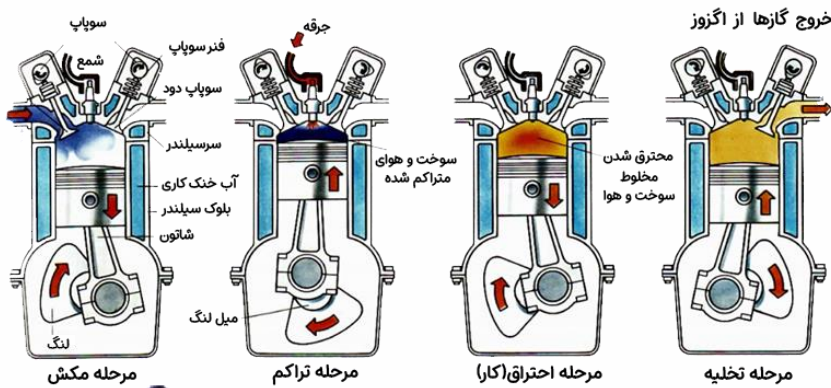




ترمودینامیک

ترمودینامیک شاخه‌ای از علوم است که به بررسی رابطه بین **گرما و کار و تبدیل گرما به کار مکانیکی** می‌پردازد. مثلاً برای درک بهتر، موتور یک ماشین بنزینی را در نظر بگیرید، در موتور یک خودرو، از واکنش بخار بنزین با اکسیژن، مقداری **انرژی گرمایی** تولید می‌شود، سپس گازی که داغ شده، پیستونها را درون سیلندرها به حرکت درآورده و **کار مکانیکی** انجام می‌شود، و این کار باعث جابه جایی خودرو می‌شود و در حین این کار بخشی از انرژی نیز **اتلاف** میشود.

همچنین باید بدانید موتور خودروها، هواپیماها، قطارها، کشتیها و نیروگاههای تولید برق براساس اصول ترمودینامیک طراحی و ساخته میشوند. مطالعه ترمودینامیک در قرن نوزدهم آغاز شده است. مهندسان طراح ماشینهای گرمایی میخواستند بدانند قوانین فیزیک چه محدودیتهایی در عملکرد ماشینهای بخار و ماشینهای دیگری که با استفاده از انرژی گرمایی، انرژی مکانیکی تولید میکنند، به وجود می‌آورند. پس همانطور که در آغاز این نوشتار گفتیم، ترمودینامیک به مطالعه رابطه بین گرما و کار و تبدیل گرما به کار مکانیکی میپردازیم. پایستگی انرژی و این واقعیت که گرما خود به خود از جسم سرد به جسم داغ منتقل نمیشود، بخشی از مبانی دانش ترمودینامیک را تشکیل میدهند.





چند اصطلاح و تعریف مقدماتی

در ترمودینامیک، فرایندهای فیزیکی به وسیله گروهی از کمیت‌های مشاهده پذیر یا ماکروسکوپی که حتماً شامل دماست، توصیف میشود؛ مثلاً وقتی که رفتار گازهای احتراقی در موتور یک خودرو را بررسی میکنیم، به کمک کمیت‌هایی مانند دما، فشار، حجم، گرمای ویژه و... رفتار گاز را توضیح میدهیم، بدون آنکه درگیر جزئیات رفتار تک تک مولکولهای گاز شود.

پیش از ورود به این فصل، و برای درک بهتر، چند تعریف مقدماتی برای شما در نظر گرفته شده، که به عنوان پیش نیاز باید به صورت کامل مطالعه نمایید

تعریف گاز کامل (آرمانی): گازی که خیلی خیلی رقیق باشد و فشار آن خیلی کم باشد و فاصله مولکولهای آن از هم خیلی زیاد باشد را گاز کامل میگوییم.

تعریف کمیت‌های ماکروسکوپی و میکروسکوپی: کمیت‌هایی که وضعیت ماده را در مقیاسهای بزرگ توصیف میکنند را ماکروسکوپی می‌گویند (مثل دما فشار حجم گرمای ویژه و...) در واقع کمیت ماکروسکوپی فقط وضعیت کلی را توصیف میکنند (توجه به کل!)

اما کمیت میکروسکوپی، کمیت‌هایی هستند که وضعیت تک تک ذرات یک دستگاه را توصیف میکنند. (یعنی توجه به جزء)

تعریف دستگاه و محیط: در مسایلی که در آنها با مبادله گرما سروکار داریم، تغییرات و تحولات جسم خاصی را میخواهیم بررسی کنیم (که معمولاً گاز یا مایع است)، که این جسم (مایع یا گاز مورد بررسی) را **دستگاه** مینامیم و تمام چیزهایی که در اطراف آن قرار دارد و می‌تواند با جسم تبادل انرژی داشته باشد، را **محیط** می‌نامیم. مثلاً در موتور خودرو، مخلوط هوا و بخار بنزین دستگاه نامیده می‌شود و سلیندر و پیستون و هوای اطراف را به عنوان محیط در نظر میگیریم.

حالت تعادل: یعنی فشار و دما در یک گاز مورد بررسی در یک فرایند ترمودینامیکی در نقاط مختلف یکسان آن گاز باشد، به عبارت دیگر یک دستگاه ترمودینامیکی در صورتی در حال تعادل است که مشخصه‌های قابل اندازه‌گیری آن مانند دما، فشار، حجم و... به طور خودبه‌خود تغییر نکند.

تعریف شرایط متعارفی: اگر گازی دارای فشار یک اتمسفر و دمای صفر درجه سانتی‌گراد) باشد میگوییم در شرایط متعارفی قرار دارد





تعریف گرما: گرما انرژی ای است که به علت اختلاف دما بین دو جسم مبادله می شود. به عبارت دیگر گرما، هنگامی بین محیط و دستگاه مبادله می شود که این دو با هم اختلاف دما داشته باشند. بنا به قرارداد، گرمایی را که دستگاه می گیرد، با علامت مثبت و گرمایی را که دستگاه از دست می دهد، با علامت منفی نشان می دهیم. حجم مولی یعنی چه؟ یک مول از هر گاز در شرایط متعارفی (یعنی دمای ۰ درجه سلسیوس و فشار یک اتمسفر) حجمی برابر با ۲۲/۴ لیتر به خود اختصاص می دهد که به آن حجم مولی می گویند.

تعریف منبع گرمایی: منبع گرما، جسمی است که اگر گرما از دست بدهد یا گرما بگیرد، دمای آن به طور قابل ملاحظه ای تغییر نکند؛ مثلا هوای اتاق را برای یک استکان چای داغ را می توان به عنوان منبع گرما در نظر گرفت زیرا با سرد شدن چای، دمای اتاق به طور قابل ملاحظه ای تغییر نمی کند.

منظور از مبادله کار در ترمودینامیک چیست؟

هرگاه در یک فرایند ترمودینامیکی حجم گاز (دستگاه) تغییر کند میگوییم بر روی دستگاه (گاز) کار انجام شده. در چنین حالتی علاوه بر آنکه ما (یعنی محیط) بر روی دستگاه (گاز) کار انجام داده ایم، دستگاه نیز به همان اندازه روی محیط کار انجام داده است که علامت کار آن قرینه علامت کار محیط است. $W_{\text{محیط}} = -W_{\text{دستگاه}}$

منظور از یک فرایند ترمودینامیکی چیست؟

ما وضعیت و حالت یک گاز را می توانیم برحسب متغیرهای حجم و دما و فشار بیان نماییم. مثلا بگوییم حجم گازی دو لیتر و فشار آن یک اتمسفر و دمای آن ۶۰۰ کلوین است حال اگر در اثر گرم شدن گاز یا جابه جا شدن پیستون حالت گاز تغییر کند و دما یا فشار یا حجم گاز عوض (دستگاه (گاز) از یک حالت به حالت دیگر برود)، می گوییم که یک فرایند ترمودینامیکی انجام شده است.

تست: کدام گزینه تعریف صحیح علم ترمودینامیک است؟

- (۱) ترمودینامیک تنها در مورد چگونگی تبادل کار، توسط یک سیستم با محیط اطراف خود بحث می نماید.
- (۲) ترمودینامیک تنها در مورد چگونگی تبادل گرما، توسط یک سیستم با محیط اطراف خود بحث می کند.
- (۳) ✓ ترمودینامیک چگونگی تبادل گرما و کار در یک سیستم از دیدگاه میکروسکوپی با محیط اطراف را بررسی می کند
- (۴) ترمودینامیک چگونگی تبادل گرما و کار در یک سیستم از دیدگاه میکروسکوپی با محیط اطراف را بررسی می کند.





قانون گازهای کامل

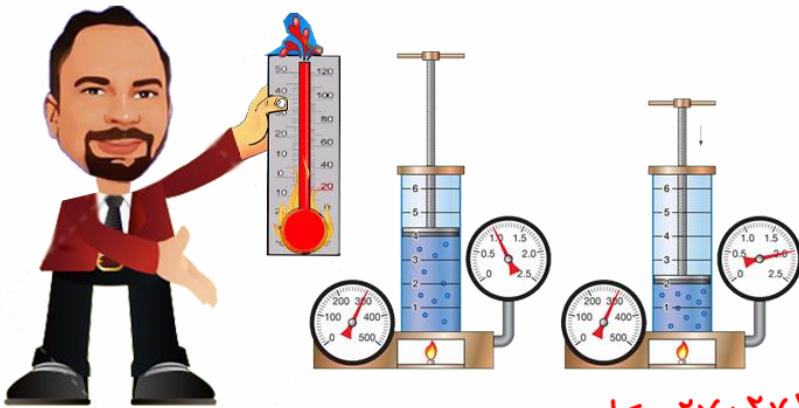
(این بخش مربوط به فصل قبل یعنی گرماسط که به همراه ترمودینامیک تدریس می‌گردد)

برای بررسی رفتار گاز میتوان مقداری گاز را درون یک استوانه قرار داد و در هر لحظه دما فشار و حجم آن را اندازه‌گیری کرد. دانشمندانی مانند بویل، ماریوت، شارل، گی لوساک تلاشهای بسیاری کرده اند تا رابطه بین فشار، حجم، دما و مقدار گاز درون یک محفظه را بیابند.

گازی را کامل می‌گویند که تنها بین مولکولهای آن انرژی جنبشی برقرار باشد که این عمل توسط رقیق نمودن گاز صورت می‌پذیرد در این حالت فاصله‌ی بین مولکولها زیاد می‌شود تا بر روی هم تأثیر نگذارند. در این حالت رفتار گاز

از رابطه‌ی حالت $\frac{PV}{T} = nR$ تبعیت می‌نماید. که آن P فشار برحسب پاسگال، V حجم بر حسب مترمکعب و T دما برحسب درجه کلونین می‌باشد. n تعداد مولهای ماده و R ثابت گازها برحسب ژول بر مول درجه کلونین می‌باشد.

در یک گاز کامل دو رابطه زیر برقرار است:



$n = \frac{m}{M}$
 $PV = nRT$ ← با ماکال
 ← متر مکعب

$$\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2}$$

$Lit \times 10^{-3} \rightarrow m^3$

$K = 27 + 273 = 300$

تست: جرم $\frac{8}{3}$ لیتر هلیوم در فشار 6×10^5 پاسکال و دمای 27 درجه سانتی‌گراد چند گرم است؟ (جرم مولکولی هلیوم برابر $4 \frac{gr}{mol}$ و $R = \frac{8}{3}$ است)

$PV = nRT$
 $(6 \times 10^5) (\frac{8}{3} \times 10^{-3}) = n (\frac{8}{3}) 300$

$n = \frac{600}{300} = 2$
 $n = \frac{m}{M} \Rightarrow m = 1$

تست: اگر حجم مقدار معینی گاز کامل 240 درصد افزایش و فشار آن 20 درصد کاهش یابد، دمای گاز چگونه تغییر می‌کند؟

$V_2 = V_1 + \frac{240}{100} V_1 \Rightarrow V_2 = 2.4 V_1$

$P_2 = P_1 - \frac{20}{100} P_1 \Rightarrow P_2 = 0.8 P_1$

(۱) 272 درصد افزایش می‌یابد.

(۲) 72 درصد افزایش می‌یابد.

(۳) 172 درصد افزایش می‌یابد.

(۴) 272 درصد کاهش می‌یابد.

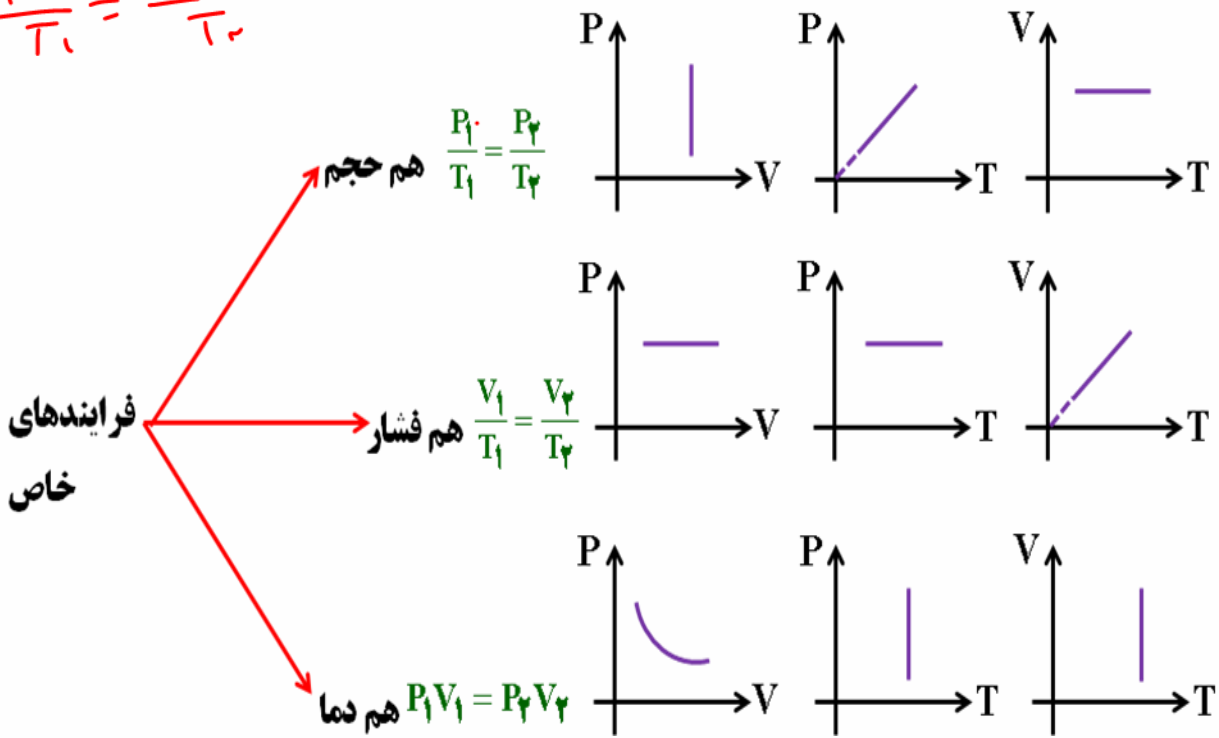
$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$
 $\frac{1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{P_1 V_1 T_2}$
 $\frac{1}{T_1} = \frac{0.8 \times 2.4 V_1}{1 \times V_1 T_2}$
 $\frac{1}{T_1} = \frac{1.92}{T_2}$
 $T_2 = 1.92 T_1$
 $T_2 = 1.92 \times 100 = 192$



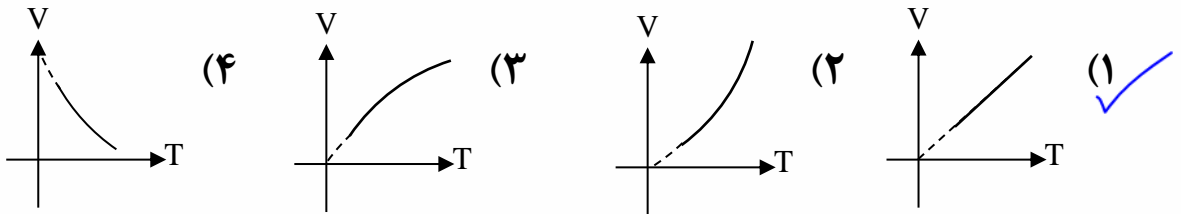


$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

نمودار و فرمول چند فرایند خاص (در سطح مقدماتی)



تست: کدام نمودار، تغییرات حجم گاز (در فشار ثابت) را نسبت به دمای مطلق نشان می‌دهد؟



تست: یک حباب هوا وقتی که از ته دریاچه به سطح آب می‌آید حجمش ۷۰۰ درصد افزایش می‌یابد در

صورتیکه فشار هوا در سطح آب یک جو و چگالی آب ۱ گرم بر سانتیمتر مکعب باشد، عمق دریاچه

تقریباً چند متر است؟ (دما ثابت است، $g=10\text{N/kg}$)

$$V + \frac{P_1 V_1}{P_2} = 8V$$



$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$(P_0 + \rho g h) V_1 = P_0 V_2$$

$$10000(10)h + P_0 = 1 P_0$$

$$100000h = P_0 - P_0$$

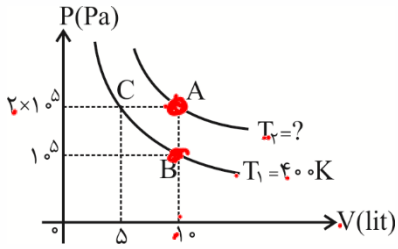
$$h = 70$$





تمرین: فرآیند آرمانی و همدمای مقداری گاز کامل در دمای $T_1=400$ و T_2 کلون به شکل زیر است.

مقدار T_2 چند کلون است؟



پاسخ: کافیت فرمول $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$ را بین نقاط A و B بنویسیم:

$$\frac{P_A V_A}{T_A} = \frac{P_B V_B}{T_B}$$

$$V_A = V_B \Rightarrow \frac{P_A}{T_A} = \frac{P_B}{T_B} \Rightarrow \frac{2 \times 10^5}{T_A} = \frac{10^5}{400} \Rightarrow T_A = 800 \text{ K}$$

تست: درون مخزنی، مقدار معینی گاز کامل وجود دارد. با باز کردن شیر مخزن، ۳۰ درصد گاز داخل آن را خارج می‌کنیم. اگر طی این تغییر، فشار گاز ۴۰ درصد کاهش یابد، دمای مطلق آن تقریباً چند درصد و چگونه تغییر می‌کند؟

(۱) ۱۴/۲ کاهش می‌یابد. (۲) ۱۷/۲۵ افزایش می‌یابد.

(۳) ۱۴/۲ افزایش می‌یابد. (۴) ۱۷/۲۵ کاهش می‌یابد.

با باز کردن شیر و خروج گاز، حجم تغییر نمی‌کند ولی جرم گاز و در نتیجه مول آن ۳۰ درصد کم شده و به ۷۰ درصد مقدار اولیه می‌رسد، و فشار نیز ۴۰ درصد کم شده و به ۶۰ درصد مقدار اولیه اش می‌رسد پس داریم:

$$\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2}$$

$$\frac{P_1 V}{n_1 T_1} = \frac{60}{100} \frac{P_1 V}{70 n_1 T_2} \quad \frac{T_2}{T_1} = \frac{6}{7} \text{ برابر} \quad \text{درصد تغییر} = \left(\frac{6}{7} - 1\right) \times 100 = -14.2 \text{ کاهش}$$

گزینه ۱

(H)

تست: اگر حجم مقدار معینی گاز کامل ۴۰٪ افزایش و فشار آن ۲۰٪ کاهش یابد. دمای گاز چگونه تغییر می‌کند؟

(۲) ۱۲٪ افزایش می‌یابد.

(۱) ۶۸٪ افزایش می‌یابد.

(۴) ۲۸٪ کاهش می‌یابد.

(۳) ۵۲٪ کاهش می‌یابد.





$$P = \frac{m}{V}$$

$$\rho = \frac{PM}{RT}$$

چگالی گاز کامل

اثبات

$$PV = nRT$$

$$PV = \frac{m}{M} RT \Rightarrow P = \frac{m}{M} \frac{RT}{V}$$

چگالی یک گاز کامل از رابطه‌ی روبرو محاسبه می‌گردد:

$$P = \frac{m}{M} \frac{RT}{V} \Rightarrow \rho = \frac{PM}{RT}$$

$$\rho = \frac{PM}{RT}$$

تست: چگالی گاز کاملی در دمای صفر درجه ی سلسیوس و فشار یک جو برابر ۱/۴ کیلوگرم بر مترمکعب است. چگالی این گاز در فشار ۲ جو و دمای ۲۷۳ درجه سلسیوس چند کیلوگرم بر مترمکعب است؟

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{\frac{P_2 M}{R T_2}}{\frac{P_1 M}{R T_1}} = \frac{P_2 T_1}{P_1 T_2}$$

$\rho_1 = 1/4$ (۱) $\rho_2 = ?$ (۲) $P_1 = 1$ (۳) $P_2 = 2$ (۴) $T_1 = 273$ (۵) $T_2 = 0$ (۶)

$$\rho_2 = \frac{2 \times 273}{1 \times 0} = 1/4$$

مخلوط گازهای کامل (قانون دالتون)

فرض کنیم گاز کامل (۱) با فشار P_1 ، حجم V_1 ، و دمای T_1 با گاز کامل (۲) با فشار P_2 ، حجم V_2 ، و دمای T_2 مخلوط شوند و یک گاز با فشار P ، حجم V و دمای T تشکیل دهند. در اینصورت رابطه‌ی روبرو برقرار است:

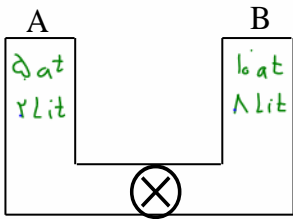
$$\frac{PV}{T} = \frac{P_1 V_1}{T_1} + \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$PV = nRT$$

$$n = \frac{PV}{RT}$$

$$\frac{PV}{RT} = \frac{P_1 V_1}{R T_1} + \frac{P_2 V_2}{R T_2} + \dots$$

تست: در شکل مقابل فشار گاز و حجم ظرف A به ترتیب برابر ۵ اتمسفر و ۲ لیتر و فشار گاز و حجم ظرف B برابر ۱۰ اتمسفر و ۸ لیتر است. اگر دمای دو ظرف برابر باشد، وقتی شیر رابط بین دو ظرف را باز کنیم، فشار نهایی درون ظرف چند اتمسفر می‌شود؟



$$n_{\text{total}} = n_A + n_B$$

$$\frac{P_{\text{total}} V_{\text{total}}}{T} = \frac{P_A V_A}{T} + \frac{P_B V_B}{T}$$

$$P_{\text{total}} = 9 \text{ at}$$

تست: درون ظرفی به حجم ۴۴/۸ لیتر مقدار ۸ گرم هیدروژن و ۲۸ گرم نیتروژن در دمای صفر درجه

سلسیوس وجود دارد، فشار مخلوط این دو گاز چند اتمسفر است؟

$$n_H = \frac{m}{M} = \frac{8}{2} = 4$$

$$n_N = \frac{m}{M} = \frac{28}{28} = 1$$

$$n_{\text{total}} = 4 + 1 = 5$$

$$PV = nRT$$

$$P = \frac{nRT}{V} = \frac{5 \times R \times 273}{44.8}$$

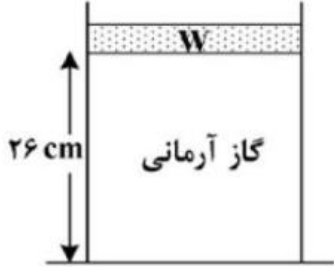
$$P = 2.5$$





Homework 1

- ۱) مطابق شکل، زیر پیستون آزاد به وزن $W = 40\text{ N}$ گاز آرمانی قرار دارد و فشار هوا 10^5 پاسکال است. روی پیستون وزنه 80 نیوتونی قرار می‌دهیم، در دمای ثابت، وزنه 4 cm پایین می‌آید و دوباره به حال تعادل قرار می‌گیرد. سطح قاعده پیستون چند سانتی‌متر مربع است؟



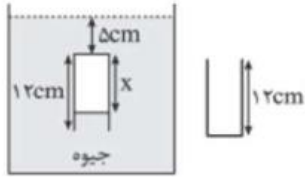
- ۱) 60 ۲) 40 ۳) 30 ۴) 20

- ۲) در کپسولی به حجم 200 لیتر، مقداری گاز اکسیژن در فشار 12 اتمسفر و دمای 27°C موجود است و بیشترین فشار قابل تحمل توسط کپسول $13/5$ اتمسفر است. اگر دمای گاز داخل کپسول به 102°C برسد، حداقل چند گرم، گاز باید از کپسول خارج شود تا کپسول آسیبی نبیند؟

$$(M_{O_2} = 32\text{ g}, 1\text{ atm} = 10^5\text{ Pa}, R = 8 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}})$$

- ۱) 160 ۲) 250 ۳) 320 ۴) 500

- ۳) مطابق شکل یک لوله استوانه‌ای یک انتها بسته به طول 12 cm را درون ظرف جیوه به طور وارونه فرو می‌بریم. اگر فشار هوای محیط خارج برابر با 75 cmHg باشد، فشار هوای درون لوله چند cmHg می‌شود؟ (دما ثابت است.)



