فهرست دهم

فصل ۱
فیزیک و اندازه‌گیری ۸
پاسخ‌های تشریحی ۱۷

فصل ۲
ویژگی‌های فیزیکی مواد ۲۷
پاسخ‌های تشریحی ۵۹

فصل ۳
کار، انرژی و توان ۹۳
پاسخ‌های تشریحی ۱۱۶

فصل ۴
دما و گرما ۱۴۵
پاسخ‌های تشریحی ۱۷۶

فصل ۵
ترمودینامیک ۲۱۵
پاسخ‌های تشریحی ۲۳۰

فهرست یازدهم

فصل ۱
الکتریسیتهٔ ساکن ۲۵۴
پاسخ‌های تشریحی ۲۹۲

فصل ۲
جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم ۳۴۴
پاسخ‌های تشریحی ۳۸۸

فصل ۳
مغناطیس ۴۵۰
پاسخ‌های تشریحی ۴۷۶

فصل ۴
القای الکترومغناطیسی و جریان متناوب ۵۰۵
پاسخ‌های تشریحی ۵۲۷

فهرست دوازدهم

فصل ۱
حرکت بر خط راست ۵۵۲
پاسخ‌های تشریحی ۶۰۰

فصل ۲
دینامیک و حرکت دایره‌ای ۶۷۱
پاسخ‌های تشریحی ۷۱۱

فصل ۳
نوسان و امواج ۷۶۳
پاسخ‌های تشریحی ۷۹۹

فصل ۴
برهم کنش‌های موج ۸۴۶
پاسخ‌های تشریحی ۸۶۵

فصل ۵
آشنایی با فیزیک اتمی ۸۸۷
پاسخ‌های تشریحی ۹۰۳

فصل ۶
آشنایی با فیزیک هسته‌ای ۹۲۱
پاسخ‌های تشریحی ۹۳۲

مفاهیم اولیهٔ ترمودینامیک (گرما، کار، انرژی درونی)

در انتهای فصل گرما با سؤالات ابتدایی گازهای کامل و رابطهٔ $\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$ آشنا شدید. حالا وقتشه که آقایون و خانم‌های مهندس، یواش یواش با مفاهیم گرما، کار و انرژی درونی تو فرایندهای ترمودینامیکی آشنا بشن و ببینن قانون اول ترمودینامیک اساساً چی میگه ...

۱- کدام‌یک از عبارت‌های زیر صحیح است؟

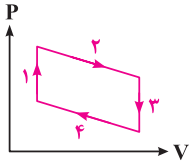
۱) منبع گرمایی، با دریافت و یا از دست دادن مقدار محدودی گرما، تغییرات دمایش قابل ملاحظه است.

۲) جرم مولکولی و شتاب ذرات یک گاز، جزء متغیرهای ترمودینامیکی محسوب می‌شود.

۳) از کمیت‌های ماکروسکوپیک می‌توان به فشار و دما اشاره کرد.

۴) در ترمودینامیک، فقط بر روی فرایندهایی بحث می‌کنیم که در آن‌ها تغییرات بر روی متغیرهای ترمودینامیکی، ناگهانی و با تغییرات زیاد همراه باشد.

۲- مطابق نمودار زیر، گاز کاملی در طی چند فرایند آرمانی در مسیرهای ۱، ۲، ۳ و ۴ تغییر حالت می‌دهد. کدام‌یک از عبارت‌های زیر، در رابطه با کار انجام‌شده در هر یک از این چهار فرایند نادرست است؟



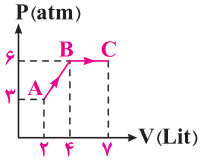
۱) علامت کار انجام‌شده توسط گاز بر روی محیط در فرایند (۲) مثبت است.

۲) علامت کار انجام‌شده توسط محیط بر روی گاز در فرایند (۴) مثبت و در فرایند (۲) منفی است.

۳) مقدار کار انجام‌شده توسط گاز بر روی محیط در فرایندهای (۱) و (۳) برابر است.

۴) علامت کار انجام‌شده توسط گاز بر روی محیط در فرایند (۱)، مثبت و علامت کار انجام‌شده توسط محیط بر روی گاز در فرایند (۳)، منفی است.

۳- مطابق نمودار مقابل، ۴ مول گاز کامل، فرایندهایی را طی می‌کند. کار انجام شده توسط محیط بر روی گاز در فرایند AB، BC و در مجموع دو فرایند به‌ترتیب چند ژول است؟



۱) ۹۰۰، ۱۸۰۰، ۲۷۰۰

۲) ۱۲۰۰-، ۱۸۰۰-، ۲۷۰۰-

۳) ۱۲۰۰-، ۹۰۰-، ۲۱۰۰-

۴) ۹۰۰-، ۱۸۰۰-، ۲۷۰۰-

۴- اگر تغییرات انرژی درونی یک گاز از رابطهٔ $\Delta U = |Q| - |W|$ به دست آید، در این‌صورت:

۱) محیط با جذب گرما بر روی سیستم کار انجام داده است.

۲) سیستم با جذب گرما، متراکم شده است.

۳) سیستم بر روی محیط کار انجام داده و انرژی درونی‌اش کم می‌شود.

۴) سیستم با جذب گرما بر روی محیط کار انجام داده است.

۵- ظرفی شامل ۳kg آب است. با هم زدن آب داخل ظرف، ۴۰kJ کار روی آن انجام می‌دهیم و در این مدت ۳۱kJ گرما از ظرف به بیرون منتقل می‌شود. انرژی درونی آب چند ژول تغییر می‌کند؟

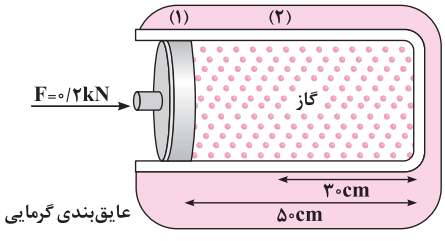
۱) +۹

۲) -۹

۳) +۷۱

۴) -۷۱

۶- مطابق شکل، ظرف استوانه‌ای‌شکلی که داخل آن گاز کامل قرار دارد، به طور کامل عایق‌بندی گرمایی شده است. با فرض این‌که پیستون، تحت تأثیر نیروی ثابت $\vec{F}$، به اندازهٔ ۲۰cm به سمت راست جابه‌جا شود، تغییر انرژی درونی گاز کامل درون ظرف چند ژول است؟



۱) صفر

۲) -۴۰

۳) ۴۰

۴) ۸۰

۷- درون ظرفی، سه لیتر گاز کامل در دمای ۱۵۰K و فشار ۵۰mmHg داریم. اگر فشار گاز را ۴۰mmHg کاهش دهیم و حجم آن را سه لیتر افزایش دهیم، انرژی درونی گاز چند درصد و چگونه تغییر می‌کند؟

۱) ۲۰ ، افزایش

۲) ۴۰ ، افزایش

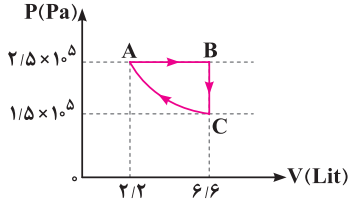
۳) ۴۰ ، کاهش

۴) ۶۰ ، کاهش

۸- فشار پیمانه‌ای مقداری گاز آرمانی $5\times10^{4}\,Pa$ و انرژی درونی آن $600\,J$ است. اگر فشار پیمانه‌ای گاز را دو برابر کنیم و هم‌زمان حجم گاز را نیز دو برابر کنیم، انرژی درونی گاز چند ژول می‌شود؟ $(P_{0}=10^{5}\,Pa)$ (ریاضی داخل ۱۴۰۰)

۱) ۸۰۰ ۲) ۱۲۰۰ ۳) ۱۶۰۰ ۴) ۲۴۰۰

۹- نمودار $P-V$ مقداری گاز آرمانی، مطابق شکل است. کدام مورد در مقایسهٔ انرژی درونی نقطه‌های A، B و C درست است؟ (نوبت اول ریاضی ۱۴۰۲)



۱) $U_A=U_C=3U_B$ ۲) $U_B=3U_A=3U_C$

۳) $U_B=3U_A=\frac{10}{3}U_C$ ۴) $U_B=3U_A=\frac{5}{3}U_C$

۱۰- در یک فرایند ترمودینامیکی، دستگاه $400\,J$ گرما از محیط می‌گیرد و انبساط می‌یابد. اگر کاری که دستگاه روی محیط انجام می‌دهد، $100\,J$ باشد، تغییر انرژی درونی دستگاه چند ژول است؟ (کنکور مجدد ریاضی ۱۴۰۱)

۱) ۵۰۰ ۲) −۵۰۰ ۳) ۳۰۰ ۴) −۳۰۰

۱۱- انرژی درونی یک گاز آرمانی $800\,J$ است. در طی یک فرایند ترمودینامیکی، گاز $750\,J$ گرما از محیط می‌گیرد و تغییر حجم پیدا می‌کند. اگر انرژی درونی گاز در طی این فرایند، ۲۵ درصد افزایش یابد، کاری که گاز روی محیط انجام می‌دهد، چند ژول است؟

۱) −۹۵۰ ۲) ۹۵۰ ۳) ۵۵۰ ۴) −۵۵۰

۱۲- گرمایی که یک گرم گاز هیدروژن می‌گیرد، تا با انجام کار $5/6\,J$ بر روی محیط، انرژی درونی آن $8/4\,J$ تغییر کند، چند برابر مقدار گرمایی است که یک گرم آب می‌گیرد تا دمایش $1^{\circ}C$ افزایش یابد؟ $(c_{آب}=4200\,J/kg.^{\circ}C)$

۱) $\frac{20}{3}$ ۲) $\frac{10}{3}$ ۳) ۲ ۴) ۱

۱۳- مطابق شکل، مقداری گاز درون یک پیستون متحرک قرار دارد و پیستون کاملاً با ظرف حاوی آب و یخ پوشیده شده است. به آرامی پیستون را به طرف راست می‌بریم. در صورتی‌که ۵ گرم از یخ درون ظرف ذوب شود، کار انجام‌شده روی گاز در این فرایند برحسب کیلوژول کدام است؟ $(L_F=336\,kJ/kg)$، تمام گرما صرف ذوب یخ شده است.)

۱) ۱/۶۸ ۲) −۱/۶۸ ۳) ۳/۳۶ ۴) −۳/۳۶

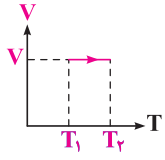
فرایند هم‌حجم

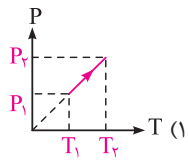
قضیه از این قراره که مقداری گاز رو ریختیم توی یک سیلندر و پیستون رو محکم نگه داشتیم تا تکون نخوره، برای همین حجم گاز ثابت میمونه. حالا قراره تغییرات فشار و دمای گاز رو تو این شرایط بررسی کنیم. به این فرایند میگن هم حجم.

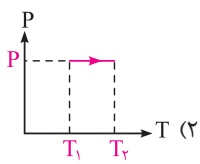
۱۴- در یک فرایند هم‌حجم، انرژی درونی مقدار معینی از یک گاز کامل ۳۰۰ ژول کاهش یافته است. کدام‌یک از موارد زیر در رابطه با این فرایند نادرست است؟

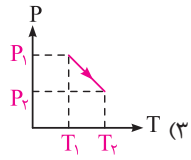
۱) کار انجام‌شده توسط محیط بر روی گاز صفر است.
۲) گاز ۳۰۰ ژول گرما از دست داده است.
۳) دمای گاز کاهش یافته است.
۴) فشار گاز افزایش یافته است.

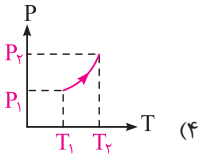
۱۵- نمودار $V-T$ مربوط به یک گاز کامل، مطابق نمودار مقابل است. نمودار $P-T$ برای این فرایند کدام است؟



۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

۱۶- با مبادلهٔ ۷۵۰ ژول گرما، فشار نیم مول گاز کامل در حجم ثابت، ۲۵ درصد افزایش می‌یابد. اگر دمای اولیهٔ گاز $300\,K$ باشد، دمای نهایی گاز و تغییرات انرژی درونی این گاز به ترتیب از راست به چپ چند واحد SI است؟ (ریاضی خارج ۹۶)

۱) −۷۵۰، ۳۷۵ ۲) ۷۵۰، ۶۰۰ ۳) ۷۵۰، ۳۷۵ ۴) −۷۵۰، ۶۰۰

۱۷- درون دو ظرف با حجم یکسان، در یکی n مول گاز اکسیژن و در دیگری به همان تعداد مول گاز هلیم وجود دارد. طی یک فرایند هم‌حجم، به هر دو گاز، مقدار گرمای یکسانی می‌دهیم. اگر نسبت تغییر انرژی درونی گاز هلیم به تغییر انرژی درونی گاز اکسیژن را با m نشان دهیم، کدام گزینه درست است؟ (ریاضی داخل ۹۸، با تغییر)

۱) $m = ۱$ ۲) $m > ۱$ ۳) $m < ۱$ ۴) نمی‌توان اظهارنظر کرد.

فرایند هم‌فشار

این دفعه پیستون رو تو یه محفظهٔ بدون اصطکاک رها کردیم تا آزادانه بالا و پایین بره، تو این حالت فشار گاز ثابت می‌مونه. به این فرایند میگن هم فشار که یه پورایی مهمترین فرایند توکنکور هست.

۱۸- در یک انبساط هم‌فشار گاز کامل، کدام کمیت‌ها مثبت‌اند؟ (W: کار انجام‌شده روی گاز، Q: گرمای داده‌شده به گاز و ΔU: تغییر انرژی درونی گاز است.)

۱) Q و ΔU ۲) ΔU، Q و W ۳) W و Q ۴) W و ΔU

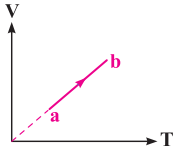
۱۹- در فشار ثابت P، به مقدار معینی گاز کامل، Q ژول گرما می‌دهیم و دمای آن به اندازهٔ ΔT افزایش می‌یابد. اگر تغییر انرژی درونی گاز ΔU باشد، کدام رابطه در SI درست است؟ (ریاضی خارج ۹۷)

۱) $\Delta U < ۰ < Q$ ۲) $۰ < \Delta U < Q$ ۳) $۰ < \Delta U = Q$ ۴) $۰ < \Delta U = \frac{۳}{۲}Q$

۲۰- مقداری گاز کامل طی فرایندی هم‌فشار $۵۰۰J$ گرما از محیط می‌گیرد. انرژی درونی این گاز:

۱) $۵۰۰J$ افزایش می‌یابد. ۲) $۵۰۰J$ کاهش می‌یابد. ۳) کم‌تر از $۵۰۰J$ افزایش می‌یابد. ۴) بیشتر از $۵۰۰J$ افزایش می‌یابد.

۲۱- در شکل مقابل، پاره‌خط ab فرایندی را روی مقداری گاز کامل نشان می‌دهد. در طی این فرایند .....



۱) انرژی درونی گاز ثابت است. ۲) فشار گاز ثابت است.

۳) چگالی گاز تغییر نکرده است. ۴) گاز، کار دریافت کرده و گرما از دست داده است.

۲۲- حجم نیم مول گاز هلیم طی یک فرایند هم‌فشار، از ۱۰ لیتر به ۸ لیتر می‌رسد. اگر دمای اولیهٔ گاز برابر $۲۷^\circ C$ باشد، کار انجام‌شده روی گاز چند ژول است؟ $(R = ۸J/mol.K)$ (ریاضی خارج ۹۷)

۱) -۲۴۰ ۲) -۱۲۰۰ ۳) ۲۴۰ ۴) ۱۲۰۰

۲۳- دمای ۱۰ گرم گاز هیدروژن در فشار ثابت از $۲۷^\circ C$ به $۱۲۷^\circ C$ می‌رسد. کار انجام‌شده توسط گاز در این فرایند چند کیلوژول است؟ $(R = ۸J/mol.K)$ (ریاضی داخل ۹۶)

۱) ۲ ۲) ۴ ۳) ۶ ۴) ۸

۲۴- دمای ۱/۵ مول گاز کامل در فشار ثابت از $۴۰^\circ F$ به $۸۵^\circ F$ می‌رسد. اگر این گاز در طی این فرایند، ۵۰۰ ژول گرما از محیط دریافت کند، تغییرات انرژی درونی این گاز چند ژول خواهد بود؟ $(R = ۸\ J/mol.K)$

۱) ۱۵۰ ۲) ۴۵۰ ۳) ۲۰۰ ۴) ۳۰۰

۲۵- دو مول گاز کامل به حجم ۱/۷۵ مترمکعب را در فشار ثابت منبسط کرده‌ایم. اگر دمای اولیهٔ گاز ۳۵۰ کلوین باشد و در این فرایند محیط $۴۰۰۰J$ کار از دستگاه دریافت کرده باشد، به ترتیب از راست به چپ، دمای ثانویهٔ گاز چند کلوین و حجم ثانویهٔ آن چند مترمکعب است؟ $(R \simeq ۸J/mol.K)$

۱) ۶۰۰ و ۳ ۲) ۷۶۶ و ۳ ۳) ۷۶۶ و ۳/۸ ۴) ۶۰۰ و ۳/۸

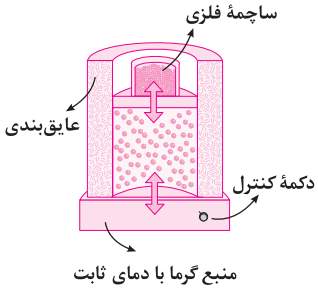
۲۶- در یک فرایند هم‌فشار، یک لیتر گاز کامل مقداری گرما از دست می‌دهد و حجم آن در فشار یک اتمسفر، ۲۰ درصد کاهش می‌یابد. اگر انرژی درونی گاز در این فرایند $۵۰J$ کاهش یابد، کار انجام‌شده بر روی گاز و اندازهٔ گرمای از دست داده‌شده توسط گاز به ترتیب از راست به چپ چند ژول است؟ $(۱atm = ۱۰^۵Pa)$

۱) ۲۰، ۵۰ ۲) ۲۰، ۷۰ ۳) ۴۰، ۹۰ ۴) ۴۰، ۷۰

فرایند هم دما

دیگه نوبتی هم باشه نوبت اینه که دمای گاز رو ثابت نگه داریم تا فرایند هم دما رخ بده. تو این قسمت، سؤال مفهومی خیلی زیاد داریم. هواستون رو جمع کنید، چون اگر طراح بفواد سؤال سفت بده، فرایند هم‌دما بحث خوبیه!

۲۷- مطابق شکل، مخزن استوانه‌ای‌شکل در تماس با یک منبع گرمایی با دمای ثابت قرار دارد. اگر گاز کامل داخل این مخزن را در طی یک فرایند هم‌دما متراکم کنیم، کدام گزینه در مورد علامت‌های ΔU، Q و W صحیح است؟ (ΔU: تغییر انرژی درونی دستگاه، Q: گرمای گرفته‌شده توسط دستگاه، W: کار انجام‌شده بر روی دستگاه)



۱) $W > ۰, Q < ۰, \Delta U < ۰$ ۲) $W > ۰, Q < ۰, \Delta U = ۰$

۳) $W < ۰, Q > ۰, \Delta U < ۰$ ۴) $W < ۰, Q > ۰, \Delta U = ۰$

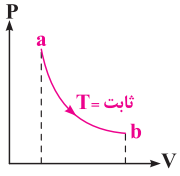
۲۸- مقداری گاز کامل در مخزنی قرار دارد. در دمای ثابت، این گاز را منبسط می‌کنیم. کدام گزینه در مورد این گاز نادرست است؟

۱) علامت کار انجام‌شده بر روی گاز، منفی است.
۲) در این فرایند، گاز گرما گرفته است.
۳) حجم گاز افزایش‌یافته و فشار آن کاهش می‌یابد.
۴) چگالی گاز ثابت می‌ماند.

۲۹- در یک فرایند هم‌دما، فشار مقدار معینی از یک گاز کامل را ۲۵ درصد کاهش می‌دهیم. حجم، چگالی و انرژی درونی گاز در این فرایند به‌ترتیب از راست به چپ چند برابر می‌شود؟

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

۳۰- مقدار معینی از یک گاز کامل فرایندی هم‌دما مطابق شکل طی می‌کند. اگر مساحت زیر نمودار $۱۰^۴ J$ باشد، کدام گزینه دربارهٔ گرمای مبادله‌شده طی فرایند a تا b درست است؟



۱) باید دمای T و گرمای ویژهٔ گاز معلوم باشد.
۲) گرمای مبادله‌شده صفر است.
۳) گاز $۱۰^۴ J$ گرما از دست می‌دهد.
۴) گاز $۱۰^۴ J$ گرما دریافت می‌کند.

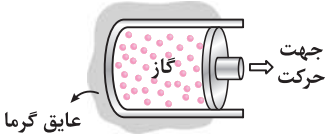
۳۱- در یک سیستم ترمودینامیکی رابطهٔ $P = \frac{۳۰۰}{V}$ در SI بین فشار و حجم در طی فرایند برقرار است. در طی این فرایند دستگاه ۳۰۰ ژول گرما از دست داده است، کار انجام‌شده توسط دستگاه بر روی محیط چند ژول است؟

۱) ۱۵۰
۲) −۱۵۰
۳) ۳۰۰
۴) −۳۰۰

فرایند بی‌دررو

تو این فرایند مهم، فشار و دما هر سه تا تغییر میکنه. ویژگی اصلی این فرایند اینه که گرما مبادله نمیشه. از اسمش هم مشخصه (بی‌درو)، خودمونیش رو بخواید، یعنی گرما نمیتونه در بره!

۳۲- در فرایند زیر، پیستون به‌آرامی به‌سمت راست حرکت می‌کند. در این صورت:



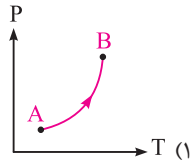
۱) دمای گاز کاهش می‌یابد.
۲) فشار گاز افزایش می‌یابد.
۳) تغییر انرژی درونی گاز صفر بوده و دمای گاز ثابت می‌ماند.
۴) انرژی درونی گاز افزایش می‌یابد.

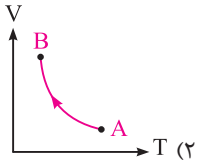
۳۳- در جدول روبه‌رو، به‌جای X و Y، از راست به چپ کدام‌یک از کلمه‌های زیر مناسب است؟

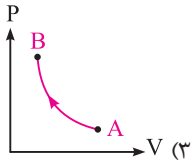
انرژی درونی	حجم	فشار	نوع فرآیند
X	Y	کاهش	بی‌دررو

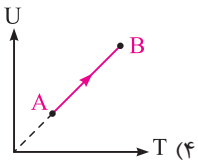
۱) کاهش، افزایش
۲) افزایش، افزایش
۳) افزایش، کاهش
۴) کاهش، کاهش

۳۴- در یک فرایند تراکم بی‌دررو، کدام‌یک از نمودارهای زیر صحیح رسم نشده است؟ (در نمودار (۴)، U نشان‌دهندهٔ انرژی درونی گاز است.)

