فیزیک ۳

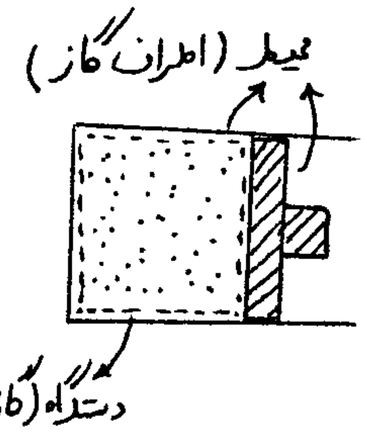
فصل ترمودینامیک

www.sahlamooz.ir

مؤلف: حجت نجفی

ارتباط با مؤلف: ۰۹۱۲۳۹۶۶۳۴۰

☑ ترمودینامیک به بررسی تحولات ..... و ..... و تغییرات ..... ماده‌ی خاصی که معمولاً مایع و ..... است و با اطراف خود تبادل ..... انجام می‌دهد، می‌پردازد.



☑ این ماده‌ی خاص را ..... گویند و آن چه در اطراف آن است و می‌تواند با آن تبادل انرژی کند را ..... گویند.

☑ اصول حاکم بر ترمودینامیک ..... است و تا به حال خلاف (.....) آن مشاهده نشده است.

مثلاً: گرما خود به خود از جسم گرم به جسم سرد منتقل نمی‌شود.

☑ کمیت‌ها
- میکروسکوپیک
  - این کمیت‌ها مربوط به خواص تک‌تک ذرات ماده هستند.
  - کمیت‌هایی هستند که به بررسی ..... تک‌تک مولکول‌ها و ذرات تشکیل دهنده‌ی ماده می‌پردازند.
  - کار کردن با آن‌ها ..... است ولی ..... بالایی دارند.

  مثل: مکان، سرعت، شتاب، انرژی و بار الکتریکی و نیروی بین ذرات یک جسم.
- ماکروسکوپیک
  - این کمیت‌ها مربوط به خواص کل دستگاه بوده و قابل ..... است.
  - وضعیت ماده را در مقیاس بزرگ و وسیع توصیف می‌کنند.
  - کار کردن با آن‌ها ..... است ولی ..... بالایی ندارند.

  مثل: حجم، دما و فشار یک گاز.

☑ ما در ترمودینامیک با کمیت‌های ..... سروکار داریم.

☑ متغیرهای ترمودینامیکی: کمیت‌های ..... هستند که حالت و وضعیت دستگاه را توصیف می‌کنند.

مثل: حجم (V)، دما (T) و فشار (P)

☑ معادله‌ی حالت: متغیرهای ترمودینامیکی از یکدیگر ..... نیستند و با هم ..... دارند.

معادله‌ی حالت رابطه‌ی بین متغیرهای ترمودینامیکی است. (میگه که P و V و T برای هرگاز چه ربطی به هم دارن!)

☑ حالت تعادل: هرگاه مقدار معینی گاز برای مدت طولانی در یک ..... قرار داشته باشد، ..... و ..... نقاط گاز یکسان می‌شود. در این حالت می‌گوییم گاز در حالت تعادل است.

☑ در حالت تعادل هر یک از کمیت‌های فشار، حجم و دمای گاز مقدار مشخصی دارد.

www.sahlamooz.ir

افکار شریفی که در ذهن خود می‌پرورانید سرانجام به شکل کارهای بزرگ در می‌آیند. «رُوزف مورفی»

☑ ترمودینامیک فقط به بررسی وضعیت ماده در ..... می پردازد.

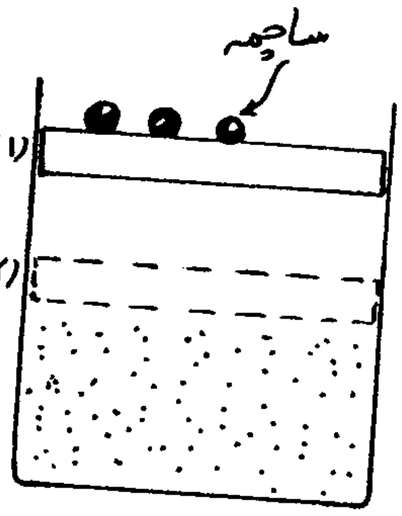
سؤال: اگر فشار (یا دما) در نقاط مختلف گاز یکسان نباشد، چه رخ می دهد؟

حالت گاز ..... نخواهد بود، در این حالت ذرات تشکیل دهنده‌ی گاز از مکان هایی که فشار (یا دما) ..... است به طرف مکان هایی که فشار (یا دما) ..... است حرکت خواهند کرد؛ تا زمانی که ..... و ..... تمام نقاط یکسان شود

☑ فرآیند ترمودینامیکی: وقتی که دستگاه از یک حالت (P_1 و V_1 و T_1) به حالت دیگری مثل (P_2 و V_2 و T_2) برود، به طوری که حداقل ..... کمیت از متغیرهای ترمودینامیکی آن (حجم، دما و فشار) تغییر کند یک فرآیند ترمودینامیکی انجام شده است.

☑ برای بررسی رفتار گاز با استفاده از علم ترمودینامیک، باید فرآیند (مثلاً گرم کردن و یا جابه‌جا کردن پیستون) را آن قدر آهسته انجام دهیم که گاز در هر لحظه به ..... بسیار نزدیک باشد و در نتیجه متغیرهای ترمودینامیکی گاز در حین فرآیند در همه جای آن یکسان و مقدار مشخصی داشته باشد.

☑ فرآیندهایی مشابه آنچه در بالا گفته شد، که در آن دستگاه طوری متحول می شود که با تغییر کوچکی در یکی از متغیرهای ترمودینامیکی آن دوباره ..... خود را حفظ می کند، فرآیند آرمانی (.....) گویند.



مثلاً اگر دستگاه سیلندر و پیستون را در نظر بگیریم، با قرار دادن ساچمه های کوچکی بر روی آن، حجم آنرا به آرامی کاهش می دهیم و می توان گفت: در هر لحظه گاز زیر پیستون در حال تعادل است. ← ولی با متغیرهای ترمودینامیکی جدید!

☑ تبادل انرژی: ..... و ..... دو دلیل انتقال انرژی بین ..... و ..... هستند.

☑ گرما: انرژی است که به علت اختلاف دما بین ..... و ..... مبادله می شود. ($Q = ...$)

← اگر دستگاه گرما بگیرد و گرم شود: $\Delta T > 0 \rightarrow Q > 0$

← اگر دستگاه گرما از دست بدهد و سرد شود: $\Delta T < 0 \rightarrow Q < 0$

☑ هرگاه دستگاه با محیط تبادل گرما می کند، معمولاً فرض می شود که با یک ..... در تماس است.

☑ منبع گرما یا ..... جسمی است که با گرفتن و از دست دادن گرما، دمای آن به طور قابل ملاحظه‌ای تغییر نکند.

www.sahamooz.ir

☑ هوای اتاق برای یک ..... و محلول آب و یخ برای یک ..... منبع گرمایی به حساب می آید.

☑ با توجه به مثال فوق لزومی ندارد که دمای منبع گرمایی بالا باشد، بلکه مهم این است که در هر دمایی که هست، ..... آن تغییر نکند.

☑ **کار در**

سؤال: با انگشت خود انتهای یک سرنگ (یا تلمبه ی دوچرخه) را مسدود کنید و مشاهدات خود را در حالات زیر بنویسید:

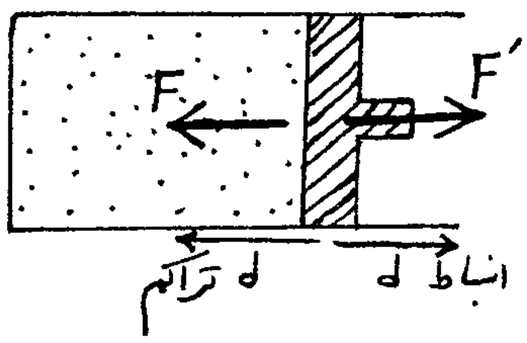
الف) سعی کنید گاز داخل آن را متراکم کنید. ب) پیستون را بیرون بکشید و سعی کنید گاز داخل آن را منبسط و سپس آن را رها کنید.

در حالت (الف) گاز بر پیستون ... وارد می کند و ما برای متراکم کردن گاز باید حداقل ... برابر با این ... به پیستون وارد کنیم. در حالت (ب) پیستون پس از رها شدن به ..... برمی گردد. در این حالت نیز گاز به پیستون ..... وارد می کند ولی ..... که محیط (به علت .....) به پیستون وارد می کند، ..... است.

