نام دبیر : مهدی باباخانی

عنوان آزمون : تمرینات پایان فصل ۵

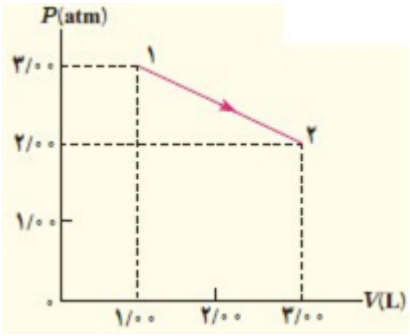
نام درس : فیزیک

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

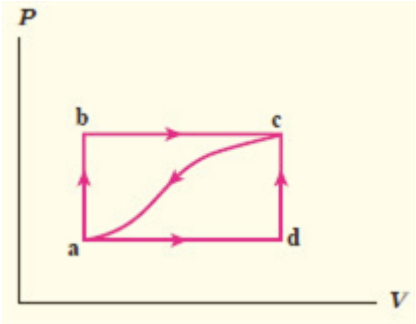
۲ الف) در فرایند هم‌حجم چگونه می‌توان فشار گاز را افزایش یا کاهش داد؟
ب) در فرایند هم‌فشار چگونه می‌توان حجم گاز را افزایش یا کاهش داد؟

۳ 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؟

۴ 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؟

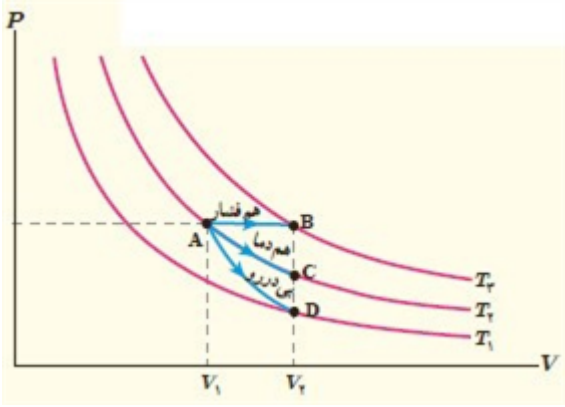


۵ گازی مطابق شکل زیر، از طریق مسیر abc از حالت a به c، می‌رود. گاز در این مسیر، ۹۰ ژول گرما می‌گیرد و ۷۰ ژول کار انجام می‌دهد.
الف) تغییر انژری درونی گاز در مسیر abc چه‌قدر است؟
ب) اگر برای رسیدن به حالت c فرایند از مسیر abc انجام شود، کار انجام شده توسط گاز در مقایسه با مسیر abc بیش‌تر است یا کم‌تر؟ 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؟

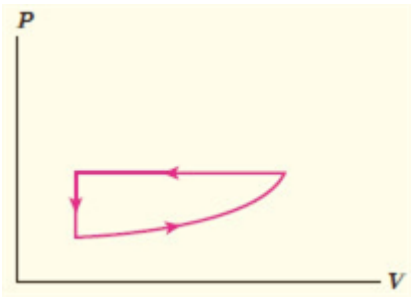


۶ یک مکعب آلومینیمی توپُر به ضلع $۲۰/۰\ \mathrm{cm}$ از $۵۰/۰^\circ C$ تا $۱۵۰/۰^\circ C$ در فشار متعارف جو $(۱/۰۱\times ۱۰^{۵}\ \mathrm{Pa})$ گرم می‌شود. کار انجام شده توسط مکعب را محاسبه کنید.

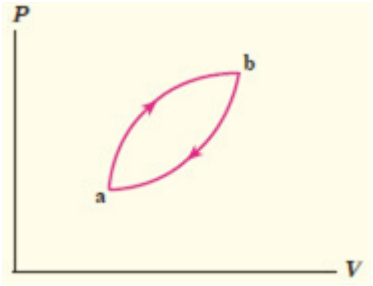
۷ مطابق شکل زیر، حجم گازی آرمانی طی سه فرایند هم‌فشار، هم‌دما و بی‌دررو از V_1 به حجم بزرگ‌تر V_2 می‌رسد.
الف) اندازه‌ی کار انجام شده توسط گاز را در این سه فرایند مقایسه کنید.
ب) دمای نهایی را در این فرایندها مقایسه کنید.
پ) گرمای داده شده به گاز را در این فرایندها مقایسه کنید.