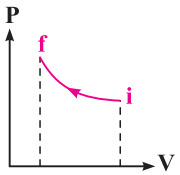
۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

۳۵- شکل مقابل، یک فرایند بی‌دررو را روی مقدار معینی گاز کامل نشان می‌دهد. اگر در این فرایند کار انجام‌شده روی گاز W، گرمای داده شده به آن Q و تغییر انرژی درونی ΔU باشد، کدام رابطه درست است؟



۱) $\Delta U > ۰ , Q = ۰ , W > ۰$
۲) $\Delta U < ۰ , Q = ۰ , W < ۰$
۳) $\Delta U = ۰ , Q > ۰ , W > ۰$
۴) $\Delta U < ۰ , Q < ۰ , W < ۰$

۳۶- در یک فرایند بی‌دررو، اگر حجم گاز از ۵ Lit به ۴ Lit برسد، کار انجام‌شده روی گاز برابر $W_۱$ و تغییر انرژی درونی گاز $\Delta U_۱$ است و اگر در ادامهٔ همان فرایند، حجم گاز از ۴ Lit به ۳ Lit برسد، کار انجام‌شده روی گاز $W_۲$ و تغییر انرژی درونی گاز $\Delta U_۲$ است. کدام رابطه درست است؟ (ریاضی داخل ۹۸)

۱) $\Delta U_۲ = \Delta U_۱ , W_۲ = W_۱$
۲) $\Delta U_۲ > \Delta U_۱ , W_۲ > W_۱$
۳) $\Delta U_۱ > \Delta U_۲ , W_۱ > W_۲$
۴) $\Delta U_۲ > \Delta U_۱ , W_۱ > W_۲$

۳۷- در فرایند تراکم بی‌دررو بر روی یک گاز کامل، وقتی فشار گاز ۲ برابر می‌شود، دمای مطلق گاز k برابر می‌شود. k کدام است؟

۱) $k = ۱$
۲) $k > ۲$
۳) $k = ۲$
۴) $۱ < k < ۲$

۳۸- گاز کاملی در دمای $17^\circ C$ داریم و آن را سریع منبسط می‌کنیم. اگر در این فرایند، انرژی درونی گاز به $240J$ برسد و گاز $50J$ کار روی محیط انجام دهد، دمای گاز در انتهای فرایند به چند کلوین خواهد رسید؟

۱) ۲۴۰ ۲) ۲۵۳ ۳) ۲۹۰ ۴) ۳۰۰

۳۹- در تراکم بی‌دررو‌ی گاز کامل، اگر فشار گاز ۲ برابر شود، حجم گاز n برابر و دمای مطلق گاز k برابر می‌شود. در مورد n و k کدام رابطه درست است؟

۱) $\begin{cases}\frac{1}{2}<n<1\\ 1<k<2\end{cases}$ ۲) $\begin{cases}0<n<\frac{1}{2}\\ \frac{3}{2}<k<2\end{cases}$ ۳) $\begin{cases}\frac{1}{2}<n<1\\ \frac{1}{2}<k<1\end{cases}$ ۴) $\begin{cases}0<n<\frac{1}{2}\\ 1<k<2\end{cases}$

از اینجا به بعد چند تا سؤال ترکیبی داریم که شما باید روی هر چهار فرایند تسلط داشته باشید تا بتونید به این سؤالا جواب بدین.

۴۰- در کدام‌یک از فرایندهای نام‌برده‌شده، تغییر انرژی درونی مقدار معینی گاز کامل، بزرگ‌تر از کاری است که محیط روی گاز انجام داده است؟

۱) تراکم بی‌دررو ۲) انبساط هم‌فشار ۳) تراکم هم‌دما ۴) انبساط بی‌دررو

۴۱- مقداری گاز کامل، در فرایندی از محیط گرما می‌گیرد. در این صورت: (ریاضی خارج ۹۸)

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.

۴۲- حجم مقدار معینی از گاز کاملی، یک بار طی فرایند هم‌دما، یک بار طی فرایند هم‌فشار و یک بار هم طی فرایند بی‌دررو از V_1 به V_2 افزایش می‌یابد. افت فشار برای این گاز در فرایند ..... بیشتر از ..... است.

۱) هم‌دما ـ بی‌دررو ۲) هم‌فشار ـ بی‌دررو ۳) هم‌فشار ـ هم‌دما ۴) بی‌دررو ـ هم‌دما

۴۳- حجم مقدار معینی گاز کامل را به صورت ایستاوار از V_1 به V_2 کاهش می‌دهیم. اگر فرایند به صورت ..... انجام شود، کاری که محیط روی گاز انجام می‌دهد، بیشتر است.

۱) هم‌دما ۲) بی‌دررو ۳) هم‌فشار ۴) هم‌دما یا بی‌دررو

۴۴- مقداری گاز آرمانی در فشار P_1 و دمای T_1 دارای حجم V_1 است. از سه مسیر جداگانهٔ هم‌فشار، هم‌دما و بی‌دررو، حجم این گاز را ۲۰ درصد افزایش می‌دهیم. کدام موارد درست است؟ (نوبت اول ریاضی ۱۴۰۲)

الف) گرمای داده‌شده به گاز در فرایند هم‌فشار، بیشتر از سایر فرایندها است. ب) گرمای داده‌شده به گاز در فرایند هم‌دما، صفر است.

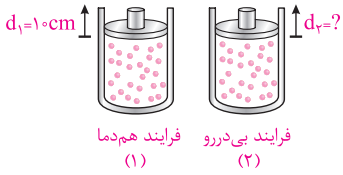
پ) انرژی درونی فقط در فرایند بی‌دررو کاهش یافته است. ت) انرژی درونی در فرایند هم‌فشار کاهش یافته است.

۱) «الف» و «پ» ۲) «الف» و «ت» ۳) «ب» و «پ» ۴) «ب» و «ت»

۴۵- حجم گاز کاملی V_1 و فشارش P_1 است. آن را یک‌بار به‌صورت هم‌دما و یک‌بار هم به‌صورت بی‌دررو منبسط می‌کنیم تا فشارش به $P_2=\frac{1}{2}P_1$ برسد. حجم ثانویهٔ گاز در فرایند هم‌دما V_2 و در فرایند بی‌دررو V_2' است. در این‌خصوص، کدام رابطه درست است؟

۱) $V_2=V_2'<2V_1$ ۲) $V_2=V_2'=2V_1$ ۳) $V_2'>2V_1\ ,\ V_2=2V_1$ ۴) $V_2'<2V_1\ ,\ V_2=2V_1$

۴۶- در شکل مقابل، حجم، تعداد مول و سایر شرایط ترمودینامیکی گاز درون دو سیلندر، یکسان است. اگر پیستون در فرایند هم‌دما ۱۰ سانتی‌متر بالاتر بیاید، فشار گاز نصف می‌شود. اگر بخواهیم فشار گاز درون ظرف شمارهٔ (۲) با فرایندی بی‌دررو نیز نصف شود، میزان جابه‌جایی پیستون چند سانتی‌متر است؟



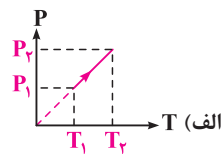
۱) کم‌تر از ۱۰ cm ۲) بیشتر از ۱۰ cm

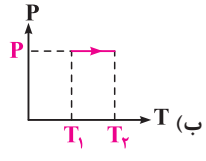
۳) برابر ۱۰ cm ۴) هر سه حالت می‌تواند درست باشد.

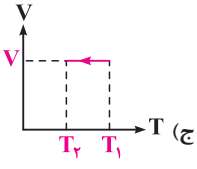
نمودارهای ترمودینامیک

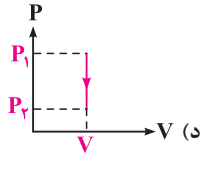
اگر چند صفحه ورق بزنید، متوجه می‌شید که یه بورایی مهمترین قسمت از فصل ترمودینامیک، نمودارهای اون هست. تو این کتاب رو نمودارها خیلی کار کردیم. سؤالای اولیه تک‌فرایندی هست و یواش یواش نمودارهایی رو بررسی کردیم که فرایندهای بیشتری رو شامل میشه ...

۴۷- کدام‌یک از نمودارهای رسم‌شده برای مقدار معینی از یک گاز کامل، می‌توانند معادل یکدیگر باشند؟

الف) 

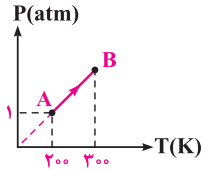
ب) 

ج) 

د) 

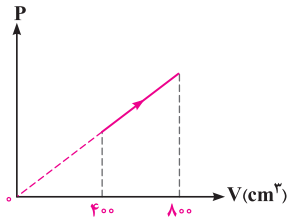
۱) ج، د ۲) الف، د ۳) ب، ج ۴) الف، ج، د

۴۸- مطابق شکل، یک مول از یک گاز کامل فرایند AB را طی می‌کند. فشار گاز در نقطهٔ B و کار انجام‌شده توسط گاز بر روی محیط از A تا B در SI به‌ترتیب کدام است؟



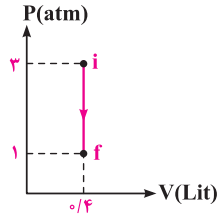
۱) ۱/۵، صفر
۲) ۱/۵، ۱۰۰
۳) $۱/۵ \times ۱۰^{۵}$، -۲۲۰
۴) $۱/۵ \times ۱۰^{۵}$، صفر

۴۹- در فرایند شکل، اگر دمای اولیهٔ گاز آرمانی ۲۳- درجهٔ سلسیوس باشد، دمای نهایی چند درجهٔ سلسیوس است؟ (ریاضی خارج ۱۴۰۰)



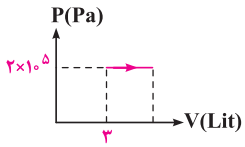
۱) ۷۳
۲) ۲۲۷
۳) ۵۷۳
۴) ۷۲۷

۵۰- نمودار P – V مربوط به مقدار معینی از یک گاز رقیق مطابق شکل است. کدام‌یک از عبارت‌های زیر در رابطه با این فرایند نادرست می‌باشد؟



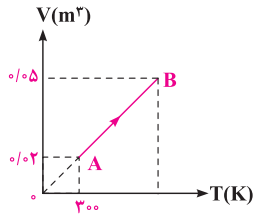
۱) گاز گرما از دست داده است.
۲) کار انجام‌شده بر روی گاز صفر بوده و چگالی گاز در این فرایند، ثابت است.
۳) انرژی درونی گاز $\frac{۱}{۳}$ برابر شده است.
۴) دمای گاز افزایش یافته است.

۵۱- شکل مقابل، فرایندی را نشان می‌دهد که در طی آن مقداری گاز کامل در فشار ثابت، ۱۰۰۰ ژول گرما گرفته و انرژی درونی آن به اندازهٔ ۶۰۰ ژول تغییر کرده است. حجم گاز در پایان فرایند به چند لیتر می‌رسد؟



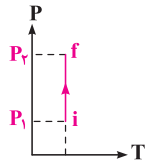
۱) ۴
۲) ۵
۳) ۶
۴) ۷

۵۲- نیم مول گاز کامل، فرایند AB را مطابق شکل طی می‌کند. تغییر دمای گاز و کار انجام شده بر روی گاز در این فرایند به‌ترتیب از راست به چپ چند واحد SI است؟ (R = ۸ J / mol.K)



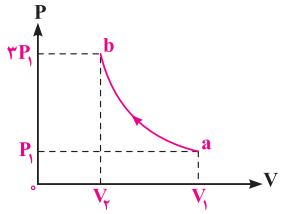
۱) ۴۵۰، -۳۶۰۰
۲) ۴۵۰، -۱۸۰۰
۳) ۷۵۰، -۱۸۰۰
۴) ۷۵۰، -۳۶۰۰

۵۳- شکل روبه‌رو، فرایند آرمانی روی یک گاز کامل را نشان می‌دهد. اگر Q گرمای دریافت‌شده توسط گاز و W کار انجام‌شده روی گاز در طی این فرایند باشد، کدام‌یک از اظهارنظرهای زیر صحیح است؟



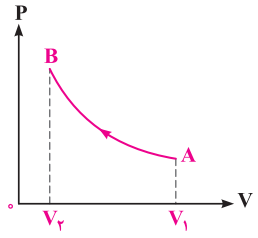
۱) $Q > ۰ > W$
۲) $۰ < Q = W$
۳) $Q < ۰ < W$
۴) $W = Q < ۰$

۵۴- مقداری گاز آرمانی، طی یک فرایند بی‌دررو، از حالت a به حالت b می‌رود. کدام مورد درست است؟ (ریاضی خارج ۹۹)



۱) $V_۲ > \frac{۱}{۳} V_۱$ و دمای گاز کاهش می‌یابد.
۲) $V_۲ < \frac{۱}{۳} V_۱$ و دمای گاز کاهش می‌یابد.
۳) $V_۲ > \frac{۱}{۳} V_۱$ و دمای گاز افزایش می‌یابد.
۴) $V_۲ < \frac{۱}{۳} V_۱$ و دمای گاز افزایش می‌یابد.

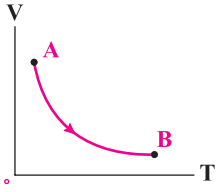
۵۵- مطابق شکل، حجم مقدار معینی گاز آرمانی، در یک فرایند بی‌دررو از $V_۱$ به $V_۲$ می‌رسد. کدام موارد زیر درست است؟ (ریاضی داخل ۱۴۰۰)



الف) انرژی درونی گاز افزایش می‌یابد.
ب) دمای گاز کاهش می‌یابد.
پ) دمای گاز ثابت می‌ماند.
ت) کار انجام‌شده روی گاز، برابر گرمایی است که گاز می‌گیرد.
ث) کار انجام‌شده روی گاز، برابر تغییر انرژی درونی گاز است.

۱) «الف» و «ث»
۲) «الف» و «ت»
۳) «ب» و «ث»
۴) «پ» و «ت»

۵۶- مطابق شکل، مقدار معینی گاز کامل فرایند AB را طی می‌کند. چه تعداد از عبارت‌های زیر در مورد این فرایند درست است؟



الف) انرژی درونی گاز افزایش یافته است.

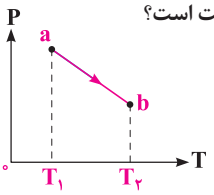
ب) کار انجام‌شده روی گاز برخلاف تغییرات انرژی درونی، مثبت است.

ج) تغییرات انرژی درونی، برابر مقدار گرمایی است که گاز گرفته است.

د) در این فرایند، فشار گاز ثابت می‌ماند.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۵۷- نمودار $(P-T)$ برای یک مول گاز کامل در طی یک فرایند مطابق شکل مقابل است. کدام عبارت در خصوص فرایند ab درست است؟



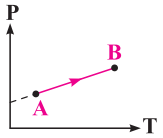
۱) حجم گاز افزایش یافته است.

۲) گاز گرما از دست داده است.

۳) انرژی درونی گاز کاهش یافته است.

۴) کار انجام شده روی گاز مثبت است.

۵۸- با توجه به نمودار فشار ـ دمای رسم‌شده، در فرایند AB:



۱) کار انجام‌شده توسط گاز بر روی محیط، منفی است.

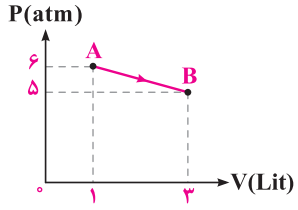
۲) گاز گرما از دست داده است.

۳) انرژی درونی گاز افزایش می‌یابد.

۴) کار انجام‌شده توسط گاز بر روی محیط، صفر است.

تو چند سؤال بعدی، یه سبک خاص از نمودار P–V رو بررسی کردیم. باور کنید که این سبک از نمودارها، سوگلی طراحا تو آزمونای مختلف هست. بهتره شما هم به این سبک توجه ویژه‌ای داشته باشید ...

۵۹- نمودار $P-V$ فرایندی که یک گاز کامل طی می‌کند، مطابق شکل است. اگر انرژی درونی این گاز کامل در نقاط A و B به ترتیب ۳۵۰J و ۷۲۰J باشد، گاز در این فرایند، چند ژول گرما با محیط مبادله کرده است؟ $(1atm = 10^5 Pa)$



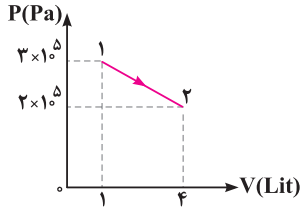
۱) ۱۴۷۰ ژول گرما گرفته است.

۲) ۷۳۰ ژول گرما گرفته است.

۳) ۱۴۷۰ ژول گرما از دست داده است.

۴) ۷۳۰ ژول گرما از دست داده است.

۶۰- نمودار $P-V$ گازی رقیق، در شکل روبه‌رو نشان داده شده است. اگر انرژی درونی در نقطهٔ (۱) برابر ۷۵۰J باشد، در این فرایند، گاز چند ژول گرما گرفته است؟ *(ریاضی خارج ۱۴۰۱)*



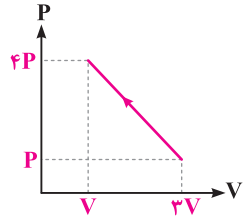
۱) ۲۷۵۰

۲) ۲۰۰۰

۳) ۱۲۵۰

۴) ۷۵۰

۶۱- نمودار $P-V$ فرایند انجام‌شده بر روی یک گاز کامل، مطابق شکل است. در این فرایند، به ترتیب از راست به چپ، علامت تغییر انرژی درونی و کار انجام‌شده روی گاز کدام است؟



۱) مثبت ـ مثبت

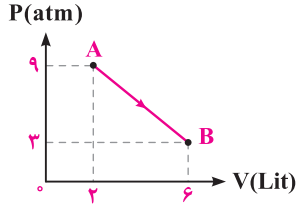
۲) منفی ـ مثبت

۳) مثبت ـ منفی

۴) منفی ـ منفی

چند تا سؤال بعدی، ایده‌های خیلی خوب و مفهومی هستن که تو کنکورای سخت سر و کلشون پیدا میشه ...

۶۲- نمودار $P-V$ نیم مول گاز کامل در فرایند AB، مطابق شکل است. دمای گاز در فرایند AB چگونه تغییر می‌کند؟ $(1atm = 10^5 Pa\ ,\ R = 8J/mol.K)$



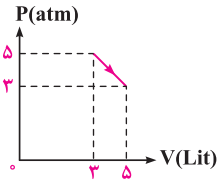
۱) افزایش می‌یابد.

۲) ثابت می‌ماند.

۳) ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

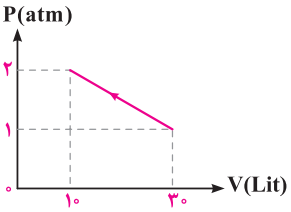
۴) ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.

۶۳- نمودار $P-V$ برای یک مول گاز کامل، به‌صورت شکل روبه‌رو رسم شده است. حداقل و حداکثر دمای گاز در طی این فرایند به‌ترتیب چند کلوین است؟ $(R \simeq 8\,J/mol.K)$



۱) ۱۲۵ ، ۲۰۰
۲) ۱۲۵ ، ۱۸۷/۵
۳) ۱۸۷/۵ ، ۲۰۰
۴) ۱۸۷/۵ ، حداکثر دما قابل محاسبه نیست.

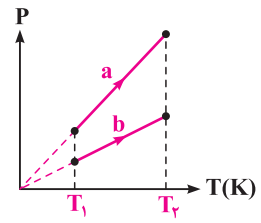
۶۴- مطابق شکل، مقداری گاز کامل را از حجم ۳۰Lit و فشار ۱atm تا حجم ۱۰Lit و فشار ۲atm متراکم می‌کنیم. وقتی دمای گاز بیشینه است، حجم گاز چند لیتر است؟



۱) ۲۵
۲) ۵۰
۳) ۱۵
۴) ۳۵

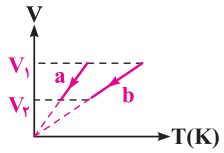
تا اینجای کار تو نموداری بررسی شده، فقط یه فرایند دیده میشد، از اینجا به بعد، می‌خوایم نموداراپی رو بررسی کنیم که دو فرایند رو با هم مقایسه میکنه ...

۶۵- نمودار فشار برحسب دمای مطلق برای مقدار معینی از یک گاز کامل، در دو فرایند a و b مطابق شکل داده شده است. کدام‌یک از عبارت‌های زیر صحیح است؟



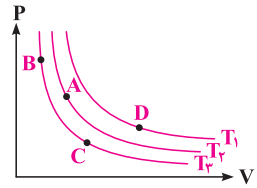
۱) حجم مخزن در فرایند a بزرگ‌تر از b است.
۲) تغییر انرژی درونی گاز در دو فرایند یکسان است.
۳) کار انجام‌شده توسط گاز در فرایند a بیشتر است.
۴) گرمای داده‌شده به گاز در فرایند a بیشتر است.

۶۶- مطابق نمودار مقابل، طی دو فرایند a و b بر روی مقدار معینی از یک گاز کامل، حجم آن را از V_1 به V_2 می‌رسانیم. کدام گزینه دربارهٔ مقایسهٔ فشار و کار انجام‌شده روی گاز در فرایندهای a و b درست است؟



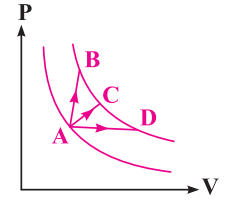
۱) $W_a > W_b \, , P_a > P_b$
۲) $W_a < W_b \, , P_a < P_b$
۳) $W_a = W_b \, , P_a < P_b$
۴) $P_a < P_b$ ، نمی‌توان تعیین کرد.

۶۷- سه منحنی مقابل، مربوط به مقدار معینی از یک گاز کامل در سه دمای مختلف می‌باشد. به‌ترتیب از راست به چپ در نقطهٔ ..... انرژی درونی گاز بیشترین مقدار و در نقطهٔ ..... انرژی درونی گاز کمترین مقدار است.



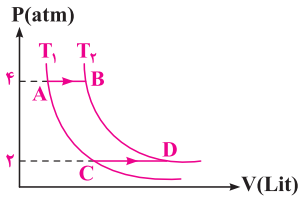
۱) D ـ B یا C
۲) B ـ C
۳) D ـ A
۴) C یا B ـ D

۶۸- در شکل مقابل، دو منحنی هم‌دما برای گاز کاملی رسم شده است. اگر مقدار معینی گاز کامل فرایندهای AB، AC و AD را طی کند، در کدام فرایند تغییر انرژی درونی گاز بیشتر است؟



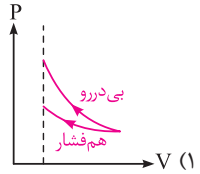
۱) AB
۲) AC
۳) AD
۴) در هر سه برابر است.

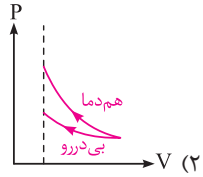
۶۹- در نمودار مقابل، تغییر حجم فرایند AB بر روی یک مول گاز کامل برابر ΔV_1 و تغییر حجم همان گاز در طی فرایند CD برابر ΔV_2 است. ΔV_2 چند برابر ΔV_1 است؟ (T_1 و T_2 منحنی‌های هم‌دما می‌باشند.)

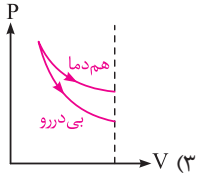


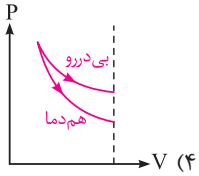
۱) ۱
۲) ۲
۳) $\frac{۳}{۲}$
۴) $\frac{۵}{۲}$

۷۰- کدام نمودار با توجه به نوع فرایند مشخص‌شده روی آن درست است؟

۱)


۲)


۳)


۴)


۷۱- اگر حجم مقدار معینی گاز کامل را به سه طریق (در فشار ثابت ــ با دمای ثابت ــ بی‌دررو) دو برابرکرده و از ۲ لیتر به ۴ لیتر برسانیم و کاری که در هر فرایند، گاز روی محیط انجام می‌دهد به‌ترتیب W_1، W_2 و W_3 و فشار گاز در انتهای فرایندها را به‌ترتیب P_1، P_2 و P_3 بنامیم، کدام رابطهٔ زیر صحیح است؟

۱) $P_1 < P_2 < P_3 ، W_1 > W_2 > W_3$

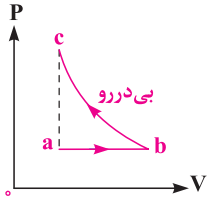
۲) $P_1 < P_3 < P_2 ، W_1 > W_3 > W_2$

۳) $P_1 > P_2 > P_3 ، W_1 > W_2 > W_3$

۴) $P_1 > P_3 > P_2 ، W_1 > W_3 > W_2$

تو چند تا سؤال بعدی مثل چند تا سؤال قبلی، قراره نمودار دو فرایند ترمودینامیکی رو بررسی کنیم. پس فرقش چیه!؟ اگر دقت کنی از اینها به بعد، فرایندها به دنبال هم انجام میشن.

