نام دبیر : مهدی باباخانی

عنوان آزمون : تشریحی ترمودینامیک

نام درس : فیزیک

۱ دمای گازی ۲۷ درجه سلسیوس است. اگر فشار گاز را نصف و حجم گاز را ۳ برابر کنیم، دمای گاز چند درجه سلسیوس می‌شود؟

۲ درون استوانه‌ای $۱۴L$ گاز آرمانی با دمای $۷^\circ C$ وجود دارد. فشار گاز درون استوانه را با فشارسنجی اندازه می‌گیریم که $۱۴\ \mathrm{atm}$ را نشان می‌دهد. دمای گاز را به $۷۷^\circ C$ و حجم آن را به $۲۵L$ می‌رسانیم. فشاری که فشارسنج در پایان نشان می‌دهد چند اتمسفر است؟ (فشار هوای بیرون استوانه $۱\ \mathrm{atm}$ است.)

۳ وقتی دمای گاز آرمانی را از $۰^\circ C$ به $۲۷۳^\circ C$ برسانیم فشار آن $۱/۵$ برابر می‌شود. اگر در این فرآیند ۲ لیتر به حجم گاز افزوده شده باشد، حجم اولیهٔ گاز چند لیتر بوده است؟

۴ یک گاز کامل در دمای $۱۲۷^\circ C$ در اختیار داریم. اگر فشار آن را ۵۰% افزایش و حجم آن را نصف کنیم، دمای ثانویهٔ گاز را محاسبه کنید.

۵ مطابق شکل، یک استوانه حاوی گاز کامل را در تماس با یک منبع گرما با دمای ثابت قرار داده و سپس مقداری از شن‌های روی پیستون را به آرامی برمی‌داریم.
به کمک جعبه کلمات داده شده، جاهای خالی متن را پر کنید.

مثبت - می گیرد - منفی - صفر - هم دما - از دست می دهد - بی دررو

آ) نوع فرایند گاز درون استوانه، ..... است.
ب) تغییر انرژی درونی گاز درون استوانه ..... است.
پ) کار انجام شده توسط گاز روی محیط ، در این فرایند ..... است.
ت) در این فرایند، گاز گرما ..... .



۶ درون یک استوانه، گازی به حجم $۴L$ در فشار $۲/۵\ \mathrm{atm}$ وجود دارد. اگر فشار گاز را در دمای ثابت به $۰/۵\ \mathrm{atm}$ برسانیم، حجم گاز چند لیتر خواهد شد؟

۷ یک حباب هوا به حجم $۰/۲۰\ \mathrm{cm}^۳$ در ته یک دریاچه به عمق $۴۰/۰m$ قرار دارد که دما در آن‌جا $۴/۰^\circ C$ است. حباب تا سطح آب بالا می‌آید که در آن‌جا دما $۲۰^\circ C$ است (دمای هوای حباب با دمای آب اطراف آن یکسان است).
در لحظه‌ای که حباب به سطح آب می‌رسد حجم آن چه قدر است؟ فشار هوا در سطح دریاچه را $۱/۰۱\times ۱۰^۵\ \mathrm{Pa}$ درنظر بگیرید.

۸ در جمله‌ی زیر گزینه‌ی درست را از داخل پرانتز انتخاب کرده و در پاسخ برگ بنویسید.
قوانینی که کمیت‌های (میکروسکوپی - ماکروسکوپی) را در فرایندهای گرمایی به هم مربوط می‌کند، اساس علم ترمودینامیک است.

۹ مثال:
تعیین کنید در شرایط متعارفی (فشار یک اتمسفر، دمای صفر درجه‌ی سلسیوس) در اتاقی به ابعاد $۴\text{m}\times۳\text{m}\times۳\text{m}$ چند مول هوا وجود دارد؟
حل: حجم اتاق برابر با $۳۶\text{m}^۳$ است.

$$n=\frac{\text{PV}}{\text{RT}}=\frac{۱\times۱۰^۵\times۳۶}{۸/۳\times۲۷۳}=۱۵۸۹\ \text{mol}$$

تمرین:
نمودار $V-T$ را برای مثال بالا رسم کنید.

۱۰ معادله حالت یک دستگاه ترمودینامیکی چیست؟

۱۱ در عبارت زیر جای خالی را با کلمه یا علامت مناسب پر کنید:
رابطه‌ی بین متغیرهای ترمودینامیکی، ..... نامیده می‌شود.

۱۲ مقدار ۲ مول گاز کامل درون مخزنی به حجم ۱/۵ لیتر در فشار ۳۲ اتمسفر وجود دارد. دمای گاز چند درجه‌ی سلسیوس است؟ $(R\cong ۸\text{J/mol. }K)\ (۱\ \text{atm}\cong ۱۰^۵\ \text{Pa})$

۱۳ در یک گاز کامل، کدام‌یک از کمیت‌های زیر متغیرهای ترمودینامیکی هستند؟
الف) سرعت تک‌تک مولکول‌ها ب) فشار
ج) حجم د) اندازه‌ی هر مولکول

۱۴ حجم ۲/۵ مول گاز اکسیژن با فشار ۱ اتمسفر و دمای ۲۰۰ کلوین را برحسب مترمکعب و لیتر به‌دست آورید.
$\left(R\cong ۸\frac{J}{\text{mol. }K}\right)$

۱۵ از داخل پرانتز عبارت درست را انتخاب کنید.
معادله‌ی حالت گاز کامل (وابسته به، مستقل از) نوع گاز است.

۱۶ از داخل پرانتز عبارت درست را انتخاب کنید.
در یک گاز کامل، رابطه بین متغیرهای ترمودینامیکی (معادله‌ی حالت، فرایند ترمودینامیکی) نام دارد.

۱۷ «منبع گرما» را تعریف کنید.

۱۸ درستی یا نادرستی عبارت زیر را تعیین کنید.
اگر فشار و دما در همه‌ی نقاط یک گاز ثابت باشد، می‌گوییم که گاز در حالت تعادل است.

۱۹ چند فرایند ترمودینامیکی را که در اطراف شما رخ می‌دهد، ذکر کنید.

۲۰ درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را مشخص کنید.

الف) نیرویی هم‌چسبی، جاذبه بین مولکول‌های ناهمسان است.

ب) وقتی فشارخون یک بیمار (۱۲۰ mmHg) است در واقع یعنی فشار خون بیمار (۱۲۰ mmHg) بیشتر از فشار هوای بیرون است.

پ) دمای $۵۰^{\circ}C$ معادل ۹۰ درجه فارنهایت است.

ت) از قضیه کار و انرژی جنبشی برای حرکت جسم روی سمیر خمیده نمی‌توان استفاده کرد.

ث) برای آشکارسازی تابش فرابنفش از ابزاری به نام دمانگار استفاده می‌شود.

۲۱ عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید.

الف) برای اندازه‌گیری فشار هوا از وسیله‌ای به نام (بارومتر - مانومتر) استفاده می‌شود.

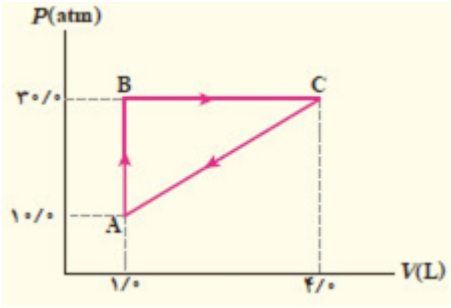
ب) هر چه لوله مویین باریک‌تر باشد، ارتفاع ستون (آب - جیوه) در آن بیشتر است.

پ) اگر کار کل (مثبت - منفی) باشد تندی جسم در انتهای جابه‌جایی کمتر از تندی آن در آغاز حرکت است.

ت) دماسنج (مقاومت پلاتینی - ترموکوپل) به علت دقت اندازه‌گیری کمتر از مجموعه دماسنج‌های معیار کنار گذاشته شد.

ث) افزایش رطوبت باعث (افزایش - کاهش) تبخیر سطحی می‌شود.

۲۲ گاز داخل یک استوانه، چرخه‌ای مطابق شکل زیر را می‌پیماید. گرمای مبادله شده در این چرخه چند ژول است؟



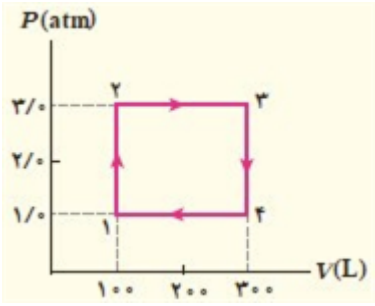
۲۳ یک گاز کامل چرخه‌ی نشان داده شده در شکل را می‌پیماید. دمای گاز در حالت ۱ برابر $۲۰۰K$ است.

الف) دما در سه نقطه‌ی دیگر چه‌قدر است؟

ب) کار انجام شده در چرخه چه‌قدر است؟

پ) در چه فرایندهایی گاز گرما گرفته است؟

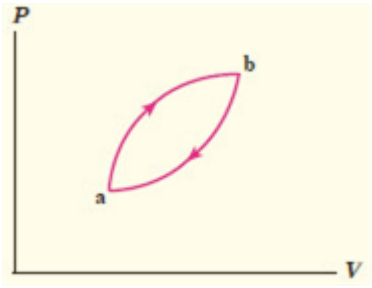
ت) در چه فرایندهایی گاز گرما از دست داده است؟



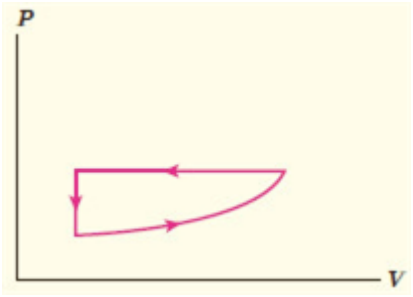
۲۴ شکل روبه‌رو چرخه‌ای را نشان می‌دهد که یک گاز طی کرده است.

الف) تعیین کنید که گاز در این چرخه گرما گرفته یا از دست داده است؟

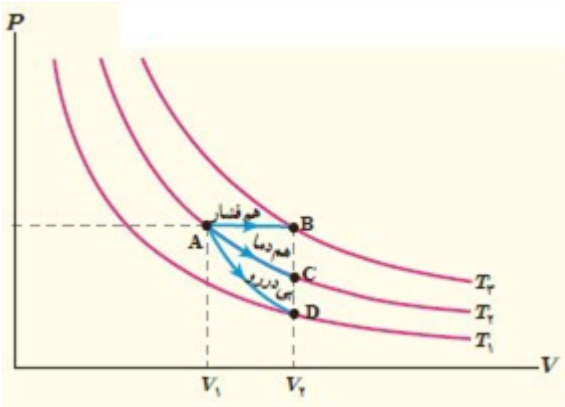
ب) اگر مقدار گرمای مبادله شده در این چرخه $۴۰۰J$ باشد، کار انجام شده روی گاز چه‌قدر است؟



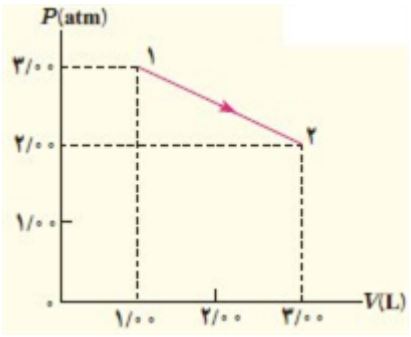
۲۵ برای چرخه‌ی گازی که نمودار $P-V$ آن در این‌جا نشان داده شده است، ΔU گاز، W و Q مثبت است یا منفی، و یا برابر صفر است؟



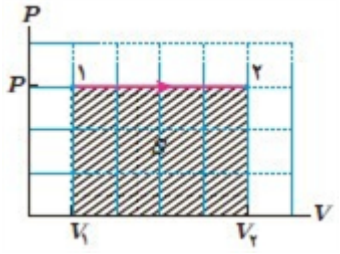
۲۶ مطابق شکل زیر، حجم گازی آرمانی طی سه فرایند هم‌فشار، هم‌دما و بی‌دررو از V_1 به حجم بزرگ‌تر V_2 می‌رسد.
الف) اندازه‌ی کار انجام شده توسط گاز را در این سه فرایند مقایسه کنید.
ب) دمای نهایی را در این فرایندها مقایسه کنید.
پ) گرمای داده شده به گاز را در این فرایندها مقایسه کنید.



۲۷ نمودار $P-V$ ی گازی رقیق در شکل روبه‌رو نشان داده شده است. در این فرایند با فرض آن‌که انرژی درونی در نقطه‌ی ۱ برابر $۴۵۶J$ و در نقطه‌ی ۲ برابر $۹۱۲J$ باشد، چه‌قدر گرما مبادله شده است؟ آیاگاز گرما گرفته است یا از دست داده است؟



۲۸ با توجه به نمودار شکل روبه‌رو، نشان دهید در فرایند هم‌فشار، مساحت سطح زیر نمودار $P-V$ برابر با قدرمطلق کار انجام شده است.



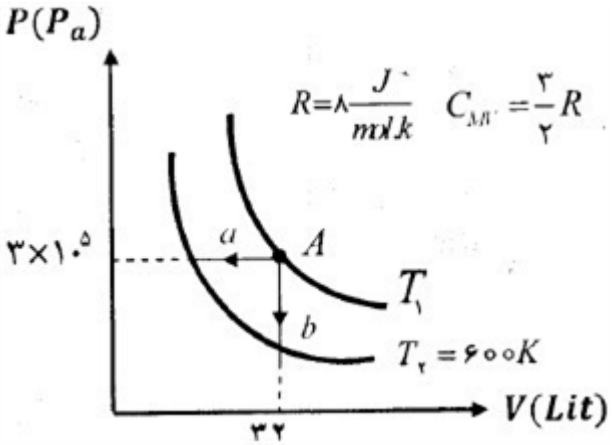
۲۹ نشان دهید رابطه‌ی (کار در فرایند هم‌فشار $W=-P\Delta V$) که برای یک انبساط هم‌فشار به دست آمده، برای یک تراکم هم‌فشار نیز برقرار است.

۳۰ در شکل روبه‌رو، یک مول گاز کامل تک‌اتمی را از طریق دو فرآیند a و b از دمای T_1 به دمای $T_2 = ۶۰۰K$ رسانده‌ایم.

آ) دمای گاز در حالت A چند کلوین است؟

ب) تغییر انرژی درونی گاز در فرآیند b را بر حسب ژول به دست آورید.

پ) تغییر انرژی درونی گاز در فرآیند a و b را با هم مقایسه کنید.

