

تست فصل ۵ فیزیک دهم - ترمودینامیک Aligebra.com

گزینه ۱

۱

در موتور درون سوز، در مرحله "ضربه قدرت": پیستون پایین می رود و فشار و دمای گاز کاهش می یابد.

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک خارج از کشور ۱۴۰۳

گزینه ۲

۲

هر دو خروجی بسته هستند.

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۴۰۳

گزینه ۳

۳

"ماشین بنزینی چرخه ای را طی می کند که شامل شش فرایند است. از این شش فرایند، چهار فرایند همراه با حرکت پیستون اند که به آنها ضربه می گویند."

این چهار فرایند (ضربه) عبارتند از:

۱. ضربه مکش: پیستون پایین می آید.

۲. ضربه تراکم: پیستون بالا می آید.

۳. ضربه قدرت: پیستون به پایین رانده می شود.

۴. ضربه خروج گاز: پیستون بالا می آید.

دو فرایند دیگر (آتش گرفتن و تخلیه اولیه) در حالی رخ می دهند که پیستون به ترتیب در بالاترین و پایین ترین نقطه خود قرار دارد و حرکت قابل توجهی ندارد.

بنابراین، ۴ فرایند از ۶ فرایند با حرکت پیستون همراه هستند.

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۴۰۴

کافی از رابطه $P V = nRT$ استفاده کنیم. توجه کنید در این رابطه V برحسب مترمکعب و دما برحسب کلوین جایگذاری می‌شود.

$$V = \lambda L = \lambda \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$T = \theta + 273 = 27 + 273 = 300 \text{ K}$$

$$P V = nRT \Rightarrow P \times (\lambda \times 10^{-3}) = 1 \times \lambda \times 300 \Rightarrow P = 3 \times 10^5 \text{ Pa}$$

کنکور سراسری علوم تجربی خارج از کشور ۱۴۰۰

باتوجه به رابطه محاسبه کار در فرآیند هم‌فشار می‌توان نوشت:

$$W = -P \Delta V = -10^5 (1/5 - 2) \times 10^{-3} \Rightarrow W = +50 \text{ J}$$

چون حجم گاز کاهش پیدا کرده است، پس کار انجام‌شده روی گاز مثبت است.

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۴۰۱

$$W = -P \Delta V \text{ : کار در فرآیند هم‌فشار}$$

برای محاسبه فشار گاز از معادله حالت استفاده می‌کنیم:

$$P V = nRT \Rightarrow P \times 10 \times 10^{-3} = \frac{1}{\nu} \times \lambda \times 300 \Rightarrow P = 12 \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$W = -12 \times 10^4 (\lambda - 10) \times 10^{-3} = 240 \text{ J}$$

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک خارج از کشور ۱۳۹۷

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۳۹۶

گام اول

الف) دمای ۱۰ گرم گاز هیدروژن $m = 10 \text{ g} \leftarrow$ ب) در فشار ثابت از 27°C به 127°C می‌رسد. $\leftarrow$

$$\Delta\theta = 127 - 27 = 100^\circ\text{C} \Rightarrow \Delta T = 100\text{K}$$

ج) کار انجام شده توسط گاز در این فرآیند چند کیلوژول است؟ $\leftarrow W' = ?$

گام دوم

با استفاده از رابطه‌های زیر خواهیم داشت:

$$W' = P \Delta V = nR\Delta T = \frac{m}{M}R\Delta T$$

$$\frac{M=2 \text{ g/mol}}{R=8 \text{ J/(mol.K)}} \rightarrow W' = \frac{10}{2} \times 8 \times 100 = 4000 \text{ J} = 4 \text{ kJ}$$

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۳۹۵

گام اول

الف) در فشار ثابت $2 \times 10^5 \text{ Pa} \leftarrow P = 2 \times 10^5 \text{ Pa}$ ب) از حجم 6 lit به $2 \text{ lit} \leftarrow V_1 = 6 \text{ lit}, V_2 = 2 \text{ lit}$ ج) اگر گاز در این فرآیند، 2800 J گرما از دست بدهد $\leftarrow Q = -2800 \text{ J}$ د) انرژی درونی آن چند ژول کاهش می‌یابد؟ $\leftarrow \Delta U = ?$

گام دوم

با استفاده از رابطه $W = -P \Delta V$ ، کار انجام شده روی گاز را محاسبه کرده و در نهایت انرژی درونی آن را به دست می‌آوریم:

$$W = -P \Delta V = -2 \times 10^5 \times (2 \times 10^{-3} - 6 \times 10^{-3}) = 2 \times 100 \times 4 = 800 \text{ J}$$

$$\Delta U = Q + W = -2800 + 800 = -2000 \text{ J}$$

بنابراین انرژی درونی گاز، 2000 ژول کاهش می‌یابد.

