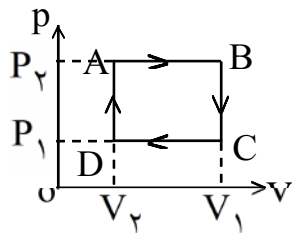


۱- با توجه به شکل و خطی بودن رابطه بین P و V می‌توان دید که رابطه بین P و V بصورت $P = \epsilon - V$ می‌باشد. چون گاز کامل است، پس $\frac{PV}{T} = \alpha$ می‌باشد در α مقداری ثابت و مثبت است. پس:

$$\frac{PV}{T} = \alpha \Rightarrow T = \frac{PV}{\alpha} \Rightarrow T = \frac{(\epsilon - V)V}{\alpha} = \frac{1}{\alpha}(\epsilon V - V^2) \Rightarrow \frac{dT}{dV} = \frac{\epsilon}{\alpha} - \frac{2V}{\alpha} \Rightarrow dT = \left(\frac{\epsilon}{\alpha} - \frac{2V}{\alpha}\right)dV$$

حجم در حال کاهش است پس $dV < 0$ است. هنگامی که V از ۴ به ۳ می‌رسد، $\epsilon - 2V < 0$ است، پس $dT > 0$ است یعنی دما افزایش می‌یابد. هنگامی که حجم از ۳ به ۲ می‌رسد، $\epsilon - 2V > 0$ بزرگتر از صفر است، پس $dT < 0$ است یعنی دما کاهش می‌یابد. لذا گزینه ۴ پاسخ صحیح است.



۲- گزینه ۱ پاسخ صحیح است. کار انجام شده در چرخه $\square$ بصورت زیر می‌باشد:

$$W_{CDAB} = W_{CD} + W_{DA} + W_{AB} + W_{BC}$$

میدانیم کار انجام شده بر روی گاز $W = - \int_{V_1}^{V_2} P dV$ می‌باشد. اما از D تا A و از B تا C

تا C، حجم گاز ثابت مانده، پس کار انجام شده در این دو مرحله صفر است، لذا: $W_{DA} = W_{BC} = 0$ پس کار انجام شده برابر با $W_{CD} + W_{AB}$ می‌باشد. پس:

$$W_{CDAB} = - \int_{V_1}^{V_2} P_1 dV - \int_{V_2}^{V_1} P_2 dV = \int_{V_2}^{V_1} P_1 dV - \int_{V_2}^{V_1} P_2 dV = \int_{V_2}^{V_1} (P_1 - P_2) dV \Rightarrow$$

$W_{CDAB} = - (\text{مساحت مستطیل ABCD}) < 0 \Rightarrow$ گاز کار انجام داده است

طبق قانون اول ترمودینامیک، تغییر انرژی درونی دستگاه برابر با مجموع جبری گرمای داده شده به دستگاه با کار انجام شده روی آن است. از طرفی، چون حالت اولیه و نهایی دستگاه یکسان است، پس:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = 0 \Rightarrow Q + W = 0 \Rightarrow Q = -W \quad \left. \begin{array}{l} Q > 0 \\ W < 0 \end{array} \right\} \Rightarrow Q > 0 \Rightarrow \text{گاز از محیط گرما گرفته است}$$

۳- راندمان یک ماشین گرمایی (η) طبق تعریف از رابطه $\eta = \frac{|W|}{Q_H} = 1 - \frac{|Q_C|}{Q_H}$ بدست می‌آید که در آن اندازه

کار انجام شده توسط ماشین و Q_C و Q_H به ترتیب میزان گرمای تلف شده و گرمای گرفته شده توسط ماشین

$$\eta = 1 - \frac{|Q_C|}{Q_H} = 1 - \frac{3400}{5000} = 1 - \frac{34}{50} = \frac{16}{50} = 0.32 \quad \text{می‌باشد. پس:}$$

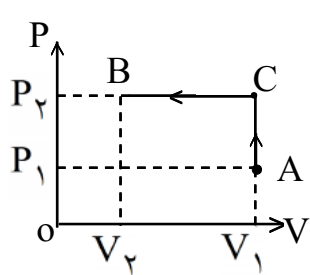
پس گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

۴- ضریب عملکرد یک یخچال (K) بنا به تعریف برابر $K = \frac{Q_C}{W} = \frac{Q_C}{|Q_H| - Q_C}$ است که در آن Q_H و Q_C به ترتیب گرمای داده شده به محیط توسط دستگاه و گرمای گرفته شده از دستگاه می باشد. پس:

$$K = \frac{Q_C}{W} \Rightarrow W = \frac{Q_C}{K} = P \times t \Rightarrow \frac{Q_C}{3} = 400 \times 5 \times 60 \Rightarrow Q_C = 360 \text{ kJ}$$

$$K = \frac{Q_C}{|Q_H| - Q_C} \Rightarrow 3 = \frac{360}{|Q_H| - 360} \Rightarrow |Q_H| = \frac{360}{3} + 360 = 480 \text{ kJ}$$

بنابراین گزینه ۳ پاسخ درست است.



