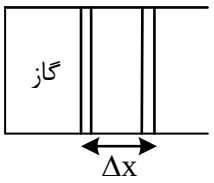
W : مقدار کار انجام شده توسط محیط روی گاز است در کتاب درسی منظور از کار، کار انجام شده توسط محیط بر روی دستگاه است.



$$\boxed{W=-P\cdot\Delta V}$$

نکته:

کار انجام شده توسط گاز بر روی محیط (w') برابر است با: $\boxed{W'=+P\cdot\Delta V}$

نکته:

در انبساط گاز $(\Delta V>0)$ کار محیط بر روی دستگاه منفی و کار دستگاه (گاز) بر روی محیط مثبت است.

$\Delta V>0$

$$\boxed{\begin{array}{c}\overset{+}{\text{کار محیط}}=\overset{+}{-P\cdot\Delta V}<0\\ \text{کار گاز}=\overset{+}{P\cdot\Delta V}>0\end{array}}$$

نکته:

در تراکم یک گاز $(\Delta V<0)$ کار محیط روی دستگاه مثبت و کار دستگاه روی محیط منفی است.

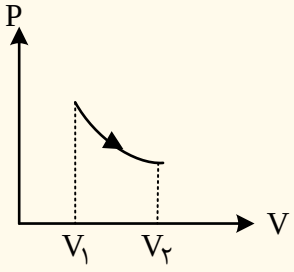
$\Delta V<0$

$$\boxed{\begin{array}{c}\overset{+}{\text{کار محیط}}=\overset{-}{-P\cdot\Delta V}<0\\ \text{کار گاز}=W'=\overset{+}{P\cdot\Delta V}\overset{-}{<0}\end{array}}$$

نکته:

اگر در طی یک فرآیند فشار تغییر کند، دیگر نمی‌توان از رابطه $W=-P\cdot\Delta V$ استفاده کرد و اگر نمودار فشار بر حسب حجم داشته باشیم مساحت زیر نمودار اندازه کار انجام شده را به ما می‌دهد. $|W|=S$

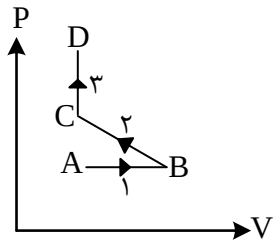
علامت کار را با توجه به V مشخص می‌کنیم مثلا در شکل مقابل حجم گاز از V_1 به V_2 رسیده و در حال افزایش است (انبساط). بنابراین کار محیط روی گاز منفی و کار گاز روی محیط مثبت است.



تست ۱:

مطابق نمودار گاز کاملی از A به D می‌رود علامت کار روی گاز کدام است؟

۱) منفی، مثبت، صفر
۲) منفی، منفی، صفر
۳) مثبت، منفی، صفر
۴) مثبت، مثبت، صفر



فرآیند ۱ حجم زیاد $W<0$

فرآیند ۲ حجم کم $W>0$

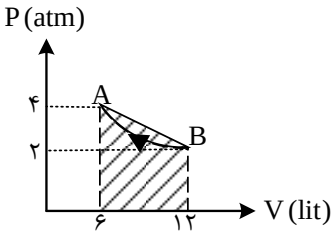
فرآیند ۳ $W=0$

تست ۲:

شکل مقابل، نمودار فرآیند گاز کاملی را نشان می‌دهد. کار انجام شده روی گاز چند ژول می‌تواند باشد؟

۱) ۱۶۰۰ ۲) ۱۸۰۰ ۳) ۲۰۰۰ ۴) ۲۴۰۰

پاسخ: نقاط A و B را به هم وصل می‌کنیم. $|W_{AB}| < S_{\text{ذوزنقه}}$



تنها گزینه کمتر از ۱۸۰۰ برابر ۱۶۰۰ است.

چون حجم کم شده $W_{AB}>0$

$$S_{\text{ذوزنقه}} > W_{AB} \rightarrow 10^5 \times (\frac{4+2}{2}) \times (12-6) \times 10^{-3} > W_{AB} \rightarrow 1800 > W_{AB}$$

انرژی درونی

مجموع انرژی پتانسیل و جنبشی ذرات یک ماده را گویند.

$$\text{انرژی درونی} = \text{انرژی جنبشی} + \underbrace{\text{انرژی پتانسیل}}$$

در گازهای کامل صفر است.

نکته:

در گاز کامل انرژی درونی به دو مورد بستگی دارد: ۱) تعداد مول ۲) دمای گاز

نکته:

انرژی درونی یک گاز کامل و تک اتمی از رابطه روبرو محاسبه می‌شود:

$$u = \frac{3}{2}nRT$$
$$u = \frac{3}{2}PV$$

$$u \propto PV$$
$$u \propto nT$$

گاز دو اتمی:	$u = \frac{5}{2}nRT \rightarrow \Delta u = \frac{5}{2}nR\Delta T = \frac{5}{2}(P_2V_2 - P_1V_1)$
گاز سه اتمی:	$u = \frac{7}{2}nRT \rightarrow \Delta u = \frac{7}{2}(P_2V_2 - P_1V_1)$

$$\Delta u = \frac{3}{2}nR\Delta T$$
$$\Delta u = \frac{3}{2}(P_2V_2 - P_1V_1)$$

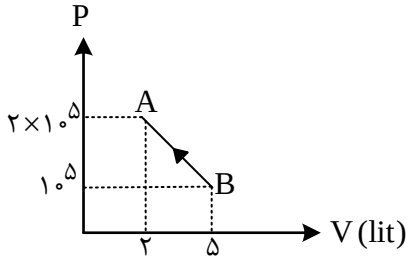
نکته:

تغییرات انرژی درونی یک گاز، در یک فرآیند تابع مسیر نمی‌باشد و تابع حالات ابتدایی و انتهایی مسیر است.

تست ۳:

در شکل روبه‌رو کار دریافت شده بوسیله گاز، و انرژی درونی کدام است؟

۱) منفی، کم ۲) مثبت، زیاد ۳) منفی، زیاد ۴) مثبت، کم



پاسخ: چون افزایش حجم داریم

$$\frac{u_B}{u_A} \propto \frac{P_B V_B}{P_A V_A} = \frac{۵\times۱۰^{۵}}{۲\times۲\times۱۰^{۵}} = \frac{۵}{۴} > ۱$$

$$u_B > u_A \rightarrow \Delta u > ۰$$

تست ۴:

یک مول گاز کامل دو اتمی در اختیار داریم. اگر دمای این گاز $۶۰^{\circ}C$ افزایش یابد، انرژی درونی آن چند ژول افزایش می‌یابد؟ ($R = ۸$)

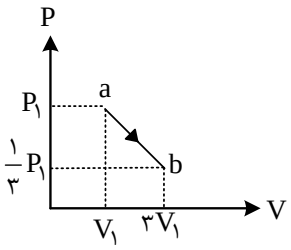
۱) ۶۶۶۰ ۲) ۳۹۹۶ ۳) ۷۲۰ ۴) ۱۲۰۰

پاسخ:

$$\Delta u = \frac{۵}{۲} nR\Delta T = \frac{۵}{۲}\times۱\times۸\times۶۰ = ۱۲۰۰$$

تست ۵:

در فرآیند ab روبرو:



۱) دمای گاز در طول فرآیند ثابت است.