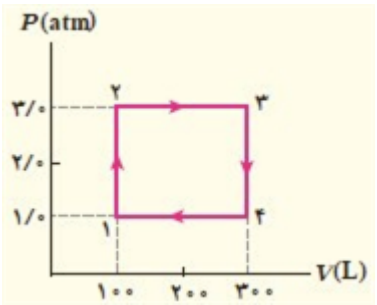
۸ برای چرخه‌ی گازی که نمودار $P-V$ آن در این‌جا نشان داده شده است، ΔU گاز، W و Q مثبت است یا منفی، و یا برابر صفر است؟



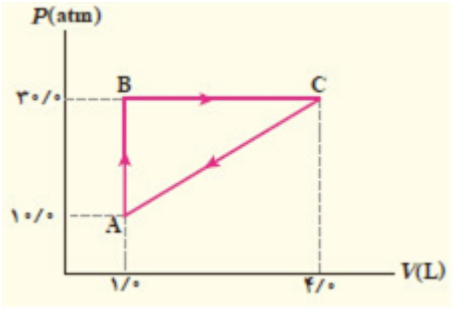
۹ شکل روبه‌رو چرخه‌ای را نشان می‌دهد که یک گاز طی کرده است.
الف) تعیین کنید که گاز در این چرخه گرما گرفته یا از دست داده است؟
ب) اگر مقدار گرمای مبادله شده در این چرخه $۴۰۰J$ باشد، کار انجام شده روی گاز چه‌قدر است؟



۱۰ 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؟



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

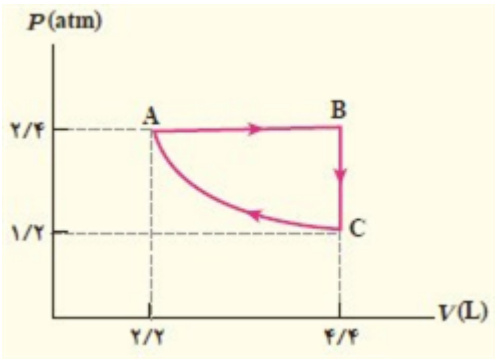


۱۲ دستگاهی متشکل از $0/32\ \text{mol}$ گاز کامل تک‌اتمی حجمی برابر $2/2L$ را در فشار $2/4\ \text{atm}$ اشغال کرده است. این دستگاه چرخه‌ای مطابق شکل زیر را می‌پیماید که در آن فرایند CA فرایندی هم‌دما است.

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.



۱۳ یک ماشین گرمایی در هر چرخه $100/0J$ گرما از منبع دما بالا می‌گیرد و $60/0J$ گرما به منبع دما پایین می‌دهد و بقیه‌ی آن تبدیل به کار می‌شود.

الف) بازده این ماشین چه‌قدر است؟

ب) اگر هر چرخه $0/500s$ طول بکشد، توان خروجی این ماشین چه‌قدر است؟

۱۴ یک ماشین گرمایی درون‌سوز در هر چرخه $8/00\ \text{kJ}$ گرما از سوزاندن سوخت دریافت می‌کند و $2/00\ \text{kJ}$ کار تحویل می‌دهد. گرمای حاصل از سوخت $5/0\times10J/g$ است و ماشین در هر ثانیه $40/0$ چرخه را می‌پیماید. کمیت‌های زیر را حساب کنید.

الف) بازده ماشین

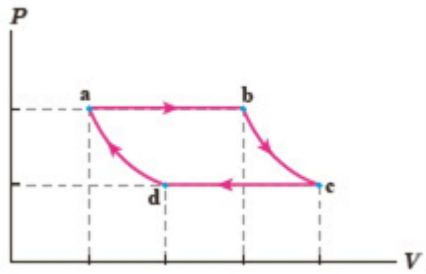
ب) سوخت مصرف شده در هر چرخه

پ) توان ماشین

۱۵ قایق پوت - پوت، نوعی قایق اسباب بازی است که اساس کار آن مانند ماشین‌های برون‌سوز است. در مورد این قایق‌های اسباب بازی تحقیق کرده و سعی کنید آن‌را بسازید.