نتیجه ی سؤال: حضور دو نیرو را در هر دو مستمت تجربه کردیم:

۱) نیروی F که ..... (که پیستون را نیز شامل می شود) به .... وارد می کند؛

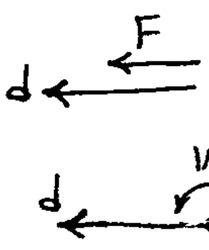
۲) نیروی F′ که .... به .... وارد می کند.



☑ این دو نیرو ..... و ..... و اندازه ی آن ها با یکدیگر .... است.

☑ هنگامی که پیستون جا بجا می شود، هر دوی این نیروها .... انجام می دهند.

☑ اگر پیستون به اندازه ی d رو به سمت چپ جابجا شود و حجم گاز را .... دهد (.....)، داریم:



$W_F = F.d.\cos 0^\circ = +Fd$

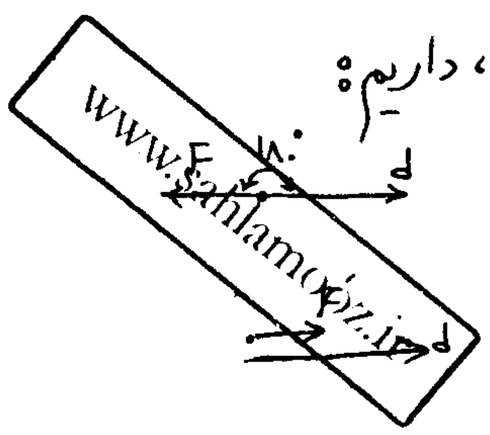
$W'_F = F'.d.\cos 180^\circ = -Fd$

$\Rightarrow W = -W'$

*علامت کار این نیروها ..... یکدیگر است.

* در این حالت کار محیط روی دستگاه ..... و کار دستگاه روی محیط .... است.

☑ اگر پیستون به اندازه ی d به سمت راست حرکت کند و حجم گاز را .... دهد (.....)، داریم:



$W_F = F.d.\cos 180^\circ = -Fd$

$W'_F = F'.d.\cos 0^\circ = +Fd$

$\Rightarrow W = -W'$

* در این حالت کار محیط روی دستگاه ..... و کار دستگاه روی محیط .... است.

www.sahamyab.com

☑ منظورمان از نیرو، نیروی ..... بر .... است و منظورمان از کار نیز کار ... روی .... است، بنابراین:

هرگاه حجم دستگاه (....) تغییر کند، محیط (...) روی دستگاه (...) کار انجام می‌دهد
- در تراکم: جابجایی و نیرو هم جهت‌اند: $W > 0$
- در انبساط: جابجایی و نیرو در خلاف جهت‌اند: $W < 0$

نکته: اگر حجم گاز در یک فرآیند تغییر نکند، کار بر روی دستگاه و محیط ..... است.

مثال: مقداری گاز درون محفظه‌ای با دیواره‌های صلب (انقباض و انبساط روی آن تأثیر ندارد) موجود است. اگر دمای گاز را بوسیله‌ی گرما دادن به آن افزایش دهیم، گاز چقدر کار روی محیط انجام می‌دهد؟

☑ گاز کامل: ماکرو ← بسیار ..... است و ... آن بسیار کم است. (حجم مولکول‌های آن در مقایسه با حجم گاز ..... است.)

میکرو ← فاصله‌ی بین مولکول‌های آن بسیار .... و برهم‌کنش بین آنها ..... است.

☑ برای مقدار معینی گاز کامل نسبت $\frac{PV}{T}$ مقدار ثابتی است که این مقدار ثابت مستقل از .... گاز، فقط به ..... گاز بستگی دارد.

☑ مقدار گاز برحسب ..... است که به دو صورت تعریف و محاسبه می‌شود:

الف) نسبت جرم گاز (m) به جرم مولکولی آن (M) ← $n = \frac{m}{M}$

* بدنیست همین جا جرم مولکولی چند ماده را یادبگیریم: $M_{O_2} = ... \frac{gr}{mol}$ و $M_{N_2} = ... \frac{gr}{mol}$ ، $M_{H_2} = 2\frac{gr}{mol}$

ب) نسبت تعداد ذرات گاز به عدد آوگادرو ← $n = \frac{N}{N_A}$

* تعداد مولکول‌های موجود در هر مول از یک ماده برابر با ..... ($N_A = 6/02 \times 10^{23}$) است.

مثال: 160 گرم مولکول اکسیژن چند مول است و چه تعدادی مولکول را شامل می‌شود؟

☑ معادله‌ی حالت گاز کامل: $PV = nRT$ → (....) ، (PV → (...)، nRT → (....))

R ثابت گازها $= 8/314 \frac{J}{mol.K}$

www.sahlamooz.ir

سؤال: چگونه واحد ثابت گازها $\frac{J}{mol.K}$ شده؟

☑ فشار درگازها به علت ..... بین ذرات گاز است که ..... درون ظرف حرکت می‌کنند. بنابراین:

✓ هرچه شدت و تعداد این برخوردها ..... باشد، فشار گاز بیشتر است.

✓ هرچه مقدار گاز محبوس شده درون ظرف ..... باشد، فشار گاز نیز بیشتر است. $P\propto \dots$

✓ هرچه حجم ظرف ..... باشد، فشار گاز بالاتر می‌رود. $P\propto \frac{1}{\dots}$

✓ هرچه دمای ذرات ..... شود، سرعت حرکت آنها بیشتر می‌شود، درنتیجه برخوردهای ..... و ..... رخ می‌دهد و فشار گاز ..... می‌رود. $P\propto \dots$

مثال: جرم مولکولی ۰/۱۳ گرم از گاز کاملی در فشار ۴۱/۵ cm-Hg و حجم ۵۰۰ میلی‌لیتر و در دمای $40.7^{\circ}C$ چند گرم بر مول است؟
(هر سانتی‌متر جیوه معادل ۱۳۶۰ پاسکال و $R\simeq 8/3 \frac{J}{mol.K}$)

مثال: در یک ظرف ۱۰ لیتری از گازی با فشار ۲atm و دمای $27^{\circ}C$ تعداد مولکول‌ها چند است؟
($1atm\simeq 10^5 Pa$ و $R\simeq 8 \frac{J}{mol.K}$ و $N_a=6\times 10^{23}$)

☑ طبق رابطه‌ی معادله‌ی حالت گاز کامل، می‌توان نشان داد: یک مول گاز کامل ($n_0=1$) در فشار یک اتمسفر ($P_0=1atm$) و دمای ۲۷۳ کلوین ($T_0=273K$) حجم معادل ۲۲/۴ لیتر ($V_0=22/4 lit$) را اشغال می‌کند. این شرایط را ..... گویند.

www.sahlanoo.com

آن کس که همیشه شاگرد باقی می‌ماند، زحمات آموزگارش را به خوبی جبران نمی‌کند. «نیچه»

مثال: ۱۴ گرم مونوکسید در شرایط متعارفی چند سانتی متر مکعب حجم اشغال می کند؟ $(R \simeq 8 \frac{J}{mol.k}$ و $M_{CO}=28)$

مقایسه‌ی دو حالت از یک گاز کامل: برای دو حالت مختلف از یک نمونه گاز کامل با مقدار معین (ثابت = n)، طبق معادله‌ی حالت گاز کامل خواهیم داشت:

$$\frac{P.V}{T} = nR = \text{ثابت} \Rightarrow \frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

☑ در هنگام استفاده از رابطه‌ی فوق ..... و ..... در طرفین رابطه برحسب یکاهای مشابه باشند، کافی است آنها ... در طرفین رابطه باید برحسب ..... باشند.

☑ وقتی پارامتری را در مسائل ثابت فرض کرد از رابطه حذف می شود.

$V_1 = V_2 \rightarrow \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$ ← حجم ثابت است.

$P_1 = P_2 \rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ ← فشار ثابت است.

$T_1 = T_2 \rightarrow P_1V_1 = P_2V_2$ ← دما ثابت است.