- ۱) 80 ۲) 85 ۳) 90 ۴) 95

- ۴) چگالی یک گاز کامل در دمای $80/6$ درجه‌ی فارنهایت و فشار 5 اتمسفر برحسب واحد SI در کدام گزینه به درستی آمده است؟

$$(1\text{ atm} = 10^5\text{ Pa}, R = 8 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}, M_{\text{گاز}} = 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}})$$

- ۱) $\frac{20}{3}$ ۲) $\frac{10}{3}$ ۳) $\frac{200}{3}$ ۴) $\frac{100}{3}$

- ۵) بالنی محتوی 400 cm^3 هیدروژن با فشار $218/4\text{ cm. Hg}$ در دمای صفر درجه سلسیوس است. بالن را رها می‌کنیم تا در هوا بالا رود. در ارتفاعی که فشار هوا 8 سانتی‌متر جیوه و دما -91 درجه سلسیوس است، حجم بالن چقدر است؟

- ۱) 8560 cm^3 ۲) 7280 cm^3 ۳) 7000 cm^3 ۴) 5670 cm^3

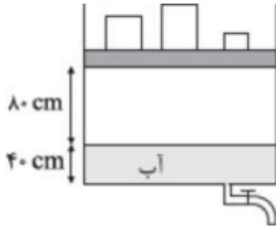




۶ در رابطه قانون عمومی گازها $P \cdot V = nRT$ یکای R برحسب یکای اصلی در SI کدام است؟

- ۱ $\frac{\text{kgm} \cdot \text{s}^2}{\text{mol} \cdot \text{K}}$ ۲ $\frac{\text{kgm}^2}{\text{s} \cdot \text{mol} \cdot \text{C}}$ ۳ $\frac{N \cdot m}{\text{s}^2 \cdot \text{mol} \cdot \text{K}}$ ۴ $\frac{\text{kgm}^2}{\text{s}^2 \cdot \text{mol} \cdot \text{K}}$

۷ در شکل مقابل مقداری گاز کامل زیر پیستون که جرم آن ناچیز است، محبوس است. جرم کل وزنه‌های روی پیستون 20 kg و مساحت مقطع استوانه 20 cm^2 است. شیر آب را برای مدتی باز می‌کنیم تا نیمی از آب درون مخزن تخلیه شود. اگر بخواهیم پیستون جابه‌جا نشود چه کار باید بکنیم؟ (پیستون می‌تواند آزادانه حرکت کند و $P_0 = 10^5 \text{ Pa}$ و دما ثابت است.)



- ۱ ۸ کیلوگرم از جرم وزنه‌ها بکاهیم. ۲ ۱۲kg از جرم وزنه‌ها بکاهیم.
 ۳ ۸ کیلوگرم به جرم وزنه‌ها اضافه کنیم. ۴ ۱۲kg به جرم وزنه‌ها اضافه کنیم.

۸ درون یک مخزن ۵ مول گاز کامل در دمای 47°C و فشار 4 atm موجود است. برای مدت کوتاهی شیر مخزن را باز می‌کنیم تا از گاز خارج شده و دوباره آن را می‌بندیم. اگر پس از به تعادل رسیدن فشار مخزن 3 atm و دمای آن 27°C شود، چند مول گاز از مخزن خارج شده است؟

- ۱ ۱ ۲ ۲ ۳ ۳ ۴ ۴

۹ مخزنی حاوی مقدار معینی گاز کامل در فشار 120 mmHg و دمای 27°C می‌باشد. چند درصد از گاز درون مخزن را خارج کنیم تا فشار نهایی مخزن 80 mmHg و دمای آن به 227°C برسد؟

- ۱ ۶۰ ۲ ۴۰ ۳ ۲۰ ۴ ۸۰

۱۰ یک مخزن فلزی با حجم $16/6 \text{ L}$ حاوی مقدار معینی گاز کامل با فشار 200 kPa در دمای -73°C است. اگر در دمای ثابت، دو مول دیگر از همین گاز به مخزن اضافه کنیم، فشار گاز درون مخزن چند کیلوپاسکال تغییر می‌کند؟

$$\left(R = \frac{8}{3} \frac{J}{\text{mol} \cdot K} \right)$$

- ۱ ۱۰۰ ۲ ۲۰۰ ۳ ۴۰۰ ۴ ۸۰۰

۱۱ مطابق شکل مقابل، گاز اکسیژن در مای 87°C زیر پیستون قرار دارد و شیر مخزن بسته است. اگر شیر مخزن را باز کرده و بعد از مدتی ببندیم، پیستون 6 cm پایین آمده و دمای گاز به 27°C رسیده و گاز به تعادل می‌رسد. جرم گاز باقی مانده در مخزن، چند برابر گاز اولیه است؟ (اصطکاک ناچیز است)



- ۱ $\frac{2}{3}$ ۲ $\frac{3}{4}$ ۳ $\frac{4}{5}$ ۴ $\frac{5}{6}$





۱۲) یک حباب هوا از عمق ۳۵ متری دریاچه‌ای با دمای $6^\circ C$ به سطح دریاچه با دمای $37^\circ C$ می‌رسد. با توجه به این‌که چگالی آب دریاچه در سراسر عمق آن ثابت و $1 \frac{g}{cm^3}$ و فشار هوا در سطح دریاچه 10^5 پاسکال است، حجم این حباب در سطح دریاچه چند برابر حجم آن در عمق ۳۵ متری می‌شود؟ $(g = 10 \frac{m}{s^2})$

۷ (۴)

۵ (۳)

۴/۵ (۲)

۳/۵ (۱)

۱۳) مخزنی با حجم ثابت ۱۴ لیتر محتوی مخلوطی از ۶ گرم گاز هیدروژن و ۱۱۲ گرم گاز نیتروژن ۲۷ درجه‌ی سلسیوس است. فشار مخلوط گازها چند اتمسفر است؟

$$\left(M_{N_2} = 28 \frac{g}{mol} \text{ و } M_{H_2} = 2 \frac{g}{mol}, 1 \text{ atm} = 10^5 \text{ pa}, R = 8 \frac{J}{mol \cdot K} \right)$$

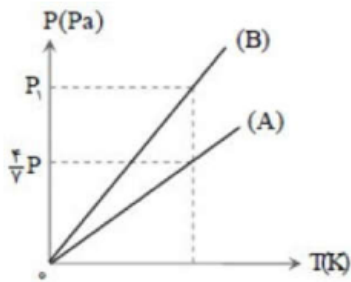
۱۲ (۴)

۹ (۳)

۸ (۲)

۶ (۱)

۱۴) اگر نمودار $(P - T)$ برای ۵ مول گاز کامل A به حجم ۱۰ لیتر و n مول گاز کامل B به حجم ۱۶ لیتر به صورت شکل زیر باشد، n کدام است؟



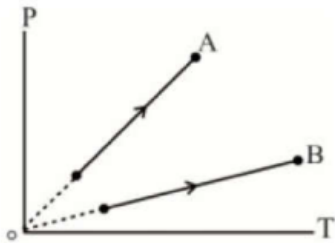
۲۸ (۴)

۲۰ (۳)

۱۴ (۲)

۱۰ (۱)

۱۵) در شکل مقابل که نمودار $P - T$ مقادیر معینی از دو گاز کامل A و B است، شیب A، ۲ برابر شیب B است. اگر تعداد مول‌های گاز A، $\frac{1}{3}$ برابر تعداد مول‌های گاز B باشد، نسبت $\frac{V_A}{V_B}$ کدام است؟

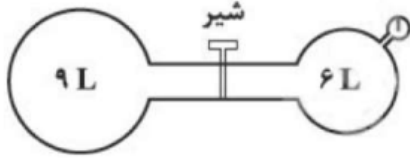
 $\frac{3}{2}$ (۴) $\frac{2}{3}$ (۳)

۶ (۲)

 $\frac{1}{6}$ (۱)



۱۶ در شکل زیر، فشارسنج متصل به مخزن ۶ لیتری، فشار ۱۵ سانتی‌متر جیوه را در دمای $27^{\circ}C$ نشان می‌دهد. اگر شیر را باز کنیم تا مخزن ۹ لیتری خالی به مخزن ۶ لیتری متصل شود. بعد از به تعادل رسیدن گازها، فشارسنج عدد -15 cmHg را نشان می‌دهد. در این حالت، دما به چند درجه‌ی سلسیوس رسیده است؟ ($P_0 = 75 \text{ cmHg}$)

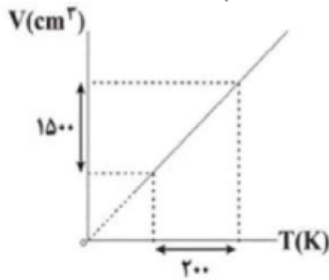


- ۱) ۲۲۷ ۲) ۲۷ ۳) ۵۰۰ ۴) ۲۷۳

۱۷ لاستیک یک اتومبیل حاوی مقدار معینی هوا است. هنگامی که دمای هوا $17^{\circ}C$ است، فشارسنج، فشار لاستیک را ۲ اتمسفر نشان می‌دهد، پس از یک رانندگی بسیار سریع، فشار هوای لاستیک دوباره اندازه‌گیری می‌شود. اکنون فشارسنج ۳/۳ اتمسفر را نشان می‌دهد. دمای هوای درون لاستیک در این وضعیت چند درجه‌ی سانتی‌گراد است؟ (حجم لاستیک را ثابت و فشار جو را یک اتمسفر در نظر بگیرید.)

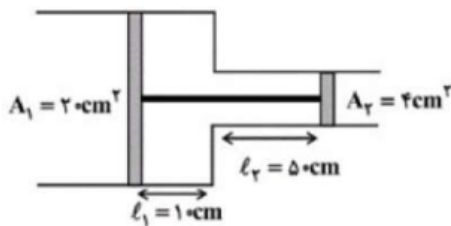
- ۱) ۶۰/۵ ۲) ۱۰۴ ۳) ۴۶ ۴) ۱۸/۷

۱۸ نمودار حجم برحسب دمای مقدار معینی گاز کامل در فشار 4 atm مطابق شکل زیر است. حجم این گاز در فشار 6 atm و دمای 300 K چند سانتی‌متر مکعب است؟ ($1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa}$, $R = 8 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$)



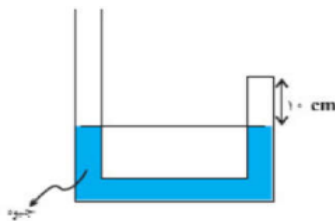
- ۱) ۴۰۰۰ ۲) ۲۵۰۰ ۳) ۲۰۰۰ ۴) ۱۵۰۰

۱۹ مطابق شکل زیر، دو پیستون توسط میله‌ای به یکدیگر متصل بوده و در سیلندر بدون اصطکاکی در حالت تعادل قرار دارند. اگر دمای مطلق گاز آرمانی بین دو پیستون را دو برابر کنیم و منتظر بمانیم تا پیستون‌ها دوباره به تعادل برسند، پیستون‌ها چند سانتی‌متر جابه‌جا می‌شوند؟ (حجم و افزایش طول میله‌ای که دو پیستون را به هم متصل می‌کند را نادیده بگیرید.)



- ۱) ۲۰ ۲) ۱۵ ۳) ۲۵ ۴) ۱۰


۲۰ در شکل زیر مقداری گاز کامل در دمای $107^{\circ}C$ درجه‌ی سلسیوس در شاخه‌ی سمت راست توسط جیوه محبوس شده است، دمای گاز محبوس را چند درجه‌ی سلسیوس افزایش دهیم تا اختلاف ارتفاع سطح جیوه در دو شاخه 4 cm شود؟ (دمای جیوه ثابت، فشار هوا در محل 76 cmHg و سطح مقطع دو شاخه یکسان است.)



- ۱) ۸۰ ۲) ۱۰۰ ۳) ۱۰۷ ۴) ۲۰۷





تبادل انرژی و کار 

ω ϕ

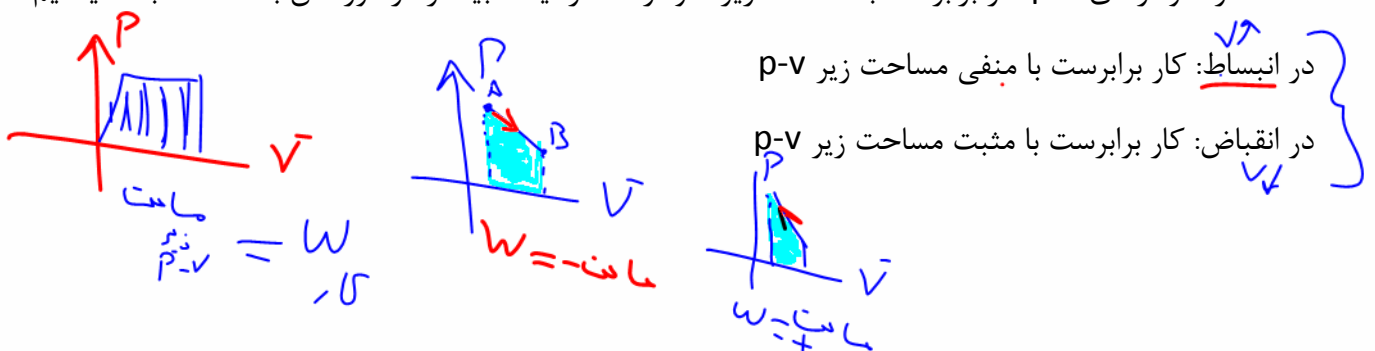
تبادل انرژی بین محیط و دستگاه از دو طریق **گرما** و **کار** صورت می‌گیرد و معمولاً فرض می‌شود که دستگاه در حین تبادل گرما، در تماس با یک **منبع گرما** است.

گرما: گرما انرژی ای است که به سبب اختلاف دما، بین دو جسم مبادله می‌شود. محیط و دستگاه نیز هنگامی مبادله گرما دارند که با هم اختلاف دما داشته باشند. بنا به قرارداد گرمایی را که دستگاه می‌گیرد، با علامت مثبت، و گرمایی را که دستگاه از دست می‌دهد، با علامت منفی نشان می‌دهیم. در ترمودینامیک دستگاه با یک منبع گرما مبادله گرما می‌کند.

منبع گرما: منبع گرما، جسمی است که اگر گرما از دست بدهد یا گرما بگیرد، دمای آن به طور قابل ملاحظه ای تغییر نکند به عنوان مثال هرگاه یک استکان چای داغ را در هوای اتاق بگذاریم، پس از مدتی چای خنک شده و دمایش با دمای هوا برابر می‌شود، بی آنکه دمای هوای اتاق تغییر محسوسی کند. در این مثال، به هوای اتاق را برای چای، اصطلاحاً منبع گرما می‌گویند.

کار: فرض کنید گازی را درون یک استوانه ی پیستون دار قرار دارد، اگر گاز را کمی گرم کنیم، گاز منبسط می‌شود و پیستون که اصطکاک ناچیزی دارد حرکت کرده و جابه جا می‌گردد. بنابراین کاری انجام شده است. در این جابجایی نیروی F که گاز به پیستون وارد می‌کند، کار انجام می‌دهد. مقدار این کار برابر با حاصل ضرب بزرگی نیروی F در اندازه جابه جایی پیستون است. در این فرایند پیستون نیز روی گاز کار انجام می‌دهد که این کار برابر با قرینه کار ما روی پیستون می‌باشد.

نکته: در نمودارهای $p-v$ کار برابرست با مساحت زیر نمودار که در آینده بیشتر در مورد آن با شما صحبت میکنیم





بررسی تغییرات انرژی درونی و قانون اول ترمودینامیک

$$\Delta U = \frac{W}{V} n R \Delta T$$

$$U \propto T$$

$$\Delta U \propto \Delta T$$

$$\Delta U = Q + W$$

انرژی درونی برابر با مجموع انرژی ذرات تشکیل دهنده یک ماده است که در یک گاز کامل انرژی درونی به دمای مطلق (دمای کلونی) بستگی دارد. هنگامی که دستگاه (گاز) در یک فرایند ترمودینامیکی با مبادله کار، گرما یا هر دو با محیط از یک حالت اولیه با انرژی درونی U_1 ، به یک حالت دیگر می رود ممکن است انرژی درونی آن تغییر کند و مثلاً به مقدار U_2 برسد. تغییر انرژی درونی، یعنی $\Delta U = U_2 - U_1$ ، به گرما و کار مبادله شده بین دستگاه و محیط ارتباط دارد. این ارتباط، موضوع قانون اول ترمودینامیک است. این قانون در واقع همان قانون پایستگی انرژی است که در مورد فرایندهای ترمودینامیکی به کار می رود

اگر دستگاه در فرایندی، گرمای Q را بگیرد و کار W بر روی آن انجام شود، تغییر انرژی درونی آن بر طبق این قانون با رابطه زیر نشان داده می شود

$$\Delta U = W + Q \quad \text{قانون اول ترمودینامیک :}$$

این رابطه که بیان می دارد انتقال انرژی بین دستگاه و محیط از طریق تبادل کار و گرما صورت می گیرد، قانون اول ترمودینامیک نامیده می شود. در این رابطه، Q می تواند مثبت (دستگاه گرما بگیرد) یا منفی (دستگاه گرما از دست بدهد) باشد W . نیز می تواند مثبت (محیط روی دستگاه کار انجام دهد) یا منفی (دستگاه روی محیط کار انجام دهد) باشد. بنابراین، هنگامی که دستگاه با محیط تبادل کار و گرما دارد، ممکن است انرژی درونی آن افزایش ($\Delta U > 0$) یا کاهش ($\Delta U < 0$) یابد یا اینکه تغییر نکند

تمرین: در یک فرایند ترمودینامیکی گاز 550 J گرما از محیط می گیرد و انبساط می یابد. اگر کاری که دستگاه روی محیط انجام می دهد 200 J باشد، تغییر انرژی درونی دستگاه چقدر است؟

پاسخ: چون دستگاه از محیط گرما گرفته است $Q = +550 \text{ J}$ و چون کار دستگاه روی محیط 200 J است پس کار محیط روی دستگاه $W = -200 \text{ J}$ می شود. با استفاده از قانون اول ترمودینامیک داریم:

$$\Delta U = Q + W = +550 \text{ J} + (-200 \text{ J}) = 350 \text{ J}$$

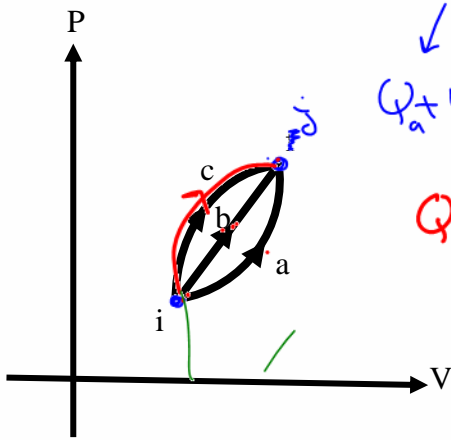




$$\Delta U = \varphi + W$$

نست: مطابق نمودار زیر، گاز کاملی از سه مسیر a b c از حالت i به j میرود، در خصوص تغییر انرژی درونی

و گرمایی که گاز میگیرد کدام گزینه صحیح است؟



$$\Delta U_a = \Delta U_b$$

$$\varphi_a + W_a = \varphi_b + W_b$$

$$Q_c > \varphi_b > \varphi_a > 0$$

$$Q_c > Q_b > Q_a > 0 \quad (1) \quad \checkmark$$

$$Q_a > Q_b > Q_c > 0 \quad (2)$$

$$\Delta U_a = \Delta U_b = \Delta U_c < 0 \quad (3)$$

$$\Delta U_a = \Delta U_b = \Delta U_c = 0 \quad (4)$$

ما میدونیم که $\Delta U = Q + W$

و از اونجایی که ابتدا و انتهای فرایندها باهم یکسان هست پس ΔU ها باهم برابرند

$$\Delta U_a = \Delta U_b = \Delta U_c$$

$$Q + W = Q + W$$

و میدونیم که کار برابر با مساحت زیر نمودار pV هست و چون به علت انبساط همه کارها منفی هستند پس اونی که مساحت

زیر نمودارش بزرگتر باید Q بزرگتری داشته باشه تا تساوی بالا برقرار باشه بنابراین گزینه ۱ درست هست





Homework 2

۱) گاز کامل موجود در محفظه‌ای را طی یک فرایند ایستاوار در فشار ثابت $3 \times 10^5 \text{ Pa}$ سرد می‌کنیم و حجم آن از 8 L به 3 L می‌رسد. اگر گاز در این فرایند، 3200 J گرما از دست بدهد، انرژی درونی آن چند ژول کاهش می‌یابد؟

۱۷۰۰ (۴)

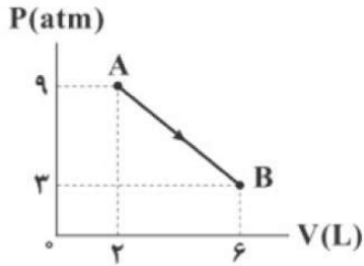
۱۵۰۰ (۳)

۱۳۰۰ (۲)

۸۰۰ (۱)

۲) نمودار $P - V$ نیم مول گاز کامل در فرایند AB ، مطابق شکل زیر است. دمای گاز در فرایند A تا B چگونه تغییر می‌کند؟

$$\left(1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa}, R = 8 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \right)$$



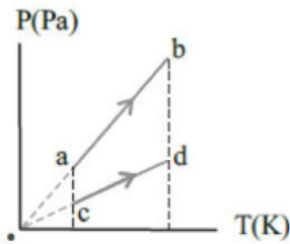
۲) ثابت می‌ماند.

۱) افزایش می‌یابد.

۴) ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.

۳) ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

۳) شکل زیر نمودار $(P - T)$ یک مول گاز کامل را طی دو فرایند مجزای ab و cd نشان می‌دهد. به ترتیب از راست به چپ حجم گاز و تغییر انرژی درونی گاز در فرایند ab نسبت به فرایند cd چگونه است؟



۴) کمتر - کمتر

۳) کمتر - برابر

۲) بیشتر - برابر

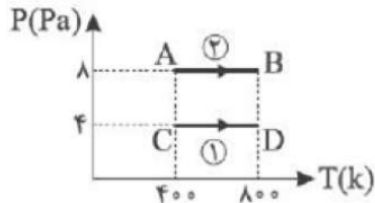
۱) بیشتر - بیشتر





۴ نمودار فشار-دمای یک گاز کامل در دو حالت مطابق شکل زیر رسم شده است. چه تعداد از عبارتهای زیر نادرست است؟

- الف- کار هر دو فرآیند با یکدیگر برابر است.
- ب- گرمای تبادل شده در هر دو فرآیند با یکدیگر برابر است.
- ج- حجم نقطه B با C برابر است.
- د- تغییرات حجم هر دو فرآیند با یکدیگر برابر است.
- ه- تغییرات انرژی درونی هر دو فرآیند با هم برابر است.



- ۱) صفر ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) ۵

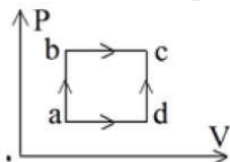
۵ اگر در یک فرایند ایستاوار هم‌دما، در شرایطی که میزان گاز کامل ثابت می‌ماند، چگالی آن نصف شود، انرژی درونی گاز نسبت به حالت اول چند برابر می‌شود؟

- ۱) $\frac{1}{2}$ ۲) ۱ ۳) $\frac{3}{2}$ ۴) ۲

۶ کدامیک از گزینه‌های زیر نادرست است؟

- ۱) مخلوط آب و یخ در مقایسه با یخ صفر درجه‌ی سلسیوس، منبع گرمایی بهتری است.
- ۲) متغیرهای ترمودینامیکی فشار، حجم و دما مستقل از یکدیگرند.
- ۳) گرمای ویژه، کمیتی ماکروسکوپیک است.
- ۴) برای مقدار معینی گاز کامل، نسبت $\frac{PV}{T}$ مقداری ثابت و مستقل از نوع گاز است.

۷ یک گاز کامل تک اتمی از دو مسیر abc و adc به حالت c می‌رود. کدامیک از گزینه‌های زیر صحیح است؟

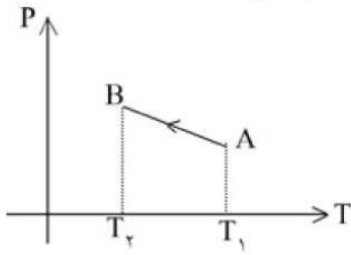


- ۱) گرمایی که گاز در هر دو مسیر می‌گیرد، یکسان است.
- ۲) گرمایی که گاز در مسیر adc می‌گیرد، بیشتر از گرمایی است که در مسیر abc می‌گیرد.
- ۳) کار انجام شده توسط گاز در مسیر abc، بیشتر از کار انجام شده در مسیر adc است.
- ۴) تغییر انرژی درونی گاز در مسیر abc بیشتر از تغییر انرژی درونی گاز در مسیر adc است.





۸ نمودار $(P - T)$ یک مول گاز کامل مطابق شکل است. کدام عبارت برای فرآیند AB الزاماً درست است؟



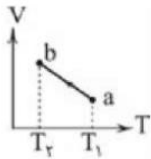
- ۱ کار انجام شده روی گاز منفی است. ۲ انرژی درونی گاز افزایش یافته است.
 ۳ گاز گرما گرفته است. ۴ حجم گاز کاهش یافته است.

۹ در شکل زیر، پیستون طی یک فرآیند ایستاوار به طرف بالا حرکت می‌کند. کدام گزینه درست است؟ (W' کار دستگاه روی محیط و W کار محیط روی دستگاه است.)