بیایید گزینه‌ها را بررسی کنیم:

- گزینه‌های ۱ و ۳: کار انجام‌شده روی گاز: کار (W) تابع مسیر است. مقدار کاری که روی یک گاز انجام می‌شود (یا توسط گاز انجام می‌شود) به نوع فرایند (مثلاً هم‌حجم، هم‌فشار، هم‌دما یا بی‌دررو) بستگی دارد، حتی اگر حالت‌های اولیه و نهایی یکسان باشند. در نمودار $P-V$ ، کار برابر با مساحت زیر نمودار فرایند است که برای مسیرهای مختلف، متفاوت خواهد بود.
۲. تغییر انرژی درونی: انرژی درونی (U) تابع حالت است. برای یک گاز کامل، انرژی درونی فقط به دما بستگی دارد. بنابراین، تغییر انرژی درونی فقط به تغییر دما بستگی دارد و مستقل از مسیری است که گاز برای رسیدن از دمای T_1 به T_2 طی کرده است. این یکی از اصول اساسی قانون اول ترمودینامیک است.
۴. تغییر انرژی درونی و گرمای مبادله‌شده: اگرچه تغییر انرژی درونی (ΔU) تابع حالت است، اما گرمای مبادله‌شده (Q) تابع مسیر است. بنابراین، این ترکیب به نوع فرایند بستگی خواهد داشت.

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۴۰۴

- فرآیندی که طی آن گاز از محیط گرما می‌گیرد ($Q > 0$) می‌تواند فرآیندی هم‌دما باشد و در فرآیند هم‌دما دمای گاز ثابت می‌ماند (رد گزینه ۱) و انرژی درونی تغییر نمی‌کند (رد گزینه ۳).
- این فرآیند می‌تواند فرآیندی هم‌حجم نیز باشد و در فرآیند هم‌حجم کار برابر با صفر است $= 0$ هم‌حجم W ، پس گزینه ۴ نیز رد می‌شود.

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک خارج از کشور ۱۳۹۸

به بررسی هر یک از گزینه‌ها می‌پردازیم:

- ۱) نادرست؛ در فرایند هم‌دما، تغییر حجم داریم؛ بنابراین $W \neq 0$ است. چون $\Delta U = Q + W = 0$ است و $W \neq 0$ می‌باشد، پس $Q = 0$ است.
- ۲) درست؛ در فرایندهای انبساط و تراکم بی‌دررو، $Q = 0$ است، پس $\Delta U = W$ است.
- ۳) نادرست؛ چون $\Delta U = 0$ است، پس $W = -Q$ است؛ یعنی کار انجام‌شده روی گاز، قرینه گرمای داده‌شده به گاز است.
- ۴) نادرست؛ چون در انبساط هم‌فشار، $\Delta U > 0$ است، پس گرما و کار نمی‌توانند هم‌اندازه باشند.

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۴۰۳

چون $P_f V_f > P_i V_i$ است، پس دمای گاز در حالت نهایی، بیشتر از حالت اولیه است؛ بنابراین انرژی درونی گاز افزایش یافته است. پس:

$$\Delta U > 0 \Rightarrow Q + W > 0 \Rightarrow \text{گزینه ۳ درست است}$$

چون گاز منبسط شده است، $W < 0$ است. بنابراین:

$$\Delta U^+ = Q + \bar{W} \Rightarrow Q > 0, \quad Q > |W|$$

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۴۰۳

راه حل اول:

در تراکم بی‌درروی گاز آرمانی، کار محیط روی گاز مثبت است، در نتیجه $\Delta U = W > 0$ است و انرژی درونی گاز و در نتیجه دمای آن افزایش می‌یابد. بنابراین در اینجا خواهیم داشت:

$$T_b > T_a$$

از طرفی طبق رابطهٔ آرمانی داریم:

$$P V = n R T \Rightarrow T = \frac{P V}{n R}$$

$$(۱), (۲): \frac{P_b V_b}{n R} > \frac{P_a V_a}{n R} \xrightarrow{P_b = 3P_a} 3P_a V_b > P_a V_a \Rightarrow V_b > \frac{1}{3} V_a$$

راه حل دوم (براساس چاپ ۹۷ کتاب دهم):

$$\Delta U = W + \dot{Q}$$

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

$$\xrightarrow{P_2 = 3P_1} n R \Delta T = 3P_1 V_2 - P_1 V_1$$

$$3P_1 V_2 - P_1 V_1 > 0 \Rightarrow P_1 (3V_2 - V_1) > 0$$

$$3V_2 - V_1 > 0 \Rightarrow 3V_2 > V_1 \Rightarrow V_2 > \frac{1}{3} V_1$$

در تراکم بی‌درروی دمای گاز افزایش می‌یابد.

