

۱- برای به هم زدن مایع باید کار مکانیکی انجام گیرد. این کار در اثر اصطکاک میله بهم زن با ذرات مایع به گرما تبدیل و باعث ازدیاد دمای مایع می شود. بنابراین گزینه ۱ صحیح است.

۲- کار انجام شده روی گاز از رابطه $W = -P(V_2 - V_1)$ بدست می آید. در فرآیند مورد نظر $V_2 < V_1$ است. بنابراین $W > 0$ می باشد. پس کار انجام شده روی گاز، مثبت می باشد و چون فرآیند همدمای و گاز متراکم شده است، پس دستگاه گرما داده است تا دمای آن ثابت بماند و گزینه ۱ جواب صحیح است.

۳- انرژی درونی گاز کامل از رابطه $E = \frac{3}{2}NKT$ بدست می آید که N تعداد ذرات تشکیل دهنده گاز، K مقدار ثابت و T دمای مطلق گاز است. لذا انرژی درونی گاز فقط تابع دمای مطلق گاز است و گزینه ۳ جواب صحیح است.

۴- در فرآیند بی دررو، برای متراکم کردن گاز فقط باید روی آن کار انجام داد، درحالی که در فرآیند هم فشار، برای متراکم کردن گاز، می توان هم روی آن کار انجام داد، هم از آن گرما گرفت. در فرآیند همدمای متراکم کردن گاز، باید از آن گرما گرفت. به این ترتیب معلوم می شود در فرآیند بی دررو کار انجام شده بر روی گاز بیشتر از فرآیندهای دیگر است. پس گزینه ۲ جواب صحیح است.

۵- کاری که در فرآیند هم فشار برای متراکم کردن گاز به آن داده شده است بیشتر از کاری است که گاز در انبساط هم فشار به محیط داده است. بنابراین چرخه نمی تواند مربوط به ماشین گرمایی باشد. بنابراین چرخه مربوط به یخچال است. کاری که برای تراکم از محیط گرفته شده است برابر است با :

$$W = -PdV = -2 \times 10^5 (1 - 3) = 4 \times 10^5 \text{ J}$$

کاری که برای انبساط به محیط داده شده است برابر است با :

$$W' = -P'dV = -1 \times 10^5 (3 - 1) = -2 \times 10^5 \text{ J}$$

پس کاری که هر چرخه از محیط می گیرد برابر است با :

$$W + W' = 4 \times 10^5 - 2 \times 10^5 = 2 \times 10^5 \text{ J}$$

پس گزینه ۴ جواب صحیح است.

۶- ضریب عملکرد یخچال از رابطه $K = \frac{Q_C}{W}$ بدست می آید. پس :

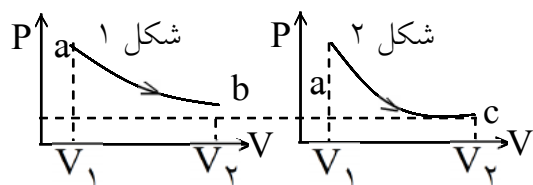
$$Q_C = KW = 4 \times 7 \times 10^5 = 2/8 \times 10^6 \text{ J}$$

گرمایی که از داخل یخچال گرفته می شود برابر $2/8$ مگا ژول است. بنابراین گرمایی که به محیط بیرون داده می شود برابر است با:

$$|Q_H| = W + Q_C = 0/7 + 2/8 = 3/5 \text{ مگا ژول}$$

پس گزینه ۳ جواب صحیح است.

۷- در فرآیند هم‌دما دستگاه در حین انبساط گرما می‌گیرد تا دمای آن ثابت بماند. ولی در فرآیند بی‌دررو دمای دستگاه در حین انبساط، کاهش می‌یابد چرا که با محیط گرما تبادل نمی‌کند. بنابراین افت فشار در فرآیند بی‌دررو بیشتر از فرآیند هم‌دما می‌باشد. به همین ترتیب در هنگام انقباض گاز نیز افزایش فشار در فرآیند بی‌دررو بیشتر از فرآیند هم‌دما می‌باشد. بنابراین گزینه‌ی ۳ صحیح است.



توضیح: فرض کنید، حجم یک گاز کامل را که در حالت a است، یک بار توسط یک فرآیند هم‌دما (شکل ۱) و یک بار توسط یک فرآیند بی‌دررو (شکل ۲)، از V_1 به V_2 می‌رسانیم.

$$T_a = T_b \Rightarrow P_a V_1 = P_b V_2 \Rightarrow P_b = P_a \frac{V_1}{V_2} \quad * \text{ در فرآیند هم‌دما داریم:}$$

$$\left. \begin{matrix} Q = 0 \\ W < 0 \end{matrix} \right\} \Rightarrow \Delta U = Q + W < 0 \Rightarrow U_2 - U_1 < 0 \Rightarrow U_2 < U_1 \quad * \text{ در فرآیند بی‌دررو داریم:}$$

انرژی درونی گاز کامل فقط تابع دمای گاز است. پس برای کاهش انرژی درونی گاز کامل، باید دمای آن نیز کاهش

$$T_c < T_a \Rightarrow \frac{P_c V_2}{nR} < \frac{P_a V_1}{nR} \Rightarrow P_c < P_a \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow P_c < P_b \quad \text{یابد.}$$

بنابراین افت فشار در فرآیند بی‌دررو بیشتر از فرآیند هم‌دما می‌باشد.