۲) کاری که گاز روی محیط انجام می‌دهد، منفی است.

۳) انرژی درونی گاز ابتدا کاهش، سپس افزایش

۴) گرمائی که گاز می‌گیرد برابر کاری است که گاز روی محیط انجام می‌دهد.

پاسخ: گزینه ۴ صحیح است.

رد گزینه ۲: چون فرآیند انبساطی است $W < ۰$

$$T_a = T_b \qquad T_a = \frac{P_۱ V_۱}{nR}, \qquad T_b = \frac{\frac{۱}{۳}P_۱ \times ۳V_۱}{nR}$$

$$V_c = \frac{V_a + V_b}{۲}, \quad P_c = \frac{P_a + P_b}{۲}$$

$$P_c V_c > P_a V_a = P_b V_b$$

$$T_c > T_a = T_b \rightarrow T_c > T_a \rightarrow u_c > u_a$$

$$T_b < T_c \rightarrow u_b < u_c$$

$$T_a = T_b \rightarrow \Delta u = ۰$$

$$Q = -W$$

قانون اول ترمودینامیک

تغییرات انرژی درونی یک دستگاه برابر جمع جبری کار انجام شده روی دستگاه و گرمای دریافت شده توسط آن است. $\boxed{\Delta u = W + Q}$

۱) اگر دستگاه گرما بگیرد $Q > 0$

۲) اگر دستگاه گرما بدهد $Q < 0$

۳) اگر دستگاه متراکم شود (محیط بر روی دستگاه کار انجام بدهد $W > 0$)

٤) اگر دستگاه منبسط شود (دستگاه بر روی محیط کار انجام می‌دهد $W < 0$)

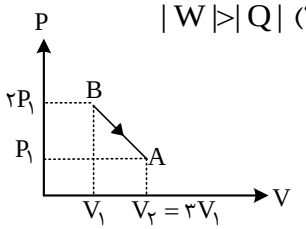
در رابطه فوق منظور از Δu، تغییر انرژی درونی دستگاه و منظور از Q گرمایی است که دستگاه دریافت کرده یا از دست می‌دهد و منظور از W کار انجام شده توسط محیط روی دستگاه است. (کار خارجی)

تست ٦:

فرآیند آرمانی گاز کاملی مطابق روبروست. اگر کار و گرمای دریافت شده بوسیله گاز W و Q باشد، کدام رابطه نادرست است؟

۱) $W+Q<0$ ۲) $W>0$ ۳) $Q<0$ ۴) $|W|>|Q|$

◄ **پاسخ:**



$$P_A V_A = P_1 \times 3V_1 \\ P_B V_B = 2P_1 V_1 \Rightarrow P_B V_B < P_A V_A \rightarrow u_B < u_A \rightarrow \Delta u < 0$$

چون فرآیند تراکمی است $W > 0$.

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

چون W مثبت است Q منفی است تا علامت Δu منفی باشد.

Q باشد منفی باشد $\quad \overset{-}{\Delta u} = \overset{-}{Q} + \overset{+}{W} \quad Q < 0$

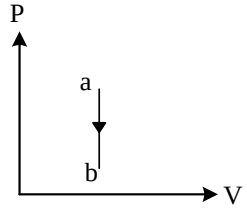
برای آنکه Δu منفی باشد باید اندازه Q بزرگتر از W باشد. $\quad \overset{-}{\Delta u} = \overset{-}{Q} + \overset{+}{W} \rightarrow |Q| > |W|$

تست ٧:

اگر Q گرمای داده شده به گاز و Δu تغییرات انرژی درونی گاز باشد، کدام رابطه Δu و Q درست است؟

۱) $\Delta u > 0 \ , \ Q < 0$ ۲) $\Delta u < 0 \ , \ Q > 0$

۳) $\Delta u = 0 \ , \ Q < 0$ ۴) $\Delta u = 0 \ , \ Q > 0$



◄ **پاسخ:** چون دما ثابت است، Δu تغییر نکرده است $\Delta u = 0$

$$\Delta u = 0 \rightarrow Q + W = 0 \rightarrow Q = -W$$

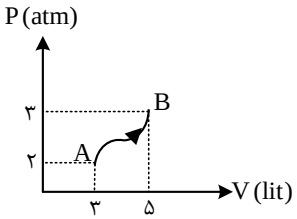
$$\text{ثابت } T \rightarrow PV = \text{ثابت} \xrightarrow{P\downarrow} V\uparrow \rightarrow \Delta V > 0 \rightarrow W < 0 \rightarrow Q = -W \Rightarrow Q > 0$$

تست ۸:

در نمودار $P-V$ روبرو گـاز تـک اتمی اسـت. اگر در طی فرآیند AB، گاز $1830j$ گرما از محیط گرفته باشد، مساحت قسمت هاشور خورده چند واحد SI است؟ $(R=8)$

۱) ۴۵۰ ۲) ۴۸۰ ۳) ۵۲۰ ۴) ۵۴۰

◄ پاسخ:



$$\boxed{\Delta u = W + Q}$$

$$\frac{3}{2}nRT = Q + W$$

$$\frac{3}{2}nR\Delta T = \frac{3}{2}nR(T_B - T_A) = Q + W \rightarrow \frac{3}{2}nR\left[\frac{P_B - V_B}{nR} - \frac{P_A V_A}{nR}\right] = 1830 + W \Rightarrow W = -480$$

$$\boxed{|S| = |W| = |480|}$$

فرآیند هم حجم

۱) مقدار کار دستگاه و کار محیط صفر است. $\boxed{W = -P\Delta V}$

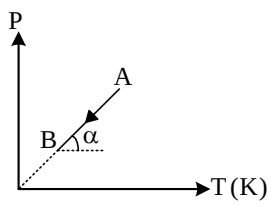
۲) اگر دستگاه گرمای Q بگیرد دما و انرژی درونی زیاد می‌شود.