۵- کار انجام شده بر روی گاز کامل از رابطه $W = - \int_{V_1}^{V_2} P dV$ بدست می آید. پس در فرآیند این گاز، از A به C حجم گاز ثابت مانده، پس $W_{AC} = 0$ است. از B تا C:

$$W_{CB} = - \int_{V_1}^{V_2} P_2 dV = - P_2 (V_2 - V_1) = P_2 (V_1 - V_2) > 0$$

$$\Rightarrow W = W_{AC} + W_{CB} > 0$$

اما در فرآیند تبدیل گاز از A به C چون فشار ثابت افزایش یافته، دمای آن نیز زیاد می شود $\left(\frac{PV}{T} = \text{cte}\right)$ و در مرحله C تا B چون در فشار ثابت، حجم گاز کاهش یافته، دما نیز کاهش می یابد. پس:

$$\left. \begin{array}{l} \text{حجم ثابت: } Q_{AC} = C_{M_V}(T_C - T_A) > 0 \\ \text{فشار ثابت: } Q_{CB} = C_{M_P}(T_B - T_C) < 0 \end{array} \right\} \xrightarrow{Q = Q_{AC} + Q_{CB}} Q \leq 0 \text{ یا } Q \geq 0$$

لذا گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

۶- کار انجام شده در طول یک چرخه برابر است با: سطح چرخه در نمودار PV که اگر ساعت گرد باشد، با علامت منفی بیان می شود $W = -300 \text{ J}$. بنابراین گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

۷- اگر η راندمان در چرخه کارنو برای یک ماشین بخار باشد برابر است با $\eta = 1 - \frac{T_C}{T_H}$ که در آن T_C و T_H به ترتیب دمای چگالنده و دمای چشمه گرما است. لذا برای دو حالت داده شده در مسئله می توان نوشت:

$$T_{C_2} = T_{C_1} - 50, \quad T_{H_2} = T_{H_1}$$

$$\eta_2 = \eta_1 + 0.08 \Rightarrow 1 - \frac{T_{C_2}}{T_{H_2}} = \left(1 - \frac{T_{C_1}}{T_{H_1}}\right) + 0.08 \Rightarrow 1 - \frac{T_{C_1} - 50}{T_{H_1}} = \left(1 - \frac{T_{C_1}}{T_{H_1}}\right) + 0.08 \Rightarrow$$

$$T_{H_1} - T_{C_1} + 50 = T_{H_1} - T_{C_1} + 0.08 T_{H_1} \Rightarrow T_{H_1} = \frac{50}{0.08} = 625 \text{ K}$$

بنابراین گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

۸- در فرآیندهای آرمانی بی دررو، بر روی گاز فقط کار انجام می شود و هیچ گونه گرمایی به محیط مبادله نمی شود. این

مقدار کار از رابطه $W = - \int_{V_1}^{V_2} P dV$ بدست می آید. از آنجا که در این فرآیند حجم گاز زیاد شده است

$(V_2 > V_1)$ و فشار نیز همواره مقداری مثبت است، $W = - \int_{V_1}^{V_2} P dV < 0$ است. طبق قانون اول ترمودینامیک،

میزان افزایش انرژی درونی گاز برابر با جمع جبری کار انجام شده بر روی آن با گرمای داده شده به گاز است. لذا در فرآیند بی دررو می توان نوشت:

$$Q = 0, W < 0 \Rightarrow \Delta U = Q + W = 0 + W < 0 \Rightarrow U_2 - U_1 < 0 \Rightarrow U_2 < U_1$$

در فرآیند هم دما، دمای گاز ثابت می ماند، پس:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{3}{2}KN(T_2) - \frac{3}{2}KN(T_1) = \frac{3}{2}KN(T_2 - T_1) = \frac{3}{2}KN(0) = 0 \Rightarrow U_2 = U_1$$

بنابراین در فرآیند بی دررو، انرژی کاهش و در فرآیند هم دما، انرژی تغییری نمی کند. لذا گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

۹- اگر η راندمان در چرخه کارنو برای یک ماشین بخار باشد برابر است با $\eta = 1 - \frac{T_C}{T_H}$ که در آن T_C و T_H به ترتیب

دمای چگالنده و دمای چشمه گرما است.

