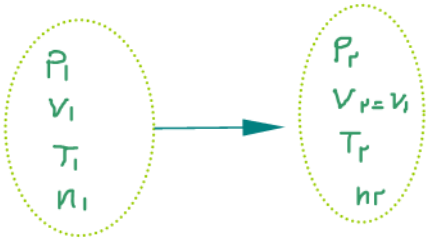
$n_1 = 8\ mol$

$P_1' = 3\ atm$

$T_1 = 27 + 273 = 300\ K$

$T_2 = 27 + 127 = 400\ K$

$n' =$ ؟



$n_1 = n_2 + n' \Rightarrow \frac{P_1 V_1}{R T_1} = \frac{P_2 V_2}{R T_2} + n'$

$P_1 V_1 = n_1 R T_1$

$V_1 = \frac{n_1 R T_1}{P_1} = \frac{8 \times 8 \times 300}{3 \times 10^5} = 24 \times 10^{-3}\ m^3$

$= 24\ lit$

$8 = \frac{3 \times 24 \times 10^5 \times 300}{8 \times 400} + n'$

$8 = 6 + n' \rightarrow n' = 8 - 6 = 2\ mol$

قانون اول ترمودینامیک: یک دستگاه ترمودینامیک در حین تحول، مقداری گرما با محیط مبادله می‌کند. پس از اتمام فرایند، کار یا گرمای مبادله شده به عنوان بخشی از انرژی دستگاه محسوب می گردد و در نتیجه ، انرژی داخلی دستگاه تغییر می کند. اگر قبل از تحول انرژی داخلی دستگاه U_1 و پس از تحول، U_2 و کار و گرمای مبادله شده در حین تحول به ترتیب W و Q باشد، در این صورت:

تغییر انرژي دروني دستگاه برابر است با مجموع جبري گرمايي كه دستگاه دريافت مي كند و كاري كه روي آن انجام مي‌شود. يعني:

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

نکته: در این رابطه Q و W مي‌توانند منفي يا مثبت باشند. بنا به قرار داد اگر دستگاه از محیط گرما بگیرد Q مثبت و اگر دستگاه به محیط گرما بدهد Q منفي است.

نکته: اگر حجم دستگاه کاهش یابد، کاری که محیط روی دستگاه انجام می دهد، مثبت خواهد بود در این حالت می‌گوئیم روی دستگاه کار انجام شده است. همچنین اگر حجم دستگاه افزایش یابد، کاری که محیط روی دستگاه انجام می دهد، منفی خواهد بود در این حالت می گوئیم دستگاه کار انجام می‌دهد.

تذکر: به یاد داشته باشید که وقتی کار محیط مثبت است، کار دستگاه منفی خواهد بود و اگر کار محیط منفی باشد، کار دستگاه مثبت خواهد بود. $W' = -W$

$W = -W'$ کار دستگاه روی محیط و کار محیط روی دستگاه

نکته: با توجه به نکات بالا، هنگامي كه دستگاه با محيط تبادل گرما دارد، ممكن است انرژي دروني آن افزايش ($\Delta U > 0$)، يا كاهش ($\Delta U < 0$) يابد يا اينكه تغيير نكند ($\Delta U = 0$).

تذکر: قانون اول ترمودینامیک، در واقع همان قانون پایستگي انرژي است كه در مورد فرآيندهاي ترموديناميكي بكار مي‌رود.

تذکر: گرما و كاري كه بين دستگاه و محيط مبادله مي‌شود، فقط درحين فرآيند معنا دارند. در واقع مي‌توان گفت كه انتقال انرژي بين دستگاه و محيط از طريق تبادل كار و گرما صورت مي‌گيرد. پس از اتمام فرآيند، انرژي‌هاي منتقل شده، به صورت انرژي دروني دستگاه در مي‌آيند و ديگر نمي‌توانيم از موجودي كار يا گرماي دستگاه صحبت كنيم.

انرژی درونی U: انرژی درونی، مجموع انرژي هاي مولكولهاي تشكيل دهنده ماده است كه با مجموع انرژي‌هاي جنبشي و پتانسيل مولكولهاي آن ماده برابر است.