۷۲- یک گاز کامل با طی دو فرایند از حالت a به حالت c می‌رود. اگر در این مسیر کار انجام‌شده روی گاز W، گرمای داده‌شده به گاز Q و تغییر انرژی درونی گاز ΔU باشد، علامت Q، W و ΔU به‌ترتیب از راست به چپ چگونه‌اند؟



(ریاضی داخل ۹۷)

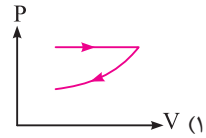
۱) مثبت، صفر و مثبت

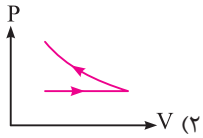
۲) مثبت، مثبت و مثبت

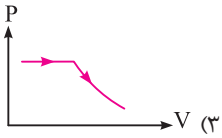
۳) مثبت، منفی و صفر

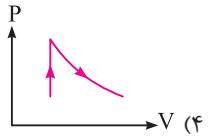
۴) منفی، مثبت و مثبت

۷۳- حجم مقداری گاز کامل را در طی یک فرایند هم‌فشار ۳ برابر می‌کنیم و سپس آن را با یک فرایند بی‌دررو به دمای اولیه برمی‌گردانیم. نمودار P – V برای گاز کدام است؟

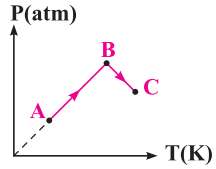
۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

۷۴- نمودار P – T برای مقدار معینی گاز کامل در طی دو فرایند متوالی رسم شده است. کدام‌یک از عبارت‌های زیر نادرست است؟



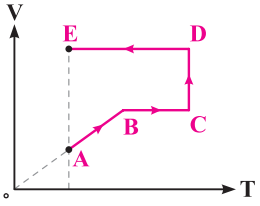
۱) انرژی درونی گاز همواره در حال افزایش است.

۲) چگالی گاز ابتدا ثابت و سپس کاهش می‌یابد.

۳) حجم گاز ابتدا ثابت و سپس افزایش می‌یابد.

۴) تندی انتشار صوت در گاز درون این مخزن، همواره مقدار ثابتی است.

۷۵- مطابق شکل، گاز کاملی طی چهار فرایند از نقطهٔ A به نقطهٔ E می‌رود. از نقطهٔ A تا نقطهٔ E، کدام گزینه در ارتباط با این گاز کامل درست است؟



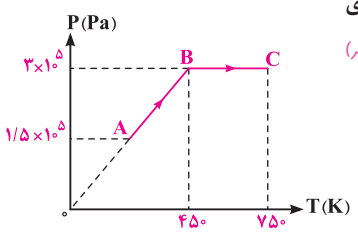
۱) انرژی درونی گاز افزایش یافته است.

۲) تغییرات انرژی درونی گاز برابر با گرمای مبادله‌شده با محیط است.

۳) گاز از محیط گرما گرفته است.

۴) کار محیط روی گاز، مثبت است.

۷۶- نمودار (P – T) مربوط به یک مول گاز آرمانی (کامل) مطابق شکل است. کار انجام‌شده بر روی گاز در فرایندهای AB و BC به‌ترتیب از راست به چپ هر کدام چند ژول است؟ $(R = 8\,J/mol.K)$



(ریاضی داخل ۹۹، با تغییر)

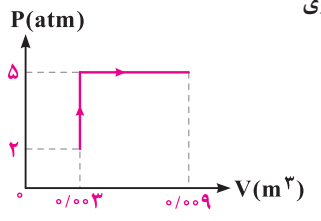
۱) صفر، ۹۰۰-

۲) صفر، ۲۴۰۰-

۳) ۲۷۰۰ ، ۲۴۰۰-

۴) ۲۷۰۰ ، ۹۰۰-

۷۷- گاز کاملی، فرایندی را مطابق شکل می‌پیماید. اگر گاز در این فرایند، سه برابر اندازهٔ کار انجام‌شده توسط محیط روی دستگاه، گرما دریافت کرده باشد، تغییرات انرژی درونی آن چند کیلوژول است؟ $(1atm = 10^5\,Pa)$



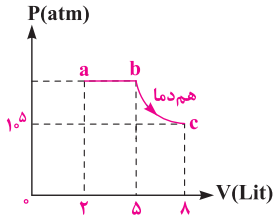
۱) ۱۲

۲) ۳

۳) ۹

۴) ۶

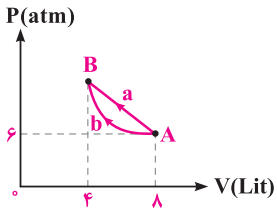
۷۸- نمودار $P-V$ مربوط به مقدار معینی گاز کامل مطابق شکل است. انرژی درونی گاز در حالت c، چند برابر انرژی درونی گاز در حالت a است؟ (ریاضی داخل ۹۸، با تغییر)



۱) $\frac{۲}{۵}$ ۲) $\frac{۵}{۲}$

۳) $\frac{۵}{۴}$ ۴) $\frac{۴}{۵}$

۷۹- مطابق نمودار مقابل، گاز کاملی طی دو فرایند جداگانهٔ a و b از نقطهٔ A به نقطهٔ B می‌رسد. اگر فرایند b هم‌دما باشد، گرمای مبادله‌شده در فرایند a چند ژول است؟ $(۱atm = ۱۰^۵ Pa)$



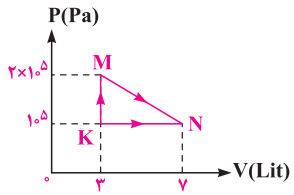
۱) ۴۸۰۰

۲) ۳۶۰۰

۳) -۴۸۰۰

۴) -۳۶۰۰

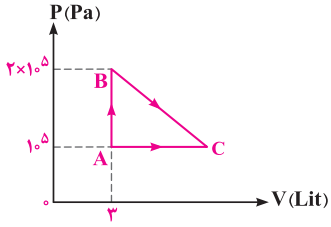
۸۰- مطابق شکل، یک گاز کامل از طریق دو مسیر از K به N رسیده است. اگر تغییر انرژی درونی گاز در مسیر مستقیم KN برابر ۱ kJ باشد، گرمایی که گاز در مسیر KMN گرفته، چند ژول است؟



۱) ۶۰۰ ۲) ۸۰۰

۳) ۱۲۰۰ ۴) ۱۶۰۰

۸۱- مطابق شکل، مقداری گاز آرمانی، از دو مسیر، از حالت A به حالت C می‌رسد. اگر افزایش انرژی درونی گاز در مسیر AC برابر ۱۰۰۰J و اندازهٔ کار انجام‌شده بر روی گاز در این مسیر ۴۰۰J باشد، گرمایی که گاز در مسیر ABC می‌گیرد، چند ژول است؟ (ریاضی داخل ۱۴۰۰)



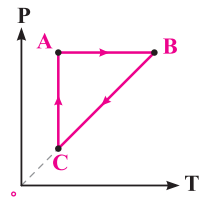
۱) ۸۰۰ ۲) ۱۲۵۰

۳) ۱۶۰۰ ۴) ۱۷۵۰

چرخه‌های ترمودینامیکی

چرخه‌ها جزء مهمترین دستهٔ نمودارها هستن. قراره از یه حالت شروع کنیم و بریم یه دوری بزنیم و برگردیم همونجایی که بودیم. چند تا سؤال بعدی رو با دقت دو چندان حل کنید تا سر جلسه کنکور از پس این چرخه‌ها بر بیاید.

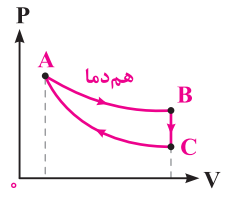
۸۲- با توجه به نمودار $P-T$ مقابل که مربوط به یک گاز کامل است، به ترتیب از راست به چپ، گرمای مبادله‌شده توسط گاز در فرایند CA ..... و گرمای مبادله‌شده توسط گاز در فرایند AB ..... و تغییرات انرژی درونی گاز در فرایند BC ..... است.



۱) مثبت ـ مثبت ـ منفی ۲) منفی ـ مثبت ـ مثبت

۳) مثبت ـ منفی ـ مثبت ۴) منفی ـ مثبت ـ منفی

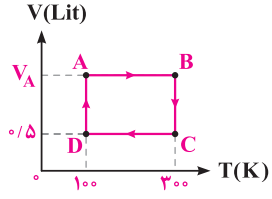
۸۳- یک مول گاز کامل تک‌اتمی چرخهٔ ترمودینامیکی مطابق شکل مقابل را می‌پیماید. اگر فشار گاز در نقطهٔ A برابر با $۱۰^۵ Pa$ و دمای آن در دو نقطهٔ A و C به ترتیب ۳۰۰K و ۲۰۰K باشد، آن‌گاه فشار گاز در نقطهٔ B چند برابر فشار گاز در نقطهٔ C است؟



۱) ۲ ۲) ۳

۳) $\frac{۳}{۲}$ ۴) ۶

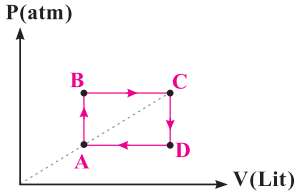
۸۴- مقدار معینی گاز کامل، یک چرخهٔ ترمودینامیکی فرضی را مطابق شکل طی می‌کند. اگر نسبت بیشترین فشار گاز به کم‌ترین فشار آن در طی این چرخه برابر ۶ باشد، V_A چند لیتر است؟



۱) ۹ ۲) ۴

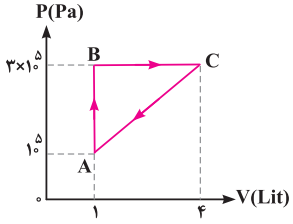
۳) ۱ ۴) ۲

۸۵- گاز کاملی، چرخه‌ای ترمودینامیکی در جهت ساعتگرد را مطابق شکل طی می‌کند. نقاط A، B، C و D روی رأس‌های مستطیل قرار دارند و دماهای T_A و T_C معلوم هستند. نسبت دمای مطلق گاز در نقطهٔ B به دمای مطلق گاز در نقطهٔ D، برابر با کدام گزینه است؟



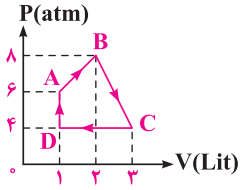
۱) $\frac{T_A}{T_C}$
۲) ۱
۳) $\frac{T_C}{T_A}$
۴) $\sqrt{\frac{T_C}{T_A}}$

۸۶- گاز داخل یک استوانه، چرخه‌ای مطابق شکل را می‌پیماید. گرمایی که گاز در این چرخه می‌گیرد، چند ژول است؟ (ریاضی داخل ۱۴۰۱)



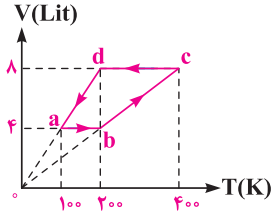
۱) ۶۰۰
۲) ۴۵۰
۳) ۳۰۰
۴) ۱۵۰

۸۷- یک مول از گاز کاملی، چرخه‌ای مطابق شکل مقابل را طی می‌کند. گرمای گرفته‌شده توسط گاز در طی چرخه چند ژول است؟



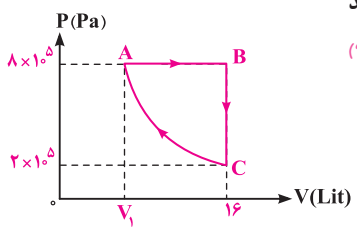
۱) +۷۰۰
۲) −۵۰۰
۳) −۷۰۰
۴) +۵۰۰

۸۸- یک مول گاز کامل، چرخه‌ای مطابق شکل را طی می‌کند. گاز در کل چرخه چند ژول گرما از محیط می‌گیرد؟ $(R \simeq 8\,J/mol.K)$



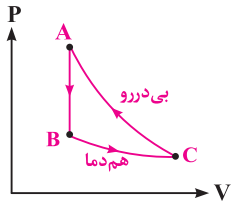
۱) ۲۰۰
۲) ۴۰۰
۳) ۶۰۰
۴) ۸۰۰

۸۹- مقداری گاز اکسیژن، چرخهٔ ABCA را طی کرده است و فرایند CA هم‌دما است. این گاز در مسیر ABC، چند ژول گرما دریافت کرده است؟ $(R = 8J/mol.K)$ (ریاضی خارج ۹۹)



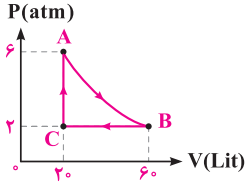
۱) ۵۷۶۰۰
۲) ۳۳۶۰۰
۳) ۲۴۰۰۰
۴) ۹۶۰۰

۹۰- مقداری گاز کامل چرخه‌ای مطابق شکل را می‌پیماید. اگر در فرایند هم‌دما، گاز ۱۸۰J گرما بگیرد و در فرایند هم‌حجم به اندازهٔ $\frac{۷}{۳}$ گرمای گرفته‌شده در فرایند هم‌دما، گرما مبادله کند، کار انجام‌شده در چرخه چند ژول است؟



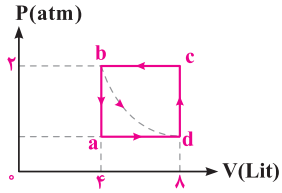
۱) ۲۴۰
۲) ۳۲۰
۳) ۴۰۰
۴) ۴۵۰

۹۱- مقدار معینی گاز کامل، چرخه‌ای ترمودینامیکی مطابق شکل را طی می‌کند. اگر مساحت داخل چرخه ۵۰۰۰ واحد SI باشد، گرمای مبادله‌شده در فرایند هم‌دمای AB چند برابر کار انجام‌شده بر روی گاز در فرایند BC است؟



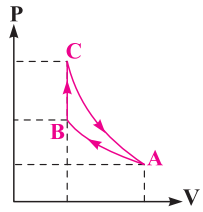
۱) $\frac{۸}{۱۳}$
۲) $\frac{۱۳}{۸}$
۳) $\frac{۳}{۸}$
۴) $\frac{۸}{۳}$

۹۲- مطابق شکل، مقداری گاز کامل، چرخهٔ ترمودینامیکی فرضی **adcba** را می‌پیماید. فرایند **bd**، فرایندی هم‌دما است. مقدار گرمای مبادله‌شده توسط سیستم در چرخهٔ adcba چند ژول است؟



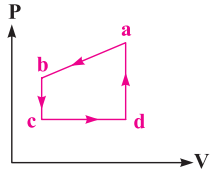
۱) ۲۰۰ ۲) -۲۰۰
۳) ۴۰۰ ۴) -۴۰۰

۹۳- یک گاز کامل، چرخه‌ای شامل سه فرایند متوالی هم‌دما، هم‌حجم و بی‌دررو را مطابق شکل طی می‌کند. کار انجام‌شده روی محیط در فرایند بی‌دررو، برابر با کدام است؟



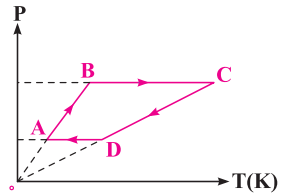
۱) کار انجام‌شده در کل چرخه
۲) گرمای مبادله‌شده در فرایند هم‌دما
۳) کار انجام‌شده در فرایند هم‌دما
۴) گرمای مبادله‌شده در فرایند هم‌حجم

۹۴- مطابق شکل مقابل، مقداری گاز کامل، چرخهٔ **abcda** را طی می‌کند. مقدار تغییر انرژی درونی گاز وقتی در مسیر **abc** از **a** به **c** می‌رود، برابر **۱۸۰J** است. از طرفی وقتی گاز از **c** به **d** می‌رود، **۱۵۰J** و وقتی از **d** به **a** می‌رود، **۹۰J** گرما می‌گیرد. در طی فرایند **cd**، چند ژول کار توسط گاز بر روی محیط انجام می‌شود؟



۱) ۶۰ ۲) -۶۰ ۳) ۴۶۰ ۴) -۴۶۰

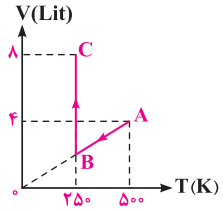
۹۵- نمودار **P - T** برای یک گاز کامل، مطابق شکل مقابل است. کدام گزینهٔ زیر درست است؟

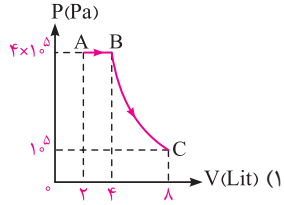


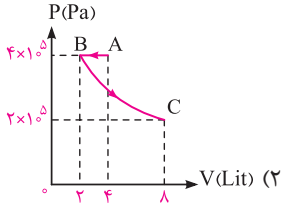
۱) $W_{CD} > W_{AB}$
۲) $|W_{BC}| < W_{DA}$
۳) $Q_{\text{چرخه}} > 0$
۴) هر سه گزینه صحیح است.

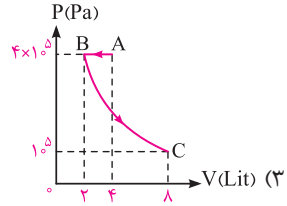
از اینجا به بعد، چند تا سؤال جذاب و قشنگ داریم که قراره نمودارهای P-V، P-T و V-T رو به هم‌دیگه تبدیل کنید. هواستون به این سبک سؤالا باشه که طراها خیلی دوسش دارن!

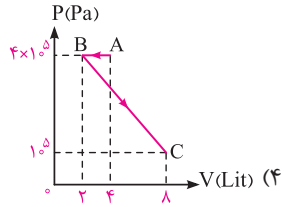
۹۶- نمودار **(V - T)** برای ۰/۴ مول گاز آرمانی (کامل) مطابق شکل است. نمودار **(P - V)** مربوط به این دو فرایند کدام است؟ **(R = ۸J/mol.K)** *(ریاضی داخل ۹۹)*



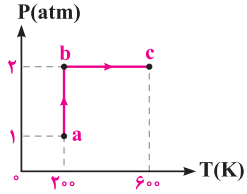
۱)


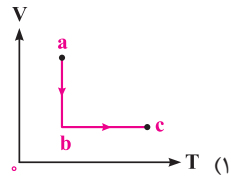
۲)


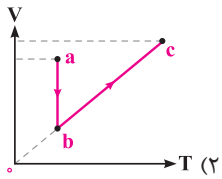
۳)


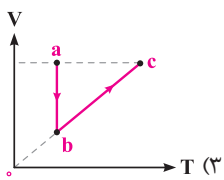
۴)


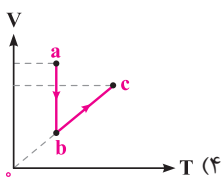
۹۷- نمودار **P - T** برای یک گاز کامل مطابق شکل است. نمودار **V - T** برای این گاز کامل در کدام گزینه به درستی رسم شده است؟



۱)


۲)


۳)


۴)


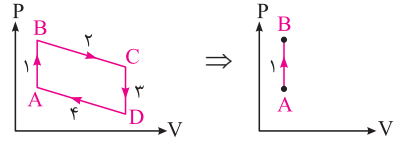
۱ ۳ تنها عبارت مطرح شده در گزینهٔ (۳) صحیح است.

حواستون باشه

دقت شود که جرم مولکولی از ویژگی‌های گاز محسوب شده و متغیر ترمودینامیکی محسوب نمی‌شود (متغیرهای ترمودینامیکی، فشار، حجم و دما هستند). در ضمن اگر در طی انجام یک فرایند، دستگاه همواره نزدیک به حالت تعادل بوده و سریع به حالت تعادل برسد، می‌گوییم فرایند ایستاوار انجام شده است. علم ترمودینامیک این فرایندهای ایستاوار را نیز بررسی می‌کند.

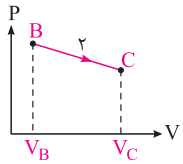
۲ ۴ علامت کار انجام‌شده در هر کدام از فرایندها را به‌طور جداگانه بررسی می‌کنیم:

فرایند ۱: با توجه به شکل زیر، در فرایند (۱) حجم گاز در طی فرایند ثابت است $(V_A = V_B)$. این موضوع یعنی کار انجام شده توسط محیط بر روی گاز صفر است.



$V_A = V_B \Rightarrow$ حجم گاز ثابت است.. $\Rightarrow W = 0$

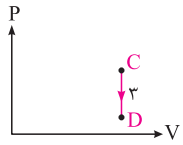
فرایند ۲: در طی فرایند ۲، حجم گاز در حال افزایش بوده و فرایند از نوع انبساط می‌باشد، بنابراین در طی این فرایند کار انجام شده توسط محیط بر روی گاز منفی و کار انجام شده توسط گاز بر روی محیط مثبت است.



$V_C > V_B \Rightarrow$ حجم گاز در حال افزایش است..

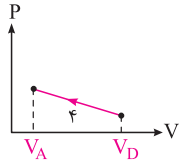
$\Rightarrow W < 0 \xrightarrow{W' = -W} W' > 0$

فرایند ۳: مشابه استدلال مطرح شده در فرایند (۱)، کار انجام شده توسط محیط بر روی گاز در فرایند (۳) نیز صفر است.



$W = -W' = 0$

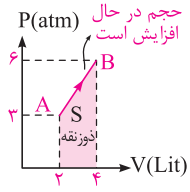
فرایند ۴: در طی فرایند (۴)، حجم گاز در حال کاهش بوده و فرایند از نوع تراکم می‌باشد، بنابراین در طی این فرایند کار انجام شده توسط محیط بر روی گاز مثبت و کار انجام شده توسط گاز بر روی محیط منفی است.



$V_A < V_D \Rightarrow$ حجم گاز در حال کاهش است.. $\Rightarrow W > 0$

بنابراین گزینهٔ (۴) نادرست می‌باشد، چون کار در هر دو فرایند (۱) و (۳) صفر می‌باشد.

۳ ۴ سطح زیر نمودار $P - V$ در هر فرایند، بیانگر قدرمطلق کار انجام‌شده در آن فرایند است. بنابراین برای محاسبهٔ کار در هر فرایند می‌توان نوشت:

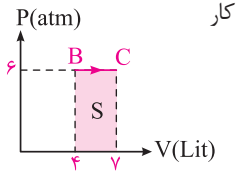


فرایند AB: در این فرایند حجم گاز افزایش یافته است. بنابراین فرایند از نوع انبساط بوده و کار محیط بر روی گاز در این فرایند منفی است.

$$|W_{AB}| = S_{\text{ذوزنقه}} = \frac{(۳+۶)\times ۱۰^{۵}}{۲} \times ۲ \times ۱۰^{-۳} = ۹۰۰$$

$$\xrightarrow[\text{انبساط}]{W_{AB}<0} W_{AB} = -۹۰۰\ \text{J}$$

فرایند BC: مشابه فرایند AB، در این فرایند نیز کار انجام‌شده توسط محیط بر روی گاز، منفی است.



$$|W_{BC}| = S = ۶ \times ۱۰^{۵} \times ۳ \times ۱۰^{-۳} = ۱۸۰۰$$

$$\xrightarrow[\text{انبساط}]{W_{AB}<0} W_{BC} = -۱۸۰۰\ \text{J}$$

بنابراین کار محیط بر روی گاز در مجموع دو فرایند برابر است با:

$$W_{\text{کل}} = W_{AB} + W_{BC} = (-۹۰۰) + (-۱۸۰۰) = -۲۷۰۰\ \text{J}$$

۴ ۴ با توجه به استفاده از قدرمطلق در رابطهٔ تعیین ΔU و معادل قرار دادن دو رابطهٔ زیر می‌توان فهمید که $Q > 0$ و $W < 0$ است.

$$\begin{cases} \text{داریم: } \Delta U = |Q| - |W| \\ \text{می‌دانیم: } \Delta U = Q + W \end{cases} \Rightarrow Q > 0\ ,\ W < 0$$

با توجه به این‌که $Q > 0$ است، یعنی گاز گرما دریافت کرده است. از طرفی کار محیط بر روی گاز منفی بوده $(W < 0)$ و این موضوع یعنی کار گاز مثبت است $(W' > 0)$. با توجه به مثبت بودن کار گاز، می‌توان گفت دستگاه بر روی محیط کار انجام داده است و فرایند از نوع انبساط بوده است.