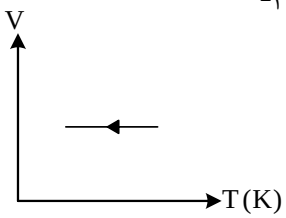
۳)
$$\boxed{\begin{array}{l} Q = nc_V\Delta T \xrightarrow{\text{گاز تک اتمی}} Q = \frac{3}{2}nR\Delta T \\ \Delta u = \frac{3}{2}nR(T_2 - T_1) = \frac{3}{2}V(\Delta P) \end{array}}$$

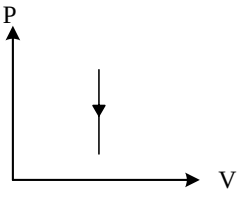
برای گاز ۲ اتمی ضرایب $\frac{5}{2}$ و برای ۳ اتمی برابر $\frac{7}{2}$ می‌گردد.

٤)
$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

۵) نمودارها:







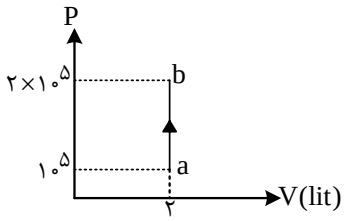
$$P = \frac{nR}{V}T$$

تست ۹:

نمودار $P-V$ یک گاز تک اتمی است. در این فرآیند انرژی درونی گاز ..... یافته است. $(c_V=\frac{۳}{۲}R)$

۱) ۳۰۰j کاهش ۲) ۳۰۰j افزایش

۳) ۲×۱۰^{۵} j افزایش ۴) ۳×۱۰^{۵} j کاهش



◄ **پاسخ:**

$$\Delta u=\frac{۳}{۲}[P_bV_b-P_aV_a]$$

$$\Delta u=\frac{۳}{۲}(۲\times۱۰^{۵}\times۲\times۱۰^{-۳}-۱۰^{۵}\times۲\times۱۰^{-۳})=+۳۰۰\,j$$

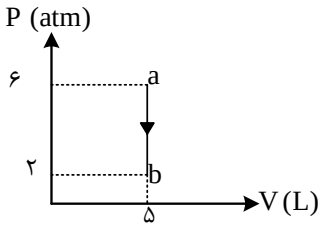
تست ۱۰:

شکل روبرو نمودار $P-V$ یک گاز ۲ اتمی است. گرمائیکه دستگاه از محیط می‌گیرد چند ژول است؟

$(R=۸\frac{j}{mol\,K})$

۱) ۵۰۰۰− ۲) ۵۰۰۰

۳) ۵۰۰− ۴) ۵۰۰



$$Q=\frac{۵}{۲}\times۵\times۱۰^{-۳}(۲-۶)\times۱۰^{۵}$$

$$Q=-۵۰۰۰$$

فرآیند هم‌فشار

۱) هرگاه گاز بخواهد منبسط شود الزاما باید از محیط اطراف خود گرما جذب کند با این عمل انرژی درونی افزایش می‌یابد. در نتیجه بقای گاز بالا می‌رود.

$$\overset{+}{\Delta u}=\overset{+}{Q}+\overset{-}{W}\Rightarrow|Q|>|W|\ ,\ T_۲>T_۱$$

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

$$\overset{-}{\Delta u}=\overset{-}{Q}+\overset{+}{W}\rightarrow|Q|<|W|\ ,\ T_۲<T_۱$$

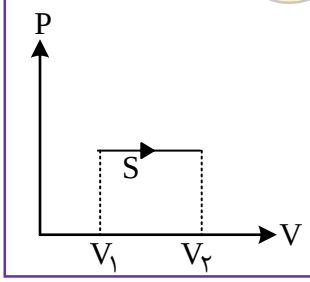
۳) Q گاز تک اتمی $=n(\frac{۵}{۲}R)\Delta T=\frac{۵}{۲}nR\Delta T$

$$Q=nc_p\Delta T$$

$$PV=nR\Delta T$$

۴) مساحت زیر نمودار $P-V$ بیانگر کار است.

$$|S|=|W|=P(V_۲-V_۱)=P\cdot\Delta V$$



نکته:

می‌توان از رابطه روبرو هم استفاده کرد:

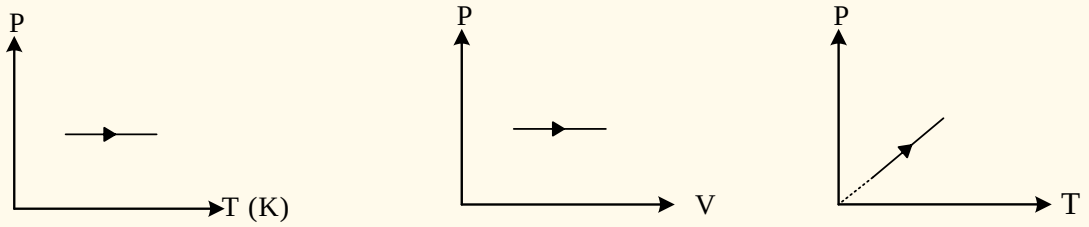
$$W = -P\cdot\Delta T = -nR\Delta T$$

کار محیط بر روی گاز

$$\Delta u = W + Q = -nR\Delta T + \frac{۵}{۲}nR\Delta T = \frac{۳}{۲}nR\Delta T$$

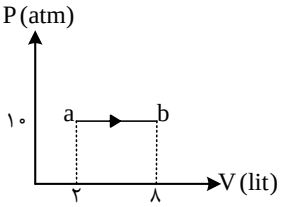
نکته:

نمودارها:



تست ۱۱:

شکل مقابل نمودار $P-V$ یک گاز تک اتمی است. در این فرآیند دستگاه چند ژول گرما گرفته و انرژی درونی گاز چند ژول تغییر کرده است؟



۱) $-۹۰۰۰ , -۱۵۰۰۰$ ۲) $-۹۰۰۰ , -۱۵۰۰۰$

۳) $۹۰۰۰ , ۱۵۰۰۰$ ۴) $۹۰۰۰ , ۱۵۰۰۰$

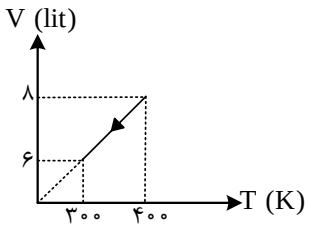
پاسخ:

$$\Delta u = \frac{۳}{۲}\times ۱۰\times(۸-۲)\times ۱۰۰ = ۹۰۰۰\,j \ ,$$

$$Q = \frac{۵}{۲}nR\Delta T = \frac{۵}{۲}P\cdot\Delta V = \frac{۵}{۲}\times ۱۰\times ۱۰^{۵}(۸-۲)\times ۱۰^{-۳} = ۱۵۰۰۰\,j$$