نکته: در گاز كامل انرژي دروني فقط تابع دماي مطلق است و با آن نسبت مستقيم دارد. به عبارت ديگر با افزايش دماي گاز انرژي دروني افزايش مي‌يابد. $U \propto T$

هرگاه طي فرآيندي انرژي دروني د ستگاه از مقدار اوليه U_1 به U_2 بر سد، مقدار تغيير انرژي درونی د ستگاه يعني: $\Delta U = U_2 - U_1$ به مقدار گرما و كار مبادله شده بين دستگاه و محيط ارتباط دارد.

$\Delta U > 0$ ، $\Delta U < 0$ ، $\Delta U = 0$ ، $\Delta U \propto \Delta T$ ، $\Delta U = Q + W$

تذکر: گرما و کاري که بين دستگاه و محيط مبادله مي‌شود، فقط درحين فرآيند معنا دارند. در واقع مي‌توان گفت که انتقال انرژي بين دستگاه و محيط از طريق تبادل کار و گرما صورت مي‌گيرد. پس از اتمام فرآيند، انرژي‌هاي منتقل شده، به صورت انرژي دروني دستگاه در مي‌آيند و ديگر نمي‌توانيم از موجودي کار يا گرماي دستگاه صحبت کنيم.

انرژی درونی U: انرژی درونی، مجموع انرژي هاي مولکول‌هاي تشکيل دهنده ماده است که با مجموع انرژي‌هاي جنبشي و پتانسيل مولکول‌هاي آن ماده برابر است.

نکته: در گاز کامل انرژي دروني فقط تابع دماي مطلق است و با آن نسبت مستقيم دارد. به عبارت ديگر با افزايش دماي گاز انرژي دروني افزايش مي‌يابد.

هرگاه طي فرآيندي انرژي دروني دستگاه از مقدار اوليه U_1 به U_2 برسد، مقدار تغيير انرژي دروني دستگاه يعني: $\Delta U = U_2 - U_1$ به مقدار گرما و کار مبادله شده بين دستگاه و محيط ارتباط دارد.

مثال: در يک فرآيند ترموديناميکی دستگاه ۴۲۰ ژول گرما از محيط دريافت می‌کند و انبساط می‌يابد. اگر کاری که دستگاه روی محيط انجام می‌دهد ۱۰۰ ژول باشد، تغيير انرژی درونی دستگاه چند ژول است؟ (مثال۵-۱ کتاب درسی)

پاسخ: چون دستگاه از محيط گرما گرفته است، پس $Q = +۴۲۰\ J$ و چون کار دستگاه روی محيط ۱۰۰ ژول است، پس کار محيط روی دستگاه $W = -۱۰۰\ J$ می‌شود و داريم: $\Delta U = Q + W = ۴۲۰ - ۱۰۰ = ۳۲۰\ J$

فرآيندهای خاص:

الف) فرآيند هم‌حجم **ب) هم‌فشار** **ج) هم‌دما** **د) بی‌دررو**

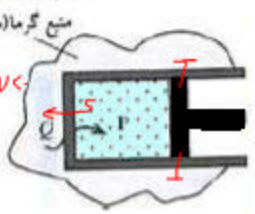
$W_V = ۰$

$Q > ۰ \Rightarrow \Delta T > ۰ \Rightarrow \Delta U > ۰$

$Q < ۰ \Rightarrow \Delta T < ۰ \Rightarrow \Delta U < ۰$

$V = Cte \Rightarrow P \propto T$

$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$



الف) فرآيند هم حجم: حجم گاز در اين فرآيند ثابت نگه داشته می شود و در اين فرآيند کار صفر است. (چرا؟) همچنين در اين فرآيند فقط تبادل گرما با محيط صورت می گيرد.

در شکل مقابل طی اين فرآيند، گاز مقداری گرما از يک منبع گرما می‌گيرد و دما و فشار آن در حجم ثابت V_1، بالا می رود. زيرا با توجه به رابطه $PV=nRT$، با ثابت ماندن V، فشار گاز با دما نسبت مستقيم دارد. يعنی با افزايش دما (چون گاز گرما گرفته)، فشار زياد و با کاهش دما، فشار گاز کم می شود. در نتيجه نمودار P-T اين فرايند خطی راست است که از مبدأ می گذرد.