۸- انرژی درونی گاز کامل فقط تابع دمای (مطلق) گاز است. پس در یک فرآیند هم‌دما، انرژی درونی گاز کامل تغییر نمی‌کند. پس با توجه به قانون اول ترمودینامیک داریم:

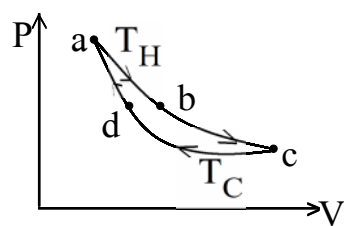
$$\Delta U = U_b - U_a = W + Q = 0 \Rightarrow Q = -W$$

در هر فرآیند آرمانی، کل کار انجام شده روی دستگاه با سطح زیرمنحنی در نمودار $P - V$ برابر است $(W = - \int_{V_1}^{V_2} P dV)$ و از طرفی وقتی در یک فرآیند آرمانی حجم گاز افزایش می‌یابد، چون نیروی وارد بر ذرات

گاز و جابجایی در خلاف جهت هم هستند، کار انجام شده منفی خواهد بود. پس با توجه به سؤال داریم:

$$W = -10^4 \text{ J} \Rightarrow Q = -W = +10^4 \text{ J}$$

بنابراین گزینه ۴ صحیح است.



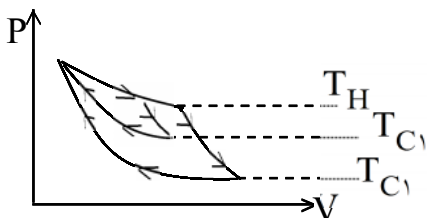
۹- چرخه یک ماشین کارنو از چهار فرآیند آرمانی تشکیل می‌شود.

۱- فرآیند همدمای ab در دمای T_H (دمای چشمه گرم)

۲- فرآیند بی‌دررو bc

۳- فرآیند همدمای cd در دمای T_C (دمای چشمه سرد)

۴- فرآیند بی‌دررو da



پس دستگاه در حالت a در دمای T_H و در حالت c در دمای T_C می‌باشد.
با توجه به شکل سؤال، دمای چشمه گرم (T_H) برای هر دو ماشین یکسان است. دمای چشمه سرد ماشین ۱ بیشتر از دمای چشمه سرد ماشین ۲ است.
($T_{C1} > T_{C2}$)

$$\eta = 1 - \frac{T_C}{T_H} \Rightarrow \begin{cases} \eta_1 = 1 - \frac{T_{C1}}{T_H} \\ \eta_2 = 1 - \frac{T_{C2}}{T_H} \end{cases} \Rightarrow T_{C1} > T_{C2} \Rightarrow \eta_1 < \eta_2$$

بنابراین گزینه ۱ صحیح است.

$$|Q_H| = Q_C + W, \quad Q_C > 0, \quad W > 0, \quad Q_H < 0, \quad K = \frac{Q_C}{W}$$

۱۰- در یخچالها داریم:

$$Q_C = mc\Delta\theta = 0.5 \times 4200 \times 20 = 42000 \text{ J} \Rightarrow K = \frac{Q_C}{W} = \frac{42000}{12000} = 3.5$$

بنابراین گزینه ۲ صحیح است.

۱۱- با توجه به رابطه $\bar{E} = \frac{3}{2} N \cdot K \cdot T$ ($\bar{E}$ انرژی درونی گاز و T دمای مطلق گاز می‌باشد) انرژی درونی گاز کامل با دمای مطلق گاز متناسب است. پس اگر فرآیند همدمای باشد (دمای گاز تغییر نکند) انرژی درونی گاز ثابت می‌ماند. پس گزینه ۳ جواب صحیح است.

$$\Delta U = W + Q$$

۱۲- طبق قانون اول ترمودینامیک داریم:

دستگاه گرما گرفته است پس $Q = 250 \text{ J}$ و دستگاه روی محیط کار انجام داده است پس:

$$W = -300 \text{ J}$$

(علامت منفی به دلیل انجام گرفتن کار توسط دستگاه روی محیط می‌باشد)

$$\Delta U = -300 + 250 = -50 \text{ J}$$

بنابراین می‌توان نوشت:

یعنی انرژی درونی دستگاه ۵۰ ژول کاهش یافته است و گزینه ۲ صحیح است.