- ۱ $W > 0$ ۲ $W = W'$
 ۳ $W' < 0$ ۴ $W + W' = 0$

۱۰ نمودار $V-T$ در یک مول گاز کامل مطابق شکل است. کدام عبارت در مورد فرآیند ab صحیح است؟



- ۱ انرژی درونی گاز افزایش یافته است. ۲ کار انجام شده روی گاز مثبت است.
 ۳ فشار گاز کاهش یافته است. ۴ چگالی گاز افزایش یافته است.



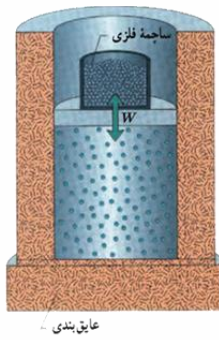


فرآیندهای خاص

در یک فرایند ترمودینامیکی گاز کامل می تواند فرایندهای مختلفی را طی کند. در بین این فرایندها، فرایندهای خاصی وجود دارد که کاربرد آنها گسترده تر بوده و ما ضمن بررسی آنها، فرمول های کارانجام شده و گرمای مبادله شده و نمودار های مربوط به آنها را باید فرا بگیریم این حالتها را خاص عبارتند از:

- ۱- هم حجم
- ۲- هم فشار
- ۳- هم دما
- ۴- بی دررو

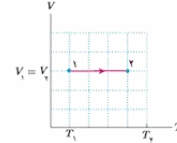
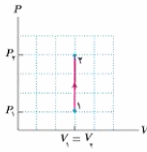
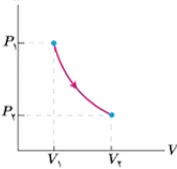
که ما در ادامه به توصیف این فرایندها میپردازیم



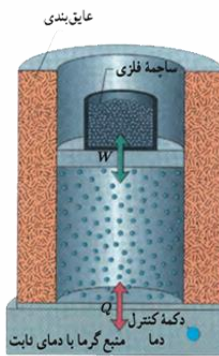
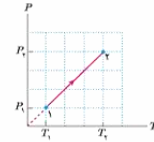
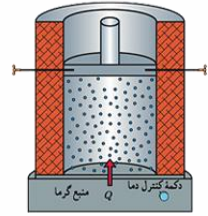
فرایند بی دررو

$$\Delta U = Q + W = 0 + W$$

$$\Delta U = W$$



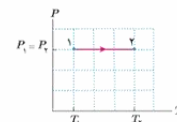
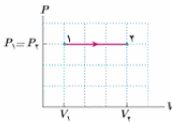
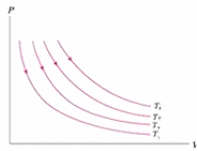
فرایند هم حجم



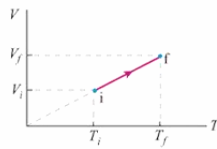
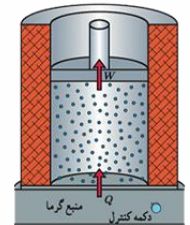
فرایند هم دما

$$\Delta U = Q + W = 0$$

$$Q = -W$$



فرایند هم فشار





نکات مربوط به فرآیند هم حجم



حجم گاز طی این فرآیند ثابت نگه داشته می شود و بنابراین، کار صفر است. در این فرآیند گاز با محیط فقط تبادل گرما می کند. به این منظور گاز را در تماس با منبع گرمایی با دمای قابل تنظیم قرار می دهیم طوری که دمای اولیه منبع و گاز با هم برابر باشد. دمای منبع را به آرامی و به تدریج تغییر می دهیم تا گاز با گذار از حالت های تعادلی، طی یک فرآیند آرمانی به حالت نهایی موردنظر برسد (دما و فشار تغییر میکند)

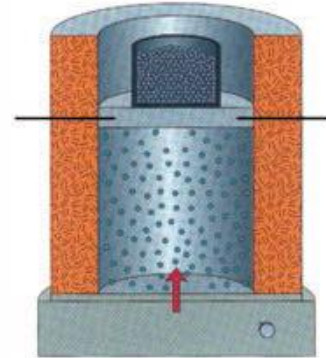
معادله
حالت در

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

هم حجم

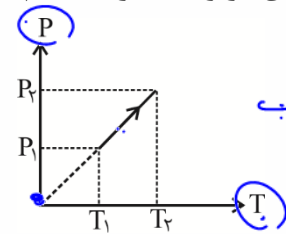
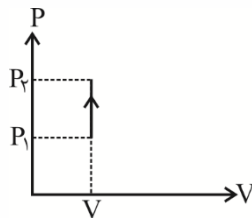
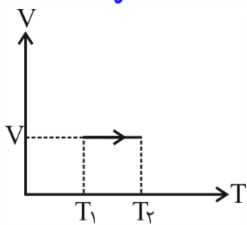
$$W_{\text{کار}} = 0$$

کار در هم حجم



دمای گاز را در حجم ثابت، با استفاده از منبع گرمایی با دمای قابل تنظیم به تدریج تغییر می دهیم.

نمودارهای مربوط به فرآیند هم حجم:



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

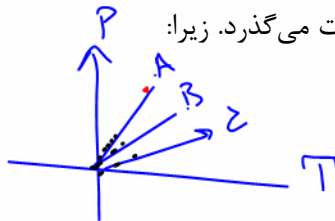
همانطور که در بالا دیده می شوند نمودار P-T در یک فرآیند هم حجم به صورت یک خط راست با شیب ثابت



رسم می گردد که امتداد آن از مبدأ مختصات می گذرد. زیرا:

$$PV = nRT \Rightarrow P = \frac{nR}{V} T + 0$$

$y = ax$



$$V_A < V_B < V_C$$

همانطور که در بالا ملاحظه می شود رابطه ی بین P و T به صورت یک معادله ی درجه یک خطی است. که در آن P و T متغیر

می باشند و $\frac{nR}{V}$ که مقدار ثابتی است برابر شیب خط می باشد و از ریاضیات می دانیم که شیب خط برابر $\tan \alpha$ می باشد.

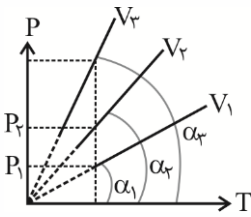
$$\text{شیب} = \tan \alpha = \frac{nR}{V}$$





و از آنجایی که در رابطه‌ی « $\tan \alpha = \frac{nR}{V}$ » شیب ملاحظه می‌شود $\tan \alpha$ با V رابطه عکس دارد. یعنی هر جا که شیب

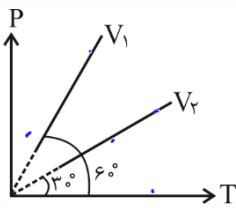
بیش‌تر باشد مقدار V کم‌تر است و بالعکس.



$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{\tan \alpha_1}{\tan \alpha_2}$$

در نمودار بالا همانطور که از قبل گفته شد، شیب با W رابطه‌ی بالعکس دارد یعنی خطی که کم‌ترین شیب را دارد. حجم آن از همه بیش‌تر است و خطی که بیش‌ترین شیب را دارد دارای کم‌ترین حجم می‌باشد. ($V_1 > V_2 > V_3$)

تست: با توجه به نمودار $P-T$ شکل مقابل نسبت $\frac{V_1}{V_2}$ را محاسبه کنید.



$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\tan \alpha_2}{\tan \alpha_1} = \frac{\tan 60^\circ}{\tan 30^\circ} = \frac{\sqrt{3}}{\frac{1}{\sqrt{3}}} = 3$$

$$\frac{\sqrt{3}}{3} \quad (1)$$

$$\frac{1}{3} \quad (4)$$

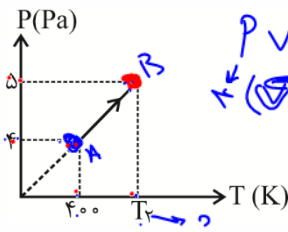
$$3 \quad (3)$$

پاسخ: گزینه‌ی ۳؛ چون نمودار $P-T$ به صورت خطی است پس طبق نکات صفحات قبل می‌دانیم که نمودار مربوط

به فرآیند هم‌حجم است. و می‌دانیم که طبق رابطه‌ی « $\tan \alpha = \frac{nR}{V}$ » شیب خط با V رابطه‌ی بالعکس دارد. یعنی:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\tan \alpha_2}{\tan \alpha_1} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{\tan 30^\circ}{\tan 60^\circ} = \frac{1}{3}$$

تست: نمودار $P-T$ برای دو مول گاز تک اتمی به صورت شکل زیر است. حجم گاز و دمای T_2 بر حسب کلون به



$$PV = nRT$$

ترتیب از راست به چپ برابر کدام گزینه است؟ ($R = 8$)

$$400 \text{ و } 300 \quad (2)$$

$$P_A = P_B = \frac{P_R}{T_A} = \frac{P_R}{T_B} \quad ?$$

$$250 \text{ و } 1600 \quad (1)$$

$$500 \text{ و } 1600 \quad (3)$$

گزینه‌ی ۳؛ چون نمودار $P-T$ به صورت یک خط است پس می‌دانیم که نمودار بالا مربوط به فرآیند هم‌حجم است. برای

محاسبه‌ی حجم فرمول $PV = nRT$ را برای نقطه‌ی A که اطلاعات آن را به طور کامل داریم می‌نویسیم و برای محاسبه‌ی

T_2 چون فرآیند هم‌حجم است از رابطه‌ی $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$ استفاده می‌کنیم.

$$P_A V_A = nRT \Rightarrow 4 \times V_A = 2 \times 8 \times 400 \Rightarrow V_A = 1600$$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow \frac{4}{400} = \frac{5}{T_2} \Rightarrow T_2 = 500$$

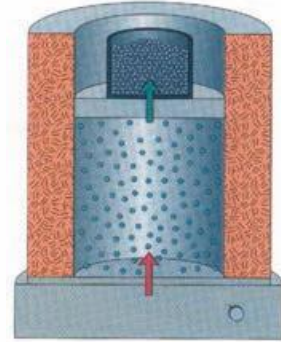




$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

بررسی فرایند هم فشار

فشار گاز طی این فرایند ثابت می ماند



گرم کردن آرمانی گاز در فشار ثابت با استفاده از منبع گرمایی با دمای قابل تنظیم.

معادله حالت

در هم فشار

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

کار در هم

$$W_{\text{کار}} = -P\Delta V = -nR\Delta T$$

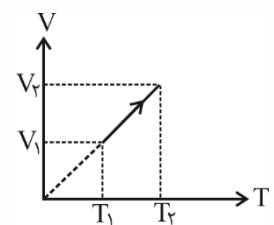
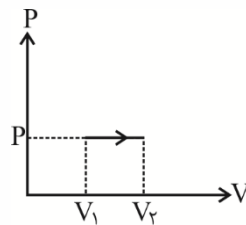
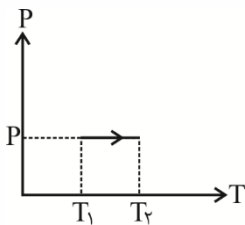
فشار

تذکر ۱: در انبساط علامت کار محیط روی دستگاه - و در انقباض علامت + است

تذکر ۲: مساحت زیر نمودار P-V برابر قدر مطلق کار محیط روی دستگاه است (در تمام فرایندها)

در فرآیند هم فشار مقداری گاز در یک محفظه با قابلیت تغییر حجم وجود دارد و دما و حجم گاز در فشار ثابت تغییر می کند
($P_1 = P_2$)

نمودارهای مربوط به فرآیندهای هم فشار:



همانطور که در بالا دیده می شود نمودار V-T برای فرآیند هم فشار به صورت یک خط راست با شیب ثابت رسم

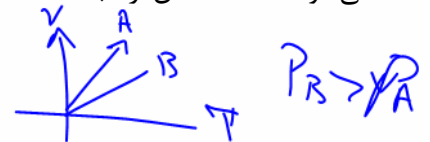


می شود که امتداد آن از مبدأ مختصات می گذرد، زیرا:

$$PV = nRT \Rightarrow V = \left(\frac{nR}{P}\right) T + \dots$$

$y = ax$

$$\text{شیب} = \tan \alpha = \frac{nR}{P}$$



همانطور که در بالا ملاحظه می شود رابطه ی بین T و V به صورت یک معادله درجه یک (خط) است. که در آن V و T متغیر

می باشند و $\frac{nR}{P}$ مقداری ثابت است که برابر شیب خط می باشد و از ریاضیات می دانیم که شیب خط برابر $\tan \alpha$ است.

$$\text{شیب} = \tan \alpha = \frac{nR}{P}$$

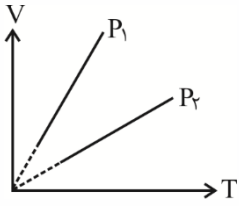




طبق رابطه‌ی $\tan \alpha = \frac{nR}{P}$ ملاحظه می‌شود که $\tan \alpha$ با P رابطه‌ی معکوس دارد. یعنی هر جا که شیب بیشتر

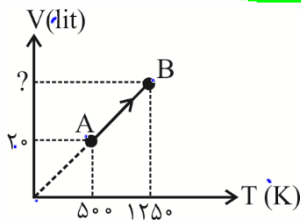


است مقدار P کمتر است و بالعکس.



$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{\tan \alpha_1}{\tan \alpha_2}$$

تست: مطابق شکل زیر، ۱ مول گاز کامل تک اتمی فرآیند AB را طی می‌کند. کار انجام شده توسط گاز بر روی



محیط از حالت A تا حالت B چند کیلوژول است؟ ($R = 8 \frac{J}{mol.K}$)

-۶ (۲)

۶ (۱) ✓

-۹ (۴)

۹ (۳)

گزینه‌ی ۱؛ چون فرآیند AB روی یک خط گذرا از مبدأ در نمودار $V-T$ قرار دارد، یک فرآیند هم‌فشار است و می‌توان

$$W = -P\Delta V = -nR\Delta T = -1 \times 8 \times (1250 - 500) = -6000 J \Rightarrow W = -6 kJ$$

نوشت: $W = -6 kJ = -6000 J$ کار روی گاز

کاری که محیط بر روی گاز انجام می‌دهد، برابر $-6 kJ$ است. یعنی گاز بر روی محیط $6 kJ$ کار انجام می‌دهد.





بررسی فرایند هم دما

هرگاه مقداری گاز در داخل محفظه‌ای قرار داشته باشد و این مجموعه را در مجاورت یک منبع با دمای ثابت قرار دهیم و نیروی وارد بر پیستون از بیرون محفظه به آهستگی تغییر کند در این صورت فشار و حجم تغییر می‌کند ولی دمای گاز را می‌توان همواره ثابت فرض کرد که به آن یک فرایند هم‌دما می‌گوییم.

دمای دستگاه (گاز) طی این فرایند ثابت می‌ماند.

$$\Delta U \propto \Delta T$$

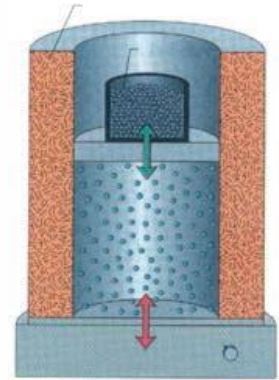
$$\Delta U = Q + W$$
$$W = -Q$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$\Delta U = 0$$

$$W = -Q$$

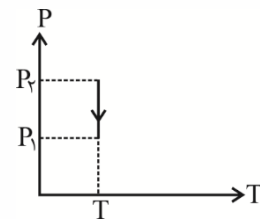
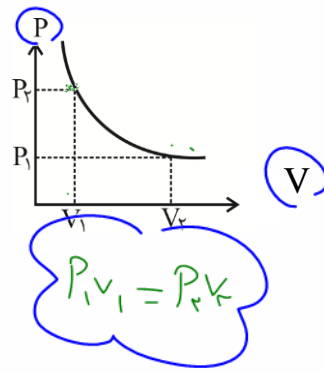
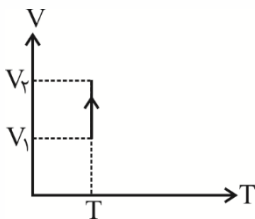
گرما
و
کار



استوانه در تماس با منبع گرمایی با دمای ثابت قرار دارد. با افزودن تدریجی گلوله‌های سربی؛ تراکمی هم دما رخ می‌دهد

نمودارهای مربوط به فرایند هم‌دما:

$$PV = nRT$$
$$P = \frac{nRT}{V} \Rightarrow y = \frac{a}{x}$$



همانطور که در بالا ملاحظه می‌شود نمودار p-v ب رای فرایند هم‌دما به صورت یک منحنی است و نه یک خط



$$PV = nRT$$

راست! زیرا:

$$\Rightarrow P = nRT \left(\frac{1}{V} \right)$$

تابع هموگرافیک و منحنی شکل $y = a \left(\frac{1}{x} \right)$

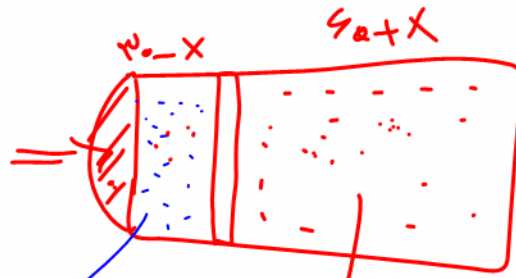
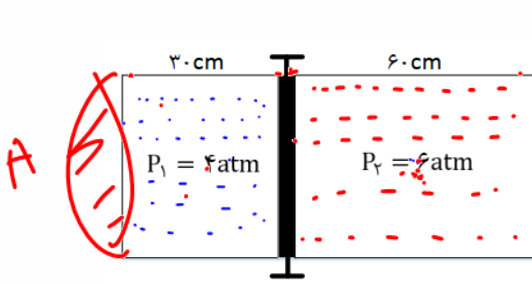
همانطور که در رابطه بالا ملاحظه می‌شود، رابطه‌ی P و V به صورت معکوس با یکدیگر است که اصطلاحاً به چنین تابعی

یک تابع هموگرافیک می‌گویند و تابع هموگرافیک نیز منحنی شکل است.





نست: مطابق شکل زیر، دو گاز کامل با فشارهای ۴ و ۶ اتمسفر، در دمای یکسان توسط پیستون ثابتی از هم جدا شده‌اند. اگر پیستون آزاد شود، میزان جابه‌جایی آن چند سانتی‌متر خواهد بود؟ (دما ثابت فرض شود). (آزمون



قلمچی)

$$10 \text{ (2)} \quad 15 \text{ (1)}$$

$$6 \text{ (4)} \quad 7/5 \text{ (3)}$$

قانون $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P'_1 V'_1}{T'_1}$ رو یکبار برای مخزن چپ و یکبار برای مخزن راست مینویسیم تا بینیم هرکدوم در حالت ثانویه چه

جوری میشن

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P'_1 V'_1}{T'_1} \rightarrow P_1 V_1 = P'_1 V'_1 \quad 4(A \times 30) = P'_1(A)(30 - X) \quad P'_1 = \frac{120}{30 - X}$$

$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P'_2 V'_2}{T'_2} \rightarrow P_2 V_2 = P'_2 V'_2 \quad 6(A \times 60) = P'_2(A)(60 + X) \quad P'_2 = \frac{360}{60 + X}$$

حالا چون پس از تموم شدن جابجایی‌ها، دیگه در حالت تعادل قرار میگیرند پس میتونیم فشار ثانویه هر دوتا مخزن را مساوی هم قرار بدهیم:

$$P'_1 = P'_2 = \frac{120}{30 - X} = \frac{360}{60 + X} \quad 90 - 3X = 60 + X \quad 4X = 30 \quad X = 7.5$$





بررسی فرایند بی دررو

در این فرایند بین گاز و محیط گرما مبادله نمی شود. برای انجام دادن این فرایند باید دستگاه را عایق بندی کنیم ($Q = 0$)

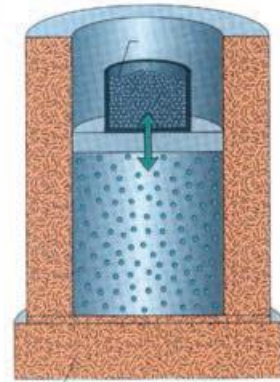
همچنین هنگامی که یک گاز را به سرعت متراکم یا منبسط می کنیم؛ چون گاز فرصت تبادل گرما با محیط را پیدا نمی کند، فرایند به صورت بی دررو در نظر گرفته می شود.

در فرایند بی دررو، چون گرما صفر است، فرمولهای کار با فرمول تغییر انرژی درونی یکسان است.

گرما $Q = 0$

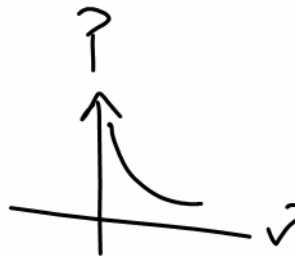
~~$\Delta U = Q + W$~~

$\Delta U = W \propto \Delta T$
 $\propto \Delta T$

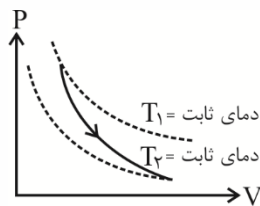


با کاستن یا افزودن تدریجی ساچمه های سربی روی پیستون، گاز درون استوانه عایق پوشش شده، انبساط یا تراکم بی دررو پیدا می کند

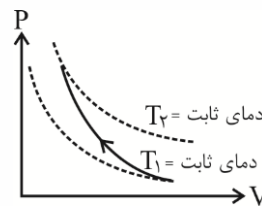
$\Delta U = W + Q$
 ~~$\Delta U = W + Q$~~
 $\Delta U = W_{\text{کار}}$



هرگاه در یک تحول بین دستگاه (گاز) و محیط گرمایی مبادله نگردد، می گوئیم گاز یک فرایند بی دررو را طی کرده است. برای این منظور یک محفظه، شامل گاز کامل می باشد که در داخل آن یک پیستون متحرک قرار دارد و نسبت به محیط اطراف عایق بندی شده است. و همچنین اگر پیستون را سریع حرکت دهیم. چون تغییر حجم با سرعت انجام شده است. باز هم گاز با محیط بیرونی تبادل گرمایی ندارد و اصطلاحاً می گوئیم فرآیندی بی دررو را طی کرده است.



انبساط بی دررو
(دمای گاز کاهش می یابد.)

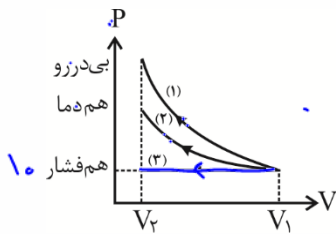


تراکم بی دررو
(دمای گاز افزایش می یابد.)

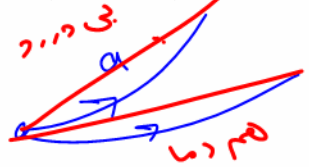




همانطور که می‌دانیم نمودار $P-V$ برای فرآیند هم‌دما و همچنین برای فرآیند بی‌دررو منحنی شکل است، اما می‌دانیم که وقتی گاز کاملاً را با فرآیند هم‌دما متراکم می‌کنیم، گاز مقداری گرما از دست می‌دهد، در حالی که در فرآیند بی‌دررو، گاز گرما از دست نمی‌دهد. در نتیجه در فرآیند بی‌دررو افزایش فشار در مقایسه با فرآیند هم‌دما بیشتر است و این موضوع باعث می‌شود، شیب نمودار بی‌دررو بیش‌تر از شیب نمودار هم‌دما باشد.



مثال: با توجه به نمودار $P-V$ مقابل بیان کنید، کدام نمودار هم‌دما و کدام نمودار بی‌دررو و کدام نمودار هم‌فشار است.



پاسخ: با توجه به نمودار چون شیب منحنی (۱) از همه بیشتر است، بنابراین مربوط به فرآیند بی‌دررو می‌باشد و منحنی (۲) مربوط به فرآیند هم‌دما می‌باشد و خط (۳) فرآیند هم‌فشار را نمایش می‌دهد. (شیب هم‌دما > شیب بی‌دررو)

$$\Delta U = W \propto \Delta T$$

$$\varphi = 0$$

تست: گاز کاملاً در یک فرآیند بی‌دررو منبسط می‌شود، دما و انرژی درونی آن به ترتیب چگونه تغییر خواهد کرد؟

- (۱) ثابت - کاهش (۲) ثابت - ثابت (۳) کاهش - ثابت (۴) کاهش - کاهش ✓

گزینه‌ی (۴)؛ در فرآیند انبساط حجم گاز افزایش می‌یابد، بنابراین کار انجام شده بر روی گاز منفی است و در نتیجه تغییرات انرژی درونی آن نیز منفی می‌باشد. پس دما و انرژی درونی هر دو کاهش می‌یابد.

$\Delta u = W \Rightarrow$ افزایش حجم $\Rightarrow \Delta u, W < 0$ $\Delta U = - \Rightarrow U \downarrow \quad U \propto T \downarrow$

تست: در یک فرآیند بی‌دررو وقتی دمای مقداری معینی گاز کامل از T به $2T$ افزایش می‌یابد، کار انجام شده به وسیله‌ی گاز W می‌باشد. وقتی دما از $2T$ به $3T$ افزایش یابد، کار انجام شده توسط گاز چگونه است؟

$\Delta T = \Delta T$
 $\Delta U = \Delta U$
 $W = W$

- (۱) بیش‌تر از W است. (۲) کم‌تر از W است. (۳) برابر با W است. ✓ (۴) بسته به مقدار T هر سه گزینه صحیح است.