حواستون باشه

با توجه به این‌که اطلاعی از مقادیر $|Q|$ و $|W|$ نداریم، در مورد افزایش یا کاهش انرژی درونی نمی‌توان اظهار نظر کرد.

۵ ۱ برای پاسخ به این سؤال، به موارد زیر توجه کنید:

۱) بر روی آب، کار انجام شده و $W = +۴۰\ \text{kJ}$ می‌باشد.

۲) در طی این فرایند، آب ۳۱kJ گرما از دست داده و $Q = -۳۱\ \text{kJ}$ می‌باشد.

۳) تغییر انرژی درونی با توجه به قانون اول ترمودینامیک برابر است با:

$$\Delta U = Q + W = -۳۱ + ۴۰ = +۹\ \text{kJ}$$

۶ ۳ تحت اثر نیروی $\vec{F}$، پیستون ۲۰cm جابه‌جا می‌شود، بنابراین:

$$W = F.d \Rightarrow W = ۲۰۰ \times ۰/۲ = ۴۰\ \text{J}$$

سیستم به‌طور کامل عایق‌بندی گرمایی شده است، بنابراین گرمای مبادله‌شده برابر با صفر است. برای محاسبهٔ تغییرات انرژی درونی دستگاه می‌توان نوشت:

$$\Delta U = Q + W \Rightarrow \Delta U = ۰ + ۴۰ = +۴۰\ \text{J}$$

۷ ۴

حواستون باشه

انرژی درونی گاز کامل، تابع دمای مطلق آن است. $U \propto T$

از طرفی دمای گاز کامل با حاصل‌ضرب فشار گاز در حجم آن رابطهٔ مستقیم دارد:

$T \propto PV$

پس می‌توان گفت: $U \propto PV$

برای حل، ابتدا حجم و فشار ثانویهٔ گاز را به دست می‌آوریم:

$$P_۲ = ۵۰\,mmHg - ۴۰\,mmHg = ۱۰\,mmHg$$

$$V_۲ = ۳\,Lit + ۳\,Lit = ۶\,Lit$$

می‌توان به جای مقایسهٔ دما و انرژی درونی، مقایسهٔ انرژی درونی را با PV نوشت:

$$U \propto PV \Rightarrow \frac{U_۲}{U_۱} = \frac{P_۲V_۲}{P_۱V_۱} \Rightarrow \frac{U_۲}{U_۱} = \frac{۱۰\times۶}{۵۰\times۳} = \frac{۲}{۵} = ۰/۴$$

$$\Rightarrow U_۲ = ۰/۴U_۱ \Rightarrow \frac{U_۲}{U_۱} = \frac{۴۰}{۱۰۰}$$

بنابراین انرژی درونی گاز، ۶۰ درصد کاهش یافته است.

۳ ۸ فشار پیمانه‌ای گاز در حالت اول برابر $۵\times۱۰^۴\,Pa$ است، بنابراین فشار مطلق آن برابر است با: $P_۱ = ۵\times۱۰^۴ + P_۰ = ۵\times۱۰^۴ + ۱۰^۵ = ۱/۵\times۱۰^۵\,Pa$

با ۲ برابر شدن فشار پیمانه‌ای گاز، فشار پیمانه‌ای به $۲(۵\times۱۰^۴) = ۱۰^۵\,Pa$ می‌رسد، بنابراین فشار مطلق گاز در حالت دوم برابر است با:

$$P_۲ = ۱۰^۵ + P_۰ = ۱۰^۵ + ۱۰^۵ = ۲\times۱۰^۵\,Pa$$

در ادامه با نوشتن قانون گازهای کامل داریم:

$$\frac{P_۱V_۱}{T_۱} = \frac{P_۲V_۲}{T_۲} \Rightarrow \frac{۱/۵\times۱۰^۵ V_۱}{T_۱} = \frac{۲\times۱۰^۵\times۲V_۱}{T_۲} \Rightarrow \frac{T_۲}{T_۱} = \frac{۸}{۳}$$

با توجه به اینکه انرژی درونی گاز کامل متناسب با دمای آن است، برای محاسبهٔ انرژی درونی گاز در حالت دوم می‌توان نوشت:

$$U \propto T \Rightarrow \frac{U_۲}{U_۱} = \frac{T_۲}{T_۱} \Rightarrow \frac{U_۲}{۶۰۰} = \frac{۸}{۳} \Rightarrow U_۲ = ۱۶۰۰\,J$$

۴ ۹ همان‌طور که می‌دانید انرژی درونی، تابع دمای مطلق گاز است و طبق رابطهٔ $PV = nRT$، دمای مطلق گاز تابع PV است. بنابراین کافی است، مقدار PV را در نقاط A، B و C به‌دست آوریم:

$$\left.\begin{aligned} P_A V_A &= ۲/۵\times۱۰^۵\times۲/۲ = ۵/۵\times۱۰^۵ \\ P_B V_B &= ۲/۵\times۱۰^۵\times۶/۶ = ۱۶/۵\times۱۰^۵ \\ P_C V_C &= ۱/۵\times۱۰^۵\times۶/۶ = ۹/۹\times۱۰^۵ \end{aligned}\right\} \xrightarrow{U\propto T\propto PV}$$

$$U_B = ۳U_A = \frac{۵}{۳}U_C$$

۳ ۱۰ دستگاه ۴۰۰J گرما گرفته است، بنابراین $Q = +۴۰۰\,J$ است. کاری که دستگاه روی محیط انجام می‌دهد برابر $W' = +۱۰۰\,J$ است، بنابراین کاری که محیط روی دستگاه انجام می‌دهد، برابر $W = -۱۰۰\,J$ می‌باشد. در ادامه با استفاده از قانون اول ترمودینامیک می‌توان نوشت:

$$\Delta U = Q + W \Rightarrow \Delta U = ۴۰۰ - ۱۰۰ = ۳۰۰\,J$$

۳ ۱۱ چون دستگاه از محیط گرما گرفته است، بنابراین: $Q = +۷۵۰\,J$

با استفاده از قانون اول ترمودینامیک داریم:

$$\Delta U = U_۲ - U_۱ = Q + W \xrightarrow[U_۲ = U_۱ + \frac{۲۵}{۱۰۰}U_۱ = \frac{۵}{۴}U_۱ = ۱۰۰۰\,J]{U_۱ = ۸۰۰\,J}$$

$$\Rightarrow ۱۰۰۰ - ۸۰۰ = +۷۵۰ + W \Rightarrow W = -۵۵۰\,J$$

کاری که گاز روی محیط انجام می‌دهد، برابر است با: $W' = -W = ۵۵۰\,J$

حواستون باشه

در محاسبات بالا، W کاری است که محیط روی گاز انجام می‌دهد و W' کاری است که گاز روی محیط انجام می‌دهد.

۲ ۱۲ گرمایی که گاز هیدروژن می‌گیرد برابر است با:

کار گاز بر روی محیط: $W = -۵/۶\,J$ ، کار محیط بر روی گاز: $W' = ۵/۶\,J \Rightarrow$

$$\Delta U = Q_۱ + W \Rightarrow ۸/۴ = Q_۱ + (-۵/۶) \Rightarrow Q_۱ = ۱۴\,J$$

از طرفی گرمای مورد نیاز برای افزایش دمای $۱^\circ C$ برای $۱\,gr$ آب برابر است با:

$$Q_۲ = mc\Delta T = ۱\times\underset{\text{تبدیل gr به kg}}{\underset{\downarrow}{۱۰^{-۳}}}\times۴۲۰۰\times۱ = ۴/۲\,J \Rightarrow \frac{Q_۱}{Q_۲} = \frac{۱۴}{۴/۲} = \frac{۱۰}{۳}$$

۱ ۱۳ با توجه به وجود مخلوط آب و یخ درون ظرف و ذوب شدن مقداری یخ در اثر این فرایند، درمی‌یابیم که دما در کل فرایند برابر صفر درجهٔ سلسیوس بوده و فرایند صورت گرفته هم‌دما می‌باشد، بنابراین گاز طی این فرایند مقداری گرما از دست داده است $(Q < ۰)$:

$$T = \text{ثابت} \Rightarrow \Delta U_{\text{گاز}} = ۰ \Rightarrow W + Q = ۰ \Rightarrow W = -Q$$

از سوی دیگر این گرمای از دست‌رفته صرف ذوب کردن یخ شده است و مقدار آن برابر است با:

گرمای از دست دادهٔ گاز: $Q = -mL_F = -۵\times۱۰^{-۳}\times۳۳۶\times۱۰^۳$

$$\Rightarrow Q = -۱۶۸۰\,J \Rightarrow W = -(-۱۶۸۰)J = +۱/۶۸\,kJ$$

حواستون باشه

از همان ابتدا چون پیستون را به سمت راست می‌بریم، یعنی حجم گاز کاهش یافته و در نتیجه $W > ۰$ است. بنابراین گزینه‌های (۲) و (۴) نادرست‌اند.

۴ ۱۴

حتماً بخونش

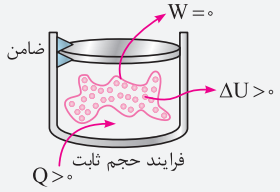
در مورد فرایند هم‌حجم، خوب است که نکات زیر را بدانید:

۱) مقدار کار دستگاه و کار محیط در طی فرایند حجم ثابت صفر است.

$$\begin{cases} W = -P\Delta V = -P(V_۲ - V_۱) = ۰ \\ V_۱ = V_۲ = \Delta V = ۰ \end{cases}$$

۲) اگر دستگاه گرمای Q را جذب کند، این گرما دما و انرژی درونی گاز را افزایش می‌دهد و تغییرات انرژی درونی دستگاه، برابر با مقدار گرمای دریافتی است.

قانون اول ترمودینامیک: $\Delta U = Q + \overset{۰}{\cancel{W}} \Rightarrow \Delta U = Q \Rightarrow \frac{\Delta U}{Q} = +۱$

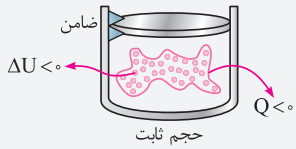


۳) گرم کردن گاز باعث می‌شود که فشار و جنبش مولکول‌های گاز درون مخزن افزایش یابد.

جذب گرما توسط دستگاه: $Q > ۰ \Rightarrow \Delta U > ۰ \Rightarrow \Delta T > ۰ \Rightarrow \Delta P > ۰$

$$\Rightarrow P_۲ > P_۱$$

۴) در یک فرایند هم‌حجم هنگامی‌که دستگاه گرمای Q را از دست می‌دهد، گاز سردتر می‌شود و فشار و دمای گاز تواماً کاهش می‌یابد. در این حالت خواهیم داشت:



$$\begin{cases} T_۲ < T_۱ \Rightarrow \Delta T < ۰ \\ P_۲ < P_۱ \Rightarrow \Delta P < ۰ \\ V_۲ = V_۱ \Rightarrow \Delta V = ۰ \end{cases}$$

$$\Delta U = Q + \overset{\circ}{W} \rightarrow \overset{\ominus}{\Delta U} = \overset{\ominus}{Q}$$

۵) در یک فرایند هم‌حجم برای مقدار مشخصی از یک گاز کامل، تغییرات دما رابطهٔ مستقیمی با تغییرات فشار گاز خواهد داشت. به‌عنوان مثال با ۲ برابر شدن دمای مطلق گاز در حجم ثابت، فشار گاز نیز ۲ برابر حالت اولیه می‌شود.

$$\overset{\text{۲برابر}}{\uparrow} P\,\underset{\downarrow}{V} = \underset{\downarrow}{n}\,\underset{\downarrow}{R}\,T \overset{\text{۲برابر}}{\uparrow} \rightarrow \Delta P \propto \Delta T$$

ثابت ثابت ثابت

بررسی گزینه‌ها

۱) با توجه به این‌که فرایند هم‌حجم می‌باشد، بنابراین $W = ۰$ است.

۲)

$$\Delta U = Q + \overset{\circ}{W} \xrightarrow[\Delta U = -۳۰۰J]{\text{انرژی درونی گاز کامل ۳۰۰J کاهش یافته است.}} Q = -۳۰۰J$$

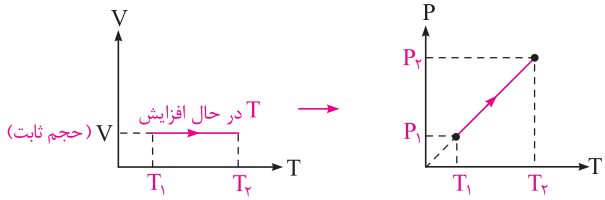
$\Rightarrow$ گاز ۳۰۰J گرما از دست داده است.

۳) با توجه به این‌که انرژی درونی مقدار معینی از این گاز کامل کاهش یافته است، بنابراین لزوماً دمای آن کاهش می‌یابد $(U \propto T)$.

۴) با توجه به معادلهٔ حالت گاز کامل، در حجم ثابت، با کاهش دما، فشار گاز نیز کاهش می‌یابد.

$$P\,\underset{\text{ثابت}}{V} = \underset{\text{ثابت}}{nR}\,\underset{\downarrow}{T} \Rightarrow$$ فشار گاز (P) نیز کاهش می‌یابد.

۱۵) ۱) در نمودار $V - T$ رسم شده، حجم گاز ثابت و دمای آن در حال افزایش است، بنابراین نمودار $P - T$ مطابق با شکل زیر است:



$$P\,\underset{\text{ثابت}}{V} = \underset{\text{ثابت}}{nR}\,T$$

حتماً بخونش

مطابق رابطهٔ $P = \frac{nR}{V}T$، نمودار تغییرات فشار برحسب دما برای یک فرایند هم حجم، به‌صورت خطی با شیب $\frac{nR}{V}$ است. هرچه حجم گاز بیشتر باشد، شیب نمودار کمتر است.

۱۶) ۳) در حجم ثابت، فشار مقدار معینی از گاز، ۲۵ درصد افزایش یافته است. بنابراین می‌توان نوشت:

$$\frac{P_۱V_۱}{T_۱} = \frac{P_۲V_۲}{T_۲} \xrightarrow[P_۲ = P_۱ + \frac{۲۵}{۱۰۰}P_۱ = \frac{۵}{۴}P_۱]{V_۱ = V_۲} \frac{P_۱}{۳۰۰} = \frac{\frac{۵}{۴}P_۱}{T_۲}$$

$$\Rightarrow T_۲ = \frac{۵}{۴} \times ۳۰۰ = ۳۷۵K$$

در فرایند هم‌حجم، کار انجام شده بر روی گاز برابر صفر است. از طرفی گاز با گرفتن گرما، فشارش افزایش می‌یابد $(Q > ۰)$. بنابراین می‌توان نوشت:

$$\Delta U = Q + \overset{۰}{W} \xrightarrow{Q = +۷۵۰J} \Delta U = +۷۵۰J$$

۱۷) ۱) همان‌طور که می‌دانیم، کار در فرایند هم‌حجم برابر صفر بوده و تغییر انرژی درونی یک گاز از رابطهٔ $\Delta U = Q$ به دست می‌آید. با توجه به یکسان بودن گرمای داده‌شده به دو گاز، تغییر انرژی درونی دو گاز با هم برابر است.

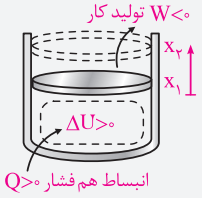
$$\Delta U_{\text{اکسیژن}} = \Delta U_{\text{هلیم}} \Rightarrow \overset{m}{\frac{\Delta U_{\text{هلیم}}}{\Delta U_{\text{اکسیژن}}}} = ۱ \Rightarrow m = ۱$$

۱۸) ۱)

حتماً بخونش

در مورد فرایند هم‌فشار، خوب است نکات زیر را بدانید:

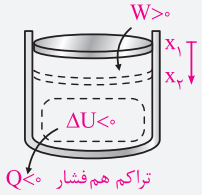
۱) هرگاه گاز بخواهد منبسط شود، الزاماً باید از محیط اطراف خود گرما جذب نماید و با این عمل، انرژی درونی آن افزایش می‌یابد و در نتیجه دمای گاز بالا می‌رود. طبق قانون اول ترمودینامیک می‌توان دریافت که مقدار گرمای دریافتی همواره بزرگ‌تر از مقدار کار انبساطی گاز است.



قانون اول ترمودینامیک: $\overset{\oplus}{\Delta U} = \overset{\oplus}{Q} + \underset{\text{انبساط}}{\overset{\ominus}{W}} \Rightarrow |Q| > |W|$

$$\Delta U > ۰ \xrightarrow{U \propto T} \Delta T > ۰ \Rightarrow T_۲ > T_۱$$

۲) اگر از دستگاه گرمای Q گرفته شود، آن‌گاه دستگاه متراکم می‌شود و دمای گاز در حال کاهش است.



قانون اول ترمودینامیک: $\overset{\ominus}{\Delta U} = \overset{\ominus}{Q} + \overset{\oplus}{W} \Rightarrow |Q| > |W|$

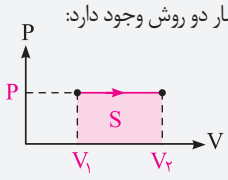
$$\Delta U < ۰ \xrightarrow{U \propto T} \Delta T < ۰ \Rightarrow T_۲ < T_۱$$

۳) در تراکم هم‌فشار نیز مقدار گرمای مبادله‌شده بیشتر از مقدار کار انجام‌شده بر روی دستگاه است $(|Q| > |W|)$ و می‌توان گفت در یک تراکم هم‌فشار دستگاه کار گرفته و گرما از دست داده است.

نتیجه: در فرایند هم‌فشار، همواره ΔU با Q هم‌علامت بوده و $|Q|>|\Delta U|>|W|$ است.

۴) برای محاسبهٔ کار ترمودینامیکی در فرایند هم‌فشار دو روش وجود دارد:

الف) محاسبه سطح زیر نمودار فشار ـ حجم



$$|S| = |W| = \text{عرض} \times \text{طول} = P(V_2 - V_1) = P\Delta V$$

ب) استفاده از فرمول کلی محاسبهٔ کار:

$$(1)\ \overset{\text{ثابت}}{P}V_1 = nRT_1 \qquad (2)\ \overset{\text{ثابت}}{P}V_2 = nRT_2 \xrightarrow[\text{روابط از یک‌دیگر}]{\text{تفاضل طرفین}}$$

$$P(V_2 - V_1) = nR(T_2 - T_1) \Rightarrow P\Delta V = nR\Delta T \quad (I)$$

$$W = -P\Delta V \quad (II)$$

$$\xrightarrow{(I),(II)} W = -nR\Delta T = -P\Delta V$$

W: کار محیط بر روی گاز

مطابق نکات بالا، در یک انبساط هم‌فشار، کمیت‌های Q و ΔU مثبت هستند.

۱۹ ـ ۲ ـ همان‌طور که می‌دانیم، اگر گاز در یک فرایند هم‌فشار گرما بگیرد، منبسط شده در نتیجه کار محیط بر روی گاز منفی می‌باشد و می‌توان نوشت:

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

از طرفی چون دمای گاز افزایش یافته است، بنابراین $\Delta U > 0$ می‌باشد:

$$0 < \Delta U < Q$$

۲۰ ـ ۳ ـ برای پاسخ دادن به این سؤال، به موارد زیر توجه کنید:

۱) چون گاز گرما گرفته است، $Q = +500J$ است.

۲) در فرایند هم‌فشار، همواره $|\Delta U| < |Q|$ است، بنابراین $|\Delta U| < 500J$ است.

۳) در فرایند هم‌فشار علامت‌های Q و ΔU یکسان بوده و با علامت W مخالف است، بنابراین اگر در فرایند هم‌فشار گاز گرما بگیرد $(Q > 0)$، منبسط‌شده $(W < 0)$ و انرژی درونی آن افزایش می‌یابد.

$$\overset{\oplus}{\Delta U} = \overset{\oplus}{Q} + \overset{\ominus}{W} \Rightarrow \Delta U > 0$$ انرژی درونی گاز افزایش یافته است.

با توجه به توضیحات فوق، انرژی درونی گاز کم‌تر از $500J$ افزایش یافته است و گزینهٔ (۳) صحیح است.

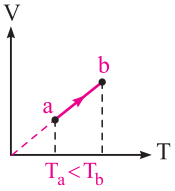
۲۱ ـ ۲ ـ بررسی گزینه‌ها

۱) انرژی درونی برای مقدار مشخصی از یک گاز کامل، فقط به دمای مطلق آن بستگی دارد، بنابراین افزایش دما باعث می‌شود انرژی درونی گاز نیز افزایش یابد.

۲) در فرایندی که نمودار $(V - T)$ برای آن خط راست گذرنده از مبدأ باشد، فشار همواره ثابت می‌ماند.

$$\overset{\text{ثابت}}{P}V = \overset{\text{ثابت}}{n}R\,T \Rightarrow V = \underbrace{\frac{nR}{P}}_{\text{ثابت}}T$$

نمودار $V - T$ برای فرایند هم‌فشار، به صورت خط راست گذرنده از مبدأ با شیب $\frac{nR}{P}$ است.



۳) طبق رابطهٔ $\rho = \frac{PM}{RT}$، می‌توان دریافت که در فشار ثابت با افزایش دما، چگالی گاز کاهش می‌یابد (یعنی ثابت نمی‌ماند).

۴) در یک انبساط هم‌فشار، دستگاه با دریافت گرما $(Q > 0)$ به محیط کار داده است $(W < 0)$.

طبق توضیحات فوق، فقط گزینهٔ (۲) درست است.

۲۲ ـ ۳ ـ **گام اول:** با توجه به رابطهٔ $PV = nRT$، فشار گاز را به دست می‌آوریم:

$$P_1V_1 = nRT_1 \Rightarrow P_1 \times 10 \times 10^{-3} = \frac{1}{2} \times 8 \times (273 + 27)$$

$$\Rightarrow P_1 = 12 \times 10^4\,Pa$$

گام دوم: با توجه به ثابت بودن فشار، کار انجام شده بر روی گاز در این فرایند برابر است با:

$$W = -P\Delta V = -12 \times 10^4 \times (8 - 10) \times 10^{-3} = 240J$$

۲۳ ـ ۲ ـ در فرایند هم‌فشار، کار انجام‌شده توسط گاز بر روی محیط برابر است با (دقت شود ۱۰ گرم هیدروژن، معادل با ۵ مول است):

$$W' = P\Delta V = nR\Delta T = 5 \times 8 \times (127 - 27) = 4000J = 4kJ$$

۲۴ ـ ۳ ـ ابتدا مقدار کار انجام‌شده روی گاز را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta F = \frac{9}{5}\Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{5}{9} \times 45 = 25K$$

$$W = -P\Delta V = -nR\Delta T = -1/5 \times 8 \times 25 = -300J$$

حال به کمک قانون اول ترمودینامیک، مقدار ΔU را محاسبه می‌کنیم. درنظر داشته باشید که چون گاز گرما گرفته، بنابراین Q مثبت است، پس داریم:

$$\Delta U = Q + W \Rightarrow \Delta U = 500 + (-300) = +200\,J$$

۲۵ ـ ۱ ـ برای پاسخ دادن به این سؤال، گام‌های زیر را طی می‌کنیم:

گام اول: در یک فرایند هم‌فشار، کار انجام شده توسط محیط بر روی دستگاه از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$W = -4000J\ ,\ n = 2mol\ ,\ T_1 = 350K\ ,\ T_2 = ?$$

$$W = -P\Delta V = -nR\Delta T \Rightarrow -4000 = -2 \times 8 \times (T_2 - 350)$$

$$\Rightarrow T_2 - 350 = 250 \Rightarrow T_2 = 600K$$

گام دوم: حال برای محاسبهٔ حجم ثانویه، به کمک معادلهٔ حالت گاز کامل می‌توان نوشت:

$$\overset{\text{ثابت}}{P}V = \overset{\text{ثابت}}{nR}T \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{V_2}{1/75} = \frac{600}{350} \Rightarrow V_2 = 3m^3$$

۲۶ ـ ۲ ـ طبق صورت سؤال، حجم گاز ۲۰ درصد کاهش می‌یابد، بنابراین $V_2 = 0/8\,V_1$ است و می‌توان نوشت:

$$W = -P\Delta V = -1 \times 10^5 \times (0/8 - 1) \times 10^{-3} = 20J$$

با توجه به قانون اول ترمودینامیک می‌توان نوشت:

$$\Delta U = Q + W \Rightarrow -50 = Q + 20 \Rightarrow Q = -70J$$

حواستون باشه

منفی شدن مقدار Q نشان می‌دهد که دستگاه در طی فرایند هم‌فشار، متراکم شده و گرما از دست داده است.