مثال: فشار یک نمونه از گاز کاملی در دمای $23^\circ C$ - برابر ۵ اتمسفر است. دمای آن را به $77^\circ C$ می رسانیم، در این صورت فشار گاز به ۶ جو می رسد و ۳ لیتر به حجمش اضافه می شود. حجم اولیه‌ی گاز چند لیتر بوده است؟

توجه: یک اتمسفر معادل ..... می باشد.

www.sahlamooz.ir

مهم نیست که دیگران ما را باور کنند، مهم آن است که خود، خویشتن خویش را باور کنیم. «خودم»

مثال : برای یک نمونه از گاز کاملی، فشار گاز را ۲۵ درصد کاهش و دمای آن را ۲۰ درصد افزایش می دهیم، در این صورت حجم گاز چگونه و چند درصد تغییر می کند؟

تست : دو لیتر گاز کامل با فشار یک اتمسفر و دمای $27^\circ C$ زیر پیستون قرار دارد. پیستون را به عقب می کشیم و حجم گاز را به ۴ لیتر می رسانیم. اگر در این عمل دمای گاز ۱۲ درجه سلسیوس کاهش یافته باشد، فشار آن به چند اتمسفر رسیده است؟

۱) ۰/۲۳　　۲) ۰/۴۸　　۳) ۰/۶۳　　۴) ۰/۹۸　　(تجربی-۸۵)

مثال : جرم گازی در فشار ۷۶ cm-Hg، ۲ لیتر است. اگر در دمای ثابت این مقدار گاز را در لوله‌ی بسته‌ای که فشار آن ۱۹ cm-Hg و سطح قاعده‌ی آن $100\ cm^2$ باشد، جای دهیم. ارتفاع گاز در لوله چند سانتی متر خواهد شد؟

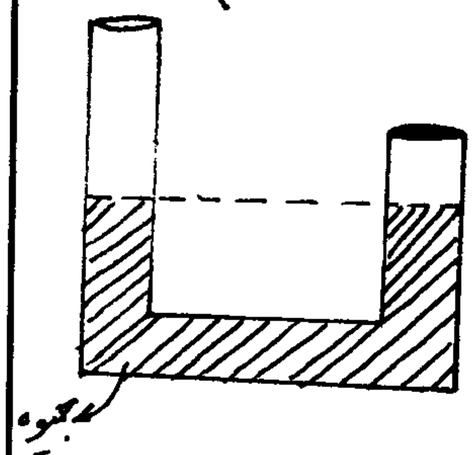
مثال : در فشار ۱atm، استوانه‌ای به ارتفاع ۱۰۰cm و سطح قاعده‌ی $30\ cm^2$ که دارای پیستون سبکی است، دارای گازی با دمای $27^\circ C$ است. اگر پیستون را به اندازه‌ی ۶۰cm پائین بیاوریم، دمای آن به $87^\circ C$ می رسد، فشار گاز چند cm-Hg می شود؟

www.sahlamooz.ir

تست: در شکل روبرو دمای هوای محبوس بالای جیوه‌ی هم‌تراز $31^{\circ}C$ است. دمای هوای آن محفظه را چند درجه‌ی سلسیوس افزایش دهیم تا اختلاف سطح جیوه دو سطح ۴ سانتی‌متر شود؟ (فشار هوای خارج لوله $76\,cm\text{-}Hg$ است.)

(سنجش ۷۹)

۱) ۲ ۲) ۹۶ ۳) ۱۵۲ ۴) ۱۷۶



تست: با کدام روش نمی‌توانیم، حجم یک گاز را سه برابر کنیم:

۱) در دمای ثابت، فشار گاز را به ثلث برسانیم.

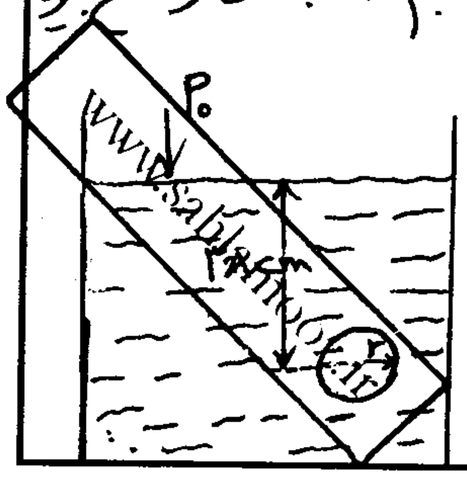
۲) در فشار ثابت، دمای مطلق گاز را به ثلث برسانیم.

۳) در فشار ثابت، دمای مطلق گاز را سه برابر کنیم.

۴) دمای مطلق گاز را شش برابر و فشار گاز را دو برابر کنیم.

مثال: فشار یک مقدار گاز $2\,atm$ و دمایش $127^{\circ}C$ می‌باشد، ابتدا در دمای ثابت حجمش را ۴ برابر و سپس در حجم ثابت دمایش را $40^{\circ}C$ کاهش می‌دهیم. فشار نهایی گاز چند atm می‌شود؟ چند درصد و چگونه تغییر می‌کند؟

مثال: یک حباب هوای کروی شکل به شعاع ۱ سانتی‌متر در داخل ظرفی پر از جیوه و در عمق $38\,cm$ قرار دارد. حجم حباب را در سطح جیوه محاسبه کنید. (در صورتی که دمای محیط ثابت و فشار هوا $760\,mm\text{-}Hg$ باشد و $\pi \simeq 3$)



امید قوه‌ی محرک زندگی است. «ساموئل اسمایلز»

مقایسه‌ی یک حالت از گاز کامل با حالت متعارفی : اگر مقدار تقریبی ثابت گازها (R) مشخص نبود، مناسب است که حالت گاز را در شرایط داده شده با حالت متعارفی مقایسه کنیم، یعنی :

$$\frac{PV}{nT} = \frac{P_0 V_0}{n_0 T_0}$$

مثال : حجم ۷۰ گرم نیتروژن در دمای $136/5^\circ C$ و فشار ۰/۵ چند لیتر است ؟

مثال : درون ظرفی به حجم ۸۹/۶ لیتر، ۸ گرم اکسیژن و ۴ گرم هیدروژن در دمای $273^\circ C$ موجود است . فشار مخلوط این دو گاز چند اتمسفر است ؟

مثال : ظرفی به حجم $500 cm^3$ حاوی ۹۶ گرم گاز اکسیژن و فشار ۴۰۰ میلی متر جیوه و ظرف دیگری به حجم 4Lit حاوی ۱۶۸ گرم گاز نیتروژن و فشار ۴۵ سانتی متر جیوه است . اگر دمای گاز اکسیژن $27^\circ C$ باشد، دمای گاز نیتروژن چند درجه‌ی سانتی‌گراد بیشتر از دمای گاز اکسیژن است ؟

توجه : در این حالت کافی است، بنویسیم : $\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2}$ . . . .

www.sahlamooz.ir

☑ چگالی گاز کامل با فشار گاز رابطه‌ی . . . . . و با دمای مطلق رابطه‌ی . . . . . دارد.

$PV = nRT \Rightarrow PV = \frac{m}{M}RT \Rightarrow \frac{PM}{RT} = \frac{m}{V} \xrightarrow[\rho = \frac{m}{V}]{} \boxed{\rho = \frac{PM}{RT}} \Rightarrow \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{\cdots}{\cdots} \times \frac{\cdots}{\cdots} \times \frac{\cdots}{\cdots}$

* برای یک نمونه‌ی معین از گاز کامل $M_1 = M_2$ خواهد بود و داریم: $\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{\cdots}{\cdots} \times \frac{\cdots}{\cdots}$

مثال: اگر چگالی هوا در شرایط متعارفی $1/3 \frac{kg}{m^3}$ باشد، چگالی آن در فشار ۱۰ اتمسفر و دمای $27^\circ C$ چند $\frac{kg}{m^3}$ تغییر می‌کند؟

مثال: اگر حجم گازی کاملی را نصف و دمای کلوین آن را سه برابر کنیم، چگالی این گاز چند برابر می‌شود؟

مثال: دمای گاز کاملی را برحسب سانتی‌گراد، دوبرابر و فشارش را نیز ۲۰ درصد کاهش می‌دهیم، با این عمل چگالی گاز ۲۵ درصد کاهش می‌یابد. دمای اولیه‌ی گاز چند درجه‌ی سانتی‌گراد بوده است.

مثال: در دو ظرف دو نوع گاز مختلف، یکی ۲۰ گرم اکسیژن و دیگری ۲۰ گرم نیتروژن در دما و فشار یکسان موجود است. چگالی گاز اکسیژن چند برابر گاز نیتروژن است؟

www.sahlamooz.ir

مثال : استوانه‌ای به حجم ۳۲٫۶ لیتر حاوی گاز هلیوم ($M=4\ \frac{gr}{mol}$) در فشار ۲۰ جو و دمای ۵۴۶ کلوین است. اگر گاز را مایع کنیم، چند لیتر مایع به دست می‌آید؟ (چگالی مایع هلیوم برابر $0/12\ \frac{gr}{cm^3}$ است.)

مخلوط کردن گازها: مقدار گاز موجود در ظرف حاوی گاز برابر است با مجموع مقدار گاز ..... و ..... :

$$PV=nRT \Rightarrow \boxed{n=\frac{PV}{RT}} \qquad n=n_1+n_2 \Rightarrow \frac{PV}{RT}=\frac{P_1V_1}{RT_1}+\frac{P_2V_2}{RT_2} \Rightarrow \boxed{\frac{PV}{T}=\frac{\cdots}{\cdots}+\frac{\cdots}{\cdots}}$$

☑ اگر دما ثابت باشد: $PV=\ldots+\ldots$

مثال: در یک مخزن ۲۰ لیتر گاز کامل با فشار ۱۰ atm وجود دارد. مقداری از گاز آن را خارج می‌کنیم تا فشار درون سیلندر به ۵ atm برسد. حجم گاز خارج شده در فشار ۱ atm چند لیتر است؟ (دمای محیط و دستگاه را ثابت فرض کنید.)