گزینه‌ی (۳)؛ در فرآیند بی‌دررو گرمای مبادله شده بین محیط و دستگاه صفر است ($Q=0$). بنابراین طبق قانون اول ترمودینامیک $\Delta u = W + 0$ است و از طرفی تغییرات انرژی درونی فقط به تغییرات دمای گاز بستگی دارد و چون تغییرات دما در هر دو مرحله یکسان است. بنابراین تغییرات انرژی درونی نیز یکسان است و در نتیجه کار نیز در هر دو مرحله یکسان است.

(۱) $\Delta T_1 = 2T - T = T$

(۲) $\Delta T_2 = 3T - 2T = T$





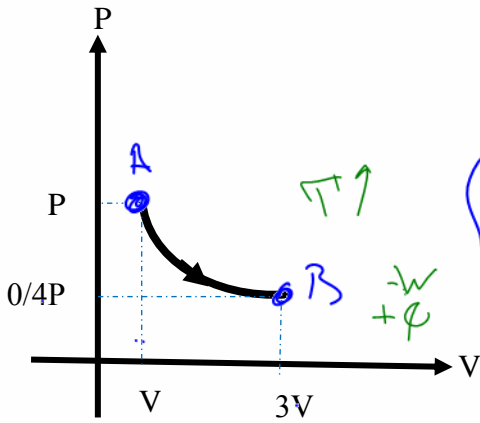
تست: با توجه به فرایند زیر کدام گزینه صحیح است؟

(۱) فرایند همدم است

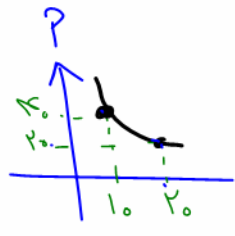
(۲) فرایند بی دررو است

(۳) گاز گرما گرفته است

(۴) کار انجام شده بر روی گاز مثبت است

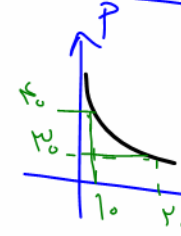


$A \rightarrow P \cdot V, < 1/2 P \cdot V$



$P_1 V_1 = P_2 V_2$
دانت چپ

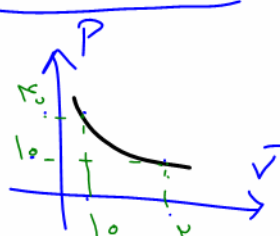
همدم
 $2 \cdot (1) = 2 \cdot (2)$



$P_1 V_1 < P_2 V_2$
دانت چپ

$4(1) < 2(2)$

صحیح!



$P_1 V_1 > P_2 V_2$
دانت چپ

$10(2) > 10(1)$

بی دررو

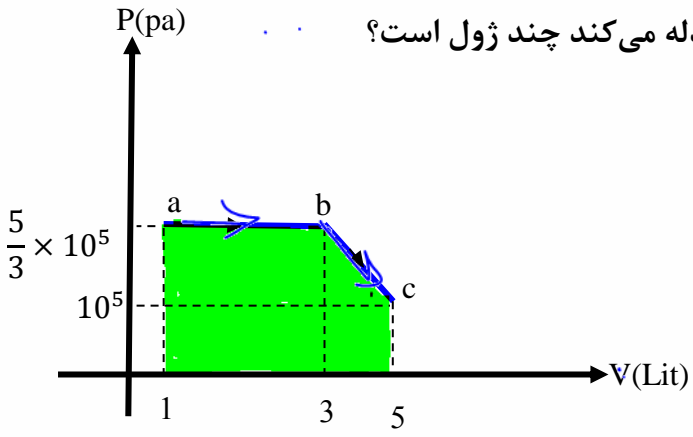




فرایند غیر خاص

بچه ها حوا ستون با شه، حتما نباید تست و سوال مربوط به فرایند های خاص با شه! یعنی ممکنه یک سوال به ما بدهند که نه هم حجم باشه نه هم فشار باشه نه همدمما باشه و نه بی دررو باشه!!!!
اگه اینجوری شد پس چه گلی به سرمون بکنیم?????

تست: اگر در نمودار pV برای یک گاز کامل تک اتمی مطابق شکل زیر در فرایند abc تغییر انرژی درونی



۵۰۰ ژول باشد، گرمایی که گاز در فرایند abc با محیط مبادله می کند چند ژول است؟

۷۶۷ ۵۶۷ ۳۳۰۰ ۱۱۰۰ ✓

$$\Delta U = Q + W$$

$$500 = Q_{abc} + (-600)$$

$$Q_{abc} = 1100$$

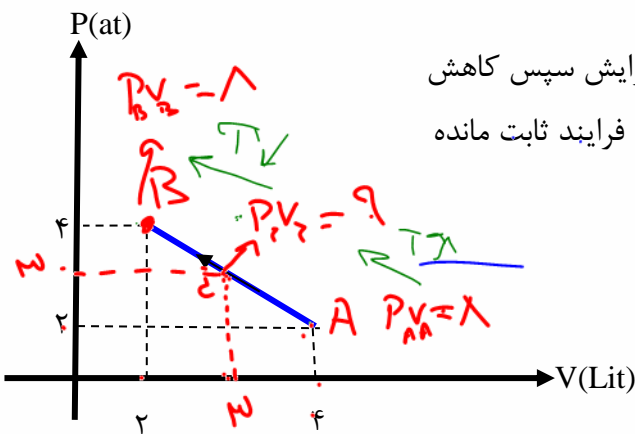
(ملاحظه: علامت منفی در فرمول)

$$\Delta u = Q + W$$

$$500 = Q_{abc} + \text{مساحت کل} \quad 500 = Q_{abc} + (-600) \quad Q_{abc} = 1100$$

تست: با توجه به نمودار pV شکل زیر که تحول یک گاز آرمانی از A تا B را نشان می دهد، در این فرایند

دمای گاز چگونه تغییر کرده است؟



ابتدا افزایش سپس کاهش ✓
در طول فرایند ثابت مانده

ابتدا کاهش سپس افزایش
به تدریج افزایش یافته

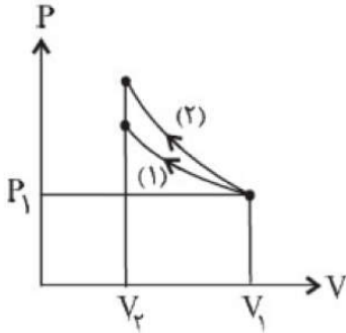
$$PV = nRT$$





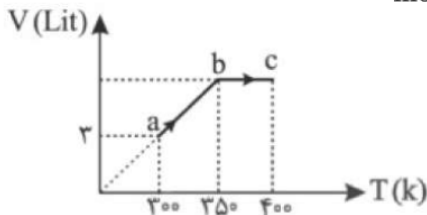
Homework 3

۱ در نمودار فشار برحسب حجم گاز زیر، فرایندهای ۱ و ۲ به ترتیب مربوط به و هستند و مقایسه‌ی اندازه‌ی کار انجام‌شده توسط محیط بر روی گاز طی این دو فرایند که یکی هم‌دما و دیگری بی‌دررو است، در کدام گزینه به درستی انجام گرفته است؟



- ۱ بی‌دررو - هم‌دما - $W_1 > W_2$ ۲ هم‌دما - بی‌دررو - $W_1 > W_2$
 ۳ بی‌دررو - هم‌دما - $W_2 > W_1$ ۴ هم‌دما - بی‌دررو - $W_2 > W_1$

۲ نمودار $T - V$ ، 0.2 مول گاز آرمانی مطابق شکل است. اگر انرژی درونی گاز در حالت a برابر 150 ژول باشد، گرمایی که گاز در کل فرایند abc با محیط مبادله کرده است، چند ژول است؟ ($R = 8 \frac{J}{mol \cdot K}$)



- ۱ ۳۰ ۲ ۸۰ ۳ ۱۳۰ ۴ ۱۶۰

۳ حجم مقداری گاز کامل طی سه فرایند هم‌فشار، بی‌دررو و هم‌دما از V_1 به V_2 افزایش می‌یابد. چه تعداد از جملات زیر درست است؟

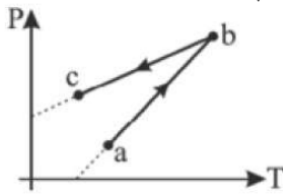
- الف) اندازه‌ی کار انجام شده توسط گاز روی محیط، در فرایند بی‌دررو کمتر از بقیه‌ی فرایندهاست.
 ب) فقط در فرایند هم‌فشار، انرژی درونی گاز افزایش یافته است.
 ج) گرمای داده شده به گاز طی فرایند هم‌دما بیشتر از فرایند هم‌فشار است.
 د) دمای گاز طی فرایند هم‌فشار، افزایش و طی فرایند بی‌دررو کاهش یافته است.

- ۱ ۱ ۲ ۲ ۳ ۳ ۴ ۴



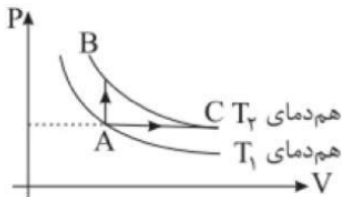


شکل مقابل، نمودار فشار - دما را برای یک گاز کامل نشان می‌دهد. در فرایند abc حجم گاز چگونه تغییر کرده است؟



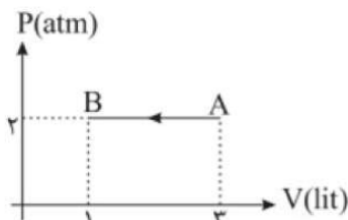
- ۱ کاهش یافته است. ۲ افزایش یافته است.
 ۳ ابتدا افزایش و سپس کاهش یافته است. ۴ ابتدا کاهش و سپس افزایش یافته است.

مطابق شکل مقدار معینی از یک گاز آرمانی طی رو فرایند جداگانه یکبار از حالت A به B و در حالت دوم از حالت A به C می‌رسد، به طوری که دمای نقاط B و C یکسان است. کدام گزینه درباره‌ی گرمای مبادله شده گاز با محیط در این دو فرایند درست است؟



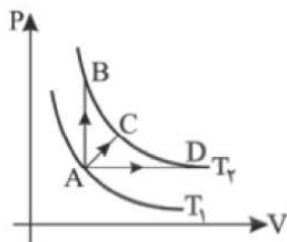
- ۱ $|Q_{AC}| < |Q_{AB}|, Q_{AC} < 0, Q_{AB} < 0$ ۲ $|Q_{AC}| > |Q_{AB}|, Q_{AC} > 0, Q_{AB} > 0$
 ۳ $|Q_{AC}| < |Q_{AB}|, Q_{AC} > 0, Q_{AB} > 0$ ۴ $|Q_{AC}| > |Q_{AB}|, Q_{AC} < 0, Q_{AB} > 0$

مطابق شکل مقدار معینی گاز کامل از حالت A به حالت B می‌رسد. در این فرایند انرژی درونی گاز $1/8 \text{ kJ}$ تغییر می‌کند. گرمای مبادله شده گاز با محیط در این فرایند چند کیلوژول است؟ ($1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa}$)



- ۱ $1/8$ ۲ $1/4$ ۳ $-2/2$ ۴ $-1/8$

در شکل مقابل دو منحنی هم‌دما برای گاز آرمانی رسم شده است. اگر تغییر انرژی درونی طی فرایندهای رسم شده $\Delta U_{AB}, \Delta U_{AC}, \Delta U_{AD}$ باشد، کدام گزینه درست است؟



- ۱ $\Delta U_{AB} > \Delta U_{AC} > \Delta U_{AD}$ ۲ $\Delta U_{AB} < \Delta U_{AC} < \Delta U_{AD}$ ۳ $\Delta U_{AB} = \Delta U_{AC} = \Delta U_{AD}$
 ۴ $\Delta U_{AB} < \Delta U_{AC} < \Delta U_{AD}$



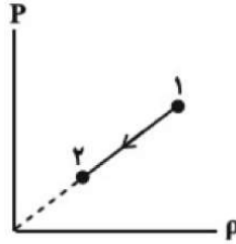


۸ در جدول زیر به جای x و y و z به ترتیب از راست به چپ کدامیک از کلمه‌های زیر مناسب است؟

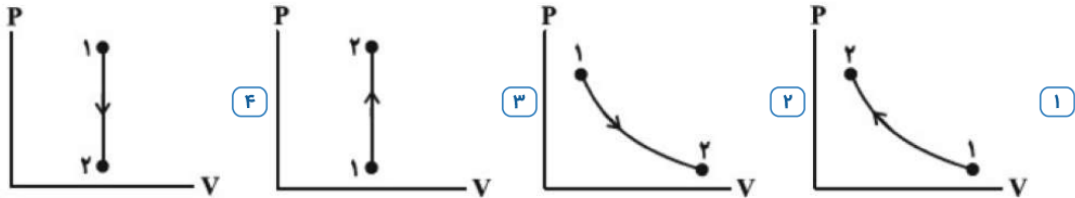
تغییر انرژی درونی	کار انجام شده روی گاز	فشار	نوع فرایند
y	x	کاهش	بی‌دررو
	مثبت	z	هم‌دما

۱ منفی - منفی - افزایش ۲ مثبت - مثبت - افزایش ۳ منفی - مثبت - کاهش ۴ مثبت - منفی - کاهش

۹ شکل مقابل، نمودار تغییر فشار یک گاز کامل برحسب چگالی آن را نشان می‌دهد. نمودار $P - V$ گاز در این فرایند

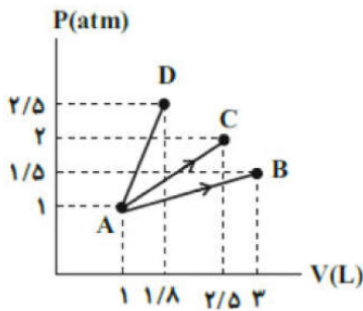


مطابق کدامیک از گزینه‌های زیر است؟



۱۰ به مقدار ۱ لیتر گاز کامل طی سه فرایند مختلف گرما داده و آن‌ها را به نقاط B ، C و D می‌رسانیم. کدام مقایسه در

مورد دماهای گاز در این سه نقطه صحیح است؟

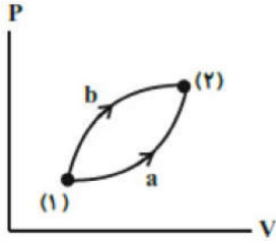


$T_B = T_D > T_C$ ۴ $T_C > T_B = T_D$ ۳ $T_D > T_C > T_B$ ۲ $T_B > T_C > T_D$ ۱



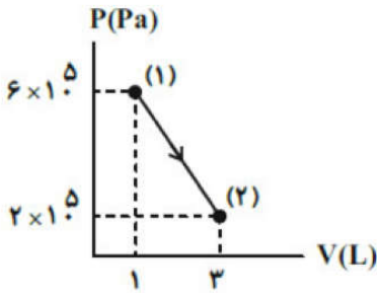


۱۱) براساس نمودار $P - V$ دو فرایند a و b ، کدام گزینه صحیح است؟



- ۱) $Q_b > 0, Q_a > 0, |Q_a| > |Q_b|$
 ۲) $Q_b < 0, Q_a < 0, |Q_a| > |Q_b|$
 ۳) $Q_b > 0, Q_a > 0, |Q_b| > |Q_a|$
 ۴) $Q_b < 0, Q_a > 0, |Q_b| > |Q_a|$

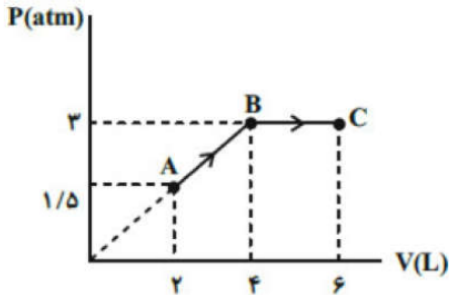
۱۲) در شکل مقابل، نمودار $P - V$ گاز رقیق نشان داده شده است. انرژی درونی گاز در نقطه ۲ چند برابر انرژی درونی گاز در نقطه ۱ است؟



- ۱) ۱
 ۲) $\frac{1}{3}$
 ۳) ۹
 ۴) ۳

۱۳) در نمودار $P - V$ مقابل که مربوط به مقداری گاز آرمانی است، انرژی درونی گاز در نقطه A برابر با $1200 J$ است.

گرمای مبادله شده در کل فرایند ABC چند ژول است؟ ($1 \text{ atm} \approx 10^5 \text{ Pa}$)

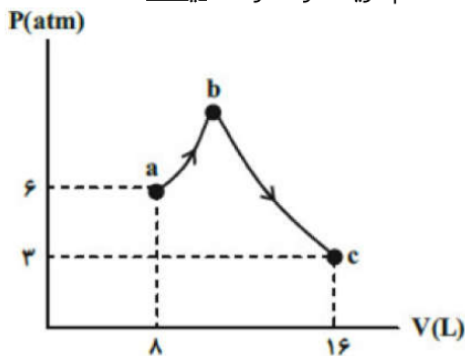


- ۱) ۴۹۵۰
 ۲) ۲۲۵۰
 ۳) ۷۰۵۰
 ۴) ۴۶۵۰





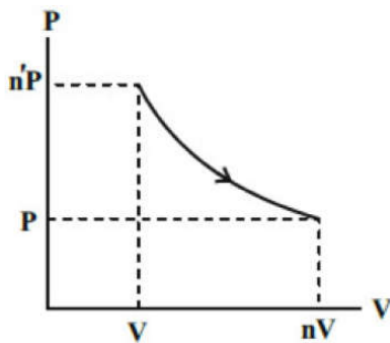
۱۴ شکل مقابل نمودار $P - V$ مقدار مشخصی گاز آرمانی را نشان می‌دهد. کدام گزینه الزاماً درست نیست؟



- $W_{abc} = -Q_{abc}$ (۴) $\Delta U_{ac} = 0$ (۳) $\Delta U_{bc} > 0$ و $W_{bc} < 0$ (۲) $T_a = T_c$ (۱)

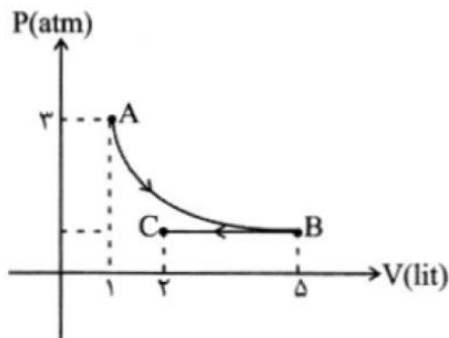
۱۵ با توجه به نمودار $P - V$ مقابل که مربوط به مقدار معینی گاز آرمانی است، چند مورد از گزاره‌های زیر صحیح است؟

- الف) اگر $n' = 1$ باشد، فرایند هم‌دما است.
 ب) اگر $n > n'$ باشد، فرایند می‌تواند بی‌دررو باشد.
 پ) اگر $n < n'$ باشد، فرایند حتماً بی‌دررو نیست.
 ت) اگر $n > n'$ باشد، دستگاه گرما گرفته است.



- هیچ مورد (۴) ۳ (۳) ۲ (۲) ۱ (۱)

۱۶ روی مقداری گاز دو فرآیند متوالی AB (هم‌دما) و BC (هم‌فشار) انجام می‌شود. کار انجام شده روی گاز در فرآیند BC چند ژول است؟



- ۱۸۰ (۱) -۱۸۰ (۲) ۲۴۰ (۳) -۲۴۰ (۴)





۱۷ در فشار ثابت ۲ atm حجم سیلندری را از ۱۲ lit به ۷ lit می‌رسانیم، اگر در این فرآیند از گاز z ۴۰۰ گرم بگیریم،

تغییرات انرژی درونی گاز چند ژول است؟ ($1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa}$)

- ۱ -۱۴۰۰ ۲ +۱۴۰۰ ۳ -۶۰۰ ۴ +۶۰۰

۱۸ در کدام فرایند، کار انجام شده روی گاز مثبت است و انرژی درونی گاز کاهش می‌یابد؟

- ۱ تراکم هم‌فشار ۲ تراکم بی‌دررو ۳ انبساط هم‌فشار ۴ انبساط بی‌دررو

۱۹ چه تعداد از موارد زیر در فرآیندهای آرمانی ترمودینامیکی، ممکن است رخ دهد؟

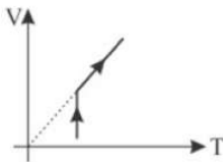
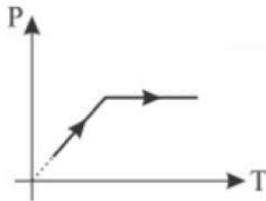
- الف - ممکن است با وجود افزایش دمای گاز، حجم آن ثابت بماند.
ب - ممکن است با وجود افزایش دمای گاز، حجم آن کاهش یابد.
ج - ممکن است با وجود تبادل گرما با گاز، دمای آن ثابت بماند.
د - ممکن است بدون تبادل گرما با گاز، دمای آن تغییر کند.

- ۱ ۱ مورد ۲ ۲ مورد ۳ ۳ مورد ۴ هر ۴ مورد

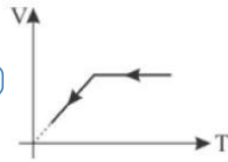
۲۰ در یک فرایند انبساط هم‌دما، اگر گرمای داده شده ۷۰۰ ژول باشد، تغییر انرژی درونی گاز ژول و کار انجام شده توسط محیط روی دستگاه ژول است.

- ۱ صفر - ۷۰۰ ۲ صفر - ۷۰۰ ۳ ۷۰۰ - صفر ۴ ۷۰۰ - - صفر

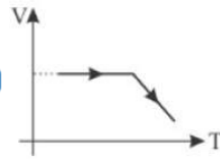
۲۱ نمودار $P - T$ یک دستگاه ترمودینامیکی مطابق شکل زیر است. کدام گزینه نمودار $V - T$ آن را نشان می‌دهد؟



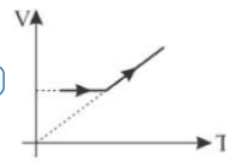
۴



۳



۲

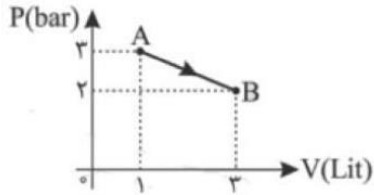


۱





۲۲ نمودار $P - V$ گاز کاملی مطابق شکل زیر است. اگر انرژی درونی گاز در A برابر 456J و در B برابر 912J باشد، گرمای مبادله شده با محیط چند ژول است؟



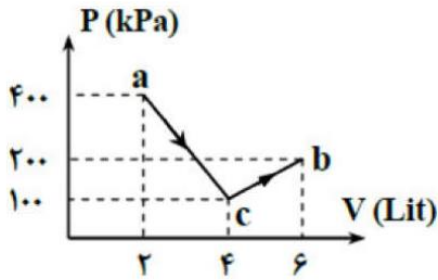
۹۵۶ (۴)

۹۱۲ (۳)

۵۰۰ (۲)

۴۵۶ (۱)

۲۳ در شکل مقابل، نمودار $P - V$ یک دستگاه رسم شده که طی آن گازی کامل فرآیند abc را طی کرده است. کار محیط روی دستگاه در این فرآیند چند ژول بوده است؟



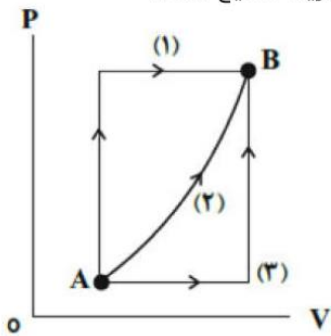
-۲۰۰ (۴)

۲۰۰ (۳)

-۸۰۰ (۲)

۸۰۰ (۱)

۲۴ در نمودار $P - V$ شکل مقابل، مقدار معینی گاز کامل از سه مسیر جداگانه از حالت A به حالت B می‌رود. اگر گرمای مبادله شده توسط گاز در مسیرهای ۱، ۲، ۳ به ترتیب Q_1 ، Q_2 و Q_3 باشد، کدام گزینه صحیح است؟



$Q_1 > Q_3 > Q_2$ (۴)

$Q_1 > Q_2 > Q_3$ (۳)

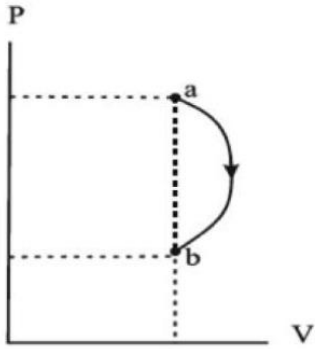
$Q_1 < Q_2 < Q_3$ (۲)

$Q_1 = Q_2 = Q_3$ (۱)



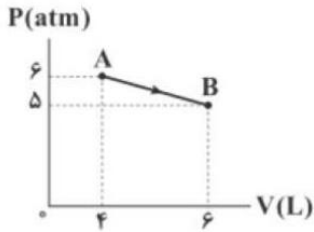


۲۵ نمودار $P - V$ فرایندی که مقدار معینی گاز آرمانی طی می‌کند مطابق شکل مقابل است. کدام گزینه در مورد تغییرات انرژی درونی گاز (ΔU) و کار انجام شده بر روی گاز (W) طی این فرایند درست است؟



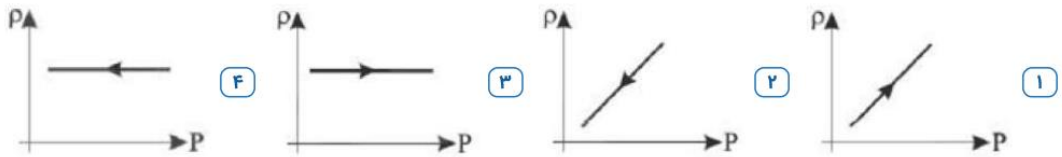
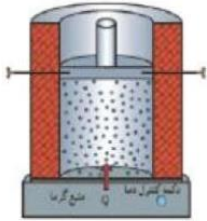
- ۱ $W > 0, \Delta U > 0$ ۲ $W < 0, \Delta U > 0$ ۳ $W > 0, \Delta U < 0$ ۴ $W < 0, \Delta U < 0$

۲۶ نمودار $P - V$ فرایندی که یک مول گاز کامل تک‌اتمی طی می‌کند، مطابق شکل زیر است. اگر انرژی درونی این گاز کامل در نقاط A و B به ترتیب 350 J و 720 J باشد، گاز در این فرایند، چند ژول گرما با محیط مبادله کرده است؟
($1\text{ atm} = 10^5\text{ Pa}$)



- ۱ 1470 ژول گرما گرفته است. ۲ 730 ژول گرما گرفته است.
۳ 1470 ژول گرما از دست داده است. ۴ 730 ژول گرما از دست داده است.