تست ۱۲:

نمودار روبرو مربوط به گاز کامل تک اتمی است. در این فرآیند کاری که دستگاه روی محیط انجام می‌دهد چند ژول است؟ $(R = ۸\ \frac{j}{mol\ ^{\circ}K})$



۱) ۶۰۰ ۲) -۶۰۰

۳) ۸۰۰ ۴) -۸۰۰

پاسخ:

$$W = -nR\Delta T = -۱\times ۸\times(۳۰۰-۴۰۰) = ۸۰۰\ j$$

$$W' = -W = -۸۰۰$$

طراح کار دستگاه روی محیط را خواسته

تست ۱۳:

حجم ۰/۵ مول گاز کامل تک اتمی در فشار ثابت ۱۰ درصد کاهش می‌یابد. اگر دمای اولیه گاز $۲۷^{\circ}C$ باشد، کار انجام شده روی گاز و تغییرات انرژی درونی به ترتیب از راست به چپ چند ژول است؟

$(R = ۸\ \frac{j}{mol\ ^{\circ}K})$

۱) $۳۰۰ , -۱۲۰$ ۲) $-۳۰۰ , ۱۲۰$ ۳) $۱۸۰ , -۱۲۰$ ۴) $-۱۸۰ , -۱۲۰$

$V_۲ = V_۱ - \frac{۱۰}{۱۰۰}V_۱ = \frac{۹}{۱۰}V_۱ \qquad W = -nR\Delta T = -\frac{۱}{۲}\times ۸ \times ۳۰ = -۱۲۰$

$\frac{V_۱}{T_۱} = \frac{V_۲}{T_۲} \rightarrow \frac{V_۱}{T_۱} = \frac{\frac{۹}{۱۰}V_۱}{T_۲} \Rightarrow T_۲ = \frac{۹}{۱۰}T_۱ \Rightarrow T_۲ = \frac{۹}{۱۰}\times ۳۰۰ = ۲۷۰$

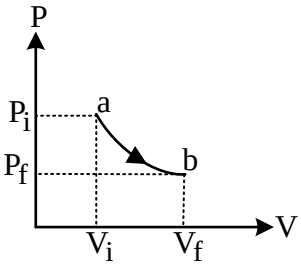
$T_۱ = ۲۷ + ۲۷۳ = ۳۰۰ \qquad \Delta T = ۳۰۰ - ۲۷۰ = ۴۰$

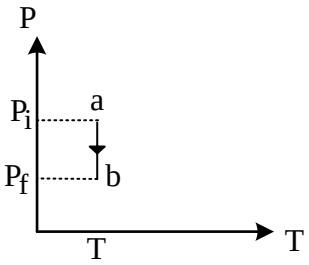
فرآیند هم‌دما

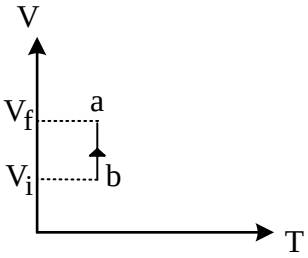
دما ثابت است.

۱) $\Delta u = ۰$

۲) $W = -Q$







تست ۱۴:

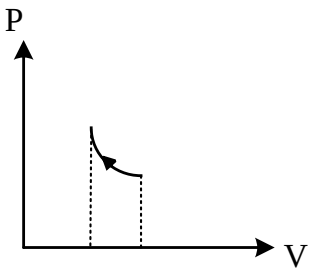
در نمودار هم‌دمای روبرو، اگر سطح زیر نمودار $P-V$ برابر $۱۰Kj$ باشد، کدام گزینه درست است؟

۱) گاز کامل $۱۰Kj$ گرما گرفته است و $\Delta u > ۰$

۲) گاز کامل $۱۰Kj$ گرما از دست داده و $\Delta u = ۰$

۳) گاز $۱۰Kj$ گرما از دست داده و $\Delta u < ۰$

۴) گاز $۱۰Kj$ گرما گرفته است و $\Delta u = ۰$



پاسخ: $\Delta u = W + Q \rightarrow Q = -W$

دما ثابت است، پس $\Delta T = ۰$، $\Delta u = ۰$.

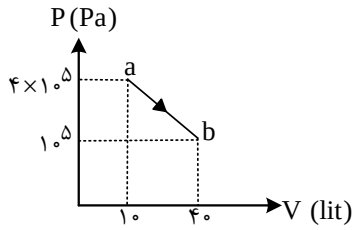
سطح زیر نمودار $P-V$ کار انجام شده روی گاز است.

$Q < ۰ , W > ۰ \leftarrow W = -P\Delta V$

$\Delta u < ۰$

تست ۱۵:

در نمودار روبرو انرژی درونی چگونه تغییر می‌کند؟



۱) پیوسته کاهش

۲) پیوسته افزایش

۳) ابتدا کاهش و سپس افزایش

۴) ابتدا افزایش و سپس کاهش

◄ **پاسخ:**

$$T_a = \frac{P_a V_a}{nR} = \frac{۴\times۱۰^{۵}\times۱۰\times۱۰^{-۳}}{nR}$$

$$T_a = T_b$$

$$T_b = \frac{۱۰^{۵}\times۴۰\times۱۰^{-۳}}{nR}$$

فرآیند بی‌درو

در طول این فرآیند دستگاه نه گرما می‌گیرد و نه از دست می‌دهد به عبارتی عایق‌بندی شده است.

۱) $Q = ۰$ ۲) $\boxed{\Delta u = W}$ ۳) $\boxed{\Delta u = knR\Delta T = k\Delta(P\cdot V)}$

مقدار k برای گازهای تک اتمی $\frac{۳}{۲}$، دو اتمی $\frac{۵}{۲}$ و ۳ اتمی $\frac{۷}{۲}$ است.

نکته:

نمودار $P-V$ فرآیند بی‌درو در ظاهر شبیه نمودار $P-V$ فرآیند هم‌دماست با این تفاوت که در فرآیند هم‌دما، دما ثابت است ولی در فرآیند بی‌درو دما تغییر می‌کند.

نکته:

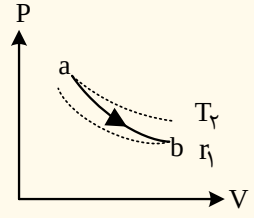
در فرآیند انبساط بی‌درو با کاهش دما همراه ست. $\Delta V > ۰ \rightarrow W < ۰ \xrightarrow{\Delta u = W} \Delta u < ۰ \rightarrow \Delta T < ۰$

نکته:

فرآیند تراکم بی‌درو با افزایش دما همراه است. $\Delta V < ۰ \rightarrow W > ۰ \rightarrow \Delta u > ۰ \Rightarrow \Delta T > ۰$

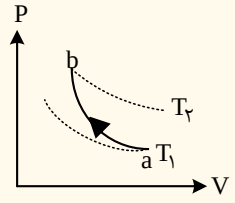
نکته:

در فرآیند بی‌درو، دما و فشار کاهش می‌یابد.