مثال: در مخزنی یک شیر اطمینان نصب شده است، به طوری که اگر فشار گاز درون مخزن از ۴ اتمسفر بیشتر شود، مقداری گاز از مخزن خارج می‌شود. درون مخزن در دمای ۱۷°c مقدار ۶٫۸ مول از یک گاز کامل در فشار ۴ اتمسفر موجود است. اگر دمای گاز به ۶۷°c برسد، چند مول گاز از مخزن خارج می‌شود؟

توضیح: شکل ظرف ..... پس حجم مخزن ..... با افزایش دما، فشار ..... می‌شود ولی با خارج شدن گاز دوباره فشار ..... می‌یابد و به ..... می‌رسد

www.sahlamooz.ir

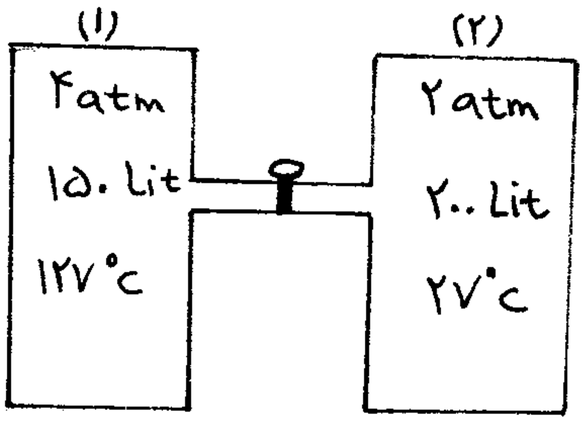
☑ بنابه قانون ..... ، اگر دو یا چند گاز کامل با متغیرهای ترمودینامیکی متفاوت را با هم مخلوط کنیم، آن گاه مقدار گاز مخلوط حاصل برابر است با:

$$n = n_1 + n_2 + \cdots \Rightarrow \frac{PV}{RT} = \frac{P_1V_1}{RT_1} + \frac{P_2V_2}{RT_2} + \cdots \Rightarrow \frac{PV}{T} = \frac{P_1V_1}{T_1} + \frac{P_2V_2}{T_2} + \cdots$$

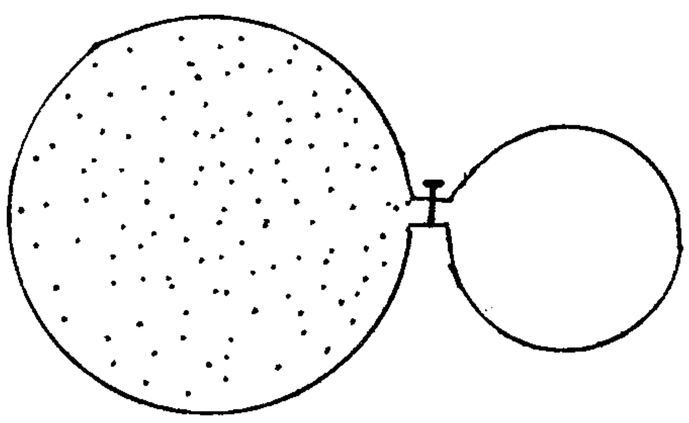
* در رابطه‌ی فوق، فشار مخلوط گازها (...)، حجم مخلوط گازها ($V = \ldots + \cdots + \cdots$)، فشار جزیی هر گاز قبل از مخلوط شدن (P_1 و P_2 و ...) و حجم هر گاز در مخزن خود قبل از مخلوط شدن (V_1 و V_2 و ...) می باشد.

* بدیهی است اگر یکی از مخزن ها خالی باشد، فشار جزیی آن را ..... در نظر می گیریم.

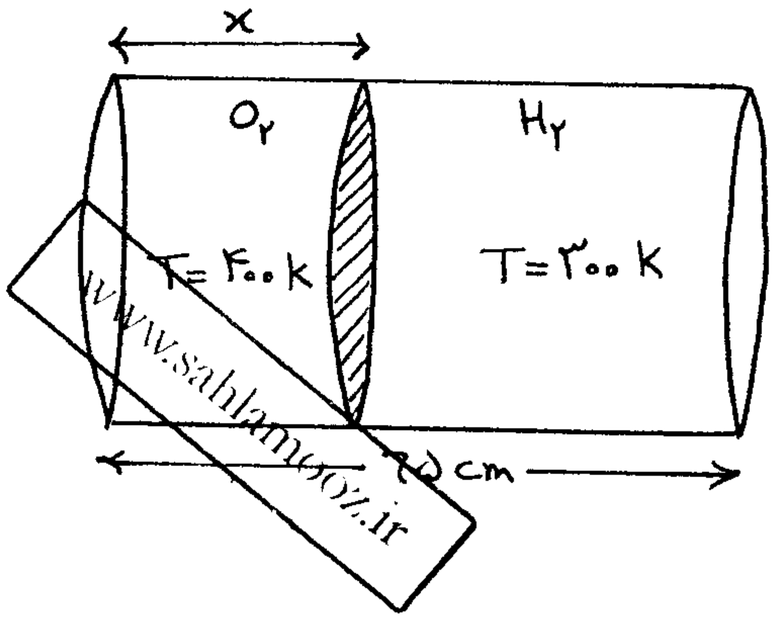
مثال: در شکل نشان داده شده اگر شیر مخزن را باز کنیم، فشار نهایی مخلوط چند اتمسفر خواهد شد؟ (از حجم شیر رابطه صرف نظر کنید و دمای نهایی مخلوط را ۳۵۰ کلوین در نظر بگیرید)



مثال: مخزن گازی محتوی $200\ cm^3$ گاز هیدروژن به فشار $50\ cmHg$ است. این مخزن را به یک مخزن خالی از هوا به حجم $50\ cm^3$ متصل می کنیم. در دمای ثابت فشار هر مخزن چند سانتی متر جیوه می شود؟



مثال: درون یک استوانه مطابق شکل پیستون عایقی قرار دارد که می تواند به راحتی جابجا شود، پیستون در حال تعادل است و جرم گازهای اکسیژن و هیدروژن در دو قسمت استوانه برابر است. طول x چند سانتی متر است؟ (ضخامت پیستون ناچیز است)



www.sahlamo0%.ir

کارهای کمتر اما مهم تر را انجام دهید تا راندمان کارتان افزایش پیدا کند. «برایان تریسی»

فرآیندهای خاص: در ترمودینامیک بین دو حالت مشخص فرآیندهای متفاوتی می‌توانند رخ دهد. در بین این فرآیندها، فرآیندهای خاصی وجود دارد که کاربرد آنها وسیع‌تر است و شرایط فرآیند طوری است که می‌توان ..... و ..... و ..... مبادله شده و ..... انجام گرفته برای یک گاز را بررسی کرد.

از جمله: فرآیند هم ...، فرآیند هم ...، فرآیند هم ... و فرآیند بی .....

الف) **فرآیند هم‌حجم:** حجم گاز در حین این فرآیند ..... نگه داشته می‌شود و تغییر ..... (..... = ΔV)