۲۷ در شکل زیر گاز را در تماس با منبع گرمایی قرار داده‌ایم. نمودار چگالی برحسب فشار گاز برابر کدام گزینه است؟





۲۸ حجم مقدار معینی از یک گاز کامل، V_1 و فشار آن P_1 است. گاز را یک بار به صورت همدمما و بار دیگر به صورت بی‌دررو متراکم می‌کنیم تا فشار آن به $2P_1$ برسد. اگر حجم ثانویه گاز در فرایند همدمما (V_2) و حجم گاز در فرایند بی‌دررو (V'_2) باشد، کدام گزینه درست است؟

۲ $V'_2 = V_2 = 2V_1$

۱ $V_2 = V'_2 = \frac{1}{2}V_1$

۴ $V'_2 < \frac{1}{2}V_1, V_2 = \frac{1}{2}V_1$

۳ $V'_2 > \frac{1}{2}V_1, V_2 = \frac{1}{2}V_1$

۲۹ در کدام یک از فرایندهای زیر قطعاً انرژی درونی دستگاه افزایش می‌یابد؟

۱ در یک فرایند هم‌حجم، فشار گاز را نصف کنیم.

۲ در حالی‌که دستگاه در مجاورت چشمه‌ی گرما است، فشار گاز را نصف کنیم.

۳ در یک فرایند هم‌فشار، حجم گاز را نصف کنیم.

۴ طی یک فرایند ترمودینامیک حجم گاز را به سرعت نصف کنیم.

۳۰ در یک فرآیند هم‌فشار.....

۱ کار همواره توسط محیط روی دستگاه انجام می‌شود. ۲ گرما فقط از طرف محیط وارد دستگاه می‌شود.

۳ هیچ‌گونه گرمایی مبادله نمی‌شود. ۴ گرما و کار هر دو مبادله می‌شوند.





چرخه

هرگاه یک گاز کامل (دستگاه) فرآیندهایی را طی کند (مثلاً حجم یا فشار یا دمای تغییر کند) و دوبار به همان حالت اولش (یعنی به همان حجم و فشار و دمای اولیه) بازگردد، می‌گوییم یک چرخه را طی کرده است. بدیهی است که دمای دستگاه در ابتدا و انتهای یک چرخه برابر است. بنابراین انرژی درونی دستگاه در یک چرخه تغییر نمی‌کند ($\Delta u = 0$).

~~$\Delta U = W + Q \Rightarrow \Delta u = 0 \Rightarrow W = -Q$~~ = **ماحت داخل**



محاسبه کار در یک چرخه:

برای محاسبه کار انجام شده در یک چرخه دو راه وجود دارد:

۱- می‌توانیم کار انجام شده در تک تک مراحل را جداگانه محاسبه کنیم، سپس آن‌ها را با هم جمع کنیم.

۲- می‌توانیم مساحت محصور در چرخه را محاسبه کنیم. در این صورت اگر چرخه به صورت ساعتگرد باشد، کار محیط بر روی دستگاه برابر مساحت چرخه با علامت منفی است و اگر چرخه پاد ساعتگرد باشد کار انجام شده توسط محیط روی دستگاه برابر با مساحت چرخه با علامت مثبت می‌باشد.

(چرخه ساعتگرد) $W = -S$ (کار محیط روی دستگاه در یک چرخه)

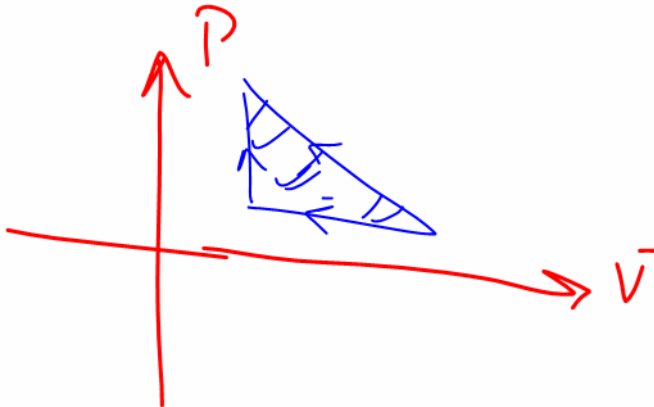
~~(چرخه پاد ساعتگرد) $W = +S$ (کار محیط روی دستگاه در یک چرخه)~~

$\psi = -W$

اگر در سؤال کار انجام شده توسط دستگاه بر روی محیط را خواستند، علامت مربوط به مساحت را برعکس چیزی

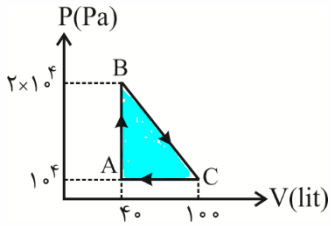


که در بالا ذکر شده می‌نویسیم.





مثال: با توجه به چرخه به شکل مقابل به سوالات زیر پاسخ دهید.



الف) کار انجام شده بر روی گاز چند ژول است؟

ب) در این فرآیند به گاز گرما داده شده است یا گرما از آن گرفته شده است

و مقدار آن چقدر است؟

ج) کار انجام شده توسط گاز بر روی محیط چند ژول است؟

پاسخ:

الف) $W = -S$ ساعتگرد

$$W = -\frac{(2 \times 10^4 - 10^4) \times (100 \times 10^{-3} - 40 \times 10^{-3})}{2} = -300$$

ب) $\Delta u = 0 \Rightarrow W = -Q \Rightarrow Q = +300$ چرخه

چون علامت Q مثبت شده است، بنابراین کار ۳۰۰ ژول گرما دریافت کرده است.

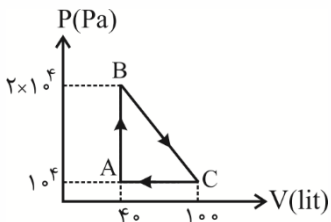
ج) (چرخه ساعتگرد) $W = -S$ (کار محیط روی دستگاه در یک چرخه)

(چرخه پادساعتگرد) $W = +S$ (کار دستگاه روی محیط در یک چرخه)

(چرخه ساعتگرد) $W = +S$ (کار دستگاه روی محیط در یک چرخه)

(چرخه پادساعتگرد) $W = -S$ (کار دستگاه روی محیط در یک چرخه)

تست ۱: نمودار فرآیند گاز کاملی به شکل مقابل است. در این فرآیند، کار انجام شده بر روی گاز چند ژول است؟



(۲) -۹۰۰

(۱) +۹۰۰

(۴) +۳۰۰

(۳) -۳۰۰

پاسخ: گزینه ی ۳؛ چون چرخه ساعتگرد است، بنابراین کار انجام شده روی گاز منفی می باشد که مساوی مساحت

$$S = \frac{1}{2} (100 - 40) \times 10^{-3} \times (2 \times 10^4 - 10^4) = 300 \text{ J}$$

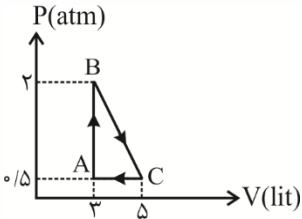
چرخه است.

(چرخه ساعتگرد) $W = -S \Rightarrow W = -300 \text{ J}$ (کار محیط در یک چرخه)





تست: مطابق شکل روبرو مقداری گاز کامل چرخه‌ی ABCA را طی می‌کند. کار خالص که گاز روی محیط انجام



(۲) -۱۵۰

(۴) +۷۵

داده است چند ژول است؟

(۱) -۷۵

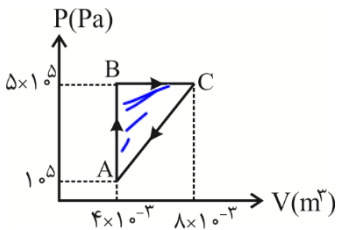
(۳) +۱۵۰

گزینه‌ی ۳؛ چرخه در جهت ساعتگرد است. پس کار انجام شده روی گاز منفی است و در نتیجه کار انجام شده، توسط گاز مثبت می‌باشد.

$$\Rightarrow S = \frac{1}{2} (\Delta - 3) \times 10^{-3} \times (2 - 0.5) \times 10^5 = 150$$

$$W = -150 \text{ J} \Rightarrow W = +150 \text{ J} \text{ (دستگاه)}$$

تست ۳: یک مول گاز تک اتمی یک چرخه را مطابق شکل پیموده است. این گاز در چرخه ABC



$$W = -S = -1800 \text{ J}$$

کار ما
دو گاز

$$Q = -W = -(-1800) = +1800$$

کار ما

$$S_{ABC} = \frac{(5-1) \times (8-4) \times 10^{-3}}{2} = 800 \text{ J}$$

(۱) ۱۶۰۰ J گرما گرفته است.

(۲) ۱۶۰۰ J گرما پس داده است.

(۳) ۸۰۰ J گرما گرفته است.

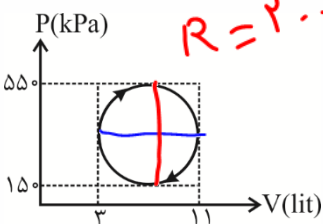
(۴) ۸۰۰ J گرما پس داده است.

گزینه‌ی ۳؛

چون چرخه در جهت ساعتگرد است، کار انجام شده روی گاز منفی است.

(چرخه ساعتگرد) $W = -S$ (کار محیط در یک چرخه)

تست: $\frac{1}{4}$ مول از یک گاز کامل، چرخه‌ی دایره‌ای شکل روبرو را طی کرده است. کار انجام شده روی گاز در این



$$R = 200$$

$$R = 4$$

$$W = -S = -\pi R R$$

$$= -\pi (4) (200) = -2400 \text{ J}$$

چرخه چند ژول است؟ (۳؛ π)

(۲) -۲۴۰۰ J

(۴) -۲۰۰۰ J

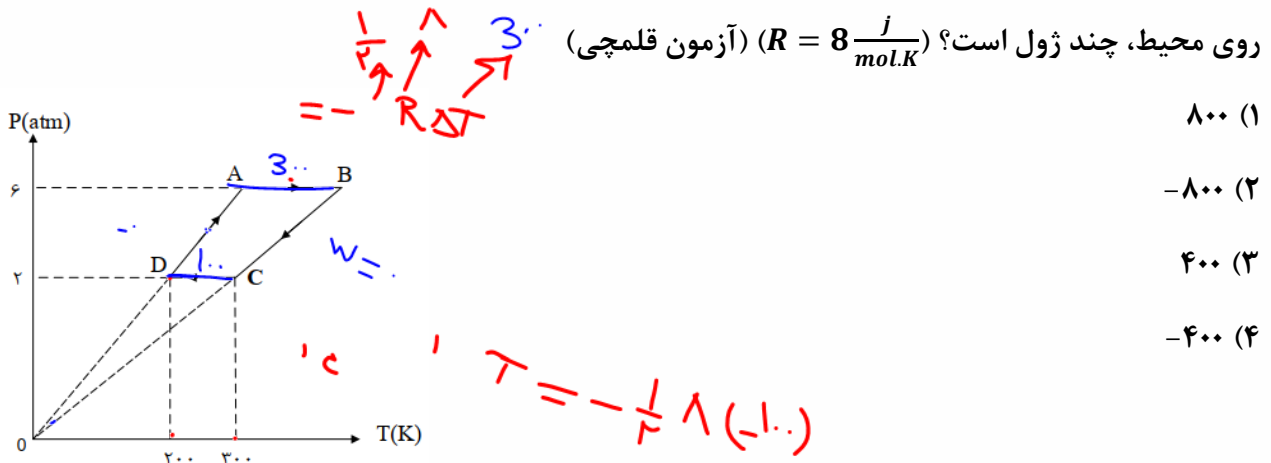
(۱) ۲۰۰۰ J

(۳) +۲۴۰۰ J





تست: ۰/۵ مول گاز تک اتمی، چرخه‌ای مطابق شکل زیر را طی می‌کند. در این چرخه کار انجام شده توسط گاز بر



- (۱) ۸۰۰
- (۲) -۸۰۰
- (۳) ۴۰۰
- (۴) -۴۰۰

اولا که نمودار P-V نیست! پس نری به وقت برای محاسبه مساحت نمودار!!

ببینید اینجا ۴ تا فرایند داریم پس کافیه کار تک تک اونها را حساب کنیم و بعدش با هم جمع کنیم، ولی قبلش به تشابه مثلث میزنیم تا ΔT رو برای فرایند AB محاسبه کنیم، از تشابه مثلث های OAB و ODC میفهمیم که ΔT برای AB برابر میشه با ۳۰۰ کلون حالا بریم برای ادامه حل.....

فرایند های DA و CB هم حجم هستند پس کارشون صفر میشه ولی فرایندهای AB و CD همفشار هستند پس از فرمول $W = -nR\Delta T$ باید محاسبه کنیم

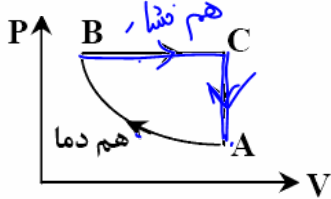
$W_{CD} = -nR\Delta T = -0.5 \times 8 \times (-100) = +400$

$W_{AB} = -nR\Delta T = -0.5 \times 8 \times (300) = -1200$

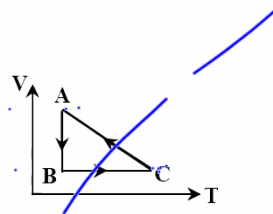
$W_{کل} = W_{CD} + W_{AB} + W_{DA} + W_{DC} = +400 - 1200 + 0 + 0 = -800$
روی دستگاه

مواظب باش گول نخوری! کار روی محیط رو پرسیده پس جواب ۸۰۰+ میشه!

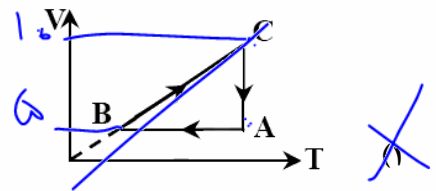
تست: نمودار P - V فرآیند ترمودینامیکی گاز کاملی در شکل رو به رو رسم شده است. نمودار V - T آن کدام



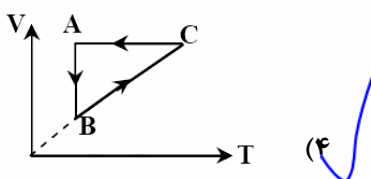
است؟



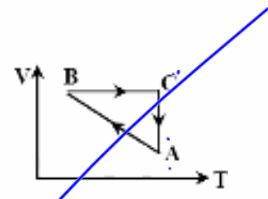
(۲)



(۱)



(۴)



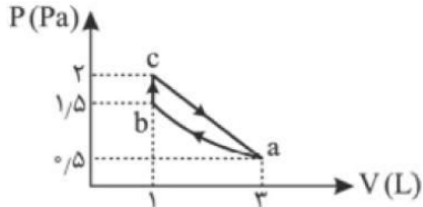
(۳)





Homework 4

۱) نمودار $P - V$ مقداری گاز کامل آرمانی مطابق شکل است. گرمایی که گاز در فرایند bca با محیط مبادله می‌کند، چند ژول است؟



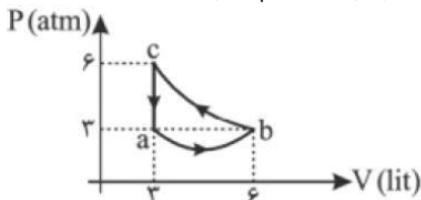
۳۷۵ (۴)

۵۲۵ (۳)

۲۵۰ (۲)

۱۲۵ (۱)

۲) مقداری گاز کامل، چرخه‌ای مطابق شکل را طی می‌کند. انرژی درونی گاز در وضعیت C ، 1200 ژول و گرمای داده شده به گاز در فرایند ab ، 1000 ژول است. کار انجام شده توسط دستگاه روی محیط در فرایند ab ، چند ژول است؟



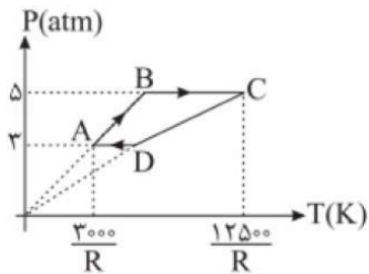
-۱۶۰۰ (۴)

۱۶۰۰ (۳)

-۴۰۰ (۲)

۴۰۰ (۱)

۳) نمودار $P - T$ یک ماشین گرمایی که ماده‌ی کاری آن 0.2 مول گاز کامل است مطابق شکل مقابل است. بازده این ماشین گرمایی چند درصد است؟ (اندازه‌ی گرمای مبادله شده گاز با محیط در فرایندهای AB و BC به ترتیب برابر 0.1 kJ و 0.4 kJ است. R ثابت عمومی گازهای آرمانی است.)



۲۵ (۴)

۱۶ (۳)

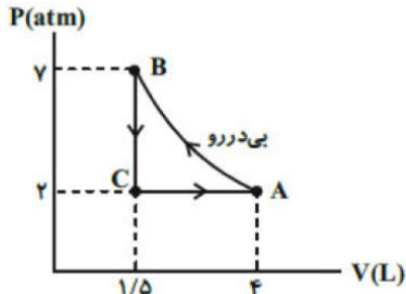
۱۴/۵ (۲)

۱۲/۵ (۱)





۶ مقدار معینی گاز کامل چرخه‌ای مطابق شکل مقابل را طی می‌کند. اگر مقدار گرمای مبادله شده در فرایند هم‌حجم ۲ برابر مقدار گرمای مبادله شده در فرایند هم‌فشار باشد و اندازه کار محیط در فرایند بی‌دررو ۶۴۵ ژول باشد، گرمای مبادله شده در فرایند هم‌فشار چند ژول است؟ ($1 \text{ atm} \approx 10^5 \text{ Pa}$)



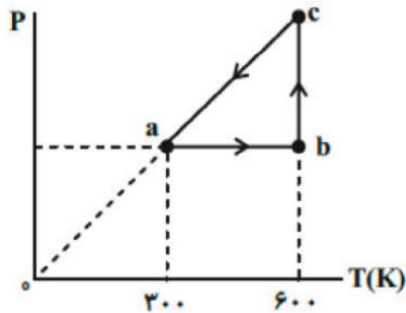
۴۸/۳ (۴)

۴۳۵ (۳)

۱۱۴۵ (۲)

۱۴۵ (۱)

۷ نمودار $P - T$ چرخه‌ای که یک مول گاز آرمانی تک‌اتمی طی می‌کند، مطابق شکل مقابل است. کار انجام شده روی گاز طی فرایند ca چند ژول است؟ ($R = 8 \frac{J}{\text{mol} \cdot K}$)



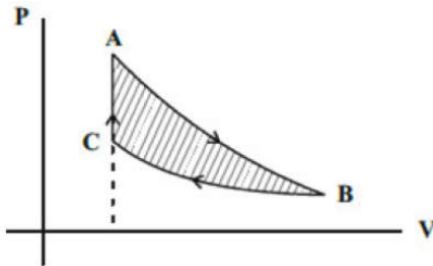
۳۰۰ (۴)

-۴۰۰ (۳)

-۳۰۰ (۲)

صفر (۱)

۸ در شکل مقابل، نمودار یک چرخه ترمودینامیکی شامل یک فرایند بی‌دررو، یک فرایند هم‌دما، و یک فرایند هم‌حجم برای مقدار معینی گاز آرمانی رسم شده است. در این صورت گرمای داده شده به گاز در فرایند هم‌حجم



۱ با مساحت چرخه برابر است. (۱)

۲ با کار انجام شده توسط گاز در فرایند بی‌دررو برابر است. (۲)

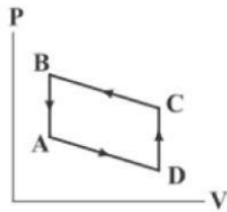
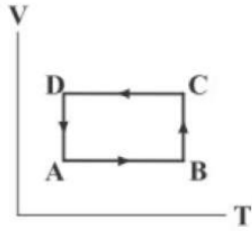
۳ با گرمای مبادله شده در فرایند هم‌دما برابر است. (۳)

۴ با کار انجام شده روی گاز در فرایند هم‌دما برابر است. (۴)

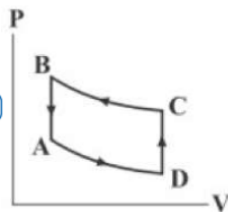




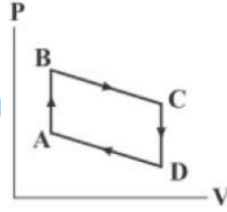
۹ نمودار $V - T$ چرخه‌ی ترمودینامیکی ABCDA برای یک گاز آرمانی به شکل مقابل است. کدام گزینه نمایش درستی از نمودار $P - V$ این چرخه است؟



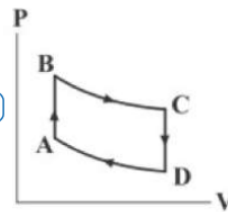
۴



۳

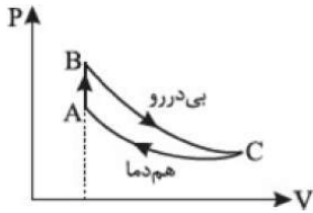


۲



۱

۱۰ مقدار معینی گاز آرمانی، چرخه‌ای مطابق شکل را طی می‌کند. اگر طی فرایند هم‌دما 500 J و طی فرایند هم‌حجم 700 J گرما بین گاز و محیط تبادل شود، کار انجام شده توسط گاز روی محیط در هر چرخه چند ژول است؟



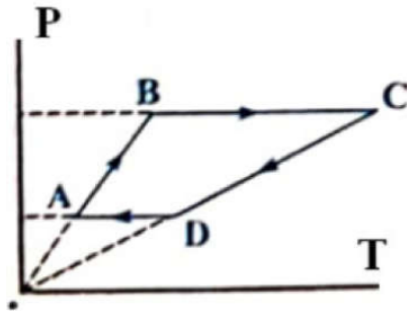
۴ -1200

۳ 1200

۲ -200

۱ 200

۱۱ نمودار $P - T$ در چرخه کامل یک گاز کامل تک اتمی مطابق شکل است. کدام گزینه زیر، الزاماً درست است؟



$|W_{BC}| = W_{DA}$ ۴

$W_{CD} = W_{AB}$ ۳

$\Delta U_{BC} > |\Delta U_{DA}|$ ۲

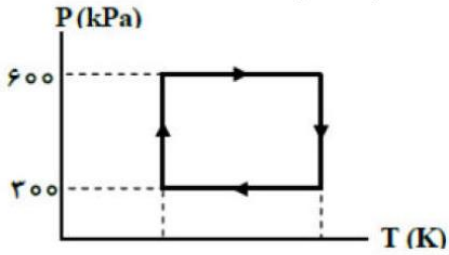
$\Delta U_{AB} > |\Delta U_{CD}|$ ۱





۱۲ مقدار معینی گاز کامل، چرخه‌ای مطابق شکل مقابل را طی می‌کند. اگر دمای گاز در خلال این چرخه، بین $91^\circ C$ و

$182^\circ C$ تغییر کند، نسبت بیشترین به کمترین حجم گاز در طی این چرخه $\left(\frac{V_{\max}}{V_{\min}}\right)$ کدام است؟



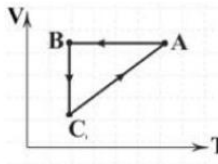
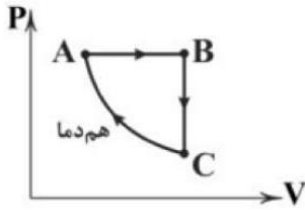
$\frac{5}{2}$ (۴)

$\frac{8}{5}$ (۳)

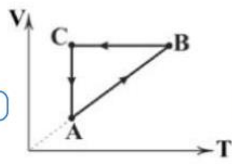
$\frac{5}{4}$ (۲)

۲ (۱)

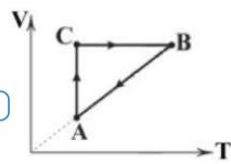
۱۳ نمودار $P - V$ ی یک گاز کامل تک اتمی مطابق شکل زیر است. کدام گزینه نمودار $V - T$ مربوط به این گاز را درست نشان می‌دهد؟