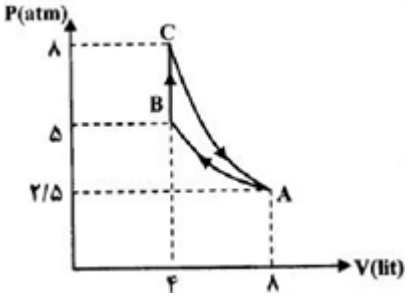


۳۱ ۲ مول گاز کامل تک اتمی، چرخه‌ای را مطابق شکل روبه‌رو طی می‌کند.

الف) در فرایند CA تغییر انرژی درونی گاز چند ژول است؟

ب) در فرایند BC ، گرمای مبادله شده بین گاز و محیط را برحسب ژول به دست آورید.

$$C_V = \frac{۳}{۲} R \ , R - ۸ \frac{J}{\text{mol}. K}$$



۳۲ الف) چرا هوای یک اتاق می‌تواند برای یک لیوان چای منبع گرما باشد؟

ب) اگر در یک فرآیند ترمودینامیکی دستگاه $۲۵۰j$ گرما از محیط بگیرد و $۳۰۰j$ کار روی محیط انجام دهد، تغییرات انرژی درونی گاز چند ژول خواهد بود؟

۳۳ درستی یا نادرستی عبارت زیر را مشخص کنید.

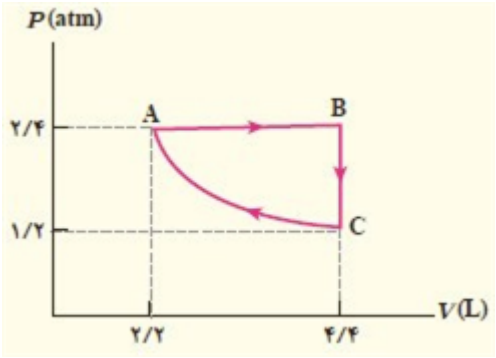
- اگر در یک ماشین گرمایی تمام گرما به کار تبدیل شود قانون اول ترمودینامیک نقض می‌شود.

۳۴ دستگاهی متشکل از $۰/۳۲\ \text{mol}$ گاز کامل تک‌اتمی حجمی برابر $۲/۲L$ را در فشار $۲/۴\ \text{atm}$ اشغال کرده است. این دستگاه چرخه‌ای مطابق شکل زیر را می‌پیماید که در آن فرایند CA فرایندی هم‌دما است.

الف) دما در نقاط B، A و C چه‌قدر است؟

ب) ΔU را برای فرایند هم‌دما به دست آورید.

پ) انرژی درونی نقطه‌ها را با هم مقایسه نمایید.

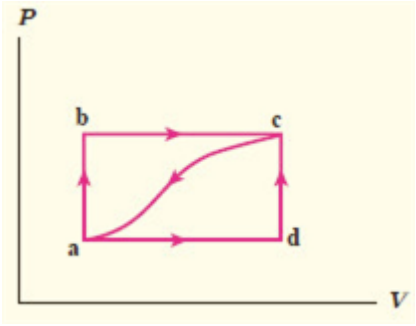


۳۵ گازی مطابق شکل زیر، از طریق مسیر abc از حالت a به c، می‌رود. گاز در این مسیر، ۹۰ ژول گرما می‌گیرد و ۷۰ ژول کار انجام می‌دهد.

الف) تغییر انژری درونی گاز در مسیر abc چه‌قدر است؟

ب) اگر برای رسیدن به حالت c فرایند از مسیر abc انجام شود، کار انجام شده توسط گاز در مقایسه با مسیر abc بیش‌تر است یا کم‌تر؟ گرمای داده شده به گاز بیش‌تر است یا کم‌تر؟

پ) اگر گاز را از مسیر خمیده از حالت c به حالت a برگردانیم، چه‌قدر باید از آن انرژی بگیریم؟



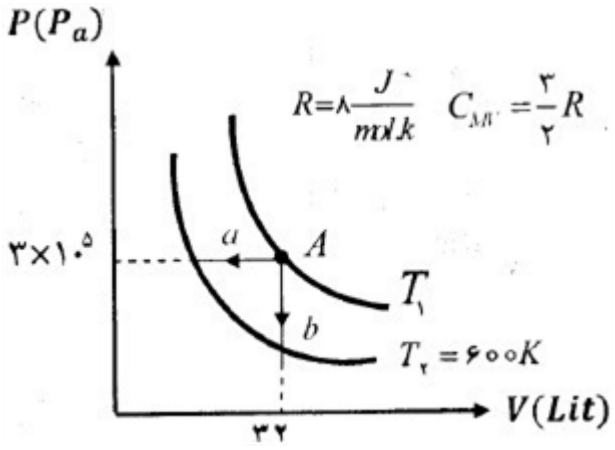
۳۶ ظرفی شامل $۳۰\ \text{kg}$ آب است. با هم زدن آب داخل ظرف، $۴۰\ \text{kJ}$ کار روی آن انجام می‌دهیم و در این مدت $۳۱\ \text{kJ}$ گرما از ظرف به بیرون منتقل می‌شود. انرژی درونی آب چه‌قدر تغییر می‌کند؟

۳۷ در شکل روبه‌رو، یک مول گاز کامل تک‌اتمی را از طریق دو فرآیند a و b از دمای $T_۱$ به دمای $T_۲ = ۶۰۰K$ رسانده‌ایم.

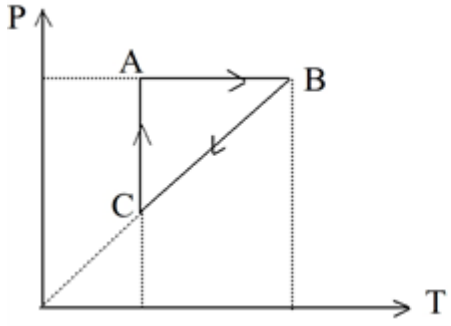
آ) دمای گاز در حالت A چند کلوین است؟

ب) تغییر انرژی درونی گاز در فرآیند b را بر حسب ژول به دست آورید.

پ) تغییر انرژی درونی گاز در فرآیند a و b را با هم مقایسه کنید.



۳۸ با توجه به نمودار $P-T$ در شکل مقابل که مربوط به یک گاز کامل است، خانه‌های خالی جدول زیر را با کلمه‌های << مثبت، منفی یا صفر >> پر کنید.



کمیت / فرآیند	W	Q	ΔU
A→B			
B→C			
C→A			

۳۹ دمای یک مول گاز کامل تک اتمی را طی یک فرآیند هم‌حجم از $۳۰۰\,\mathrm{K}$ به $۴۵۰\,\mathrm{K}$ می‌رسانیم. تغییر انرژی درونی گاز چند ژول است؟ $\left(C_{MV}=\frac{۳}{۲}R \quad ,R=۸\frac{J}{\mathrm{mol}.K}\right)$

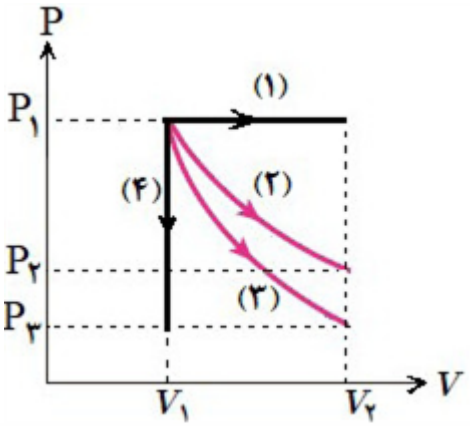
۴۰ در یک فرآیند $-۵۰۰J$ کار برروی دستگاه انجام می‌شود و دستگاه $۴۰۰J$ گرما دریافت می‌کند، تغییر انرژی درونی آن چه‌قدر است؟

۴۱ دستگاهی در یک انبساط بی‌دررو $۵\,J$ کار بر روی محیط انجام می‌دهد. تغییر انرژی درونی آن چه‌قدر است؟

۴۲ حباب هوایی از کف یک دریاچه خارج می‌شود. هنگامی‌که این حباب به سطح دریاچه می‌رسد حجم آن ده برابر حجم اولیه‌اش می‌شود. با فرض ثابت بودن دمای آب دریاچه در تمام نقاط آن عمق دریاچه را حساب کنید.

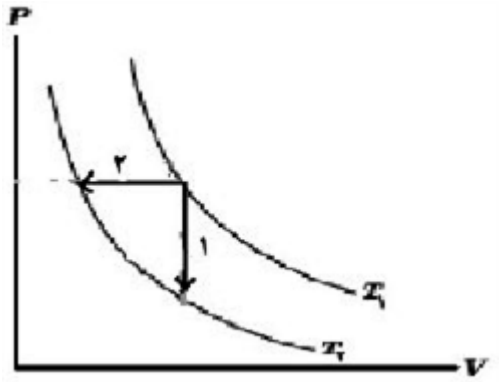
$$\left(g=۱۰\frac{m}{s^۲},\rho_{\text{آب دریاچه}}=۱۰۰۰\frac{\mathrm{kg}}{m^۳},P_{۰}=۱۰^{۵}\,\mathrm{Pa}\right)$$

۴۳ در جدول زیر برای هر گزاره از ستون A، گزینه مناسب از ستون B را انتخاب و بنویسید.

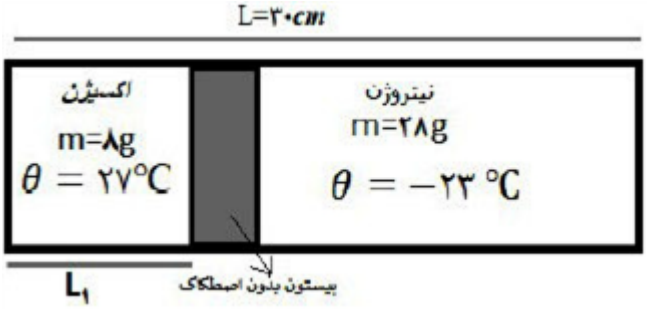


ستون A	ستون B
الف) در این فرایند $Q=۰$ است.	فرایند ۱
ب) در این فرایند $\Delta T=۰$ است.	فرایند ۲
پ) در این فرایند $W=۰$ است.	فرایند ۳
ت) در این فرایند قدرمطلق کار انجام شده روی گاز بیشترین مقدار را دارد.	فرایند ۴

۴۴ در شکل روبه‌رو گازی آرمانی طی دو فرآیند ۱ و ۲ را از دمای T_1 به دمای T_2 رسانده‌ایم.
الف) در دو فرآیند ۱ و ۲ تغییرات انرژی درونی را مقایسه کنید.
ب) اندازه گرمای مبادله شده در دو فرآیند را مقایسه کنید.



۴۵ درون استوانه‌ای به طول $30\ \text{cm}$ پیستون بدون اصطکاک وجود دارد در سمت راست پیستون $28g$ گاز نیتروژن با دمایی $-23^\circ C$ و در سمت چپ آن $8g$ گاز اکسیژن با دمای $27^\circ C$ وجود دارد. مقدار L_1 را به دست آورید. (جرم مولکولی اکسیژن برابر با $16g$ و جرم مولکولی گاز نیتروژن برابر $14g$ است.)



۴۶ الف) انتهای یک سرنگ حاوی هوا را مسدود و آن را وارد حجم بزرگی از آب کنید. پس از مدتی، پیستون سرنگ را به آرامی بفشارید. هوای درون سرنگ چه فرایند را طی می‌کند؟
ب) روی قوطی‌های افشانه (اسپری)، هشدار داده شده است که از انداختن آن در آتش خودداری کنید. علت این هشدار، چه نوع فرآیندی است؟

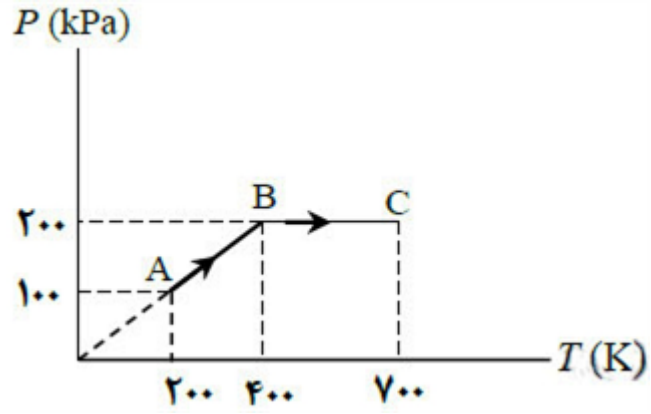
۴۷ در جدول زیر، برای هریک از جمله‌های ستون ۱، عبارت مناسبی از ستون ۲ انتخاب و بنویسید. (یک مورد در ستون دوم اضافی است.)

ستون ۱	ستون ۲
الف) در این فرآیند، بین دستگاه و محیط گرما مبادله نمی‌شود.	۱) هم‌حجم
ب) در این فرآیند، کار دستگاه صفر است.	۲) هم‌فشار
پ) در این فرآیند، انرژی درونی دستگاه ثابت است.	۳) هم‌دما
	۴) بی‌دررو

۴۸ نمودار $P-T$ شکل مقابل مربوط به $0/5\ \text{mol}$ گاز آرمانی است.

الف) حجم گاز در حالت A چند برابر حجم گاز در حالت B است؟

ب) کار انجام شده بر روی دستگاه در فرایند BC چقدر است؟ $\left(R=8\frac{J}{\text{mol}.K}\right)$



۴۹ در جدول زیر، هریک از موارد ستون ۱ به یکی از عبارت‌های ستون ۲ مربوط است. موارد مرتبط را مشخص کنید. در ستون ۲، سه مورد اضافی است.

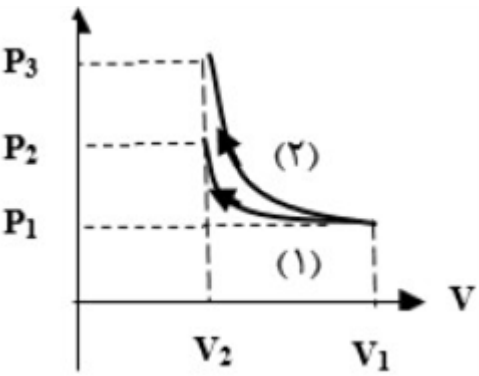
ستون ۱	ستون ۲
الف) رابطهٔ بین متغیرهای ترمودینامیکی	a) هم‌حجم
ب) این کمیت، فقط تابع دمای گاز است	b) فشار گاز
پ) کار در این فرایند صفر است	c) مخلوط آب و یخ
ت) منبع گرما محسوب می‌شود	d) معادلهٔ حالت
	e) بی‌دررو
	f) انرژی درونی گاز
	g) هوای درون یک ظرف کوچک بسته

۵۰ مطابق شکل یک گاز کامل طی دو فرایند هم‌دما و بی‌دررو، از حجم v_1 تا حجم v_2 متراکم شده است.