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک خارج از کشور ۱۳۹۹

انرژی درونی یک گاز متناسب با دمای مطلق آن است. طبق رابطه $P V = nRT$ دمای مطلق نیز متناسب با حاصلضرب $P V$ است. پس:

$$U \propto T \propto P V \Rightarrow \begin{cases} U_A \propto 2/5 \times 2/2 \times 10^5 \\ U_B \propto 2/5 \times 6/6 \times 10^5 \\ U_C \propto 1/5 \times 6/6 \times 10^5 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{U_B}{U_A} = 3, \quad \frac{U_B}{U_C} = \frac{5}{3} \Rightarrow U_B = 3U_A = \frac{5}{3}U_C$$

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۴۰۲

فشار کل گاز = فشار پیمانه‌ای + فشار جو

$$P_1 = 5 \times 10^5 + P_0 = 5 \times 10^5 + 10^5 = 1/5 \times 10^6 \text{ Pa}$$

$$P_2 = 2 \times 5 \times 10^5 + P_0 = 2 \times 10^6 \text{ Pa}$$

$$V_2 = 2V_1 \Rightarrow \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{1/5 \times 10^6 \times V_1}{T_1} = \frac{2 \times 10^6 \times 2V_1}{T_2}$$

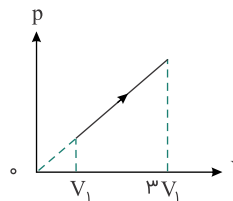
$$\Rightarrow T_2 = \frac{4}{1/5} T_1 = \frac{4}{1/5} T_1 = \frac{20}{1} T_1$$

انرژی درونی گاز تابعی از دمای مطلق گاز است پس داریم:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{U_2}{600} = \frac{20}{1} \Rightarrow U_2 = 1200 \text{ J}$$

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۴۰۰

باتوجه به اینکه شیب نمودار $P - V$ ثابت است، داریم:



$$P = mV \Rightarrow \frac{P}{V} = m = \text{ثابت}$$

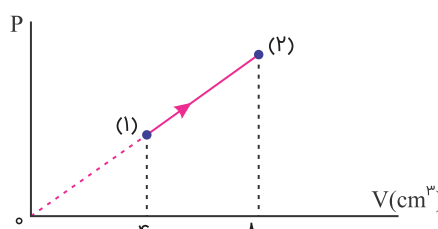
$$\Rightarrow \frac{P_2}{V_2} = \frac{P_1}{V_1} \Rightarrow \frac{P_2}{3V_1} = \frac{P_1}{V_1} \Rightarrow P_2 = 3P_1$$

از طرفی با استفاده از معادله حالت گاز کامل خواهیم داشت:

$$PV = nRT \Rightarrow \frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_1 V_1}{T_1} \Rightarrow \frac{3P_1 \times 3V_1}{T_2} = \frac{P_1 V_1}{T_1} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = 9$$

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک خارج از کشور ۱۳۹۵

ابتدا رابطه‌ای را بین P و V حالت‌های اول و دوم به دست می‌آوریم، شیب خط ثابت است پس داریم:



$$\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{P_2}{P_1}$$

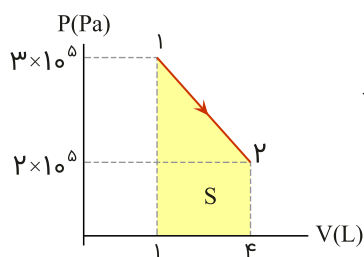
از طرفی از معادله حالت $PV = nRT$ داریم:

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{P_2}{P_1} \times \frac{V_2}{V_1} \xrightarrow{\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2}{V_1}} \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2$$

$$\Rightarrow \frac{T_2}{273 - 23} = \left(\frac{200}{100}\right)^2 \Rightarrow T_2 = 1000 \text{ K} \Rightarrow T_2 = 727^\circ \text{C}$$

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک خارج از کشور ۱۴۰۰

فرآیند انجام‌شده انبساطی است. کار انجام‌شده در این فرآیند را باتوجه به سطح زیر نمودار $P - V$ داده‌شده حساب می‌کنیم:



$$W = -S = -\frac{(2 \times 10^5 + 3 \times 10^5)}{2} \times \frac{3}{1000}$$

$$\Rightarrow W = -750 \text{ J}$$

ازطرفی می‌دانیم انرژی درونی مقدار معینی گاز کامل با دمای مطلق آن رابطه مستقیم دارد. در این صورت داریم:

$$U \propto T \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{T_2}{T_1} \xrightarrow{T \propto PV} \frac{U_2}{U_1} = \frac{P_2}{P_1} \times \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow \frac{U_2}{750} = \frac{2 \times 10^5}{3 \times 10^5} \times \frac{2}{1}$$

$$\Rightarrow U_2 = 2000 \text{ J}$$

اکنون با استفاده از قانون اول ترمودینامیک گرمای مبادله‌شده برابر است با:

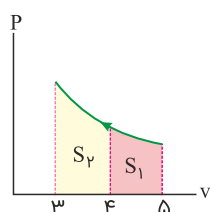
$$\Delta U = Q + W \Rightarrow 2000 - 750 = Q + (-750) \Rightarrow Q = 2000 \text{ J}$$

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک خارج از کشور ۱۴۰۱

الف: درست، ب: نادرست، پ: نادرست، ت: نادرست، ث: درست
کاهش حجم در فرآیند بی‌دررو همراه با افزایش فشار و دما و انرژی درونی است.
در فرآیند بی‌دررو گاز گرمایی مبادله نمی‌کند.

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

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۴۰۰



$$S_2 > S_1 \Rightarrow |W_2| > |W_1| \xrightarrow{W > 0} W_2 > W_1$$

$$\Delta U = W + \cancel{Q} \Rightarrow \Delta U_2 > \Delta U_1$$

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۳۹۸

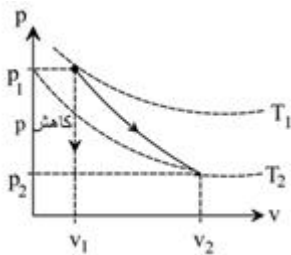
گام اول

الف) نوع فرآیند بی‌دررو $Q = 0$

ب) فشار کاهش یافته $P_2 < P_1$

گام دوم

نمودار $P - V$ فرآیندهای بی‌دررو که در آن $T_1 > T_2$ است به صورت زیر می‌باشد:



$$T = \frac{PV}{nR} \xrightarrow{P_1 > P_2} T_1 > T_2$$

بنابراین با کاهش فشار، دما و به دنبال آن انرژی درونی کاهش می‌یابد ($\Delta U < 0$)، زیرا دما و انرژی داخلی باهم رابطه مستقیم دارند.

در فرآیند بی‌دررو $Q = 0$ است، بنابراین طبق قانون اول ترمودینامیک خواهیم داشت:

$$\Delta U = Q + W \xrightarrow{Q=0} \Delta U = W$$

باتوجه به علامت تغییرات انرژی درونی داریم:

$$\Delta U = W \xrightarrow{\Delta U < 0} W < 0 \rightarrow -P \Delta V < 0 \rightarrow \Delta V > 0$$

می‌دانیم در فرایند بی‌دررو گرما مبادله نمی‌شود، پس:

$$Q_2 = 0, \Delta U_2 = W_2$$

در فرایند هم‌دما، انرژی درونی صفر است پس:

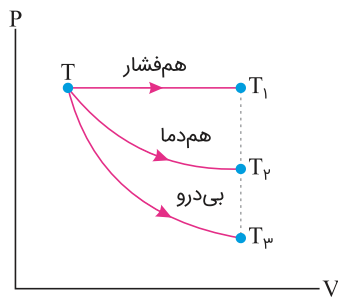
$$\Delta U_1 = 0 \Rightarrow Q_1 = -W_1$$

در فرایندها حجم کاهش یافته است پس داریم:

$$W_1 > 0 \Rightarrow Q_1 < 0$$

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک خارج از کشور ۱۴۰۳

نمودار $P - V$ مربوط به هر سه فرایند را در یک دستگاه رسم کنیم:



باتوجه به سطح زیر نمودار:

$$T \propto PV \Rightarrow T_1 > T \Rightarrow \underbrace{\Delta U_{\text{هم‌فشار}}}_{\text{مورد ت نادرست}} > 0 \xrightarrow{W < 0} Q_{\text{هم‌فشار}} > 0$$

$$\Delta U_{\text{هم‌دما}} = 0 \Rightarrow Q + W = 0 \xrightarrow{|W|=S=0} \underbrace{Q = 0}_{\text{مورد ب نادرست}}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{مورد پ درست است} \\ \Delta U_{\text{هم‌دما}} = 0 \\ \Delta U_{\text{بی‌دررو}} < 0 \\ \Delta U_{\text{هم‌فشار}} > 0 \end{array} \right\} \xrightarrow[\text{نمودار } W = -S]{\Delta U = Q + W} \left\{ \begin{array}{l} Q_{\text{هم‌دما}} = -W_{\text{هم‌دما}} = +S_{\text{هم‌دما}} \\ Q_{\text{بی‌دررو}} = 0 \\ Q_{\text{هم‌فشار}} = \underbrace{S_{\text{هم‌فشار}} + \Delta U}_{Q_{\text{بی‌دررو}} > Q_{\text{هم‌دما}} > Q_{\text{هم‌فشار}}} \end{array} \right.$$