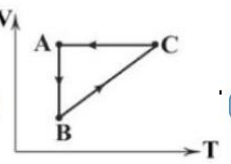
(۴)



(۳)

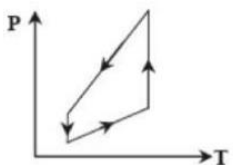
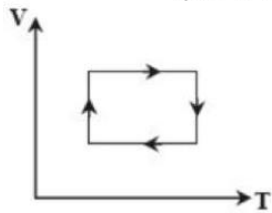


(۲)

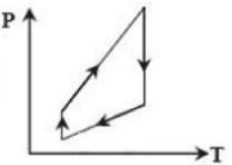


(۱)

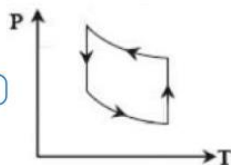
۱۴ چرخه‌ی شکل مقابل، در مختصات $P - T$ به کدام شکل است؟ (P: فشار، T: دمای مطلق و V: حجم)



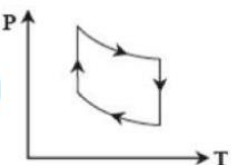
(۴)



(۳)



(۲)



(۱)



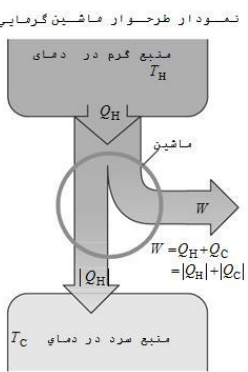
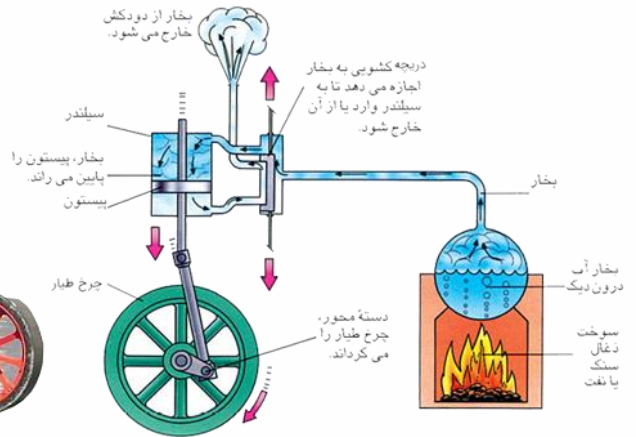


ماشین های گرمایی و یخچال ها

ماشین گرمایی

این ماشینها با استفاده از برخی فرایندهای ترمودینامیکی، گرمای حاصل از سوخت را به کار تبدیل می کنند.(انرژی گرمایی را به انرژی مکانیکی تبدیل می کنند) و ماشین های گرمایی در دو نوع درون سوز و برون سوز موجود می باشند.

$$Q_H = |W| + |Q_L|$$



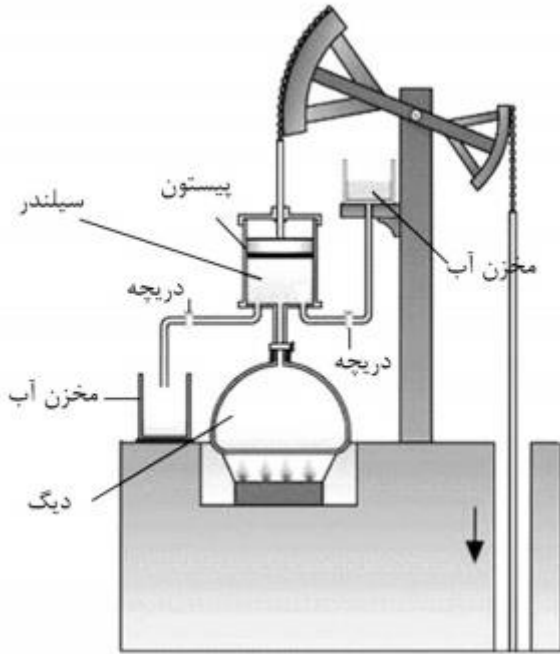
ماشین گرمایی درون سوز: یا موتورهای احتراق داخلی به موتورهایی گفته می شود که در آن ها مخلوط سوخت و اکسیدکننده معمولاً هوا یا اکسیژن در داخل محفظه بسته ای واکنش داده و محترق می شوند. بر اثر احتراق گازهای داغ با دما و فشار بالا حاصل می شوند و بر اثر انبساط این گازها قطعات متحرک موتور به حرکت درآمده و کار انجام می دهند (مانند موتور بنزینی ماشینها و هواپیما...)

ماشین گرمایی برون سوز: یا موتور برون سوز یا احتراق خارجی نوعی ماشین گرمایی می باشد که در آن سیال عامل داخلی توسط انرژی حاصل از احتراق یک سیال عامل دیگر گرم شده و در طی یک چرخه ترمودینامیکی کار توسط سیال عامل داخلی انجام می گردد. انرژی حاصل از احتراق توسط مبدل حرارتی از سیال خارجی به سیال عامل داخلی منتقل می شود. (مانند موتور بخار وات ، توربین بخار و موتور استرلینگ).





ماشینهای برونسوز انواع مختلفی دارند که ابتدایی ترین نوع آنها ماشین نیوکامن است که از آن برای بیرون کشیدن آب از معادن استفاده میشود. انواع روزآمدتر این ماشینها ماشین استرلینگ و ماشین بخار است. در ادامه به توضیح نمونه سادهای از ماشینهای بخار میپردازیم که توسط وات طراحی شد.



ماشین نیوکامن

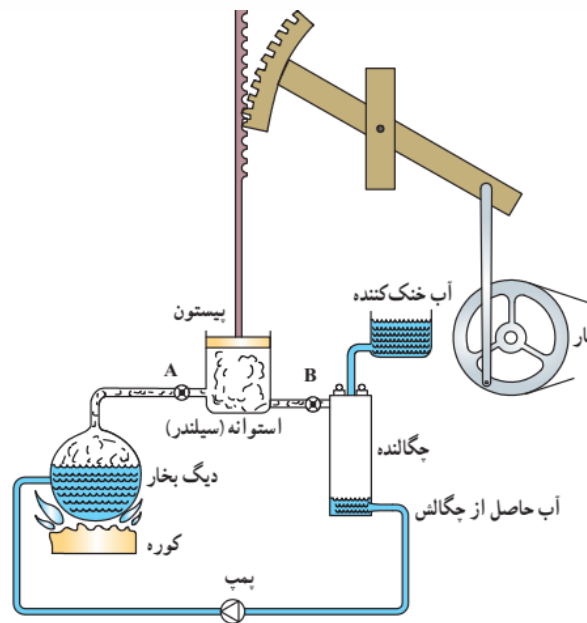


ماشین استرلینگ





ماشین بخار وات: در ماشین بخار دستگاهی که چرخه را طی میکند، آب است. همانطور که در شکل نشان داده شده است، آب در دیگ بخار مقداری گرما دریافت می‌کند و پس از انجام دادن چند فرایند مختلف که به توضیح آنها می‌پردازیم، به حالت اولیه خود در دیگ بخار برمی‌گردد و این چرخه دائماً تکرار می‌شود؛ چون گرما توسط کوره، از بیرون، به آب داده میشود، ماشین بخار از نوع ماشینهای برون سوز محسوب میشود. با باز شدن شیر A بخار حاصل از دیگ بخار با فشار وارد استوانه (سیلندر) می‌شود و به این ترتیب، پیستون را به بالا میراند در حالی که شیر B بسته است. وقتی پیستون به بالای استوانه میرسد شیر A بسته می‌شود و به این ترتیب، دیگ بخار مسدود میگردد. همزمان شیر B باز میشود و بدین ترتیب، بخار از استوانه خارج و وارد محفظه چگالنده میگردد. با ورود بخار به چگالنده، پیستون پایین می‌آید و هنگامی که پیستون به پایینترین سطح خود میرسد، شیر B بسته و به طور همزمان شیر A باز میشود و این مراحل دوباره تکرار میگردد. آب خنک کننده، چگالنده را همواره خنک نگه میدارد و بدین ترتیب، بخاری که وارد محفظه چگالنده میگردد، به مایع تبدیل میگردد



توجه کنید که آب خنک کننده وارد چگالنده نمیشود، بلکه اطراف آن را خنک می‌سازد. مایع پس از خروج از چگالنده توسط یک پمپ (تلمبه) به دیگ بخار برگردانده میشود و این چرخه پیدرپی تکرار میشود. تحلیل دقیق چرخه یک ماشین بخار دشوار است. اما با برخی ساده‌سازیها میتوان به تحلیل این ماشینها پرداخت و به چرخه ای آرمانی (مو سوم به چرخه رانکین) رسید. منظور از چرخه آرمانی چرخه های است که فرایندهای آن ایستوار و بدون اصطکاک و هرگونه اتلافی باشد.





همانطور که در ماشین بخار وات دیدیم دستگاه (آب) در هر چرخه با دو منبع گرمای دیگ بخار و چگالنده، تبادل گرما میکند و کار خالصی انجام میدهد. دیگ بخار را که در دمای بالاتری قرار دارد، منبع با دمای بالاتر و چگالنده را منبع با دمای پایینتر مینامند. گرمایی را که دستگاه از منبع با دمای بالاتر میگیرد با Q_H و گرمایی را که دستگاه به منبع با دمای پایینتر میدهد با Q_L و کار خالص انجام شده توسط دستگاه در طی چرخه را با W نمایش میدهیم



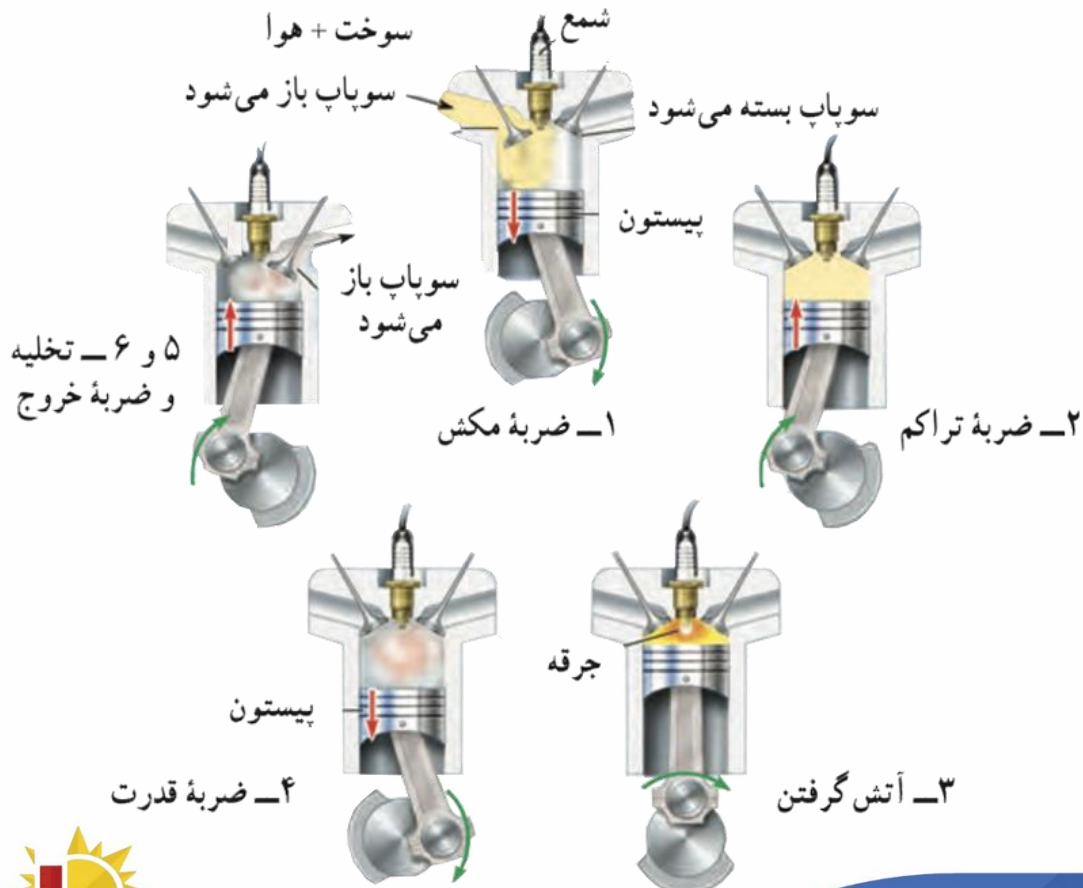


بررسی موتورهای درون سوز

موتور بیشتر خودروهای سواری، هواپیماها، برخی کشتیها، قطارها و مولدهای کوچک برق (ژنراتور) درون سوزند. ماشینهای گرمایی درون سوز انواع مختلفی دارند که دو نوع متداول آنها بنزینی و دیزلی نام دارند. در اینجا به توصیف ماشینهای بنزینی میپردازیم. ماشین درون سوز بنزینی: موتور ماشین بنزینی از یک یا چند استوانه (سیلندر) تشکیل شده است که پیستونها داخل آنها حرکت میکنند. یکی از این استوانهها و اجزای جانبی آن در شکل زیر نشان داده شده است. در این نوع موتور، بخشی از انرژی حاصل از سوخت، سبب حرکت پیستون می شود. این حرکت از طریق دسته (شاتون) و میل لنگ به حرکت چرخشی تبدیل می شود. با انتقال این حرکت چرخشی به چرخها، اتومبیل حرکت می کند. بخش دیگر انرژی از طریق رادیاتور، که موتور را سرد می کند، و لوله خروجی (اگزوز) مستقیماً به هوا داده میشود.

ماشین بنزینی چرخهای را طی میکند که شامل شش فرایند است. از این شش فرایند، چهار فرایند همراه با حرکت پیستوناند که به آنها ضربه میگویند.

این فرایندها به طور طرح وار زیر نشان داده شده است در بررسی هر یک از ماشینهای برو نسوز بخار و درو نسوز بنزینی برای ساده سازی محاسبات، فرایند را یک چرخه آرمانی فرض می کنیم که فرایندها به طور ایستوار انجام می شوند.



شش فرایند ماشین بنزینی

- مرحله ۱:** ضربه مکش با پایین آمدن پیستون، مخلوط بنزین و هوا از طریق دریچه ورودی وارد استوانه می‌شود. همانطور که شکل ۵-۱۷ نشان می‌دهد وقتی پیستون بالاست حجم فضای بالای آن V_1 و وقتی پیستون پایین است حجم این فضا $V_2 = r V_1$ است (r را نسبت تراکم یا نسبت انبساط می‌گویند). وقتی پیستون به پایین ترین وضعیت خود رسید، سوپاپ دریچه ورودی بسته می‌شود و مخلوط بنزین و هوا داخل استوانه محبوس می‌گردد.
- مرحله ۲:** ضربه تراکم پیستون بالا می‌آید، مخلوط را متراکم می‌کند و آن را به حجم V_1 می‌رساند. این تراکم به سرعت رخ می‌دهد. بنابراین، میتوان آن را بی‌دررو در نظر گرفت. در نتیجه، در پایان این مرحله، دما و فشار مخلوط بسیار بالا رفته است.
- مرحله ۳:** آتش گرفتن: هنگامی که پیستون به بالاترین وضعیت خود رسید، شمع جرقه می‌زند، مخلوط آتش می‌گیرد و دما و فشار آن در حجم ثابت V_1 تا مقدار زیادی بالا می‌رود؛ چون آتش گرفتن مخلوط در داخل استوانه رخ می‌دهد و مخلوط از بیرون گرما نمی‌گیرد، این موتورها را درونسوز می‌گویند.
- مرحله ۴:** ضربه قدرت در این مرحله در اثر فشار زیاد، مخلوط منبسط می‌شود و حجم آن از V_1 به V_2 می‌رسد. این انبساط به سرعت رخ می‌دهد. بنابراین، میتوان آن را بی‌دررو در نظر گرفت. در نتیجه در این انبساط، فشار و دمای مخلوط کاهش می‌یابد. در این مرحله مخلوط، پیستون را به شدت به پایین می‌راند و روی آن کار انجام می‌دهد. این کار توسط میل لنگ به اجزای دیگر ماشین منتقل می‌شود.
- مرحله ۵:** تخلیه درحالی‌که پیستون در پایینترین وضعیت (حجم V_2) قرار دارد، سوپاپ دریچه خروجی باز می‌شود و قسمتی از محصولات احتراق به صورت دود از دریچه خروجی خارج می‌شود، تا اینکه فشار گاز داخل استوانه با فشار جو یکسان شود. در این مرحله پیستون ساکن است.
- مرحله ۶:** ضربه خروج گاز: پیستون بالا می‌آید و بقیه محصولات احتراق را بیرون می‌راند و حجم فضای بالای پیستون از V_2 به مقدار اولیه V_1 می‌رسد





رابطه بازده در ماشینهای گرمایی

تحلیل دقیق چرخه یک ماشین بنزینی دشوار است. اما با بعضی ساده‌سازیها میتوان به تحلیل این ماشینها پرداخت و به چرخه ای آرمانی (موسوم به چرخه اتو) رسید.

در این ساده‌سازیها میتوان د ستگاه را گازی آرمانی در نظر گرفت و بدین ترتیب، فرض کرد که گاز به جای مرحله آتش گرفتن، گرمای Q_H را از محیط (منبع با دمای بالا) دریافت می‌کند، به جای مرحله تخلیه و خروج گاز، گرمای بهه محیط (منبع با دمای پایین) تحویل میدهد و سپس گاز سرد شده در فشار ثابت جو از استوانه خارج میشود و در طی این چرخه، کارخالص W را روی محیط انجام میدهد

قبلا گفتیم که در طی این چرخه‌های یک ماشین گرمایی همواره مقداری گرما از یک منبع دما بالا Q_H ، می‌گیرد سپس مقداری کار انجام می‌شود W و مقداری گرما به یک منبع دمای پایین Q_L داده می‌شود (تلف میشود)

گرمایی که به چشمه‌ی سرد می‌دهد. $Q_H = |W| + |Q_L|$ گرمایی که از چشمه‌ی گرم می‌گیرد.

کار انجام شده توسط ماشین

حال بازده واقعی ماشینهای گرمایی با بازده ماشینهای آرمانی متفاوت است

بازده واقعی ماشینهای درون سوز بنزینی در حدود ۲۵ تا ۳۰ درصد، بازده واقعی ماشینهای درون سوز دیزلی

در حدود ۴۰ درصد و بازده ماشینهای بخار نیز در حدود ۴۰ درصد است

$$Q_H = |W| + |Q_L|$$

بازده یک ماشین گرمایی را با حرف η (بخواندی اِتا) را نمایش می‌دهند و از فرمول زیر قابل محاسبه می‌باشد.

$$\text{بازده} = \frac{\text{کار انجام شده}}{\text{کل انرژی داده شده}} \Rightarrow \eta = \frac{|W|}{Q_H}$$





φ_L یا φ_H

تست: بازده یک ماشین گرمایی که در هر چرخه 800 J گرما به چشمه سرد می دهد، برابر $1/2$ است. این ماشین در هر چرخه چند ژول گرما از چشمه گرم می گیرد؟ φ_H

- گزینه ۱) 1000 (۲) 1600 (۳) 2000 (۴) 4000

$Q_C = 800$, $\eta = 0.2$, $Q_H = ?$

$$\eta = 1 - \frac{Q_C}{Q_H} \Rightarrow 0.2 = 1 - \frac{800}{Q_H} \Rightarrow 0.8 = \frac{800}{Q_H} \Rightarrow Q_H = 1000\text{ J}$$

تست: بازده یک ماشین گرمایی 20% و در هر دقیقه $2/4\text{ MJ}$ گرما به چشمه سرد می دهد. توان قابل استفاده این ماشین چند کیلووات است؟ φ_L یا φ_H

- گزینه ۱) 1 (۲) 4 (۳) 6 (۴) 10

$\eta = \frac{|W|}{Q_H} \Rightarrow Q_H = W + Q_C$

$$\Rightarrow \eta = \frac{W}{W + Q_C} \Rightarrow 0.2 = \frac{W}{W + 2/4} \Rightarrow W = 0.6\text{ MJ}$$

$$P = \frac{|W|}{t} = \frac{0.6 \times 10^6}{60} = 10000\text{ W} = 10\text{ kW}$$

تست: مطابق طرحواره ی شکل زیر در یک موتور بنزینی تمام گرمای تلف شده از طریق اگزوز خارج شده و این گرما به یک ماشین گرمایی دیگر به عنوان Q_H' داده می شود و، ماشین گرمایی دوم، تمام انرژی گرمایی خود را از انرژی تلف شده ی ماشین گرمایی اول دریافت می کند. اگر بازده موتور بنزینی (ماشین اول) 40% درصد باشد، بازدهی

ماشین دوم تقریباً چند درصد است؟

$$\eta = \frac{\varphi_H - \varphi_L}{\varphi_H + 1}$$

$$0.4 = \frac{\varphi_H - \varphi_L}{\varphi_H + 1} \Rightarrow \varphi_L = 0.6\varphi_H$$

$$\eta_2 = \frac{1/5 \varphi_H}{1/5 \varphi_H + 1} = 33.3\%$$

$$\text{بازده ماشین اول} = \frac{40}{100} = \frac{Q_H - Q_L}{Q_H} \rightarrow Q_L = 0.6Q_H$$

- گزینه ۱) $50/5$

- گزینه ۲) $25/2$

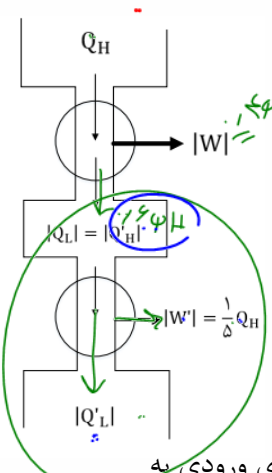
- گزینه ۳) 30

- گزینه ۴) $33/3$

تا اینجا فهمیدیم که گرمایی که ماشین اول می دهد به محیط چه قدره! حالا همین گرما قراره بره به عنوان گرمای ورودی به

ماشین دوم یعنی $|Q_{L \text{ ماشین اول}}| = |Q_H \text{ ماشین دوم}|$ از طرفی توی شکل هم گفته که کار ماشین دوم برابر با یک پنجم

$$\text{گرمای ماشین اوله پس داریم: } \frac{W_{\text{ماشین دوم}}}{Q_H \text{ ماشین دوم}} = \frac{1/5 Q_H}{10 Q_H} \rightarrow = 33.3$$





φ_H

تست: در ماشین گرمایی ای که بازده آن ۵۰٪ است، گرمایی که منبع دما بالا به گاز می دهد، ۶۴۰ ژول است و گرمای منبع دما پائین به عنوان گرمای منبع دما بالای ماشین مشابه دیگری مورد استفاده قرار می گیرد. اگر این روند تا ۵ مرحله (ماشین گرمایی) ادامه پیدا کند، در چرخه کامل مجموعه این ماشین ها، در کل چند ژول کار انجام می شود؟ (بازده تمام ماشین ها برابر است)

۶۰۰ (۴)

۱۲۴۰ (۳)

۶۲۰ (۲)

۴۸۰ (۱)

بازده ۵۰ درصد است یعنی هر مرحله اون ۶۴۰ تا نصف میشود یعنی ۵ بار نصف میشود! و ۵ بار نصف شدن یعنی $\frac{640}{2^5} = 20$
 $640 - 20 = 620$

این ماشین از پی پی کره گرفته است!!!!!!

تست: یک ماشین گرمایی با بازدهی ۲۰ درصد در هر چرخه، مقدار 4000J گرما به محیط پس می دهد. کار حاصل از این ماشین، پس از چند چرخه می تواند جسمی به جرم 50kg را از حال سکون از سطح زمین تا ارتفاع ۱ متری از زمین بالا ببرد و با سرعت ۱۰ متر بر ثانیه پاشش کند؟ (از کلیه تلفات انرژی در حرکت جسم صرف نظر کنید)

$(g = 10 \frac{m}{s^2})$

۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)

کار ماشین $W = 1000$

$$\text{بازده} = \frac{W}{W + Q_L} \rightarrow \frac{20}{100} = \frac{W}{W + 4000}$$

$$W_T = mgh + \frac{1}{2}mv^2 = 50(10)(1) + \frac{1}{2}50(100) = 3000$$

خب پس ۳۰۰۰ تا انرژی لازم هست و ماشین هم در هر چرخه ۱۰۰۰ تا کار تولید میکنه پس ۳ تا چرخه باید طی بشه (گزینه ۳)

$$\text{تعداد چرخه} = \frac{\text{کار کل}}{\text{کار هر چرخه}} = \frac{3000}{1000} = 3$$



**قانون دوم ترمودینامیک (به بیان ماشینهای گرمایی)**

در قسمت قبلی درس حتما متوجه شدید که ماشینهای گرمایی، گرمای Q_H را از یک منبع دمابالا میگیرند، مقداری از آن را به کار W تبدیل میکند و بقیه Q_L را به یک منبع دماپایین میدهد، اما یک سوال که همیشه در ذهن بشر بوده اینست که آیا همیشه همه گرمای دریافتی به کار تبدیل بشه و تلفات انرژی نداشته باشیم؟ در دنیا همیشه تلفات انرژی وجود داره و تمام ماشینهای گرمایی که تاکنون ساخته شدهاند، نمی توانند همه گرمای دریافتی را به کار تبدیل کنند و به زبان ساده تر ممکن نیست دستگاه چرخهای را ببیماید که در طی آن مقداری گرما را از منبع دمابالا جذب و تمام آن را به کار تبدیل کند که عبارت بالا، قانون دوم ترمودینامیک به بیان ماشین گرمایی نامیده میشود.

