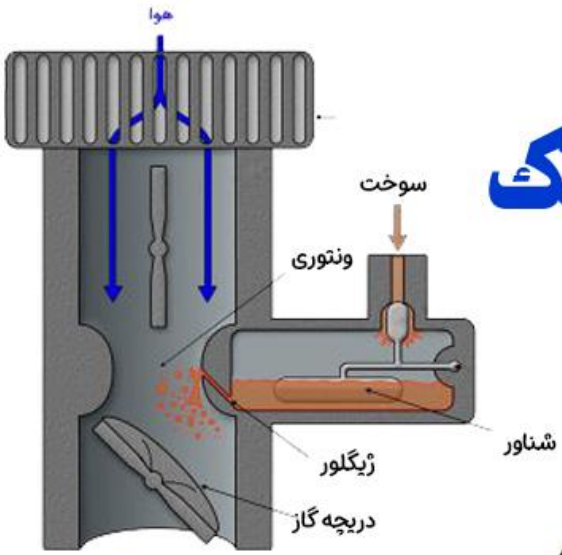


ترمودینامیک

فصل ترمودینامیک

مهندس مهدی باباخانی

سال تحصیلی ۱۴۰۴-۱۴۰۳

www.karnamehkherad.com

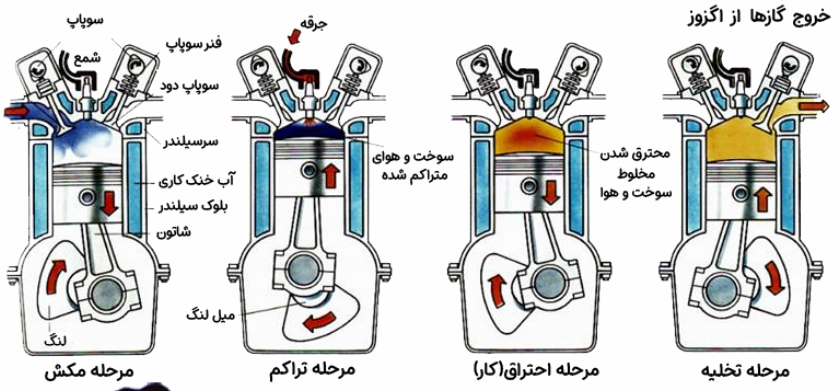
آموزش را با دبیران برند ایران تجربه کنید

ترمودینامیک

ترمودینامیک شاخه‌ای از علوم است که به بررسی رابطه بین **گرما** و **کار** و **تبدیل گرما به کار مکانیکی** می‌پردازد. مثلا 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 می یشود، سپس گازی که داغ شده، پیستونها را درون سیلندرها به حرکت درآورده و **کار مکانیکی** انجام می‌شود ، و این کار باعث جابه جایی خودرو می شود 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 می آورند.

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

اما کمیت میکروسکوپیک، 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، تغیرات 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 می تواند با جسم تبادل انرژی داشته باشد، را **محیط** می نامیم. مثلاً در موتور خودرو، مخلوط هوا و بخار بنزین دستگاه نامیده می شود و سلیندر و پیستون و هوای اطراف را به عنوان محیط در نظر میگیریم.

حالت تعادل: یعنی فشار و دما دریک 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 مشخصه های قابل اندازه گیری آن مانند دما، فشار، حجم و ... به طور خودبه خود یتغییر 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 گیردد، 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 هرگاز در شرایط متعارفی (یعنی دمای ۰ درجه سلسیوس و فشار یک اتمسفر) حجمی برابر با ۲۲/۴ لیتر به خود اختصاص می‌دهد که به آن حجم مولی می‌گویند.

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 درنظر 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. $W_{دستگاه} = -W_{محیط}$

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) ازیک حالت به حالت دیگربرود)، 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 می‌نماید.

۲) ترمودینامیک تنها در مورد چگونگی تبادل گرما، توسط یک سیستم با محیط اطراف خود بحث می‌کند.

۳)ترمودینامیک چگونگی تبادل گرما و کار در یک سیستم از دیدگاه مایکروسکوپیک با محیط اطراف را برسی می‌کند

۴)ترمودینامیک چگونگی تبادل گرما و کار در یک سیستم از دیدگاه میکروسکوپیک با محیط اطراف را برسی می‌کند.

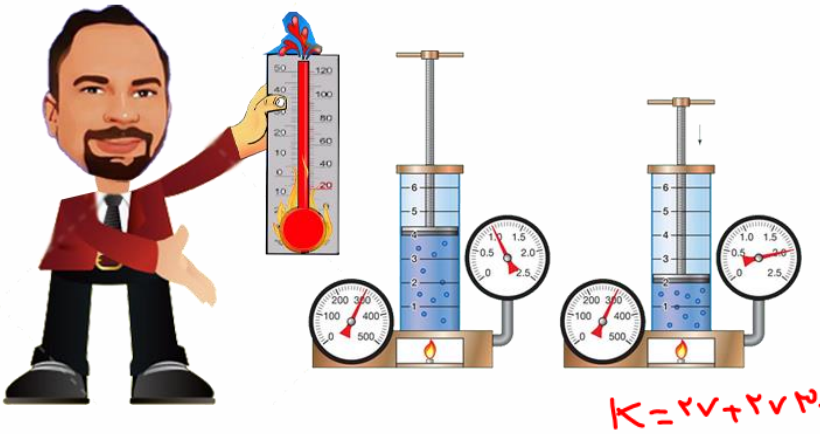
قانون گازهای کامل

(این بخش مربوط به فصل قبل یعنی گرماست 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 می نماید. که آن P فشار برحسب پاسگال، V حجم بر حسب مترمکعب و T دما برحسب درجه کلوین می‌باشد.n تعداد مولهای ماده و R ثابت گازها برحسب ژول بر مول درجه کلوین می‌باشد.

در یک گاز کامل دو رابطه زیر برقرار است:



$PV = nRT$

$$\frac{P_1V_1}{n_1T_1}=\frac{P_2V_2}{n_2T_2}$$

تست : جرم ۸/۳ لیتر هلیم در فشار ۶×۱۰^{۵} پاسکال و دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد چند گرم است؟ (جرم مولکولی هلیم برابر $۴\frac{gr}{mol}$ و $R=۸/۳$ است)

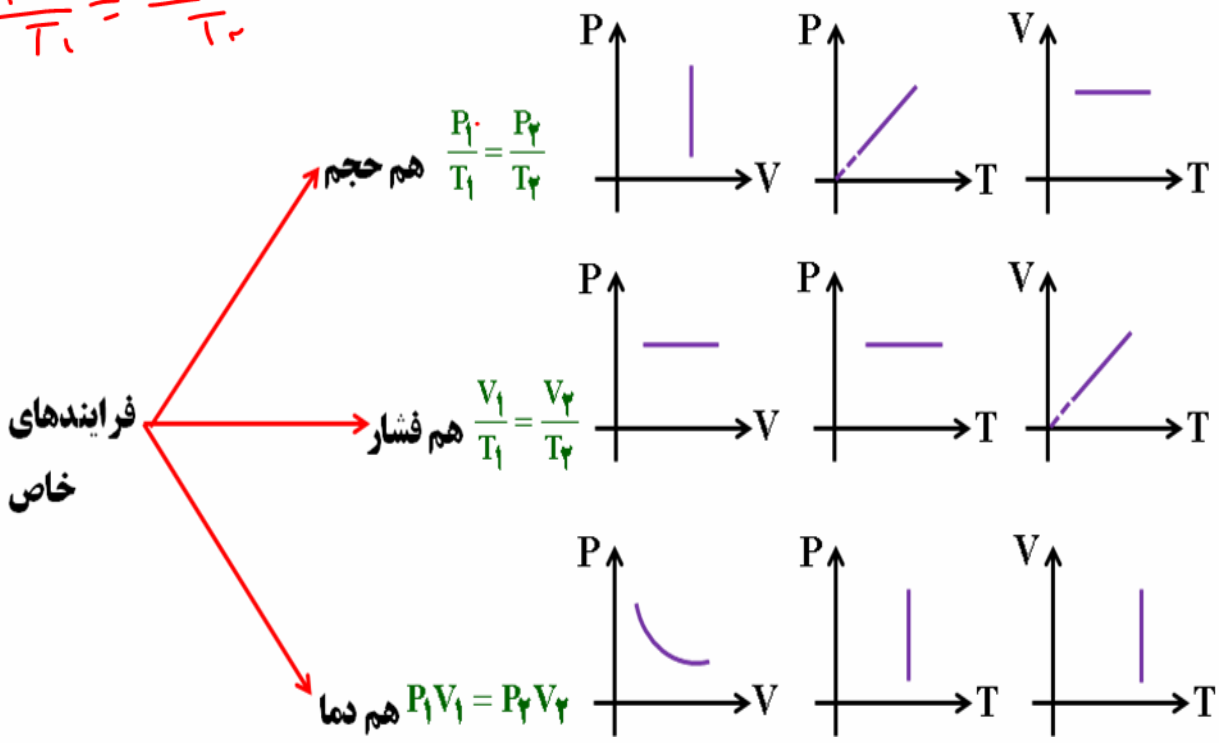
۱) ۱۶ ۲) ۸ ۳) ۴ ۴) ۲

تست : اگر حجم مقدار معینی گاز کامل ۲۴۰ درصد افزایش و فشار آن ۲۰ درصد کاهش یابد، دمای گاز چگونه تغییر می‌کند؟

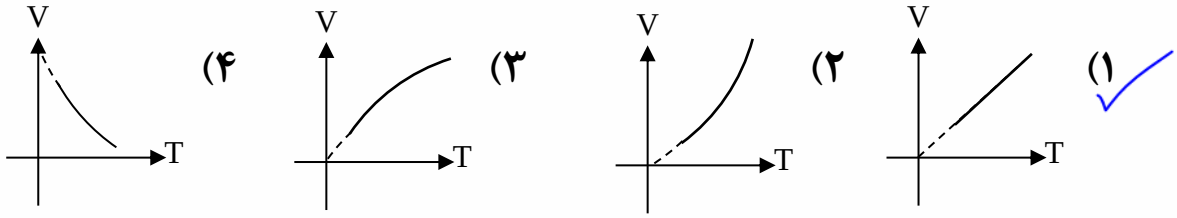
۱) ۲۷۲درصد افزایش می‌یابد. ۲) ۷۲درصد افزایش می‌یابد.

۳) ۱۷۲ درصد افزایش می‌یابد. ۴) ۲۷۲درصد کاهش می‌یابد.

نمودار و فرمول چند فرایند خاص (در سطح مقدماتی)

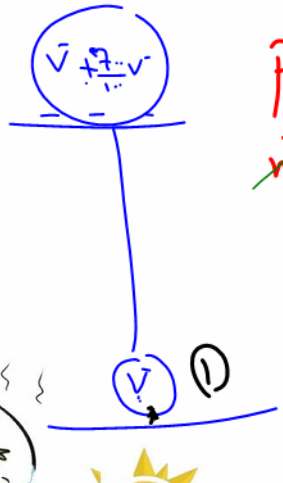


تست : کدام نمودار، تغییرات حجم گاز(در فشار ثابت) را نسبت به دمای مطلق نشان می‌دهد؟

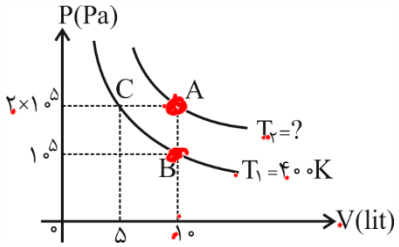


تست : یک حباب هوا وقتی که از ته دریاچه به سطح آب می‌آید حجمش ۷۰۰ درصد افزایش می‌یابد در صورتیکه فشار هوا در سطح آب یک جو و چگالی آب ۱ گرم بر سانتیمترمترمکعب باشد، عمق دریاچه تقریبا چند متر است؟ ($g=10N/kg$ ، دما ثابت است.)

۱) ۷۰ ✓ ۲) ۸۰ ۳) ۹۰ ۴) ۱۰۰



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



پاسخ: کافیست فرمول $\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$ را بین نقاط A و B بنویسیم:

$$\frac{P_AV_A}{T_A}=\frac{P_BV_B}{T_B}$$

چون $V_A=V_B$ $\Rightarrow \frac{P_A}{T_A}=\frac{P_B}{T_B} \Rightarrow \frac{۲\times۱۰^۵}{T_A}=\frac{۱۰^۵}{۴۰۰} \Rightarrow T_A=۸۰۰K$

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

$$\frac{P_1V_1}{n_1T_1}=\frac{P_2V_2}{n_2T_2}$$

$$\frac{P_1V}{n_1T_1}=\frac{\frac{60}{100}P_1V}{\frac{70}{100}n_1T_2} \quad \frac{T_2}{T_1}=\frac{6}{7} \text{ برابر} \quad \text{درصد تغییر} = \left(\frac{6}{7}-1\right)\times 100 = -14.2$$

کاهش

گزینه ۴

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

۱) ۶۸٪ افزایش می‌یابد.
۲) ۱۲٪ افزایش می‌یابد.
۳) ۵۲٪ کاهش می‌یابد.
۴) ۲۸٪ کاهش می‌یابد.

چگالی گاز کامل

چگالی یک گاز کامل از رابطه‌ی روبرو محاسبه می‌گردد:

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

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

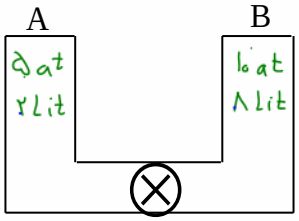
۱) ۰/۳۵ ۲) ۰/۷ ۳) ۱/۴ ۴) ۲/۸

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:

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_1V_1}{T_1} + \frac{P_2V_2}{T_2}$$

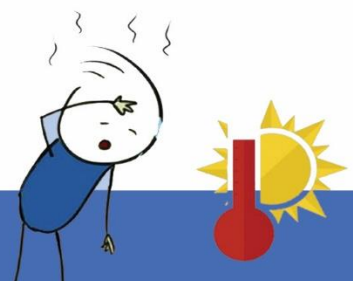
تست: در شکل مقابل فشار گاز و حجم ظرف A به ترتیب برابر ۵ اتمسفر و ۲ لیتر و فشار گاز و حجم ظرف B برابر ۱۰ اتمسفر و ۸ لیتر است. اگر دمای دو ظرف برابر باشد، وقتی شیر رابط بین دو ظرف را باز کنیم، فشار نهایی درون ظرف چند اتمسفر می‌شود؟



۱) ۶/۵ ۲) ۹ ۳) ۰/۹ ۴) ۱۰/۵

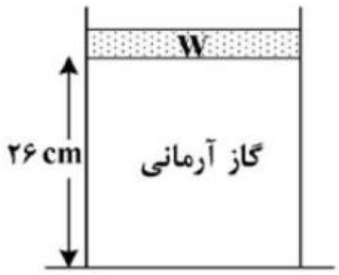
تست: درون ظرفی به حجم ۴۴/۸ لیتر مقدار ۸ گرم هیدروژن و ۲۸ گرم نیتروژن در دمای صفر درجه سلسیوس وجود دارد، فشار مخلوط این دو گاز چند اتمسفر است؟

۱) ۲/۵۲ ۲) ۲/۵۵ ۳) ۲/۵ ۴) ۹



Homework 1

۱) مطابق شکل، زیر پیستون آزاد به وزن $W = ۴۰N$ گاز آرمانی قرار دارد و فشار هوا $۱۰^{۵}$ پاسکال است. روی پیستون وزنهٔ ۸۰ نیوتونی قرار می‌دهیم، در دمای ثابت، وزنه ۴ cm پایین می‌آید و دوباره به حال تعادل قرار می‌گیرد. سطح قاعدهٔ پیستون چند سانتی‌متر مربع است؟

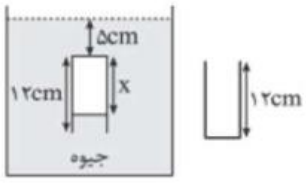


۱) ۶۰ ۲) ۴۰ ۳) ۳۰ ۴) ۲۰

۲) در کپسولی به حجم ۲۰۰ لیتر، مقداری گاز اکسیژن در فشار ۱۲ اتمسفر و دمای $۲۷^{\circ}C$ موجود است و بیشترین فشار قابل تحمل توسط کپسول ۱۳/۵ اتمسفر است. اگر دمای گاز داخل کپسول به $۱۰۲^{\circ}C$ برسد، حداقل چند گرم، گاز باید از کپسول خارج شود تا کپسول آسیبی نبیند؟ $(M_{O_۲} = ۳۲g, ۱atm = ۱۰^{۵}\ Pa, R = ۸\frac{J}{mol.K})$

۱) ۱۶۰ ۲) ۲۵۰ ۳) ۳۲۰ ۴) ۵۰۰

۳) مطابق شکل یک لوله استوانه‌ای یک انتها بسته به طول ۱۲cm را درون ظرف جیوه به طور وارونه فرو می‌بریم. اگر فشار هوای محیط خارج برابر با ۷۵cmHg باشد، فشار هوای درون لوله چند cmHg می‌شود؟ (دما ثابت است.)