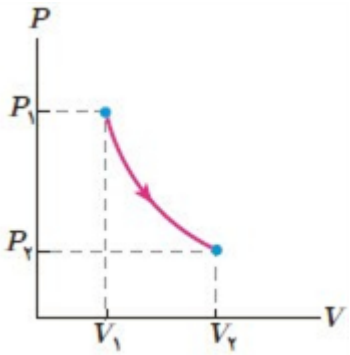
۱۶ در مورد ماشین‌های بخاری که امروزه در نیروگاه‌های گرمایی (حرارتی) استفاده می‌شوند و نحوه‌ی کارکرد آن‌ها تحقیق کنید و نتیجه تحقیق را در کلاس ارائه نمایید.

۱۷ شکل روبه‌رو یک چرخه‌ی ترمودینامیکی فرضی را نشان می‌دهد.
الف) کار انجام شده روی دستگاه در هر فرایند را برحسب سطح زیر نمودار آن بیان کنید.
ب) نشان دهید مقدار کار کل انجام شده روی دستگاه برابر با مساحت داخل چرخه است.
پ) کار کل انجام شده روی دستگاه مثبت است یا منفی؟ توضیح دهید.



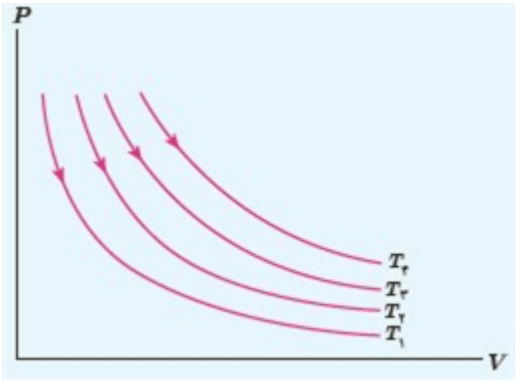
۱۸ سرنگ آتش‌زنه استوانه‌ی کوچکی است مجهز به پیستونی که کاملاً بر سطح داخلی استوانه منطبق است. در فضای محبوس داخل سرنگ، فقط هوا و تکه‌ی کوچکی از پنبه قرار دارد. با راندن سریع پیستون به داخل، و تراکم بی‌دررو هوای محبوس، تکه‌ی پنبه مشتعل می‌شود. (معمولاً از کاغذ نیتروسلولز در این آزمایش استفاده می‌شود که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

۱۹ 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؟



۲۰ 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.

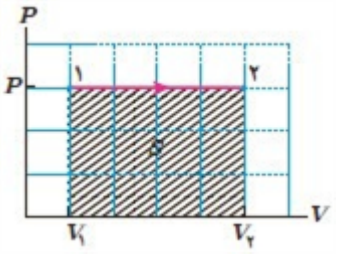
۲۱ در شکل روبه‌رو، نمودار $P-V$ مربوط به انبساط هم‌دمای یک گاز آرمانی در دماهای مختلف رسم شده است.
الف) نشان دهید: $T_۴ > T_۳ > T_۲ > T_۱$. (راهنمایی: خطی عمود بر محور V یا عمود بر محور P رسم کنید، به گونه‌ای که هر چهار نمودار را قطع کند و سپس قانون گازهای آرمانی را برای نقطه‌های برخورد با منحنی‌ها به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



۲۲ انتهای یک سرنگ حاوی هوا را مسدود و آن‌را وارد حجم بزرگی از آب کنید. پس از مدتی، پیستون سرنگ را به آرامی بفشارید. هوای درون سرنگ چه فرایندی را طی می‌کند؟

۲۳ 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.

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



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

۲۶ نشان دهید نمودار $V-T$ برای فرایند هم‌فشارِ یک گاز آرمانی، خط راستی است که امتداد آن از مبدأ مختصات می‌گذرد.

۲۷ 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 $۱/۰۱\times۱۰^۵\ \mathrm{Pa}$ درنظر بگیرید.

۲۸ دما و فشار متعارف (STP) برای گاز، دمای $۰^\circ C=۲۷۳K$ و فشار $۱/۰۱۳\times۱۰^۵\ \mathrm{Pa}$ $۱\mathrm{atm}=$ معرفی می‌شود. حجم یک مول گاز کامل در دما و فشار متعارف چه‌قدر است؟

۱ از قانون اول ترمودینامیک داریم:

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

۲ 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.

۳ 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.

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

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

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.