یعنی ممکن نیست بازده یک ماشین گرمایی برابر یک (۱۰۰ درصد) شود.

بچه ها دقت کنید که اگر در چرخه یک ماشین گرمایی، تمام گرمای گرفته شده از منبع دمابالا به کار تبدیل شود، قانون اول ترمودینامیک نقض نمیشود؛ اما براساس قانون دوم ترمودینامیک امکان طراحی و ساخت ماشینی که این تبدیل را انجام دهد، غیرممکن است.

نکته: برای درستی قانون اول چک کنید که جمع کار و Q_L با مقدار Q_H باهم یکی باشد

نکته: برای درستی قانون دوم چک کنید که Q_L صفر نباشد!





یخچال‌ها

همانطور که در قسمت قبل دیدیم، یک ماشین گرمایی مقداری گرما از جسمی با دمای بالا (منبع گرمایی Q_H) می‌گیرد و مقداری از آن را به کار تبدیل می‌کند (W) و الباقی انرژی را به منبع سرد می‌دهد Q_L . حال اگر دستگاهی درست کنیم که برعکس یک ماشین گرمایی کار کند و گرما را از جسم سرد بگیرد و به جسم گرم منتقل کند به آن یخچال می‌گویند.

$$|Q_H| = W + Q_C$$

قانون دوم ترمودینامیک به بیان یخچالی

گرما همواره از جسمی با دمای بالا به جسمی با دمای پایین منتقل می‌شود، ولی عکس این عمل به طور خودبه خود رخ نمیدهد. مثلاً اگر یک لیوان آب سرد در اتاق قرار داشته باشد گرما به طور خودبه خود از آب به اتاق منتقل نمیشود و ممکن نیست آب به طور خودبه خود سردتر شود.

به عبارت دیگر: **ممکن نیست گرما به طور خودبه خود از جسم با دمای پایینتر به جسم با دمای بالاتر منتقل شود**
به این گزاره، قانون دوم ترمودینامیک به بیان یخچالی می‌گویند و W نباید صفر باشد

اما با انجام کار میتوان گرما را از جسمی سرد به جسمی گرم منتقل کرد. (میتوان نشان داد دو بیان ماشین گرمایی و یخچالی قانون دوم ترمودینامیک معادل یکدیگرند؛ یعنی اگر قانون دوم ترمودینامیک به بیان یخچالی نقض شود، قانون دوم ترمودینامیک به بیان ماشین گرمایی نیز نقض میشود و بر عکس)

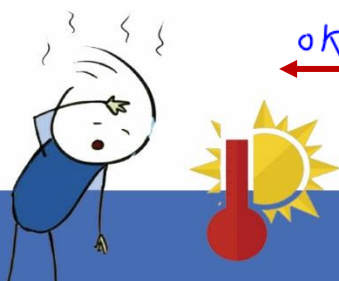
جمع بندی بررسی نقض یا عدم نقض قوانین ترمودینامیک:

نکته: برای بررسی درستی **قانون اول ترمودینامیک** چک کنید که جمع کار و Q_L با مقدار Q_H باهم یکی باشد

نکته: برای بررسی درستی **قانون دوم** به بیان ماشین گرمایی چک کنید که Q_L صفر نباشد!

نکته: برای بررسی درستی **قانون دوم** به بیان یخچال‌ها چک کنید که W صفر نباشد!

$200 = 200 + 0$ $Q_H = W + Q_L$	نقض قانون گرمایی	$Q_H = 200$ و $Q_L = 0$ و $ W = 200$	A در ماشین گرمایی
$200 \neq 150 + 0$	نقض ۱ و ۲ و ۳ گرمایی	$Q_H = 200$ و $Q_L = 0$ و $ W = 250$	B در ماشین گرمایی
$200 \neq 120 + 90$	نقض قانون ۱	$Q_H = 200$ و $Q_L = 120$ و $ W = 90$	C در ماشین گرمایی
$200 = 150 + 50$	همه معاینه OK	$Q_H = 200$ و $Q_L = 50$ و $ W = 150$	D در ماشین گرمایی
$200 = 250 + 0$	هر دو نقض	$Q_H = 200$ و $Q_L = 0$ و $ W = 250$	E در ماشین گرمایی
	نقض قانون ۲ یخچالی	$ Q_H = 200$ و $Q_L = 200$ و $W = 0$	F در یک یخچال
$200 = 0 + 200$	نقض ۱ و ۲ یخچالی	$ Q_H = 200$ و $Q_L = 320$ و $W = 0$	G در یک یخچال
	هر دو OK	$ Q_H = 200$ و $Q_L = 50$ و $W = 150$	H در یک یخچال





ضریب عملکرد یخچال (K) (مطالعه آزاد)

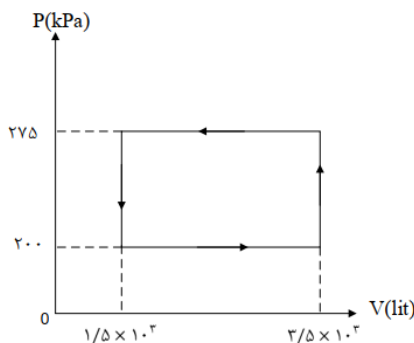
یخچال با مصرف کار W می‌تواند از منبع سرد، گرما را به منبع گرم منتقل کند. روشن است که هر اندازه انرژی مصرفی یخچال (W) کم‌تر باشد و گرمای بیش‌تری از منبع سرد Q_L گرفته و به منبع گرم منتقل کند. یخچال بهتری است و استفاده از آن، مقرون به صرفه است. به همین دلیل برای یخچال‌ها، ضریبی تعریف می‌کنند که برای یک یخچال هر چه بزرگ‌تر باشد، از نظر اقتصادی، یخچال بهتری است. این ضریب را ضریب عملکرد یخچال می‌نامند و با نماد K نشان می‌دهند.

ضریب عملکرد برابر نسبت گرمای گرفته شده از منبع سرد Q_L به کاری است که موتور یخچال مصرف می‌کند (W).

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

تست: در یک یخچال فرضی که نمودار $P-V$ مربوط به چرخه‌ی آن، مطابق شکل زیر است. اگر حداقل 3 چرخه لازم باشد تا 6 کیلوگرم آب صفر درجه‌ی سلسیوس درون یخچال به طور کامل منجمد شود. این یخچال در هر چرخه، برای ایجاد آب، چند ژول گرما به فضای بیرون می‌دهد و ضریب عملکرد این یخچال تقریباً چند است؟

مطالعه آزاد ($L_F = 350000 \frac{J}{kg}$)



(1) $K = 4.66$ و $8/5 \times 10^5$

(2) $K = 4.06$ و $8/5 \times 10^5$

(3) $K = 3.66$ و $7/5 \times 10^5$

(4) $K = 4.66$ و 50×10^4

ابتدا گرمای گرفته شده را محاسبه می‌کنیم:

$$Q_{\text{شش چرخه}} = mL_f = 6 \times 350000 = 2100000$$

$$Q_{\text{یک چرخه}} = Q_L = \frac{2100000}{3} = 7 \times 10^5$$

حالا باید با محاسبه مساحت چرخه، مقدار کار رو حساب کنیم (حواستون به تبدیل واحدها باشه!)

$$W = \text{مساحت} = (275000 - 200000) \times (3.5 - 1.5) = 1.5 \times 10^5$$

حالا برای محاسبه ضریب عملکرد داریم:

$$K = \frac{Q_L}{W} = \frac{7 \times 10^5}{1.5 \times 10^5} = 4.66$$

همینطور برای محاسبه گرمایی که به محیط میدهد داریم:

$$|Q_H| = Q_L + W = 7 \times 10^5 + 1.5 \times 10^5 = 8.5 \times 10^5$$





تست: یک خنک کننده در هر ساعت 6×10^6 ژول گرما از اطاق گرفته و در همان مدت $7/8 \times 10^6$ ژول گرما به

فضای بیرون می دهد توان این خنک کننده چند کیلووات است؟

۵ (۴)

۴ (۳)

۰/۵ (۲)

۰/۴ (۱)

گزینه ی ۲

$$Q_H = Q_L + W \Rightarrow 7/8 \times 10^6 = 6 \times 10^6 + W \Rightarrow W = 1/8 \times 10^6 \text{ J}$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{1/8 \times 10^6}{1 \times 3600} = \frac{180 \times 10^4}{3600} = 500 \text{ W} = 0.5 \text{ kW}$$

$$P = \frac{W}{t} \rightarrow ? \quad 1/8 \times 10^6$$

$$t \rightarrow 3600$$





Homework 5

۱ در مرحله «ضربه تراکم» سوپاپ ورودی و سوپاپ خروجی به ترتیب در چه وضعیتی هستند؟

۱ هر دو باز ۲ هر دو بسته

۳ ورودی بسته، خروجی باز ۴ ورودی باز، خروجی بسته

۲ در مراحل کار موتور درون‌سوز بنزینی کدام فرایندها را می‌توان بدون مبادله‌ی گرما در نظر گرفت؟

۱ ضربه‌ی تراکم - آتش گرفتن ۲ ضربه‌ی تراکم - ضربه‌ی قدرت

۳ آتش گرفتن - تخلیه ۴ آتش گرفتن - ضربه‌ی قدرت

۳ در کدام‌یک از مراحل چرخه‌ی ماشین درون‌سوز بنزینی، فرایند بی‌دررو طی می‌شود؟

۱ ضربه‌ی خروج گاز و ضربه‌ی مکش ۲ ضربه‌ی قدرت و ضربه‌ی مکش

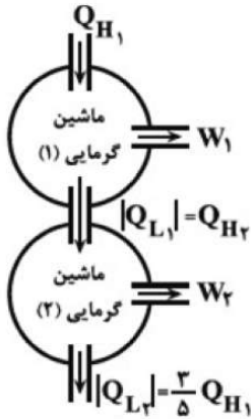
۳ ضربه‌ی تراکم و ضربه‌ی قدرت ۴ ضربه‌ی تراکم و ضربه‌ی خروج گاز

۴ یک موتور بنزینی در هر چرخه 2 kJ گرما به منبع دما پایین می‌دهد. اگر توان این موتور بنزینی 50 kW باشد و

گرمای حاصل از سوختن هر گرم بنزین را $5 \times 10^4 \text{ J}$ فرض کنیم، در مدت 108 چند گرم بنزین می‌سوزد؟ (در هر ثانیه 100 چرخه طی می‌شود و تمام گرمای حاصل از سوختن بنزین به ماشین گرمایی می‌رسد.)

۱ ۵ ۲ ۵۰۰ ۳ ۵۰ ۴ ۵۰۰۰

۵ در طرح‌واره‌ی شکل مقابل، تمام انرژی گرمایی تلف شده در ماشین گرمایی آرمانی ۱ را ماشین گرمایی آرمانی ۲ دریافت می‌کند. اگر بازدهی گرمایی ۲ برابر با ۲۵ درصد باشد، بازدهی ماشین گرمایی ۱ چند درصد است؟



۱ ۱۵ ۲ ۲۵ ۳ ۳۰ ۴ ۲۰

۶ یک ماشین گرمایی با بازدهی 23% ، در هر چرخه به اندازه‌ی 690 J کار انجام می‌دهد. اگر هر چرخه‌ی آن طی مدت $2/58$ طی شود، مقدار گرمایی که طی 2 دقیقه این ماشین گرمایی گرفته است، چند کیلوژول است؟

۱ ۳۰۰۰ ۲ ۳ ۳ ۱۴۴۰۰۰ ۴ ۱۴۴





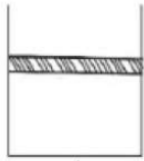
۷) یک ماشین گرمایی آرمانی با دریافت $1200J$ گرما، $300J$ کار انجام می‌دهد. اگر بتوانیم با همان مقدار گرمای دریافتی، اندازه‌ی گرمای تلف شده در این ماشین را ۵ درصد کاهش دهیم، در این صورت بازدهی ماشین گرمایی نسبت به قبل چه قدر (برحسب درصد) و چگونه تغییر می‌کند؟

- ۱) ۵ درصد - کاهش می‌یابد. ۲) ۵ درصد - افزایش می‌یابد.
 ۳) $3/75$ درصد - کاهش می‌یابد. ۴) $3/75$ درصد - افزایش می‌یابد.

۸) توان خروجی و بازدهٔ یک ماشین گرمایی به ترتیب $20kW$ و ۱۰ درصد است. اگر این ماشین در هر چهار دقیقه 480 چرخه را طی کند، اندازهٔ گرمایی که در هر چرخه به چشمهٔ سرد می‌دهد برابر با چند کیلوژول است؟

- ۱) $94/5$ ۲) ۸۰ ۳) ۹۰ ۴) ۱۰۰

۹) در شکل مقابل پیستون بدون اصطکاک بوده و با حرارت دادن گاز رو به بالا حرکت می‌کند. با این فرض که تمام گرمای رسیده به گاز به کار انتقال پیستون تبدیل شود، کدام گزینه درست است؟



حرارت

- ۱) در طی این فرآیند قانون اول ترمودینامیک نقض می‌شود.
 ۲) در طی این فرآیند قانون دوم ترمودینامیک نقض می‌شود.
 ۳) در طی این فرآیند هر دو قانون اول و دوم ترمودینامیک نقض می‌شود.
 ۴) هیچ یک از دو قانون اول و دوم ترمودینامیک نقض نمی‌شود.

۱۰) در یک ماشین گرمایی اگر دمای کوره $217^{\circ}C$ و دمای محیط $7^{\circ}C$ است. کدام گزینه درباره‌ی این ماشین گرمایی می‌تواند درست باشد؟

- ۱) $W = -200J, Q_C = -150J, Q_H = 350J$ ۲) $W = -40J, Q_C = -120J, Q_H = 200J$
 ۳) $W = -150J, Q_C = -250J, Q_H = 500J$ ۴) $W = -100J, Q_C = -480J, Q_H = 840J$

۱۱) در هریک از گزینه‌های زیر، کمیت‌های Q_H, Q_L و W که در چرخه یک ماشین گرمایی فرضی یا یخچال فرضی مبادله می‌شود، داده شده‌اند. در کدام گزینه، قانون اول ترمودینامیک برقرار و قانون دوم ترمودینامیک به بیان یخچالی در چرخهٔ یک یخچال فرضی نقض می‌شود؟

- ۱) $Q_L = 30J, W = 0, Q_H = -300J$ ۲) $Q_L = -120J, W = -280J, Q_H = 400J$
 ۳) $Q_L = 200J, W = 0, Q_H = -200J$ ۴) $Q_L = 0, W = 500J, Q_H = 500J$

۱۲) کدام گزینه درست نیست؟

- ۱) برای کولر گازی، هوا و اجسام داخل اتاق منبع دما پایین به حساب می‌آیند.
 ۲) ممکن نیست گرما به طور خودبه‌خود از جسم با دمای پایین به جسم با دمای بالا منتقل شود.
 ۳) اگر قانون دوم ترمودینامیک به بیان یخچالی نقض شود، قانون دوم ترمودینامیک به بیان ماشین گرمایی نیز نقض می‌شود.
 ۴) در یخچال همواره $|Q_H| > W$ و $|Q_L| < W$ است.





۱۳ کدام داده‌ها، ممکن است مربوط به ماشین گرمایی باشد که دمای چشمه‌های گرم و سرد آن به ترتیب 400K و 300K است؟

۱ $Q_H = 10\text{kJ}, |Q_L| = 8\text{kJ}, |W| = 2\text{kJ}$ ۲ $Q_H = 3\text{kJ}, |Q_L| = 2\text{kJ}, |W| = 1\text{kJ}$

۳ $Q_H = 6\text{kJ}, |Q_L| = 4\text{kJ}, |W| = 1\text{kJ}$

۴ $Q_H = 8\text{kJ}, |Q_L| = 7/5\text{kJ}, |W| = 1/5\text{kJ}$

۱۴ کدام گزینه قانون دوم ترمودینامیک به بیان ماشین گرمایی است؟

۱ امکان ندارد یک ماشین گرمایی چرخه‌ای را بپیماید که در آن تمام گرمایی که دستگاه به چشمه‌ی سرد می‌دهد به کار تبدیل شود.

۲ امکان ندارد یک ماشین گرمایی چرخه‌ای را بپیماید که در آن تمام گرمایی که دستگاه به چشمه‌ی گرم می‌گیرد به کار تبدیل شود.

۳ امکان ندارد یک ماشین گرمایی چرخه‌ای را بپیماید که در آن تمام گرمایی که دستگاه به چشمه‌ی سرد می‌گیرد به کار تبدیل شود.

۴ امکان ندارد یک ماشین گرمایی چرخه‌ای را بپیماید که در آن تمام گرمایی که دستگاه به چشمه‌ی گرم می‌دهد به کار تبدیل شود.

۱۵ در کدام یک از گزینه‌های زیر، قانون دوم ترمودینامیک نقض شده است؟

۱ $Q_H = 50\text{J}, Q_C = -40\text{J}, W = -10\text{J}$ ۲ $Q_H = -40\text{J}, Q_C = 20\text{J}, W = 20\text{J}$

۳ $Q_H = 50\text{J}, Q_C = 0\text{J}, W = -50\text{J}$ ۴ $Q_H = 40\text{J}, Q_C = -20\text{J}, W = -20\text{J}$





Final Homework

۱ حجم گاز کاملی در فشار 10^5 Pa و دمای 27°C ، برابر 1 cm^3 است. تعداد مولکول‌های گاز کدام است؟
 ($R = 8 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$ و $6 \times 10^{23} = \text{عدد آووگادرو}$)

$\frac{10^{22}}{24}$ (۴)

$\frac{10^{13}}{24}$ (۳)

$2/5 \times 10^{19}$ (۲)

$2/5 \times 10^{21}$ (۱)

۲ مخزنی با حجم ثابت 80 لیتر محتوی مخلوطی از دو گاز هیدروژن و هلیم با دمای ثابت 27 درجه‌ی سلسیوس و فشار $7/5$ اتمسفر است. اگر جرم مخلوط 80 گرم باشد، چند درصد از جرم مخلوط را هلیم تشکیل می‌دهد؟

($R = 8 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$, $1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa}$)

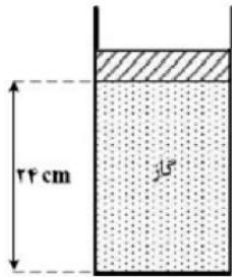
75 (۴)

60 (۳)

40 (۲)

25 (۱)

۳ در مکانی که فشار هوا $10^5 \times 84/0$ Pa است، مطابق شکل زیر مقداری گاز با دمای 7 درجه سلسیوس در استوانه‌ای به سطح قاعده‌ی 10 cm^2 زیر پیستونی به جرم $3/6$ کیلوگرم که می‌تواند آزادانه و بدون اصطکاک حرکت کند، محبوس است. اگر وزنه‌ای به جرم $2/4$ کیلوگرم روی پیستون اضافه کنیم، برای آن‌که پیستون جابه‌جا نشود، دمای گاز را چند کلوین باید بالا ببریم؟



70 (۴)

65 (۳)

56 (۲)

48 (۱)

۴ اگر در یک فرایند ایستاوار هم‌دما، در شرایطی که میزان گاز کامل ثابت می‌ماند، چگالی آن نصف شود، انرژی درونی گاز نسبت به حالت اول چند برابر می‌شود؟

2 (۴)

$3/2$ (۳)

1 (۲)

$1/2$ (۱)

۵ دمای یک قطعه فلز به جرم 300 گرم از 20°C به 80°C می‌رسد. انرژی درونی آن چند کیلوژول افزایش می‌یابد؟ (از

تغییر حجم صرف‌نظر کنید و $c = 400 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$)

$7/2$ (۴)

$4/2$ (۳)

$3/6$ (۲)

صفر (۱)

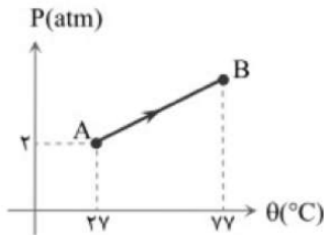




۶ مقدار گاز دو اتمی، در یک فرایند هم‌فشار $500 J$ کار روی محیط انجام می‌دهد. انرژی درونی گاز چگونه تغییر می‌کند؟ $(C_v = \frac{5}{2} R)$

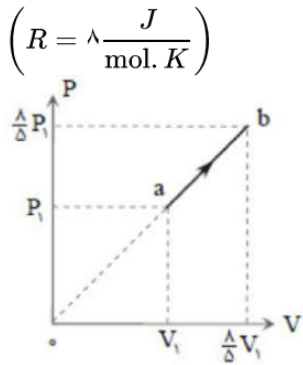
- ۱) $1250 J$ کاهش ۲) $1250 J$ افزایش ۳) $1750 J$ کاهش ۴) $1750 J$ افزایش

۷ نمودار فشار برحسب دما برای یک مول گاز تک‌اتمی رسم شده است. تغییر انرژی درونی گاز چند ژول است؟ $(R \approx 8 \frac{J}{mol \cdot K})$



- ۱) ۳۰۰ ۲) ۴۵۰ ۳) ۶۰۰ ۴) ۷۵۰

۸ نمودار $P - V$ ی نیم‌مول گاز کامل دو اتمی مطابق شکل زیر است. اگر دمای گاز در حالت a ، $300 K$ باشد، تغییر انرژی درونی گاز در فرآیند ab چند ژول است؟



- ۱) ۴۶۸۰ ۲) ۲۸۰۸ ۳) ۱۸۰۰ ۴) ۱۰۵۰

۹ در یک فرایند هم‌فشار، برای n مول گاز کامل دو اتمی، $\frac{\Delta U}{W}$ برابر با کدام گزینه است؟ $(C_p = \frac{7}{2} R)$

- ۱) $-1/5$ ۲) $-2/5$ ۳) $1/5$ ۴) $2/5$

۱۰ در جدول زیر، به جای X و Y از راست به چپ کدام‌های زیر مناسب است؟

انرژی درونی	فشار	حجم	نوع فرایند
X	Y	افزایش	بی‌دررو

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





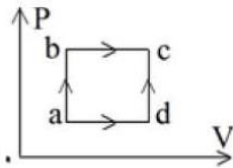
۱۱ در یک فرآیند بی‌دررو، اگر حجم گاز از ۵ Lit به ۴ Lit برسد، کار انجام شده روی گاز برابر W_1 و تغییر انرژی درونی گاز ΔU_1 است و اگر در ادامه‌ی همان فرآیند، حجم گاز از ۴ Lit به ۳ Lit برسد، کار انجام شده روی گاز W_2 و تغییر انرژی درونی گاز ΔU_2 است. کدام رابطه درست است؟

۱. $W_2 = W_1$ ، $\Delta U_2 = \Delta U_1$
 ۲. $W_2 > W_1$ ، $\Delta U_2 > \Delta U_1$
 ۳. $W_1 > W_2$ ، $\Delta U_1 > \Delta U_2$
 ۴. $W_1 > W_2$ ، $\Delta U_2 > \Delta U_1$

۱۲ طی ۳ فرآیند جداگانه هم‌دما و بی‌دررو و هم‌فشار، حجم گازی را از مقدار اولیه به نصف می‌رسانیم. در این‌صورت کدام درست است؟

۱. ΔU هر ۳ فرآیند برابر است.
 ۲. W در فرآیند هم‌دما بیش‌تر است.
 ۳. فشار نهایی در فرآیند بی‌دررو بیش‌تر است.
 ۴. کاهش فشار در فرآیند بی‌دررو بیش‌تر است.

۱۳ یک گاز کامل تک اتمی از دو مسیر abc و adc به حالت c می‌رود. کدامیک از گزینه‌های زیر صحیح است؟



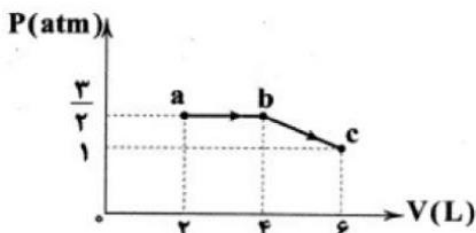
۱. گرمایی که گاز در هر دو مسیر می‌گیرد، یکسان است.
 ۲. گرمایی که گاز در مسیر adc می‌گیرد، بیش‌تر از گرمایی است که در مسیر abc می‌گیرد.
 ۳. کار انجام شده توسط گاز در مسیر abc، بیش‌تر از کار انجام شده در مسیر adc است.
 ۴. تغییر انرژی درونی گاز در مسیر abc بیش‌تر از تغییر انرژی درونی گاز در مسیر adc است.