۱) ۸۰ ۲) ۸۵ ۳) ۹۰ ۴) ۹۵

۴) چگالی یک‌گاز کامل در دمای $۸۰/۶$ درجه‌ی فارنهایت و فشار ۵ اتمسفر برحسب واحد SI در کدام گزینه به درستی آمده است؟ $(۱\ atm = ۱۰^{۵}\ Pa, R = ۸\frac{J}{mol.K}, M_{گاز} = ۳۲\frac{g}{mol})$

۱) $\frac{۲۰}{۳}$ ۲) $\frac{۱۰}{۳}$ ۳) $\frac{۲۰۰}{۳}$ ۴) $\frac{۱۰۰}{۳}$

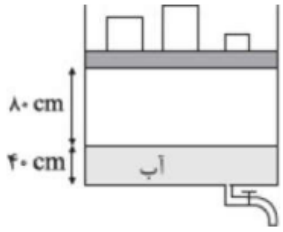
۵) بالنی محتوی $۴۰۰cm^{۳}$ هیدروژن با فشار $۲۱۸/۴\ cm.Hg$ در دمای صفر درجه سلسیوس است. بالن را رها می‌کنیم تا در هوا بالا رود. در ارتفاعی که فشار هوا ۸ سانتی‌متر جیوه و دما ۹۱- درجه سلسیوس است، حجم بالن چقدر است؟

۱) $۸۵۶۰cm^{۳}$ ۲) $۷۲۸۰cm^{۳}$ ۳) $۷۰۰۰cm^{۳}$ ۴) $۵۶۷۰cm^{۳}$

۶) در رابطهٔ قانون عمومی گازها $P.V = nRT$ یکای R برحسب یکای اصلی در SI کدام است؟

۱) $\frac{kgm^2}{mol.^\circ k}$ ۲) $\frac{kgm^2}{s.mol.^\circ c}$ ۳) $\frac{N.m}{s^2.mol.^\circ k}$ ۴) $\frac{kgm^2}{s^2.mol.^\circ k}$

۷) در شکل مقابل مقداری گاز کامل زیر پیستون که جرم آن ناچیز است، محبوس است. جرم کل وزنه‌های روی پیستون ۲۰kg و مساحت مقطع استوانه $20cm^2$ 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 $P_0 = 10^5 Pa$ 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 $47^\circ C$ و فشار $4atm$ موجود است. برای مدت کوتاهی شیر مخزن را باز می‌کنیم تا از گاز خارج شده و دوباره آن‌را می‌بندیم. اگر پس از به تعادل رسیدن فشار مخزن $3atm$ و دمای آن $27^\circ C$ 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 ۱۲۰mmHg و دمای 27° می‌باشد. چند درصد از گار درون مخزن را خارج کنیم تا فشار نهایی مخزن ۸۰mmHg و دمای آن به $227^\circ C$ برسد؟

۱) ۶۰ ۲) ۴۰ ۳) ۲۰ ۴) ۸۰

۱۰) یک مخزن فلزی با حجم $16/6 L$ حاوی مقدار معینی گاز کامل با فشار ۲۰۰ kPa در دمای $-73^\circ C$ است. اگر در دمای ثابت، دو مول دیگر از همین گاز به مخزن اضافه کنیم، فشار گاز درون مخزن چند کیلوپاسکال تغییر می‌کند؟ $\left(R = 8/3 \frac{J}{mol.K}\right)$

۱) ۱۰۰ ۲) ۲۰۰ ۳) ۴۰۰ ۴) ۸۰۰

۱۱) مطابق شکل مقابل، گاز اکسیژن در مای $87^\circ C$ زیر پیستون قرار دارد و شیر مخزن بسته است. اگر شیر مخزن را باز کرده و بعد از مدتی ببندیم، پیستون $6cm$ پایین آمده و دمای گاز به $27^\circ C$ 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 $۶^\circ C$ به سطح دریاچه با دمای $۳۷^\circ C$ می‌رسد. با توجه به این‌که چگالی آب دریاچه در سراسر عمق آن ثابت و $۱\frac{g}{cm^۳}$ و فشار هوا در سطح دریاچه $۱۰^۵$ پاسکال است، حجم این حباب در سطح دریاچه چند برابر حجم آن در عمق ۳۵ متری می‌شود؟ $\left(g = ۱۰\frac{m}{s^۲}\right)$

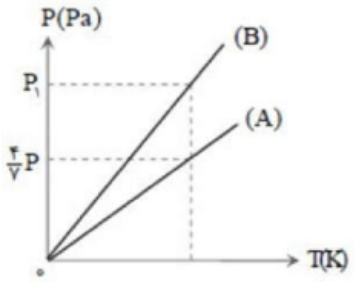
۱) ۳/۵ ۲) ۴/۵ ۳) ۵ ۴) ۷

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؟

$\left(M_{N_۲} = ۲۸\frac{g}{mol}\ و\ M_{H_۲} = ۲\frac{g}{mol}, ۱atm = ۱۰^۵\ pa, R = ۸\frac{J}{mol.K}\right)$

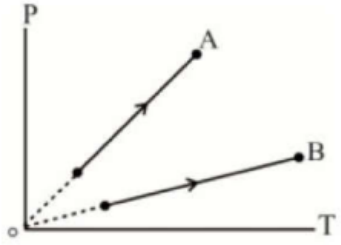
۱) ۶ ۲) ۸ ۳) ۹ ۴) ۱۲

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؟



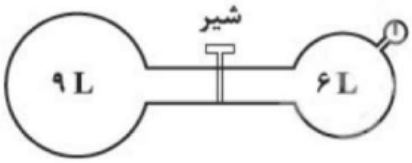
۱) ۱۰ ۲) ۱۴ ۳) ۲۰ ۴) ۲۸

۱۵) در شکل مقابل که نمودار $P-T$ مقدارهای معینی از دو گاز کامل A و B است، شیب A، ۲ برابر شیب B است. اگر تعداد مول‌های گاز A، $\frac{۱}{۳}$ برابر تعداد مول‌های گاز B باشد، نسبت $\frac{V_A}{V_B}$ کدام است؟



۱) $\frac{۱}{۶}$ ۲) ۶ ۳) $\frac{۲}{۳}$ ۴) $\frac{۳}{۲}$

۱۶ در شکل زیر، فشارسنج متصل به مخزن ۶ لیتری، فشار ۱۵ سانتی‌متر جیوه را در دمای $۲۷^\circ C$ 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 $-۱۵\,\text{cmHg}$ را نشان می‌دهد. در این حالت، دما به چند درجه‌ی سلسیوس رسیده است؟ $(P_. = ۷۵\,\text{cmHg})$

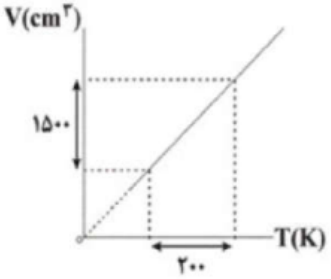


۱) ۲۲۷ ۲) ۲۷ ۳) ۵۰۰ ۴) ۲۷۳

۱۷ لاستیک یک اتومبیل حاوی مقدار معینی هوا است. هنگامی که دمای هوا $۱۷^\circ C$ 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 درجهٔ سانتی‌گراد است؟ (حجم لاستیک را ثابت و فشار جو را یک اتمسفر در نظر بگیرید.)

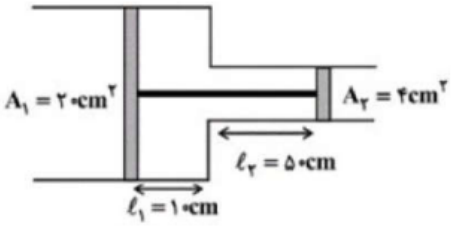
۱) ۶۰/۵ ۲) ۱۰۴ ۳) ۴۶ ۴) ۱۸/۷

۱۸ نمودار حجم برحسب دمای مقدار معینی گاز کامل در فشار $۴\,\text{atm}$ مطابق شکل زیر است. حجم این گاز در فشار $۶\,\text{atm}$ و دمای $۳۰۰K$ چند سانتی‌متر مکعب است؟ $\left(۱\,\text{atm} = ۱۰^۵\,\text{Pa}, R = ۸\frac{J}{\text{mol}.K}\right)$



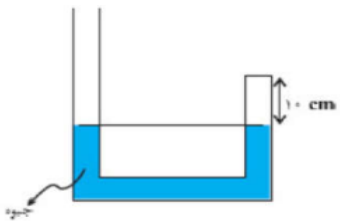
۱) ۴۰۰۰ ۲) ۲۵۰۰ ۳) ۲۰۰۰ ۴) ۱۵۰۰

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 ۱۰۷ درجهٔ سلسیوس در شاخهٔ سمت راست توسط جیوه محبوس شده است، دمای گاز محبوس را چند درجهٔ سلسیوس افزایش دهیم تا اختلاف ارتفاع سطح جیوه در دو شاخه ۴cm شود؟ (دمای جیوه ثابت، فشار هوا در محل ۷۶ cmHg و سطح مقطع دو شاخه یکسان است.)



۱) ۸۰ ۲) ۱۰۰ ۳) ۱۰۷ ۴) ۲۰۷

تبادل کار و انرژی

تبادل انرژی بین محیط و دستگاه از دو طریق گرما و کار صورت می‌گیرد و معمولاً فرض می شود 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 می کند.

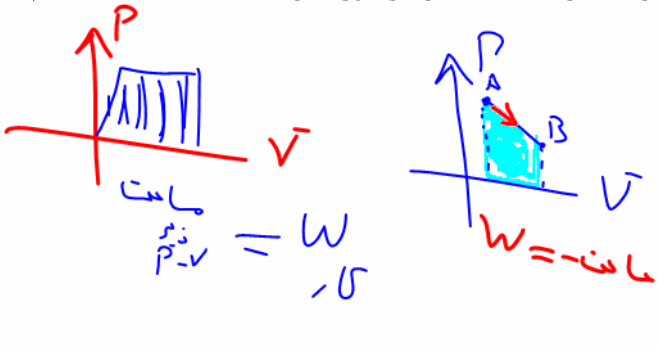
منبع گرما: منبع گرما، جسمی است که اگر گرما از دست بدهد یا گرما بگیرد، دمای آن به طور قابل ملاحظه ای تغییر نکند به عنوان مثال هرگاه یک استکان چای داغ را در هوای اتاق بگذاریم، پس از مدتی چای خنک شده و دمایش با دمای هوا برابر می شود، بی آنکه دمای هوای اتاق تغییر محسوسی کند .در این مثال، به هوای اتاق را 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 می شود و پیستون که اصطکاک ناچیزی دارد حرکت کرده و جابه جا می گردد.بنابراین کاری انجام شده است.در این جابجایی نیروی F که گاز به پیستون وارد می کند، کار انجام می‌دهد .مقدار این کار برابر با حاصل ضرب بزرگی نیروی F در اندازه جا به جایی پیستون است .در این فرایند پیستون نیز روی گاز کار انجام می دهد 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

در انبساط: کار برابرست با منفی مساحت زیر p-v

در انقباض: کار برابرست با مثبت مساحت زیر p-v



بررسی تغییرات انرژی درونی و قانون اول ترمودینامیک

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

$\Delta U = Q + W$

گازی $\Delta U = \frac{3}{2} n R \Delta T$

انرژی درونی برابر با مجموع انرژی ذرات تشـــکیل دهنده یک ماده اســـت که که در یک گاز کامل انرژی درونی به **دمای مطلق** (دمای کلوینی) بســـتگی دارد. هنگامی که دســـتگاه(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 اســـت انرژی درونی آن تغییر کند و مثلا به مقدار U_2 بر سد .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 اوّل ترمودینامیک** است .**این قانون در واقع همان قانون پایستگی انرژی است که در مورد فرایندهای ترمودینامیکی به کار می رود**

اگر د ستگاه 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

قانون اول ترمودینامیک : $\Delta U = W + Q$

این رابطه که بیان می دارد انتقال انرژی بین د ستگاه و محیط از طریق تبادل کار و گرما صورت می گیرد، قانون اوّل 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)باشـد .بنابراین، هنگامی که دســتگاه با محیط تبادل کار و گرما دارد، ممکن اســت انرژی درونی آن افزایش ($\Delta U>0$)یا کاهش $\Delta U<0$ یابد یا اینکه تغییر نکند

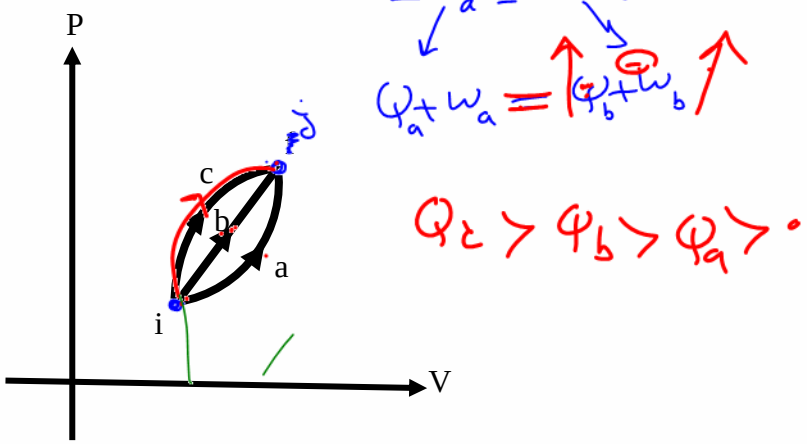
$+Q$ $-W$

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 $Q=+550\ J$ و چون کار دستگاه روی محیط $+200\ J$ است پس کار محیط روی دستگاه $W=-200\ J$ می شود .با استفاده از قانون اوّل ترمودینامیک داریم:

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

تست: مطابق نمودار زیر،گاز کاملی از از سه مسیر c b a از حالت i به j میرود، درخصوص تغییر انرژی درونی و گرمایی که گاز میگیرد کدام گزینه صحیح 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) $\Delta U_a = \Delta U_b = \Delta U_c = 0$

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 نمودارpv هست و چون به علت انبساط همه کارها منفی هستند پس اونی که مساحت زیرنمودارش بزرگتر باید Q بزرگتری داشته باشه تا تساوی بالا برقرار باشه بنابراین گزینه ۱ درست هست

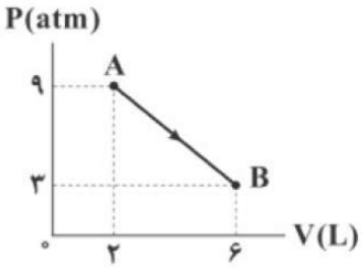
Homework 2

۱) گاز کامل موجود در محفظه‌ای را طی یک فرایند ایستاوار در فشار ثابت $۳\times۱۰^{۵}\ \mathrm{Pa}$ سرد می‌کنیم و حجم آن از $۸\mathrm{L}$ به $۳\mathrm{L}$ می‌رسد. اگر گاز در این فرایند، $۳۲۰۰\mathrm{J}$ گرما از دست بدهد، انرژی درونی آن چند ژول کاهش می‌یابد؟

۱) ۸۰۰ ۲) ۱۲۰۰ ۳) ۱۵۰۰ ۴) ۱۷۰۰

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؟

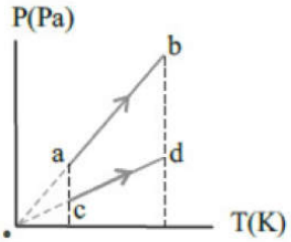
$$\left(۱\mathrm{atm}=۱۰^{۵}\ \mathrm{Pa}, R=۸\ \frac{J}{\mathrm{mol}.K}\right)$$



۱) افزایش می‌یابد. ۲) ثابت می‌ماند.

۳) ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد. ۴) ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.

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



۱) بیش‌تر - بیش‌تر ۲) بیش‌تر - برابر ۳) کم‌تر - برابر ۴) کم‌تر - کم‌تر

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

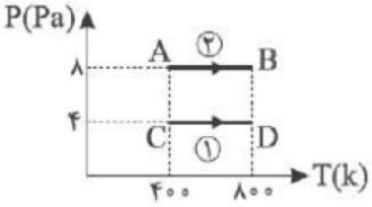
الف- کار هر دو فرآیند با یک‌دیگر برابر است.

ب- گرمای تبادل شده در هر دو فرآیند با یک‌دیگر برابر است.

ج- حجم نقطهٔ B با C برابر است.

د- تغییرات حجم هر دو فرآیند با یک‌دیگر برابر است.

هـ- 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) $\frac{۱}{۲}$ ۲) ۱ ۳) $\frac{۳}{۲}$ ۴) ۲

۶ کدام‌یک از گزینه‌های زیر نادرست است؟

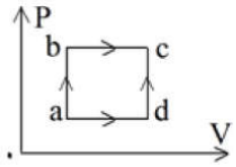
۱) مخلوط آب و یخ در مقایسه با یخ صفر درجه‌ی سلسیوس، منبع گرمایی بهتری است.

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؟



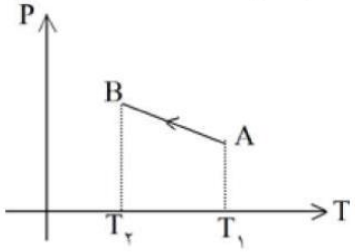
۱) گرمایی که گاز در هر دو مسیر می‌گیرد، یکسان است.

۲) گرمایی که گاز در مسیر adc می‌گیرد، بیش‌تر از گرمایی است که در مسیر adc 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؟

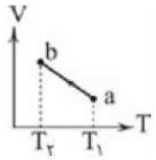


۱ کار انجام شده روی گاز منفی است.
۲ انرژی درونی گاز افزایش یافته است.
۳ گاز گرما گرفته است.
۴ حجم گاز کاهش یافته است.

۹ در شکل زیر، پیستون طی یک فرایند 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 فرایند ab صحیح است؟



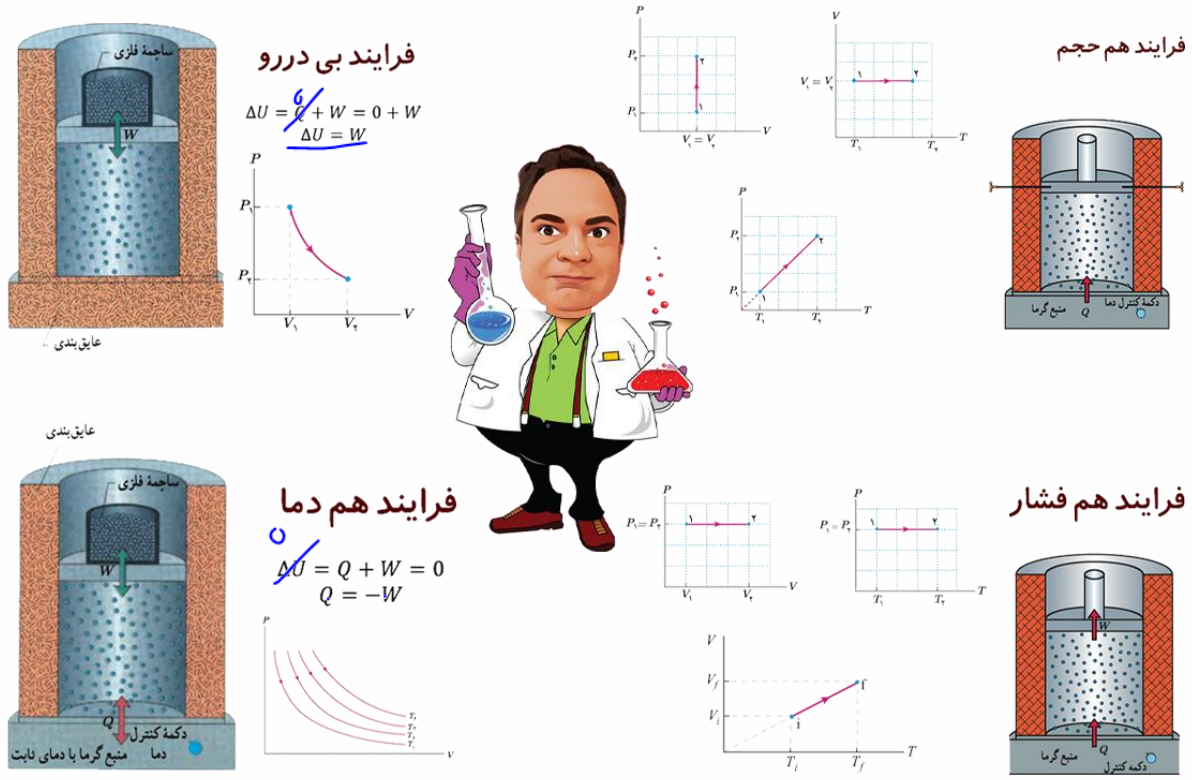
۱ انرژی دورنی گاز افزایش یافته است.
۲ کار انجام شده روی گاز مثبت است.
۳ فشار گاز کاهش یافته است.
۴ چگالی گاز افزایش یافته است.

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 حالتهای خاص عبارتند از:

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

که ما در ادامه به توصیف این فرایندها میپردازیم



نکات مربوط به فرآیند هم‌حجم

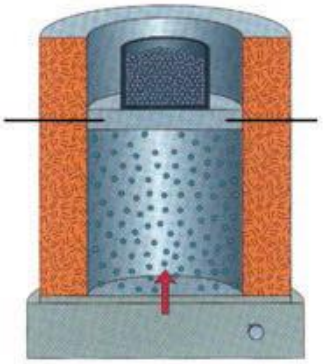
حجم گاز طی این فرایند ثابت نگه دا شته می شود و بنابراین، کار صفر ا ست .در این فرایند گاز با محیط فقط تبادل گرما می کند .به این منظور گاز را در تماس با منبع گرمایی با دمای قابل تنظیم قرار می دهیم طوری که دمای اولیه منبع و گاز با هم برابر باشد .دمای منبع را به آرامی و به تدریج تغییر می دهیم تا گاز با گذار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

م عاد له حا لت در هم حجم

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

$W_{کار} = 0$

کار در هم حجم

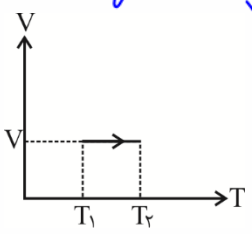


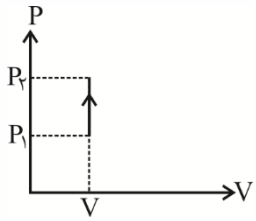
دمای گاز را در حجم ثابت، با استفاده از منبع گرمایی با دمای قابل تنظیم به تدریج تغییر می دهیم.