☑ چگالی گاز در فرآیند هم‌حجم تغییر نمی‌کند. چرا؟

☑ در فرآیند هم‌حجم، کار صفر است. چرا؟

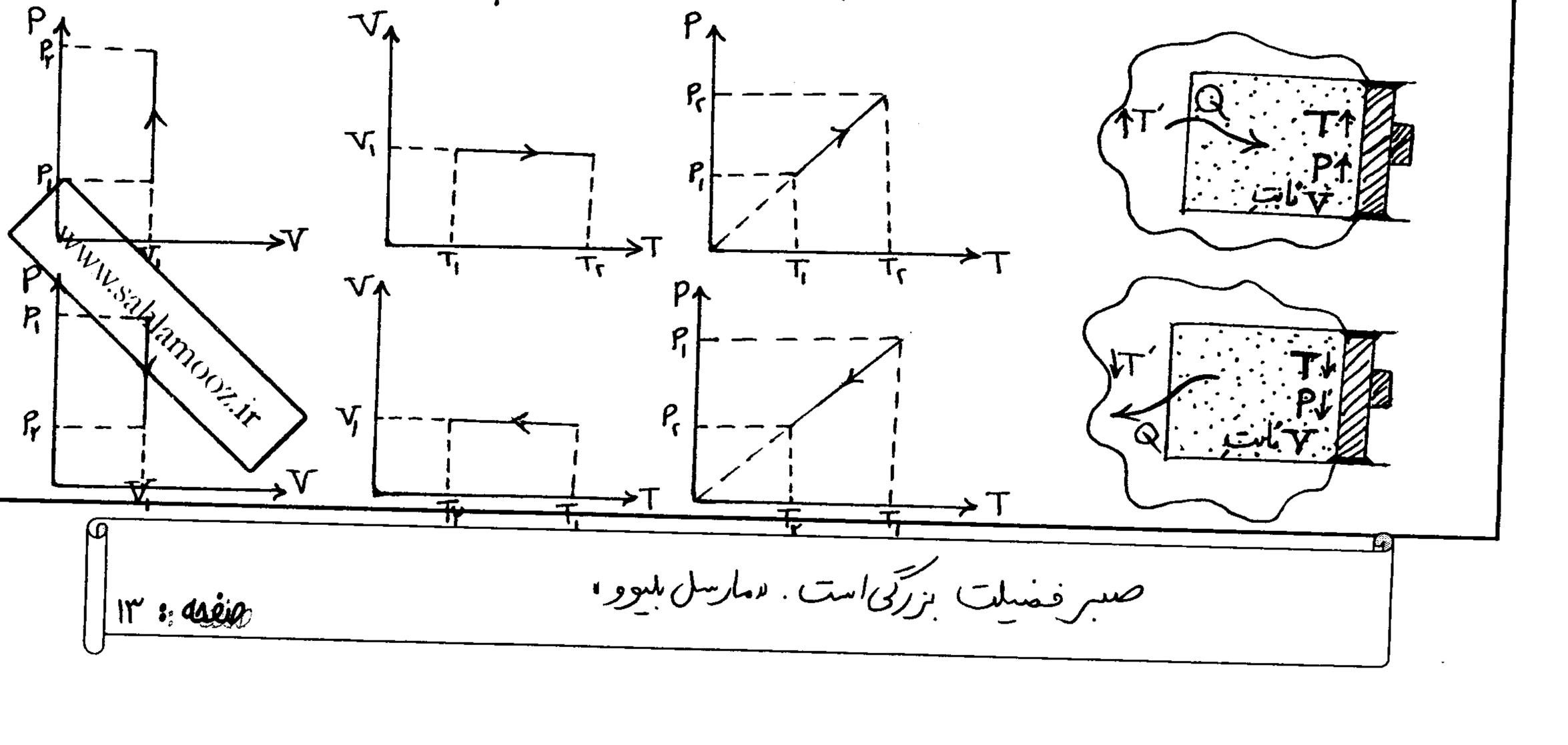
☑ گاز فقط می‌تواند با محیط تبادل ..... کند. (یک ..... با دمای قابل تنظیم به دستگاه متصل است.)

پیستون سرجای خود ثابت شده است.

(در پیستون گل گرفتیم.)

☑ اگر دمای منبع گرمایی را بالا ببریم، گاز مقداری گرما از منبع گرما به علت ....., ... و دما و فشار آن در حجم ثابت (مثل V_1) ..... می‌رود و بالعکس.

☑ اگر دمای منبع گرمایی را پایین بیاوریم، گاز مقداری گرما به صورت هم‌حجم ..... و دما و فشار آن ..... می‌آید



صبر فضیلت بزرگی است. «مارسل بلیوو»

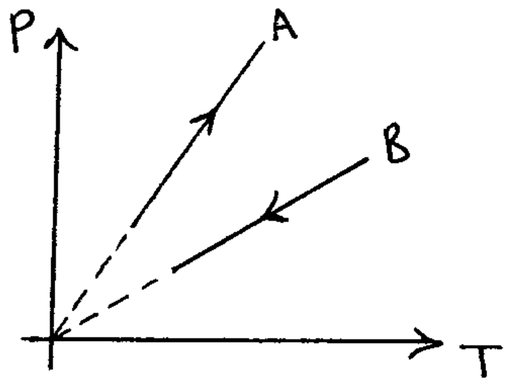
☑ در این مرآیند، فشار با دمای مطلق گاز نسبت ..... دارد.

$PV=nRT \Rightarrow P=\boxed{\frac{nR}{V}}T$ ← ثابت است.

☑ با توجه به اینکه $\frac{nR}{V}$ برای مقدار معینی از یک گاز در حجم ثابت، ثابت است. معادله‌ی فوق یک تابع خطی است که عرض از مبدأ آن ..... و شیب خط آن نیز همان ..... است.

☑ به همین دلیل نمودار P برحسب T یک ..... است که امتداد آن از ..... می‌گذرد و شیب خط آن رابطه‌ی ..... با حجم ثابت گاز دارد.

☑ در نمودار (P-T)، بین خط هایی که امتدادشان از مبدأ مختصات می‌گذرد، هرکی شیب بیشتری داره (روش بشینی و شر بخوری، بیشتر کیف می‌ده)، حجم ..... خواهد داشت.



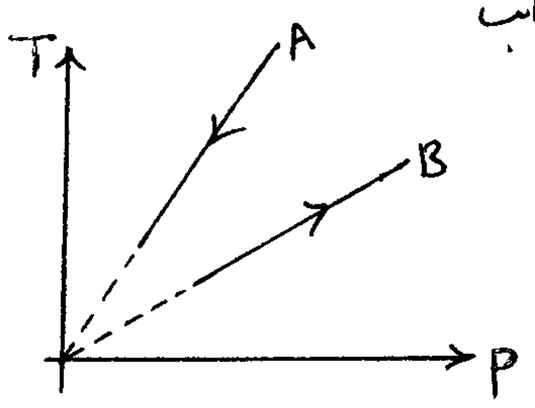
تست: در نمودار مقابل برای یک مول از دو گاز A و B، نسبت $\frac{V_A}{V_B}$ کدام می‌تواند باشد؟

۱) کوچکتر از یک ۲) برابر با یک ۳) بزرگتر از یک ۴) هر ۳ حالت ممکن است.

☑ در نمودار T برحسب P(T-P)، تمامی موارد فوق برقرار است، فقط شیب خط با حجم گاز رابطه‌ی ..... پیدا خواهد کرد. یعنی در مقایسه‌ی نمودارها، آنکه شیب بیشتری دارد، حجم ..... هم دارد.

$PV=nRT \Rightarrow T=\boxed{\frac{V}{nR}}P$ ← ثابت

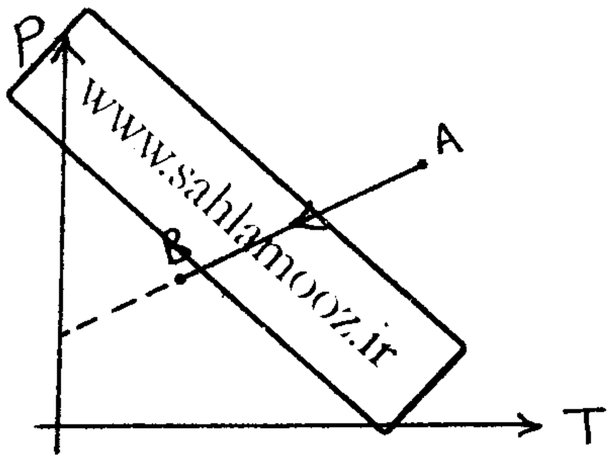
تست: در نمودار مقابل برای یک مول از دو گاز A و B، کدام گزینه صحیح است؟



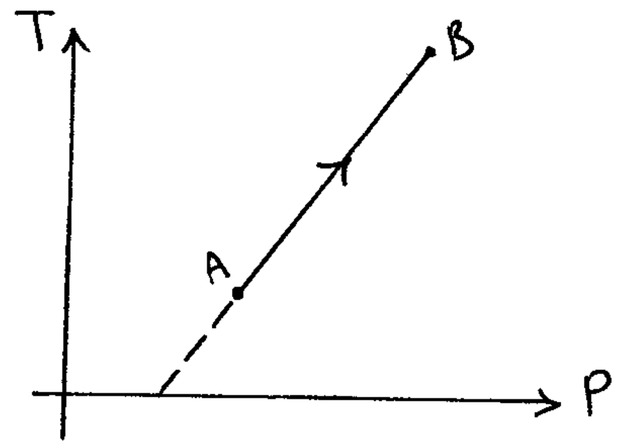
۱) $V_A=V_B$ ۲) $V_A<V_B$ ۳) $\rho_A=\rho_B$ ۴) $\rho_A<\rho_B$

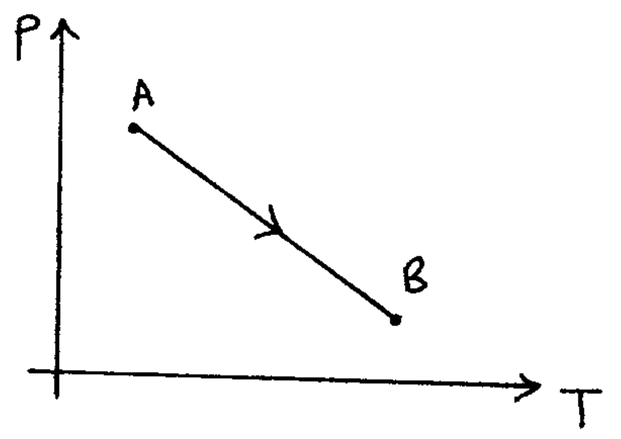
☑ در حالت کلی هرگاه در نمودار T و P خطی از مبدأ بگذرد بیانگر فرآیند ..... است و در مقایسه نیز، هرکه به محور T ها نزدیک‌تر است، حجم آن ..... است.