۱۴ دو مول از یک گاز دواتمی با دمای $227^\circ C$ را به صورت بی‌دررو منبسط می‌کنیم. اگر در این فرآیند دمای مطلق گاز ۸ درصد کاهش یابد، کار انجام‌شده توسط گاز روی محیط چند ژول است؟

۱. -1800
 ۲. -1600
 ۳. 1800
 ۴. 1600

۱۵ نمودار $P - V$ یک گاز آرمانی تک‌اتمی مطابق شکل زیر است. گرمایی که گاز در فرآیند abc با محیط مبادله می‌کند، چند ژول است؟

$\left(R = \frac{8}{3} \frac{J}{\text{mol} \cdot K}, C_V = \frac{5}{2} R \right)$

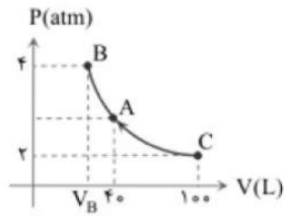


۱. 480
 ۲. 100
 ۳. 900
 ۴. 1000





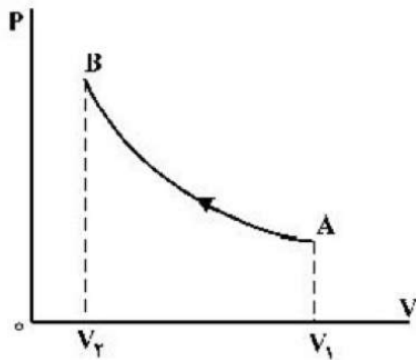
۱۶ در شکل مقابل ۲ مول گاز تک‌اتمی فرآیند همدم را طی کرده است. به ترتیب از راست به چپ فشار نقطه‌ی A چند اتمسفر و حجم نقطه‌ی B چند لیتر است؟



- ۱) ۵ - ۵ ۲) ۳ - ۴۰ ۳) ۵ - ۴۰ ۴) ۴ - ۵۰

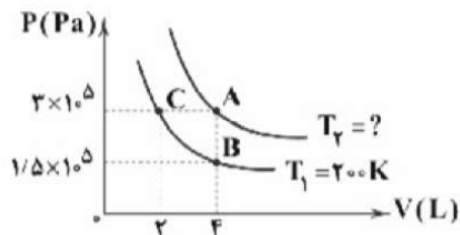
۱۷ مطابق شکل زیر، حجم مقدار معینی گاز آرمانی، در یک فرآیند بی‌دررو از V_1 به V_2 می‌رسد. کدام موارد زیر درست است؟

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



- ۱) الف و ت ۲) الف و ت ۳) ب و ث ۴) پ و ت

۱۸ نمودار $P - V$ فرآیند ایستوار و هم‌دمای مقداری گاز آرمانی در دماهای $T_1 = 200\text{ K}$ و T_2 به شکل مقابل است. T_2 چند کلوین است؟



- ۱) ۲۰۰ ۲) ۴۰۰ ۳) ۶۰۰ ۴) ۸۰۰

۱۹ دمای نیم مول گاز تک‌اتمی طی یک فرآیند هم‌فشار از 7°C به 147°C می‌رسد. سپس طی یک فرآیند هم‌حجم، فشار گاز، ۲۵ درصد کاهش می‌یابد. تغییر انرژی درونی گاز در کل فرایندها چند ژول است؟

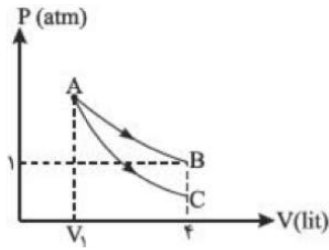
$$\left(C_v = 12 \frac{J}{\text{mol} \cdot K} \right)$$

- ۱) ۲۱۰ ۲) ۲۴۰ ۳) ۵۶۰ ۴) ۱۰۸۰





۲۰ نمودار $P-V$ برای مقدار معینی گاز کامل تک اتمی که طی دو فرآیند هم‌دما و بی‌دررو از یک حالت با حجم V_1 به حالت دیگر با حجم $V_2 = 4 \text{ Lit}$ می‌رسد، به صورت زیر است. اگر کار انجام شده توسط گاز در فرآیند بی‌دررو 200 J باشد، فشار نهایی در فرآیند بی‌دررو چند اتمسفر است؟ $(C_V = \frac{3}{2}R)$



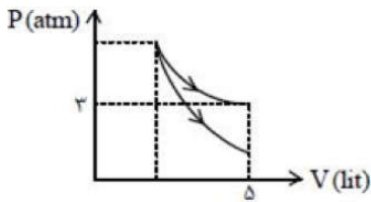
۰/۷۵ (۴)

۰/۵ (۳)

۰/۴ (۲)

۰/۲ (۱)

۲۱ نمودار روبه‌رو مربوط به دو فرآیند هم‌دما و بی‌درروی گاز کامل تک اتمی است. اگر مقدار کاری که در فرآیند بی‌دررو انجام می‌گیرد 900 J باشد، فشار نهایی در فرآیند بی‌دررو چند اتمسفر است؟



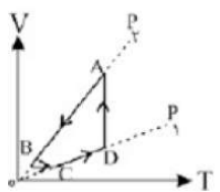
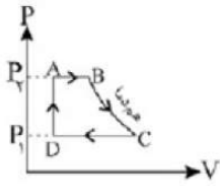
$\frac{9}{\Delta}$ (۴)

$\frac{2}{3}$ (۳)

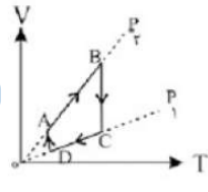
$\frac{3}{2}$ (۲)

$\frac{5}{9}$ (۱)

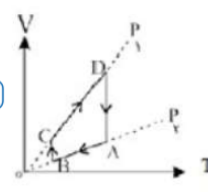
۲۲ نمودار $P-V$ گاز کاملی مطابق شکل مقابل است. نمودار $V-T$ آن مطابق کدام نمودار زیر است:



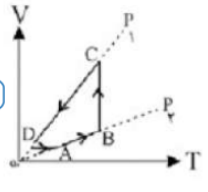
(۴)



(۳)



(۲)

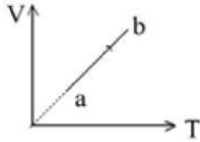


(۱)



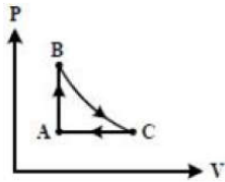


۲۳ در شکل مقابل پاره‌خط ab فرآیندی را روی مقداری گاز کامل نشان می‌دهد. در طی این فرآیند



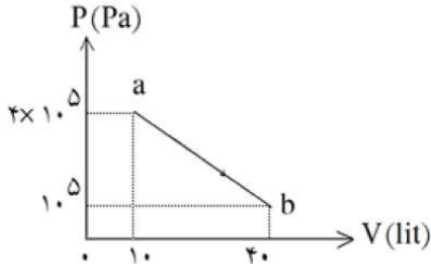
- ۱ انرژی درونی گاز ثابت است
 ۲ فشار گاز ثابت است
 ۳ چگالی گاز تغییر نکرده است
 ۴ با محیط خارج مبادله‌ی گرما نشده است

۲۴ شکل روبه‌رو، چرخه‌ای را که مقدار معینی گاز کامل طی می‌کند، نشان می‌دهد. در این چرخه علامت Q در فرآیند AB، علامت W در فرآیند BC و علامت Δu در فرآیند CA است. (BC فرآیندی هم‌دما است.)



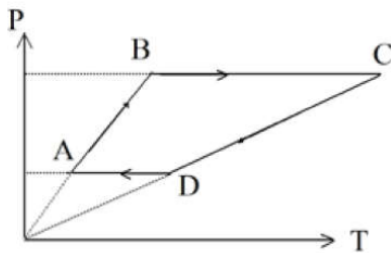
- ۱ منفی، منفی، مثبت
 ۲ مثبت، منفی، منفی
 ۳ مثبت، منفی، مثبت
 ۴ منفی، مثبت، منفی

۲۵ شکل روبه‌رو نمودار (P-V) مربوط به مقداری گاز کامل است. انرژی درونی گاز در این فرآیند چگونه تغییر می‌کند؟



- ۱ پیوسته کاهش می‌یابد.
 ۲ پیوسته افزایش می‌یابد.
 ۳ ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.
 ۴ ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

۲۶ نمودار (P-T)ی یک گاز کامل مطابق شکل است. کدام گزینه‌ی زیر درست است؟

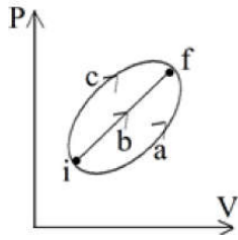


- ۱ $W_{CD} > W_{AB}$
 ۲ $Q_{BC} < |Q_{DA}|$
 ۳ $|Q_{CD}| > Q_{AB}$
 ۴ $|W_{BC}| < W_{DA}$



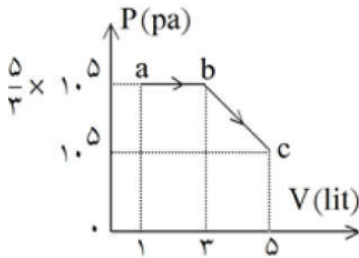


۲۷ نمودار $(P - V)$ ی گاز کاملی که از سه مسیر a, b, c و c از حالت i به حالت f می‌رود، مطابق شکل زیر است. اگر تغییر انرژی درونی گاز Δu و گرمایی که گاز می‌گیرد Q باشد، کدام رابطه درست است؟



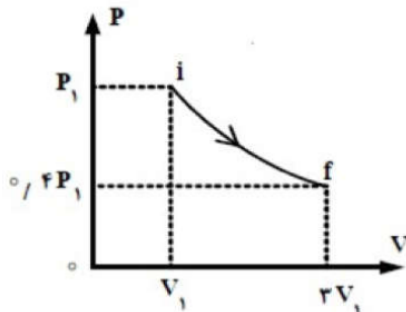
- ۱ $Q_c > Q_b > Q_a > 0$ ۲ $Q_a > Q_b > Q_c > 0$ ۳ $\Delta u_a = \Delta u_b = \Delta u_c < 0$ ۴ $\Delta u_a = \Delta u_b = \Delta u_c = 0$

۲۸ نمودار $(P - V)$ ی گاز کامل تک اتمی مطابق شکل زیر است. گرمایی که گاز در فرایند abc با محیط مبادله می‌کند، چند ژول است؟ $(R = \frac{8}{3} \frac{J}{mol \cdot K})$



- ۱ ۱۱۰۰ ۲ ۳۳۰۰ ۳ $\frac{۱۷۰۰}{۳}$ ۴ $\frac{۲۳۰۰}{۳}$

۲۹ مطابق شکل زیر، مقداری گاز کامل، طی فرآیندی از حالت i به حالت f می‌رسد. در مورد این فرآیند می‌توان گفت:

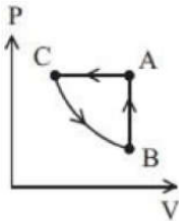
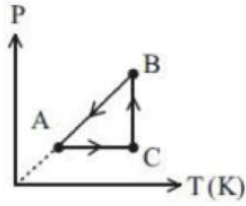


- ۱ فرآیند هم دما است. ۲ فرآیند بی‌دررو است. ۳ گاز گرما گرفته است. ۴ گاز انجام شده روی گاز مثبت است.

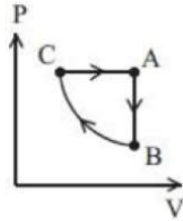




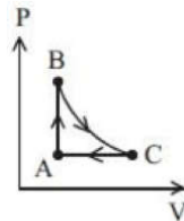
۳۰ نمودار $P - T$ سه فرآیند ترمودینامیکی گاز کاملی مطابق شکل زیر است. نمودار $P - V$ این چرخه کدام است؟



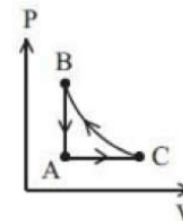
۴



۳

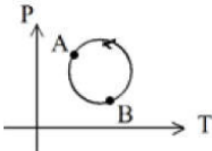


۲



۱

۳۱ شکل مقابل نمودار $P - T$ گاز کاملی را در طی یک چرخه نشان می‌دهد. کدام گزینه در مورد حجم گاز در نقاط A و B صحیح است؟



$V_A < V_B$ ۲

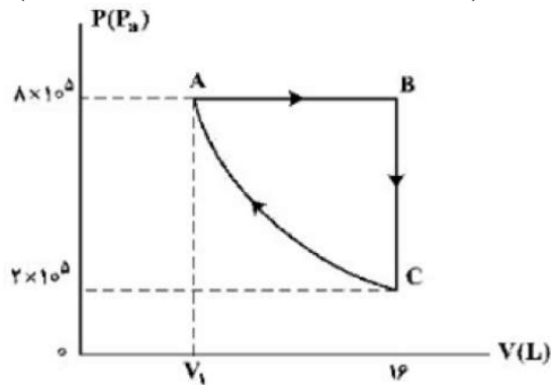
$V_A > V_B$ ۱

۴ به شرایط مسئله بستگی دارد.

$V_A = V_B$ ۳

۳۲ مقداری گاز اکسیژن، چرخه ABCA را طی کرده است و فرآیند CA همدم است. این گاز در مسیر ABC، چند ژول گرما دریافت کرده است؟

$(C_v = \frac{5}{2}R, C_p = \frac{7}{2}R, R = \frac{J}{mol \cdot K})$



۹۶۰۰ ۴

۲۴۰۰۰ ۳

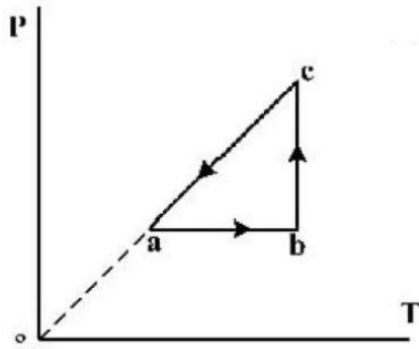
۳۳۶۰۰ ۲

۵۷۶۰۰ ۱





۳۳ نمودار $P - T$ ی مقدار ی گاز آرمانی دو اتمی مطابق شکل زیر است. اگر گرمایی که گاز در فرایند ca از دست می‌دهد، برابر $300 J$ باشد، کار انجام شده روی گاز در فرایند ab چند ژول است؟



- ۱) -50 ۲) -60 ۳) -120 ۴) -200

۳۴ اگر دمای چشمه‌ی سرد یک ماشین گرمایی را که با چرخه‌ی کارنو کار می‌کند 100 کلوین کاهش دهیم، بازده آن از η به $\eta + 20\%$ تبدیل می‌شود. دمای چشمه‌ی گرم این ماشین چند درجه‌ی سلسیوس است؟

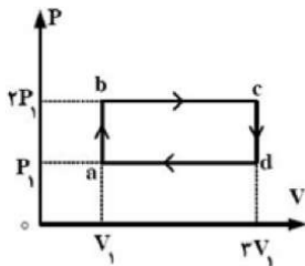
- ۱) 500 ۲) 327 ۳) 300 ۴) 227

۳۵ دمای چشمه‌ی سرد در یک ماشین گرمایی کارنو، 7 درجه‌ی سلسیوس و بازده آن 50 درصد است. اگر با ثابت ماندن دمای چشمه‌ی گرم، بازده ماشین به 40 درصد رسیده باشد، دمای چشمه‌ی سرد چند درجه افزایش یافته است؟

- ۱) 42 ۲) 49 ۳) 56 ۴) 63

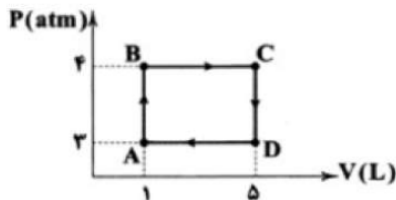
۳۶ مقداری گاز کامل تک اتمی در یک ماشین گرمایی چرخه‌ای را مطابق شکل زیر می‌پیماید. بازده ماشین چقدر است؟

$$(C_{MP} = \frac{5}{2}R, C_{MV} = \frac{3}{2}R)$$



- ۱) $\frac{4}{23}$ ۲) $\frac{4}{13}$ ۳) $\frac{6}{23}$ ۴) $\frac{6}{13}$

۳۷ چرخه‌ی شکل زیر، مربوط به یک ماشین گرمایی است که دستگاه آن یک گاز آرمانی است. بیش‌ترین بازده ممکن که بتوان به کمک منبع گرم و سرد این ماشین به دست آورد چند درصد است؟



- ۱) 60 ۲) 70 ۳) 75 ۴) 85





۳۸ کدام داده‌ها، ممکن است مربوط به ماشین گرمایی باشد که دمای چشمه‌های گرم و سرد آن به ترتیب 400 K و 300 K است؟

$Q_H = 3\text{ kJ}, |Q_C| = 2\text{ kJ}, |W| = 1\text{ kJ}$ (۲) $Q_H = 10\text{ kJ}, |Q_C| = 8\text{ kJ}, |W| = 2\text{ kJ}$ (۱)

$Q_H = 8\text{ kJ}, |Q_C| = 7/5\text{ kJ}, |W| = 1/5\text{ kJ}$ (۴) $Q_H = 6\text{ kJ}, |Q_C| = 4\text{ kJ}, |W| = 1\text{ kJ}$ (۳)

۳۹ بازده یک ماشین گرمایی کارنو، 30% درصد است. اگر برحسب درجه سلسیوس دمای منبع گرم آن 4 برابر دمای منبع سرد آن باشد، دمای منبع سرد، چند درجه سلسیوس است؟

۲۸ (۱) $35/5$ (۲) $45/5$ (۳) ۹۱ (۴)

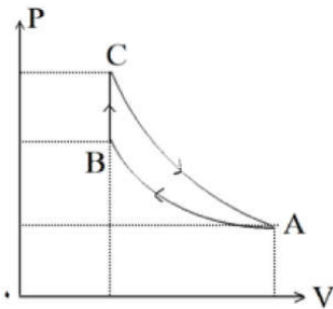
۴۰ بازده یک ماشین کارنو 25% درصد است. این ماشین بین دو چشمه با دمای ثابت که اختلاف دمای آن‌ها 100°C است، کار می‌کند. دمای چشمه‌ی گرم چند درجه‌ی سلسیوس است؟

۱۲۷ (۱) ۴۰۰ (۲) ۵۲۷ (۳) ۸۰۰ (۴)

۴۱ یک ماشین گرمایی کارنو در هر ثانیه 400 ژول کار انجام می‌دهد و بین دو منبع سرد و گرم با دماهای 47°C و 127°C کار می‌کند. گرمایی که در هر ثانیه توسط ماشین از چشمه‌ی گرم گرفته می‌شود، چند ژول است؟

۲۰۰۰ (۱) ۴۰۰۰ (۲) ۶۰۰۰ (۳) ۸۰۰۰ (۴)

۴۲ یک گاز کامل تک اتمی چرخه‌ای شامل سه فرآیند متوالی هم دما، هم حجم و بی‌دررو را مطابق شکل روبه‌رو، طی می‌کند. کار انجام شده روی محیط در فرآیند بی‌دررو، برابر با کدام است؟



۱ کار انجام‌شده در کل چرخه (۱) ۲ گرمای مبادله‌شده در فرآیند هم‌دما (۲)

۳ گرمای مبادله‌شده در فرآیند هم‌حجم (۳) ۴ کار انجام‌شده در فرآیند هم‌دما (۴)

۴۳ توان مصرفی یک کولر گازی 1000 وات و ضریب عملکرد آن $2/5$ است. این کولر در هر ساعت، چند مگا ژول گرما به فضای بیرون می‌دهد؟

۹/۶ (۱) $12/6$ (۲) ۹۶۰۰ (۳) ۱۲۶۰۰ (۴)

۴۴ ضریب عملکرد یخچالی برابر با 4 است. این یخچال 2 کیلوگرم آب با دمای 10 درجه‌ی سلسیوس را به یخ 8°C تبدیل کرده است. یخچال در این فرآیند چند کیلوژول گرما به محیط بیرون داده است؟

$(L_f = 336 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, C_{\text{آب}} = 2 \text{ cal} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}})$

۴۳۳ (۱) ۴۹۳ (۲) ۸۶۷ (۳) ۹۸۷ (۴)





۴۵ اگر ضریب عملکرد یخچال (۱)، $1/5$ برابر ضریب عملکرد یخچال (۲) باشد و توان الکتریکی این دو یخچال با هم برابر باشد، در یک بازه‌ی زمانی که هر دو یخچال روشن هستند، گرمایی که یخچال (۱) به بیرون می‌دهد، چند برابر گرمایی است که یخچال (۲) به بیرون می‌دهد؟

۱ $\frac{3}{2}$ ۲ $\frac{4}{3}$

۳ $\frac{5}{4}$ ۴ بستگی به اندازه‌ی ضریب عملکرد یخچال‌ها دارد.

۴۶ کدامیک از عبارتهای زیر، صحیح نیست؟

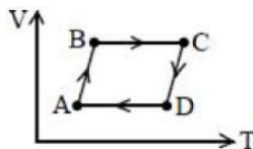
۱ هرگز ممکن نیست یک دستگاه چرخه‌ای را طی کند و طی آن همه‌ی گرما را از منبع گرم جذب کند و همه را به کار تبدیل کند.

۲ طبق قانون دوم ترمودینامیک گاهی ممکن است گرما خودبه‌خود از جسم سرد به جسم گرم برود.

۳ برای تغییر حجم برابر، تغییرات فشار در فرایند بی‌دررو بیش‌تر از فرایند هم‌دما است.

۴ برای انجام یک فرایند بی‌دررو الزاماً نباید دستگاه عایق‌بندی شده باشد.

۴۷ شکل روبه‌رو چرخه‌ای را نشان می‌دهد که یک گاز کامل در یک ماشین پیموده است. این ماشین



۱ می‌تواند گرمایی یا یخچال باشد.

۲ گرمایی است.

۳ نمی‌تواند گرمایی یا یخچال باشد.

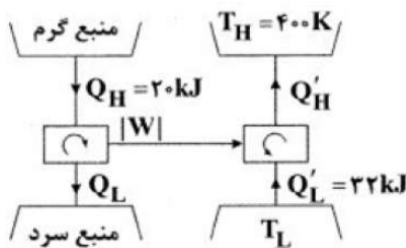
۴ یخچال است.

۴۸ یک یخچال با موتور الکتریکی با توان $1/1$ کیلووات در مدت 100 ثانیه مقدار یک کیلوگرم آب $25^\circ C$ را به یخ صفر

درجه‌ی سلسیوس تبدیل می‌کند. ضریب عملکرد یخچال کدام است؟ $(L_F = 335 \frac{kJ}{kg}, c = 4200 \frac{J}{kg \cdot K})$

۱ ۱ ۲ ۲ ۳ ۳ ۴ ۴

۴۹ شکل زیر، ترکیبی از یک یخچال و یک ماشین گرمایی را نشان می‌دهد که در آن یخچال با چرخه‌ی کارنو کار می‌کند. اگر ضریب عملکرد یخچال 10 برابر بازده ماشین گرمایی باشد، دمای T_L چند کلوین است؟



۱ ۳۰۰ ۲ ۳۲۰ ۳ ۳۴۰ ۴ ۳۶۰





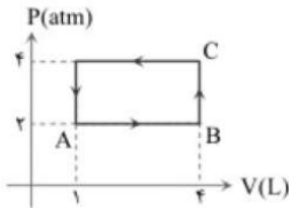
۵۰ یک یخچال که با چرخه‌ی کارنو کار می‌کند. گرما را از فضای درون یک یخساز با دمای $-23^{\circ}C$ به فضای بیرونی با دمای $27^{\circ}C$ انتقال می‌دهد. ضریب عملکرد این یخچال چقدر است؟ (یخچال را آرمانی در نظر بگیرید.)

- ۱) $\frac{1}{5}$ ۲) ۵ ۳) ۴ ۴) $\frac{1}{4}$

۵۱ یک کولر گازی آرمانی در هر دقیقه $6 \times 10^4 J$ گرما از اتاق گرفته و در همان مدت $8/4 \times 10^4 J$ گرما به فضای بیرون می‌دهد. توان کولر و ضریب عملکرد آن در SI به ترتیب از راست به چپ کدام گزینه است؟

- ۱) $3/5, 400$ ۲) $2/5, 400$ ۳) $3/5, 1400$ ۴) $2/5, 1400$

۵۲ دو مول گاز اتمی چرخه‌ی فرضی یخچال مطابق شکل مقابل داده شده است. ضریب عملکرد یخچال کدام است؟



- ۱) $\frac{23}{6}$ ۲) $\frac{41}{6}$ ۳) $\frac{37}{6}$ ۴) $\frac{17}{6}$

۵۳ در یک ماشین گرمایی اگر دمای کوره $217^{\circ}C$ و دمای محیط $7^{\circ}C$ است. کدام گزینه درباره‌ی این ماشین گرمایی می‌تواند درست باشد؟

- ۱) $W = -40J, Q_C = -120J, Q_H = 200J$ ۲) $W = -200J, Q_C = -150J, Q_H = 350J$
 ۳) $W = -150J, Q_C = -250J, Q_H = 500J$ ۴) $W = -100J, Q_C = -480J, Q_H = 840J$

۵۴ کمیت‌های W, Q_C, Q_H که در یک چرخه در یک ماشین گرمایی یا یخچال مبادله می‌شود، برای سه وسیله‌ی a, b, c به صورت زیر داده شده است. با توجه به این داده‌ها:

- a) $Q_C = 0, W = -200J, Q_H = 200J$
 b) $Q_C = 400J, W = 0, Q_H = -400J$
 c) $Q_C = -200J, W = -160, Q_H = 300J$

- ۱) وسیله‌های a, c یخچال و وسیله‌ی b ماشین گرمایی است.
 ۲) قانون اول ترمودینامیک در c, b نقض می‌شود.
 ۳) قانون دوم ترمودینامیک در هر سه نقض می‌شود.
 ۴) فقط در a بیان ماشین گرمایی قانون دوم نقض می‌شود.