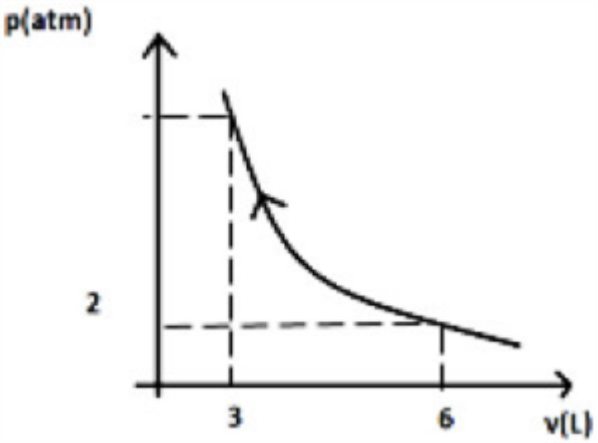
الف) کدام فرایند بی‌دررو و کدام فرایند هم‌دما است؟

ب) با استدلال معین کنید کار انجام شده روی دستگاه در کدام فرایند کمتر است؟

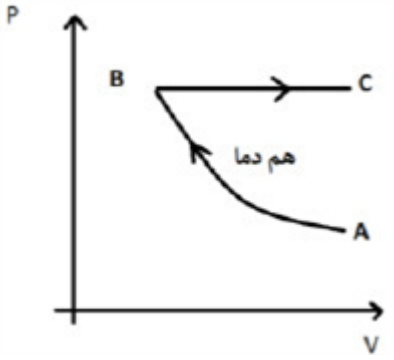
پ) در فرایند بی‌دررو دمای گاز کاهش می‌یابد یا افزایش؟ توضیح دهید.



۵۱ گاز آرمانی در دمای ثابت از حالت $v_۱ = ۴L$ و $p_۱ = ۲\ \text{atm}$ تا حالت نهایی با حجم $v_۲ = ۳L$ متراکم می‌شود.
الف) فشار گاز در حالت دوم چند اتمسفر است؟
ب) اگر سطح زیر نمودار $۸۰۰j$ باشد، گرمای مبادله شده در این فرایند چند ژول است؟



۵۲ نمودار $P-V$ مربوط به دو فرآیند در گاز کاملی مطابق شکل است. نمودار $P-T$ این دو فرایند را رسم کنید.

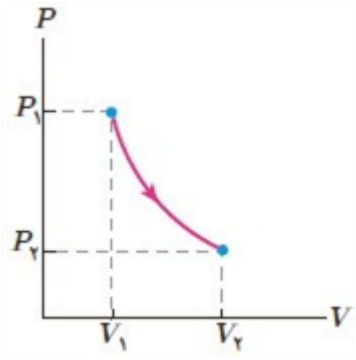


۵۳ ته یک سرنگ را که دسته‌ی آن می‌تواند آزادانه حرکت کند مسدود می‌کنیم، آن‌را درون مقداری آب می‌اندازیم و آب را به تدریج گرم می‌کنیم. هوای درون سرنگ چه فرایندی را طی می‌کند؟

۵۴ الف) در فرایند هم‌حجم چگونه می‌توان فشار گاز را افزایش یا کاهش داد؟
ب) در فرایند هم‌فشار چگونه می‌توان حجم گاز را افزایش یا کاهش داد؟

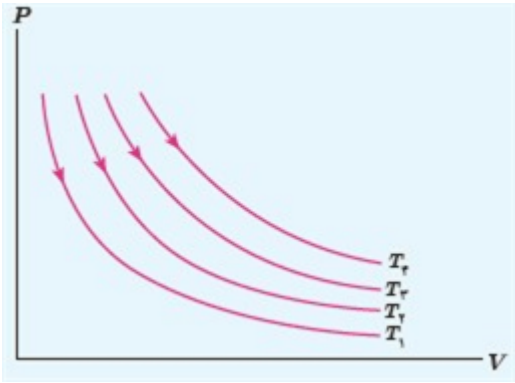
۵۵ سرنگ آتش‌زنه استوانه‌ی کوچکی است مجهز به پیستونی که کاملاً بر سطح داخلی استوانه منطبق است. در فضای محبوس داخل سرنگ، فقط هوا و تکه‌ی کوچکی از پنبه قرار دارد. با راندن سریع پیستون به داخل، و تراکم بی‌دررووی هوای محبوس، تکه‌ی پنبه مشتعل می‌شود. (معمولاً از کاغذ نیتروسلولز در این آزمایش استفاده می‌شود که نقطه‌ی اشتعال بسیار پایینی دارد.) چرا پنبه در این فرایند آتش می‌گیرد؟

۵۶ گازی آرمانی را با حجم $V_۱$ و فشار $P_۱$ درنظر بگیرید. اگر این گاز را با یک فرایند بی‌دررو متراکم کنیم، نشان داده می‌شود که نمودار $P-V$ ی آن خمی مشابه شکل روبه‌رو می‌شود که اندکی با خم یک فرایند هم‌دما متفاوت است. با فرض آن‌که گاز در طی دو فرایند هم‌دما و بی‌دررو که از حجم و فشار یکسانی شروع می‌شوند، به حجم یکسانی تراکم یابد، نمودارهای این دو فرایند را در یک صفحه $P-V$ رسم و با هم مقایسه کنید. در کدام فرایند مقدار بیش‌تر است؟



۵۷ وقتی درِ یک نوشابه‌ی گازدار خیلی سرد را سریع باز می‌کنیم، مشاهده می‌شود که هاله‌ی رقیقی در اطراف دهانه‌ی نوشابه ایجاد می‌شود. این پدیده را توجیه کنید.

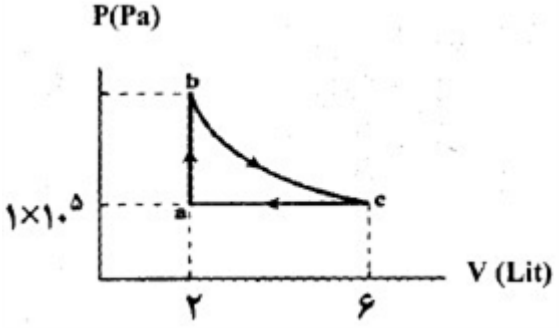
۵۸ در شکل روبه‌رو، نمودار $P-V$ مربوط به انبساط هم‌دمای یک گاز آرمانی در دماهای مختلف رسم شده است.
الف) نشان دهید: $T_۴ > T_۳ > T_۲ > T_۱$. (راهنمایی: خطی عمود بر محور V یا عمود بر محور P رسم کنید، به گونه‌ای که هر چهار نمودار را قطع کند و سپس قانون گازهای آرمانی را برای نقطه‌های برخورد با منحنی‌ها به کار ببندید)
ب) در یک تغییر حجم معین، اندازه‌ی کار انجام شده در کدام فرایند بیش‌تر است؟



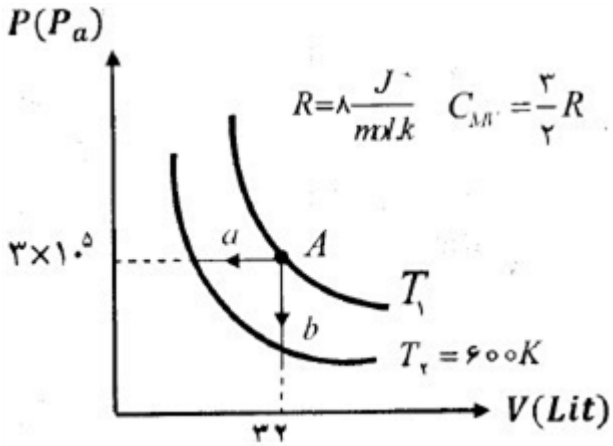
۵۹ مشابه آن‌چه که برای تراکم هم‌دما شرح دادیم، انبساط هم‌دمای گاز کامل را شرح دهید و علامت‌های Q و W را برای چنین فرایندی تعیین و نمودارهای $P-T$ و $V-T$ را برای آن رسم کنید.

۶۰ جاهای خالی را با کلمات مناسب کامل کنید.
آ) هنگامی‌که یک گاز را به سرعت متراکم یا منبسط می‌کنیم فرآیند به صورت ..... درنظر گرفته می‌شود.
ب) در فرآیند انبساط بی‌درروی گاز کامل، انرژی درونی گاز ..... می‌یابد.
پ) در فرآیند .....، تغییر انرژی درونی گاز طبق قانون اول ترمودینامیک با گرمای مبادله شده برابر است.
ت) هوای اتاق برای یک فنجان چای داغ، یک منبع ..... محسوب می‌شود.

۶۱ شکل روبه‌رو، چرخه گاز کامل تک‌اتمی را نشان می‌دهد.
اگر در فرایند بی‌دررو bc انرژی درونی ۱۰۰۰ ژول کاهش یابد، کل گرمای مبادله شده در چرخه چند ژول است؟



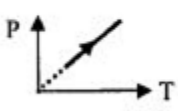
۶۲ در شکل روبه‌رو، یک مول گاز کامل تک‌اتمی را از طریق دو فرآیند a و b از دمای T_1 به دمای $T_2 = ۶۰۰K$ رسانده‌ایم.
آ) دمای گاز در حالت A چند کلوین است؟
ب) تغییر انرژی درونی گاز در فرآیند b را بر حسب ژول به دست آورید.
پ) تغییر انرژی درونی گاز در فرآیند a و b را با هم مقایسه کنید.



۶۳ جاهای خالی را با کلمات مناسب کامل کنید.
آ) هنگامی‌که یک گاز را به سرعت متراکم یا منبسط می‌کنیم فرآیند به صورت ..... درنظر گرفته می‌شود.
ب) در فرآیند انبساط بی‌دررو گاز کامل، انرژی درونی گاز ..... می‌یابد.
پ) در فرآیند .....، تغییر انرژی درونی گاز طبق قانون اول ترمودینامیک با گرمای مبادله شده برابر است.
ت) هوای اتاق برای یک فنجان چای داغ، یک منبع ..... محسوب می‌شود.

۶۴ درستی یا نادرستی جمله‌های زیر را تعیین کنید و در پاسخ برگ بنویسید.
آ) چرخه یک ماشین گرمایی ساعت‌گرد است.
ب) گرمای ویژه، کمیتی ماکروسکوپی است.
پ) اگر دی‌الکتریک را از بین صفحات خازن پُر که از مولد جدا شده است، خارج کنیم ولتاژ دو سر خازن افزایش می‌یابد.
ت) ضریب خودالقایی القاگر به جریان عبوری از القاگر بستگی دارد.

۶۵ در جدول زیر، هر فرایند از جدول A با یک نمودار از جدول B مرتبط است. آن‌ها را مشخص کنید و به پاسخ برگ انتقال دهید.

A	B			
الف) انبساط هم دما ب) هم حجم پ) تراکم بی دررو ت) انبساط هم فشار	۱) 	۲) 	۳) 	۴) 

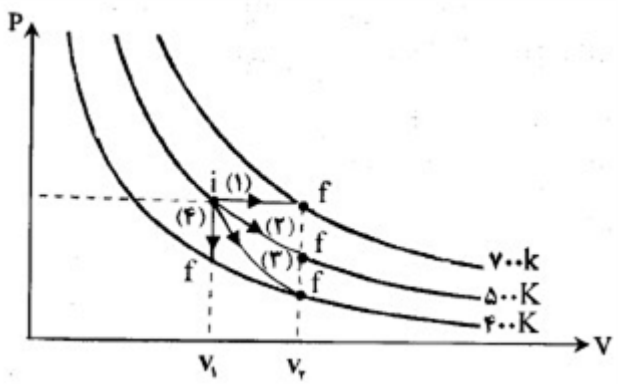
۶۶ در شکل زیر، چهار مسیر برای فرایندهای جداگانه‌ی هم حجم، هم فشار، بی‌دررو و هم دمای یک گاز کامل در روی نمودار $P-V$ نشان داده شده است. با ذکر شماره‌ی مسیر به سؤالات زیر پاسخ دهید.

الف) بیش‌ترین تغییر انرژی درونی مربوط به کدام فرایند است؟

ب) کم‌ترین مقدار کار انجام شده توسط گاز، مربوط به کدام فرایند است؟

پ) در کدام فرایند گرمای مبادله شده صفر است؟

ت) در کدام فرایند انرژی درونی ثابت است؟



۶۷ سه ظرف محتوی گازهای یکسان‌اند که فشار، حجم و دمای یکسانی دارند. هریک از گازهای درون این سه ظرف مطابق فرآیندهای شکل از حالت‌های اولیه O به یکی از حالت‌های نهایی X، Y و Z برده می‌شوند. گرمای داده شده به گازها به ترتیب Q_X، Q_Y و Q_Z است. اگر دمای نهایی گازها مساوی باشد، چه رابطه‌ای بین این گرماها وجود دارد؟

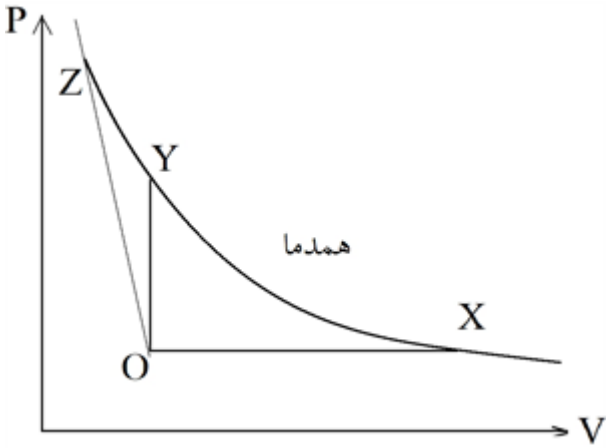
۱) $Q_X > Q_Y > Q_Z$

۲) $Q_X > Q_Z > Q_Y$

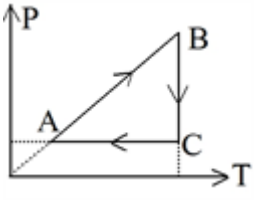
۳) $Q_Z > Q_X > Q_Y$

۴) $Q_X = Q_Y > Q_Z$

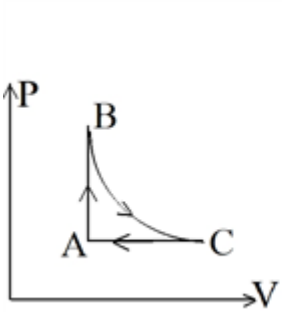
۵) $Q_X = Q_Y = Q_Z$



۶۸ نمودار $P-V$ یک گاز کامل در طی یک چرخه، مطابق شکل مقابل است. نمودار $V-T$ این گاز را رسم کنید.