نکته:

در فرآیند تراکم بی‌درو، دما و فشار زیاد می‌گردد.



نکته:

همیشه شیب نمودار بی‌درو از هم‌دما بیشتر است.

تست ۱۶:

دمای ۰/۵ مول از یک گاز کامل تک اتمی را با فرآیند بی‌درو ۵ درصد کاهش می دهیم. اگر دمای نهایی این گاز ۲۸۵ K باشد، کار انجام شده روی گاز چند ژول است؟ $(R = 8 \frac{j}{mol\,^\circ K})$

۱) -90 ۲) ۹۰ ۳) -180 ۴) ۱۸۰

◄ **پاسخ:** چون دما طی یک فرآیند بی‌درو کم شده و سپس فرآیند انبساطی است، لذا کار منفی است.

$$T_2 = \frac{95}{100}T_1 \rightarrow 285\frac{95}{100}T_1 \rightarrow T_1 = 300K \rightarrow \Delta u = \frac{3}{2}nR\Delta T = \frac{3}{2}\times 0/5\times 8\times(285-300) = -90\,j = W$$

تست ۱۷:

حجم یک مول گاز کامل تک اتمی را به طور بی‌درو نصف می‌کنیم. اگر در این عمل ۱۵۰ j کار روی گاز انجام شده باشد، تغییرات انرژی درونی و دمای مطلق گاز؟ $(R = 8)$

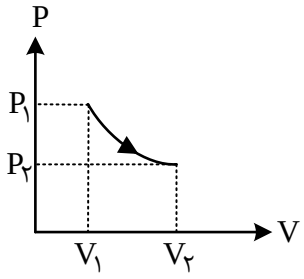
۱) $12/5, 150$ ۲) $50, 150$ ۳) $12/5, -75$ ۴) $50, 75$

◄ **پاسخ:** فرآیند تراکمی $W > 0$ $\Delta u = W = 150$

$$\Delta u = \frac{3}{2}nR\Delta T \rightarrow 150 = \frac{3}{2}\times 1\times 8\times \Delta T \rightarrow \Delta T = 12/5$$

تست ۱۸:

کدام گزینه صحیح است در صورتیکه پیستون را خیلی سریع بالا می‌بریم و W کار انجام شده روی گاز و Q گرمای داده شده به گاز و Δu تغییر انرژی درونی است؟



۱) $\Delta u > 0, Q = 0, W > 0$ ۲) $\Delta u < 0, Q = 0, W < 0$

۳) $\Delta u = 0, Q > 0, W < 0$ ۴) $\Delta u = 0, Q < 0, W > 0$

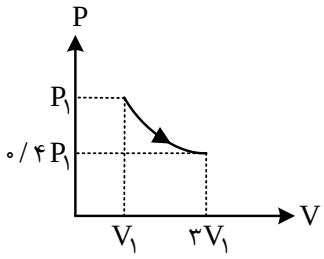
◄ **پاسخ:** حجم گاز زیاد شده پس $\Delta V > 0$, $W < 0$

چون پیستون را سریع بردیم $Q = 0$ (بی‌درو)

$\Delta u = W + \not{Q}$ $W < 0$ $\Delta u < 0$

تست ۱۹:

کدام صحیح است؟



۱) فرآیند هم‌دماست ۲) بی‌درو است

۳) گاز گرما گرفته ۴) کار انجام شده روی گاز + است

◄ **پاسخ:** چون V زیاد شده $W=-P\Delta V$ و $W<۰$

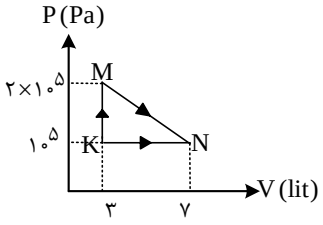
چون دما زیاد شده $\Delta u>۰$

گاز گرما گرفته $Q=\underset{+}{\Delta u}-\underset{-}{W}\rightarrow Q>۰$

این فرآیند بی‌درو نیست زیرا دما زیاد شده درصورتیکه در فرآیند بی‌درو و افزایش حجم، کاهش فشار و دما را به دنبال دارد.

تست ۲۰:

مطابق شکل گاز دو اتمی، از طریق ۲ مسیر از K به N رسیده است. گرمائی که گاز در مسیر KMN گرفته چند ژول است؟ ($c_p=\frac{۷}{۲}R$ و $c_v=\frac{۵}{۲}R$)



۱) ۶۰۰ ۲) ۸۰۰

۳) ۱۲۰۰ ۴) ۱۶۰۰

◄ **پاسخ:** دمای ابتدا و انتهای مسیر KN با دمای ابتدا و انتها KMN برابر است.

$$\Delta u_{KN}=\frac{۵}{۲}[P_NV_N-P_KV_K]=\frac{۵}{۲}[۷\times۱۰^۵-۳\times۱۰^۵]\times۱۰^{-۳}=۱۰۰۰\,j$$

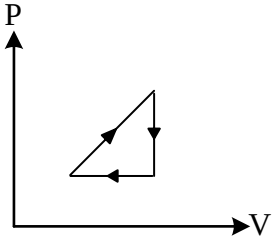
$W_{KMN}=$ ذورنقه $S=\frac{۱}{۲}[۷-۳]\times۱۰^{-۳}[۲\times۱۰^۵+۱۰^۵]=۶۰۰\,j\rightarrow W_{KMN}=-۶۰۰$ به دلیل انبساطی بودن

$$\Delta u_{KMN}=\Delta u_{KN}=۱۰۰۰$$

$$\Delta u_{KMN}=Q_{KMN}+W_{KMN}\rightarrow ۱۰۰۰=Q_{KMN}+(-۶۰۰)\rightarrow Q=۱۶۰۰$$

چرخه‌های ترمودینامیکی

هر وقت یک نمودار یا دستگاه ترمودینامیکی چند فرآیند پی‌درپی انجام دهد و دوباره به حالت اول برگردد چرخه نام دارد.



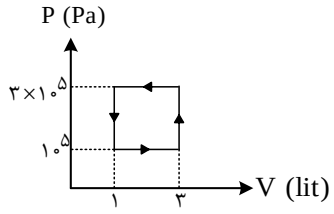
۱) تغییرات انرژی درونی صفر است. $\Delta T=۰\Rightarrow\Delta u=۰$

۲) $\Delta u=W+Q\Rightarrow w=-Q$

۳) در نمودار $P-V$ مقدار کار کل برابر مساحت چرخه است. اگر چرخه ساعتگرد باشد کار منفی ($W<۰$) و اگر چرخه پادساعتگرد باشد ($W>۰$) است.