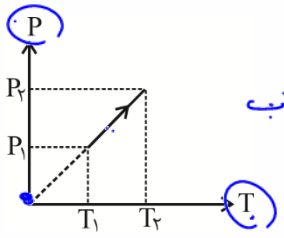
$PV = nRT$

$P = \frac{nR}{V}T \Rightarrow y = ax + b$

نمودارهای مربوط به فرآیند هم‌حجم:







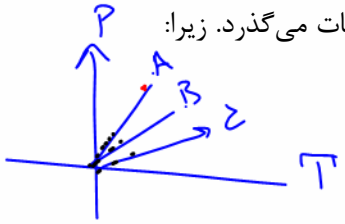
$\text{شیب} = \tan\alpha = \frac{nR}{V}$

همانطور که در بالا دیده می‌شوند نمودار $P-T$ در یک فرآیند هم‌حجم به صورت یک خط راست با شیب ثابت رسم می‌گردد که امتداد آن از مبدأ مختصات می‌گذرد. زیرا:

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

$$\downarrow$$

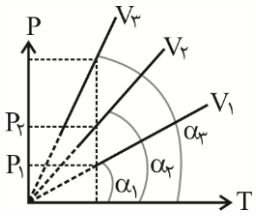
$$y = ax$$



$V_A < V_B < V_C$

همانطور که در بالا ملاحظه می شود رابطه‌ی بین P و T به صورت یک معادله‌ی درجه یک خطی ا ست. که در آن P و T متغیر می‌باشند و $\frac{nR}{V}$ که مقدار ثابتی است برابر شیب خط می‌باشد و از ریاضیات می‌دانیم که شیب خط برابر $\tan\alpha$ می‌باشد.

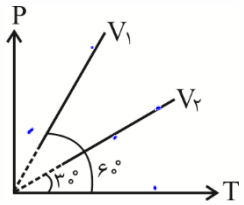
و از آنجایی که در رابطه‌ی « $\tan\alpha = \frac{nR}{V}$ = شیب» ملاحظه می شود $\tan\alpha$ با V رابطه عکس دارد. یعنی هر جا که شیب بیش‌تر باشد مقدار V کم‌تر است و بالعکس.



$$\frac{V_۲}{V_۱} = \frac{\tan\alpha_۱}{\tan\alpha_۲}$$

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. $(V_۱ > V_۲ > V_۳)$

تست: با توجه به نمودار $P-T$ شکل مقابل نسبت $\frac{V_۱}{V_۲}$ را محاسبه کنید.



۱) $\frac{\sqrt{۳}}{۳}$

۲) $\sqrt{۳}$

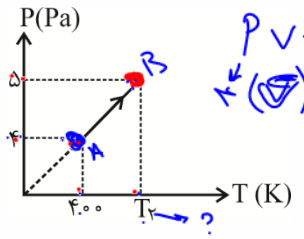
۳) ۳

۴) $\frac{۱}{۳}$

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:

$$\frac{V_۱}{V_۲} = \frac{\tan\alpha_۲}{\tan\alpha_۱} \Rightarrow \frac{V_۱}{V_۲} = \frac{\tan ۳۰^\circ}{\tan ۶۰^\circ} = \frac{۱}{۳}$$

تست: نمودار $P-T$ برای دو مول گاز تک اتمی به صورت شکل زیر است. حجم گاز و دمای $T_۲$ بر حسب کلوین به ترتیب از راست به چپ برابر کدام گزینه است؟ $(R = ۸)$



۱) ۱۶۰۰ و ۲۵۰

۲) ۳۰۰ و ۵۰۰

۳) ۱۶۰۰ و ۵۰۰

۴) اطلاعات مسئله کافی نیست.

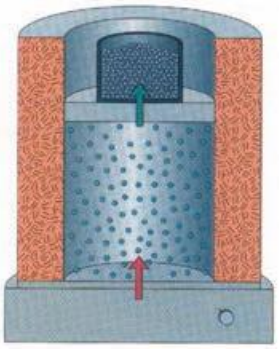
گزینه‌ی ۳)؛ چون نمودار $P-T$ به صورت یک خط است پس می‌دانیم که نمودار بالا مربوط به فرآیند هم‌حجم است. برای محاسبه‌ی حجم فرمول $PV = nRT$ را برای نقطه‌ی A که اطلاعات آن را به طور کامل داریم می‌نویسیم و برای محاسبه‌ی $T_۲$ چون فرآیند هم‌حجم است از رابطه‌ی $\frac{P_۱}{T_۱} = \frac{P_۲}{T_۲}$ استفاده می‌کنیم.

$$P_A V_A = nRT \Rightarrow ۴ \times V_A = ۲ \times ۸ \times ۴۰۰ \Rightarrow V_A = ۱۶۰۰$$

$$\frac{P_۱}{T_۱} = \frac{P_۲}{T_۲} \Rightarrow \frac{۴}{۴۰۰} = \frac{۵}{T_۲} \Rightarrow T_۲ = ۵۰۰$$

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 فشار

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

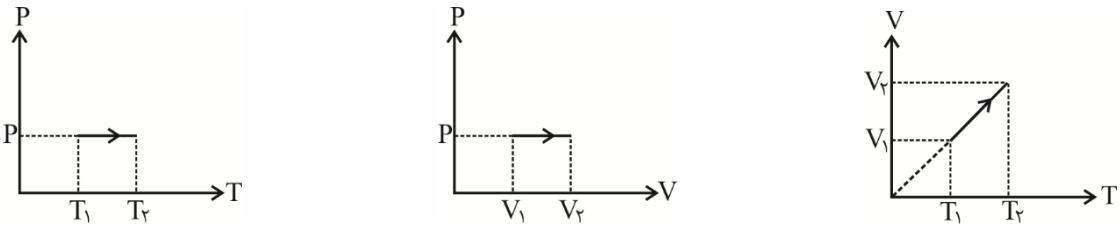
تذکر ۱: در انبساط علامت کار محیط روی دستگاه $-$ و در انقباض علامت $+$ است

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

در فرآیند هم‌فشار مقداری گاز در یک محفظه با قابلیت تغییر حجم وجود دارد و دما و حجم گاز در فشار ثابت تغییر می‌کند $(P_1 = P_2)$.

ثابت $P \Rightarrow P_1 = P_2$

نمودارهای مربوط به فرآیندهای هم‌فشار:



همانطور که در بالا دیده می‌شود نمودار $V-T$ برای فرآیند هم‌فشار به صورت یک خط راست با شیب ثابت رسم می‌شود که امتداد آن از مبدأ مختصات می‌گذرد، زیرا:

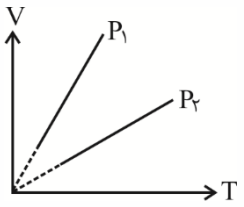
$$PV = nRT \Rightarrow V = \frac{nR}{P}T + 0$$

$$y = ax$$

همانطور که در بالا ملاحظه می‌شود رابطه‌ی بین T و V به صورت یک معادله درجه یک (خط) است. که در آن V و T متغیر می‌باشند و $\frac{nR}{P}$ مقداری ثابت است که برابر شیب خط می‌باشد و از ریاضیات می‌دانیم که شیب خط برابر $\tan\alpha$ است.

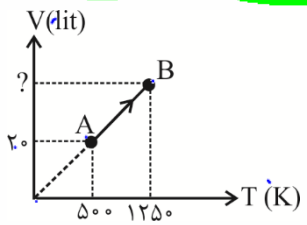
$$\text{شیب} = \tan\alpha = \frac{nR}{P}$$

نکته: 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.



$$\frac{P_۲}{P_۱} = \frac{\tan\alpha_۱}{\tan\alpha_۲}$$

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؟ $(R = ۸\frac{J}{mol.K})$



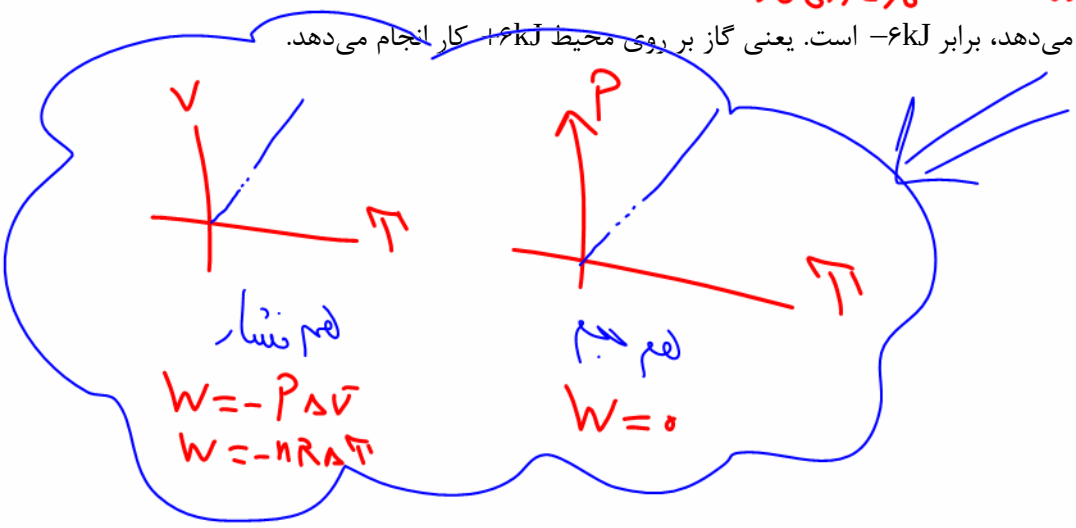
۱) ۶ ✓
۲) -۶
۳) ۹
۴) -۹

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

$$W = -P\Delta V = -nR\Delta T = -۱\times۸\times(۱۲۵۰-۵۰۰) = -۶۰۰۰J \Rightarrow W = -۶kJ$$

کار ما روی گاز = - کار گاز روی ما = -(-۶) = +۶

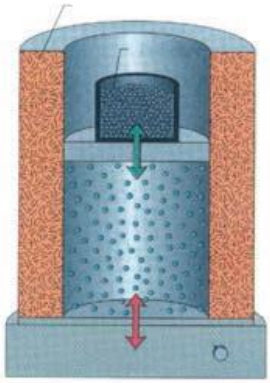
کاری که محیط بر روی گاز انجام می‌دهد، برابر $-۶kJ$ است. یعنی گاز بر روی محیط $+۶kJ$ کار انجام می‌دهد.



بررسی فرایند هم دما

هرگاه مقداری گاز در داخل محفظه‌ای قرار داشـــته باشـــد 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 فرآیند هم‌دما می‌گوییم.

دمای دستگاه(گاز) طی این فرایند ثابت می ماند.



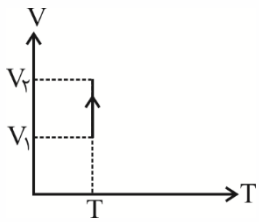
اســتوانه در تماس با منبع گرمایی با دمای ثابت قرار دارد .با افزودن تدریجی گلوله های سربی؛ تراکمی هم دما رخ می دهد

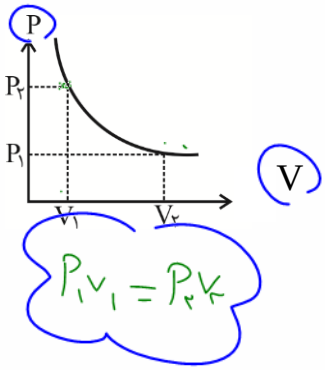
$$P_1V_1 = P_2V_2$$

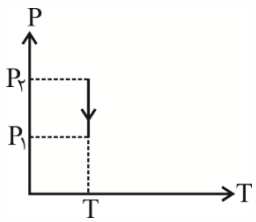
گرما و کار

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

نمودارهای مربوط به فرآیند هم‌دما:







همانطور که در بالا ملاحظه می‌شـود نمودار p-v ب رای فرآیند هم‌دما به صـورت یک منحنی اسـت و نه یک خط راست! زیرا:

$$\mathbf{PV} = nRT$$

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

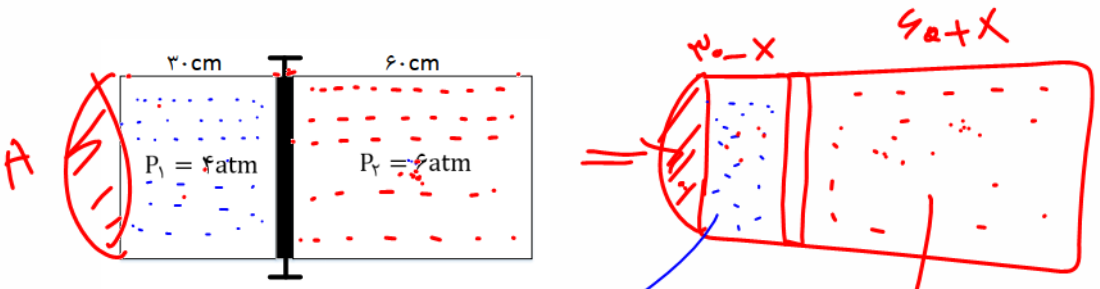
$y = a(\frac{1}{x}) \Rightarrow$ تابع هموگرافیک و منحنی شکل

همانطور که در رابطه بالا ملاحظه می شود، رابطه‌ی P و V به صورت معکوس با یکدیگر ا ست که ا صطلاحاً به چنین تابعی یک تابع هموگرافیک می‌گویند و تابع هموگرافیک نیز منحنی شکل است.

تست: **مطابق شکل زیر، دو گاز کامل با فشارهای ۴ و ۶ آتمسفر، 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)**

۱) ۱۵ ۲) ۱۰

۳) ۷/۵ ۴) ۶



قانون $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P'_1V'_1}{T'_1}$ رو یکبار برای مخزن چپ و یکبار برای مخزن راست مینویسیم تا ببینیم هرکدوم در حالت ثانویه چه جوری میشن

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P'_1V'_1}{T'_1} \rightarrow P_1V_1 = P'_1V'_1 \quad 4(A \times 30) = P'_1(A)(30 - X) \quad P'_1 = \frac{120}{30 - X}$$

$$\frac{P_2V_2}{T_2} = \frac{P'_2V'_2}{T'_2} \rightarrow P_2V_2 = P'_2V'_2 \quad 6(A \times 60) = P'_2(A)(60 + X) \quad P'_2 = \frac{360}{60 + X}$$

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

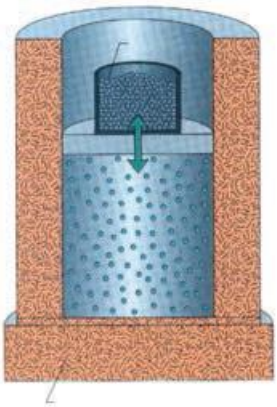
$$P'_1 = P'_2 \quad = \frac{120}{30 - X} = \frac{360}{60 + X} \quad 90 - 3X = 60 + X \quad 4X = 30 \quad X = 7.5$$

بررسی فرایند بی در رو

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.



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

گرما $Q = 0$

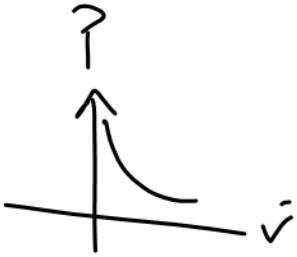
$\Delta U = \cancel{Q}^{0} + W$

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

$\propto \Delta T$

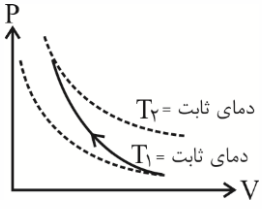
$\Delta U = W + \cancel{Q}^{0}$

کار $\Delta U = W$

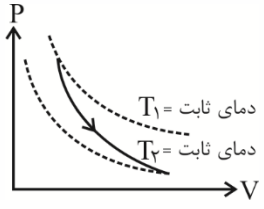


هرگاه در یک تحول بین دستگاه (گاز) و محیط گرمایی مبادله نگردد، می‌گوییم گاز یک فرآیند بی‌دررو را طی کرده است.

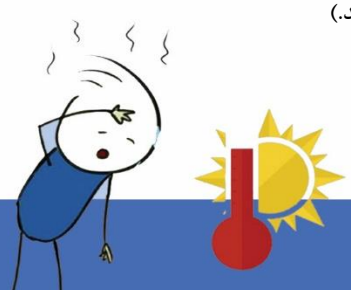
برای این منظور یک محفظه، شامل گاز کامل می‌باشد که در داخل آن یک پیستون متحرک قرار دارد و نسبت به محیط اطراف عایق‌بندی شده است. و همچنین اگر پیستون را سریع حرکت دهیم. چون تغییر حجم با سرعت انجام شده است. باز هم گاز با محیط بیرونی تبادل گرمایی ندارد و اصطلاحاً می‌گوییم فرآیندی بی‌دررو را طی کرده است.



تراکم بی‌دررو
(دمای گاز افزایش می‌یابد.)

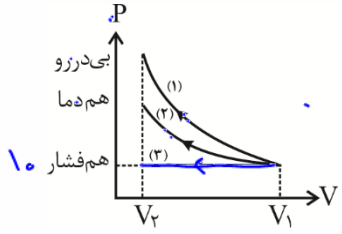


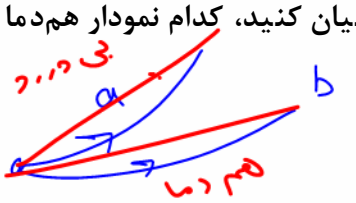
انبساط بی‌دررو
(دمای گاز کاهش می‌یابد.)



همانطور که می‌دانیم نمودار $P-V$ برای فرآیند هم‌دما و همچنین برای فرآیند بی‌دررو منحنی شکل است، اما می‌دانیم که وقتی گاز کاملی را با فرآیند هم‌دما متراکم می‌کنیم، گاز مقداری گرما از دست می‌دهد، در حالی‌که 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 هم دما > شیب بی‌دررو)

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

۱) ثابت ـ کاهش ۲) ثابت ـ ثابت ۳) کاهش ـ ثابت ۴) کاهش ـ 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.

بی‌دررو $\Rightarrow \Delta u = W \Rightarrow$ افزایش حجم $\Rightarrow \Delta u, W < ۰$

تست: در یک فرآیند بی‌دررو وقتی دمای مقدار معینی گاز کامل از T به $۲T$ افزایش می‌یابد، کار انجام شده به وسیله‌ی گاز W می‌باشد. وقتی دما از $۲T$ به $۳T$ افزایش یابد، کار انجام شده توسط گاز چگونه است؟

۱) بیش‌تر از W است. ۲) کم‌تر از W است.