$\Rightarrow$ مورد الف درست است

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۴۰۲

فرآیند ab یک فرآیند هم‌فشار انبساطی است، بنابراین:

$$W_{ab} = -p\Delta V > 0$$

طبق رابطه معادله حالت $pV = nRT$ در فشار ثابت با افزایش حجم، دما نیز افزایش می‌یابد و در نتیجه فرآیند ab گرماگیر است: $Q_{ab} > 0$

فرآیند bc یک فرآیند بی‌دررو تراکمی است، پس: $Q_{bc} = 0$ و چون حجم کاهش یافته است $W_{bc} < 0$ به این ترتیب در مجموع:

$$W_{کل} = W_{ab} + W_{bc} = -S_{ab} + S_{bc} \xrightarrow{S_{bc} > S_{ab}} W_{کل} > 0$$

(* نکته: مساحت زیر منحنی در نمودار $p - V$ برابر با اندازه W است.)

$$Q_{کل} = Q_{ab} + Q_{bc} \xrightarrow{Q_{bc} = 0} Q_{کل} = Q_{ab} > 0$$

و تغییرات انرژی درونی در کل این فرآیند:

$$\Delta U_{کل} = W_{کل} + Q_{کل} \xrightarrow{W_{کل} > 0, Q_{کل} > 0} \Delta U_{کل} > 0$$

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۳۹۷

$$pV = nRT \Rightarrow p = nR \frac{T}{V}$$

در فرآیند بی‌دررو، گرما مبادله نمی‌شود و تغییرات انرژی درونی برابر با کار انجام شده است. از آنجایی که کار تابعی از تغییر حجم است و تغییرات انرژی درونی تابعی از تغییرات دمای مطلق است در حالت گفته شده توسط سوال ممکن نیست که نسبت حجم یا دمای مطلق یک برابر شود (رد گزینه ۲ و ۴)

اگر فشار در یک فرآیند بی‌دررو افزایش یابد، به معنای تراکم گاز است. در تراکم، حجم گاز باید کاهش یابد ($V_2 < V_1$).

بنابراین $n = \frac{V_2}{V_1}$ باید کمتر از ۱ باشد. گزینه ۳ مقدار n را بین ۱ و ۲ نشان می‌دهد که به معنای افزایش حجم (انبساط) است و با افزایش فشار در فرآیند بی‌دررو در تناقض است. (رد گزینه ۳)

پس گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک خارج از کشور ۱۴۰۴

شرط اول: کار روی گاز مثبت باشد

$$W > 0 \Rightarrow -P \Delta V > 0 \Rightarrow \Delta V < 0 \quad (\text{فرایند باید تراکمی باشد})$$

شرط دوم: انرژی درونی کاهش یابد

$$\Delta U < 0 \Rightarrow \Delta T < 0 \quad (\text{دما باید کاهش یابد})$$

بررسی گزینه ۱ (تراکم هم فشار):

$$P_1 = P_2 = P$$

از قانون گازها ($P V = nRT$) نتیجه می‌گیریم که اگر فشار ثابت باشد، حجم و دما متناسب هستند:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

چون فرایند تراکمی است ($V_2 < V_1$)، پس دما نیز باید کاهش یابد ($T_2 < T_1$). بنابراین هر دو شرط برقرار است.

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۴۰۲

گام اول

تغییر انرژی درونی، بزرگ‌تر از کاری است که محیط روی گاز انجام می‌دهد $\Delta U > W$

گام دوم

به بررسی گزینه‌ها می‌پردازیم:

گزینه ۱ و ۴: در تراکم و انبساط بی‌دررو، $Q = 0$ است و بنا بر قانون اول ترمودینامیک داریم:

$$\Delta U = Q + W \xrightarrow{Q=0} \Delta U = W$$

گزینه ۳: در تراکم هم‌دما، دما ثابت می‌ماند و تغییرات انرژی درونی برابر با صفر است.