۶۹ در چرخه‌ی ترمودینامیکی زیر که مربوط به یک گاز کامل است. فرآیند BC بی‌دررو است. خانه‌های خالی جدول زیر را به‌طور صحیح با عبارت‌های (افزایش، کاهش، بدون تغییر) پر کنید و جدول کامل‌شده را به پاسخ‌نامه انتقال دهید.



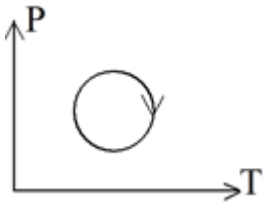
(فشار) P	(حجم) V	(دما) T	کمیت / فرآیند
			A ⟶ B
			B ⟶ C
			C ⟶ A

۷۰ ۰/۲۵ مول گاز کامل تک‌اتمی، در فشار یک اتمسفر و دمای $27^\circ C$ در اختیار است.

الف) حجم گاز را بر حسب لیتر به دست آورید.

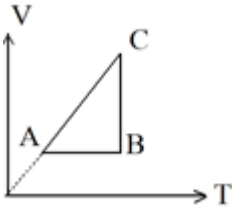
ب) اگر در حجم ثابت، دمای گاز را به $78^\circ C$ برسانیم، فشار گاز چند پاسکال می‌شود؟ $\left(R \approx 8 \frac{J}{\text{mol}.K}\right)$

۷۱ فرآیند چرخه‌ای روبه‌رو، مربوط به یک گاز کامل است، با ارائه‌ی دلیل (یا ارائه‌ی یک روش) ۲ نقطه را مشخص کنید که در آن حالت‌ها حجم گاز کمترین و بیشترین مقدار را داشته باشد.



۷۲ با توجه به نمودار V-T در شکل زیر که مربوط به یک گاز کامل است، خانه‌های خالی جدول را با کلمه‌های (مثبت - منفی یا صفر) پر کنید و جدول کامل شده را به پاسخ برگ انتقال دهید.

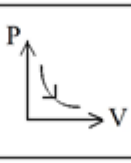
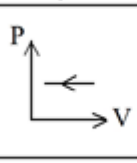
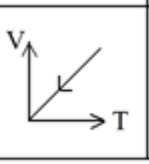
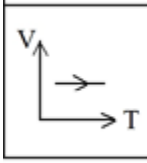
ΔU	Q	W	کیفیت / فرایند
			A → B
			B → C
			C → A



۷۳ برای هریک از فرآیندهای جدول شماره‌ی (۱)، نمودار صحیحی از جدول شماره‌ی (۲) انتخاب کنید.

شماره	نوع فرایند
۱	تراکم هم فشار
۲	انبساط هم دما
۳	افزایش فشار هم حجم

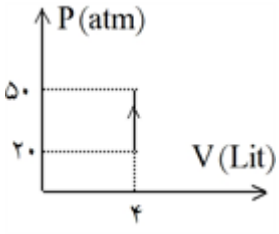
جدول شماره (۱)

حرف	الف	ب	ج	د
نمودار				

جدول شماره (۲)

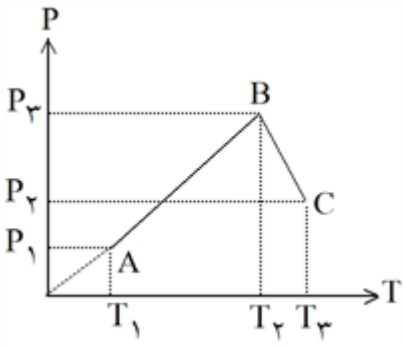
۷۴ مقدار ۴ مول گاز کامل تک‌اتمی فرآیندی را مطابق شکل طی می‌کند. تغییر انرژی درونی این گاز چند ژول است؟

$$\left(C_{MV}=\frac{۳}{۲}R, R\cong ۸\,\mathrm{J/molK}\right)$$

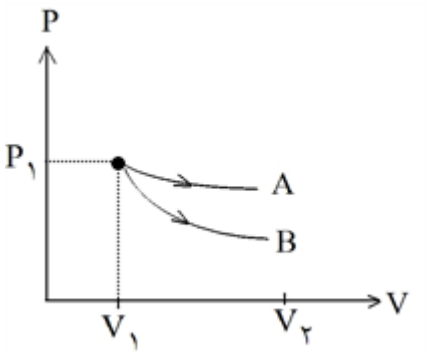


۷۵ با توجه به فرآیندهای ترمودینامیکی روبه‌رو که مربوط به یک گاز کامل است. جدول زیر را با کلمه‌های افزایش، کاهش یا ثابت پر کنید.

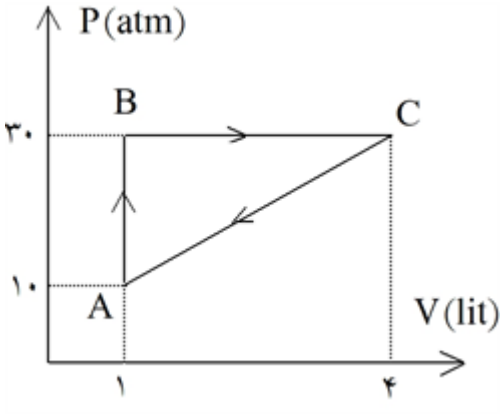
فرآیند	فشار (P)	دما (T)	حجم (V)
A → B			
B → C			



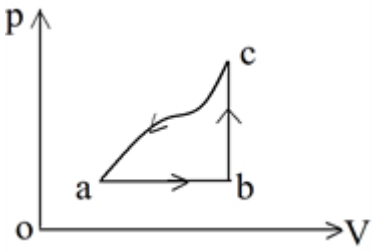
۷۶ توضیح دهید در نمودار مقابل کدام فرآیند بی‌دررو و کدام فرآیند هم‌دما است؟



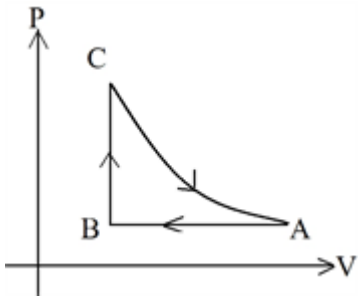
۷۷ گاز داخل یک استوانه، چرخه‌ای مطابق شکل زیر را می‌پیماید. گرمای خالص داده شده به گاز در این چرخه چند ژول است؟



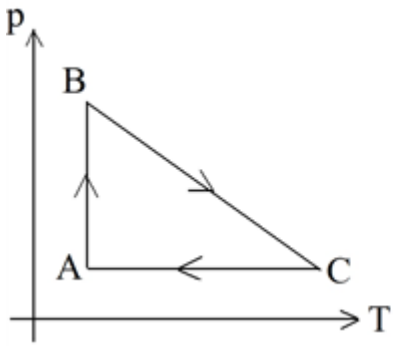
۷۸ دستگاهی مطابق شکل از طریق مسیر a b c ، از حالت a به حالت c می‌رود و در این مسیر ۶۰ ژول گرما می‌گیرد و ۵۰ ژول کار انجام می‌دهد. تغییر انرژی درونی دستگاه را در مسیر برگشت (از حالت c به حالت a) محاسبه کنید.



۷۹ در شکل مقابل نمودار چرخه‌ی $P-V$ یک گاز کامل را مشاهده می‌کنید.
نمودار چرخه‌ی $P-T$ این گاز را به صورت کیفی رسم کنید.
(CA یک فرآیند هم دما است.)



۸۰ چرخه‌ی مقابل مربوط به یک گاز کامل است. با توجه به این چرخه، خانه‌های خالی جدول زیر را با کلمات (افزایش، کاهش، ثابت) کامل کنید.



فرآیند	حجم گاز	فشار گاز	انرژی درونی گاز
$A \rightarrow B$			
$B \rightarrow C$			
$C \rightarrow A$			

۸۱ کدام‌یک از موارد زیر نمی‌تواند اطلاعات مربوط به یک ماشین گرمایی باشد؟

۱) $Q_H = ۱۰۰۰J, |W| = ۲۰۰J, |Q_L| = ۹۰۰J$

۲) $Q_H = ۱۰۰۰J, |W| = ۲۰۰J, |Q_L| = ۸۰۰J$

۳) $Q_H = ۱۰۰۰J, |W| = ۱۰۰۰J, |Q_L| = ۰J$

۸۲ یک ماشین گرمایی درون‌سوز در هر چرخه $۸/۰۰\,\text{kJ}$ گرما از سوزاندن سوخت دریافت می‌کند و $۲/۰۰\,\text{kJ}$ کار تحویل می‌دهد. گرمای حاصل از سوخت $۵/۰\times۱۰J/g$ است و ماشین در هر ثانیه $۴۰/۰$ چرخه را می‌پیماید. کمیت‌های زیر را حساب کنید.

الف) بازده ماشین

ب) سوخت مصرف شده در هر چرخه

پ) توان ماشین

۸۳ یک ماشین گرمایی در هر چرخه $۱۰۰/۰J$ گرما از منبع دما بالا می‌گیرد و $۶۰/۰J$ گرما به منبع دما پایین می‌دهد و بقیه‌ی آن تبدیل به کار می‌شود.

الف) بازده این ماشین چه‌قدر است؟

ب) اگر هر چرخه $۰/۵۰۰s$ طول بکشد، توان خروجی این ماشین چه‌قدر است؟

۸۴ درستی یا نادرستی جمله‌های زیر را تعیین کنید و در پاسخ برگ بنویسید.

آ) بازده ماشین کارنو به جنس ماده‌ای که چرخه را می‌پیماید، بستگی ندارد.

ب) رئوستا یک مقاومت ترکیبی است.

پ) به وسیله اهم‌متر می‌توان مقاومت رشته سیم داخل لامپ روشن را اندازه‌گیری کرد.

ت) برای تغییر ولتاژ برق از مبدل‌ها استفاده می‌کنند.

۸۵ یک ماشین بخار آرمانی در هر دقیقه ۳×۱۰^{۱۰} ژول گرما از دیگ بخار دریافت می‌کند و $۱/۸\times۱۰^{۱۰}$ ژول گرما در چگالنده از دست می‌دهد.

آ) کار انجام شده توسط ماشین در هر دقیقه چند ژول است؟

ب) بازده این ماشین چه‌قدر است؟

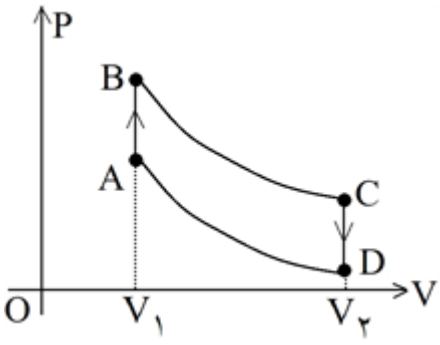
۸۶ چرخه‌ی مقابل، مربوط به یک موتور بنزینی است.

گزینه‌های درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید.

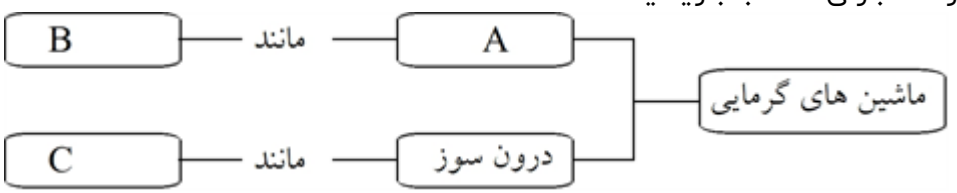
الف) موتور بنزینی، یک ماشین گرمایی (برون‌سوز - درون‌سوز) است.

ب) در مرحله‌ی AB، دستگاه گرما (می‌گیرد- از دست می‌دهد.)

پ) در مرحله‌ی (DA - BC) ، دستگاه بر روی محیط، کار انجام می‌دهد.



۸۷ در نقشه‌ی مفهومی زیر، به‌جای حروف، عبارتی مناسب بنویسید.



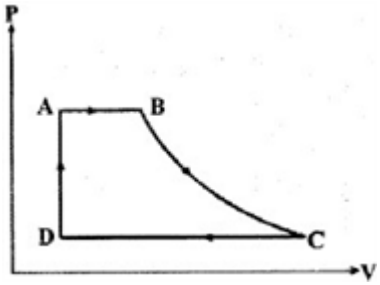
۸۸ چرخه‌ی مقابل مربوط به یک ماشین بخار است، درستی و نادرستی جمله‌های زیر را تعیین کرده و در پاسخ برگ بنویسید.

الف) ماشین بخار، یک ماشین گرمایی درونسوز است.

ب) در فرآیند BC، دستگاه روی محیط، کار منفی انجام می‌دهد.

پ) بیش‌ترین دمای دستگاه، مربوط به حالت B و کم‌ترین مربوط به حالت D است.

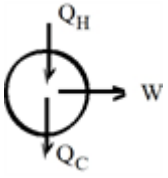
ت) در فرآیند CD، دستگاه گرما از دست می‌دهد.



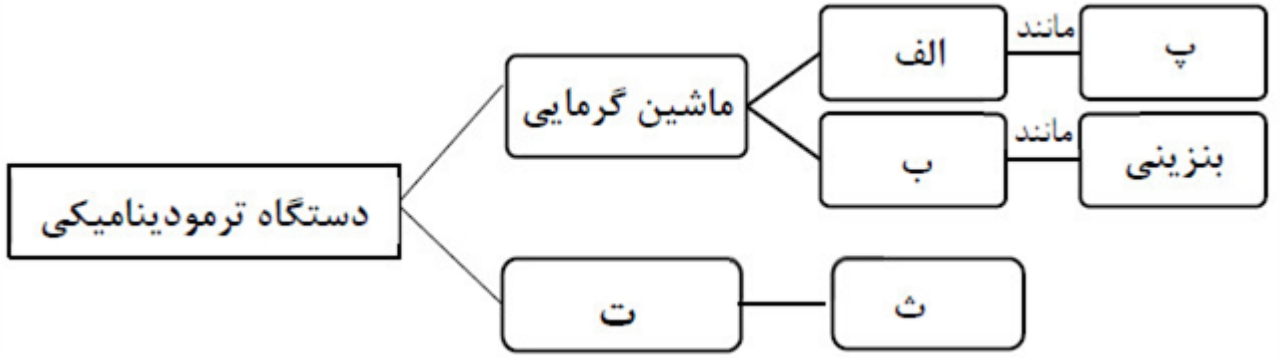
۸۹ در شکل مقابل اساس کار یک دستگاه ترمودینامیکی را به صورت طرح‌وار مشاهده می‌کنید:

الف) این دستگاه چه نام دارد؟

ب) در هر چرخه این دستگاه بین کمیت‌های داده شده چه رابطه‌ای برقرار است؟



۹۰ در نقشه مفهومی زیر، عبارت مناسب را انتخاب کنید و بنویسید.