$$T_H = \frac{300}{1 - 0/4} = 500 K$$

در حالت دوم، دمای چشمه گرم $100 K$ افزایش داشته است، پس:

$$T'_H = T_H + 100 = 600 K \Rightarrow \eta = 1 - \frac{300}{600} = 1 - \frac{1}{2} = 0/5$$

بنابراین گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

۱۰- در تحول آرمانی هم دما، بدلیل آنکه در نهایت نیز دمای گاز همان دمای اولیه است و انرژی درونی گاز از رابطه

محاسبه می شود، می توان نتیجه گرفت که انرژی داخلی تغییر نمی کند. در تحول آرمانی بی دررو، بر روی

دستگاه کار W انجام می شود که در آن $W = - \int_{V_1}^{V_2} P dv$ است. بدیهی است که چون $P > 0$

است، از آنجایی که در تحول آرمانی بی دررو، گرما محاسبه نمی شود ($Q = 0$) و با استفاده

از قانون اول ترمودینامیک می توان نوشت:

$$\Delta U = W + Q \Rightarrow \Delta U = W > 0 \Rightarrow U_2 - U_1 > 0 \Rightarrow U_2 > U_1$$

انرژی درونی گاز افزایش می یابد. بنابراین گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

۱۱- در صورتیکه W کار انجام شده بر روی گاز باشد مقدار آن از رابطه $W = - \int_{V_1}^{V_2} P dv$ بدست می آید. بنابراین برای

محاسبه W روی مسیر $C \leftarrow B \leftarrow A$ خواهیم داشت:

$$W_{AC} = W_{AB} + W_{BC} = - \int_{2.0}^{1.0} 5 \times 10^3 dV - \int_{1.0}^{1.0} P dV \quad \left. \begin{array}{l} \\ \int_{1.0}^{1.0} P dV = 0 \end{array} \right\} \Rightarrow W_{AC} = + 5 \times 10^3 (2.0 - 1.0) \Rightarrow$$

$$W_{AC} = 5 \times 10^3 \text{ N/m}^2 \times \text{lit} = \frac{5 \times 10^3}{10^{-3}} = 50 \text{ J} \Rightarrow \text{دستگاه } 50 \text{ J} \text{ کار در یافت کرده است.}$$

طبق رابطه $\frac{PV}{T} = \text{cte}$ می توان گفت که برای دو حالت A و C داریم:

$$\frac{P_A V_A}{T_A} = \frac{P_C V_C}{T_C} \Rightarrow \frac{T_C}{T_A} = \frac{P_C}{P_A} \times \frac{V_C}{V_A} = \left(\frac{1.0}{5}\right) \times \left(\frac{1.0}{2}\right) = 1 \Rightarrow T_C = T_A \Rightarrow$$

$$\left. \begin{array}{l} T_C = T_A \\ U_A = \frac{3}{2} NKT_A \\ U_C = \frac{3}{2} NKT_C \end{array} \right\} \Rightarrow U_A = U_C \Rightarrow \Delta U_{A \rightarrow C} = 0 \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \Rightarrow Q + W = 0 \Rightarrow$$

$\Delta U = Q + W$ طبق قانون اول ترمودینامیک

$$\left. \begin{array}{l} Q = -W = -50 \text{ J} \\ W > 0 \end{array} \right\} \Rightarrow Q < 0$$

دستگاه گرما داده است. بنابراین گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

۱۲- طبق قانون دوم ترمودینامیک هرگز ممکن نیست یک دستگاه فرآیندی را پیماید که مقداری گرما از یک چشمه در یک دمای معین جذب و همه آن را به کار تبدیل کند و در نهایت به همان وضعیت و حالت اول برگردد، بلکه بخشی از گرمای گرفته شده، تلف می شود یعنی $|Q|$ گرمای گرفته شده $|W|$ کار انجام شده. لذا گزینه ۱ غلط است. گزینه

۳ هم غلط است چرا که راندمان ماشینهای گرمایی که با چرخه کارنو کار می کند از رابطه $R_a = 1 - \frac{T_C}{T_H}$ بدست

می آید و هیچ وقت بطور کامل ۱ نیست و همیشه کمتر از ۱ است. همه ماشینهای درون سوز نیز فقط با یک چشمه گرما کار نمی کنند و غلط است. بنابراین گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

۱۳- جرم مولکولی گاز نیدروژن ۲ و جرم مولکولی نیتروژن ۲۸ است. پس تعداد مولهای هر یک:

$$n_H = \frac{m_H}{\mu} = \frac{8}{2} = 4 \text{ مول}, \quad n_N = \frac{m_N}{\mu} = \frac{28}{28} = 1 \text{ مول}$$