۵ 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:

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

۶ با استفاده از تعریف کار و رابطه‌ی انبساط حجمی داریم:

$$W_{\text{کار مکعب روی هوا}} = -W = \mathrm{P}\Delta \mathrm{V} = P(\beta \mathrm{V}\Delta \mathrm{T})$$

$$= (۱/۰۱\times ۱۰^{۵} N/m^{۲}) \left[(۳\times ۲۳\times ۱۰^{-۶}/^{\circ}C)(۸/۰\times ۱۰^{-۳} m^{۳})(۱۰۰/۰^{\circ}C)\right] = ۵/۸J$$

$$Q = \mathrm{mC}\Delta \mathrm{T} = (\rho \mathrm{V})\mathrm{C}\Delta \mathrm{T} \qquad \text{از طرفی:}$$

$$= (۲/۷\times ۱۰^{۳}\ \mathrm{kg}/m^{۳})(۸/۰\times ۱۰^{-۳} m^{۳})(۹۰۰J/\ \mathrm{kg}.K)(۱۰۰/۰K) = ۱/۹۴\times ۱۰^{۶} J$$

$$\Rightarrow \Delta \mathrm{U} = Q + W = ۱/۹۴\times ۱۰^{۶} J - ۵/۶J = ۱/۹۴\times ۱۰^{۶} J$$

توجه کنید که کار انجام شده در برابر Q بسیار ناچیز و اهمیت ندارد که این فرایند در خلأ صورت گیرد $(W = ۰)$ یا خیر. تغییر انرژی درونی در دو حالت یکسان است.

۷ 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.

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

$$\Delta U = Q + W$$

که در آن W کار محیط است. توجه کنید که در این‌جا فرایند چرخه‌ای داریم و $\Delta U = ۰$ 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.

۹ الف) در فرایند چرخه‌ای $\Delta U = ۰$ 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: $W = -Q = -۴۰۰J$

۱۰ 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 $۱ \to ۲$ و $۲ \to ۳$ دمای گاز زیاد شده است و با توجه به رابطه‌های $Q = nC_V\Delta T$ و $Q = nC_P\Delta T$ در می‌یابیم گاز گرما می‌گیرد.

ت) در فرایندهای $۳ \to ۴$ و $۴ \to ۱$ دمای گاز کم شده است و با توجه به رابطه‌های $Q = nC_V\Delta T$ و $Q = nC_P\Delta T$ در می‌یابیم گاز گرما از دست می‌دهد.

۱۱ 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:

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

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

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

$= ۲۰۰/۴K \approx ۲/۰\times۱۰^{۲} K$

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

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.

$\Delta U_۱ = Q_۱ + W_۱$

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

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

$= -۵۳۳/۳J \approx -۰/۵۳kJ \Rightarrow \Delta U_۱ = Q + W_۱ = ۱/۳kJ - ۰/۵۳\,kJ = ۰/۷۷kJ \approx ۰/۸\,kJ$

(که البته این نتیجه را می‌توانیم از رابطه‌ی $\Delta U = nC_V\Delta T$ نیز به دست آوریم)

$\Delta U_۲ = Q_۲ + W_۲$

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

$= -۸۰۰/۱J \approx -۰/۸۰kJ \Rightarrow \Delta U_۲ = ۰ + (-۸۰۲J) \approx -۰/۸۰\,kJ$

۱۳ 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. $\Rightarrow t = ۱s$

$P = \frac{۲\times۴۰J}{۱s} = ۸۰W$

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

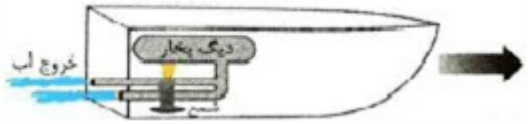
ب) در هر چرخه $m_{\text{سوخت مصرف شده}} = \frac{Q_H}{E} = \frac{۸\times۱۰^{۳} J}{۵\frac{J}{g}} = ۱۶۰۰g$

پ) در هر ثانیه ۴۰ چرخه کامل انجام می‌گیرد:

$P = \frac{W}{t} = \frac{۴۰\times۲\,kJ}{۱s} = ۸۰\,kW$

۱۵ قایق پوت پوت سیلندر، پیستون، میل‌لنگ، سوپاپ‌های ورود و خروج بخار و ... ندارد ولی در آن چرخه‌ای مشابه چرخه‌ی ماشین بخار رخ می‌دهد و این چرخه کار مکانیکی موردنیاز برای به حرکت درآوردن قایق در یک استخر یا حوض آب را تأمین می‌کند.