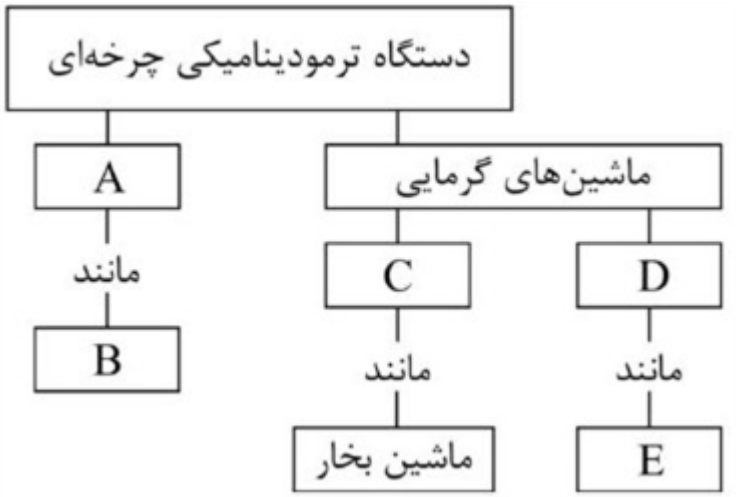


۹۱ یک ماشین گرمایی در هر چرخه $۶۴۰۰J$ گرما از منبع گرم گرفته و $۴۰۰۰J$ گرما به منبع سرد که دمای $۳۰۰K$ دارد می‌دهد مطلوبست تعیین:

الف) کار انجام یافته توسط ماشین در هر چرخه ب) بازده ماشین

۹۲ یک ماشین گرمایی در هر چرخه ۵۰۰ ژول گرما از منبع گرم دریافت کرده و ۱۳۰ ژول کار انجام می‌دهد. بازده این ماشین چند درصد است؟

۹۳ عبارت مناسب را از بین کلمات داده شده انتخاب کرده و در نقشه مفهومی زیر به جای حروف، درخانه‌های خالی بنویسید. توجه: یک کلمه در داخل پرانتز اضافی می‌باشد.
(درون‌سوز - برون‌سوز - موتور بنزینی - یخچال‌ها - کولر گازی - دیگ بخار)



۹۴ یک ماشین گرمایی آرمانی در هر چرخه $۱۰۰J$ گرما از منبع دما بالا می‌گیرد و $۶۰J$ گرما به منبع دما پایین می‌دهد و بقیه آن تبدیل به کار می‌شود؟
الف) بازده این ماشین چقدر است؟
ب) اگر هر چرخه $۰/۰۰۵s$ طول بکشد، توان خروجی این ماشین چقدر است؟

۹۵ یک ماشین گرمایی در هر چرخه $۲۰۰\ \mathrm{kJ}$ از منبع با دمای بالا دریافت می‌کند و $۱۴۰\ \mathrm{kJ}$ گرما به منبع با دمای پایین می‌دهد.
الف) بازده این ماشین چند درصد است؟
ب) اگر این ماشین در هر ثانیه ۵ چرخه را طی کند توان خروجی این ماشین چقدر است؟

۹۶ یک ماشین گرمایی آرمانی در هر چرخه $۱۰۰J$ گرما از منبع دما بالا می‌گیرد و $۶۰J$ گرما به منبع دما پایین می‌دهد و بقیهٔ آن تبدیل به کار می‌شود.
الف) بازده این ماشین چقدر است؟
ب) اگر در هر چرخه $۰/۰۰۵s$ طول بکشد، توان خروجی این ماشین چقدر است؟

۹۷ کمیت‌های Q_H و Q_C و W که در هر چرخه در ماشین‌های فرضی A ، B ، C و D مبادله می‌شوند عبارتند از:

A ماشین : $W=-۲۰\mathrm{J}$ $Q_H=۱۰۰\mathrm{J}$ $Q_C=-۸۰\mathrm{J}$

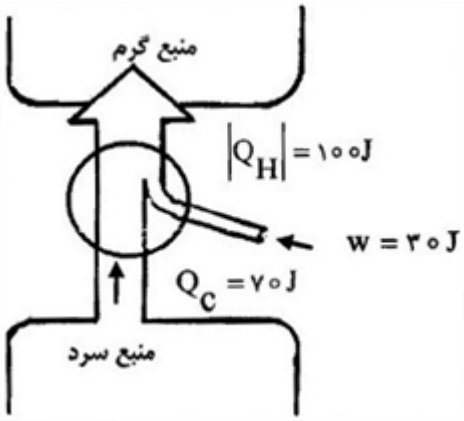
B ماشین : $W=-۱۰۰\,J$ $Q_H=۱۰۰\mathrm{J}$ $Q_C=۰\mathrm{J}$

C ماشین : $W=-۳۰\,J$ $Q_H=۱۰۰\mathrm{J}$ $Q_C=-۷۰\mathrm{J}$

D ماشین : $W=-۶۰\mathrm{J}$ $Q_H=۱۰۰\,J$ $Q_C=-۵۰\mathrm{J}$

الف) کدام‌یک از این ماشین‌ها، قانون اول ترمودینامیک را نقض می‌کنند؟
ب) کدام‌یک از این ماشین‌ها، قانون دوم ترمودینامیک را به بیان ماشین گرمایی نقض می‌کنند؟
پ) اگر همه‌ی این ماشین‌ها بین دو منبع سرد و گرم با دماهای ثابت $۳۰۰\mathrm{K}$ و $۴۰۰\mathrm{K}$ کار کنند، کدام‌یک از این ماشین‌ها قابل ساخت هستند؟

۹۸ طرح‌واره‌ی روبه‌رو مربوط به یک وسیله است.
الف) این وسیله چه نام دارد؟
ب) آیا در این طرح‌واره قانون اول ترمودینامیک تأیید می‌شود؟ (با محاسبه نشان دهید)



۹۹ کلمه‌ی مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کنید.
در کمیت‌های داده شده‌ی $Q_H = ۱۰۰\text{J}$ و $Q_C = ۰$ و $W = -۱۰۰\text{J}$، قانون (اول - دوم) ترمودینامیک نقض می‌شود.

۱۰۰ بنابر قانون دوم ترمودینامیک، در یک چرخه مقدار مشخصی ..... نمی‌تواند به‌طور کامل به ..... تبدیل شود.

۱ $\frac{P_۱V_۱}{T_۱}=\frac{P_۲V_۲}{T_۲}\Rightarrow\frac{P_۱V_۱}{۲۷+۲۷۳}=\frac{۰/۵P_۱\times ۳V_۱}{T_۲}\Rightarrow T_۲=۴۵۰K\Rightarrow T_۲=۴۵۰-۲۷۳=۱۷۷^\circ C$

۲ $\frac{P_۱V_۱}{T_۱}=\frac{P_۲V_۲}{T_۲}\Rightarrow\underbrace{\frac{۱۵\times ۱۴}{۷+۲۷۳}}_{۲۸۰}=\underbrace{\frac{P_۲\times ۲۵}{۷۷+۲۷۳}}_{۳۵۰}\Rightarrow P_۲=\frac{۲۱}{۲}=۱۰/۵$

فشارسنج $P=۱۰/۵-۱=۹/۵\,\text{atm}$

۳ چون $T_۱$، $T_۲$ و $P_۲$ بر حسب $P_۱$ و ΔV معلوم‌اند، با استفاده از قانون گازهای آرمانی به صورت زیر $V_۱$ را به دست می‌آوریم. دقت کنید، دماها باید بر حسب کلوین و یکای کمیت‌های هم‌جنس در طرفین رابطه یکسان باشد.

$$\frac{P_۱V_۱}{T_۱}=\frac{P_۲V_۲}{T_۲}\xrightarrow[P_۲=۱/۵P_۱,V_۲=V_۱+۲]{T_۱=۰+۲۷۳=۲۷۳k\,,\,T_۲=۲۷۳+۲۷۳=۲\times ۲۷۳}$$

$$\frac{P_۱V_۱}{۲۷۳}=\frac{۱/۵P_۱\times(V_۱+۲)}{۲\times ۲۷۳}\Rightarrow\frac{V_۱}{۱}=\frac{۱/۵\times(V_۱+۲)}{۲}\Rightarrow ۲V_۱=۱/۵V_۱+۳$$

$$\Rightarrow ۰/۵V_۱=۳\Rightarrow V_۱=۶\,\text{Lit}$$

۴ $\frac{P_۱V_۱}{T_۱}=\frac{P_۲V_۲}{T_۲}\Rightarrow\frac{P_۱V_۱}{۴۰۰}=\frac{\frac{۶}{۴}P_۱\times\frac{۱}{۲}V_۱}{T_۲}\Rightarrow T_۲=۳۰۰k$

$T_۱=۱۲۷+۲۷۳=۴۰۰\Rightarrow\theta_۲=۳۰۰-۲۷۳=۲۷$

۵ آ) هم‌دما ب) صفر پ) مثبت ت) می‌گیرد (۰/۲۵) (ص ۱۴)

۶ $P_۱V_۱=P_۲V_۲\Rightarrow ۲/۵\times ۴=۰/۵V_۲\Rightarrow V_۲=۲۰L$

۷ از قانون گازهای کامل داریم: $\frac{P_۱V_۱}{T_۱}=\frac{P_۲V_۲}{T_۲}$

که در این‌جا شاخص ۱ مربوط به ته دریاچه و شاخص ۲ مربوط به سطح آن دریاچه است. با فرض این‌که فشار هوا در حباب همان فشار آب اطراف آن باشد، داریم: $P_۱=P_{\text{atm}}+\rho gh$

که در آن ρ چگالی آب و h عمق دریاچه است، بدیهی است که $P_۲=P_{\text{atm}}$. از این‌جا داریم:

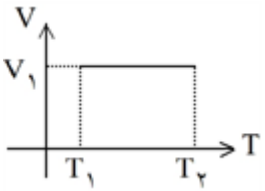
$$V_۲=\frac{T_۲}{T_۱}\times\frac{P_{\text{atm}}+\rho gh}{P_{\text{atm}}}\times V_۱$$

$$=\left(\frac{۲۹۳K}{۲۷۷K}\right)\frac{۱/۰۱\times۱۰^۵\text{Pa}+(۱/۰\times۱۰^۳\,\text{kg}/m^۳)\left(۹/۸۰\frac{m}{s^۲}\right)(۴۰/۰\,\text{cm})}{۱/۰\times۱۰^۵\,\text{Pa}}\times(۰/۲۰\text{cm}^۳)$$

$$=۱/۰۳\text{cm}^۳\approx ۱/۰\text{cm}^۳$$

۸ ماکروسکوپی (۰/۲۵)

۹



۱۰ رابطه ریاضی بین متغیرهای ترمودینامیکی یک دستگاه را معادله حالت می‌گویند.

۱۱ معادله‌ی حالت

۱۲
$$PV = nRT$$
$$۳۲\times۱۰^{۵}\times۱/۵\times۱۰^{-۳} = ۲\times۸\times T$$
$$T = ۳۰۰\,K$$
$$\theta = T - ۲۷۳ \Rightarrow \theta = ۳۰۰ - ۲۷۳ = ۲۷^{\circ}C$$

۱۳ گزینه‌های «ب»، فشار و «ج»، حجم، متغیرهای ترمودینامیکی دستگاه هستند.

۱۴
$$PV = nRT$$
$$V = \frac{۲/۵\times۸\times۲۰۰}{۱۰^{۵}} = ۴\times۱۰^{-۲}\,m^{۳} = ۴۰L$$

۱۵ مستقل از

۱۶ معادله‌ی حالت (۰/۲۵)

۱۷ منبع گرما: جسمی است که هرقدر گرما بگیرد یا از دست دهد، دمایش تغییر نکند.

۱۸ درست (۰/۲۵)

۱۹ - سوختن بنزین در موتورهای درونسوز
- افزایش دما و فشار در حجم ثابت در زودپز
- پر کردن باد لاستیک وسایل نقلیه

۲۰ الف) نادرست ب) درست پ) نادرست ت) نادرست ث) نادرست

۲۱ الف) بارومتر ب) آب ندارد پ) منفی ت) ترموکوپل ث) کاهش

۲۲ چون فرایندی چرخه‌ای داریم $\Delta U = ۰$ است. بنابراین $Q = -W$ می‌شود که در آن W کار محیط است. از طرفی می‌دانیم مقدار کار انجام شده در چرخه برابرمساحت محصور در چرخه است و در چرخه‌های ساعت‌گرد کار انجام شده بر روی دستگاه منفی است. بنابراین:

$$W = -S_{ABC} = -\frac{۱}{۲}\left[(۳۰/۰ - ۱۰/۰)\times۱۰^{۵}N/m^{۲}\right]\left[(۴/۰ - ۱/۰)\times۱۰^{-۳}m^{۳}\right] = -۳/۰\times۱۰^{۳}J$$

و از آن‌جا $Q = ۳/۰\times۱۰^{۳}J$ می‌شود.

۲۳ الف) با استفاده از قانون گازهای کامل داریم:

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

با جای‌گذاری $P_۱=۱/۰\,\text{atm}$، $P_۲=۳/۰\,\text{atm}$، $V_۱=V_۲$ و $T_۱=۲۰۰K$ به $T_۲=۶۰۰K$ می‌رسیم. که با توجه قواعد محاسبه‌ی ارقام معنی‌دار باید به صورت $۶/۰\times۱۰^۲K$ بیان شود. اکنون با استفاده از قانون گازهای کامل $T_۲$ و $T_۴$ را نیز به دست می‌آوریم.

$$T_۳=T_۲\frac{P_۳V_۳}{P_۲V_۲}=T_۲\frac{V_۳}{V_۲}=(۶۰۰K)\left(\frac{۳۰۰L}{۱۰۰L}\right)=۱۸۰۰K=۱/۸\times۱۰^۳K$$

$$T_۴=T_۳\frac{P_۴V_۴}{P_۳V_۳}=T_۳\frac{P_۴}{P_۳}=(۱۸۰۰K)\left(\frac{۱/۰\,\text{atm}}{۳/۰\,\text{atm}}\right)=۶۰۰K=۶/۰\times۱۰^۲K$$

ب) مقدار کار انجام شده برابر بامساحت محصور در چرخه است که چنین می‌شود.

$$|W|=\left[(۳۰۰-۱۰۰)(۱۰^{-۳}m^۳)(۳/۰-۱/۰)(۱۰^۵N/m^۲)\right]=۴/۰\times۱۰^۴J$$

پ) در فرایندهای $۲\to۱$ و $۳\to۲$ دمای گاز زیاد شده است و با توجه به رابطه‌های $Q=\text{nC}_V\Delta\text{T}$ و $Q=\text{nC}_P\Delta\text{T}$ در می‌یابیم گاز گرما می‌گیرد.