گزینه ۲: در انبساط هم‌فشار، فشار ثابت باقی می‌ماند و دما افزایش می‌یابد، بنابراین:

$$W = -P \Delta V \xrightarrow{\Delta V > 0} W < 0$$

دما نیز افزایش یافته است و از آنجایی که دما با انرژی درونی رابطه مستقیم دارد، بنابراین تغییرات انرژی درونی نیز مثبت است:

$$\Delta T > 0 \Rightarrow \Delta U > 0$$

از طرفی در انبساط هم‌فشار $Q > 0$ است، بنابراین می‌توانیم نتیجه بگیریم که در این حالت تغییرات انرژی درونی بزرگ‌تر از کار است.

$$\begin{cases} \Delta U = Q + W \\ \Delta U > 0 \\ Q > 0 \\ W < 0 \end{cases} \Rightarrow \Delta U > W$$

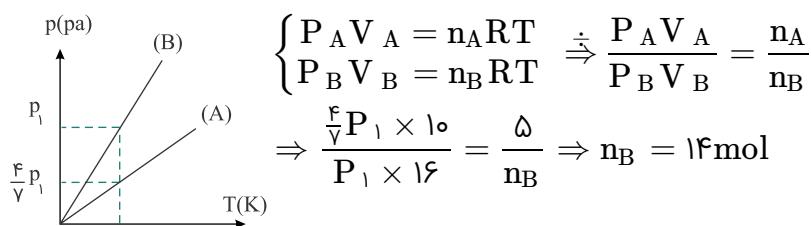
کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۳۹۵

گام اول

(الف) ۵ مول گاز کامل A ← $n_A = 5$ (ب) به حجم ۱۰ لیتر ← $V_A = 10 \text{ lit}$ (ج) n مول گاز کامل B به حجم ۱۶ لیتر ← $V_B = 16 \text{ lit}$ (د) n کدام است؟ ← $n_B = ?$

گام دوم

با استفاده از معادله حالت گاز کامل برای گازهای A و B و فشارهای داده شده در دمای معین روی نمودار، داریم:



فرآیند AB یک فرآیند همفشار است که در آن حجم کاهش یافته است (رد گزینه ۱). فرآیند BC یک فرآیند همدمای است که نمودار آن در صفحه $P - V$ به صورت یک منحنی است (رد گزینه ۴). کافی است فشار در نقطه C را به دست بیاوریم تا به گزینه صحیح برسیم:

$$P_C V_C = n R T_C \Rightarrow P_C \times 8 \times 10^{-3} = 5/4 \times 8 \times 250 \Rightarrow P_C = 10^5 \text{ Pa}$$

بنابراین گزینه ۳ درست است.

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۳۹۹

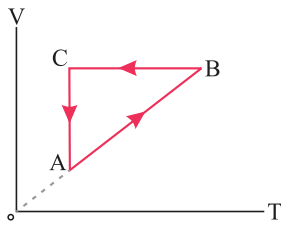
فرایندها را تک تک بررسی و رسم می‌کنیم:

فرایند AB انبساط هم فشار است پس در نمودار $V - T$ باید خط مبدأ گذر باشد.

فرایند BC هم حجم است و دما و فشار در آن کاهش می‌یابد.

فرایند AC هم دما است و باید موازی محور V رسم شود.

بنابراین گزینه (۴) درست است.



کنکور سراسری ریاضی و فیزیک خارج از کشور ۱۴۰۲

$$\Delta U = 0 \text{ چرخه}$$

$$\Delta U = 0 \text{ هم دما}$$

$$\Delta U = \Delta U_{AB} + \Delta U_{BC} + \Delta U_{CA}$$

$$0 = Q_{AB} + W_{AB} + \cancel{W_{BC}} + Q_{BC}$$

$$Q_{AB} + Q_{BC} = W_{AB} = P \Delta V$$

$$Q = 1 \times 10^5 (16 - V_A) \times 10^{-3}$$

$$T_A = T_C \Rightarrow P_A V_A = P_C V_C$$

$$1 \times 10^5 \times V_A = 2 \times 10^5 \times 16 \Rightarrow V_A = 4 \text{ Lit}$$

$$Q = 1 \times 10^5 (16 - 4) \times 10^{-3} = 9600 \text{ J}$$

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک خارج از کشور ۱۳۹۹

$$W_{\text{کل}} = -S_{\text{چرخه}} = -\frac{3 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^5}{2} = -300 \text{ J}$$

$$Q_{\text{کل}} = -W_{\text{کل}} \Rightarrow Q_{\text{کل}} = +300 \text{ J}$$

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۴۰۱

طبق رابطه $n = \frac{m}{M}$ و رابطه جرم گاز خارج شده داریم:

$$\left. \begin{aligned} n_1 &= \frac{m_1}{M} \Rightarrow n_1 M = m_1 \\ n_2 &= \frac{m_2}{M} \Rightarrow n_2 M = m_2 \\ m_2 &= \frac{4}{5} m_1 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{m_2}{m_1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{4}{5} \Rightarrow n_2 = \frac{4}{5} n_1$$