$$K = \frac{Q_C}{|Q_H| - Q_C}$$

۱۳- ضریب عملکرد یخچال از رابطه $K = \frac{Q_C}{|Q_H| - Q_C}$ بدست می‌آید (Q_C گرمای گرفته شده از چشمه سرد و Q_H گرمای داده شده به چشمه گرم می‌باشد) پس:

$$2 = \frac{Q_C}{|Q_H| - Q_C} \Rightarrow \frac{Q_C}{Q_H} = \frac{2}{3}$$

گرمای داده شده به چشمه گرم می‌باشد) پس:

پس گزینه ۳ جواب صحیح است.

$$\eta = \frac{T_H - T_C}{T_H} = 1 - \frac{T_C}{T_H} \quad \text{بدست می آید پس می توان نوشت:}$$

وقتی T_H و T_C به یک اندازه کاهش می یابند صورت کسر فوق ثابت می ماند ولی مخرج آن کاهش می یابد. پس بازده افزایش می یابد و گزینه ۱ جواب صحیح است.

$$W_{CA} = -P \cdot \Delta V = -0.5 \times 10^5 \left(\frac{3-5}{1000} \right) = 100 \text{ J} \quad \text{۱۵- کار روی گاز در فرآیند C تا A برابر است با:}$$

فرآیند AB یک فرآیند هم حجم است بنابراین:
بزرگی کار در فرآیند BC برابر مساحت زیر نمودار BC است. از طرفی در فرآیند BC چون $V_2 > V_1$ است کار

$$W_{BC} = \frac{(2 + 0.5) \cdot 10^5}{2} \times \frac{2}{1000} = -250 \text{ J} \quad \text{روی گاز در این فرآیند منفی است و داریم:}$$

کار خالص روی گاز برابر است با:
پس کار خالص انجام شده بر روی محیط برابر است با ۱۵۰ ژول و گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

۱۶- نسبت ظرفیت گرمایی ویژه گاز در فشار ثابت به ظرفیت گرمایی ویژه آن در حجم ثابت $\left(\frac{C_P}{C_V} \right)$ به تعداد اتمهای موجود در مولکول آن گاز بستگی دارد و این نسبت که ضریب اتمیسیته نام دارد ضریبی است که در اندازه سرعت صوت در آن موثر است. پس گزینه ۱ جواب صحیح است.

۱۷- کار انجام شده روی گاز کامل در یک فرآیند آرمانی برابر است با سطح زیر منحنی در نمودار $P - V$.

* قسمت AB یک فرآیند هم حجم است. در این فرآیند کار انجام شده روی جسم صفر است.

* قسمت BC یک فرآیند هم فشار است. در این فرآیند حجم گاز افزایش می یابد و کار انجام شده روی جسم گاز منفی است. در قسمت CA چون حجم کم می شود، کار انجام شده روی گاز مثبت است.

$$W_{CA} = +\frac{1}{2} \times (8 \times 10^{-3} - 4 \times 10^{-3}) \times (10^5 + 5 \times 10^5) = +1200 \text{ J}$$

$$W_{BC} = -5 \times 10^5 \times (8 \times 10^{-3} - 4 \times 10^{-3}) = -2000 \text{ J}$$

بنابراین کل کار انجام شده روی گاز در چرخه ABC برابر خواهد بود با:

$$W = W_{AB} + W_{BC} + W_{CA} = -800 \text{ J}$$

بنابراین در چرخه ABC، ۸۰۰ ژول کار روی گاز انجام گرفته است.

* توجه کنید که کل کار انجام شده در این چرخه با قرینه مساحت مثلث ABC، برابر است.

می دانیم، در ابتدا و انتهای چرخه حالت گاز یکسان است. پس انرژی درونی گاز در ابتدا و انتهای چرخه یکسان است.

$$\Delta U = U_2 - U_1 = Q + W$$

از قانون اول ترمودینامیک داریم:

$$U_2 = U_1 \Rightarrow \Delta U = 0 \Rightarrow Q + W = 0 \Rightarrow Q = -W = +800 \text{ J}$$

پس گاز در این چرخه ۸۰۰ ژول گرما گرفته است. بنابراین گزینه ۳ جواب صحیح است.

۱۸- در فرآیندهای هم‌حجم، حجم گاز در حین تحول ثابت می‌ماند پس کار انجام شده صفر است و گزینه ۲ صحیح است.

۱۹- بازده یک ماشین گرمایی از رابطه $\eta = \frac{W}{Q_H}$ بدست می‌آید. پس:

$$\eta = \frac{750}{2500} = 0.3$$

بنابراین بازده به درصد برابر است با: $30\% = 0.3 \times 100$ و گزینه ۱ جواب صحیح است.

۲۰- ضریب عملکرد از رابطه $K = \frac{Q_C}{W}$ بدست می‌آید لذا داریم:

$$W = P \cdot t = 0.5 \times 1000 \times 60$$

$$Q_H = Q_C + W \Rightarrow 1/5 \times 10^5 = 0.5 \times 1000 \times 60 + Q_C \Rightarrow Q_C = 1/2 \times 10^5 \Rightarrow K = \frac{1/2 \times 10^5}{0.3 \times 10^5} = 4$$

پس گزینه ۳ جواب صحیح است.