۲۷ - ۲

حتماً بخونش

در مورد فرایند هم‌دما، خوب است نکات زیر را بدانید:

۱) با توجه به این‌که انرژی درونی مقدار معینی از یک گاز کامل فقط تابع دمای گاز می‌باشد، بنابراین در فرایند هم‌دما، انرژی درونی گاز کامل ثابت مانده و تغییرات انرژی درونی آن صفر است.

۲) در یک فرایند هم‌دما، مقدار گرمای گرفته شده توسط دستگاه، هم‌اندازه و قرینهٔ کار انجام‌شده بر روی گاز است.

$$\begin{cases} \text{دماثابت است.} \Rightarrow U_1 = U_2 \Rightarrow \Delta U = 0 \\ \Delta U = Q + W \Rightarrow 0 = Q + W \Rightarrow Q = -W \end{cases}$$

از طرفی اگر کار گاز روی محیط را W' بنامیم، از آن‌جایی که $W' = -W$، در نهایت $Q = -W = W'$ به‌دست می‌آید.

۳) مقادیر Q و W در یک فرایند هم‌دما، همواره علامت مخالف یک‌دیگر دارند. در مورد فرایند انبساط و تراکم هم‌دما، علامت Q و W به‌صورت زیر است:

(گاز کار تولید کرده و گرما جذب می‌کند.) $W<0$, $Q>0$: در انبساط هم‌دما

$$\Rightarrow \Delta U = \overset{\oplus}{Q} + \overset{\ominus}{W} = 0$$

(گاز کار دریافت کرده و گرما از دست می‌دهد.) $W>0$, $Q<0$ در تراکم هم‌دما

$$\Rightarrow \Delta U = \overset{\ominus}{Q} + \overset{\oplus}{W} = 0$$

۴) در یک فرایند هم‌دما برای مقدار مشخصی از یک گاز کامل (تعداد مول ثابت)، می‌توان گفت که فشار و حجم گاز همواره با یک‌دیگر رابطهٔ معکوس دارند. مثلاً اگر فشار گاز ۲ برابر شود، حجم گاز باید نصف شود، زیرا حاصل‌ضرب $P \times V$ باید مقدار ثابتی بماند.

$$\text{مقدار ثابت} = \underset{\text{ثابت}}{n} \underset{\text{ثابت}}{R} \underset{\text{ثابت}}{T} \quad \begin{matrix} \text{۲برابر} \\ P \end{matrix} \quad \begin{matrix} \frac{1}{2}\text{برابر} \\ V \end{matrix}$$

$$\Rightarrow P_2 = 2P_1 \Rightarrow V_2 = \frac{1}{2} V_1$$

با توجه به توضیحات فوق، گزینهٔ (۲) درست است.

۲۸ - ۴

برای پاسخ دادن به این سؤال، به موارد زیر توجه کنید:

۱) در انبساط هم‌دما، دستگاه گرمای Q را جذب کرده و بر روی محیط کار W' را انجام می‌دهد، بنابراین علامت کار انجام‌شده بر روی گاز منفی است $(W<0)$.

۲) در این فرایند هم‌دما، حجم گاز افزایش یافته است، بنابراین فشار گاز کاهش می‌یابد.

$$\underset{\downarrow}{P} \; \underset{\uparrow}{V} = \underset{\text{ثابت}}{nRT}$$

۳) با توجه به افزایش حجم گاز، چگالی گاز کاهش می‌یابد، بنابراین گزینهٔ (۴) نادرست می‌باشد.

$$\downarrow \rho = \frac{\overset{\text{ثابت}}{m}}{V\uparrow}$$

حتماً بخونش

برای بررسی تغییرات چگالی گاز با استفاده از رابطهٔ $\rho = \frac{PM}{RT}$ نیز خواهیم داشت:

$$\begin{cases} \text{انبساط هم‌دما} \Rightarrow V_2 > V_1 \Rightarrow P_2 < P_1 \\ \rho = \frac{PM}{RT} \xrightarrow{\text{کاهش فشار}} \downarrow \rho \propto P \downarrow \Rightarrow \text{چگالی گاز کاهش می‌یابد.} \end{cases}$$

(T: ثابت)

۲۹ - ۴

به بررسی تغییرات هر یک از موارد خواسته‌شده می‌پردازیم:

بررسی تغییرات حجم:

$$P_2 = P_1 - \frac{25}{100} P_1 = \frac{3}{4} P_1$$

$$PV = \overset{\text{ثابت}}{nRT} \Rightarrow V \propto \frac{1}{P} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{P_1}{P_2} = \frac{P_1}{\frac{3}{4}P_1} = \frac{4}{3}$$

بررسی تغییرات چگالی: برای بررسی تغییرات چگالی در یک فرایند هم‌دما، با توجه به رابطهٔ زیر داریم:

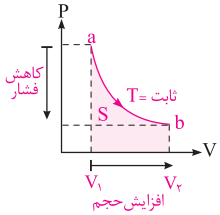
$$\rho = \frac{\overset{\text{ثابت}}{P}\overset{\text{ثابت}}{M}}{\underset{\text{ثابت}}{RT}} \xrightarrow{\rho \propto P} \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{P_2}{P_1} = \frac{\frac{3}{4}P_1}{P_1} = \frac{3}{4}$$

بررسی تغییرات انرژی درونی: با توجه به ثابت بودن مقدار گاز و دمای آن، انرژی درونی این گاز ثابت می‌ماند.

۳۰ - ۴

برای پاسخ دادن به این سؤال، به موارد زیر توجه شود:

۱) سطح زیر نمودار $P-V$ برابر با مقدار کار است و چون در این فرایند $V_2 > V_1$ است، پس انبساط هم‌دما رخ داده است $(W<0)$.



$$|W| = S \xrightarrow{\text{انبساط هم‌دما}} W = -10^4 \text{ J}$$

۲) در فرایند انبساط هم‌دما، دستگاه گرما می‌گیرد $(Q>0)$ و کار تولید می‌کند $(W<0)$، بنابراین داریم:

$$\Delta U = 0 \Rightarrow Q = -W = -(-10^4) = +10^4 \text{ J} \Rightarrow Q = +10^4 \text{ J}$$ (فرایند هم‌دما)

به عبارتی در طی فرایند دستگاه 10^4 J گرما دریافت می‌کند.

۳۱ - ۴

برای پاسخ دادن به این سؤال، به نکات زیر توجه شود:

۱) هرگاه حاصل‌ضرب $P.V$ مقدار ثابتی باشد، با فرض ثابت ماندن تعداد مول‌ها، دمای گاز ثابت و فرایند هم‌دماست.

$$\begin{cases} PV = \underset{\text{ثابت}}{n}\underset{\text{ثابت}}{R}\underset{\text{ثابت}}{T} \Rightarrow P.V = \underset{\text{عدد ثابت}}{k} \\ P = \frac{300}{V} \text{ صورت سوال} \Rightarrow P.V = 300 \end{cases} \Rightarrow \text{فرایند هم‌دماست.}$$

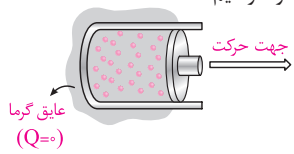
۲) در یک فرایند هم‌دما، هرگاه دستگاه گرمای Q را از دست بدهد $(Q<0)$، آن‌گاه فرایند از نوع تراکم است و در تراکم علامت کار محیط بر روی دستگاه مثبت است.

دقت کنید در صورت سؤال کار دستگاه بر روی محیط پرسیده شده است (یعنی W')، پس در نتیجه کار دستگاه منفی است و می‌توان نوشت:

$\Delta U = Q + W = 0 \Rightarrow 0 = (-300) + W \Rightarrow$ هم‌دما

$W' = -300\,J$ (کار دستگاه) $\Rightarrow W = +300\,J$ (کار محیط)

۳۲ **۱** - با توجه به وجود عایق گرما در اطراف دستگاه، امکان مبادلهٔ گرما بین دستگاه و محیط وجود ندارد ($Q = 0$). بنابراین فرایند به‌صورت بی‌دررو می‌باشد. از طرفی همان‌طور که می‌دانیم در انبساط یک گاز کامل، علامت کار محیط منفی است ($W < 0$) و مطابق قانون اول ترمودینامیک، کار تولیدشده دقیقاً برابر است با کاهش انرژی درونی دستگاه، زیرا دستگاه نمی‌تواند از خارج گرمایی را دریافت کند (عایق گرما $\Leftarrow Q = 0$) و خواهیم داشت:



$$\Delta U = Q + W \xrightarrow{Q=0} \Delta U = W \xrightarrow[W<0]{\text{در انبساط}} \Delta U < 0 \Rightarrow T_2 < T_1$$

مطالب بیان‌شده نشان می‌دهد که **انبساط بی‌دررو با کاهش دما همراه است.**

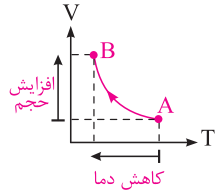
خواستون باشه

در انبساط بی‌دررو فشار گاز کاهش و در تراکم بی‌دررو فشار گاز افزایش می‌یابد.

۳۳ **۱** - همان‌طور که می‌دانیم، در فرایند انبساط بی‌دررو، فشار گاز کاهش یافته، حجم گاز افزایش یافته و انرژی درونی گاز نیز کاهش می‌یابد.

نوع فرایند	فشار	حجم	انرژی درونی
بی‌دررو	کاهش	افزایش $\equiv Y$	کاهش $\equiv X$

۳۴ **۲** - در طی فرایند تراکم، دستگاه با کاهش حجم همراه است، این در حالی‌است که در نمودار مربوط به گزینهٔ (۲) حجم گاز افزایش یافته است، پس این نمودار نمی‌تواند درست باشد. هم‌چنین دقت کنیم که در فرایند تراکم بی‌دررو، باید دما افزایش یابد. سایر نمودارهای رسم شده صحیح می‌باشد.

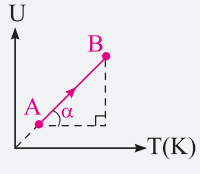


خواستون باشه

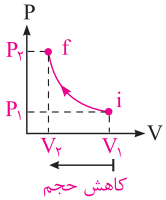
۱) در یک فرایند تراکم بی‌دررو، دستگاه کار می‌گیرد ($W > 0$) ولی گرمایی از دست نمی‌دهد، بنابراین دما، فشار و انرژی درونی آن با آهنگ نسبتاً شدیدی افزایش می‌یابد.

$\Delta P > 0\,,\ \Delta T > 0\,,\ \Delta U > 0\,,\ W > 0\,,\ \Delta V < 0$: تراکم بی‌دررو

۲) در تحلیل گزینهٔ (۴) می‌توان گفت که نمودار انرژی درونی برحسب دما، برای تمام ۴ فرایند اصلی که در این کتاب مطالعه می‌شود، یکسان است. از آن‌جایی که انرژی درونی وابستگی مستقیم به دمای مطلق گاز دارد، ($U \propto T$) بنابراین نمودار $U - T$ یک خط مستقیم است که از مبدأ عبور می‌کند.

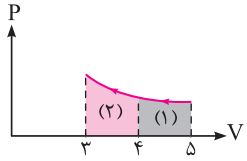


۳۵ **۱** - همان‌طور که مشاهده می‌شود، فرایند تراکم بی‌دررو است، زیرا حجم گاز در حال کاهش است و در تراکم بی‌دررو، دما، فشار و انرژی درونی گاز افزایش می‌یابد.



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

۳۶ **۲** - نمودار زیر، نشان‌دهندهٔ نمودار $P - V$ برای یک گاز در فرایند بی‌دررو است. با توجه به این نمودار، سطح زیر نمودار در قسمت (۲)، بیشتر از قسمت (۱) است. بنابراین با توجه به مثبت بودن کار در حالت تراکم، کار انجام شده بر روی گاز در قسمت (۲)، بیشتر از قسمت (۱) است ($W_2 > W_1$).



از سوی دیگر در فرایند بی‌دررو، گرمای مبادله‌شده برابر صفر است، بنابراین $\Delta U = W$ می‌باشد و داریم:

$$\Delta U = W + Q \xrightarrow[Q=0]{W_2>W_1} \Delta U_2 > \Delta U_1 \quad \text{: فرایند بی‌دررو}$$

۳۷ **۴** - با توجه به مطالبی که تاکنون یاد گرفته‌اید، در فرایند تراکم بی‌دررو، گاز کامل بدون دریافت گرما از محیط کار جذب کرده و انرژی درونی و دمای مطلق گاز افزایش می‌یابد و گزینهٔ (۱) صحیح نمی‌باشد. از طرفی با توجه به این‌که فرایند از نوع تراکم است، حجم گاز کاهش یافته و می‌توان گفت:

$$PV = nRT \Rightarrow T = \frac{P\,V}{nR} \Rightarrow T_2 = k\,T_1$$

(T: افزایش می‌یابد ولی دو برابر نمی‌شود؛ P: دو برابر؛ V: کاهش؛ nR: ثابت؛ $1 < k < 2$)

۳۸ **۱** - فرایند خیلی سریع رخ داده است، پس فرصت جابه‌جایی گرما وجود نداشته و می‌توان آن را بی‌دررو در نظر گرفت. در فرایند بی‌دررو تبادل گرما صفر است، بنابراین داریم:

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

$\Rightarrow W < 0 \Rightarrow W = -50\,J \Rightarrow \Delta U = -50\,J$ گاز منبسط شده است.

انرژی درونی اولیهٔ گاز برابر است با:

$$\Delta U = U_2 - U_1 \Rightarrow -50 = 240 - U_1 \Rightarrow U_1 = 290\,J$$

می‌دانیم که انرژی درونی گاز، تابع دمای مطلق گاز است، پس:

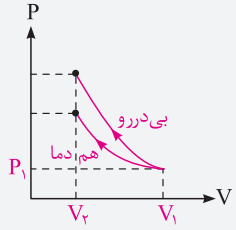
$$U \propto T \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

$$\xrightarrow{T_1 = \theta_1 + 273 = 290\,K} \frac{240}{290} = \frac{T_2}{290} \Rightarrow T_2 = 240\,K$$

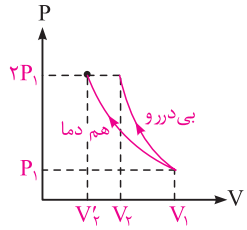
۳۹ **۱** - برای این‌که بتوانیم به این‌گونه سؤالات زیبا و تحلیلی پاسخ دهیم، یک تراکم هم‌دما را درنظر گرفته و فرایند تراکم بی‌دررو را با آن مقایسه می‌کنیم.

حواستون باشه

به ازای یک تراکم حجمی یکسان، افزایش فشار در فرایند بی‌دررو بیشتر از فرایند هم‌دما است. دقت شود که این موضوع خواستهٔ این سؤال نمی‌باشد و صرفاً برای یادآوری آورده شده است.



۱) فرض کنید که در یک فرایند بی‌دررو و یک فرایند هم‌دما، افزایش فشار یکسان باشد و فشار دو برابر شود. در این صورت نمودار دو فرایند مطابق شکل مقابل است و با توجه به شکل داریم:



تحلیل فرایند هم‌دما: می‌خواهیم فشار گاز کامل افزایش یابد $(P_2 = 2P_1)$، در فرایند هم‌دما، فشار با حجم رابطهٔ معکوس دارد و حجم گاز در فرایند هم‌دما نصف می‌شود.

$$\text{فرایند هم‌دما}: \overset{\uparrow}{P}\overset{\downarrow}{V} = \underbrace{nRT}_{\text{ثابت}} \xrightarrow{\text{اگر}} P_2 = 2P_1 \xrightarrow{\text{آن‌گاه}} V'_2 = \frac{1}{2}V_1$$

تحلیل فرایند بی‌دررو: مطابق شکل فوق میزان کاهش حجم در فرایند بی‌دررو کمتر از فرایند هم‌دما بوده و $V'_2 < V_2$ است.

$$\frac{1}{2}V_1 < V_2 < V_1 \Rightarrow \frac{1}{2} < \overbrace{\frac{V_2}{V_1}}^{n} < 1 \Rightarrow \frac{1}{2} < n < 1$$

۲) با توجه به رابطهٔ $PV = nRT$، برای بررسی تغییر دما در فرایند بی‌دررو می‌توان نوشت:

$$PV = nRT \Rightarrow \overbrace{\frac{P_2}{P_1}}^{2} \times \overbrace{\frac{V_2}{V_1}}^{n} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = 2n$$

$$\xrightarrow{\frac{1}{2}<n<1} 1 < \overbrace{\frac{T_2}{T_1}}^{k} < 2 \Rightarrow 1 < k < 2$$

به‌عبارت دیگر می‌توان گفت که در فرایند تراکم بی‌دررو، گاز کامل بدون دریافت گرما از محیط کار جذب کرده و انرژی درونی و دمای مطلق گاز افزایش می‌یابد و گزینهٔ (۳) صحیح نمی‌باشد. از طرفی با توجه به این‌که فرایند از نوع تراکم است، حجم گاز کاهش یافته و می‌توان گفت:

$$PV = nRT \Rightarrow \underbrace{T}_{\substack{\uparrow \\ \text{افزایش می‌یابد، ولی} \\ \text{دو برابر نمی‌شود.}}} = \frac{\overset{\text{۲برابر}}{\overset{\uparrow}{P}}\ \overbrace{V}^{\text{کاهش}}\overset{\downarrow}{}}{\underbrace{nR}_{\text{ثابت}}} \Rightarrow T_2 = \underbrace{k}_{1<k<2}T_1$$

حتماً بخونش

برای مقایسهٔ تغییر حجم می‌توان به‌صورت زیر از تحلیل معادلهٔ حالت به‌جای تحلیل نمودار نیز استفاده کرد:

$$\text{فرایند هم‌دما}: \overset{\text{۲برابر}}{\overset{\uparrow}{P}}\overset{\downarrow}{V} = \underbrace{nR}_{\text{ثابت}}\underbrace{T}_{\text{ثابت}} \xrightarrow{\text{در فرایند هم‌دما}} P_2 = 2P_1$$

$$\Rightarrow V'_2 = \frac{1}{2}V_1$$

$$\begin{cases} \text{درشرایط اولیهٔ فرایند بی‌دررو}: P_1V_1 = nRT_1 \\ \text{در شرایط ثانویهٔ فرایند بی‌دررو}: P_2V_2 = nRT_2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{P_2}{P_1} \times \frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} \xrightarrow{P_2 = 2P_1} 2 \times \frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

$$\xrightarrow[T_2 > T_1]{\text{در تراکم بی‌دررو، دما افزایش می‌یابد.}} V_2 = \frac{V_1}{2} \times \underbrace{\frac{T_2}{T_1}}_{\text{بزرگ‌تر از یک}}$$

$$\Rightarrow V_2 > \frac{V_1}{2} \Rightarrow 1 > \frac{V_2}{V_1} > \frac{1}{2}$$

$\frac{V_2}{V_1} < 1$ است و $V_2 < V_1$ دقت شود که چون گاز متراکم شده است، در نهایت می‌باشد.

۴۰ ـ ۲ ـ در فرایند بی‌دررو (انبساط یا تراکم) $Q = 0$ بوده و تغییر انرژی درونی گاز، برابر کار انجام‌شده بر روی گاز می‌باشد.

$$\Delta U_{\text{بی‌دررو}} = W + \cancel{Q}^{0} \Rightarrow \Delta U_{\text{بی‌دررو}} = W$$

از طرفی در فرایند تراکم هم‌دما، تغییر انرژی درونی گاز صفر بوده و $W > \Delta U = 0$ می‌باشد (W در تراکم مثبت است). با توجه به این توضیحات گزینهٔ (۲) صحیح است.

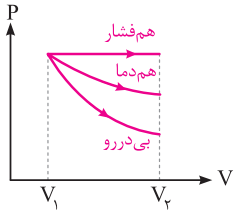
۴۱ ـ ۲ ـ **بررسی گزینه‌ها**

۱ و ۲) اگر گازی در فرایند هم‌دما گرما بگیرد، دما افزایش نمی‌یابد. بنابراین گزینهٔ (۱) نادرست بوده و گزینهٔ (۲) می‌تواند صحیح باشد.

۳) اگر گاز در فرایند هم‌دما گرما بگیرد، انرژی درونی آن تغییر نمی‌کند. بنابراین گزینهٔ (۳) نادرست است.

۴) اگر گاز در فرایند هم‌حجم گرما بگیرد، کار انجام شده از طرف آن بر روی محیط برابر صفر است. بنابراین این گزینه نیز نادرست است.

۴۲ ـ ۴ ـ می‌توانیم برای درک ساده‌تر از نمودار $P - V$ برای این سه فرایند استفاده کنیم.

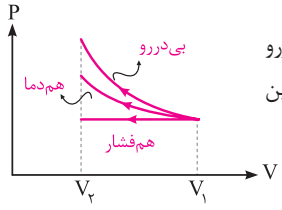


با توجه به نمودار زیر، افت فشار در فرایند **بی‌دررو** بیشتر از فرایند **هم‌دما** است و در فرایند هم‌فشار، افت فشار نداریم.

حواستون باشه

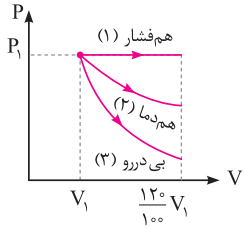
در فرایند هم‌دما با افزایش حجم، فشار و دمای گاز کاهش می‌یابد، ولی با توجه به این‌که در فرایند هم‌دما، گاز با منبع گرما در تماس است، در نتیجه گاز با گرفتن گرما از منبع، دمایش را ثابت نگه می‌دارد. این تبادل گرمایی باعث کم‌تر شدن افت فشار نسبت به فرایند بی‌دررو می‌شود.

۴۳ ۲ برای مقایسهٔ کار انجام‌شده، بهترین روش رسم نمودار $P-V$ و مقایسهٔ سطح زیر نمودار $P-V$ است.



با توجه به شکل زیر، سطح زیر نمودار بی‌دررو بیشتر است، پس کار انجام‌شده روی گاز در این فرایند نسبت به سایر فرایندها بیشتر است.

۴۴ ۱ ابتدا برای درک بهتر مسأله نمودار $P-V$ فرایندهای مورد نظر را به‌صورت زیر رسم می‌کنیم:



در ادامه درستی تک‌تک عبارات را بررسی می‌کنیم:

الف) درست است. با توجه به این‌که فرایند هم‌فشار بالای فرایند هم‌دما قرار گرفته است، در فرایند هم‌فشار، دما افزایش یافته و $\Delta U > ۰$ است. از طرفی دیگر چون حجم گاز زیاد شده است، بنابراین $W < ۰$ است و داریم:

$$\Delta U_۱ = W_۱ + Q_۱ \xrightarrow[\Delta U_۱ > ۰]{W_۱ < ۰} |Q_۱| = |\Delta U_۱| + |W_۱| \quad (۱)$$

از طرف دیگر در فرایند هم‌دما $\Delta U = ۰$ است و داریم:

$$\Delta U_۲ = Q_۲ + W_۲ \xrightarrow{\Delta U = ۰} |Q_۲| = |W_۲| \quad (۲)$$

از طرف دیگر از آنجایی که مساحت زیر نمودار هم‌فشار بیشتر از مساحت زیر نمودار هم‌دما است، نتیجه می‌گیریم که $|W_۱| > |W_۲|$ می‌باشد و داریم:

$$\xrightarrow{(۱),(۲)} |Q_۱| > |Q_۲|$$

ب) نادرست است. در فرایند هم‌دما $\Delta U = ۰$ می‌باشد و Q و W مخالف صفر هستند.