می‌توانید برای ساختن قایق از یک بطری پلاستیکی استفاده کنید. بطری را مطابق شکل طوری از وسط نصف کنید که هر نیمه‌ی آن شبیه یک قایق کوچک باشد. یک لوله‌ی مسی به قطر تقریباً ۳ mm و طول تقریباً ۷۰ cm (بسته به بزرگی و کوچکی قایق) تهیه و آن‌را مطابق شکل خم کنید. (این نوع لوله را می‌توانید از تعمیرگاه‌های یخچال بخرید.) برای درست کردن بخش پیچه‌ای شکل در خم این لوله، می‌توانید لوله را دور یک میله بپیچانید. دو سوراخ کوچک در انتهای قایق ایجاد کنید و دو سر لوله‌ی مسی را مطابق شکل از این دو سوراخ عبور دهید. دقت کنید سوراخ‌ها خیلی کوچک باشند طوری که وقتی دو سر لوله‌ی مسی را از آن‌ها عبور می‌دهید، سوراخ‌ها به خوبی مسدود شوند و وقتی قایق روی آب قرار می‌گیرد، آب از کناره‌های این سوراخ‌ها وارد قایق نشود. یک شمع تزئینی که درون استوانه‌ی آلومینیمی کوچکی قرار دارد را مطابق شکل، زیر قسمت پیچه مانند لوله‌ی مسی قرار دهید، طوری که وقتی شمع روشن شد پیچه را داغ کند. لوله‌ی مسی را کاملاً از آب پر کنید. به این منظور می‌توانید یک سر لوله را درون آب قرار دهید و از سر دیگر لوله، هوای درون لوله را بمکید. با مکیدن هوای درون لوله، آب کلّ لوله را پر می‌کند. دو انتهای لوله را با انگشتانتان بگیرید و قایق را طوری در آب قراردهید که دو انتهای لوله کاملاً درون آب باشد. اکنون شمع را روشن کنید. مدتی طول می‌کشد تا آب داخلِ بخش پیچه‌ای شکل لوله به اندازه‌ی کافی داغ و بخار شود. حالا قایق به راه می‌افتد. با نگاه دقیق به حرکت قایق، مشاهده‌ی امواج آب که در محل دو انتهای لوله‌ی مسی تشکیل می‌شود، گوش دادن به صدای قایق و ... متوجه می‌شوید که حرکت قایق به صورت بُریده بُریده و منقطع انجام می‌شود. در واقع در هر ثانیه، چند ضربه قایق زده می‌شود و با هر ضربه قایق کمی به جلو می‌جهد. اگر انگشتتان را پشت دو انتهای لوله و درون آب قرار دهید و البته با این کار مزاحم حرکت قایق نشوید، این ضربه‌ها را احساس خواهید کرد.



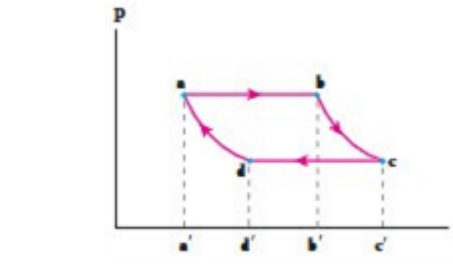
۱۶ در نیروگاه‌های حرارتی، انرژی گرمایی به توان الکتریکی تبدیل می‌شود. اساس کار کلیه‌ی نیروگاه‌های حرارتی گرم کردن آب، تبدیل آن به بخار آب و در پی آن چرخاندن یک توربین بخار است که یک مولّد (ژنراتور) را به راه می‌اندازد. بخار پس از عبور از توربین، در یک چگالنده چگالیده شده و به آب تبدیل می‌گردد. سپس این آب به دیگ بخار برگردانده می شود و در آن‌جا به بخار داغ پُرفشار تبدیل گردیده و مجدداً به طرف توربین می‌رود و این چرخه دوباره تکرار می‌گردد که در واقع همان چرخه‌ی رانکین ماشین‌های بخار است. منبع انرژی یک نیروگاه که از ساز و کار ماشین بخار استفاده می‌کند می‌تواند متفاوت باشد که البته سوخت‌های فسیلی غالب هستند، گرچه از انرژی هسته‌ای، انرژی زمین گرمایی (ژئونرمال) ، و انرژی خورشیدی استفاده می‌شود.