مثال: در نمادیر مقابل بررسی کنید که حجم و چگالی گاز چگونه تغییر می‌کند؟



به کسی نیکی کن که مستحق آن نیکی باشد و برای رضای خدا این کار را انجام بده. «لقمان»





☑ تو فیزیک ۱ و ۲ دیدیم که: گرمای لازم برای تغییر دمای یک جسم به جرم m و گرمای ویژه ی c به اندازه ی ΔT برابر: $Q = \ldots\ldots$

☑ در مورد گازها مقدار گرمای ویژه به نوع ..... بستگی دارد.

☑ گرمای ویژه ی یک گاز در حجم ثابت برابر است با «مقدار گرمایی که در ..... به یکای جرم آن داده می شود تا دمای آن یک کلوین بالا رود.» و آنرا با نماد c_v نشان می دهیم.

☑ معمولاً مقدار گازها را برحسب .... بیان می کنند، پس ما هم جرم گاز را برحسب .... قرار می دهیم و خواهیم داشت:

$$Q_v = m c_v \Delta T \xrightarrow{n=\frac{m}{M}} Q_v = nM c_v \Delta T \xrightarrow{M c_v = C_{MV}} \boxed{Q_v = n C_{MV} \Delta T}$$

☑ C_{MV} را ظرفیت گرمایی ..... در ..... می نامند که طبق تعریف «مقدار گرمایی است که در ..... به یک .... از یک گاز داده می شود تا دمای آن یک ..... بالا رود.»

☑ C_{MV} به ..... گاز بستگی ندارد و فقط به تعداد ... گاز بستگی دارد.

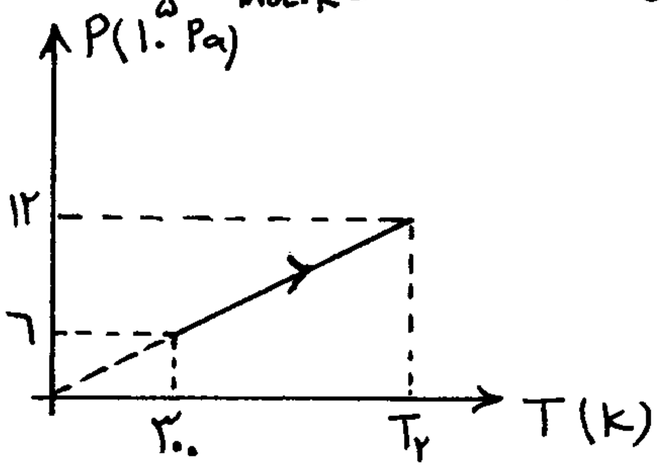
$$C_{MV} = \begin{cases} \frac{3}{2}R & \text{برای تک اتمی ها } (Ar, He) \\ \frac{5}{2}R & \text{برای دو اتمی ها } (N_2, O_2, H_2) \\ \frac{7}{2}R & \text{برای چند اتمی ها } (NH_3, CO_2) \end{cases}$$

www.sahlamoz.ir

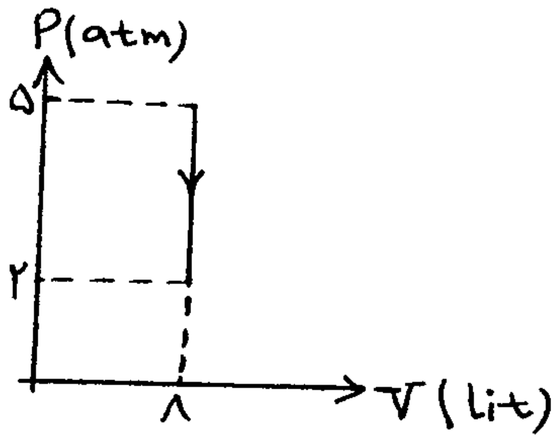
☑ با توجه به رابطه ی فوق واحد C_{MV} مانند ....، برابر ..... است.

مثال: ثابت کنید گرمای مبادله شده در یک فرآیند ترمودینامیکی هم حجم و وقتی فشار از P_1 تا P_2 تغییر می نماید از رابطه ی $Q = \frac{C_{MV}}{R} \cdot V \cdot \Delta P$ بدست می آید:

مثال: باتوجه به نمودار مقابل، نمودار (V-T) مربوط به این فرآیند را به صورت کمّی رسم کنید: ($R=8\frac{J}{mol.k}$ و $n=2mol$)



مثال: باتوجه به فرآیند شکل مقابل، گرمای مبادله شده توسط گاز کامل دواتمی را محاسبه کنید:
($1atm=10^5 Pa$ و $R=8\frac{J}{mol.k}$)



مثال: ۱۶ گرم اکسیژن در دمای $27^\circ C$ در یک مخزن موجود است. چند ژول گرما به آن بدهیم تا فشار این گاز در مخزن، بدون تغییر حجم، $\frac{3}{2}$ برابر شود؟ ($R=8\frac{J}{mol.k}$)

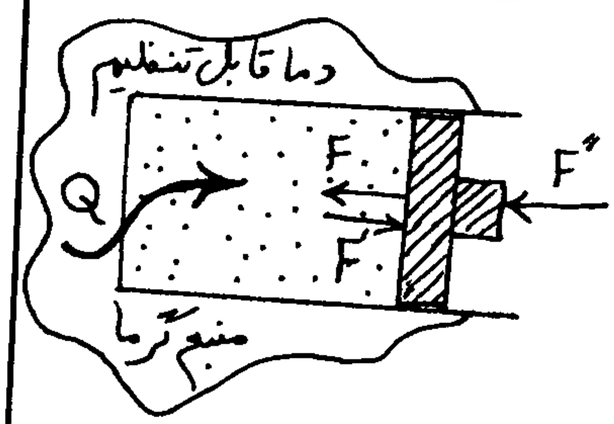
تست: در یک فرآیند آرمانی دمای گازی را از $127^\circ C$ به $27^\circ C$ رسانده ایم، فشار گاز از $4atm$ به $2atm$ کاهش یافته است. طی این فرآیند چند ژول کار روی گاز انجام شده است؟ ۱) ۱۰۰ ۲) ۳۰۰ ۳) ۱۵۰ ۴) صفر

www.sahlam00%.ir

دنیا سراسر زیبایی و کمال است و ما کمتر متوجه می‌شویم. «پاسکال»

ب) فرآیند هم‌فشار: فشار گاز درحین این فرآیند ... می‌ماند. اینجوری ▼

☑ مطابق شکل، گاز داخل استوانه با یک منبع گرما در تماس است. گاز ابتدا در فشار P و حجم V در حالت .... قرار دارد. اصطکاک بین پیستون و استوانه ..... است.



دراین صورت فشار گاز با فشار محیط برابر است، چرا؟

دمای منبع گرما را اندکی افزایش می‌دهیم. به علت اختلاف دمای بین .... و .... مقدار کمی .... به گاز منتقل می‌شود ← گاز کمی ..... می‌شود ← پیستون اندکی به سمت ..... جابجا می‌شود