ت) در فرایندهای $۴\to۳$ و $۱\to۴$ دمای گاز کم شده است و با توجه به رابطه‌های $Q=\text{nC}_V\Delta\text{T}$ و $Q=\text{nC}_P\Delta\text{T}$ در می‌یابیم گاز گرما از دست می‌دهد.

۲۴ الف) در فرایند چرخه‌ای $\Delta\text{U}=۰$ است و در نتیجه از قانون اول ترمودینامیک نتیجه می‌گیریم $Q=-W$ است با توجه به این‌که چرخه ساعت‌گرد طی شده است کار محیط منفی است. بنابراین Q مثبت می‌شود و دستگاه گرما می‌گیرد.

ب) در قسمت الف دیدیم که Q مثبت است و در نتیجه داریم: $W=-Q=-۴۰۰J$

۲۵ در چرخه‌های پادساعت‌گرد در صفحه‌ی $P-V$ کار محیط (W) مثبت است. از قانون اول ترمودینامیک داریم:

$$\Delta\text{U}=Q+W$$

که در آن W کار محیط است. توجه کنید که در این‌جا فرایند چرخه‌ای داریم و $\Delta\text{U}=۰$ است. در مورد علامت W نیز می‌توانیم این فرایند چرخه‌ای را به سه بخش تقسیم کنیم. بدیهی است که در فرایند هم‌حجم کار صفر است. اما مساحت زیر فرایند هم‌فشاری که در آن حجم کاهش یافته است، بیش‌تر از فرایند دیگری است که در آن افزایش حجم داریم. بنابراین کار محیط مثبت و کار دستگاه منفی است. اکنون با توجه به قانون اول ترمودینامیک برای فرایند چرخه‌ای می‌دانیم $Q=-W$ است و بنابراین Q نیز منفی می‌شود.

۲۶ الف) قدرمطلق کار برابر با مساحت زیر نمودار فرایند ترمودینامیک‌ها در صفحه‌ی $P-V$ است. از روی شکل دیده می‌شود که مساحت زیر نمودار فرایند هم‌فشار از همه بیش‌تر و مساحت زیر نمودار فرایند بی‌دررو از همه کم‌تر است. بنابراین مقدار کار انجام شده از کم‌ترین تا بیش‌ترین به ترتیب بی‌دررو، هم‌دما و هم‌فشار است. البته در سوال از کار گاز روی محیط پرسیده شده است که با توجه به انبساطی بدون هر سه فرایند، برای هر فرایند مقداری مثبت است. پس همین مقایسه در مورد خودِ کارها نیز درست است.

ب) از قانون گازهای کامل درمی‌یابیم که در فرایند هم‌فشار با افزایش حجم، دما افزایش می‌یابد. در فرایند هم‌دما نیز بدیهی است که دما ثابت می‌ماند. در فرایند بی‌دررو نیز از قانون اول ترمودینامیک درمی‌یابیم که در انبساط ، کاهش دما داریم. بنابراین دمای نهایی در این سه فرایند از کم‌ترین تا بیش‌ترین به ترتیب بی‌دررو، هم‌دما و هم‌فشار می‌شود.

پ) در فرایند بی‌دررو $Q=۰$ و در فرایندهای هم‌دما و هم‌فشار $Q>۰$ است. با توجه به این‌که تغییر انرژی درونی و مقدار کار در فرایند هم‌دما از فرایند هم‌فشار کم‌تر است و نیز کار در هر دو فرایند منفی است، بنابراین در این مورد نیز ترتیب گرمای داده شده به ترتیب از کم‌ترین تا بیش‌ترین، بی‌دررو، هم‌دما و هم‌فشار می‌شود.

۲۷ (مساحت ذوزنقه) - = (کار گاز) - = کار محیط

$$= -\frac{۱}{۲}\left[(۳/۰۰ + ۲/۰۰)(۱/۰۱\times۱۰^{۵}N/m^{۲})\right](۲/۰۰\times۱۰^{-۳}m^{۳}) = -۵۰۵J$$

و آن‌گاه با استفاده از قانون اول ترمودینامیک داریم:

$$Q = \Delta U - W_{\text{محیط}} = (۹۱۲J - ۴۵۶J) + ۵۰۵J = ۹۶۱J$$

چون Q مثبت شده است این بدین معنی است که گاز گرما گرفته است.

۲۸ می‌دانیم که کار در فرایند هم‌فشار از رابطه‌ی $W = -P\Delta V$ به دست می‌آید. از روی شکل داده شده برای فرایند هم‌فشار درمی‌یابیم که حاصل‌ضرب $P\Delta V$ در واقع مساحت زیر نمودار $P - V$ (مساحت ناحیه‌ی هاشورخورده) است. بنابراین می‌توان گفت که در فرایند هم‌فشار، قدرمطلق کار انجام شده (قدرمطلق کار محیط روی دستگاه) برابر با سطح زیر نمودار $P - V$ است.

۲۹ در تراکم هم‌فشار جابه‌جایی رو به پایین می‌شود، در حالی‌که سوی نیروی وارد از گاز به پیستون تغییر نمی‌کند و بنابراین کار گاز روی پیستون چنین می‌شود:

کار گاز روی پیستون $= Fd\,Cos\,۱۸۰^{\circ} = -Fd = -PAd$

اما توجه کنید که این بار Ad برابر $-\Delta V$ است (زیرا حجم کاهش یافت و ΔV منفی می‌شود). پس خواهیم داشت:

کار گاز روی پیستون $= -PAd = -P(-\Delta V) = P\Delta V$

ولی چون کار پیستون روی گاز (کار محیط) منفی این رابطه است، کار پیستون روی گاز $-P\Delta V$ می‌شود.

۳۰

آ) $\frac{P_AV_A}{T_A} = nR\,(۰/۲۵) \rightarrow ۳\times۱۰^{۵}\times۳۲\times۱۰^{-۳} = ۱\times۸\times T_A\,(۰/۲۵) \rightarrow T_A = ۱۲۰۰K\,(۰/۲۵)$

ب) $\Delta U_{AC} = nC_V\Delta T\,(۰/۲۵)\quad \Delta U_{AC} = ۱\times\frac{۳}{۲}\times۸\times(۶۰۰ - ۱۲۰۰) = -۷۲۰۰J(۰/۲۵)$

پ) تغییر انرژی درونی در هر دو فرآیند با هم برابر است $(\Delta U_a = \Delta U_b)$. (۰/۲۵)

۳۱

الف) $\Delta U_{CA} = \frac{۳}{۲}nR\Delta T$ (۰/۲۵) $\quad \Delta U_{CA} = \frac{۳}{۲}nR\,\frac{P_AV_A - P_CV_C}{nR}$ (۰/۲۵)

$\Delta U_{CA} = \frac{۳}{۲}\times[۲/۵\times۸ - ۸\times۴]\times۱۰۰$ (۰/۲۵) $\quad \Delta U_{CA} = -۱۸۰۰\,J$ (۰/۲۵)

ب) $Q_{BC} = \frac{۳}{۲}V\Delta P$ (۰/۲۵) $\quad Q_{BC} = \frac{۳}{۲}\times۴\times(۸ - ۵)\times۱۰۰ = ۱۸۰۰\,J$ (۰/۲۵)

۳۲ الف) چون هوای اتاق می‌تواند با لیوان چای تبادل گرما داشته باشد بدون آنکه دمای خودش تغییر چندانی داشته باشد.

ب) $\Delta U = Q + W = (+۲۵۰) + (-۳۰۰) = -۵۰J$

۳۳ نادرست

۳۴

الف) $T_C = T_A = \dfrac{P_A V_A}{\mathrm{nR}} = \dfrac{(۲/۴\times۱/۰۱\times۱۰^{۵} N/m^{۲})(۲/۲\times۱۰^{-۳} m^{۳})}{(۰/۳۲\,\mathrm{mol})(۸/۳۱۴ J/\,\mathrm{mol}.K)}$

$= ۲۰۰/۴K \approx ۲/۰\times۱۰^{۲} K$

$T_B = \dfrac{P_B V_B}{\mathrm{nR}} = \dfrac{P_A(۲V_A)}{\mathrm{nR}} = \dfrac{۲P_A V_A}{\mathrm{nR}} = ۲T_A = ۴۰۰/۹K \approx ۴/۰\times۱۰^{۲} K$

ب) فرایند $A \to B$ را با شاخص پایین ۱ و فرایند $B \to C$ را با شاخص پایین ۲ و فرایند $C \to A$ را با شاخص پایین ۳ نشان می‌دهیم.

$\Delta \mathrm{U}_۱ = Q_۱ + W_۱$

$Q_۱ = \mathrm{nC}_P \Delta \mathrm{T} = \dfrac{۵}{۲}\mathrm{nR}\Delta \mathrm{T} = \dfrac{۵}{۲}(۰/۳۲\,\mathrm{mol})(۸/۳۱۴ J/\,\mathrm{mol}.K)(۲۰۱K) = ۱۳۳۷J \approx ۱/۳\,\mathrm{kJ}$

$W_۱ = -P_A \Delta \mathrm{V} = -P_A(V_B - V_A) = (-۲/۴\times۱/۰۱\times۱۰^{۵}\,\mathrm{Pa})(۲/۲\times۱۰^{-۳} m^{۳})$

$= -۵۳۳/۳J \approx -۰/۵۳\mathrm{kJ} \Rightarrow \Delta \mathrm{U}_۱ = Q + W_۱ = ۱/۳\mathrm{kJ} - ۰/۵۳\,\mathrm{kJ} = ۰/۷۷\mathrm{kJ} \approx ۰/۸\,\mathrm{kJ}$

(که البته این نتیجه را می‌توانیم از رابطه‌ی $\Delta \mathrm{U} = \mathrm{nC}_V \Delta \mathrm{T}$ نیز به دست آوریم)

$\Delta \mathrm{U}_۲ = Q_۲ + W_۲$

$Q_۲ = \mathrm{nC}_V \Delta \mathrm{T} = \dfrac{۳}{۲}\mathrm{nR}\Delta \mathrm{T} = \dfrac{۳}{۲}[(۰/۳۲\,\mathrm{mol})(۸/۳۱۴ J/\,\mathrm{mol}.K)(-۲۰۰/۵K)]$

$= -۸۰۰/۱J \approx -۰/۸۰\mathrm{kJ} \Rightarrow \Delta \mathrm{U}_۲ = ۰ + (-۸۰۲J) \approx -۰/۸۰\,\mathrm{kJ}$

۳۵

الف) نخست قانون اول ترمودینامیک را برای مسیر abc می‌نویسیم:

$\Delta \mathrm{U}_{\mathrm{abc}} = Q_{\mathrm{abc}} + W_{\mathrm{abc}} = ۹۰J + (-۷۰J) = ۲۰J$

ب) قدرمطلق کار انجام شده برابر با مساحت زیر نمودار فرایند در صفحه‌ی $P - V$ است. بنابراین، بدیهی است که مساحت زیر مسیر adc کم‌تر از مساحت زیر مسیر abc است و در نتیجه مقدار کار در مسیر abc کم‌تر از مقدار کار در مسیر abc است. از طرفی در هر دو فرایند گاز انبساط یافته است و بنابراین کار محیط منفی و کار دستگاه (گاز) مثبت است. بنابراین کار گاز نیز در مسیر adc کم‌تر از مسیر abc است. برای مقایسه‌ی گرمای داده شده به گاز، باید از قانون اول ترمودینامیک استفاده کنیم: $Q = \Delta \mathrm{U} - W$. چون $\Delta \mathrm{U}$ برای هر دو مسیر یکسان است باید Wها را با هم مقایسه کنیم. چون مقدار کار در مسیر adc کوچک است و از طرفی W کار محیط روی گاز و در هر دو مسیر منفی است پس $W_{\mathrm{adc}} > W_{\mathrm{abc}}$ است و در نتیجه Q در مسیر adc کوچک‌تر است.

پ) چرخه‌ی بسته‌ای را درنظر بگیرید که شامل مسیر abc و مسیر خمیده‌ی بازگشت است. چون:

$\Delta \mathrm{U} = \Delta \mathrm{U}_{\mathrm{abc}} + \Delta \mathrm{U}_{\mathrm{ca}} = ۰$

نتیجه می‌گیریم که باید به اندازه‌ی $\Delta \mathrm{U}_{\mathrm{abc}} = ۲۰J$ از گاز انرژی بگیریم. البته چون در این بخش، هنوز چرخه مطرح نشده است می‌توانیم این طور نیز استدلال کنیم:

$\Delta \mathrm{U}_{\mathrm{abc}} = U_c - U_a$ و $\Delta \mathrm{U}_{\mathrm{ca}} = U_a - U_c \Rightarrow -\Delta \mathrm{U}_{\mathrm{abc}} = -۲۰J$

۳۶

از قانون اول ترمودینامیک داریم:

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

۳۷

آ) $\dfrac{P_A V_A}{T_A} = \mathrm{nR}\,(۰/۲۵) \to ۳\times۱۰^{۵}\times۳۲\times۱۰^{-۳} = ۱\times۸\times T_A\,(۰/۲۵) \to T_A = ۱۲۰۰K\,(۰/۲۵)$

ب) $\Delta \mathrm{U}_{\mathrm{AC}} = \mathrm{nC}_V \Delta \mathrm{T}\,(۰/۲۵) \quad \Delta \mathrm{U}_{\mathrm{AC}} = ۱\times\dfrac{۳}{۲}\times۸\times(۶۰۰ - ۱۲۰۰) = -۷۲۰۰J(۰/۲۵)$

پ) تغییر انرژی درونی در هر دو فرآیند با هم برابر است $(\Delta \mathrm{U}_a = \Delta \mathrm{U}_b)$. $(۰/۲۵)$ ص ۱۶

۳۸ هر مورد (۰/۲۵)

کمیت / فرآیند	W	Q	ΔU
A→B	منفی	مثبت	مثبت
B→C	صفر		منفی
C→A	مثبت	منفی	

۳۹ $Q = nC_{MV}\Delta T$ (۰/۲۵) $Q = ۱ \times \frac{۳}{۲} \times ۸ \times (۴۵۰ - ۳۰۰) = ۱۸۰۰J$ (۰/۲۵)

$\Delta U = Q + W$ (۰/۲۵) $\Delta U = Q + ۰ = ۱۸۰۰J$ (۰/۲۵)

۴۰
$$\begin{cases} \Delta U = Q + W \\ W = -۵۰۰J \\ Q = ۴۰۰J \end{cases} \Rightarrow \Delta U = ۴۰۰ - ۵۰۰ = -۱۰۰J$$

تغییر انرژی درونی برابر -۱۰۰ ژول است.