پ) درست است. در فرایند هم‌دما، انرژی درونی ثابت است و چون فرایند بی‌دررو زیر هم‌دما قرار گرفته است، در فرایند بی‌دررو، دما کاهش یافته و انرژی درونی نیز کاهش می‌یابد. در صورتی‌که فرایند هم‌فشار بالای فرایند هم‌دما قرار می‌گیرد و در نتیجه انرژی درونی در فرایند هم‌فشار افزایش می‌یابد. بنابراین فقط در فرایند بی‌دررو انرژی درونی کاهش یافته است.

ت) نادرست است. با توجه به عبارت بالا در فرایند هم‌فشار، $\Delta U > ۰$ است.

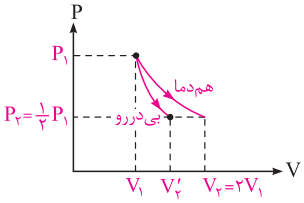
۴۵ ۴ برای پاسخ دادن به این سؤال، به نکات زیر توجه شود:

۱) می‌خواهیم فشار گاز کامل کاهش یابد $\left(P_۲ = \frac{۱}{۲}P_۱\right)$ و می‌دانیم در فرایند هم‌دما، فشار با حجم گاز رابطهٔ معکوس دارد. یعنی باید حجم گاز در فرایند هم‌دما ۲ برابر شود.

فرایند هم‌دما: $PV = \underbrace{nRT}_{\text{ثابت}} \xrightarrow{\text{اگر}} P_۲ = \frac{۱}{۲}P_۱ \xrightarrow{\text{آن‌گاه}} V_۲ = ۲V_۱$

۲) اگر دستگاه در هر دو فرایند به یک اندازه منبسط شود، بدیهی است که کاهش فشار در هر دو فرایند نمی‌تواند یکسان باشد، $(|\Delta P_{\text{هم‌دما}}| > |\Delta P_{\text{بی‌دررو}}|)$، اما مطابق صورت سؤال فشار در هر دو فرایند به یک اندازه کاهش یافته $\left[P_۲ = \frac{۱}{۲}P_۱\right]$ و نصف شده است، بنابراین میزان افزایش حجم در فرایند بی‌دررو کم‌تر می‌باشد.

یعنی از روی نمودار زیر، به سادگی می‌توان فهمید که $V'_۲ < V_۲$ است. به بیان دیگر می‌توان گفت در انبساط بی‌دررو با میزان انبساط کم‌تری، فشار گاز نصف می‌شود، زیرا در فرایند بی‌دررو دستگاه نمی‌تواند از محیط گرما جذب کند و آهنگ کاهش فشار در آن شدیدتر است.



خواستون باشه

با تحلیل معادلهٔ حالت گاز کامل هم خیلی باحال میشه به این سؤال، جواب داد ...

$$\underset{\text{نصف}}{P} \downarrow \quad \underset{\text{دو برابر}}{V} \uparrow \quad = \underbrace{nR}_{\text{ثابت}} \underbrace{T}_{\text{ثابت}} \xrightarrow{\text{فرایند هم‌دما}} P_۲ = \frac{۱}{۲}P_۱ \Rightarrow V_۲ = ۲V_۱$$

$$\begin{cases} \text{در شرایط اولیه فرایند بی‌دررو}: P_۱V_۱ = nRT_۱ \\ \text{در شرایط ثانویه فرایند بی‌دررو}: P_۲V_۲ = nRT_۲ \end{cases} \Rightarrow \frac{P_۲}{P_۱} \times \frac{V_۲}{V_۱} = \frac{T_۲}{T_۱}$$

$$\xrightarrow{P_۲ = \frac{۱}{۲}P_۱} \frac{۱}{۲} \times \frac{V'_۲}{V_۱} = \frac{T_۲}{T_۱}$$

$$\xrightarrow[T_۲ < T_۱]{\text{در انبساط بی‌دررو دما کاهش می‌یابد.}} V'_۲ = ۲V_۱ \times \underbrace{\frac{T_۲}{T_۱}}_{\text{کوچک‌تر از یک}} \Rightarrow V'_۲ < ۲V_۱$$

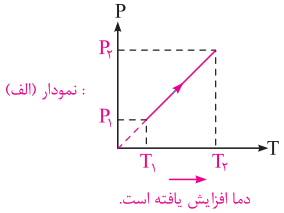
۴۶ ۱ با توجه به سؤال قبل می‌دانیم که:

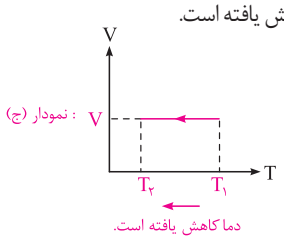
۱) در یک انبساط هم‌دما، برای نصف شدن فشار، حجم گاز باید ۲ برابر شود.

۲) در یک انبساط بی‌دررو، برای نصف شدن فشار، حجم گاز کمتر از ۲ برابر باید افزایش یابد.

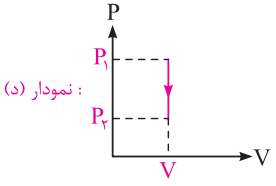
بنابراین اگر پیستون شمارهٔ (۲)، به سمت بالا حرکت کند تا فشار گاز در فرایند بی‌دررو نصف شود، جابه‌جایی آن قطعاً کم‌تر از ۱۰ سانتی‌متر (میزان جابه‌جایی در فرایند هم‌دما) می‌باشد.

۴۷ ۱ سه نمودار (الف)، (ج) و (د) مربوط به فرایند هم‌حجم می‌باشند (در نمودار (ب) فرایند هم‌فشار می‌باشد). در نمودار (الف) دما افزایش یافته و در نمودار (ج) دما کاهش یافته است.





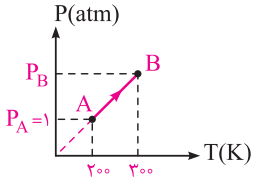
حال برای بررسی نحوهٔ تغییرات دما در نمودار (د) با توجه به کاهش یافتن فشار و ثابت بودن حجم، می‌توان گفت که دما کاهش یافته است.



$$\underset{\text{ثابت}}{PV} = \underbrace{nR}_{\text{ثابت}} T \Rightarrow \text{دما } (T) \text{ کاهش یافته است.}$$

بنابراین دو نمودار (ج) و (د) فرایندی هم‌حجم را نشان می‌دهند که دما در آن کاهش می‌یابد و می‌توانند معادل یکدیگر و مربوط به یک فرایند باشند.

۴۸ - ۴ - نمودار داده شده مربوط به یک فرایند هم‌حجم است (چرا؟). بنابراین با مقایسهٔ معادلهٔ حالت گاز کامل در نقاط A و B به‌راحتی می‌توان نوشت:



$$\text{فرایند هم‌حجم} \Rightarrow \frac{P_B}{T_B}=\frac{P_A}{T_A} \Rightarrow \frac{P_B}{۳۰۰}=\frac{۱}{۲۰۰}$$

$$\Rightarrow P_B = ۱/۵\,atm = ۱/۵\times۱۰^۵\,Pa$$

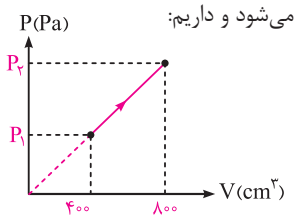
با توجه به ثابت بودن حجم گاز، کاری توسط گاز بر روی محیط انجام نمی‌شود.

$$\xrightarrow{\text{فرایند هم‌حجم}} W=۰ \Rightarrow W'=۰$$

حواستون باشه

در فرایند هم‌حجم، نمودار P – T به‌صورت یک خط راست گذرنده از مبدأ می‌باشد.

۴۹ - ۴ - **گام اول:** با توجه به اینکه امتداد نمودار رسم شده از مبدأ می‌گذرد، با دو برابر شدن حجم گاز، فشار گاز نیز دو برابر می‌شود و داریم:



$$\frac{P_۲}{P_۱}=\frac{V_۲}{V_۱}=\frac{۸۰۰}{۴۰۰}=۲$$

$$\Rightarrow P_۲ = ۲P_۱$$

گام دوم: با نوشتن یک تناسب ساده دمای گاز را در حالت (۲) به‌دست می‌آوریم:

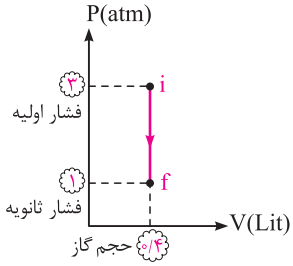
$$\frac{P_۱V_۱}{T_۱}=\frac{P_۲V_۲}{T_۲}$$

$$\xrightarrow{P_۲=۲P_۱} \frac{P_۱(۴۰۰)}{(۲۷۳-۲۳)}=\frac{۲P_۱(۸۰۰)}{T_۲} \Rightarrow T_۲=۱۰۰۰K=۷۲۷^\circ C$$

۵۰ - ۴ - برای پاسخ دادن به این سؤال، به موارد زیر توجه کنید:

۱) در ابتدا باید دقت شود که این گاز رقیق بوده و فرایندی هم‌حجم توسط آن انجام شده است.

۲) با توجه به ثابت بودن حجم و کم شدن فشار، حاصلضرب PV کاهش یافته و دمای گاز مرتباً کاهش می‌یابد.



۳) با توجه به هم‌حجم بودن فرایند، $W=۰$ بوده و از سوی دیگر چگالی گاز در طی فرایند ثابت می‌ماند.

$$\rho_{\text{ثابت}}=\frac{m_{\text{ثابت}}}{V_{\text{ثابت}}}$$

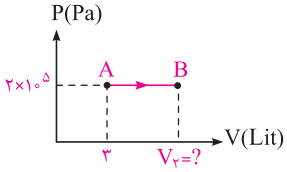
۴) در طی این فرایند، دمای گاز کاهش یافته و انرژی درونی آن نیز کاهش می‌یابد و این موضوع یعنی گاز گرما از دست می‌دهد. نسبت انرژی درونی در f به i برابر است با:

$$\frac{U_f}{U_i}=\frac{P_fV_f}{P_iV_i}=\frac{۱\times۰/۴}{۳\times۰/۴}=\frac{۱}{۳}$$

بنابراین گزینهٔ (۴) نادرست است.

۵۱ - ۲ - با توجه به نمودار داده شده، دستگاه در حال انبساط است. بدیهی است در این فرایند دستگاه گرما می‌گیرد و انرژی درونی آن افزایش می‌یابد. بنابراین می‌توان نوشت:

$$\Delta U = Q + W \Rightarrow ۶۰۰ = ۱۰۰۰ + W \Rightarrow W = -۴۰۰J$$



حال با توجه به رابطهٔ زیر می‌توان نوشت:

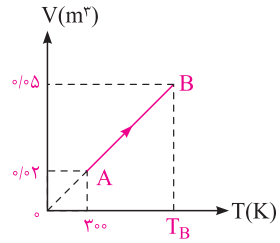
$$W=-P\Delta V$$

$$\xrightarrow[\text{(به نمودار توجه شود)}]{P=۲\times۱۰^۵\,Pa} -۴۰۰=-۲\times۱۰^۵\times\Delta V$$

$$\Rightarrow \Delta V = ۲\times۱۰^{-۳}\,m^۳ = ۲\,Lit$$

$$\Rightarrow V_۲ - V_۱ = ۲ \Rightarrow V_۲ - ۳ = ۲ \Rightarrow V_۲ = ۵Lit$$

۵۲ - ۲ - ابتدا باید با استفاده از رابطهٔ $\frac{P_AV_A}{T_A}=\frac{P_BV_B}{T_B}$، دمای گاز را در نقطهٔ B به‌دست آوریم. چون نمودار حجم بر حسب دما به‌صورت یک خط راست گذرنده از مبدأ با شیب ثابت است، پس فرایند AB هم‌فشار می‌باشد و می‌توان نوشت:



$$\xrightarrow[\text{ثابت}]{P}V=\xrightarrow[\text{ثابت}]{nR}T \rightarrow \frac{V_A}{T_A}=\frac{V_B}{T_B} \rightarrow \frac{۲\times۱۰^{-۲}}{۳۰۰}=\frac{۵\times۱۰^{-۲}}{T_B}$$

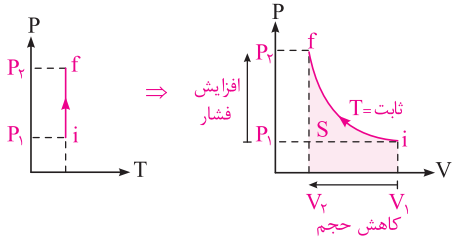
$$\rightarrow T_B = ۷۵۰K \rightarrow \Delta T_{AB} = T_B - T_A = ۷۵۰ - ۳۰۰ = ۴۵۰K$$

از طرفی کار انجام شده بر روی گاز نیز به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$W=-P\Delta V=-nR\Delta T=-\left(\frac{۱}{۲}\right)\times۸\times(۴۵۰)=-۱۸۰۰J$$

۵۳ - ۳ - برای پاسخ دادن به این سؤال، مراحل زیر را دنبال می‌کنیم:

۱) نمودار داده شده در صورت سؤال، نمودار P – T می‌باشد. با توجه به این نمودار مشخص است که در این فرایند دمای گاز ثابت بوده و فشار گاز افزایش یافته است. نمودار P – V متناظر با نمودار داده شده به‌صورت زیر می‌باشد. نمودار P – V زیر به سادگی نشان می‌دهد که فرایند هم‌دما می‌باشد و در طی فرایند، فشار گاز در حال افزایش است $(P_۲ > P_۱)$، پس باید گفت که حجم گاز دائماً در حال کاهش است و در نتیجه یک تراکم هم‌دما رخ داده است $(W > ۰)$.



۲) منظور از کار انجام‌شده روی گاز همان کار محیط روی گاز است و داریم:

قانون اول ترمودینامیک: $\Delta U = Q + W \xrightarrow[T_1=T_2]{\Delta U=0} 0 = Q + W$

$$\Rightarrow Q = -W \xrightarrow{W>0} Q < 0 \Rightarrow \begin{cases} W > 0 \\ Q < 0 \end{cases} \Rightarrow Q < 0 < W$$

حواستون باشه

با توجه به معادلهٔ حالت گاز کامل نیز مشخص است که در این فرایند هم‌دما، با افزایش فشار، حجم گاز کاهش یافته و فرایند به‌صورت تراکمی می‌باشد.

$$PV = \underbrace{nRT}_{\text{ثابت}} \Rightarrow V \propto \frac{1}{P}$$

بنابراین در دمای ثابت، با افزایش فشار گاز، حجم آن کاهش می‌یابد.

۵۴) ۳) در تراکم بی‌دررو، گرمای مبادله‌شده صفر بوده و کار انجام شده بر روی گاز مثبت است. بنابراین انرژی درونی و دمای گاز افزایش می‌یابد.

تراکم بی‌دررو: $\Delta U = \overset{0}{\cancel{Q}} + W \xrightarrow{W>0} \Delta U > 0 \Rightarrow \Delta T > 0$

با توجه به این‌که در این فرایند دمای گاز افزایش یافته است، می‌توان نوشت:

$$T_b > T_a \xrightarrow{T \propto PV} P_b V_b > P_a V_a \Rightarrow 3P_1 V_2 > P_1 V_1 \Rightarrow V_2 > \frac{1}{3} V_1$$

۵۵) ۱) در یک فرایند بی‌دررو، گرمای مبادله‌شده برابر صفر بوده $(Q = 0)$ و در نتیجه تغییرات انرژی درونی برابر کار انجام‌شده بر روی گاز است $(\Delta U = W)$.

در این سؤال، حجم گاز کاهش یافته است (فرایند تراکمی)، بنابراین $W > 0$ است.

$$\Delta U = W \xrightarrow[\text{تراکم}]{W>0} \Delta U > 0 \xrightarrow{\Delta U \propto \Delta T} \Delta T > 0$$

بنابراین عبارت‌های (الف) و (ث) صحیح هستند.

۵۶) ۱) فقط عبارت «الف» درست است. طی این فرایند، دمای گاز افزایش یافته است، بنابراین انرژی درونی گاز افزایش یافته است.

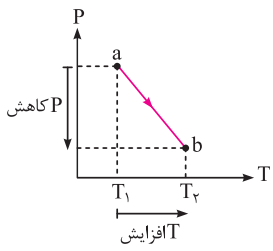
بررسی موارد نادرست

ب) با توجه به افزایش دما، تغییرات انرژی درونی گاز، مثبت است.

ج) با توجه به این‌که حجم گاز تغییر کرده، بنابراین روی گاز، کار نیز انجام شده است، بنابراین تغییرات انرژی درونی گاز، برابر با مجموع گرمای مبادله‌شده و کار انجام‌شده روی گاز است.

د) در یک فرایند هم‌فشار، امتداد نمودار $V - T$ از مبدأ می‌گذرد.

۵۷) ۱) با توجه به نمودار مقابل در طی فرایند ab، فشار گاز کاهش و دمای آن افزایش یافته است و در نتیجه طبق معادلهٔ حالت برای گاز کامل، حجم گاز باید افزایش یابد.



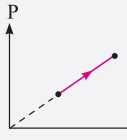
$$PV = nRT \Rightarrow V = \frac{nR\uparrow T\uparrow}{\downarrow P}$$

حواستون باشه

در تحلیل نمودار مطرح‌شده در این سؤال، به موارد زیر توجه کنید:

۱) با توجه به این‌که حجم گاز در طی فرایند افزایش یافته است، فرایند از نوع انبساط بوده است و کار انجام شده بر روی گاز از طرف محیط، منفی است.

۲) با توجه به این‌که دمای گاز در طی فرایند افزایش یافته است، انرژی درونی گاز در حال افزایش است.



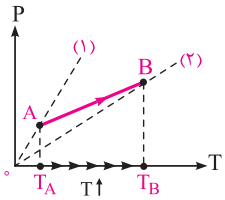
(نمودار P - T در فرایند هم‌حجم)

۳) این فرایند هم‌حجم نیست. در فرایند هم‌حجم نمودار $P - T$ به‌صورت خط راست عبور کننده از مبدأ می‌باشد.

۴) با توجه به این‌که انرژی درونی گاز افزایش یافته است $(\Delta U > 0)$ ولی گاز در طی فرایند بر روی محیط کار انجام داده است $(W < 0)$، بنابراین باید گاز در طی این فرایند گرما بگیرد.

۵۸) ۳) ابتدا باید دقت شود که در این سؤال با کمک معادلهٔ حالت گاز کامل $PV = nRT$، نمی‌توان به سادگی در مورد تغییرات V اظهارنظر کرد (چرا؟)، در این گونه از مسائل از منحنی‌های هم‌حجم که خطوطی با شیب ثابت و گذرنده از مبدأ هستند، برای بررسی تغییر حجم کمک می‌گیریم.

نقطهٔ A روی نمودار فرایند هم‌حجم (۱) و نقطهٔ B روی نمودار فرایند هم‌حجم (۲) قرار داشته و با توجه به این‌که $V_2 > V_1$ است (چرا؟)، حجم گاز از A تا B افزایش یافته (فرایند انبساط است) و کار انجام شده توسط گاز بر روی محیط مثبت است $(W' > 0)$. از طرفی دمای گاز نیز در طی فرایند AB افزایش یافته و در نتیجه انرژی درونی نیز در حال افزایش است. در طی این فرایند، گاز گرما دریافت کرده است.



(انبساط) $V_B > V_A \Rightarrow \Delta V > 0 \Rightarrow W' > 0$

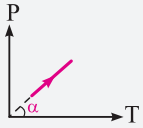
$W < 0$ و $\Delta U = Q + W \Rightarrow Q = \Delta U - W$

$W < 0$ و $\Delta U > 0 \Rightarrow Q > 0$

(گاز گرما دریافت کرده است.)

حواستون باشه

در نمودار فشار برحسب دما، در صورتی‌که نمودار خطی بوده و از مبدأ عبور کند، فرایند هم‌حجم است. در این حالت شیب نمودار با حجم گاز رابطهٔ عکس دارد (یعنی هرچه شیب نمودار کم‌تر باشد، حجم بیشتر است).



$$\text{شیب نمودار} = \frac{nR}{V}$$

۵۹) ۱) ابتدا تغییرات انرژی درونی گاز را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta U = U_B - U_A = 720 - 350 = 370\,J$$

چون نمودار $P - V$ است، مساحت محصور زیر نمودار برابر کار است:

$$S_{\text{ذوزنقه}} = \frac{(6+5)\times 10^5 \times (3-1)\times 10^{-3}}{2} = 1100\,J$$

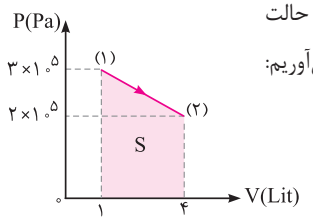
$$\Rightarrow W = -1100\,J$$

طبق قانون اول ترمودینامیک داریم؛

$$\Delta U = Q + W \Rightarrow ۳۷۰ = Q - ۱۱۰۰ \Rightarrow Q = ۱۴۷۰ J$$

چون $Q > ۰$ است، یعنی گاز گرما گرفته است.

۶۰ ۲ **گام اول:** نسبت دمای گاز در حالت (۲) به دمای گاز در حالت (۱) را به دست می‌آوریم:



$$PV = nRT$$

$$\Rightarrow \frac{T_۲}{T_۱} = \frac{P_۲V_۲}{P_۱V_۱} = \frac{۸}{۳}$$

گام دوم: همان‌طور که می‌دانید انرژی درونی یک گاز کامل فقط تابع دمای مطلق گاز است. بنابراین داریم:

$$\frac{U_۲}{U_۱} = \frac{T_۲}{T_۱} \Rightarrow \frac{U_۲}{۷۵۰} = \frac{۸}{۳} \Rightarrow U_۲ = ۲۰۰۰ J$$

$$\Delta U = U_۲ - U_۱ = ۲۰۰۰ - ۷۵۰ = ۱۲۵۰ J$$

گام سوم: به کمک مساحت زیر نمودار کار انجام شده توسط محیط بر روی گاز را به دست می‌آوریم:

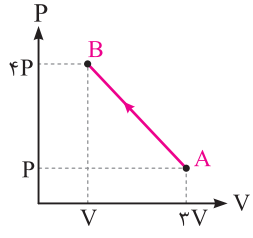
$$|W| = S = \frac{(۲\times۱۰^۵ + ۳\times۱۰^۵)\times ۳\times۱۰^{-۳}}{۲} = ۷۵۰ J$$

$$\xrightarrow{\text{گاز منبسط شده است}} W = -۷۵۰ J$$

گام چهارم: در آخر کار با استفاده از قانون اول ترمودینامیک داریم:

$$\Delta U = Q + W \Rightarrow ۱۲۵۰ = Q + (-۷۵۰) \Rightarrow Q = ۲۰۰۰ J$$

۶۱ ۱ می‌دانیم طبق معادلهٔ حالت گاز کامل، دمای گاز با حاصل‌ضرب PV متناسب است. چون حاصل‌ضرب فشار در حجم در نقطهٔ B بیشتر از نقطهٔ A است، بنابراین دمای گاز نقطهٔ B بیشتر از دمای گاز نقطهٔ A است.



$$\begin{cases} P_B V_B = ۴P \times V = ۴PV \\ P_A V_A = P \times ۳V = ۳PV \end{cases}$$

$$\Rightarrow P_B V_B > P_A V_A$$

$$\xrightarrow{PV = nRT} T_B > T_A$$

از آن‌جا که $U \propto T$ است، پس در فرایند AB دمای گاز و در نتیجه انرژی درونی آن افزایش یافته است.

$$\Delta U_{AB} = U_B - U_A \xrightarrow{U_B > U_A} \Delta U_{AB} > ۰$$

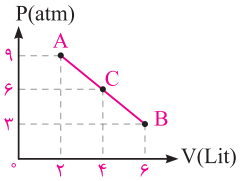
از طرفی چون فرایند AB نشان‌دهندهٔ تراکم است، کار انجام‌شده روی گاز در این فرایند، مثبت است.