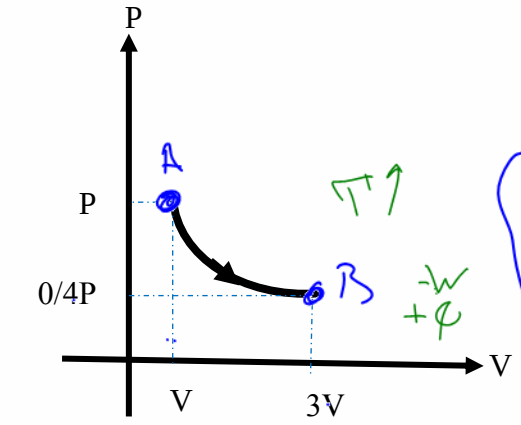
۳) برابر با W است. ۴) بسته به مقدار T هر سه گزینه صحیح است.

گزینه‌ی 3)؛ در فرآیند بی‌دررو گرمای مبادله شده بین محیط و دستگاه صفر است $(Q = ۰)$. بنابراین طبق قانون اول ترمودینامیک $\Delta u = W + ۰$ 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.

$(۱)\ \Delta T_۱ = ۲T - T = T$

$(۲)\ \Delta T_۲ = ۳T - ۲T = T$

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

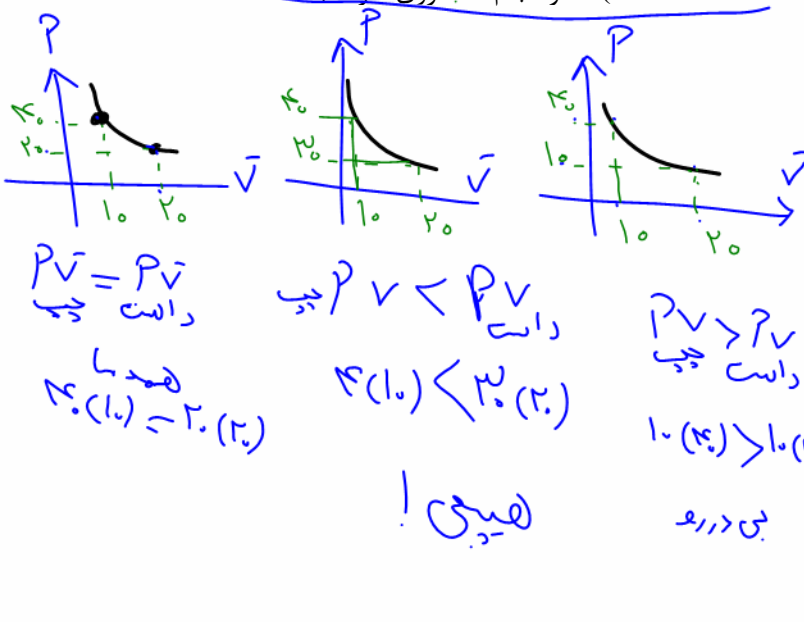


۱) فرایند همدما است

۲) فرایند بی دررو است

۳) گاز گرما گرفته است

۴) کار انجام شده روی گاز مثبت است



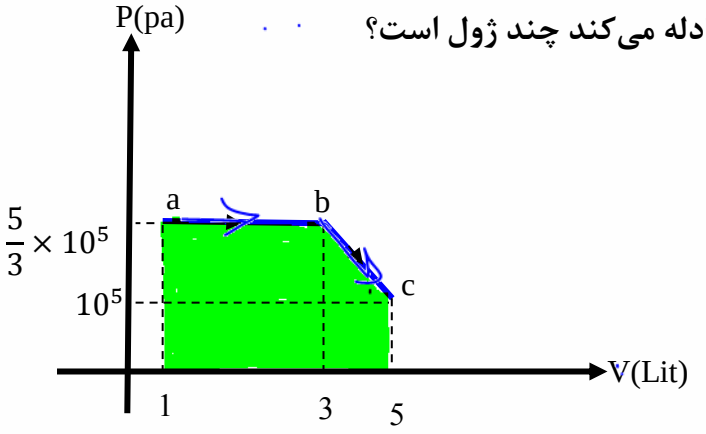
فرایند غیر خاص

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 همدما 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 می‌کند چند ژول است؟

۷۶۷ ۵۶۷ ۳۳۰۰ ۱۱۰۰



$$\Delta u = Q + W$$

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

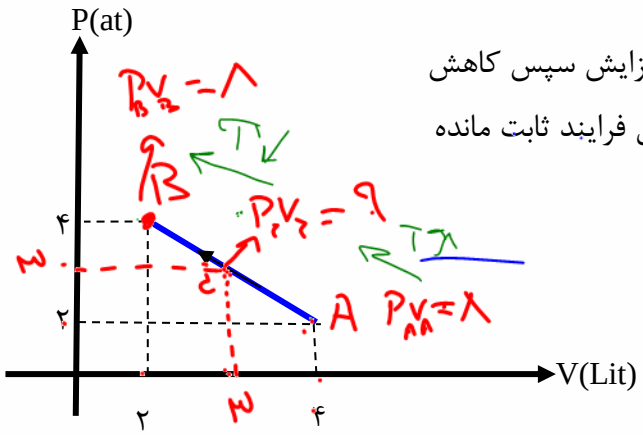
تست: با توجه به نمودار pv شکل زیر که تحول یک گاز آرمانی از A تا B را نشان می‌دهد،در این فرایند دمای گاز چگونه تغییر کرده است؟

ابتدا افزایش سپس کاهش

ابتدا کاهش سپس افزایش

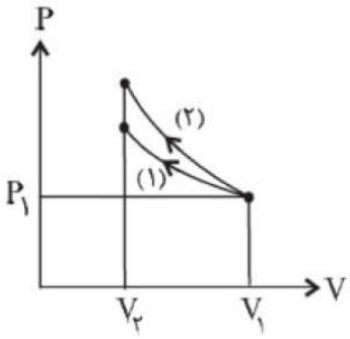
در طول فرایند ثابت مانده

به تدریج افزایش یافته



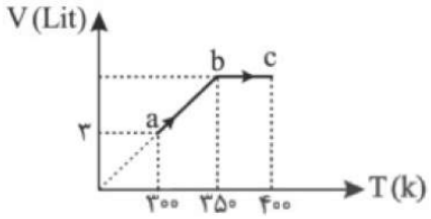
Homework 3

۱) در نمودار فشار برحسب حجم گاز زیر، فرایندهای ۱ و ۲ به‌ترتیب 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، درکدام گزینه به درستی انجام گرفته است؟



۱) بی‌دررو - هم دما - $W_۱ > W_۲$
۲) هم‌دما - بی‌دررو - $W_۱ > W_۲$
۳) بی‌دررو - هم دما - $W_۲ > W_۱$
۴) هم‌دما - بی‌دررو - $W_۲ > W_۱$

۲) نمودار $V - T$، ۰/۲ مول گاز آرمانی مطابق شکل است. اگر انرژی درونی گاز در حالت a برابر ۱۵۰ ژول باشد، گرمایی که گاز در کل فرایند abc با محیط مبادله کرده است، چند ژول است؟ $(R = ۸ \frac{J}{\text{mol}.K})$



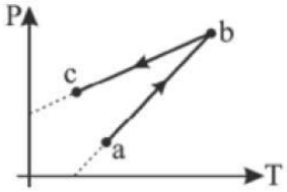
۱) ۳۰
۲) ۸۰
۳) ۱۳۰
۴) ۱۶۰

۳) حجم مقداری گاز کامل طی سه فرایند هم‌فشار، بی‌دررو و هم‌دما از $V_۱$ به $V_۲$ 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.

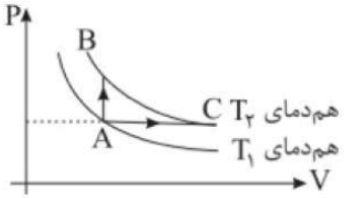
۱) ۱
۲) ۲
۳) ۳
۴) ۴

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



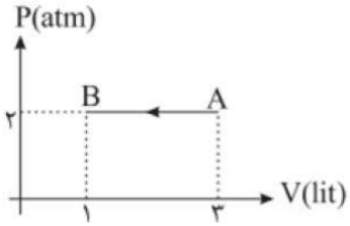
۱) کاهش یافته است.
۲) افزایش یافته است.
۳) ابتدا افزایش و سپس کاهش یافته است.
۴) ابتدا کاهش و سس افزایش یافته است.

۵ 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 طوری‌که دمای نقاط B و C یکسان است. کدام گزینه درباره‌ی گرمای مبادله شده گاز با محیط در این دو فرایند درست است؟



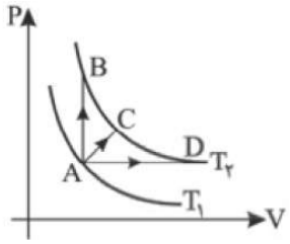
۱) $|Q_{AC}| < |Q_{AB}|, Q_{AC} < 0, Q_{AB} < 0$
۲) $|Q_{AC}| > |Q_{AB}|, Q_{AC} > 0, Q_{AB} > 0$
۳) $|Q_{AC}| < |Q_{AB}|, Q_{AC} > 0, Q_{AB} > 0$
۴) $|Q_{AC}| > |Q_{AB}|, Q_{AC} < 0, Q_{AB} > 0$

۶ مطابق شکل مقدار معینی گاز کامل از حالت A به حالت B می‌رسد. در این فرایند انرژی درونی گاز ۱/۸kJ تغییر می‌کند. گرمای مبادله شده گاز با محیط در این فرایند چند کیلوژول است؟ $(1atm = 10^5\ Pa)$



۱) ۱/۸
۲) ۱/۴
۳) -۲/۲
۴) -۱/۸

۷ در شکل مقابل دو منحنی هم‌دما برای گاز آرمانی رسم شده است. اگر تغییر انرژی درونی طی فرایندهای رسم شده ΔU_{AB}، ΔU_{AC} و ΔU_{AD} باشد، کدام گزینه درست است؟



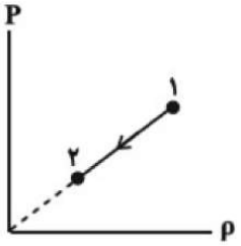
۱) $\Delta U_{AB} > \Delta U_{AC} > \Delta U_{AD}$
۲) $\Delta U_{AB} < \Delta U_{AC} < \Delta U_{AD}$
۳) $\Delta U_{AB} = \Delta U_{AC} = \Delta U_{AD}$
۴) $\Delta U_{AB} < \Delta U_{AC} < \Delta U_{AD}$

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

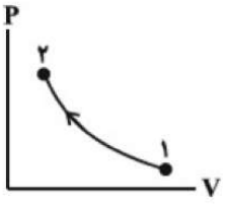
تغییر انرژی درونی	کار انجام‌شده روی گاز	فشار	نوع فرایند
y	x	کاهش	بی‌دررو
	مثبت	z	هم‌دما

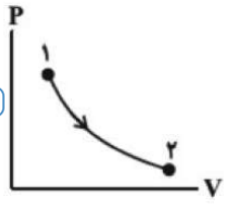
۱) منفی - منفی - افزایش ۲) مثبت - مثبت - افزایش ۳) منفی - مثبت - کاهش ۴) مثبت - منفی - کاهش

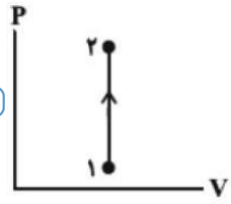
۹ شکل مقابل، نمودار تغییر فشار یک گاز کامل برحسب چگالی آن را نشان می‌دهد. نمودار $P-V$ گاز در این فرایند

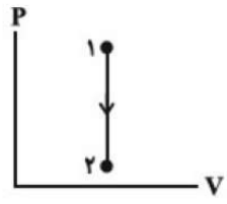


مطابق کدام‌یک از گزینه‌های زیر است؟

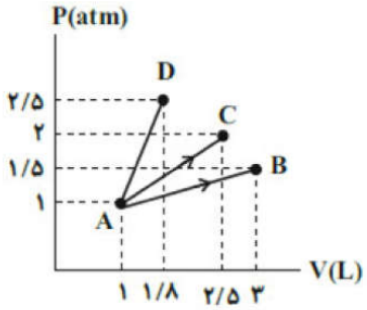
۱) 

۲) 

۳) 

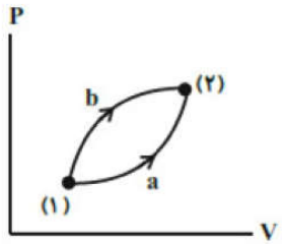
۴) 

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؟



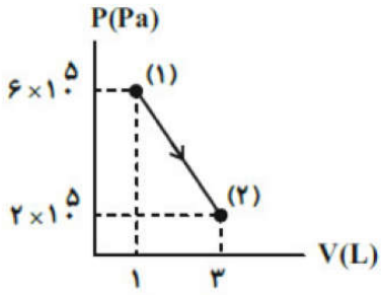
۱) $T_B > T_C > T_D$ ۲) $T_D > T_C > T_B$ ۳) $T_C > T_B = T_D$ ۴) $T_B = T_D > T_C$

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



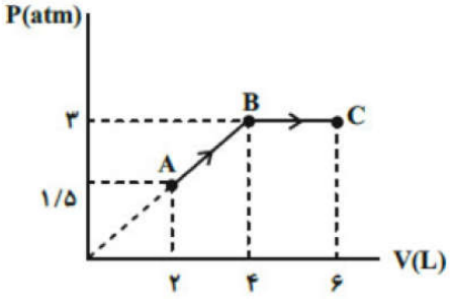
۱) $Q_b>۰ ،Q_a>۰ ،|Q_a|>|Q_b|$
۲) $Q_b<۰ ،Q_a<۰ ،|Q_a|>|Q_b|$
۳) $Q_b>۰ ،Q_a>۰ ،|Q_b|>|Q_a|$
۴) $Q_b<۰ ،Q_a>۰ ،|Q_b|>|Q_a|$

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



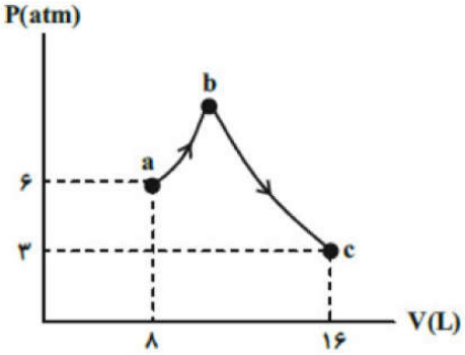
۱) ۱
۲) $\frac{۱}{۳}$
۳) ۹
۴) ۳

۱۳) در نمودار $P-V$ مقابل که مربوط به مقداری گاز آرمانی است، انرژی درونی گاز در نقطهٔ A برابر با ۱۲۰۰J است. گرمای مبادله شده در کل فرایند ABC چند ژول است؟ ($۱\ \text{atm} \simeq ۱۰^{۵}\ \text{Pa}$)



۱) ۴۹۵۰
۲) ۲۲۵۰
۳) ۷۰۵۰
۴) ۴۶۵۰

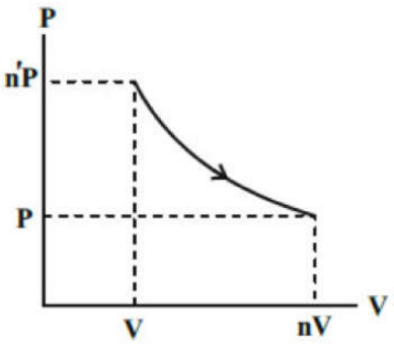
۱۴) شکل مقابل نمودار $P-V$ مقدار مشخصی گاز آرمانی را نشان می‌دهد. کدام گزینه الزاماً درست نیست؟



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

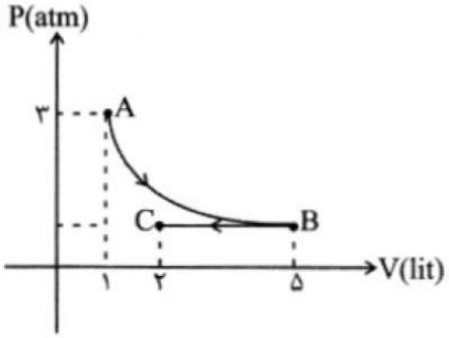
۱۵) با توجه به نمودار $P-V$ مقابل که مربوط به مقدار معینی گاز آرمانی است، چند مورد از گزاره‌های زیر صحیح است؟

الف) اگر $n.n' = 1$ 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.



۱) ۱
۲) ۲
۳) ۳
۴) هیچ مورد

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؟



۱) ۱۸۰
۲) -۱۸۰
۳) ۲۴۰
۴) -۲۴۰

۱۷ در فشار ثابت $۲\ \text{atm}$ حجم سیلندری را از $۱۲\ \text{lit}$ به $۷\ \text{lit}$ می‌رسانیم، اگر در این فرآیند از گاز $۴۰۰\ j$ گرما بگیریم، تغییرات انرژی درونی گاز چند ژول است؟ $(۱\text{atm} = ۱۰^{۵}\ \text{Pa})$

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

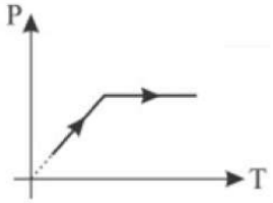
۱۹ چه تعداد از موارد زیر در فرآیندهای آرمانی ترمودینامیکی، ممکن است رخ دهد؟
الف - ممکن است با وجود افزایش دمای گاز، حجم آن ثابت بماند.
ب - ممکن است با وجود افزایش دمای گاز، حجم آن کاهش یابد.
ج - ممکن است با وجود تبادل گرما با گاز، دمای آن ثابت بماند.
د - ممکن است بدون تبادل گرما با گاز، دمای آن تغییر کند.

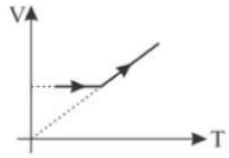
۱) ۱ مورد ۲) ۲ مورد ۳) ۳ مورد ۴) هر ۴ مورد

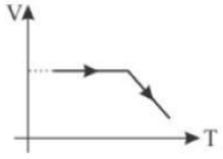
۲۰ در یک فرایند انبساط هم‌دما، اگر گرمای داده شده ۷۰۰ ژول باشد، تغییر انرژی درونی گاز ..... ژول و کار انجام شده توسط محیط روی دستگاه ..... ژول است.

