرمایی و یخچال ساخته که داده‌های آن‌ها در جدول آمده است. باتوجه به قانون‌های اول و دوم ترمودینامیک، کدام یک از آن‌ها امکان‌پذیر است؟

گزینه ۲- ۱۳۹۶

ماشین	$W(J)$	$Q_L(J)$	$Q_H(J)$
A	۰	-۶۰	$+۶۰$
B	۰	$+۴۰$	-۴۰
C	-۶۵	۰	$+۶۵$
D	$+۷۰$	$+۴۰$	-۱۱۰

09125164028

① A

② B

③ C

④ D

پاسخ: **گزینه ۴**

در ماشین گرمایی $Q_H = |Q_L| + |W|$ **:قانون اول ترمودینامیک**

در یخچال‌ها $|Q_H| = Q_L + W$

در ماشین گرمایی $Q_L \neq ۰$ **:قانون دوم ترمودینامیک**

در یخچال‌ها $W \neq ۰$

ماشین گرمایی A**، قانون اول ترمودینامیک را نقض می‌کند.**

یخچال B**، قانون دوم ترمودینامیک را نقض می‌کند.**

ماشین گرمایی C**، قانون دوم ترمودینامیک را نقض می‌کند.**

09125164028 عقیل اسکندری