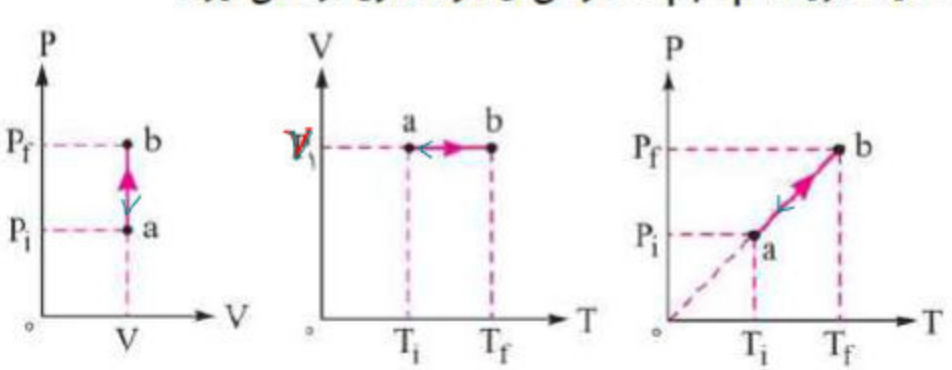
نمودارهای مختلف يک فرآيند هم حجم، که در طی آن گاز مقداری گرما می گيرد.

$Q > ۰ \Rightarrow \Delta U > ۰$

$Q < ۰ \Rightarrow \Delta U < ۰$

$\Delta T < ۰ \Rightarrow T_2 < T_1$

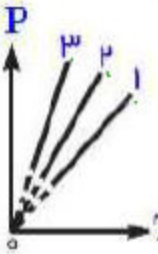
$P_2 < P_1$



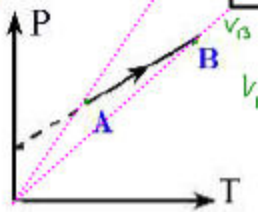
تذکر: نمودارهای فوق مربوط به هنگامی است که دستگاه گرما دريافت می‌کند. در صورتی که دستگاه گرما از دست بدهد فلش‌ها معکوس می‌شود.

$PV = nRT \Rightarrow P = \frac{nR}{V}T$ $\quad y = ax$

با توجه به نمودار مقابل، حجم فرایندها را با هم مقایسه کنید.



می دانیم نمودار $P-T$ یک فرایند هم حجم به صورت یک خط راست با شیب ثابت است که از مبدأ می‌گذرد و به آن خط هم حجم می گوئیم. برای مقدار معینی گاز، هر چه تحول هم حجم آن در حجم کمتری رخ دهد، شیب آن بیشتر خواهد بود، چون $P = \frac{nR}{V}T$. لذا با توجه به شکل می بینیم که در یک دمای معین $P_۳ > P_۲ > P_۱$ است، در نتیجه طبق رابطه $P = \frac{nR}{V}T$ داریم: $V_۳ < V_۲ < V_۱$

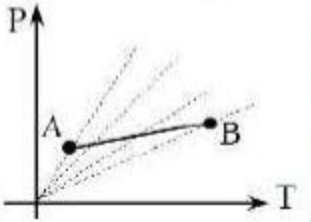


$V_B > V_A$

۹) در فرایند AB حجم گاز چگونه تغییر می‌کند؟

۱) ثابت است. **۲) زیاد می‌شود.**

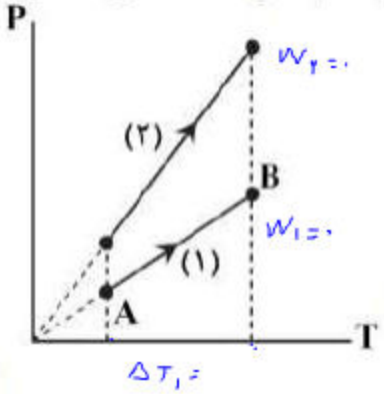
۳) کم می‌شود. **۴) ابتدا کم و سپس زیاد می‌شود.**



پاسخ: اگر حجم گاز ثابت باشد، طبق رابطه‌ی $P = \frac{nR}{V}T$ نمودار فشار بر حسب دما مطلق خطی راست است که امتداد آن از مبدأ می گذرد. در نمودار داده شده، امتداد نمودار از مبدأ نمی‌گذرد پس حجم ثابت نیست. مطابق شکل اگر چند نمودار هم‌حجم رسم کنیم شیب این خط‌ها از A به B کاهش می یابد، بنابراین $\frac{nR}{V}$ (شیب نمودار P-T) کم شده یعنی حجم افزایش می‌یابد.