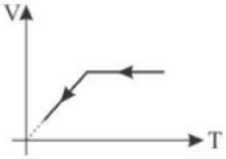
۱) صفر - ۷۰۰ ۲) صفر - -۷۰۰ ۳) ۷۰۰ - صفر ۴) -۷۰۰ - صفر

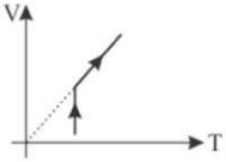
۲۱ نمودار $P-T$ یک دستگاه ترمودینامیکی مطابق شکل زیر است. کدام گزینه نمودار $V-T$ آن را نشان می‌دهد؟



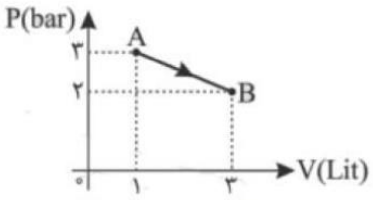
۱)


۲)


۳)


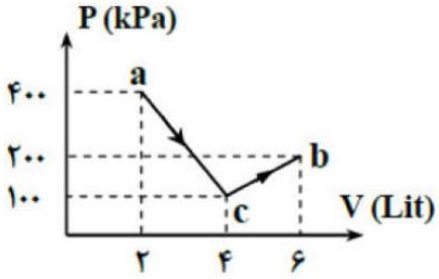
۴)


۲۲ نمودار $P-V$ گاز کاملی مطابق شکل زیر است. اگر انرژی درونی گاز در A برابر $۴۵۶J$ و در B برابر $۹۱۲J$ باشد، گرمای مبادله‌شده با محیط چند ژول است؟



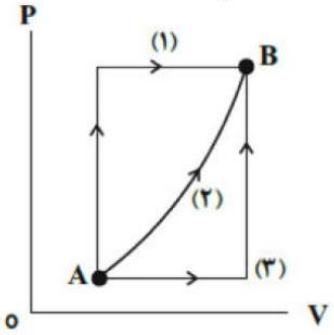
۱) ۴۵۶ ۲) ۵۰۰ ۳) ۹۱۲ ۴) ۹۵۶

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؟



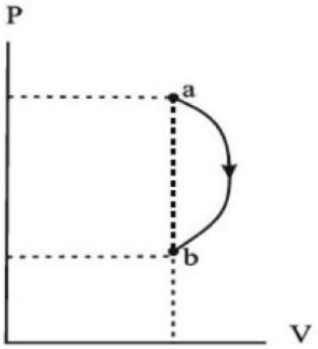
۱) ۸۰۰ ۲) -۸۰۰ ۳) ۲۰۰ ۴) -۲۰۰

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 به‌ترتیب $Q_۱$، $Q_۲$ و $Q_۳$ باشد، کدام گزینه صحیح است؟



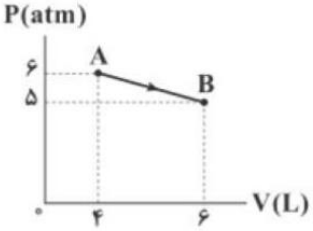
۱) $Q_۱=Q_۲=Q_۳$ ۲) $Q_۱<Q_۲<Q_۳$ ۳) $Q_۱>Q_۲>Q_۳$ ۴) $Q_۱>Q_۳>Q_۲$

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) $W<0, \Delta U<0$

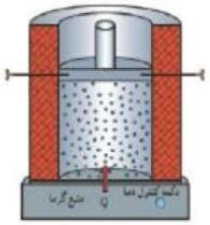
۲۶ نمودار $P-V$ فرایندی که یک مول گاز کامل تک‌اتمی طی می‌کند، مطابق شکل زیر است. اگر انرژی درونی این گاز کامل در نقاط A و B به ترتیب $350\,J$ و $720\,J$ باشد، گاز در این فرایند، چند ژول گرما با محیط مبادله کرده است؟ ($1\ atm = 10^5\ Pa$)

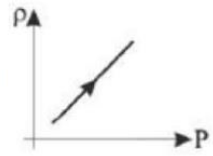


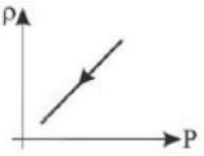
۱) ۱۴۷۰ ژول گرما گرفته است. ۲) ۷۳۰ ژول گرما گرفته است.

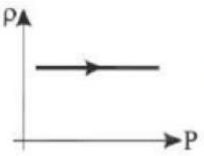
۳) ۱۴۷۰ ژول گرما از دست داده است. ۴) ۷۳۰ ژول گرما از دست داده است.

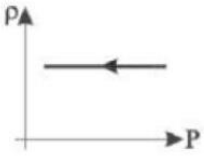
۲۷ در شکل زیر گاز را در تماس با منبع گرمایی قرار داده‌ایم. نمودار چگالی برحسب فشار گاز برابر کدام گزینه است؟



۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

۲۸) حجم مقدار معینی از یک گاز کامل، $V_۱$ و فشار آن $P_۱$ است. گاز را یک بار به صورت هم‌دما و بار دیگر به صورت بی‌دررو متراکم می‌کنیم تا فشار آن به $۲P_۱$ برسد. اگر حجم ثانویه گاز در فرایند هم‌دما $(V_۲)$ و حجم گاز در فرایند بی‌دررو $(V'_۲)$ باشد، کدام گزینه درست است؟

۱) $V_۲ = V'_۲ = \frac{۱}{۲}V_۲$

۲) $V'_۲ = V'_۲ = ۲V_۱$

۳) $V'_۲ > \frac{۱}{۲}V_۱, V_۲ = \frac{۱}{۲}V_۱$

۴) $V'_۲ < \frac{۱}{۲}V_۱, V_۲ = \frac{۱}{۲}V_۱$

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

$$\Delta U = W + Q \Rightarrow \Delta u = 0 \Rightarrow W = -Q$$

محاسبه کار در یک چرخه:

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

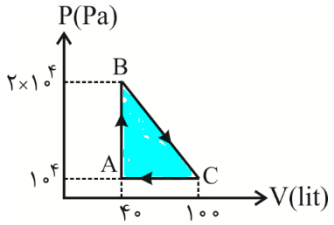
۱ـ می‌توانیم کار انجام شده در تک‌تک مراحل را جداگانه محاسبه کنیم، سپس آن‌ها را با هم جمع کنیم.

۲ـــ می‌توانیم مساحت محصور در چرخه را محاسبه کنیم. در این صورت اگر چرخه به صورت ساعتگرد باشد، کار محیط بر روی د ستگاه برابر م ساحت چرخه با علامت منفی ا ست و اگر چرخه پاد ساعتگرد با شد کار انجام شده تو سط 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)

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 سؤالات 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) ساعتگرد $W=-S$

$$W=-\frac{(۲\times۱۰^{۴}-۱۰^{۴})\times(۱۰۰\times۱۰^{-۳}-۴۰\times۱۰^{-۳})}{۲}=-۳۰۰$$

ب) در چرخه $\Delta u=۰\Rightarrow W=-Q\Rightarrow Q=+۳۰۰$

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

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

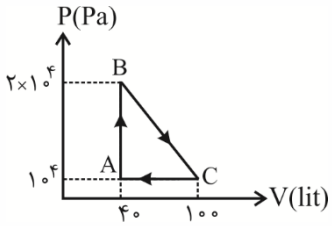
(چرخه پادساعتگرد) $W=+S$ (کار محیط روی دستگاه در یک چرخه)

(چرخه سا عتگرد) $W=+S$ (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؟



۱) +۹۰۰ ۲) -۹۰۰

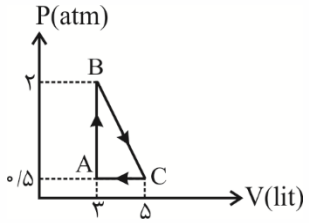
۳) -۳۰۰ ۴) +۳۰۰

پاسخ: گزینه‌ی ۳)؛ چون چرخه ساعتگرد است، بنابراین کار انجام شده روی گاز منفی می‌باشد که مساوی مساحت چرخه است.

$$S=\frac{۱}{۲}(۱۰۰-۴۰)\times۱۰^{-۳}\times(۲\times۱۰^{۴}-۱۰^{۴})=۳۰۰J$$

$$W=-S\text{ (چرخه ساعتگرد)}\Rightarrow W=-۳۰۰J\text{ (کار محیط در یک چرخه)}$$

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



۱) -۷۵ ۲) -۱۵۰
۳) $+۱۵۰$ ۴) $+۷۵$

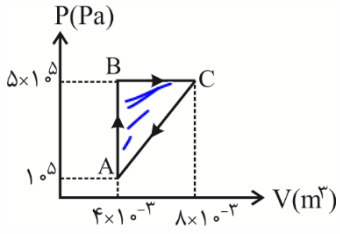
پاسخ: گزینه‌ی ۳)؛ چرخه در جهت ساعتگرد است. پس کار انجام شده روی گاز منفی است و در نتیجه کار انجام شده، توسط گاز مثبت می‌باشد.

$W = -S$ (چرخه ساعتگرد) W (کار محیط)

$$\Rightarrow S = \frac{۱}{۲}(۵-۳)\times ۱۰^{-۳}\times(۲-۰/۵)\times ۱۰^{۵} = ۱۵۰$$

$W = -۱۵۰\,J \Rightarrow W = +۱۵۰\,J$ (دستگاه) $\Rightarrow$ کار محیط

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



۱) ۱۶۰۰J گرما گرفته است.
۲) ۱۶۰۰J گرما پس داده است.
۳) ۸۰۰J گرما گرفته است.
۴) ۸۰۰J گرما پس داده است.

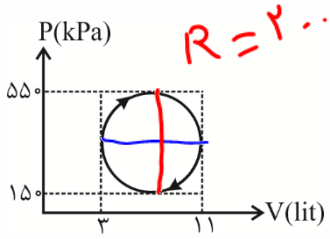
پاسخ: گزینه‌ی ۳)؛

$$S_{ABC} = \frac{(۵-۱)\times(۸-۴)\times ۱۰^{-۳}}{۲} = ۸۰۰\,J$$

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

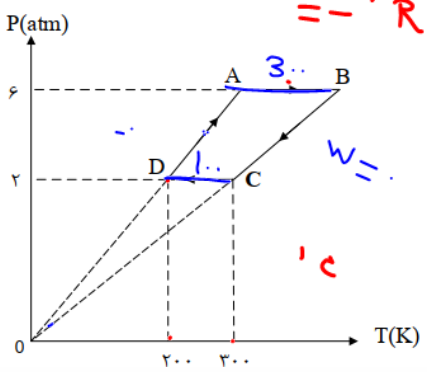
$W = -S$ (چرخه ساعتگرد) W (کار محیط در یک چرخه)

تست: $\frac{۱}{۴}$ مول از یک گاز کامل، چرخه‌ی دایره‌ای شکل روبرو را طی کرده است. کار انجام شده روی گاز در این چرخه چند ژول است؟ (π ; ۳)



۱) ۲۰۰۰J ۲) -۲۴۰۰J
۳) $+۲۴۰۰$J ۴) -۲۰۰۰J

تست: ۰/۵ مول گاز تک‌اتمی، چرخه‌ای مطابق شکل زیر را طی می‌کند. در این چرخه کار انجام شده توسط گاز بر روی محیط، چند ژول است؟ ($R = 8 \frac{j}{mol.K}$) (آزمون قلمچی)



۱) ۸۰۰

۲) −۸۰۰

۳) ۴۰۰

۴) −۴۰۰

اولا که نمودار $P\text{-}V$ نیست! پس نری یه وقت برای محاسبه مساحت نمودار!!

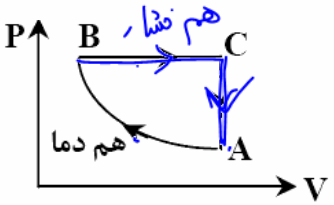
ببینید اینجا ۴ تا فرایند داریم پس کافیه کار تک تک اونها را حساب کنیم و بعدش با هم جمع کنیم، ولی قبلش یه تشابه مثلث میزنیم تا ΔT رو برای فرایند AB محاسبه کنیم، از تشابه مثلث هایOAB و ODC میفهمیم که ΔT برای AB برابر میشه با ۳۰۰ کلوین حالا بریم برای ادامه حل.....

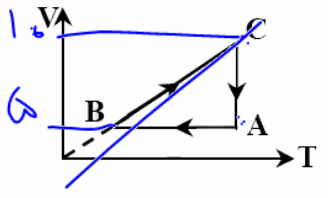
فرایند های DA وCB هم حجم هستند پس کارشون صفر میشه ولی فرایندهای CD و AB همفشار هستند پس از فرمول $W = -nR\Delta T$ باید محاسبه کنیم

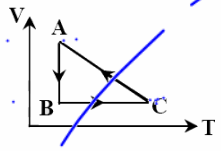
$$W_{CD} = -nR\Delta T = -0.5 \times 8 \times (-100) = +400$$
$$W_{AB} = -nR\Delta T == -0.5 \times 8 \times (300) = -1200$$
$$W_{\text{کل روی دستگاه}} = W_{CD} + W_{AB} + W_{DA} + W_{DC} = +400 - 1200 + 0 + 0 = -800$$

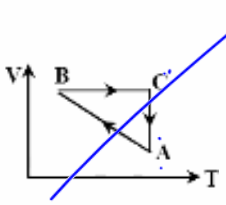
مواظب باش گول نخوری! کار روی محیط رو پرسیده پس جواب ۸۰۰+ میشه!

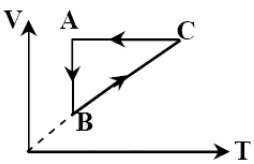
تست: نمودار **P - V** فرآیند ترمودینامیکی گاز کاملی در شکل رو به رو رسم شده است. نمودار **V - T** آن کدام است؟



۱)


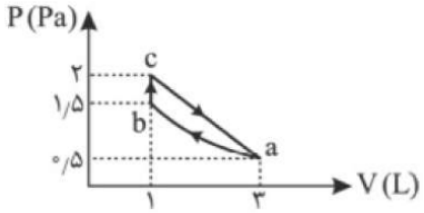
۲)


۳)


۴)


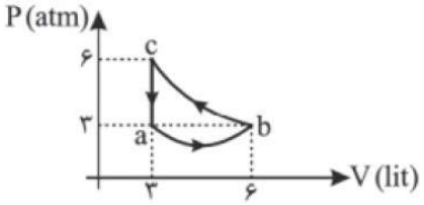
Homework 4

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



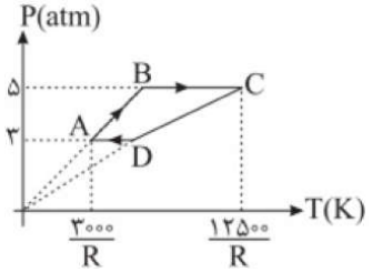
۱) ۱۲۵ ۲) ۲۵۰ ۳) ۵۲۵ ۴) ۳۷۵

۲) مقداری گاز کامل، چرخه‌ای مطابق شکل را طی می‌کند. انرژی درونی گاز در وضعیت C، ۱۲۰۰ ژول و گرمای داده شده به گاز در فرایند ab، ۱۰۰۰ ژول است. کار انجام شده توسط دستگاه روی محیط در فرایند ab، چند ژول است؟



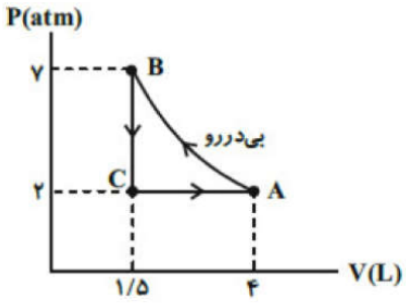
۱) ۴۰۰ ۲) -۴۰۰ ۳) ۱۶۰۰ ۴) -۱۶۰۰

۳) نمودار $P-T$ یک ماشین گرمایی که ماده‌ی کاری آن ۰/۲ 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 $0/8\text{kJ}$ و 4kJ است. R ثابت عمومی گازهای آرمانی است.)



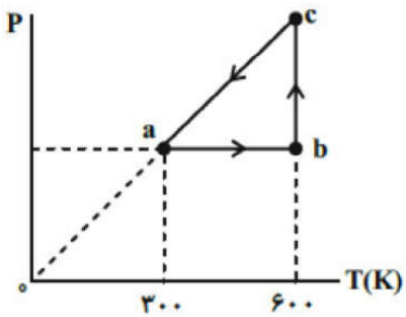
۱) ۱۲/۵ ۲) ۱۴/۵ ۳) ۱۶ ۴) ۲۵

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 اندازهٔ کار محیط در فرایند بی‌دررو ۶۴۵ ژول باشد، گرمای مبادله شده در فرایند هم‌فشار چند ژول است؟ ($۱\ \text{atm} \simeq ۱۰^{۵}\ \text{Pa}$)



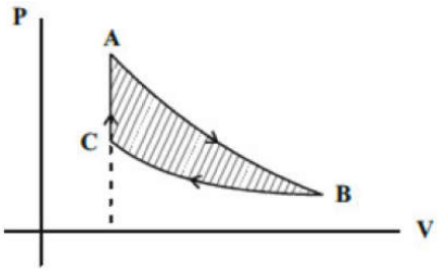
۱) ۱۴۵ ۲) ۱۱۴۵ ۳) ۴۳۵ ۴) ۴۸/۳

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؟ $\left(R = ۸\frac{J}{\text{mol}.K}\right)$



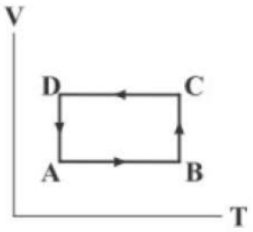
۱) صفر ۲) -۳۰۰ ۳) -۴۰۰ ۴) ۳۰۰

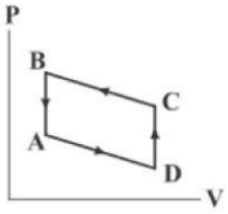
۸ در شکل مقابل، نمودار یک چرخهٔ ترمودینامیکی شامل یک فرایند بی‌دررو، یک فرایند هم‌دما، و یک فرایند هم‌حجم برای مقدار معینی گاز آرمانی رسم شده است. در این صورت گرمای داده شده به گاز در فرایند هم‌حجم .....

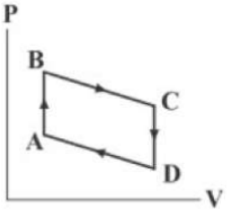


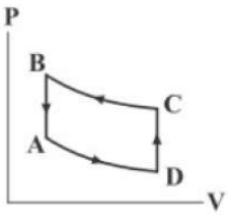
۱) با مساحت چرخه برابر است.
۲) با کار انجام شده توسط گاز در فرایند بی‌دررو برابر است.
۳) با گرمای مبادله شده در فرایند هم‌دما برابر است.
۴) با کار انجام شده روی گاز در فرایند هم‌دما برابر است.