۶۲ ۳ با توجه به قانون گازهای کامل $(PV = nRT)$، دمای گاز در دو نقطهٔ A و B را به دست می‌آوریم:

$$T_A = \frac{P_A V_A}{nR} = \frac{۹\times۱۰^۵ \times ۲\times۱۰^{-۳}}{\frac{۱}{۲}\times ۸} = ۴۵۰ K$$

$$T_B = \frac{P_B V_B}{nR} = \frac{۳\times۱۰^۵ \times ۶\times۱۰^{-۳}}{\frac{۱}{۲}\times ۸} = ۴۵۰ K$$

دقت کنید که چون $T_A = T_B$ شده است، نمی‌توان نتیجه گرفت که فرایند AB هم‌دما است، چون نمودار $P-V$ برای فرایند هم‌دما باید به صورت منحنی رسم شود نه خط راست. اگر وسط پاره‌خط AB را نقطهٔ C بنامیم، بیشینهٔ دما در این نقطه است.

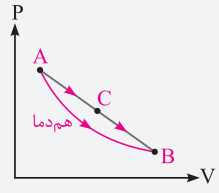


$$T_C = \frac{P_C V_C}{nR} = \frac{۶\times۱۰^۵ \times ۴\times۱۰^{-۳}}{\frac{۱}{۲}\times ۸} = ۶۰۰ K$$

در نتیجه دمای گاز ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

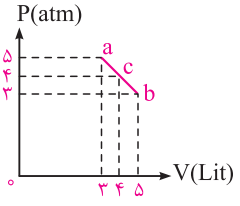
حتماً بخونش

اگر در نمودار $P-V$، بین دو نقطهٔ هم‌دما مانند A و B یک بار نمودار فرایند هم‌دما و بار دیگر یک نمودار خطی رسم کنیم به شکل زیر می‌رسیم:



در نمودار هم‌دما، حاصل‌ضرب فشار در حجم گاز ثابت است $(P_A V_A = P_B V_B)$. نقطهٔ C بالاتر از نمودار هم‌دما قرار گرفته است، بنابراین حاصل‌ضرب فشار در حجم گاز در نقطهٔ C بیشتر از نقاط A و B است، بنابراین دمای گاز در نقطهٔ C بیشتر از نقاط A و B است. به عبارت دیگر، از A تا C، دمای گاز زیاد می‌شود و از C تا B دمای گاز کم می‌شود.

۶۳ ۳ با توجه به سؤال قبل، در این شکل خاص که حاصل‌ضرب $P_a V_a$ با حاصل‌ضرب $P_b V_b$ برابر است، دما از a تا c (وسط پاره‌خط) افزایش یافته و سپس از c تا b کاهش می‌یابد، بنابراین کم‌ترین دمای گاز در نقاط a و b و هم‌چنین بیشترین دمای گاز در نقطهٔ c است.



$$PV = nRT \Rightarrow T = \frac{PV}{nR}$$

$$\begin{cases} T_a = \frac{P_a V_a}{nR} = \frac{۵\times۳\times۱۰^۲}{۱\times۸} = ۱۸۷/۵ K \\ T_b = \frac{P_b V_b}{nR} = \frac{۳\times۵\times۱۰^۲}{۱\times۸} = ۱۸۷/۵ K \end{cases} \Rightarrow T_a = T_b = T_{min} = ۱۸۷/۵ K$$

$$T_{max} = T_c = \frac{P_c V_c}{nR} = \frac{(\frac{۵+۳}{۲})\times(\frac{۵+۳}{۲})\times۱۰^۲}{۱\times۸} = ۲۰۰ K$$

۶۴ ۱ طبق معادلهٔ حالت یک گاز کامل $(PV = nRT)$، برای مقدار معینی از یک گاز داریم:

$$T = \frac{PV}{nR} \Rightarrow (PV)_{max} \rightarrow T_{max}$$

اگر دمای گاز بخواهد بیشینه باشد، باید حاصل‌ضرب فشار در حجم بیشینه باشد. ابتدا معادلهٔ خط فرایند موردنظر را می‌نویسیم:

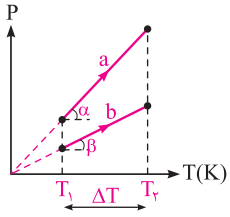
$$P = -\frac{۱}{۲۰}V + \frac{۵}{۲} \xrightarrow[\text{ضرب می‌کنیم.}]{\text{دو طرف را در } V} PV = V(-\frac{۱}{۲۰}V + \frac{۵}{۲})$$

$$\Rightarrow PV = -\frac{۱}{۲۰}V^۲ + \frac{۵}{۲}V$$

معادلهٔ مذکور یک تابع درجهٔ دو برحسب حجم گاز است. می‌دانیم مقدار ماکزیمم این تابع به ازای مقدار $\frac{-b}{2a}$ به دست می‌آید، بنابراین:

$$V=\frac{-b}{2a}=\frac{-\frac{5}{2}}{2(-\frac{1}{20})}=25\,Lit$$

۶۵ ۲ با توجه به نمودار زیر، برای پاسخ به این سؤال، به موارد زیر توجه کنید:



۱) نمودار $P-T$ در هر دو فرایند خطی عبوری از مبدأ بوده و در نتیجه فرایندها هم‌حجم است.

۲) شیب نمودارهای رسم‌شده برابر $\frac{nR}{V}$ است. با توجه به این‌که شیب نمودار a از b بیشتر است، داریم:

$$\tan\alpha>\tan\beta\Rightarrow\frac{nR}{V_a}>\frac{nR}{V_b}\Rightarrow\frac{1}{V_a}>\frac{1}{V_b}\Rightarrow V_a<V_b$$

۳) در مقایسهٔ تغییر انرژی درونی در دو فرایند، با توجه به این‌که در هر دو فرایند دمای گاز از T_1 به T_2 رسیده است:

$$U\propto nT\xrightarrow[n\text{ یکسان است.}]{\Delta T\text{ یکسان است.}}\Delta U_a=\Delta U_b$$

۴) با توجه به این‌که هر دو فرایند هم‌حجم هستند، در هر دو فرایند کار انجام‌شده توسط گاز بر روی محیط صفر است.

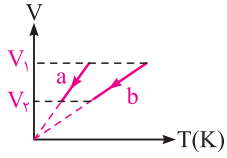
$$W'=P\Delta V\xrightarrow{\Delta V=0}W'=0$$

۵) با توجه به یکسان بودن ΔU و صفر بودن W، بر طبق قانون اول ترمودینامیک، گرمای داده شده به هر دو گاز یکسان است.

$$\Delta U=Q+\overset{0}{W}\Rightarrow\Delta U=Q\xrightarrow{\Delta U_a=\Delta U_b}Q_a=Q_b$$

(در فرایند هم‌حجم کار صفر است.)

۶۶ ۲ هر دو فرایند a و b به‌صورت هم‌فشار می‌باشد (چرا؟). از طرفی در فرایند هم‌فشار، شیب نمودار $V-T$ متناسب با عکس فشار گاز می‌باشد. بنابراین چون شیب نمودار فرایند b کم‌تر از a است، بنابراین فشار در فرایند b بیشتر است.



$$PV=nRT\Rightarrow V=\underbrace{\frac{nR}{P}}_{\text{شیب نمودار}}T$$

$$a\text{ شیب نمودار}>b\text{ شیب نمودار}\Rightarrow\frac{nR}{P_a}>\frac{nR}{P_b}\Rightarrow\frac{1}{P_a}>\frac{1}{P_b}\Rightarrow P_a<P_b$$

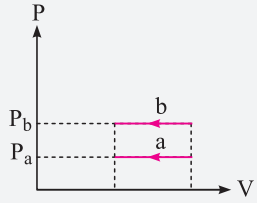
از طرفی در فرایند هم‌فشار مقدار کار انجام‌شده بر روی گاز برابر $|W|=|P\Delta V|$ می‌باشد و چون تغییر حجم گاز در دو فرایند یکسان است، بنابراین کار انجام‌شده بر روی گاز در فرایند b بیشتر است (دقت کنید در تراکم $W>0$ است).

$$|W|=|P\Delta V|\xrightarrow[P_b>P_a]{\Delta V_a=\Delta V_b}|W_b|>|W_a|\xrightarrow[W>0]{\text{تراکم}}W_b>W_a$$

مواستون باشه

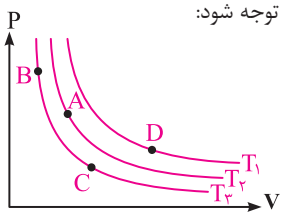
نمودار $P-V$ برای این دو فرایند مطابق شکل مقابل است (چرا؟).

با توجه به این نمودار، مشخص است که مساحت زیر نمودار b بیشتر از مساحت زیر نمودار a است.



$$S_b>S_a\Rightarrow W_b>W_a$$

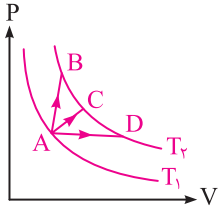
۶۷ ۱ برای درک این سؤال، به موارد زیر توجه شود:



۱) انرژی درونی مقدار معینی گاز کامل، تابعی است از دمای مطلق گاز. پس نقطه‌ای که دما در آن‌جا بیشتر است، انرژی درونی بیشتری دارد.

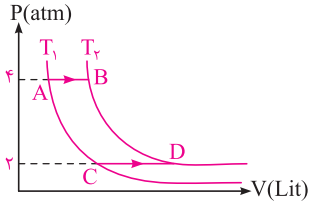
۲) در نمودارهای هموگرافیک با معادلهٔ $y=\frac{k}{x}$ (در این‌جا $P=\frac{k}{V}$) با افزایش مقدار k، صورت کسر بزرگ‌تر شده و نمودار آن در صفحهٔ مختصات $(P-V)$ بالاتر (دورتر از مبدأ) قرار می‌گیرد. بنابراین در نمودار مقابل به راحتی می‌توان دریافت $T_1>T_2>T_3$ است و در نتیجه $U_D>U_A>U_B=U_C$ می‌باشد. دقت شود که نقاط B و C بر روی یک منحنی هم‌دما قرار گرفته‌اند و دمای یکسانی دارند.

۶۸ ۴ در هر سه فرایند AB، AC و AD، دمای مقدار معینی از یک گاز کامل، از T_1 به T_2 تغییر نموده است، بنابراین تغییر انرژی درونی در هر سه فرایند یکسان است.



$$\Delta U_{AB}=\Delta U_{AC}=\Delta U_{AD}$$

۶۹ ۲ با توجه به نمودار نشان داده شده، در هر دو فرایند هم‌فشار AB و CD، دمای گاز از T_1 به T_2 رسیده است، بنابراین کار انجام شده در دو فرایند یکسان است.



$$W=-nR\Delta T\xrightarrow[\text{فرایند یکسان است.}]{n\text{ و }\Delta T\text{ در هر دو}}W_{AB}=W_{CD}$$

از سوی دیگر کار در دو فرایند از رابطهٔ $W = -P\Delta V$ نیز محاسبه می‌شود و در مقایسهٔ ΔV در دو فرایند داریم:

$$W_{AB} = W_{CD} \Rightarrow -P_{AB} \times \Delta V_{AB} = -P_{CD} \times \Delta V_{CD}$$

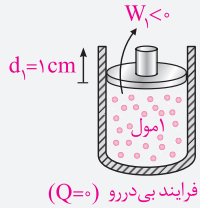
$$\xrightarrow[P_{CD}=۲atm]{P_{AB}=۴atm} ۴ \times \Delta V_{AB} = ۲ \times \Delta V_{CD}$$

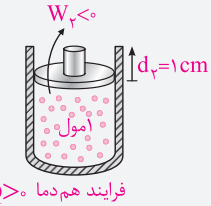
$$\Rightarrow \Delta V_{CD} = ۲\Delta V_{AB} \Rightarrow \frac{\Delta V_{CD}}{\Delta V_{AB}} = ۲$$

۷۰ ۳

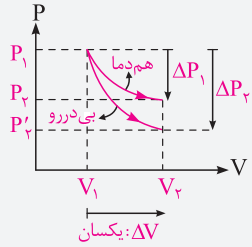
حتماً بخونش

تصور کنید یک مول از یک گاز کامل در شرایط کاملاً مشابه طی فرایندهای بی‌دررو و هم‌دما، به یک اندازه منبسط شوند. بدیهی است، انبساط یعنی افزایش حجم که معمولاً با کاهش فشار همراه است (به جز در فرایند هم‌فشار)، اما میزان افت فشار در فرایند بی‌دررو شدیدتر است، زیرا در هنگام انبساط در این فرایند، دستگاه هیچ گرمایی را جذب نمی‌کند.





در انبساط هم‌دما، چون در هنگام انبساط دستگاه مقداری گرما جذب می‌کند، جلوی افت شدید فشار تا حدی گرفته می‌شود. به نمودارهای مقابل توجه کنید:

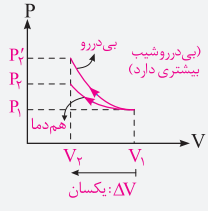


$$|\Delta P_۲| > |\Delta P_۱| \Rightarrow P'_{۲_{\text{بی‌دررو}}} < P_{۲_{\text{هم‌دما}}}$$

تذکر ۱: مقدار فشار گاز در پایان فرایند بی‌دررو $(P'_۲)$ کوچک‌تر از مقدار فشار گاز در پایان فرایند هم‌دما $(P_۲)$ است.

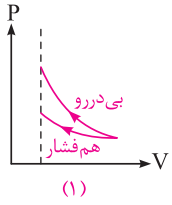
تذکر ۲: اندازهٔ شیب نمودار $(P - V)$ در فرایند بی‌دررو، بیشتر از اندازهٔ شیب نمودار متناظر در فرایند هم‌دماست.

تذکر ۳: اگر گاز در طی دو فرایند به یک اندازه متراکم شود، نمودار $P - V$ برای آن‌ها مطابق شکل مقابل است:

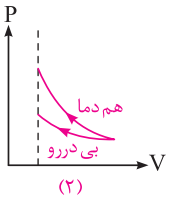


با توجه به نکات بالا، هر یک از نمودارها را بررسی می‌کنیم:

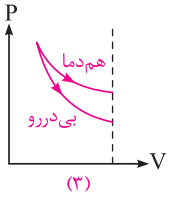
۱) در این شکل، فرایند هم‌فشار درست نشان داده نشده است، زیرا نمودار آن باید یک خط صاف باشد.



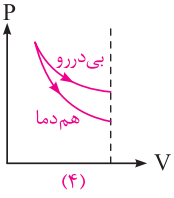
۲) در این شکل، باید اندازهٔ شیب نمودار بی‌دررو بیشتر از شیب نمودار هم‌دما باشد که چنین نیست.



۳) در این شکل، هر دو فرایند انبساطی هستند و در انبساط بی‌دررو مقدار کاهش فشار و شیب نمودار شدیدتر است. بنابراین این گزینه صحیح است.



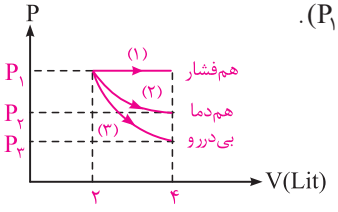
۴) در این شکل، اندازهٔ شیب نمودار هم‌دما نمی‌تواند بیشتر از بی‌دررو باشد.



۷۱ ۳ برای پاسخ دادن به این سؤال، به نکات زیر توجه کنید:

۱) در صورت سؤال کار **گاز روی محیط** پرسیده شده است، یعنی هدف مقایسهٔ کار دستگاه می‌باشد. می‌دانیم در انبساط کار محیط منفی $(W < ۰)$ و کار انجام شده توسط گاز مثبت است $(W' > ۰)$.

۲) در فرایندهای هم‌دما و بی‌دررو با افزایش حجم، فشار گاز کاهش یافته و افت فشار در فرایند بی‌دررو از هم‌دما بیشتر است. از سوی دیگر در فرایند هم‌فشار، فشار گاز در طی فرایند ثابت می‌ماند. بنابراین با توجه به نمودار فشار نهایی بی‌دررو از دو فرایند دیگر کم‌تر است $(P_۱ > P_۲ > P_۳)$.



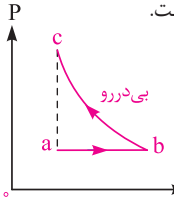
۳) سطح زیر نمودار $P - V$ مقدار کار را مشخص می‌کند و چون سطح زیر نمودار هم‌فشار با محور افقی بزرگ‌تر است، به سادگی مشخص می‌شود که در این فرایند کار انجام شده توسط گاز بر روی محیط بیشتر است. بنابراین $W'_۱ > W'_۲ > W'_۳$ است و گزینهٔ (۳) صحیح می‌باشد.

۷۲ ۲ علامت‌های W، ΔU و Q را به صورت جداگانه بررسی می‌کنیم:

بررسی علامت W: سطح زیر نمودار bc، بیشتر از سطح زیر نمودار ab است. بنابراین اندازهٔ کار انجام‌شده بر روی گاز در فرایند bc بیشتر از ab است.

$$|W_{bc}| > |W_{ab}|$$

$$W_{abc} = W_{ab} + W_{bc} \xrightarrow[W_{ab}<۰\ (\text{انبساط})]{W_{bc}>۰\ (\text{تراکم})} W_{abc} > ۰$$

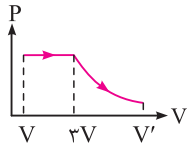


بررسی علامت **ΔU**: حاصل‌ضرب PV در نقطهٔ c، بیشتر از نقطهٔ a است (چرا؟). از طرفی می‌دانیم انرژی درونی یک گاز کامل، متناسب با حاصل‌ضرب PV است. بنابراین انرژی درونی گاز در نقطهٔ c بیشتر از a بوده و در نتیجه $\Delta U > ۰$ است.

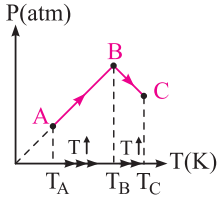
بررسی علامت Q: گاز در فرایند هم‌فشار ab، با گرفتن گرما منبسط شده است. از طرفی در فرایند بی‌دررو bc، گرمای مبادله‌شده برابر صفر است. بنابراین می‌توان نوشت:

$$Q_{abc} = Q_{ab} + \overset{\circ}{Q_{bc}} \xrightarrow{Q_{ab}>\circ} Q_{abc} > \circ$$

۷۳ ـ **۳** ـ در مرحلهٔ اول در یک فرایند هم‌فشار، حجم گاز سه برابر شده است و دمای گاز نیز ۳ برابر شده است. در مرحلهٔ بعد اگر بخواهیم با یک فرایند بی‌دررو، دمای گاز به مقدار اولیه برگردد (دما $\frac{۱}{۳}$ برابر شود)، این فرایند باید انبساط بی‌دررو باشد، زیرا در انبساط بی‌دررو دمای گاز کاهش می‌یابد. دقت شود که در انبساط بی‌دررو، فشار گاز نیز کاهش می‌یابد.



۷۴ ـ **۴** ـ برای بررسی این سؤال، به موارد زیر توجه شود:

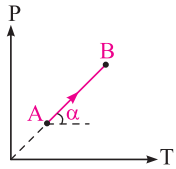


۱) با توجه به این‌که در طی فرایندهای AB و BC دمای گاز همواره در حال افزایش است، بنابراین انرژی درونی گاز نیز لزوماً در حال افزایش است.

$$U \propto T \xrightarrow{T\uparrow} U\uparrow$$

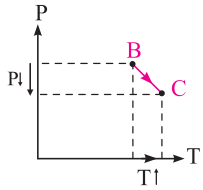
۲) چگالی مقدار معینی گاز با حجم آن رابطهٔ معکوس دارد $\left(\rho = \frac{m}{V}\right)$، با توجه به این‌که حجم گاز کامل در مرحلهٔ اول ثابت و در مرحلهٔ دوم در حال افزایش است، بنابراین چگالی گاز ابتدا ثابت مانده و سپس کاهش می‌یابد.

۳) فرایند AB یک فرایند هم‌حجم است، زیرا نمودار P – T در آن یک خط راست گذرنده از مبدأ است.



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

اما در طی فرایند BC، دما در حال افزایش و فشار در حال کاهش است و به سادگی می‌توان نتیجه گرفت که حجم گاز افزایش می‌یابد.



$$PV = nRT \Rightarrow \uparrow V = \frac{nR\overset{\uparrow}{T}}{\underset{\downarrow}{P}}$$

۴) با توجه به فیزیک پایهٔ دوازدهم، با افزایش دمای یک گاز، تندی انتشار صوت در آن گاز افزایش می‌یابد، بنابراین گزینهٔ (۴) نادرست است.

۷۵ ـ **۳** ـ با توجه به شکل داده‌شده مشخص است که دمای نقطهٔ A و E یکی است، بنابراین انرژی درونی گاز بین این دو نقطه بدون تغییر بوده و داریم:

$$\Delta U = \circ \Rightarrow Q + W = \circ \Rightarrow Q = -W$$

هم‌چنین از نقطهٔ A تا نقطهٔ E چون حجم گاز افزایش یافته، پس کار انجام‌شده روی گاز، منفی است و داریم:

$$\Delta V > \circ \Rightarrow W < \circ \xrightarrow{Q=-W} Q > \circ$$

و این یعنی گاز از محیط گرما گرفته است.

۷۶ ـ **۲** ـ فرایند AB به صورت هم‌حجم است (چرا؟)، بنابراین کار انجام شده بر روی گاز در این فرایند صفر است $(W_{AB} = \circ)$.

فرایند BC به صورت هم‌فشار است، بنابراین برای محاسبهٔ کار انجام شده بر روی گاز در این فرایند می‌توان نوشت:

$$W_{BC} = -P\Delta V_{BC} = -nR\Delta T_{BC} = -۱\times ۸ \times (۷۵۰ - ۴۵۰) = -۲۴۰۰J$$

۷۷ ـ **۴** ـ کار انجام‌شده در فرایندها برابر با مساحت سطح محصور زیر نمودار P – V است، بنابراین:

$$S = (\circ/\circ\circ۹ - \circ/\circ\circ۳)\times ۵\times ۱\circ^{۵} = ۳\circ\circ\circ \xrightarrow{\text{انبساط}} W = -۳\circ\circ\circ J$$

گفته‌شده گاز در حین این فرایند، سه برابر اندازهٔ کار، گرما گرفته است، بنابراین:

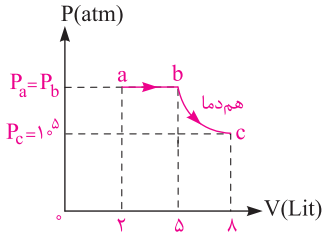
$$Q = ۳|W| = ۳\times ۳\circ\circ\circ = ۹\circ\circ\circ J$$

طبق قانون اول ترمودینامیک داریم:

$$\Delta U = Q + W = ۹\circ\circ\circ + (-۳\circ\circ\circ) = ۶\circ\circ\circ J = ۶kJ$$

۷۸ ـ **۲** ـ **گام اول:** با توجه به هم‌دما بودن فرایند bc، می‌توان نوشت:

$$P_bV_b = P_cV_c \Rightarrow P_b\times ۵ = ۱\circ^{۵}\times ۸ \Rightarrow P_b = ۱/۶\times ۱\circ^{۵} Pa$$



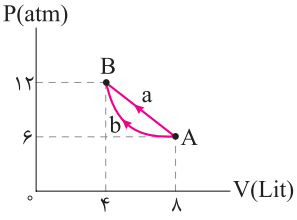
گام دوم: همان‌طور که می‌دانیم، انرژی درونی یک گاز کامل متناسب با حاصل‌ضرب PV است. برای مقایسهٔ انرژی درونی گاز در نقاط a و c می‌توان نوشت:

$$P_a = P_b = ۱/۶\times ۱\circ^{۵} Pa$$

$$U \propto PV \Rightarrow \frac{U_c}{U_a} = \frac{P_cV_c}{P_aV_a} = \frac{۱\circ^{۵}\times ۸}{۱/۶\times ۱\circ^{۵}\times ۲} = \frac{۱}{\circ/۴} = \frac{۱\circ}{۴} = \frac{۵}{۲}$$

۷۹ ـ **۴** ـ **گام اول:** فرایند b هم‌دماست، یعنی $T_A = T_B$. از معادلهٔ حالت گاز کامل $PV = nRT$ می‌توانیم فشار گاز در نقطهٔ B را به دست بیاوریم:

$$T_A = T_B \Rightarrow P_AV_A = P_BV_B \Rightarrow ۶\times ۸ = P_B\times ۴ \Rightarrow P_B = ۱۲atm$$



گام دوم: طبق قانون اول ترمودینامیک $\Delta U = Q + W$ است، از طرفی چون $\Delta T_{AB} = \circ$ است، می‌توان نوشت:

$$\overset{\circ}{\Delta U_{AB}} = Q_a + W_a \Rightarrow Q_a = -W_a$$

گام سوم: می‌دانیم کار محیط روی دستگاه، برابر با مساحت سطح زیر نمودار P – V است، بنابراین:

$$W_a = S_{\text{ذوزنقه}} = \frac{(۱۲+۶)\times ۱\circ^{۵}\times (۸-۴)\times ۱\circ^{-۳}}{۲} = ۳۶\circ\circ$$

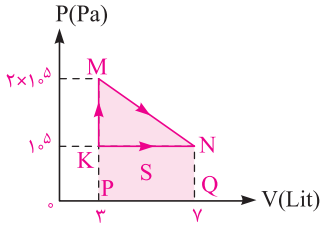
$$\Rightarrow W_a = ۳۶\circ\circ J$$

بنابراین:

$$Q_a = -۳۶\circ\circ J$$

دقت شود که علامت منفی نشان‌دهندهٔ این است که گاز گرما از دست می‌دهد.