می‌دانیم برای یک گاز کامل $\frac{PV}{T} = nR$ است. تعداد مولهای مخلوط دو گاز برابر با جمع تعداد مولهای دو گاز است،

$$n = n_H + n_N = 5 = \frac{PV}{RT} \Rightarrow P = \frac{5RT}{V} \quad \text{پس:}$$

$$1 = \frac{22/4 \times 1}{R(273)} \Rightarrow R = \frac{22/4}{273}$$

می‌دانیم هر ۱ مول گاز در شرایط متعارفی، ۲۲/۴ لیتر حجم دارد پس:

$$P = \frac{5RT}{V} = \frac{5 \times \frac{22/4}{273} \times 273}{44/8} = \frac{5}{2} = 2.5 \text{ atm} \quad \text{بنابراین:}$$

پس گزینه ۳ پاسخ درست است.

۱۴- انرژی درونی یک گاز طبق رابطه  بدست می‌آید. در این تحویل به دلیل هم‌دما بودن مقدار T تغییر

نمی‌کند و ثابت است و تعداد ذرات گاز هم ثابت است پس انرژی درونی گاز هم ثابت و بی‌تغییر می‌ماند. بنابراین گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

۱۵- در فرآیند هم‌دما نسبت به فرآیند بی‌درو، وقتی که حجم کاهش می‌یابد، بدلیل آنکه گاز، گرما از دست می‌دهد، افت فشارش کمتر می‌شود و برعکس زمانی که حجم آن افزایش می‌یابد، چون گاز گرما می‌گیرد، لذا میزان افزایش فشارش کمتر می‌شود. بنابراین گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

۱۶- در یک ماشین گرمایی با چرخه کارنو، راندمان از رابطه $R_a = 1 - \frac{T_C}{T_H}$ بدست می‌آید که در آن T_H و T_C ، دمای

چشمه سرد و دمای چشمه گرم بر حسب کلوین است لذا:

$$R_a = 50\% = 0.5 \Rightarrow 0.5 = 1 - \frac{273 + 27}{T_H} \Rightarrow T_H = \frac{300}{0.5} = 600 = 273 + \theta \Rightarrow \theta = 327^\circ \text{C}$$

بنابراین گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

۱۷- در یخچال در صورتیکه K ضریب عملکرد آن باشد رابطه $K = \frac{Q_C}{W} = \frac{Q_C}{|Q_H| - Q_C}$ صدق می‌کند که در آن Q_C

و Q_H به ترتیب گرمای گرفته شده توسط یخچال و گرمای داده شده به محیط است. پس:

$$\left. \begin{aligned} 4 &= \frac{Q_C}{W = Pt} \end{aligned} \right\} \Rightarrow 4 = \frac{Q_C}{500 \times 1} \Rightarrow Q_C = 2000 \text{ J} \Rightarrow K = \frac{Q_C}{|Q_H| - Q_C} \Rightarrow$$

$$K = \frac{2000}{|Q_H| - 2000} = 4 \Rightarrow |Q_H| = \frac{2000}{4} + 2000 = 2500 \text{ J}$$

بنابراین گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

$$Q + W = \Delta u$$

۱۸- طبق قانون اول ترمودینامیک داریم:

چون تغییرات بی دررو است لذا $Q = 0$ است. یعنی $W = \Delta u$. پس تغییر انرژی درونی با مقدار کار انجام شده برابر است یعنی 150 J است. از طرف دیگر چون گاز تک اتمی است داریم:

$$\Delta u = \frac{3}{2} n R \Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{\frac{2}{3} \Delta u}{n R} \Rightarrow \Delta T = \frac{100}{1 \times 8} = 12.5$$

بنابراین گزینه ۱ پاسخ صحیح سوال است.

$$\Delta u = \frac{3}{2} n R \Delta T = \frac{3}{2} (n R T_2 - n R T_1) \Rightarrow \Delta u = \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1)$$

۱۹- چون گاز تک اتمی است داریم:

$$\Rightarrow \Delta u = \frac{3}{2} ((3 \times 10^5) \times 0.02 - 10^5 \times 0.06) = 0$$

بنابراین گزینه ۲ پاسخ صحیح سوال است.

$$\frac{PV}{T} = \text{ثابت}$$

۲۰- می دانیم برای گاز کامل همواره داریم:

$$\frac{P_A V_A}{T_A} = \frac{P_B V_B}{T_B} \Rightarrow \frac{P_A}{T_A} = \frac{P_B}{T_B} \Rightarrow \frac{2 \times 10^5}{T_2} = \frac{10^5}{400} \Rightarrow T_2 = 800 \text{ K}$$

بنابراین

بنابراین گزینه ۳ پاسخ صحیح است.