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؟



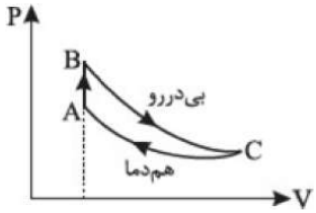
۱)


۲)


۳)


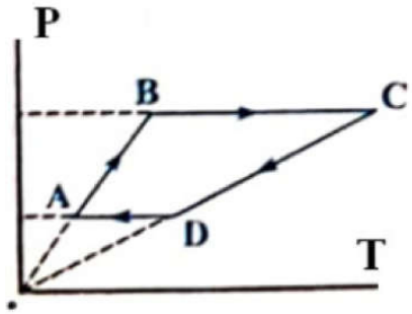
۴)

۱۰) مقدار معینی گاز آرمانی، چرخه‌ای مطابق شکل را طی می‌کند. اگر طی فرایند هم‌دما ۵۰۰J و طی فرایند هم‌حجم ۷۰۰J گرما بین گاز و محیط تبادل شود، کار انجام شده توسط گاز روی محیط در هر چرخه چند ژول است؟



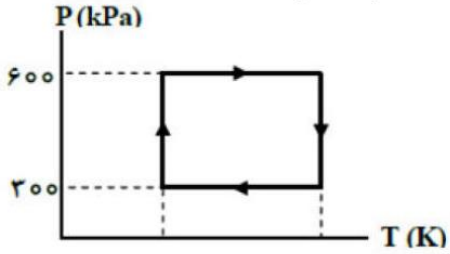
۱) ۲۰۰ ۲) -۲۰۰ ۳) ۱۲۰۰ ۴) -۱۲۰۰

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



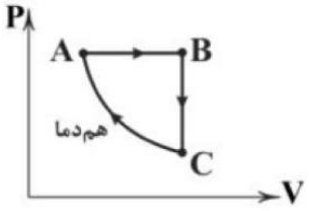
۱) $|\Delta U_{CD}| < \Delta U_{AB}$ ۲) $|\Delta U_{DA}| < \Delta U_{BC}$ ۳) $W_{AB} = W_{CD}$ ۴) $W_{DA} = |W_{BC}|$

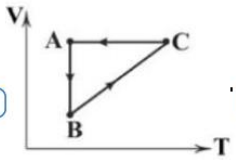
۱۲) مقدار معینی گاز کامل، چرخه‌ای مطابق شکل مقابل را طی می‌کند. اگر دمای گاز در خلال این چرخه، بین $91^\circ C$ و $182^\circ C$ تغییر کند، نسبت بیشترین به کمترین حجم گاز در طی این چرخه $\left(\frac{V_{max}}{V_{min}}\right)$ کدام است؟

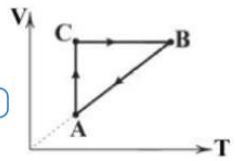


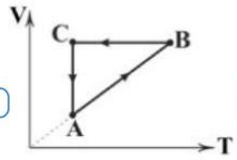
۱) ۲ ۲) $\frac{۵}{۴}$ ۳) $\frac{۸}{۵}$ ۴) $\frac{۵}{۲}$

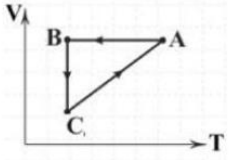
۱۳) نمودار $P-V$ی یک گاز کامل تک اتمی مطابق شکل زیر است. کدام گزینه نمودار $V-T$ی مربوط به این گاز را درست نشان می‌دهد؟



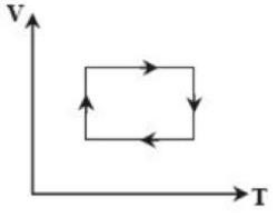
۱) 

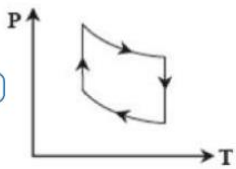
۲) 

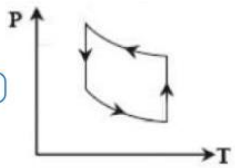
۳) 

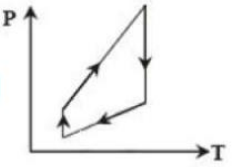
۴) 

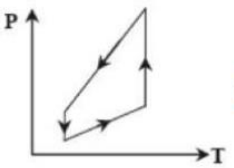
۱۴) چرخه‌ی شکل مقابل، در مختصات $P-T$ به کدام شکل است؟ (P: فشار، T: دمای مطلق و V: حجم)



۱) 

۲) 

۳) 

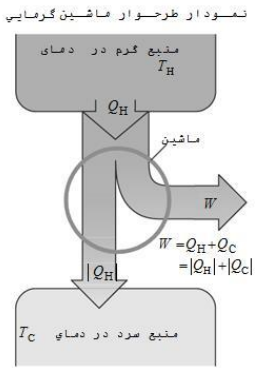
۴) 

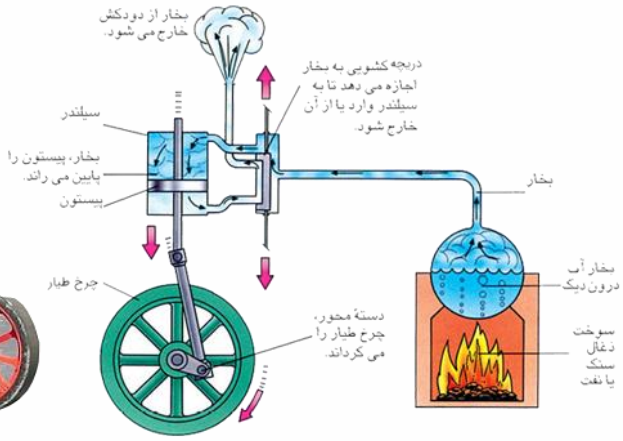
ماشین‌های گرمایی و یخچال‌ها

ماشین گرمایی

این ماشـــینها با اســـتفاده از برخی فرایندهای ترمودینامیکی، گرمای حاصـــل از ســـوخت را به کار تبدیل می کنند.(انرژی گرمایی را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کنند) و ما شین های گرمایی در دو نوع درون سوز و برون سوز موجود می‌باشند.

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



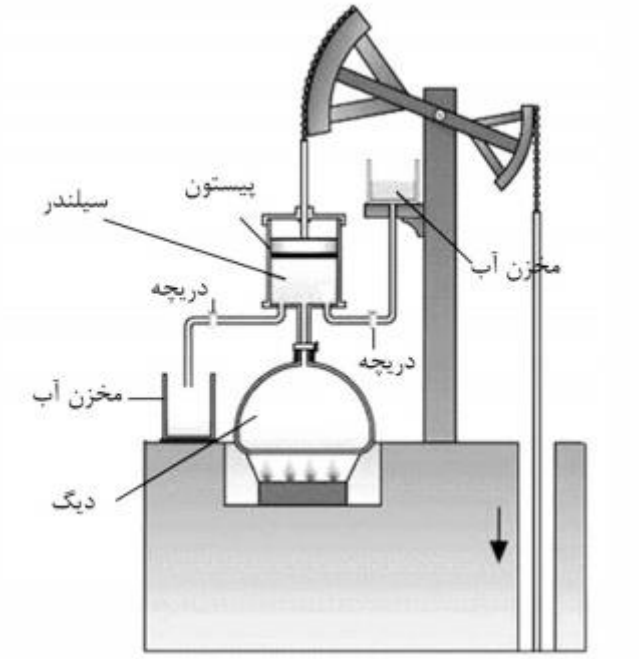


ماشین گرمایی درون‌سوز: یا موتورهای احتراق داخلی به موتورهایی گفته می‌شود که در آن‌ها مخلوط سوخت و اکسیدکننده معمولاً هوا یا اکسیژن در داخل محفظه بسته‌ای واکنش داده و محترق می‌شوند. بر اثر احتراق گازهای داغ با دما و فشار بالا حاصل می‌شوند و بر اثر انبساط این گازها قطعات متحرک موتور به حرکت درآمده و کار انجام می‌دهند (مانند موتور بنزینی ماشینها و هواپیماو...)

ماشین گرمایی برون سوز : یا موتور برون سوز یا احتراق خارجی نوعی ماشین گرمایی می‌باشد که در آن سیال عامل داخلی توسط انرژی حاصل از احتراق یک سیال عامل دیگر گرم شده و در طی یک چرخه ترمودینامیکی کار تو سط سیال عامل داخلی انجام می‌گردد .انرژی حا صل از احتراق تو سط مبدل حرارتی از سیال خارجی به سیال عامل داخلی منتقل می‌شود. (مانند موتور بخار وات ، توربین بخار و موتور استرلینگ.)

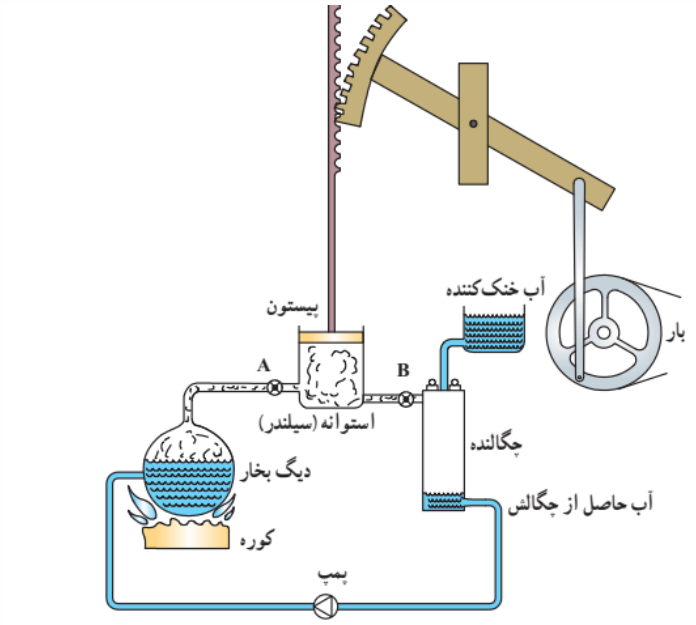
ماشـــین های برونســـوز انواع مختلفی دار ند که ابتدایی ترین نوع آن ها ماشـــین نیو کامن اســـت که از آن برای بیرون کشـــیدن آب از معادن اســـتفاده میشـــد. انواع روزآمدتر این ماشـــینها ماشـــین اســـترلینگ و ماشین بخار است. در ادامه به توضیح نمونه سادهای از ماشینهای بخار میپردازیم که توسط وات طراحی شد.

ماشین استرلینگ



ماشین نیوکامن

ماشـــین بخار وات: در ماشـــین بخار دســـتگاهی که چرخه را طی میکند، آب اســـت. همانطور که در شـــکل نشـــان داده شـــده اســـت، آب در دیگ بخار مقداری گرما دریافت می‌کند و پس از انجام دادن چند فرایند مختلف که به توضـــیح آنها می پردازیم ، به حالت اولیه خود در دیگ بخار برمی‌گردد و این چرخه دائماً تکرار می‌شـــود؛ چون گرما توســـط کوره، از بیرون، به آب داده میشـــود، ماشـــین بخار از نوع ماشـــینهای برون ســـوز محســـوب میشـــود. با باز شـــدن شـــیر A بخار حاصـــل از دیگ بخار با فشـــار وارد اســـتوانه (ســـیلندر) می شـــود و به این ترتیب، پیســـتون را به بالا میراند در حالی که شـــیر B بســـته اســـت. وقتی پیســـتون به بالای اســـتوانه میرســـد شـــیر A بســـته می شـــود و به این ترتیب، دیگ بخار مســـدود میگردد. همزمان شـــیر B باز میشـــود و بدین ترتیب، بخار از اســـتوانه خارج و وارد محفظه چگالنده میگردد. با ورود بخار به چگالنده، پیســـتون پایین میآید و هنگامی که پیســـتون به پایینترین ســـطح خود میرســـد، شـــیر B بســـته و به طور همزمان شـــیر A بـــاز میشـــود و این مراحـــل دوبـــاره تکرار میگردد. آب خنـــک کننـــده، چگـــالنـــده را همواره خنـــک نگهمیدارد و بدین ترتیب، بخاری که وارد محفظه چگالنده میگردد، به مایع تبدیل میگردد



توجه کنید که آب خنک کننده وارد چگالنده نمیشـــود، بلکه اطراف آن را خنک میســـازد. 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) ر سید. منظور از چرخه آرمانی چرخه های ا ست که فرایندهای آن ایستاوار و بدون اصطکاک و هرگونه اتلافی باشد.

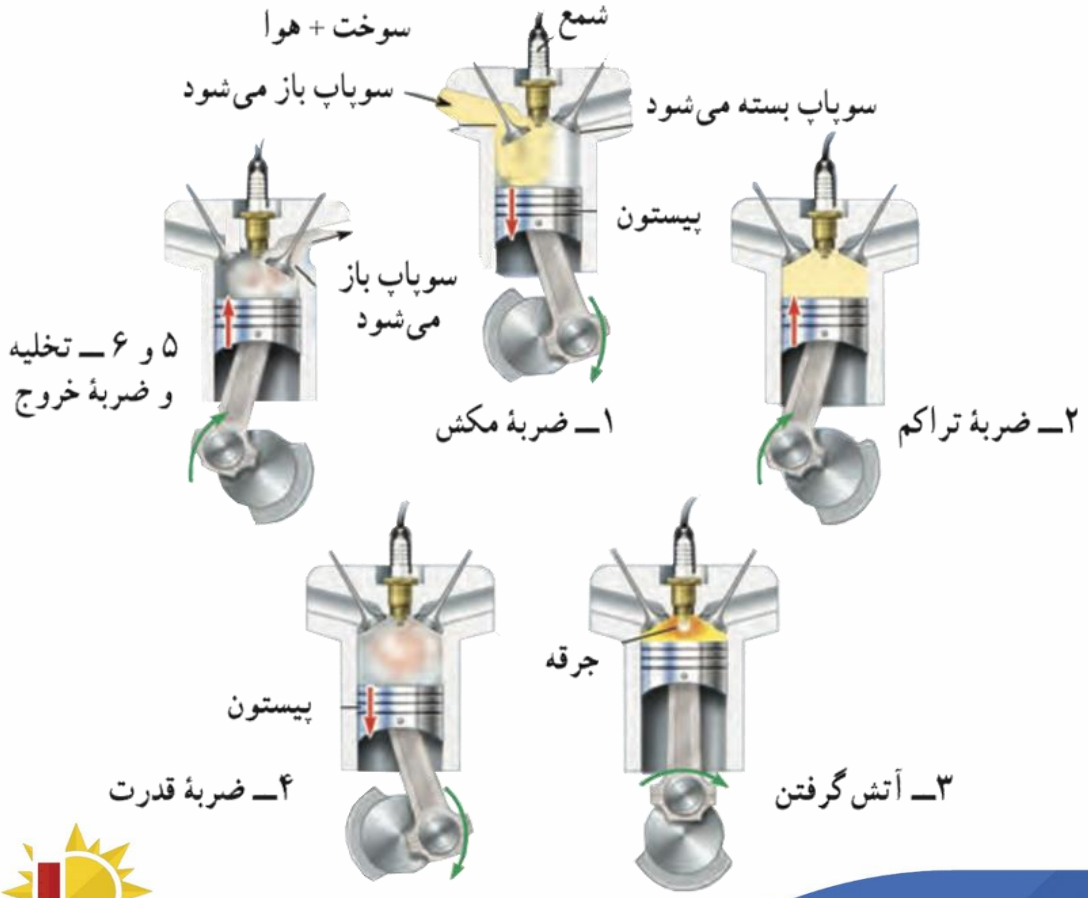
همانطور که در ماشـــین بخار وات دیدیم دســـتگاه (آب) درهر چرخه با دو منبع گرمای دیگ بخار و چگالنده، تبادل گرما میکند و کار خالصـــی انجام میدهد. دیگ بخار را که در دمای بالاتری قرار دارد، منبع با دمای بالاتر و چگالنده را منبع با دمای پایینتر مینامند. گرمایی را که دســـتگاه از منبع با دمای بالاتر میگیرد با Q_H، و گرمایی را که دستگاه به منبع با دمای پایینتر میدهد با Q_L و کار خالص انجام‌شده 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 می‌کند. 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 ساده‌سازی محاسبات،فرایند را یک چرخه آرمانی فرض می کنیم که فرایندها به طور ایستاوار انجام می‌شوند.



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 ۵ــ ۱۷نشان میدهد وقتی پیستون بالاست حجم فضای بالای آن V_1و 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.

مرحله۲: ضربه تراکم پیستون بالا می آید، مخلوط را متراکم می‌کند و آن را به حجم $V1$میرساند. این تراکم به سرعت رخ میدهد. بنابراین، میتوان آن را بی‌دررو درنظر 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_1تا 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_1به V_2میرسد. این انبساط به سرعت رخ میدهد. بنابراین، میتوان آن را بی‌دررو درنظر گرفت. درنتیجه 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 می شود 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 می آید و بقیه محصولات احتراق را بیرون میراند و حجم فضای بالای پیستون از V_2به مقدار اولیه V_1میرسد

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 ساده سازیها میتوان د ستگاه را گازی آرمانی درنظر گرفت و بدین ترتیب، فرض کرد که گاز به جای مرحله آتش گرفتن، گرمای QHرا 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 ما شین گرمایی همواره مقداری گرما از یک منبع دما بالا Q_H ،می‌گیرد سپس مقداری کار انجام می شود W و مقداری گرما به یک منبع دمای اپایین Q_L داده می شود(تلف میشود)

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

کار انجام شده توسط ماشین

حال بازده واقعی ماشین های گرمایی با بازده ماشین های آرمانی متفاوت است

بازده واقعی ماشین های درون سوز بنزینی در حدود ۲۵ تا ۳۰ درصد، بازده واقعی ماشین های درون سوز دیزلی در حدود ۴۰ درصد و بازده ماشین های بخار نیز در حدود ۴۰ درصد است $\mathbf{Q_H = |W| + |Q_L|}$

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

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

تست: بازده یک ماشین گرمایی که در هر چرخه ۸۰۰J گرما به چشمه سرد می‌دهد، برابر ۰/۲ است. این ماشین در هر چرخه چند ژول گرما از چشمه گرم می‌گیرد؟

۱) ۱۰۰۰ ۲) ۱۶۰۰ ۳) ۲۰۰۰ ۴) ۴۰۰۰

گزینه‌ی ۱

$$Q_C = ۸۰۰ \quad , \quad \eta = ۰/۲ \quad , \quad Q_H = ?$$

$$\eta = ۱ - \frac{Q_C}{Q_H} \Rightarrow ۰/۲ = ۱ - \frac{۸۰۰}{Q_H} \Rightarrow ۰/۸ = \frac{۸۰۰}{Q_H} \Rightarrow Q_H = ۱۰۰۰J$$

تست: بازده یک ماشین گرمایی ۲۰٪ و در هر دقیقه ۲/۴MJ گرما به چشمه سرد می‌دهد. توان قابل استفاده این ماشین چند کیلووات است؟

۱) ۱ ۲) ۴ ۳) ۶ ۴) ۱۰

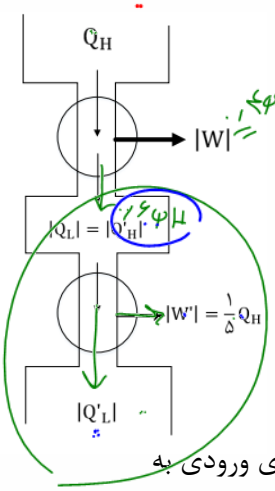
گزینه‌ی ۴

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

$$\Rightarrow \eta = \frac{W}{W + Q_C} \Rightarrow ۰/۲ = \frac{W}{W + ۲/۴} \Rightarrow W = ۰/۶MJ$$

$$P = \frac{|W|}{t} = \frac{۰/۶ \times ۱۰^۶}{۶۰} = ۱۰۰۰۰W = ۱۰kW$$

تست: مطابق طرحواره‌ی 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 می‌شود و، ماشین گرمایی دوم، تمام انرژی گرمایی خود را از انرژی تلف شده‌ی ماشین گرمایی اول دریافت می‌کند. اگر بازده موتور بنزینی (ماشین اول) ۴۰ درصد باشد، بازده‌ی ماشین دوم تقریبا چند درصد است؟



۱) ۵۰/۵

۲) ۲۵/۲

۳) ۳۰

۴) ۳۳/۳

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

تا اینجا فهمیدیم که گرمایی که ماشین اول میده به محیط چه قدره! حالا همین گرما قراره بره به عنوان گرمای ورودی به ماشین دوم یعنی $\left|Q_{L_{\text{ماشین اول}}}\right| = \left|Q_{H_{\text{ماشین دوم}}}\right|$ از طرفی توی شکل هم گفته که کار ماشین دوم برابر با یک پنجم گرمای ماشین اوله پس داریم:

$$\text{بازده ماشین دوم} = \frac{W_{\text{ماشین دوم}}}{Q_{H_{\text{ماشین دوم}}}} = \frac{\frac{1}{5}Q_H}{\frac{6}{10}Q_H} \rightarrow = 33.3$$

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

۱) ۴۸۰ ۲) ۶۲۰ ۳) ۱۲۴۰ ۴) ۶۰۰

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

۶۴۰-۲۰=۶۲۰

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

تست: یک ماشین گرمایی با بازده‌ی ۲۰ درصد در هر چرخه، مقدار ۴۰۰۰J گرما به محیط پس می‌دهد. کار حاصل از این ماشین، پس از چند چرخه می‌تواند جسمی به جرم ۵۰kg را از حال سکون از سطح زمین تا ارتفاع ۱ متری از زمین بالا ببرد و با سرعت ۱۰متر بر ثانیه پاشش کند؟ (از کلیه تلفات انرژی در حرکت جسم صرفنظر کنید)($g = 10\frac{m}{s^2}$)

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

$$\text{بازده} = \frac{W}{W + Q_L} \quad \frac{20}{100} = \frac{W}{W + 4000} \quad W = 1000 \text{ کار ماشین}$$

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

خب پس ۳۰۰۰ تا انرژی لازم هست و ماشین هم در هرچرخه 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 ق سمت قبلی درس حتما متوجه شدید که ما شین های گرمایی، گرمای QH را از یک منبع دمابالا میگیرد، مقداری از آن را به کار W تبدیل میکند و بقیه QLرا به یک منبع دماپایین میدهد، اما یک سوال که همیشه در ذهن بشر بوده اینه که آیا میشه 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 بپیماید 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 (۱۰۰درصد) شود.