۴۱
$$\begin{cases} W' = ۵\,J \Rightarrow W = -W' = -۵\,J \\ \text{ابساط بی دررو} \Rightarrow Q = ۰ \end{cases} \Rightarrow \Delta U = Q + W = -۵\,J$$

۴۲ $P_۱V_۱ = P_۲V_۲ \Rightarrow P_۱ = ۱۰P_۲$

$p = \rho gh + p_۰ \Rightarrow ۱۰p_۰ = ۱۰۰۰ \times ۱۰ \times h + p_۰ \Rightarrow ۹ \times ۱۰^۵ = ۱۰۰۰۰h \Rightarrow h = ۹۰m$

۴۳ الف) ۳ ب) ۲ پ) ۴ ت) ۱

۴۴ الف) تغییر انرژی درونی در دو فرآیند برابر است.

ب) $|Q_۱| > |Q_۲|\ W_۲ > ۰ \Rightarrow \Delta u_۱ = \Delta u_۲$

۴۵ $n = \frac{m}{M} \quad P_۱ = P_۲$

$$\Rightarrow \frac{n_۱ \times T_۱}{V_۱} = \frac{n_۲ \times T_۲}{V_۲} \Rightarrow \frac{\frac{۸}{۱۶} \times ۲۷۳}{L_۱} = \frac{\frac{۲۸}{۱۴} \times ۲۵۰}{۳۰ - L_۱} \Rightarrow L_۱ = ۱۱/۲۶$$

۴۶ الف) فرایند هم‌دما ب) هم‌حجم

۴۷ الف) ۴ ب) ۱ پ) ۳

۴۸ الف) $V_A = V_B$

ب) $W = -۰/۵ \times ۸ \times ۳۰۰ \Rightarrow W = -۱۲۰۰J$

۴۹ الف) d ب) f پ) a ت) c

۵۰ الف) ۱) هم‌دما ۲) بی‌درو

ب) در فرایند ۱ زیرا سطح زیر نمودار کمتر است.

پ) افزایش - به علت تراکم $(\Delta u = w > ۰)$ انرژی درونی افزایش می‌یابد و در نتیجه ΔT نیز افزایش می‌یابد.

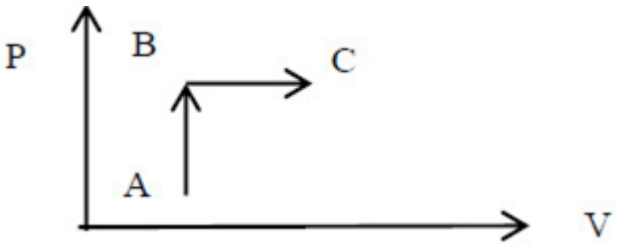
$\Delta T > ۰$

۵۱ $p_۱ \times v_۱ = p_۲ \times v_۲ \Rightarrow p_۲ = \frac{۱۲}{۳} = ۴\ \text{atm}$

$\Delta T = ۰ \Rightarrow \Delta u = ۰ \Rightarrow w = -Q$

$s = |w| = ۸۰۰j$

$Q = -۸۰۰j$

۵۲ 

۵۳ این آزمایش مشابه حالتی است که گاز محبوس در استوانه‌ای با پیستون آزاد در تماس با یک منبع گرما با دمای قابل تنظیم است و دمای منبع به آرامی بالا می‌رود.

به علت اختلاف جزئی دمای بین منبع (آب) و هوای درون سرنگ، گرما به کندی به هوای محبوس درون سرنگ منتقل می‌شود و هوا به آرامی [در فشار ثابت] اندکی منبسط می‌گردد و پیستون، سرنگ را اندکی به جلو می‌راند. اگر گرما دادن را به همین روش تدریجی ادامه دهیم، ضمن افزایش دما و حجم هوای درون سرنگ، پیستون به آهستگی حرکت می‌کند. وقتی سرنگ به طور افقی درون آب قرار گرفته است، اختلاف فشاری بین درون سرنگ و آب بیرون آن وجود ندارد و به محض این‌که یکی از این دو فشار اندکی افزایش یا کاهش یابد، پیستون جابه‌جا می‌گردد تا دوباره فشارها برابر شوند. و چون در این‌جا فشار آب تغییر نمی‌کند، فشار درون سرنگ هم تغییر نخواهد کرد و انبساطی هم‌فشار خواهیم داشت.

۵۴ الف) اگر پیستون را با گیره‌ای ثابت کنیم و دمای گاز را با استفاده از یک منبع گرما به تدریج افزایش یا کاهش دهیم، فشار گاز طی یک فرایند هم‌حجم ایستاوار، افزایش یا کاهش می‌یابد.

ب) با افزایش دمای کند و تدریجی توسط منبع گرما، در هر مرحله به علت اختلاف دمای جزئی بین منبع و دستگاه، مقدار کمی گرما به گاز منتقل می‌شود که در نتیجه آن گاز کمی منبسط می‌شود و پیستون را که حالا آزاد است اندکی به طرف بالا جابه‌جا می‌کند. اگر گرما دادن را به همین روش به صورت آهسته ادامه دهیم، گاز به کندی منبسط می‌شود و پیستون به طور ایستاوار به بالا حرکت می‌کند. شتاب حرکت پیستون چنان کم است که می‌توان گفت در طی گرما دادن همواره فشار گاز ثابت می‌ماند. برای کاهش حجم ایستاوار و هم‌فشار گاز نیز، به روش مشابه، دمای منبع گرما را به تدریج و به کندی کاهش می‌دهیم.

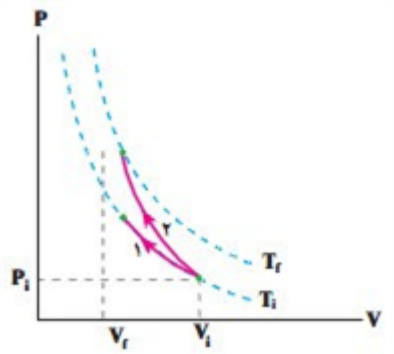
۵۵ در این‌جا برای هوای داخل سرنگ تراکمی بی‌دررو رخ می‌دهد، چرا که گفتیم هرگاه تغییر حجم گاز چنان به سرعت رخ دهد که گاز فرصت تبادل گرما با محیط را پیدا نکند، آن فرایند تراکمی یا انبساطی، بی‌دررو است. در یک تراکم بی‌دررو، دمای گاز کامل افزایش می‌یابد. بنابراین، در این‌جا دمای هوای داخل سرنگ زیاد می‌شود و با توجه به این‌که نقطه‌ی اشتعال کاغذ نیتروسلولز بسیار پایین است، با اندک افزایش دمایی مشتعل می‌شود. البته این آزمایش را می‌توان با انواع دیگری از کاغذ نیز انجام داد ولی لازمه‌ی آن دقت فراوان در انجام آزمایش است، در حالی‌که با کاغذ نیتروسلولز، به سادگی می‌توان به نتیجه رسید.

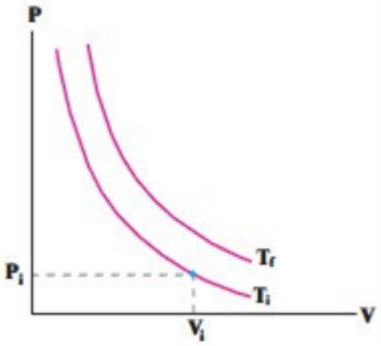
۵۶ با توجه به این که در تراکم، کار محیط روی گاز (دستگاه) مثبت است، نتیجه می‌گیریم $\Delta U > 0$ است. چون گاز، کامل (آرمانی) است افزایش انرژی درونی گاز با افزایش دمای آن همراه است؛ یعنی دمای گاز افزایش می‌یابد. این نتیجه از رابطه‌ی $\Delta U = nC_V \Delta T$ نیز قابل مشاهده است.

در رسم منحنی‌های هم دما، دمای بالاتر مربوط به خم (منحنی) بالاتر است؛ مانند شکل روبه‌رو:

بدیهی است که در تراکم هم‌دما، دما تغییر نمی‌کند و همواره $T = T_i$ است (مسیر ۱). ولی نشان دادیم که در تراکم هم‌دما، دمای گاز افزایش می‌یابد، پس گاز باید به دمای بالاتری مثل T_f برسد (مسیر ۲).

چون سطح زیر نمودار مربوط به تراکم بی‌دررو بیش‌تر است، $|W|$ برای این فرایند مقدار بیش‌تری دارد.





۵۷ وقتی در نوشابه باز می‌شود، گاز محبوس در بالای آن و نیز گاز کربن دی‌اکسید خارج شده از نوشابه انبساط می‌یابد. این انبساط چنان سریع صورت می‌گیرد که آن‌را می‌توان تقریباً بی‌دررو پنداشت. بنابراین انرژی لازم برای انبساط گاز صرفاً توسط انرژی درونی تأمین می‌شود که همان انرژی گرمایی خودِ گاز است. بنابراین، گاز انرژی گرمایی از دست می‌دهد و سردتر می‌شود که این باعث می‌گردد بخار آب موجود در گازِ در حال انبساط به صورت قطرات آب درآید. این قطرات موجود در هوا، هاله‌ی رقیقی را تشکیل می‌دهند که در اطراف دهانه‌ی بطری دیده می‌شود. (توجه کنید اگر دمای مایع در نزدیک نقطه‌ی انجماد باشد یخ زدن نوشابه نیز ممکن است رخ دهد. چرا که وقتی درِ بطری باز می‌شود، فشار داخل آن ناگهان تا فشار جو کاهش می‌یابد و این به بالا رفتن نقطه‌ی انجماد مایع می‌انجامد. مایع که دمای آن اکنون زیر نقطه‌ی انجماد جدید قرار دارد، شروع به یخ زدن می‌کند.)

۵۸ با توجه به معادله‌ی حالت گاز کامل داریم: $\mathrm{PV} = \mathrm{nRT} \Rightarrow P = \left(\frac{\mathrm{nR}}{V}\right)T$

اگر طبق راهنمایی، خطّی عمودی بر محور حجم رسم کنیم به گونه‌ای که هر چهار نمودار را قطع کند از رابطه‌ی بالا در می‌یابیم که برای چهار نقطه‌ی تلاقی که در آن‌ها nR/V (ضریب T) برابر است، فشار کم‌تر مربوط به دمای کم‌تر است. بنابراین، منحنی $T_۱$ که خط عمود بر محور حجم را در جا (فشار) پایین‌تری قطع کرده است کم‌ترین دما را دارد و منحنی $T_۴$ که خط عمود بر محور را در جا (فشار) بالاتری قطع کرده است، بیش‌ترین دما را دارد و بدین ترتیب $T_۴ > T_۳ > T_۲ > T_۱$ است. در این صورت، معادله‌ی حالت گاز کامل را به صورت زیر بنویسیم:

$$V = \left(\frac{\mathrm{nR}}{P}\right)T$$

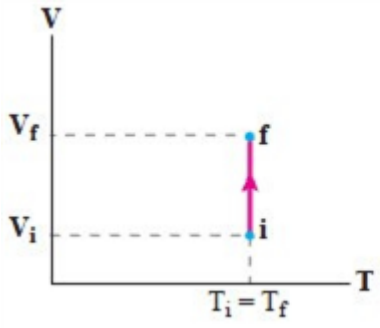
حال اگر خطی به محور فشار رسم کنیم؛ به گونه‌ای که هر چهار نمودار را قطع کند، از رابطه‌ی بالا درمی‌یابیم در مقایسه‌ی این چهار نقطه‌ی تقاطع، کم‌ترین حجم مربوط به کم‌ترین دما و بیش‌ترین حجم مربوط به بیش‌ترین دما است. بنابراین داریم: $T_۴ > T_۳ > T_۲ > T_۱$

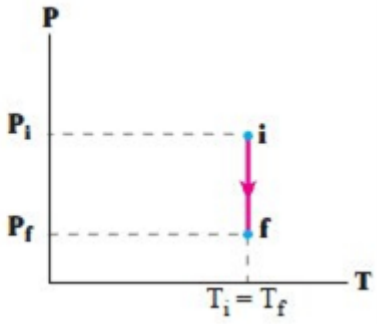
از این تمرین درمی‌یابیم که نمودارهای هم‌دما برای ما حکم یک دماسنج را دارند و با مشاهده‌ی آن‌ها در مقایسه با یک‌دیگر می‌توان درباره‌ی دما اظهار نظر کرد و با مشاهده‌ی نمودار یک فرایند در زمینه‌ی آن‌ها می‌توان درباره‌ی تغییر دمای گاز در مسیر آن فرایند اظهارنظر کرد.

ب) همان‌طور که اشاره کردیم، مقدار کار برابر مساحت زیر نمودار $P - V$ است. چون مساحت زیر منحنی $T_۱$ از همه کم‌تر و مساحت زیر منحنی $T_۴$ از همه بیش‌تر است، بنابراین داریم:

$$|W_۴| > |W_۳| > |W_۲| > |W_۱|$$

۵۹ بدیهی است که باید ترتیبی دهیم که حجم گاز داخل استوانه‌ی حاوی گازی که در تماس با یک منبع گرما با دمای ثابت است به گونه‌ای تدریجی و ایستاوار افزایش یابد. پس کاهش تدریجی ساچمه‌های سربی می‌تواند روشی قابل قبول باشد؛ البته این کار را می‌توان با روش‌های متفاوتی انجام داد. مثلاً می‌توان به جای ساچمه‌های سربی از کیسه‌های شنی استفاده کرد که سوراخ کوچکی در آن ایجاد شده، به گونه‌ای که شن به آرامی از آن خارج می‌شود. در هر حال، با کاهش وزن روی پیستون و در نتیجه فشار گاز، پیستون به سمت بالا حرکت می‌کند و در نتیجه گاز منبسط می‌شود. نمودارهای $P - T$ و $V - T$ این فرایند به صورت زیر می‌شود:





در مورد علامت‌های Q و W توجه کنید چون گاز منبسط شده است، پس گاز (دستگاه) روی محیط کار (مثبت) انجام داده و بنابراین $W < ۰$ است. چون فرایند هم‌دما است، برای گاز کامل که انرژی درونی آن فقط به دما بستگی دارد $\Delta \mathrm{U} = ۰$ است و بنابراین از قانون اول ترمودینامیک درمی‌یابیم $Q + W = ۰$ و در نتیجه با توجه به این‌که $W < ۰$ است، Q باید مثبت باشد. این نتیجه را می‌توانیم این‌طور توجیه کنیم که در واقع در هر مرحله‌ی کوچک از فرایند، بر اثر انبساط گاز، دمای گاز اندکی کاهش می‌یابد که این کاهش دما با گرفتن گرما از منبع جبران می‌شود.