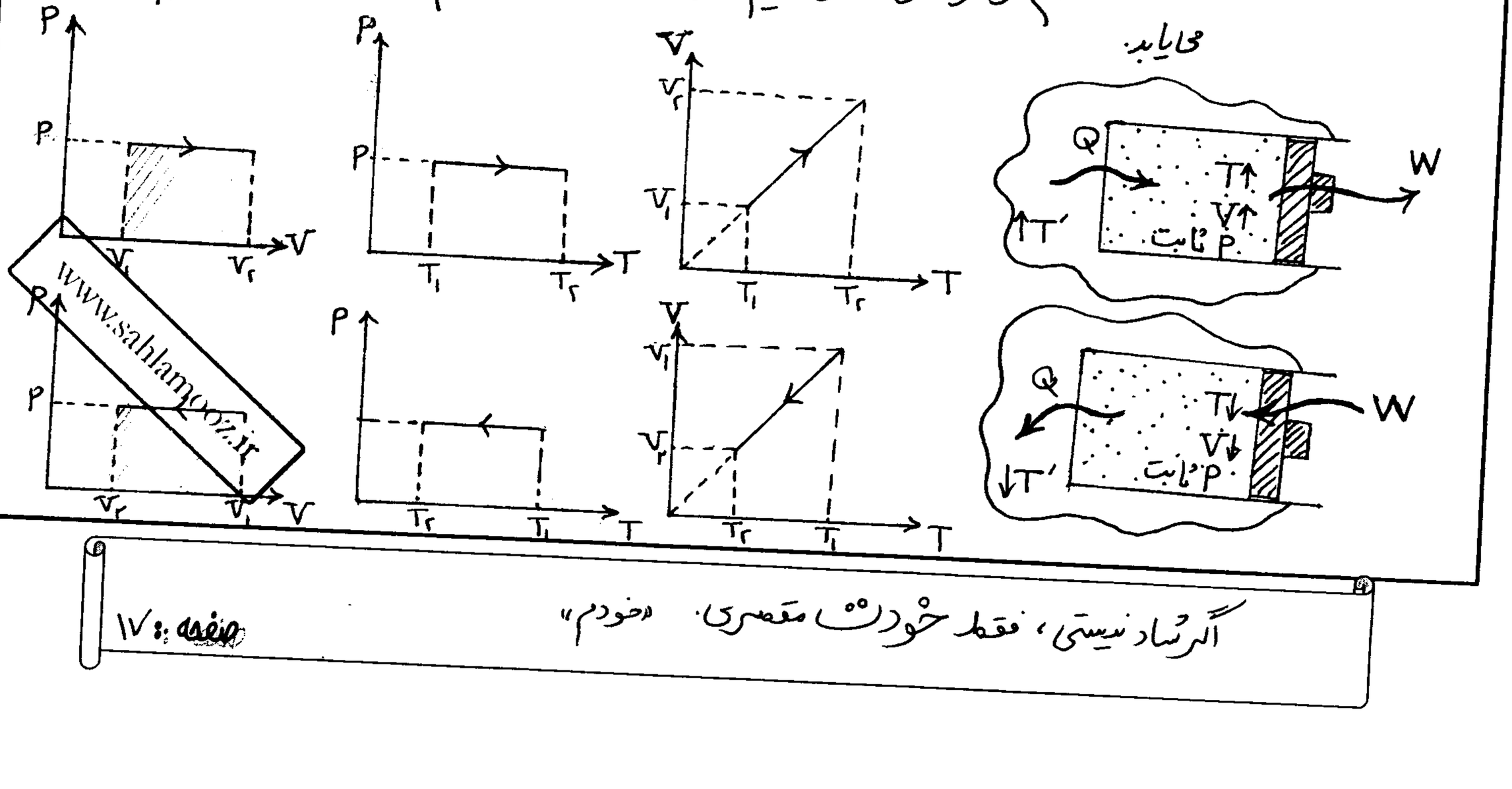
اگر گرما دادن به گاز را به همین روش به صورت بسیار آهسته ادامه دهیم، گاز به کندی ..... می‌شود و پیستون بسیار آهسته به طرف ..... حرکت می‌کند.

دراین حالت ..... حرکت پیستون بسیار ..... و نزدیک به ..... خواهد بود ← نیرویی که گاز به پیستون وارد می‌کند (....) باید با نیرویی که محیط به پیستون وارد می‌کند (....) برابر باشد

پس می‌توان گفت: «درحین گرما دادن همواره فشار گاز با فشار ... برابر است.»

← یعنی: درحین فرآیند فشار گاز ثابت می‌ماند.

☑ اگر دمای منبع گرما را اندکی کاهش دهیم، گاز مقداری گرما به صورت هم‌فشار ..... و دما و حجم آن ..... می‌یابد.



اگر شاد نیستی، فقط خودت مقصری. «خودم»

☑ در این فرآیند، حجم با دمای مطلق گاز نسبت ..... دارد.

$PV = nRT \Rightarrow V = \boxed{\frac{nR}{P}}\, T$ ← ثابت است.

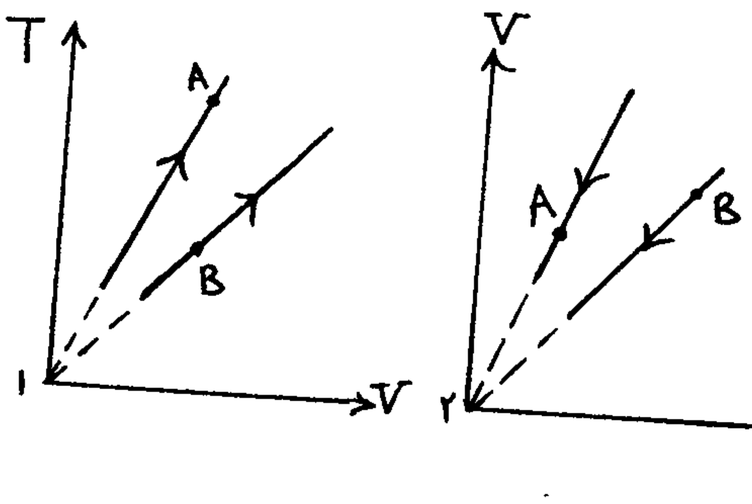
☑ با توجه به اینکه $\frac{nR}{P}$ برای مقدار معینی از یک گاز در فشار ثابت، ثابت است، معادله‌ی فوق یک تابع خطی است که عرض از مبدأ آن ..... و شیب خط آن نیز همان ..... است.

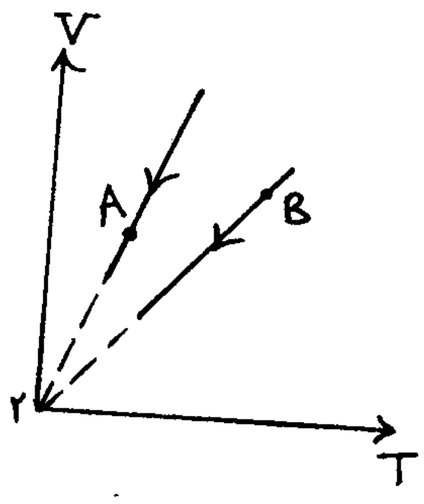
☑ به همین دلیل نمودار V برحسب T یک ..... است که امتداد آن از ..... می‌گذرد و شیب خط آن رابطه‌ی ..... با فشار ثابت گاز دارد.

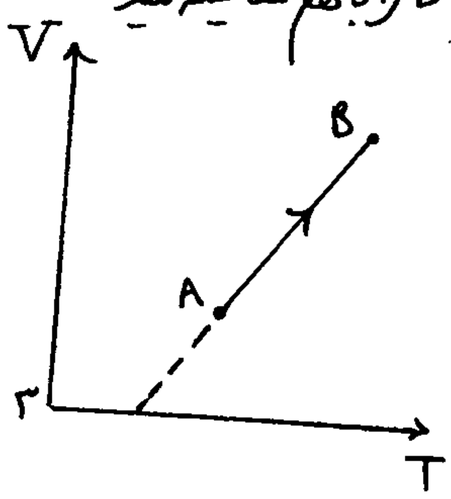
☑ در نمودار (V-T)، بین خط‌هایی که امتدادشان از مبدأ مختصات می‌گذرد، هرکه شیب بیشتری دارد، حجم ..... خواهد داشت و بالعکس ← یعنی در نمودار (T-V) شیب خط با حجم گاز رابطه‌ی ..... پیدا می‌کند و در مقایسه‌ی نمودارها، آنکه شیب بیشتری دارد، حجم ..... هم دارد.

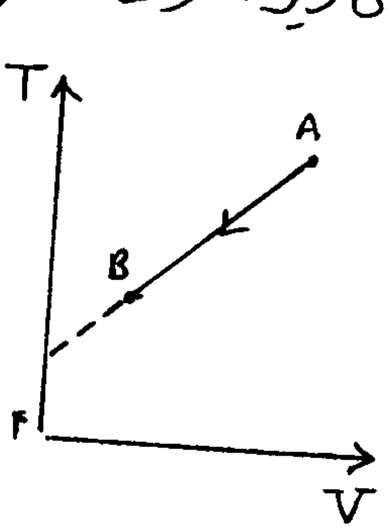
$PV = nRT \Rightarrow T = \boxed{\frac{\dots}{\dots}}\, V$ ← ثابت است.