بچه ها دقت کنید که 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 کنم 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 یخچال ها چک کنید که W صفر نباشد!

در ماشین گرمایی A: $|W| = 200$ و $Q_L = 0$ و $Q_H = 200$ ← نقض قانون ۲ گرمایی

در ماشین گرمایی B: $|W| = 250$ و $Q_L = 0$ و $Q_H = 200$ ← نقض ۱ و نقض ۲ گرمایی

در ماشین گرمایی C: $|W| = 90$ و $Q_L = 120$ و $Q_H = 200$ ← نقض قانون ۱

در ماشین گرمایی D: $|W| = 150$ و $Q_L = 50$ و $Q_H = 200$ ← هر دو اوکی

در ماشین گرمایی E: $|W| = 250$ و $Q_L = 0$ و $Q_H = 200$ ← هر دو نقض

در یک یخچال F: $W = 0$ و $Q_L = 200$ و $|Q_H| = 200$ ← نقض قانون ۲ یخچالی

در یک یخچال G: $W = 0$ و $Q_L = 320$ و $|Q_H| = 200$ ← نقض ۱ و نقض ۲ یخچالی

در یک یخچال H: $W = 150$ و $Q_L = 50$ و $|Q_H| = 200$ ← هر دو اوکی

ضریب عملکرد یخچال (K)(مطالعه آزاد)

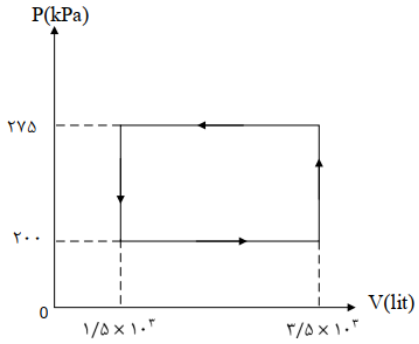
یخچال با مصرف کار W می‌تواند از منبع سرد، گرما را به منبع گرم منتقل کند. روشن است که هر اندازه انرژی مصرفی یخچال (W) کم‌تر باشد و گرمای بیش‌تری از منبع سرد Q_L گرفته و به منبع گرم منتقل کند. یخچال بهتری است و استفاده از آن، مقرون به صرفه است. به همین دلیل برای یخچال‌ها، ضریبی تعریف می‌کنند که برای یک 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 *۶ کیلوگرم* آب صفر درجه‌ی سلسیوس درون یخچال به طور کامل منجمد شود. این یخچال در هر چرخه، برای انجاد آب، چند ژول گرما به فضای بیرون می‌دهد و ضریب عملکرد این یخچال تقریبا چند است؟

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



۱) $K = 4.66$ و $8/5 \times 10^5$

۲) $K = 4.06$ و $8/5 \times 10^5$

۳) $K = 3.66$ و $7/5 \times 10^5$

۴) $K = 4.66$ 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 خنک‌کننده در هر ساعت ۶×۱۰^{۶} ژول گرما از اطاق گرفته و در همان مدت $۷/۸\times۱۰^{۶}$ ژول گرما به فضای بیرون می‌دهد توان این خنک‌کننده چند کیلووات است؟

۱) ۰/۴ ۲) ۰/۵ ۳) ۴ ۴) ۵

گزینه‌ی ۲

$$Q_H = Q_L + W \Rightarrow ۷/۸\times۱۰^{۶} = ۶\times۱۰^{۶} + W \Rightarrow W = ۱/۸\times۱۰^{۶}\,J$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{۱/۸\times۱۰^{۶}}{۱\times۳۶۰۰} = \frac{۱۸۰\times۱۰^{۴}}{۳۶۰۰} = ۵۰۰\,W = ۰/۵\,kW$$

Homework 5

۱ در مرحلهٔ «ضربهٔ تراکم» سوپاپ ورودی و سوپاپ خروجی به‌ترتیب 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

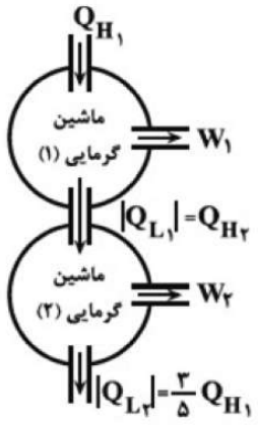
۳ در کدام‌یک از مراحل چرخهٔ ماشین درون‌سوز بنزینی، فرایند بی‌دررو طی می‌شود؟

۱) ضربهٔ خروج گاز و ضربهٔ مکش
۲) ضربهٔ قدرت و ضربهٔ مکش
۳) ضربهٔ تراکم و ضربهٔ قدرت
۴) ضربه تراکم و ضربهٔ خروج گاز

۴ یک موتور بنزینی در هر چرخه $۲\ \mathrm{kJ}$ گرما به منبع دما پایین می‌دهد. اگر توان این موتور بنزینی $۵۰\ \mathrm{kW}$ باشد و گرمای حاصل از سوختن هر گرم بنزین را $۵\times۱۰^{۴}\ J$ فرض کنیم، در مدت $۱۰s$ چند گرم بنزین می‌سوزد؟ (در هر ثانیه ۱۰۰ 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 ۲۳%، در هر چرخه به اندازه‌ی $۶۹۰\ J$ کار انجام می‌دهد. اگر هر چرخه‌ی آن طی مدت $۲/۵s$ طی شود، مقدار گرمایی که طی ۲ دقیقه این ماشین گرمایی گرفته است، چند کیلوژول است؟

۱) ۳۰۰۰
۲) ۳
۳) ۱۴۴۰۰۰
۴) ۱۴۴

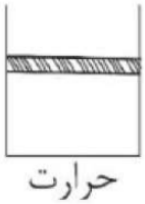
۷) یک ماشین گرمایی آرمانی با دریافت $۱۲۰۰J$ گرما، $۳۰۰J$ کار انجام می‌دهد. اگر بتوانیم با همان مقدار گرمای دریافتی، اندازه‌ی گرمای تلف شده در این ماشین را ۵ درصد کاهش دهیم، در این صورت بازده‌ی ماشین گرمایی نسبت به قبل چه‌قدر(برحسب درصد) و چگونه تغییر می‌کند؟

۱) ۵ درصد - کاهش می‌یابد.
۲) ۵ درصد - افزایش می‌یابد.
۳) $۳/۷۵$ درصد - کاهش می‌یابد.
۴) $۳/۷۵$ درصد - افزایش می‌یابد.

۸) توان خروجی و بازدهٔ یک ماشین گرمایی به‌ترتیب ۲۰kW و ۱۰ درصد است. اگر این ماشین در هر چهار دقیقه ۴۸۰ چرخه را طی کند، اندازهٔ گرمایی که در هر چرخه به چشمهٔ سرد می دهد برابر با چند کیلوژول است؟

۱) $۹۴/۵$
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 تما م گرمای رسیده به گاز به کار انتقال پیستون تبدیل شود، کدام گزینه درست است؟



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 $۲۱۷^\circ C$ و دمای محیط $۷^\circ C$ است. کدام گزینه درباره‌ی این ماشین گرمایی می‌تواند درست باشد؟

۱) $W=-۴۰\text{J}, Q_C=-۱۲۰\text{J}, Q_H=۲۰۰\text{J}$
۲) $W=-۲۰۰\text{J}, Q_C=-۱۵۰\text{J}, Q_H=۳۵۰\text{J}$
۳) $W=-۱۵۰\text{J}, Q_C=-۳۵۰\text{J}, Q_H=۵۰۰\text{J}$
۴) $W=-۱۰۰\text{J}, Q_C=-۴۸۰\text{J}, Q_H=۸۴۰\text{J}$

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) $Q_H=-۳۰۰J$ ،$W=۰$ ،$Q_L=۳۰J$
۲) $Q_H=۴۰۰J$ ،$W=-۲۸۰J$ ،$Q_L=-۱۲۰J$
۳) $Q_H=-۲۰۰J$ ،$W=۰$ ،$Q_L=۲۰۰J$
۴) $Q_H=۵۰۰J$ ،$W=۵۰۰J$ ،$Q_L=۰$

۱۲) کدام گزینه درست <u>نیست</u>؟

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 $W<|Q_L|$ است.

۱۳ کدام داده‌ها، ممکن است مربوط به ماشین گرمایی باشد که دمای چشمه‌های گرم و سرد آن به ترتیب $۴۰۰K$ و $۳۰۰K$ است؟

۱ $Q_H = ۱۰\,\text{kJ}, |Q_L| = ۸\,\text{kJ}, |W| = ۲\,\text{kJ}$

۲ $Q_H = ۳\,\text{kJ}, |Q_L| = ۲\,\text{kJ}, |W| = ۱\,\text{kJ}$

۳ $Q_H = ۶\,\text{kJ}, |Q_L| = ۴\,\text{kJ}, |W| = ۱\,\text{kJ}$

۴ $Q_H = ۸\,\text{kJ}, |Q_L| = ۷/۵\,\text{kJ}, |W| = ۱/۵\,\text{kJ}$

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 کدام‌یک از گزینه‌های زیر، قانون دوم ترمودینامیک نقض شده است؟

۱ $Q_H = ۵۰\text{J}, Q_C = -۴۰\text{J}, W = -۱۰\text{J}$

۲ $Q_H = -۴۰\text{J}, Q_C = ۲۰\text{J}, W = ۲۰\text{J}$

۳ $Q_H = ۵۰\text{J}, Q_C = ۰\text{J}, W = -۵۰\text{J}$

۴ $Q_H = ۴۰\text{J}, Q_C = -۲۰\text{J}, W = -۲۰\text{J}$

Final Homework

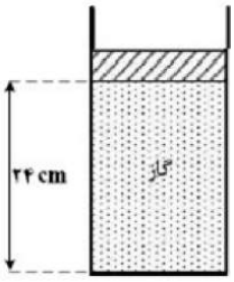
۱) حجم گاز کاملی در فشار 10^5 pa و دمای $27^\circ C$ ، برابر 1cm^3 است. تعداد مولکول‌های گاز کدام است؟
(عدد آووگادرو = 6×10^{23} و $R = 8\frac{J}{\text{mol}.k}$)

۱) $2/5\times10^{21}$ ۲) $2/5\times10^{19}$ ۳) $\frac{10^{13}}{24}$ ۴) $\frac{10^{23}}{24}$

۲) مخزنی با حجم ثابت ۸۰ لیتر محتوی مخلوطی از دو گاز هیدروژن و هلیم با دمای ثابت ۲۷ درجه‌ی سلسیوس و فشار $7/5$ اتمسفر است. اگر جرم مخلوط ۸۰ گرم باشد، چند درصد از جرم مخلوط را هلیم تشکیل می‌دهد؟
$\left(R = 8\frac{J}{\text{mol}.K}, 1\text{atm} = 10^5\ \text{pa}\right)$

۱) ۲۵ ۲) ۴۰ ۳) ۶۰ ۴) ۷۵

۳) در مکانی که فشار هوا $0/84\times10^5\ \text{Pa}$ است، مطابق شکل زیر مقداری گاز با دمای ۷ درجه سلسیوس در استوانه‌ای به سطح قاعده‌ی 10cm^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؟



۱) ۴۸ ۲) ۵۶ ۳) ۶۵ ۴) ۷۰

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؟

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

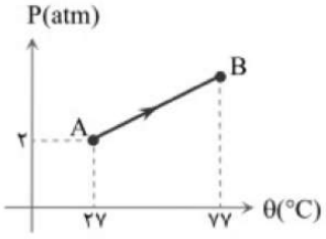
۵) دمای یک قطعه فلز به جرم ۳۰۰ گرم از $20^\circ C$ به $80^\circ C$ می‌رسد. انرژی درونی آن چند کیلوژول افزایش می‌یابد؟ (از تغییر حجم صرف‌نظر کنید و $c = 400\frac{J}{\text{kg}.K}$)

۱) صفر ۲) $3/6$ ۳) $4/2$ ۴) $7/2$

۶ مقداری گاز دو اتمی، در یک فرایند هم‌فشار $۵۰۰J$ کار روی محیط انجام می‌دهد. انرژی درونی گاز چگونه تغییر می‌کند؟ $\left(C_v = \frac{۵}{۲}R\right)$

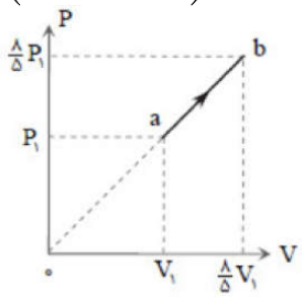
۱) $۱۲۵۰J$، کاهش ۲) $۱۲۵۰J$، افزایش ۳) $۱۷۵۰J$، کاهش ۴) $۱۷۵۰J$، افزایش

۷ نمودار فشار برحسب دما برای یک مول گاز تک‌اتمی رسم شده است. تغییر انرژی درونی گاز چند ژول است؟ $\left(R \approx ۸ \frac{J}{\text{mol}.K}\right)$



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، $۳۰۰K$ باشد، تغییر انرژی درونی گاز در فرآیند ab چند ژول است؟ $\left(R = ۸\frac{J}{\text{mol}.K}\right)$



۱) ۴۶۸۰ ۲) ۲۸۰۸ ۳) ۱۸۰۰ ۴) ۱۰۵۰

۹ در یک فرایند هم‌فشار، برای n مول گاز کامل دواتمی، $\frac{\Delta U}{W}$ برابر با کدام گزینه است؟ $\left(C_P = \frac{۷}{۲}R\right)$

۱) $-۱/۵$ ۲) $-۲/۵$ ۳) $۱/۵$ ۴) $۲/۵$

۱۰ در جدول زیر، به جای X و Y از راست به چپ کدام‌یک از کلمه‌های 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

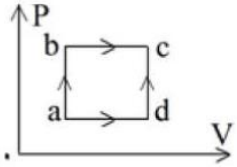
۱۱) در یک فرایند بی‌دررو، اگر حجم گاز از $5\ \text{Lit}$ به $4\ \text{Lit}$ برسد، کار انجام شده روی گاز برابر W_1 و تغییر انرژی درونی گاز ΔU_1 است و اگر در ادامه‌ی همان فرایند، حجم گاز از $4\ \text{Lit}$ به $3\ \text{Lit}$ برسد، کار انجام شده روی گاز W_2 و تغییر انرژی درونی گاز ΔU_2 است. کدام رابطه درست 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؟

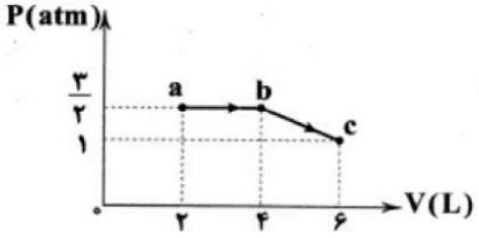


۱) گرمایی که گاز در هر دو مسیر می‌گیرد، یکسان است.
۲) گرمایی که گاز در مسیر adc می‌گیرد، بیش‌تر از گرمایی است که در مسیر adc می‌گیرد.
۳) کار انجام شده توسط گاز در مسیر abc ، بیش‌تر از کار انجام شده در مسیر adc است.
۴) تغییر انرژی درونی گاز در مسیر abc بیش‌تر از تغییر انرژی درونی گاز در مسیر adc است.

۱۴) دو مول از یک گاز دواتمی با دمای $227^\circ c$ را به صورت بی‌دررو منبسط می‌کنیم. اگر در این فرایند دمای مطلق گاز ۸ درصد کاهش یابد، کار انجام‌شده توسط گاز روی محیط چند ژول است؟ $\left(R = 8\frac{J}{\text{mol}.K}, C_V = \frac{5}{2}R\right)$

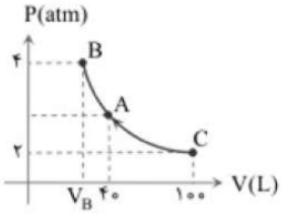
۱) -۱۸۰۰
۲) -۱۶۰۰
۳) ۱۸۰۰
۴) ۱۶۰۰

۱۵) نمودار $P - V$ یک گاز آرمانی تک‌اتمی مطابق شکل زیر است. گرمایی که گاز در فرایند abc با محیط مبادله می‌کند، چند ژول است؟ $\left(R = 8\frac{J}{\text{mol}.K}, C_V = \frac{3}{2}R\right)$



۱) ۴۸۰
۲) ۱۰۰
۳) ۹۰۰
۴) ۱۰۰۰

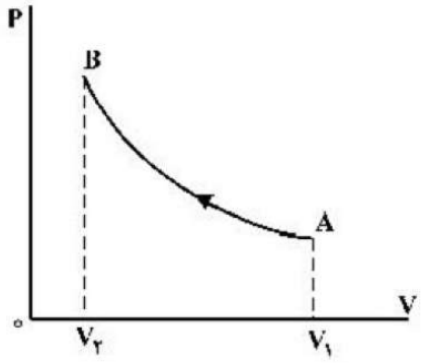
۱۶ در شکل مقابل ۲ مول گاز تک‌اتمی فرآیند همدما را طی کرده است. به ترتیب از راست به چپ فشار نقطه‌ی A چند اتمسفر و حجم نقطه‌ی B چند لیتر است؟



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

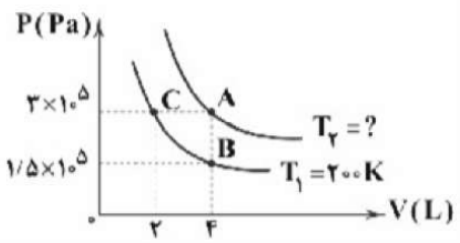
۱۷ مطابق شکل زیر، حجم مقدار معینی گاز آرمانی، در یک فرایند بی‌دررو از V_1 به V_2 می‌رسد. کدام موارد زیر درست است؟

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 ث ۲) الف و ت ۳) ب و ث ۴) پ و ت

۱۸ نمودار $P-V$ فرایند ایستاوار و هم‌دمای مقداری گاز آرمانی در دماهای $T_1 = ۲۰۰\text{K}$ و T_2 به شکل مقابل است. T_2 چند کلوین است؟



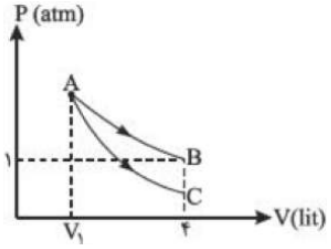
۱) ۲۰۰ ۲) ۴۰۰ ۳) ۶۰۰ ۴) ۸۰۰

۱۹ دمای نیم مول گاز تک اتمی طی یک فرایند هم‌فشار از $۷^\circ C$ به $۱۴۷^\circ C$ می‌رسد. سپس طی یک فرایند هم حجم، فشار گاز، ۲۵ درصد کاهش می‌یابد. تغییر انرژی درونی گاز در کل فرایندها چند ژول است؟

$$\left(C_v = ۱۲\frac{J}{\text{mol}.K}\right)$$

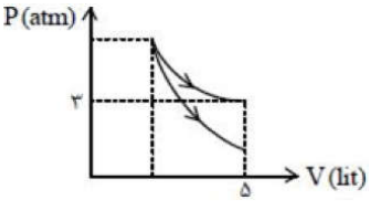
۱) ۲۱۰ ۲) ۲۴۰ ۳) ۵۶۰ ۴) ۱۰۸۰

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، به‌صورت زیر است. اگر کار انجام شده توسط گاز در فرآیند بی‌دررو ۳۰۰J باشد، فشار نهایی در فرآیند بی‌دررو چند اتمسفر است؟ $\left(C_V = \frac{3}{2}R\right)$