تغییر مول گاز برابر است با:

$$\begin{aligned} n_1 - n_2 &= \frac{P_1 V_1}{RT_1} - \frac{P_2 V_2}{RT_2} \Rightarrow n_1 - \frac{4}{5} n_1 = \frac{P_1 V_1}{RT_1} - \frac{P_2 V_2}{RT_2} \\ \frac{n_1 = \frac{P_1 V_1}{RT_1}}{\frac{V_1 = V_2}{T_2}} \rightarrow \frac{1}{5} \left(\frac{P_1 V_1}{RT_1} \right) &= \frac{P_1 V_1}{RT_1} - \frac{P_2 V_2}{RT_2} \Rightarrow \frac{P_2 V_2}{RT_2} = \frac{4}{5} \left(\frac{P_1 V_1}{RT_1} \right) \\ \frac{V_1 = V_2}{T_2} \rightarrow \frac{P_2}{T_2} &= \frac{4}{5} \left(\frac{P_1}{T_1} \right) \Rightarrow P_2 = \frac{4}{5} \frac{P_1 T_2}{T_1} \end{aligned}$$

صورت سوال فشار پیمانه‌ای حالت اول را داده پس:

$$\begin{aligned} P_2 &= \frac{4}{5} \times \frac{(3 \times 10^5 + 10^5) \times 300}{320} = 3 \times 10^5 \text{ Pa} \\ P_{\text{پیمانه ای}} &= P_2 - P_0 = 3 \times 10^5 - 10^5 = 2 \times 10^5 \text{ Pa} \end{aligned}$$

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک خارج از کشور ۱۴۰۲

گام اول: تعداد مول خارج شده از گاز برابر با اختلاف تعداد مول اولیه درون مخزن و تعداد مول باقی مانده درون مخزن پس از باز کردن شیر مخزن است؛ پس:

$$\begin{aligned} n_{\text{باقی مانده}} - n_{\text{خارج شده}} &= n_{\text{اولیه}} \\ n_{\text{خارج شده}} &= \frac{P_1 V_1}{RT_1} - \frac{P_2 V_2}{RT_2} \\ &= \frac{5 \times 10^5 \times 30 \times 10^{-3}}{8 \times (273 + 27)} - \frac{2/9 \times 10^5 \times 30 \times 10^{-3}}{8 \times (273 + 17)} = \frac{25}{4} - \frac{15}{4} = 2/5 \text{ mol} \end{aligned}$$

گام دوم: طبق رابطه $n = \frac{m}{M}$ جرم گاز خارج شده برابر است با:

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow 2/5 = \frac{m}{32} \Rightarrow m = 12.8 \text{ g}$$

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۳۹۹

با استفاده از رابطه محاسبه مول گاز می‌توان نوشت:

$$n_1 = \frac{m_1}{M_1} \Rightarrow 1 = \frac{m_1}{28} \Rightarrow m_1 = 28 \text{ g} \Rightarrow m_2 = 28 \text{ g}$$

$$n_2 = \frac{m_2}{M_2} \Rightarrow n_2 = \frac{28}{4} = 7 \text{ mol}$$

در این صورت برای مخلوط گاز می‌توان نوشت:

$$n = n_1 + n_2 = 1 + 7 = 8 \text{ mol}$$

پس برای محاسبه فشار مخلوط داریم:

$$\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2} \Rightarrow \frac{\frac{5}{4} P_0}{1} = \frac{P_2}{8} \Rightarrow P_2 = 10 P_0$$

در این صورت فشار پیمانه‌ای برابر است با:

$$P_g = P - P_0 = 10 P_0 - P_0 = 9 P_0$$

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۴۰۱

معادله حالت گاز کامل را برای مخلوط می‌نویسیم:

$$P V = nRT \Rightarrow 7/5 \times 10^5 \times 80 \times 10^{-3} = n \times 8 \times (27 + 273) \\ \Rightarrow 7/5 \times 8 \times 10^3 = n \times 8 \times 300 \Rightarrow n = 25 \text{ mol}$$

تعداد مول‌های مخلوط (n)، مجموع تعداد مول‌های هر دو گاز است:

$$n = n_{H_2} + n_{He} \Rightarrow n_{H_2} + n_{H_2} = 25 \quad (1)$$

با استفاده از رابطه $n = \frac{m}{M}$ در رابطه (۱) داریم:

$$\frac{m_{H_2}}{2} + \frac{m_{He}}{4} = 25 \Rightarrow \frac{2m_{H_2} + m_{He}}{4} = 25 \Rightarrow 2m_{H_2} + m_{He} = 100 \quad (2)$$

از طرفی طبق صورت سوال:

$$m_{H_2} + m_{He} = 80 \quad (3)$$

حال با حل دستگاه معادلات (۲) و (۳)، m_{H_2} و m_{He} را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} 2m_{H_2} + m_{He} = 100 \\ m_{H_2} + m_{He} = 80 \end{cases} \Rightarrow m_{H_2} = 20 \text{ g}, \quad m_{He} = 60 \text{ g}$$