۱۷ الف) برای آن‌که منظور مشخص شود، محل‌های تقاطع خط چین‌های عمودی با محور V را به‌ترتیب با a'، b'، c' و d' نمایش می‌دهیم:

بنابراین، قدر مطلق کار انجام شده در فرایند da برابر مساحت محصور در سطح 'add 'a، قدرمطلق کار انجام شده در فرایند ab برابر مساحت محصور در سطح 'abb'a و قدرمطلق کار انجام شده در فرایند bc برابر مساحت محصور در سطح 'b bcc' و قدرمطلق کار انجام شده در فرایند cd برابر مساحت محصور در سطح 'dcc'd است. اما علامت‌های کار (محیط روی دستگاه) با توجه به این‌که در فرایندهای da و cd از حجم کاسته شده است، مثبت و در فرایندهای ab و bc که به حجم افزوده شده است، منفی است.

ب) کار انجام شده در چرخه برابر جمع جبری کارهای انجام شده در هر چهار فرایند است. اگر مساحت‌ها و علامت‌های کار را که در قسمت الف بررسی کردیم لحاظ کنیم، درمی‌یابیم کار محیط در این چرخه برابر با مساحت محصور در داخل چرخه است و بنابراین مقدار کار برابر مساحت داخل چرخه می شود.

پ) بنا به توضیح قسمت (ب) کار کلّ انجام شده روی دستگاه در این چرخه، منفی است. به عبارت دیگر، شکلی مانند شکل روبه‌رو داریم که همان‌طور که مشاهده می‌کنیم در آن علامت منفی غالب شده است.





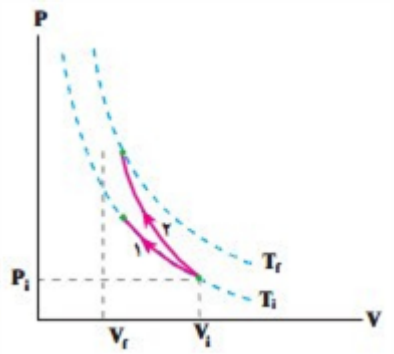
۱۸ در این‌جا برای هوای داخل سرنگ تراکمی بی‌دررو رخ می‌دهد، چرا که گفتیم هرگاه تغییر حجم گاز چنان به سرعت رخ دهد که گاز فرصت تبادل گرما با محیط را پیدا نکند، آن فرایند تراکمی یا انبساطی، بی‌دررو است. در یک تراکم بی‌دررو، دمای گاز کامل افزایش می‌یابد. بنابراین، در این‌جا دمای هوای داخل سرنگ زیاد می‌شود 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.

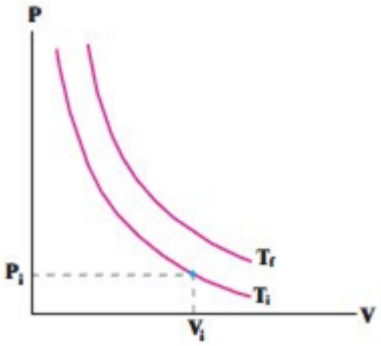
۱۹ با توجه به این که در تراکم، کار محیط روی گاز (دستگاه) مثبت است، نتیجه می‌گیریم $\Delta U > 0$ است. چون گاز، کامل (آرمانی) است افزایش انرژی درونی گاز با افزایش دمای آن همراه است؛ یعنی دمای گاز افزایش می‌یابد. این نتیجه از رابطه‌ی $\Delta U = nC_V \Delta T$ نیز قابل مشاهده است.

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.





۲۰ 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.)