تست ۲۱:

کار انجام شده روی گاز چند کیلو ژول است؟



۱) -۴۰۰ ۲) ۴۰۰

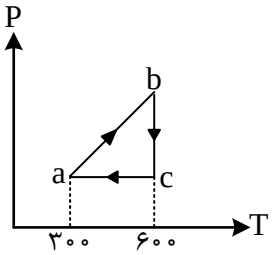
۳) -۵۰۰ ۴) ۵۰۰

◄ **پاسخ:** مساحت $S = ۲\times۱۰^{۵}\times۲\times۱۰^{-۳}$

تست ۲۲:

در نمودار $P-T$ روبرو برای یک گاز تک اتمی، کار انجام شده روی گاز در فرآیند ca چند ژول است؟

$(R = ۸)$



◄ **پاسخ:**

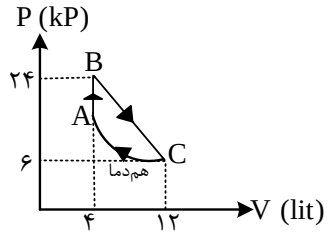
$$\Delta u_{ca} = \frac{۳}{۲}\times۱\times۸\times(۳۰۰-۶۰۰) = -۳۶۰۰$$

$$Q_{ca} = \frac{۵}{۲}\times۱\times۸\times(۳۰۰-۶۰۰) = -۶۰۰۰$$

$$\Delta u_{ca} = Q_{ca} + W_{ca} \rightarrow W_{ca} = \Delta u_{ca} - Q_{ca} = -۳۶۰۰ - (-۶۰۰۰) = ۲۴۰۰$$

تست ۲۳:

مقداری گاز فرآیندی مطابق شکل طی کرده است. اگر در فرآیند CA گاز $۸۰\,j$ گرما از دست بدهد، کار کل انجام شده روی گاز در یک چرخه کامل چند ژول است؟



۱) ۱۲۰ ۲) ۴۰

۳) -۱۲۰ ۴) -۴۰

◄ **پاسخ:** فرآیند انبساطی:

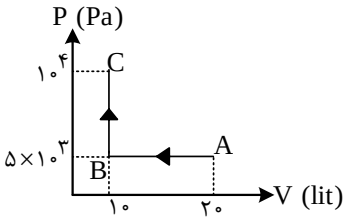
$$|W_{BC}| = S = \frac{(۲۴+۶)\times۱۰^{۳}}{۲}\times(۱۲-۴)\times۱۰^{-۳} = ۱۲۰ \Rightarrow W_{bc} = -۱۲۰$$

فرآیند CA هم‌دماست $\rightarrow W_{CA} = -Q_{CA} \rightarrow Q_{CA} = -۸۰ \Rightarrow W_{CA} = ۸۰$

کل $W = W_{AB} + W_{BC} + W_{CA} = ۰ + (-۱۲۰) + ۸۰ = -۴۰$

تست ۲۴:

نمودار فرآیند گاز کامل تک اتمی به شکل مقابل است. در این فرآیند گاز از محیط خارج چه قدر کار و چه قدر گرما گرفته است؟



۱) $Q=-۵۰\,j\ ,\ W=۵۰\,j$

۲) $Q=۰\ ,\ W=+۵۰\,j$

۳) $Q=۵۰\,j\ ,\ W=-۵۰\,j$

۴) $Q=-۵۰\,j\ ,\ W=۰$

پاسخ:

$$W_{AC}=W_{AB}+\cancel{W_{BC}}^{\text{صفر}}=-P\Delta V=-۵\times۱۰^{۳}(۱۰-۲)\times۱۰^{-۳}=+۵۰\,j$$

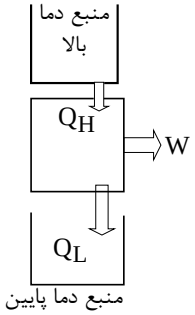
هم‌فشار $Q_{AB}=\frac{۵}{۲}nR\Delta T=\frac{۵}{۲}P\Delta V=\frac{۵}{۲}\times۵\times۱۰^{۳}(۱۰-۲۰)\times۱۰^{-۳}=-۱۲۵\,j$

هم‌حجم $Q_{BC}=\frac{۳}{۲}nR\Delta T=\frac{۳}{۲}\times۱۰\times۱۰^{-۳}(۱۰-۵)\times۱۰^{۳}=۷۵\,j$

$$Q_{AC}=Q_{AB}+Q_{BC}\rightarrow-۱۲۵+۷۵=-۵۰$$

ماشین‌های گرمایی

ماشینهایی مثل ماشین بخار و موتورهای بنزینی ماشین گرمایی‌اند.



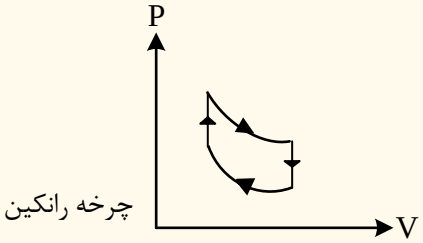
۱) دستگاه از منبع دما بالا و گرمای Q_H را می‌گیرد.

۲) بر روی محیط کار انجام می‌دهد. $W<۰$

۳) به منبع با دما پایین گرمای Q_L را می‌دهد $Q_L<۰$

نکته:

در ماشین‌های گرمایی دستگاه بر روی محیط کار انجام می‌دهد $(W<۰)$بنابراین چرخه $(P-V)$ ساعتگرد است .



$$\Delta u=۰\rightarrow Q_H+Q_L+W=۰\rightarrow Q_H=-(Q_L+W)\Rightarrow \boxed{Q_H=|Q_L|+|W|}$$

بازده:

$$\boxed{\eta=\frac{W}{Q_H}\ ,\ \eta=\frac{Q_H-|Q_L|}{Q_H}\Rightarrow\eta=۱-\frac{|Q_L|}{Q_H}}$$

تست ۲۵:

بازده یک ماشین گرمایی ۰/۲۵ است. اگر این ماشین در هر چرخه ۲۸۰۰j گرما دریافت کند. چند ژول گرما به چگالنده می‌دهد؟

۱) ۷۰۰ ۲) ۲۱۰۰ ۳) ۲۵۰۰ ۴) ۳۵۰۰

پاسخ:

$$\eta = 1 - \frac{Q_L}{Q_H} \rightarrow \frac{1}{4} = 1 - \frac{Q_L}{2800} \rightarrow Q_L = 2100$$

قانون دوم ترمودینامیک

بازده هیچ ماشین گرمایی صد درصد نیست. هیچ ماشین گرمایی وجود ندارد که بتواند همه گرمایی را از منبع با دما بالا می‌گیرد به کار تبدیل کند. به بیانی در هیچ ماشین گرمایی $|Q_L| = 0$ نیست.