۸۰) ۴) می‌دانیم تغییر انرژی درونی در مسیر KMN با تغییر انرژی درونی در مسیر KN یکسان است (چرا؟). بنابراین با محاسبهٔ ΔU_{KMN} و همچنین محاسبهٔ کار (که سطح زیر نمودار فشار ـ حجم می‌باشد)، می‌توان گرما در مسیر KMN را به‌دست آورد:



(۱) $\Delta U_{KMN} = Q_{KMN} + W_{KMN}$

(۲) $|W_{KMN}| = S_{(P-V)} = S_{\text{ذوزنقه}} = \frac{۱}{۲}$(مجموع قاعده‌ها) × ارتفاع

$$|W_{KMN}| = \frac{۱}{۲}[۱۰^۵ + ۲\times۱۰^۵]\times(۷-۳)\times۱۰^{-۳}$$

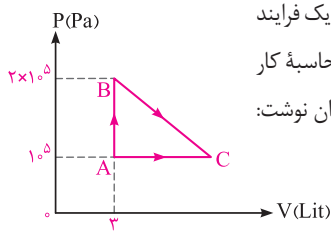
$$\Rightarrow W_{KMN} = \overset{\text{انبساط}}{\uparrow} -۶۰۰\,J$$

(۳) $\Delta U_{KMN} = \Delta U_{KN} = ۱۰۰۰\,J$

$$(۱),(۲),(۳) \Rightarrow \Delta U_{KMN} = Q_{KMN} + W_{KMN}$$

$$\Rightarrow ۱۰۰۰ = Q_{KMN} + (-۶۰۰) \Rightarrow Q_{KMN} = ۱۶۰۰\,J$$

۸۱) ۳) **گام اول:** ابتدا مسیر AC را که یک فرایند هم‌فشار است، در نظر می‌گیریم. برای محاسبهٔ کار انجام‌شده بر روی گاز در این فرایند می‌توان نوشت:



$$W = -P\Delta V \xrightarrow[\text{فرایند انبساطی}]{W<۰} -۴۰۰ = -۱۰^۵ \times (V_۲ - ۳\times۱۰^{-۳})$$

$$\Rightarrow V_۲ = ۷\times۱۰^{-۳}\,m^۳ = ۷\,Lit$$

گام دوم: در ادامه مسیر ABC را در نظر می‌گیریم، تغییرات انرژی درونی در این مسیر نیز برابر ۱۰۰۰J است و می‌توان نوشت:

$$\Delta U_{ABC} = \underbrace{Q_{AB} + Q_{BC}}_{\text{کل گرمای گرفته‌شده}} + \overbrace{W_{BC}}^{\text{مساحت زیر نمودار با علامت منفی}}$$

$$\Rightarrow ۱۰۰۰ = Q_{\text{کل}} - \frac{۲+۱}{۲}\times۱۰^۵\times(۷-۳)\times۱۰^{-۳} \Rightarrow Q_{\text{کل}} = ۱۶۰۰\,J$$

۸۲) ۴) ابتدا نوع هر فرایند را مشخص می‌کنیم:

BC → هم‌حجم CA → هم‌دما AB → هم‌فشار

در فرایند هم‌دمای CA، $\Delta U = ۰$ است. از طرفی فشار گاز در حال افزایش است، پس با توجه به رابطهٔ $PV = nRT$، با افزایش فشار، حجم گاز کاهش می‌یابد، پس:

$$\Delta P > ۰ \Rightarrow \Delta V < ۰ \Rightarrow W > ۰$$

طبق قانون اول ترمودینامیک: $\Delta U = Q + W \xrightarrow{\Delta U = ۰} Q = -W \Rightarrow Q < ۰$

در فرایند هم‌فشار AB، دمای گاز در حال افزایش است، در نتیجه حجم گاز هم افزایش می‌یابد، پس:

$$\Delta T > ۰ \Rightarrow \begin{cases} \Delta V > ۰ \Rightarrow W < ۰ \\ \Delta U > ۰ \end{cases}$$

طبق قانون اول ترمودینامیک: $\Delta U = Q + W \xrightarrow[W<۰]{\Delta U>۰} Q > ۰$

در فرایند هم‌حجم BC مقدار کار برابر صفر است و از طرفی دمای گاز در حال کاهش است، یعنی انرژی درونی گاز در حال کاهش است ($\Delta U < ۰$).

۸۳) ۳) **گام اول:** فرایند AB یک فرایند هم‌دماست، بنابراین دمای گاز در نقاط A و B برابر است، پس با توجه به این‌که $T_A = ۳۰۰\,K$ است، $T_B = ۳۰۰\,K$ می‌باشد.

گام دوم: در ادامه برای مقایسهٔ نقاط B و C داریم:

$$\frac{P_B V_B}{T_B} = \frac{P_C V_C}{T_C} \xrightarrow{V_B = V_C} \frac{P_B}{۳۰۰} = \frac{P_C}{۲۰۰} \Rightarrow \frac{P_B}{P_C} = \frac{۳}{۲}$$

۸۴) ۳) طبق رابطهٔ $PV = nRT$، فشار گاز با دمای گاز رابطهٔ مستقیم و با حجم گاز رابطهٔ عکس دارد. بنابراین می‌شود نتیجه گرفت که نقطهٔ C دارای بیشترین فشار و نقطهٔ A دارای کم‌ترین فشار است.

رابطهٔ (۱): $\frac{P_{max}}{P_{min}} = \frac{P_C}{P_A} = ۶$

با توجه به رابطهٔ $P = \frac{nRT}{V}$ داریم:

$$\frac{P_C}{P_A} = \frac{T_C}{T_A}\times\frac{V_A}{V_C} \xrightarrow{\text{رابطهٔ (۱)}} ۶ = \frac{۳۰۰}{۱۰۰}\times\frac{V_A}{۰/۵} \Rightarrow V_A = ۱\,Lit$$

۸۵) ۲) با توجه به معادلهٔ حالت گاز کامل، یعنی $PV = nRT$ برای دو نقطهٔ B و D می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} P_B V_B = nRT_B \\ P_D V_D = nRT_D \end{cases} \quad (۱)$$

با توجه به این‌که نمودار، فشار برحسب حجم است، می‌توان نتیجه گرفت:

$$\begin{cases} P_B = P_C\ ,\ V_B = V_A \\ P_D = P_A\ ,\ V_D = V_C \end{cases} \quad (۲)$$

بنابراین از روابط (۱) و (۲) داریم:

$$\frac{T_B}{T_D} = \frac{P_B}{P_D}\times\frac{V_B}{V_D} \Rightarrow \frac{T_B}{T_D} = \frac{P_C}{P_A}\times\frac{V_A}{V_C} \quad (۳)$$

همان‌طور که از شکل مشخص است، نقاط A و C بر روی یک خط راست قرار دارند که عرض از مبدأ صفر دارد و دارای شیب ثابت m است، پس می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} P_A = mV_A \\ P_C = mV_C \end{cases} \Rightarrow \frac{P_A}{P_C} = \frac{V_A}{V_C} \quad (۴)$$

با توجه به روابط (۳) و (۴) می‌توان نوشت:

$$\frac{T_B}{T_D} = \frac{P_C}{P_A}\times\frac{P_A}{P_C} = ۱$$

۸۶) ۳) با توجه به این‌که تغییرات انرژی درونی در یک چرخهٔ کامل صفر است، می‌توان نوشت:

$$\Delta U = Q + W \Rightarrow Q + W = ۰$$

$$\Rightarrow Q = -W = \text{(فشار ـ حجم) مساحت زیر نمودار}$$

$$\Rightarrow Q = \frac{۱}{۲}\times(۳\times۱۰^۵ - ۱۰^۵)\times۳\times۱۰^{-۳} = ۳۰۰\,J$$

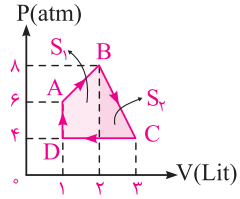
۸۷ ـ **۴**

خواستون باشه

در یک چرخهٔ کامل که ابتدا و پایان فرایندها در یک نقطه است، داریم:

چرخه $\Rightarrow \Delta U_{\text{کل}} = 0 \Rightarrow W_{\text{کل}} = -Q_{\text{کل}}$

$|W_{\text{کل}}| = S$ (مساحت داخل چرخه در نمودار P - V)



$S = S_1 + S_2 = \left(\left(\frac{۴+۲}{۲} \times ۱\right) + \frac{۴ \times ۱}{۲}\right) \times ۱۰^۵ \times ۱۰^{-۳} \Rightarrow S = ۵۰۰$

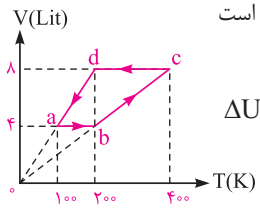
از طرفی چرخه ساعتگرد است و در نتیجه کار انجام شده روی گاز در طی چرخه منفی است:

$W_{\text{کل}} = -۵۰۰\,J \xrightarrow{Q_{\text{کل}} = -W_{\text{کل}}} Q_{\text{کل}} = ۵۰۰\,J$

از همان ابتدا مشخص بود که گزینه‌های (۲) و (۳) نادرست‌اند (چرا؟).

۸۸ ـ **۴** تغییر انرژی درونی در کل چرخه صفر است و با توجه به این موضوع می‌توان نوشت:

$\Delta U = Q_{\text{کل}} + W_{\text{کل}} = 0 \Rightarrow Q_{\text{کل}} = -W_{\text{کل}}$



برای محاسبهٔ $Q_{\text{کل}}$، یک روش نسبتاً ساده آن است که مجموع W در ۴ فرایند را محاسبه کنیم. به همین منظور می‌توان گفت:

۱) فرایندهای ab و cd هم‌حجم بوده و کار انجام‌شده در طی آن‌ها صفر است (دقت شود که نمودار V - T است).

۲) فرایندهای da و bc دو فرایند هم‌فشار بوده و کار انجام‌شده در آن‌ها برابر است با:

$$\begin{cases} W_{bc} = -P\Delta V_{bc} = -nR(T_c - T_b) = -۱ \times ۸ \times (۴۰۰ - ۲۰۰) = -۱۶۰۰\,J \\ W_{da} = -P\Delta V_{da} = -nR(T_a - T_d) = -۱ \times ۸ \times (۱۰۰ - ۲۰۰) = ۸۰۰\,J \end{cases}$$

۳) کار در مجموع فرایندها برابر است با:

$W_{\text{کل}} = W_{ab} + W_{bc} + W_{cd} + W_{da} = ۰ + (-۱۶۰۰) + ۰ + (۸۰۰) = -۸۰۰\,J$

پس از محاسبهٔ $W_{\text{کل}}$ می‌توان نوشت:

$Q_{\text{کل}} = -W_{\text{کل}} = +۸۰۰\,J$

خواستون باشه

در نمودار V - T، برای تعیین علامت کار، از ساعتگرد و پادساعتگرد بودن چرخه استفاده نکنید.

۸۹ ـ **۴** **گام اول:** دمای گاز در نقاط A و C یکسان است. بنابراین می‌توان گفت:

$P_A V_A = P_C V_C \Rightarrow ۸ \times ۱۰^۵ V_1 = ۲ \times ۱۰^۵ \times ۱۶ \Rightarrow V_1 = ۴\,Lit$

گام دوم: کار انجام‌شده بر روی گاز در فرایندهای هم‌فشار AB و هم‌حجم BC برابر است با:

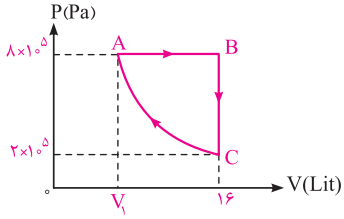
فرایند هم‌فشار: $W_{AB} = -P\Delta V = -۸ \times ۱۰^۵ \times (۱۶ - ۴) \times ۱۰^{-۳} = -۹۶۰۰\,J$

فرایند هم‌حجم: $W_{BC} = ۰$

گام سوم: چون دمای گاز در نقاط A و C یکسان است، بنابراین انرژی درونی گاز در نقاط A و C یکسان بوده و تغییر انرژی درونی گاز در مسیر ABC برابر صفر است. بنابراین داریم:

$\Delta U_{ABC} = \Delta U_{AB} + \Delta U_{BC} \Rightarrow (Q_{AB} + \overset{-۹۶۰۰J}{W_{AB}}) + (Q_{BC} + W_{BC}) = ۰$

$\Rightarrow Q_{AB} + Q_{BC} = ۹۶۰۰\,J$



۹۰ ـ **۱** تغییرات انرژی درونی برای مقدار معینی گاز کامل در یک چرخه، صفر است.

$\Delta U_{\text{چرخه}} = ۰ \xrightarrow{\Delta U = Q + W} Q_{\text{چرخه}} = -W_{\text{چرخه}}$

طبق نمودار در فرایند هم‌حجم AB، گاز گرما از دست داده است، پس $Q_{AB} < ۰$ می‌باشد. در فرایند CA مبادلهٔ گرما صفر است، چون یک فرایند بی‌دررو می‌باشد. بنابراین می‌توان نوشت:

$Q_{\text{چرخه}} = Q_{AB} + Q_{BC} + \overset{۰}{Q_{CA}} = -\frac{۷}{۳}Q_{BC} + Q_{BC} = -\frac{۴}{۳}Q_{BC}$

$\xrightarrow{Q_{BC} = ۱۸۰J} Q_{\text{چرخه}} = -\frac{۴}{۳}(۱۸۰) = -۲۴۰\,J$

$W_{\text{چرخه}} = -Q_{\text{چرخه}} = ۲۴۰\,J$

۹۱ ـ **۲** **گام اول:** تعیین نوع فرایندها:

فرایند هم‌فشار: BC فرایند هم‌حجم: CA فرایند هم‌دما: AB

گام دوم: مساحت داخل چرخه در نمودار P - V برابر با قدرمطلق کار است:

$|W| = ۵۰۰۰\,J$

چون چرخه ساعتگرد هست، پس می‌توان نوشت: $W = -۵۰۰۰\,J$

و از طرفی فرایند CA، یک فرایند هم‌حجم است، پس: $W_{CA} = ۰$

فرایند BC هم‌فشار است، بنابراین:

$W_{BC} = -P\Delta V = -۲ \times ۱۰^۵ \times (۲۰ - ۶۰) \times ۱۰^{-۳} = +۸۰۰۰\,J$

پس داریم: $W_{\text{چرخه}} = W_{AB} + W_{BC} + \overset{۰}{W_{CA}}$

$\Rightarrow -۵۰۰۰ = W_{AB} + ۸۰۰۰ + ۰ \Rightarrow W_{AB} = -۱۳۰۰۰\,J$

گام سوم: فرایند AB هم‌دماست، یعنی $\Delta U = ۰$، پس:

$Q_{AB} = -W_{AB} = +۱۳۰۰۰\,J$

نسبت خواسته‌شده برابر است با: $\frac{Q_{AB}}{W_{BC}} = \frac{۱۳۰۰۰}{۸۰۰۰} = \frac{۱۳}{۸}$

۹۲ ۴ - با استفاده از قانون گازهای کامل و با توجه به هم‌دما بودن فرایند فرضی bd داریم:

$$P_b V_b = P_d V_d \Rightarrow 2\times 4 = 8\times P_d \Rightarrow P_d = 1\,atm$$

با توجه به این‌که تغییرات انرژی درونی گاز کامل در یک چرخهٔ ترمودینامیکی برابر صفر است، می‌توان به کمک قانون اول ترمودینامیک نوشت:

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

از طرفی اندازهٔ کار انجام‌شده در چرخه برابر با مساحت سطح داخل چرخه در صفحهٔ $P-V$ است، بنابراین داریم:

$$S = 1\times 10^5 \times 4\times 10^{-3} = 400 \Rightarrow |W_{\text{چرخه}}| = 400\,J$$

$$\xrightarrow{\text{چرخه پادساعتگرد است}} W_{\text{چرخه}} = 400\,J$$

بنابراین:

$$Q = -W = -400\,J$$

۹۳ ۴ - همان‌طور که می‌دانید، در چرخه‌ها مجموع ΔU همهٔ فرایندها برابر صفر است. بنابراین داریم:

$$\Delta U_{\text{چرخه}} = 0 \Rightarrow \Delta U_{\text{هم‌حجم}} + \Delta U_{\text{هم‌دما}} + \Delta U_{\text{بی‌دررو}} = 0$$

از طرف دیگر چون در فرایند هم‌دما $\Delta T = 0$ می‌باشد، نتیجه می‌گیریم که $\Delta U_{\text{هم‌دما}}$ نیز صفر است و داریم:

$$\Delta U_{\text{هم‌دما}} = 0 \Rightarrow \Delta U_{\text{هم‌حجم}} + \Delta U_{\text{بی‌دررو}} = 0$$

در ادامه به کمک رابطهٔ $\Delta U = Q + W$ معادلهٔ بالا را باز می‌کنیم:

$$\Rightarrow (Q_{\text{هم‌حجم}} + W_{\text{هم‌حجم}}) + (Q_{\text{بی‌دررو}} + W_{\text{بی‌دررو}}) = 0$$

در نهایت همه می‌دانیم که $Q_{\text{بی‌دررو}}$ و $W_{\text{هم‌حجم}}$ صفر می‌باشند، بنابراین داریم:

$$Q_{\text{هم‌حجم}} + W_{\text{بی‌دررو}} = 0 \Rightarrow W_{\text{بی‌دررو}} = -Q_{\text{هم‌حجم}}$$

خواستون باشه

در رابطهٔ بالا $W_{\text{بی‌دررو}}$، کار انجام شده توسط محیط روی گاز است، در صورتی‌که طراح محترم کار انجام شده توسط گاز روی محیط را می‌خواهد. در نتیجه داریم:

$$W'_{\text{بی‌دررو}} = Q_{\text{هم‌حجم}}$$

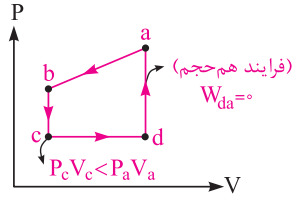
۹۴ ۱ - می‌دانیم که مجموع تغییر انرژی درونی در کل چرخه برابر صفر است. از طرفی با توجه به این‌که $P_c V_c < P_a V_a$ است، انرژی درونی در قسمت abc به اندازهٔ ۱۸۰J کاهش یافته است و داریم:

$$\Delta U_{\text{کل}} = \Delta U_{abc} + \Delta U_{cd} + \Delta U_{da} = 0 : (1)\ \text{رابطهٔ}$$

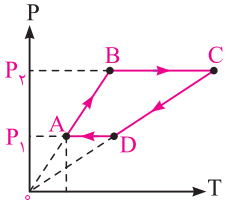
$$\Delta U_{cd} = Q_{cd} + W_{cd}\ ,\ \Delta U_{da} = Q_{da} + \cancel{W_{da}}^{0} = Q_{da}$$

$$\xrightarrow{\text{رابطهٔ (۱)}} -180 + (150 + W_{cd}) + (90) = 0 \Rightarrow W_{cd} = -60\,J$$

$W'_{cd} = +60\,J$: کار گاز بر روی محیط



۹۵ ۳ - فرایندهای AB و CD هم‌حجم بوده و کار آن‌ها صفر است. از طرفی با توجه به شیب خطوط AB و CD، حجم گاز در فرایند CD از AB بیشتر است. هم‌چنین دقت شود که اندازهٔ تغییر حجم گاز در فرایندهای BC و DA یکسان است.



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

(در فرایند هم‌حجم کار انجام‌شده بر روی گاز توسط محیط صفر است.)

کار در فرایندهای هم‌فشار: $|W| = |P\Delta V| \xrightarrow[|\Delta V_{BC}| = |\Delta V_{DA}|]{P_{BC} > P_{DA}} |W_{BC}| > |W_{DA}|$

$$\xrightarrow[W_{DA} > 0]{W_{BC} < 0} |W_{BC}| > W_{DA}$$

در ضمن کار انجام‌شده بر روی گاز در کل چرخه منفی بوده و در نتیجه گرمای گرفته شده توسط گاز مثبت است.

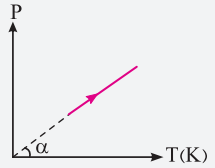
$$W_{\text{کل}} = \cancel{W_{AB}}^{0} + W_{BC} + \cancel{W_{CD}}^{0} + W_{DA}$$

$$\xrightarrow[|W_{BC}| > W_{DA}]{W_{BC} < 0\ ,\ W_{DA} > 0} W_{\text{کل}} < 0$$

$$Q_{\text{کل}} = -W_{\text{کل}} \xrightarrow{W_{\text{کل}} < 0} Q_{\text{کل}} > 0$$

خواستون باشه

در یک فرایند هم‌حجم، نمودار $P-T$ خطی عبوری از مبدأ می‌باشد که شیب آن برابر $\frac{nR}{V}$ است، بنابراین هر چه V بزرگتر باشد، شیب خط کمتر است.



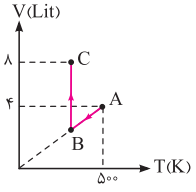
$$PV = nRT$$

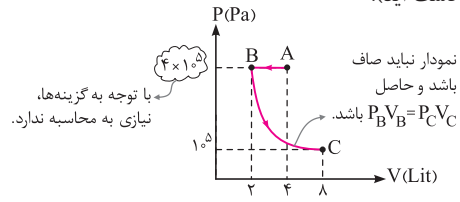
$$\tan\alpha = \frac{nR}{V}$$

$V \uparrow \Rightarrow \alpha \downarrow \Rightarrow$ شیب خط کاهش می‌یابد.

بنابراین حجم گاز در فرایند CD از AB بیشتر است.

۹۶ ۳ - با توجه به نمودار داده‌شده، فرایند AB به صورت تراکم هم‌فشار و فرایند BC به شکل انبساط هم‌دما می‌باشد. بنابراین شکل نمودار $P-V$ به صورت زیر است (دقت شود که گزینه‌ها به گونه‌ای طرح شده است که بدون محاسبه، پاسخ به دست آید):





۹۷ ۲ - ابتدا نوع هر فرایند را تعیین می‌کنیم:

ab: هم‌دما bc: هم‌فشار

در فرایند ab که هم‌دما است، فشار گاز در حال افزایش است، پس با توجه به رابطهٔ $PV = nRT$، حجم گاز باید کاهش یابد.

در فرایند bc که هم‌فشار است، دمای گاز در حال افزایش است، پس با توجه به رابطهٔ $PV = nRT$، حجم گاز باید زیاد شود.