نکته: ظرفیت گرمای مولی در حجم ثابت به جنس گاز بستگی ندارد و برای گازهای تک اتمی $\frac{۳}{۲}R$ و برای گازهای دو اتمی $\frac{۵}{۲}R$ و برای گازهای چند اتمی $\frac{۷}{۲}R$ است.

(۱۲) شکل مقابل، نمودار $P-T$ ی دو فرآیند ترمودینامیکی را برای مقداری گاز کامل نشان می‌دهد. چه تعداد از موارد زیر در مورد آن درست است؟ (گزینه ۲-۹۷)



- ✓ گرمای دریافتی گاز در فرآیندهای (۱) و (۲) یکسان است.
- ✓ تغییر انرژی درونی گاز در فرآیندهای (۱) و (۲) یکسان است.
- ✓ حجم گاز در حالت‌های A و B یکسان است.

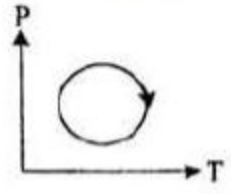
۱) ۱ ۲) ۲
۳) ۳ ۴) صفر

پاسخ: گزینه ۳ صحیح است. فرآیندهای (۱) و (۲) هم حجم هستند، داریم:

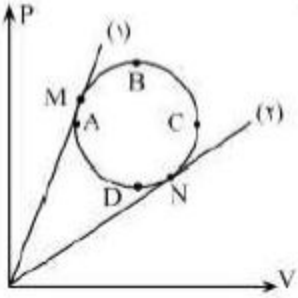
$$V_A = V_B \,,\ W_1 = W_2 = 0$$

از طرفی داریم: $\Delta T_1 = \Delta T_2 \Rightarrow \Delta U_1 = \Delta U_2 \xrightarrow{\Delta U = Q + W} Q_1 = Q_2$

مثال: فرآیند چرخه‌ای روبه‌رو، مربوط به یک گاز کامل است. با ارائه دلیل (یا ارائه یک روش) دو نقطه را مشخص کنید که در آن حالت‌ها حجم گاز کمترین و بیشترین مقدار را داشته باشد.



پاسخ:



مطابق شکل، نمودار دو فرآیند هم حجم (۱) و (۲) را رسم می‌کنیم. شیب این خط‌ها برابر $\frac{nR}{V}$ و $V_N > V_M$ است. توجه کنید که دو خط (۱) و (۲) که بر دایره مماس شده‌اند، بیشترین و کمترین شیب را نسبت به خط‌های دیگر که نمودار را قطع می‌کنند، خواهند داشت. بنابراین حجم گاز در نقطه‌ی M، کمترین مقدار و در نقطه‌ی N بیشترین مقدار را دارد.

س ۳ ص ۲۰۴

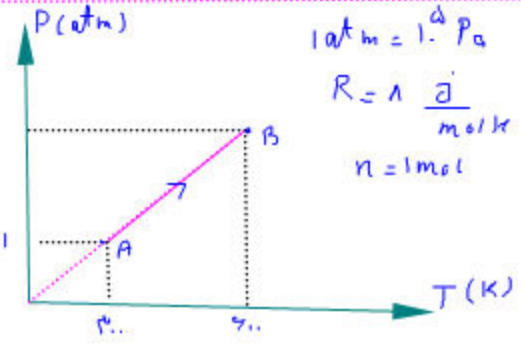
$Q = +۸۰\,J$ هم حجم

$\Delta U = Q = ۸۰\,J$

$\Delta U > 0 \rightarrow \Delta T > 0$ افزایش می‌یابد

$W_V = 0$

س ۴ ص ۲۰۴



$1\,atm = 10^5\,Pa$

$R = ۸\ \frac{J}{mol\,K}$

$n = 1\,mol$

۱) هم حجم

۲) $V_A = V_B = \frac{nRT_A}{P_A} = \frac{(1)(۸)(۳۰۰)}{10^5} = ۲۴ \times 10^{-2} \times 10^{-3}\,m^3 = ۲۴\,lit$

۳) $\frac{P_A}{T_A} = \frac{P_B}{T_B} \Rightarrow \frac{1}{۳۰۰} = \frac{P_B}{۶۰۰} \Rightarrow P_B = ۲\,atm$