تست ۲۶:

مشخصات ماشین ترمودینامیکی فرض در یک چرخه داده شده است. در کدام گزینه هیچ کدام از قانون‌های اول و دوم ترمودینامیک نقض نمی‌شود؟

۱) $Q_H = -150j, Q_L = +50j, W = +250j$

۲) $Q_H = 150j, Q_L = -50j, W = -100j$

۳) $Q_H = 200, Q_L = 0, W = -200j$

۴) $Q_H = -200, Q_L = -200, W = 0$

پاسخ:

طبق قانون دوم هیچگاه Q_L صفر نمی‌شود.

طبق قانون اول: $|W| = |Q_H - |Q_L||$

رد است $\leftarrow 250 = -150 - 50$

$|-100| = 150 - |50|$

رد است $\leftarrow |-200| = 200$

رد است $\leftarrow 0 \neq -200 - |200|$

ماشین کارنو

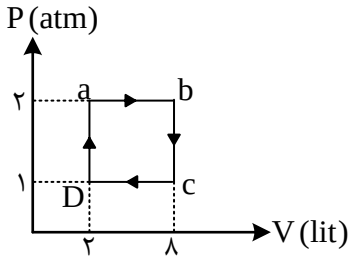
ماشینی است که بیشترین بازده را دارد و بین دو منبع با دمای بالا و دمای پایین (T_L, T_H) کار می‌کند.

$$\eta = 1 - \frac{T_L}{T_H} \qquad \frac{Q_L}{Q_H} = \frac{T_L}{T_H}$$

تست ۲۷:

در شکل روبرو بازده ماشین کارنو که بین بیشترین و کمترین دمای این چرخه کار می‌کند چند درصد است؟

۱) %۹۵ ۲) %۸۵ ۳) %۸۷/۵ ۴) %۶۰



◄ پاسخ:

$$T_a=\frac{P_aV_a}{nR}=\frac{۲\times۱۰^{۵}\times۲\times۱۰^{-۳}}{nR}=\frac{۴۰۰}{nR}\ ,\ T_b=\frac{۲\times۱۰^{۵}\times۸\times۱۰^{-۳}}{nR}=\frac{۱۶۰۰}{nR}$$

$$T_D=\frac{۱\times۱۰^{۵}\times۲\times۱۰^{-۳}}{nR}=\frac{۲۰۰}{nR}\qquad n=۱-\frac{T_L}{T_H}=۱-\frac{\frac{۲۰۰}{\cancel{nR}}}{\frac{۱۶۰۰}{\cancel{nR}}}=۱-\frac{۲۰۰}{۶۰۰}=\frac{۷}{۸}$$

$$T_c=\frac{۱\times۱۰^{۵}\times۸\times۱۰^{-۳}}{nR}=\frac{۸۰۰}{nR}$$

تست ۲۸:

یک ماشین که با چرخه کارنو کار می‌کند، به اندازه $۱/۲۶\times۱۰^{۷}\ j$ گرما از منبع دما بالا با دمای $۶۲۷^{\circ}C$ گرفته و تعداد از آنرا به منبع دما پایین با دمای $۲۷^{\circ}C$ می‌دهد. کار انجام شده توسط ماشین و گرمائیکه به منبع دما پایین داده است به ترتیب از راست به چپ هر کدام چند ژول است؟

۱) $|Q_L|=۸/۴\times۱۰^{۶}\ ,\ |W|=۴/۲\times۱۰^{۶}$ ۲) $|Q_L|=۶\times۱۰^{۵}\ ,\ |W|=۱۲\times۱۰^{۶}$

۳) $|Q_L|=۴/۲\times۱۰^{۶}\ ,\ |W|=۸/۴\times۱۰^{۶}$ ۴) $|Q_L|=۱۲\times۱۰^{۶}\ ,\ |W|=۶\times۱۰^{۵}$

◄ پاسخ :

$$\eta=۱-\frac{T_L}{T_H}\Rightarrow۱-\frac{۳۰۰}{۹۰۰}=\frac{۲}{۳}$$

$$\eta=\frac{W}{Q_H}\Rightarrow\frac{۲}{۳}=\frac{|W|}{۱/۲۶\times۲۰^{۷}}\Rightarrow|W|=۸/۴\times۲۰^{۶}$$

$$|Q_L|=Q_H-|W|\Rightarrow۱۲/۶\times۱۰^{۶}-۸/۴\times۲۰^{۶}=۴/۲\times۱۰^{۶}$$

یخچال‌ها

در جهت عکس ماشـین گرمایی عمل می‌کند. یخچال با در یافت کار (W) از موتور گرمایی Q_L از منبع با دما پایین (محتویات درون یخچال در دمای T_L) می‌گیرد و گرمای (Q_H) را به منبع دما بالا (هوای بیرون یخچال در دمای T_H می‌دهد).

یخچال کار دریافت می‌کند $W>0$ ، گرمای Q_L را می‌گیرد $Q>0$ ، Q_H را به بیرون می‌دهد $Q_H<0$

$$|Q_H| = Q_L + W$$

ضریب عملکرد: k

$$k = \frac{Q_L}{W}$$

ضریب عملکرد یخچال های خانگی حدود ۵ و کولرهای گازی حدود ۲/۵ است.

طرز کار کولرهای گازی مانند یخچال است. قسمت سرد کولر داخل اتاق و قسمت گرم هوای بیرون است.

نکته:

$$k = \frac{Q_L}{W} \rightarrow Q_L = W \cdot k$$

$$|Q_H| = W + Q_L = W + kW = (k+1)W$$

$$\eta = \frac{W}{Q_H} = \frac{W}{W(k+1)} = \frac{1}{k+1}$$

$$W = P \cdot t \Rightarrow Q_H = (k+1)P \cdot t$$

توان

نکته:

بیان یخچالی قانون دوم ترمودینامیک:

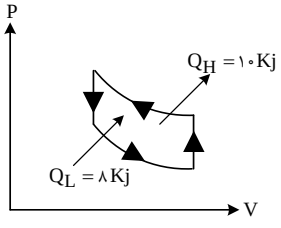
شارش خود بخودی گرما از جسمی که دمای کمتری دارد به طرف جسمی که دمای بیشتری دارد غیرممکن است.