بنابراین ۶۰ گرم از جرم مخلوط، گاز هلیوم است. اکنون درصد جرم گاز هلیوم به جرم کل مخلوط را محاسبه می‌کنیم:

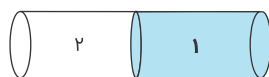
$$\text{درصد جرم گاز هلیوم به جرم کل مخلوط} : \frac{m_{He}}{m_{\text{kol}}} \times 100 = \frac{60}{80} \times 100 = 75\%$$

گام اول

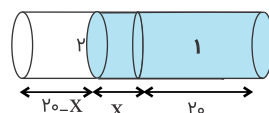
- الف) یک پیستون رسانای گرما و بدون اصطکاک در وسط استوانه ثابت نگه داشته شده است $\leftarrow V_1 = V_1'$
 ب) در یک طرف استوانه گاز کاملی در فشار P_{atm} و دمای $27^\circ C \leftarrow T_1 = 27 + 273 = 300 K$ و $P_1 = P_{atm}$
 ج) در طرف دیگر گاز کاملی در فشار $5 atm$ و دمای $227^\circ C$ وارد می‌کنیم $\leftarrow P_1' = 5 atm, T_1' = 227 + 273 = 500 K$
 د) پس از مدتی دو گاز هم‌دمای می‌شوند $\leftarrow T_2 = T_2'$
 ه) پیستون نسبت به حالت اولیه چند سانتی‌متر جابه‌جا می‌شود؟ $\leftarrow x = ? cm$

گام دوم

قسمت‌های ۱ و ۲ پیستون از هم جدا شده‌اند و تعداد ذرات هر قسمت ثابت باقی می‌ماند. با به دست آوردن نسبت حجم ثانویه هر قسمت، می‌توانیم مقدار جابه‌جایی نسبت به حالت اولیه را محاسبه کنیم:



برای قسمت (۱) خواهیم داشت:



$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{P_1 \times V_1}{300} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow V_2 = \frac{P_1 V_1 T_2}{300 P_2}$$

برای قسمت (۲) خواهیم داشت:

$$\frac{P_1' V_1'}{T_1'} = \frac{P_2' V_2'}{T_2'} \Rightarrow \frac{5 \times V_1'}{500} = \frac{P_2' V_2'}{T_2'} \Rightarrow V_2' = \frac{V_1' T_2'}{100 \times P_2'}$$

وقتی پیستون در حالت تعادل است، فشار و دما در هر دو قسمت باهم برابر می‌باشند: $P_2' = P_2, T_2' = T_2$

$$\begin{cases} V_2 = A(20 + x) \\ V_2' = A(20 - x) \end{cases} \Rightarrow \frac{V_2}{V_2'} = \frac{\frac{P_1 V_1 T_2}{300 P_2}}{\frac{V_1' T_2'}{100 P_2'}} = \frac{V_1' T_2'}{300 P_2'}$$

$$\Rightarrow \frac{A(20 + x)}{A(20 - x)} = \frac{3}{2} \Rightarrow \frac{20 + x}{20 - x} = \frac{3}{2} \Rightarrow x = 4 cm$$

فشار گاز در دو سمت پیستون یکسان است بنابراین از رابطه $P V = nRT$ داریم:

$$\left. \begin{aligned} P_{H_2} &= P_{N_2} \\ P &= \frac{nRT}{V} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{n_{H_2} T_{H_2}}{V_{H_2}} = \frac{n_{N_2} T_{N_2}}{V_{N_2}}$$

$$\xrightarrow{n=\frac{m}{M}} \frac{m_{H_2} T_{H_2}}{M_{H_2} V_{H_2}} = \frac{m_{N_2} T_{N_2}}{M_{N_2} V_{N_2}}$$

$$\Rightarrow \frac{m_{H_2} \times 300}{2 \times 21 \times A} = \frac{m_{N_2} \times 320}{28 \times 32 \times A} \Rightarrow \frac{m_{N_2}}{m_{H_2}} = 20$$

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک خارج از کشور ۱۴۰۰

در چرخه یک ماشین گرمایی باتوجه به قانون اول ترمودینامیک می‌توان نوشت:

$$Q_H = |W| + |Q_C| \Rightarrow 100 = |W| + 60 \Rightarrow |W| = 40 \text{ J}$$

اکنون برای محاسبه توان خروجی ماشین داریم:

$$P = \frac{|W|}{\Delta t} = \frac{40}{0.5} = 80 \text{ W}$$

کنکور سراسری ریاضی و فیزیک خارج از کشور ۱۴۰۱