۶۰ آ) بی‌دررو (۰/۲۵)　　ب) کاهش (۰/۲۵)　　پ) هم‌حجم (۰/۲۵)　　ت) گرما (۰/۲۵) ص ۵ تا ۱۶

۶۱ $\Delta U_{bc} = Q_{bc} + W_{bc} \rightarrow Q_{bc} = ۰ (۰/۲۵), \Delta U_{bc} = W_{bc} = -۱۰۰۰ J (۰/۲۵)$

$W_{ca} = -P\Delta V (۰/۲۵) \rightarrow W_{ca} = -۱ \times ۱۰^{۵} \times (۲ - ۶) \times ۱۰^{-۳} (۰/۲۵) = ۴۰۰ J (۰/۲۵)$

$\Delta U_{\text{چرخه}} = ۰ \rightarrow Q_{\text{کل}} = -(W_{ab} + W_{bc} + W_{ca}) (۰/۲۵) \rightarrow Q_{\text{کل}} = -(۰ + ۴۰۰ - ۱۰۰۰)$

$= -(-۶۰۰) (۰/۲۵) \rightarrow Q = ۶۰۰ J (۰/۲۵)$

(ص ۳۳)

۶۲ آ) $\frac{P_A V_A}{T_A} = nR (۰/۲۵) \rightarrow ۳ \times ۱۰^{۵} \times ۳۲ \times ۱۰^{-۳} = ۱ \times ۸ \times T_A (۰/۲۵) \rightarrow T_A = ۱۲۰۰ K (۰/۲۵)$

ب) $\Delta U_{AC} = nC_V \Delta T (۰/۲۵) \quad \Delta U_{AC} = ۱ \times \frac{۳}{۲} \times ۸ \times (۶۰۰ - ۱۲۰۰) = -۷۲۰۰ J (۰/۲۵)$

پ) تغییر انرژی درونی در هر دو فرآیند با هم برابر است $(\Delta U_a = \Delta U_b)$. (۰/۲۵)

۶۳ آ) بی‌دررو (۰/۲۵) ب) کاهش (۰/۲۵) پ) هم‌حجم (۰/۲۵) ت) گرما (۰/۲۵) ص ۵ تا ۱۶

۶۴ آ) درست (۰/۲۵) ص ۲۱ ب) درست (۰/۲۵) ص ۲

پ) درست (۰/۲۵) ص ۶۵ ت) نادرست (۰/۲۵) ص ۱۶۵

۶۵ الف) ۳ ب) ۴ پ) ۱ ت) ۲

۶۶ الف) مسیر ۱ (۰/۲۵) ب) مسیر ۴ (۰/۲۵) پ) مسیر ۳ (۰/۲۵) ت) مسیر ۲ (۰/۲۵)

۶۷ گزینه‌ی ۱ پاسخ صحیح است. در هر سه فرآیند دمای گاز از یک دمای اولیه‌ی برابر، به دمای نهایی و ثانویه‌ی یکسان می‌رسد، بنابراین تغییر انرژی درونی گاز در هر سه فرآیند با هم برابر خواهد بود. یعنی

$\Delta U_X = \Delta U_Y = \Delta U_Z$

از طرفی می‌دانیم که اندازه‌ی کار انجام شده در هر فرآیند با سطح زیر منحنی P-V آن برابر است. اگر فرآیند انبساطی و همراه با افزایش حجم باشد علامت کار منفی و اگر فرآیند تراکمی و همراه با کاهش حجم باشد علامت کار مثبت خواهد بود. پس با توجه به نمودار فرآیندها علامت کار هر یک از فرآیندها به صورت زیر خواهد بود.

$W_X < ۰ \rightarrow$ فرآیند X انبساطی است.

$W_Y = ۰ \rightarrow$ فرآیند Y هم حجم است.

$W_Z > ۰ \rightarrow$ فرآیند Z تراکمی است.

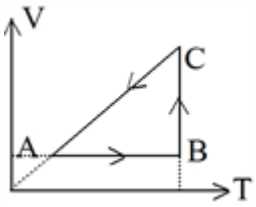
با توجه به قانون اول ترمودینامیک که به صورت $\Delta U = Q + W$ است و نتایج اخیر به دست آمده عبارت زیر را می‌نویسیم:

$Q_X + W_X = Q_Y + W_Y = Q_Z + W_Z$

$W_X < W_Y < W_Z$

$\rightarrow Q_X > Q_Y > Q_Z$

۶۸



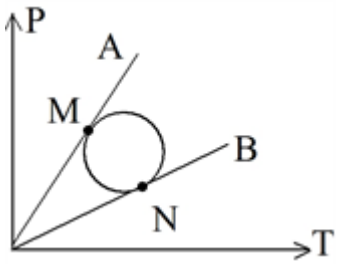
۶۹

فرآیند / کمیت	T (دما)	V (حجم)	P (فشار)
A ⟶ B	افزایش		افزایش
B ⟶ C	کاهش	افزایش	
C ⟶ A		کاهش	بدون تغییر

۷۰ الف) $PV = nRT \qquad V = \frac{۰/۲۵ \times ۸ \times ۳۰۰}{۱۰^۵} = ۶ \times ۱۰^{-۳}\, m^۳ = ۶\ \text{lit}$

ب) $\frac{P_۱}{T_۱} = \frac{P_۲}{T_۲} \qquad \frac{۱۰^۵}{۳۰۰} = \frac{P_۲}{۳۶۰} \rightarrow P_۲ = ۱/۲ \times ۱۰^۵\ \text{Pa}$

۷۱ اگر شیب خط مماس بر نمودار را رسم کنیم، مقدار آن با حجم رابطه‌ی عکس دارد. با توجه به این موضوع می‌توان گفت در نقطه‌ای که شیب خط مماس، بیش‌ترین مقدار را دارد، حجم گاز کم‌ترین مقدار و در نقطه‌ای که شیب خط مماس کم‌ترین مقدار را دارد، حجم گاز بیش‌ترین مقدار را دارد. پس در نقطه‌ی M کم‌ترین حجم و در نقطه‌ی N بیش‌ترین حجم را داریم.



۷۲

فرایند / کیفیت	W	Q	ΔU
A → B		مثبت	
B → C	منفی		صفر
C → A			منفی

هر مورد (۰/۲۵)

۷۳ ۱- «ب» ۲- «الف» ۳- «د»

۷۴ $Q = \mathrm{nC_{MV}}(T_۲ - T_۱) \Rightarrow Q = n \times \frac{۳}{۲} R \left(\frac{P_۲ V_۱}{\mathrm{nR}} - \frac{P_۱ V_۱}{\mathrm{nR}} \right) = \frac{۳}{۲} V (P_۲ - P_۱)$

$Q = \frac{۳}{۲} \times ۴ \times ۱۰^{-۳} (۵۰ - ۲۰) \times ۱۰^{۵} = ۱۸۰۰۰\mathrm{J}$

$W = ۰ \Rightarrow \Delta \mathrm{U} = Q + w = Q = ۱۸۰۰۰ + ۰ = ۱۸۰۰۰\mathrm{J}$

۷۵ در فرآیند AB نسبت P به T ثابت است و با توجه به رابطه‌ی $V = \mathrm{nR}\ \frac{T}{P}$ حجم ثابت است و دما و فشار در حال افزایش هستند.

در فرآیند BC دما افزایش می‌یابد و فشار کاهش می‌یابد و با توجه به رابطه‌ی $V = \mathrm{nR}\ \frac{T}{P}$ حجم افزایش می‌یابد.

فرآیند	P	T	V
A → B	افزایش	افزایش	ثابت
B → C	کاهش	افزایش	افزایش

۷۶ نمودار A هم دما و نمودار B بی‌دررو است.

در فرآیند هم‌دما انرژی درونی و دمای گاز ثابت است. اما در فرآیند انبساط بی‌دررو به دلیل منفی بودن W و صفر بودن Q انرژی درونی و در نتیجه دما کاهش می‌یابد. بنابراین کاهش فشار گاز در فرآیند انبساط بی‌دررو از کاهش فشار گاز در فرآیند انبساط هم‌دما بیش‌تر است.

۷۷ کار انجام شده روی گاز برابر منفی مساحت داخل چرخه است.

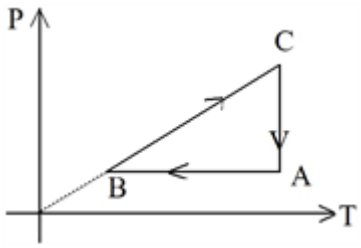
$W = -\frac{۱}{۲}(۳۰ - ۱۰) \times ۱۰^{۵} \times (۴ - ۱) \times ۱۰^{-۳} = -۳۰۰۰\mathrm{J}$

در چرخه تغییر انرژی درونی صفر است.

$\Delta \mathrm{U} = ۰ \Rightarrow W + Q = ۰ \Rightarrow -۳۰۰۰ + Q = ۰ \Rightarrow Q = ۳۰۰۰\mathrm{J}$

۷۸ $\Delta \mathrm{u_{ca}} = -\Delta \mathrm{u_{abc}}$ (۰/۲۵) $\Rightarrow \Delta \mathrm{u_{ca}} = -(Q_{\mathrm{abc}} + W_{\mathrm{abc}})$ (۰/۲۵) $\Delta \mathrm{u_{ca}} = -(۶۰ - ۵۰) = -۱۰\mathrm{J}$ (۰/۲۵)

۷۹ هر فرآیند درست است. (۰/۲۵)



۸۰

فرآیند	حجم گاز	فشار گاز	انرژی درونی گاز
A → B	کاهش		ثابت
B → C	افزایش	کاهش	
C → A	کاهش		کاهش

۸۱ ۱ و ۳

۸۲ الف)
$$\begin{matrix} Q_H = ۸\,\text{kJ} \\ |W| = ۲\,\text{kJ} \end{matrix} \Rightarrow \eta = \frac{|W|}{Q_H} = \frac{۱}{۴} = ۲۵\%$$

ب) در هر چرخه $m_{\text{سوخت مصرف شده}} = \frac{Q_H}{E} = \frac{۸\times۱۰^{۳}J}{۵\frac{J}{g}} = ۱۶۰۰g$

پ) در هر ثانیه ۴۰ چرخه کامل انجام می‌گیرد: $P = \frac{W}{t} = \frac{۴۰\times۲\,\text{kJ}}{۱s} = ۸۰\,\text{kW}$

۸۳ الف) $Q_H = |W| + |Q_C| \Rightarrow |W| = Q_H - |Q_C| = ۱۰۰ - ۶۰ = ۴۰J$

$$\eta = \frac{|W|}{Q_H} = \frac{۴۰}{۱۰۰} = ۴۰\%$$

ب) $P = \frac{|W|}{t}$

تعداد دو چرخه کامل در هر ثانیه انجام می‌شود. $t = ۱s \Rightarrow$

$$P = \frac{۲\times۴۰J}{۱s} = ۸۰W$$

۸۴ آ) درست $(۰/۲۵)$ (ص ۲۷) ب) نادرست $(۰/۲۵)$ (ص ۹۱ و ۲۶)

پ) نادرست $(۰/۲۵)$ (ص ۹۹) ت) درست $(۰/۲۵)$ (ص ۱۶۵)

۸۵ آ) $|W| = Q_H - |Q_C|$ $(۰/۲۵)$ $|W| = ۳\times۱۰^{۱۰} - (۱/۸\times۱۰^{۱۰})(۰/۲۵) \rightarrow |W|$
$= ۱/۲\times۱۰^{۱۰}J(۰/۲۵)$

ب) $\eta = \frac{|W|}{Q_H}(۰/۲۵) \rightarrow \eta = \frac{۱/۲\times۱۰^{۱۰}}{۳\times۱۰^{۱۰}} = ۰/۴ \rightarrow ۴۰\%\,(۰/۲۵)$

ص ۲۵

۸۶ الف) درون‌سوز $(۰/۲۵)$ ب) می‌گیرد $(۰/۲۵)$ پ) BC $(۰/۲۵)$

۸۷ A: برون‌سوز B: ماشین بخار C: موتور بنزینی

۸۸ الف) نادرست $(۰/۲۵)$ ب) نادرست $(۰/۲۵)$ پ) درست $(۰/۲۵)$ ت) درست $(۰/۲۵)$

۸۹ الف) ماشین گرمایی $(۰/۲۵)$ ب) $Q_H - |W| - |Q_c| = ۰$ $(۰/۲۵)$

۹۰ الف) برون‌سوز ب) درون‌سوز پ) ماشین بخار ت) یخچال ث) کولر گازی

۹۱ $Q_H = Q_C + H \Rightarrow ۶۴۰۰ = ۴۰۰۰ + W \Rightarrow W = ۲۴۰۰J$

$$\eta = \frac{W}{Q_H} \Rightarrow \eta = \frac{۲۴۰۰}{۶۴۰۰}\times۱۰۰ = \frac{۳}{۸}\times۱۰۰ = ۳۷/۵$$

۹۲ $\eta = \frac{W}{Q_H}\times۱۰۰\% = \frac{۱۳۰}{۵۰۰}\times۱۰۰\% = ۲۶\%$

۹۳ A: یخچال‌ها / B: کولر گازی / C: برون‌سوز / D: درون‌سوز / E: موتور بنزینی

۹۴ $\eta = ۱ - \frac{|Q_۱|}{Q_H} = ۱ - \frac{۶۰}{۱۰۰} = ۴۰\%$

$Q_H = |W| + |Q_L| \Rightarrow |W| = ۱۰۰ - ۶۰ = ۴۰$

$P = \frac{|W|}{t} = \frac{۴۰}{۰/۰۰۵} = ۸۰W$

۹۵ $۲۰۰\text{kJ} = ۱۴۰\text{kJ} + W \Rightarrow W = ۶۰\text{ kJ}$

$\eta = \frac{|W|}{Q_{vt}} = \frac{۶۰۰۰۰}{۲۰۰۰۰۰} = ۰/۳ \times ۱۰۰ = ۳۰\%$

$P = \frac{W}{t} = \frac{۶۰۰۰۰ \times ۵}{۱} = ۳۰ \times ۱۰^۴ = ۳ \times ۱۰^۵ W$

۹۶ الف) $\eta = ۱ - \frac{|Q_L|}{Q_H} = ۱ - \frac{۶۰}{۱۰۰} = ۴۰\%$

ب) $Q_H = |W| + |Q_L| \Rightarrow |W| = ۴۰J, P = \frac{|W|}{t} = \frac{۴۰}{۰/۰۰۵} = ۸۰۰۰W$

۹۷ الف) ماشین D (۰/۲۵) ب) ماشین B (۰/۲۵) پ) ماشین A (۰/۲۵)

۹۸ الف) یخچال (۰/۲۵) ب) بله (۰/۲۵)

$|Q_H| = Q_c + W$ (۰/۲۵) $\Rightarrow ۱۰۰ = ۷۰ + ۳۰ \Rightarrow ۱۰۰ = ۱۰۰$ (۰/۲۵)

۹۹ دوم (۰/۲۵)

۱۰۰ گرما - کار