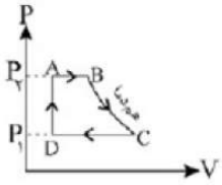
۱) ۰/۲ ۲) ۰/۴ ۳) ۰/۵ ۴) ۰/۷۵

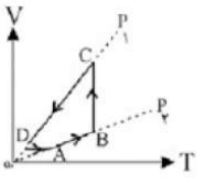
۲۱ نمودار روبه‌رو مربوط به دو فرآیند هم‌دما و بی‌درروی گاز کامل تک‌اتمی است. اگر مقدار کاری که در فرآیند بی‌دررو انجام می‌گیرد ۹۰۰j باشد، فشار نهایی در فرآیند بی‌دررو چند اتمسفر است؟

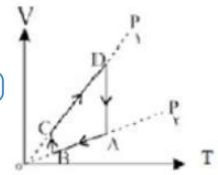


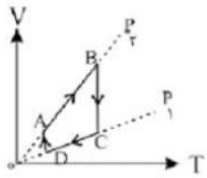
۱) $\frac{۵}{۹}$ ۲) $\frac{۳}{۲}$ ۳) $\frac{۲}{۳}$ ۴) $\frac{۹}{۵}$

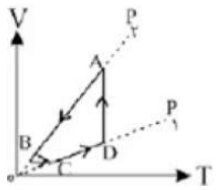
۲۲ نمودار P - V گاز کاملی مطابق شکل مقابل است. نمودار V - T آن مطابق کدام نمودار زیر است:



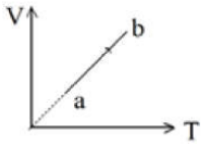
۱) 

۲) 

۳) 

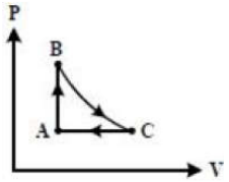
۴) 

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



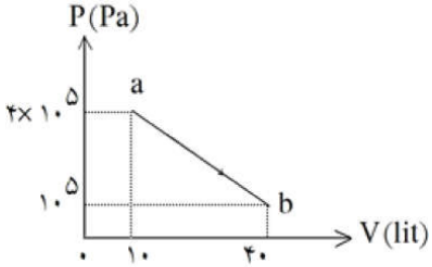
۱) انرژی درونی گاز ثابت است
۲) فشار گاز ثابت است
۳) چگالی گاز تغییر نکرده است
۴) با محیط خارج مبادله‌ی گرما نشده است

۲۴ شکل روبه‌رو، چرخه‌ای را که مقدار معینی گازکامل 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.)



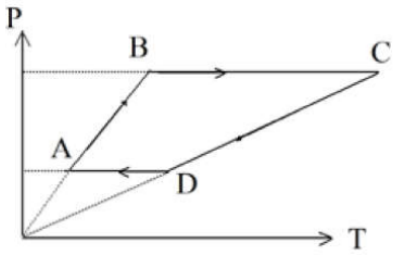
۱) منفی، منفی، مثبت
۲) مثبت، منفی، منفی
۳) مثبت، منفی، مثبت
۴) منفی، مثبت، منفی

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



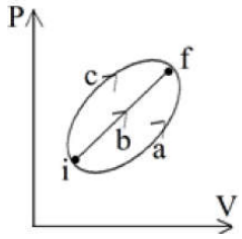
۱) پیوسته کاهش می‌یابد.
۲) پیوسته افزایش می‌یابد.
۳) ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.
۴) ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

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



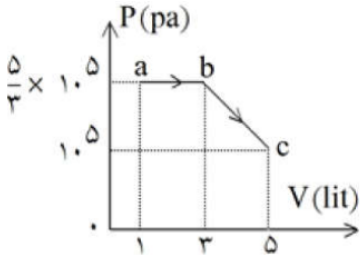
۱) $W_{CD} > W_{AB}$
۲) $Q_{BC} < |Q_{DA}|$
۳) $|Q_{CD}| > Q_{AB}$
۴) $|W_{BC}| < W_{DA}$

۲۷ نمودار $(P-V)$ی گاز کاملی که از سه مسیر a, b 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؟



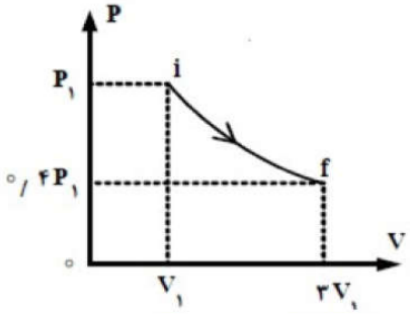
۱) $Q_c > Q_b > Q_a > 0$
۲) $Q_a > Q_b > Q_a > 0$
۳) $\Delta u_a = \Delta u_b = \Delta u_c < 0$
۴) $\Delta u_a = \Delta u_b = \Delta u_c = 0$

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؟ $(R = ۸ \frac{J}{mol.k})$



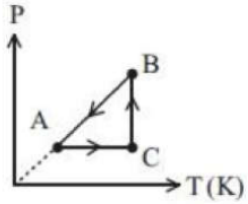
۱) ۱۱۰۰
۲) ۳۳۰۰
۳) $\frac{۱۷۰۰}{۳}$
۴) $\frac{۲۳۰۰}{۳}$

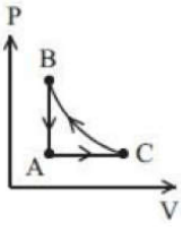
۲۹ مطابق شکل زیر، مقداری گاز کامل، طی فرآیندی از حالت i به حالت f می‌رسد. در مورد این فرآیند می‌توان گفت:

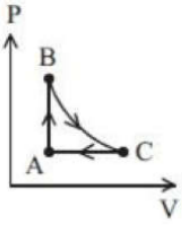


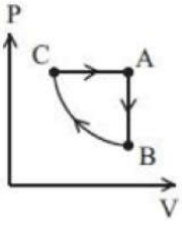
۱) فرآیند هم دما است.
۲) فرآیند بی‌دررو است.
۳) گاز گرما گرفته است.
۴) گاز انجام شده روی گاز مثبت است.

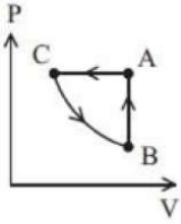
۳۰ نمودار $P-T$ سه فرآیند ترمودینامیکی گاز کاملی مطابق شکل زیر است. نمودار $P-V$ این چرخه کدام است؟



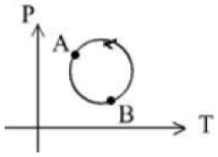
۱)


۲)


۳)


۴)


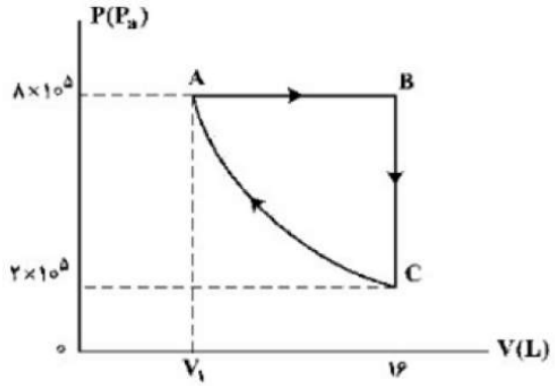
۳۱ شکل مقابل نمودار $P-T$ گاز کاملی را در طی یک چرخه نشان می‌دهد. کدام گزینه در مورد حجم گاز در نقاط A و B صحیح است؟



۱) $V_A > V_B$
۲) $V_A < V_B$
۳) $V_A = V_B$
۴) به شرایط مسئله بستگی دارد.

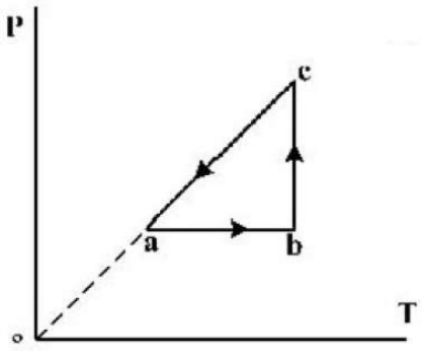
۳۲ مقداری گاز اکسیژن، چرخه ABCA را طی کرده است و فرایند CA هم‌دما است. این گاز در مسیر ABC، چند ژول گرما دریافت کرده است؟

$\left(C_v = \frac{۵}{۲}R, C_p = \frac{۷}{۲}R, R = ۸\frac{J}{\text{mol}.K}\right)$



۱) ۵۷۶۰۰
۲) ۳۳۶۰۰
۳) ۲۴۰۰۰
۴) ۹۶۰۰

۳۳ نمودار $P-T$ی مقداری گاز آرمانی دو اتمی مطابق شکل زیر است. اگر گرمایی که گاز در فرایند ca از دست می‌دهد، برابر $۳۰۰J$ باشد، کار انجام شده روی گاز در فرایند ab چند ژول است؟



۱) -۵۰ ۲) -۶۰ ۳) -۱۲۰ ۴) -۲۰۰

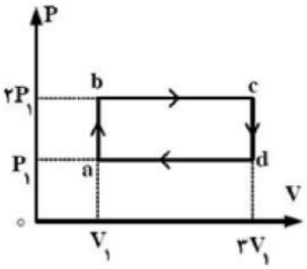
۳۴ اگر دمای چشمه‌ی سرد یک ماشین گرمایی را که با چرخه‌ی کارنو کار می‌کند ۱۰۰ کلوین کاهش دهیم، بازده آن از η به $\eta+\%۲۰$ تبدیل می‌شود. دمای چشمه‌ی گرم این ماشین چند درجه‌ی سلسیوس است؟

۱) ۵۰۰ ۲) ۳۲۷ ۳) ۳۰۰ ۴) ۲۲۷

۳۵ دمای چشمه‌ی سرد در یک ماشین گرمایی کارنو، ۷ درجه‌ی سلسیوس و بازده آن ۵۰ درصد است. اگر با ثابت ماندن دمای چشمه‌ی گرم، بازده ماشین به ۴۰ درصد رسیده باشد، دمای چشمه‌ی سرد چند درجه افزایش یافته است؟

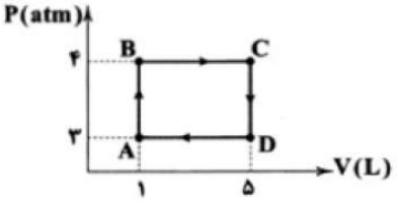
۱) ۴۲ ۲) ۴۹ ۳) ۵۶ ۴) ۶۳

۳۶ مقداری گاز کامل تک اتمی در یک ماشین گرمایی چرخه‌ای را مطابق شکل زیر می‌پیماید. بازده ماشین چقدر است؟
$(C_{MP}=\frac{۵}{۲}R, C_{MV}=\frac{۳}{۲}R)$



۱) $\frac{۴}{۲۳}$ ۲) $\frac{۴}{۱۳}$ ۳) $\frac{۶}{۲۳}$ ۴) $\frac{۶}{۱۳}$

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) ۶۰ ۲) ۷۰ ۳) ۷۵ ۴) ۸۵

۳۸ کدام داده‌ها، ممکن است مربوط به ماشین گرمایی باشد که دمای چشمه‌های گرم و سرد آن به ترتیب $۴۰۰\ k$ و $۳۰۰\ k$ است؟

۱) $Q_H = ۱۰\ \text{kJ}, |Q_C| = ۸\text{kJ}, |\text{W}| = ۲\text{kJ}$
۲) $Q_H = ۳\ \text{kJ}, |Q_C| = ۲\text{kJ}, |\text{W}| = ۱\text{kJ}$
۳) $Q_H = ۶\ \text{kJ}, |Q_C| = ۴\text{kJ}, |\text{W}| = ۱\text{kJ}$
۴) $Q_H = ۸\ \text{kJ}, |Q_C| = ۷/۵\ \text{kJ}, |\text{W}| = ۱/۵\text{kJ}$

۳۹ بازده یک ماشین گرمایی کارنو، ۳۰ درصد است. اگر برحسب درجه سلسیوس دمای منبع گرم آن ۴ برابر دمای منبع سرد آن باشد، دمای منبع سرد، چند درجه سلسیوس است؟

۱) ۲۸
۲) ۳۵/۵
۳) ۴۵/۵
۴) ۹۱

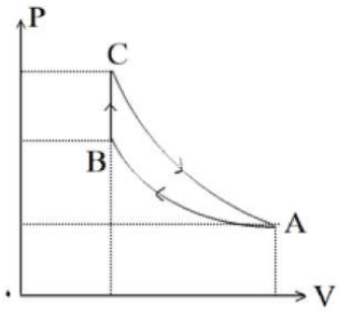
۴۰ بازده یک ماشین کارنو ۲۵ درصد است. این ماشین بین دو چشمه با دمای ثابت که اختلاف دمای آن‌ها $۱۰۰^\circ C$ است، کار می‌کند. دمای چشمه‌ی گرم چند درجه‌ی سلسیوس است؟

۱) ۱۲۷
۲) ۴۰۰
۳) ۵۲۷
۴) ۸۰۰

۴۱ یک ماشین گرمایی کارنو در هر ثانیه ۴۰۰ ژول کار انجام می‌دهد و بین دو منبع سرد و گرم با دماهای $۴۷^\circ C$ و $۱۲۷^\circ C$ کار می‌کند. گرمایی که در هر ثانیه توسط ماشین از چشمه‌ی گرم گرفته می‌شود، چند ژول است؟

۱) ۲۰۰۰
۲) ۴۰۰۰
۳) ۶۰۰۰
۴) ۸۰۰۰

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

۴۳ توان مصرفی یک کولر گازی ۱۰۰۰ وات و ضریب عملکرد آن ۲/۵ است. این کولر در هر ساعت، چند مگا ژول گرما به فضای بیرون می‌دهد؟

۱) ۹/۶
۲) ۱۲/۶
۳) ۹۶۰۰
۴) ۱۲۶۰۰

۴۴ ضریب عملکرد یخچالی برابر با ۴ است. این یخچال ۲ کیلوگرم آب با دمای ۱۰ درجه‌ی سلسیوس را به یخ $-۸^\circ C$ تبدیل کرده است. یخچال در این فرآیند چند کیلوژول گرما به محیط بیرون داده است؟

$$\left(L_f = ۳۳۶\ \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, C_{\text{آب}} = ۲C_{\text{یخ}} = ۴۲۰۰\ \frac{J}{\text{kg}.^\circ C}\right)$$

۱) ۴۳۳
۲) ۴۹۳
۳) ۸۶۷
۴) ۹۸۷

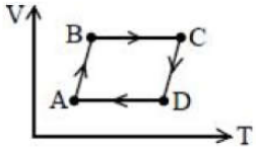
۴۵ اگر ضریب عملکرد یخچال (۱)، ۱/۵ برابر ضریب عملکرد یخچال (۲) باشد و توان الکتریکی این دو یخچال باهم برابر باشد، در یک بازه‌ی زمانی که هر دو یخچال روشن هستند، گرمایی که یخچال (۱) به بیرون می‌دهد، چند برابر گرمایی است که یخچال (۲) به بیرون می‌دهد؟

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

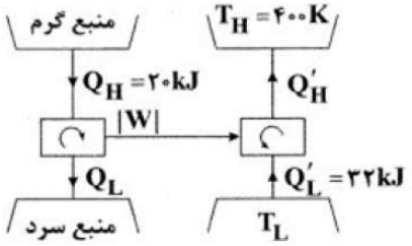


۱) می‌تواند گرمایی یا یخچال باشد.
۲) گرمایی است.
۳) نمی‌تواند گرمایی یا یخچال باشد.
۴) یخچال است.

۴۸ یک یخچال با موتور الکتریکی با توان ۱/۱ کیلووات در مدت ۱۰۰ ثانیه مقدار یک کیلوگرم آب $۲۵^\circ C$ را به یخ صفر درجه‌ی سلسیوس تبدیل می‌کند. ضریب عملکرد یخچال کدام است؟ $\left(L_F = ۳۳۵\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, c = ۴۲۰۰\frac{J}{\text{kg}.K}\right)$

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 ۱۰ برابر بازده ماشین گرمایی باشد، دمای T_L چند کلوین است؟



۱) ۳۰۰
۲) ۳۲۰
۳) ۳۴۰
۴) ۳۶۰

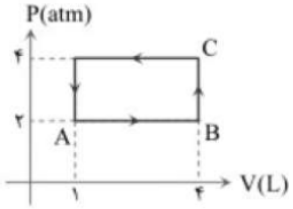
۵۰ یک یخچال که با چرخه‌ی کارنو کار می‌کند. گرما را از فضای درون یک یخ‌ساز با دمای $-۲۳^\circ C$ به فضای بیرونی با دمای $۲۷^\circ C$ انتقال می‌دهد. ضریب عملکرد این یخچال چقدر است؟ (یخچال را آرمانی در نظر بگیرید.)

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

۵۱ یک کولر گازی آرمانی در هر دقیقه $۶\times۱۰^۴ J$ گرما از اتاق گرفته و در همان مدت $۸/۴\times۱۰^۴ J$ گرما به فضای بیرون می‌دهد. توان کولر و ضریب عملکرد آن در SI به‌ترتیب از راست به چپ کدام گزینه است؟

۱) ۴۰۰، ۳/۵ ۲) ۴۰۰، ۲/۵ ۳) ۱۴۰۰، ۳/۵ ۴) ۱۴۰۰، ۲/۵

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



۱) $\frac{۲۳}{۶}$ ۲) $\frac{۴۱}{۶}$ ۳) $\frac{۳۷}{۶}$ ۴) $\frac{۱۷}{۶}$

۵۳ در یک ماشین گرمایی اگر دمای کوره $۲۱۷^\circ C$ و دمای محیط $۷^\circ C$ است. کدام گزینه درباره‌ی این ماشین گرمایی می‌تواند درست باشد؟

۱) $W=-۴۰\text{J}, Q_C=-۱۲۰\text{J}, Q_H=۲۰۰\text{J}$
۲) $W=-۲۰۰\text{J}, Q_C=-۱۵۰\text{J}, Q_H=۳۵۰\text{J}$
۳) $W=-۱۵۰\text{J}, Q_C=-۳۵۰\text{J}, Q_H=۵۰۰\text{J}$
۴) $W=-۱۰۰\text{J}, Q_C=-۴۸۰\text{J}, Q_H=۸۴۰\text{J}$

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 به‌صورت زیر داده شده است. با توجه به این داده‌ها:

a) $Q_C=۰\ ,W=-۲۰۰\text{J}\ ,Q_H=۲۰۰\text{J}$
b) $Q_C=۴۰۰\text{J}\ ,W=۰\ ,Q_H=-۴۰۰\text{J}$
c) $Q_C=-۲۰۰\text{J}\ ,W=-۱۶۰\ ,Q_H=۳۰۰\text{J}$

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