۲۱ 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: $T_۴ > T_۳ > T_۲ > T_۱$

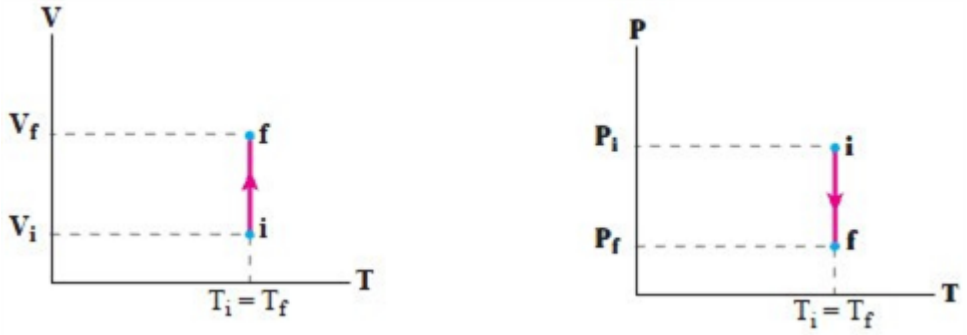
از این تمرین درمی‌یابیم که نمودارهای هم‌دما برای ما حکم یک دماسنج را دارند و با مشاهده‌ی آن‌ها در مقایسه با یک‌دیگر می‌توان درباره‌ی دما اظهار نظر کرد و با مشاهده‌ی نمودار یک فرایند در زمینه‌ی آن‌ها می‌توان درباره‌ی تغییر دمای گاز در مسیر آن فرایند اظهارنظر کرد.

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:

$$|W_۴| > |W_۳| > |W_۲| > |W_۱|$$

۲۲ وقتی سرنگ حاوی هوا را در آب می‌اندازیم و مدتی صبر می‌کنیم، هوای درون سرنگ با آب هم‌دما می‌شود. از این به بعد، هوای درون سرنگ (به عنوان دستگاه) در تماس گرمایی با حجم بزرگ آب (به عنوان منبع گرما) است. دستگاه و منبع، دمای مساوی دارند. با فشردن کُند و آرام پیستون، فشار هوای درون سرنگ افزایش و حجم آن کاهش می‌یابد. ولی از آن‌جا که هوای سرنگ (دستگاه) در تماس گرمایی با آب (منبع گرما) است و فرایند به کندی رخ می‌دهد، دمای دستگاه همان دمای منبع باقی می‌ماند، یعنی دما ثابت است و بنابراین یک انبساط هم‌دما داریم.

۲۳ 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 $\Delta U = ۰$ 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.

۲۴ می‌دانیم که کار در فرایند هم‌فشار از رابطه‌ی $W = -\mathrm{P}\Delta\mathrm{V}$ به دست می‌آید. از روی شکل داده شده برای فرایند هم‌فشار درمی‌یابیم که حاصل‌ضرب $\mathrm{P}\Delta\mathrm{V}$ 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.

۲۵ 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:

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

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

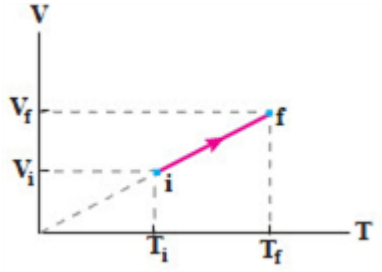
$$\text{کار گاز روی پیستون} = -\mathrm{PAd} = -P(-\Delta\mathrm{V}) = \mathrm{P}\Delta\mathrm{V}$$

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

۲۶ چون گاز، کامل (آرمانی) است با استفاده از معادله‌ی حالت گاز آرمانی داریم:

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

چون $\mathrm{nR}\,|P$ ثابت است، رابطه‌ی بالا معادله‌ی یک خط راست است که امتداد (برون‌یابی) آن از مبدأ مختصات می‌گذرد. بنابراین نمودار این رابطه به شکل روبه‌رو می‌شود.



۲۷ 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:

$$P_۱ = P_{\mathrm{atm}} + \rho \mathrm{gh}$$

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

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

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

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

۲۸ از رابطه‌ی $\mathrm{PV} = \mathrm{nRT}$ استفاده می‌کنیم:

$$V = \frac{\pi \mathrm{RT}}{P} = \frac{(۱/۰۰\,\mathrm{mol})\,[۸/۳۱۴J/\,\mathrm{mol}.\,K]\,(۲۷۳K)}{۱/۰۱۳\times۱۰^{۵}\,\mathrm{Pa}} = ۰/۰۲۲۴m^{۳} = ۲۲/۴L$$

توجه کنید که در این مسئله، منظور از یک مول گاز، دقیقاً یک مول است و نه ۱ mol یا ۱/۰ mol و ... به همین دلیل مقدار رقم‌های با معنی در یک مول، محدودکننده‌ی تعداد ارقام با معنی پاسخ نهایی نیست.