تست ۲۹:

شکل روبرو نمودار $P-V$ یک یخچال فرضی است. ضریب عملکرد کدام است؟

۱) $\frac{5}{4}$ ۲) $\frac{4}{5}$ ۳) ۴ ۴) $\frac{1}{4}$

◄ پاسخ :



$$k = \frac{Q_L}{W} = \frac{Q_L}{|Q_H| - Q_L} = \frac{8}{10-8} = 4$$

نکته:

$$k=\frac{1}{\eta}-1 \quad , \quad \eta=\frac{1}{k+1}$$

تست ۳۰:

توان مصرفی یک کولر گازی $1000W$ و ضریب عملکرد $2/5$ است. این کولر در هر ساعت چند مگاژول گرما به فضای بیرون می‌دهد؟

۱) $9/6$ ۲) $12/6$ ۳) 9600 ۴) 12600

پاسخ:

$$|Q_H|=(2/5+1)(3/6\times10^6)=12/6\times10^6\ j\rightarrow Q_H=12/6\mu j$$

تست ۳۱:

فشار $0/5$ مول گاز تک اتمی در حجم ثابت $\%25$ افزایش می‌یابد. اگر دمای اولیه گاز $300K$ باشد، گاز چند ژول گرما می‌گیرد؟ $(R=8)$ *(سراسری خارج ۹۶)*

۱) 1500 ۲) 900 ۳) 750 ۴) 450

پاسخ:

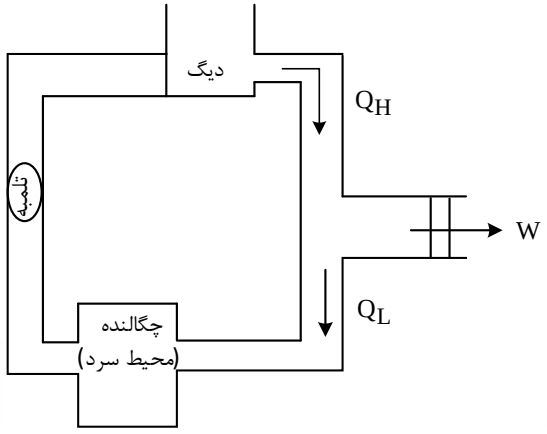
$$n=0/5\,mol\,,\qquad P_2=P_1+\frac{1}{4}P_1=\frac{5}{4}P_1\,,\qquad T_1=300$$

$$\text{حجم ثابت}\Rightarrow\frac{P_1}{T_1}=\frac{P_2}{T_2}\rightarrow\frac{\cancel{P_1}}{300}=\frac{\frac{5}{4}\cancel{P_1}}{T_2}\Rightarrow T_2=\frac{5}{4}\times300=\frac{1500}{4}$$

$$Q=\frac{3}{2}nR\Delta T=\frac{3}{2}\times\frac{1}{2}\times8\times[\frac{1500}{4}-300]\qquad Q=6\times[\frac{300}{4}]=\frac{1800}{4}=450$$

ماشین گرمایی برون‌سوز

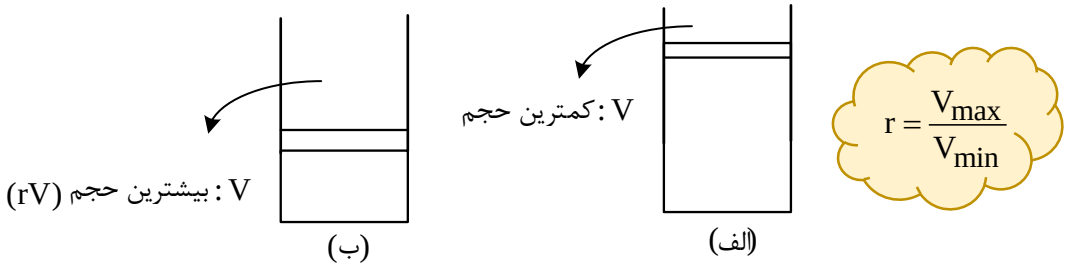
چون گرما از بیرون به دستگاه داده می‌شد به آن می‌گویند برون‌سوز. آب در دیگ بخار به جوش می‌آید سپس به درون سیلندر فرستاده شده و توسط تلمبه مابقی بخار به چگالنده فرستاده شده و مراحل دوباره تکرار می شود.



ماشین گرمایی درون‌سوز

در این ماشین‌ها، مخلوط هوا و بنزین در نقش دستگاهند. گرمای Q_H با آتش گرفتن و سوختن بنزین به دستگاه داده می‌شود. در واقع دستگاه خودش می‌سوزد و گرمای Q_H را تولید می‌کند ($Q_H > 0$). به همین خاطر به آن می‌گویند درون‌سوز.

نسبت تراکم: در شکل الف پیستون در بالاترین وضعیت خود قرار دارد در این حالت، حجم بالای پیستون کمینه و برابر V است. در شکل ب پیستون در پائین‌ترین وضعیت خود قرار دارد. حجم فضای بالای پیستون در این وضعیت rV است. به نسبت بیشترین حجم دستگاه به کمترین حجم آن نسبت تراکم (r) گویند.



مراحل کار:

الف) مکش: پیستون از بالا به پائین می‌آید و حجم محفظه از V به rV می‌رسد. سوپاپ ورودی باز شده و مخلوط هوا و بنزین وارد می‌شود.

ب) مرحله تراکم بی‌دررو: پیستون به سرعت بالا می‌رود و حجم دستگاه از rV به V می‌رسد. این فرآیند دارای سرعت زیاد است.

پ) مرحله آتش گرفتن: در مرحله‌ای که پیستون به بالاترین وضعیت می‌رسد شمع جرقه می‌زند و مخلوط آتش می‌گیرد.

ت) مرحله انجام کار (انبساط بی‌دررو): فشار زیاد مرحله قبل پیستون را به سرعت به پائین هل می‌دهد. به این مرحله ضربه قدرت گویند.

ث) مرحله تخلیه و خروج کامل گاز: وقتی که پیستون در پائین‌ترین وضعیت خود، (یعنی حجم rV) قرار دارد سوپاپ خروجی باز می‌شود و دود شروع به خروج می‌کند.

تست ۳۲:

در کدامیک از مراحل کار ماشین گرمایی درون‌سوز بنزینی، حجم محفظه استوانه (سیلندر از حداقل V به حداکثر (rV) افزایش می‌یابد؟

الف) مکش ب) تراکم پ) آتش گرفتن ت) انجام کار ث) تخلیه ج) خروج گاز کامل

۱) ب و ج ۲) الف و پ ۳) ب و پ ۴) الف و ت

پاسخ: گزینه ۴