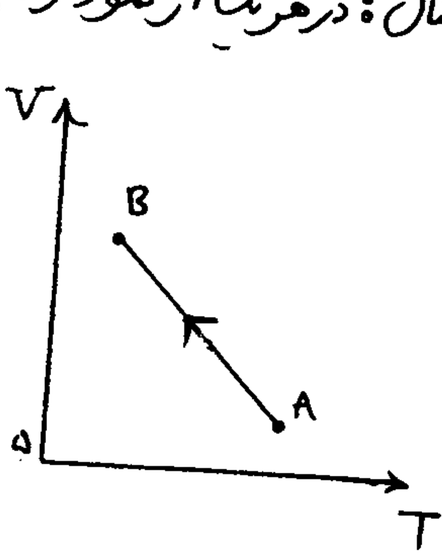
مثال: در هریک از نمودارهای زیر، فشار نقاط A و B را با هم مقایسه کنید:











☑ در این فرآیند به علت تغییر حجم، گاز تغییر جگالی می‌دهد:

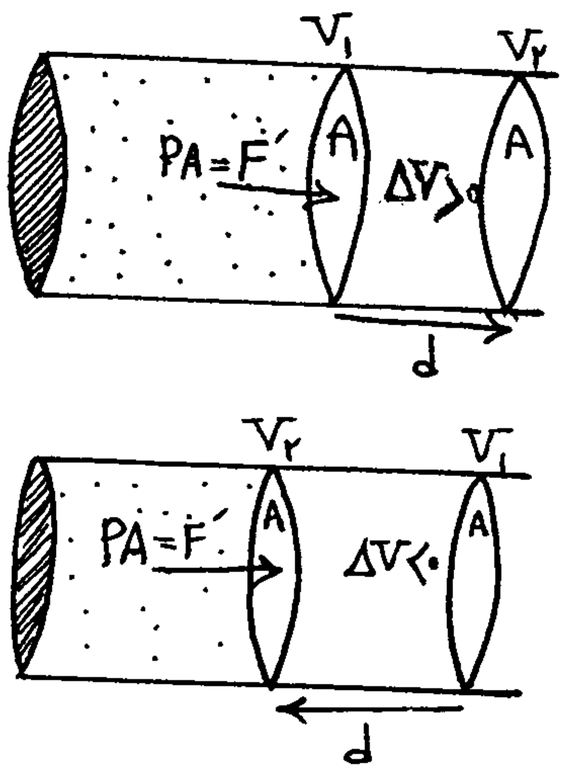
$\begin{cases} \rho = \frac{m}{V} \\ V = \text{عدد ثابت} \times T \end{cases} \Rightarrow \rho \propto \frac{1}{V} \Rightarrow \rho \propto \frac{1}{T} \Rightarrow \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{T_1}{T_2}$

www.sahlamooz.ir

عدالت پیشه کن تا همیشه توانا باشی. «حضرت علی (ع)»

☑ در این مزآیند هم ... و هم .... مبادله می‌شود.

☑ محاسبه‌ی کار: اگر فشار گاز P و مساحت پیستون A باشد، گاز در حین مزآیند نیروی .... = F′ را به پیستون وارد می‌کند.



(انبساط)

(تراکم)

☑ (یادتون که فشار بود: ..... واردبر ..... $P=\frac{\dots}{\dots}$)

☑ اگر جابجایی پیستون برابر d باشد، کار دستگاه روی محیط

$W' = F'.d = (\dots).d$: (....) برابر است با

(....) تغییر حجم استوانه است که برابر است با $\Delta V = V_2 - V_1$

$W' = \dots$ درنتیجه:

☑ کار محیط روی دستگاه (....) و کار دستگاه روی محیط (....) برابر و علامت .... دارند، پس .....

$W = -W' \Rightarrow W = -\dots$ ⇒

در تراکم: $\Delta V \rightarrow W \rightarrow W'$

در انبساط: $\Delta V \rightarrow W \rightarrow W'$

☑ در آن چه از این پس می‌آید، به جز در مواردی که به صراحت قید شود، منظور از کار، ...، یعنی کار انجام شده بر روی ..... است.

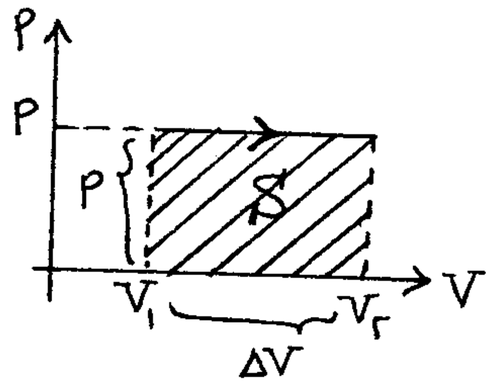
☑ از طرفی، طبق معادله‌ی حالت گاز کامل در مزآیند هم فشار می‌توان نوشت: $PV = nRT \Rightarrow P\dots = nR\dots$

و وقتی مقدار معینی از گاز را به اندازه‌ی ΔT تغییر دما دهیم، کار انجام گرفته بر روی دستگاه برابر خواهد بود با:

$W = -P\Delta V = -\dots$

مثال: دمای $\frac{3}{2}$ مول از گاز کاملی را در فشار ثابت از دمای 330K به 157°C می‌رسانیم، گاز چقدر کار انجام داده است؟

www.sahlamooz.ir



$S = \dots$

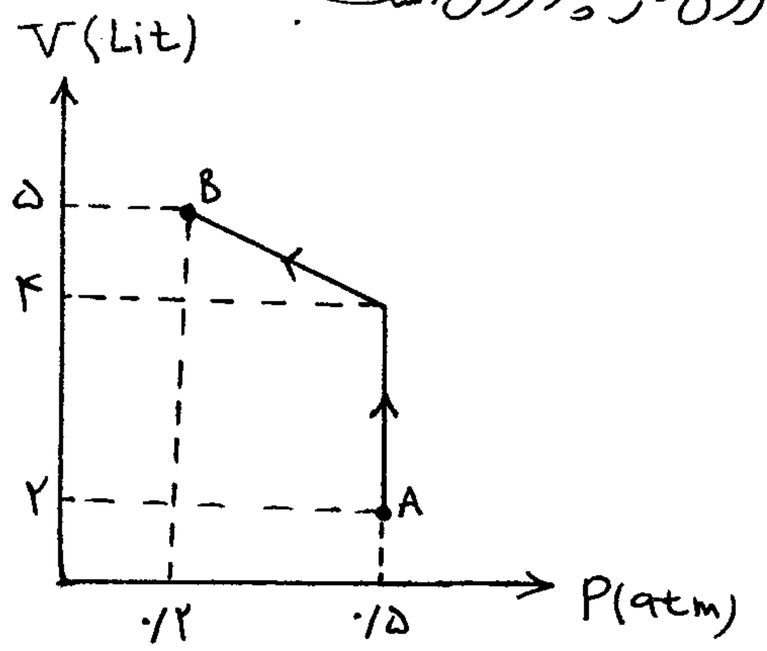
☑ حاصلضرب $P\Delta V$ برابر با ..... نمودار ..... (مساحت هاشور زده است.)

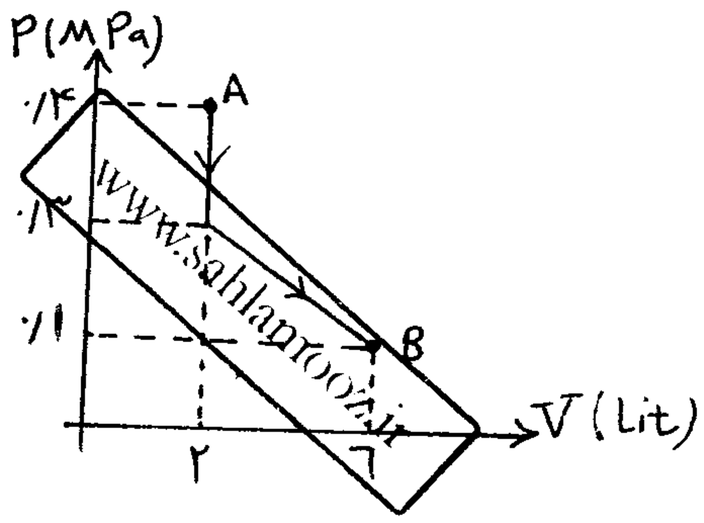
☑ این نتیجه برای حالت خاص فرآیند هم فشار بدست آمد، اما می‌توان نشان داد که در مورد تمام فرآیندهای دیگر نیز درست است. یعنی:

« در هر فرآیند، سطح زیر نمودار P-V معرف کار محیط روی گاز است. اگر حجم گاز زیاد شود و گاز ..... گردد، علامت این کار ... و اگر حجم گاز کاهش یابد و گاز ..... شود، علامت این کار ..... خواهد بود. »

مثال: در یک فرآیند، فشار به صورت $P = 2000V + 500$ در SI، تابعی از حجم است. اگر حجم گاز از ۲۰۰ lit به ۵۰۰ lit افزایش یابد، گاز چقدر کار دریافت کرده است؟

مثال: یک نمونه از گاز کامل، طبق شکل از حالت A به حالت B می‌رود. کار محیط روی گاز چند ژول است؟





خود را از پایه‌ای که داری فروتر آر، تا مردم تو را از پایه‌ات فراتر برند. «حضرت علی علیه‌السلام»

☑ محاسبه‌ی گرما: همانطور که گفتیم گرمای ویژه در رابطه‌ی (. . . . . = Q) برای گازها به نوع فرآیند بستگی دارد،

☑ گرمای ویژه‌ی یک گاز در . . . . ثابت که آنرا با . . . . نمایش می دهند، برابر است با مقدار گرمایی که در . . . .

ثابت به یکای . . . . آن داده می شود تا دمای آن یک کلوین (یا درجه‌ی سانتی‌گراد) بالا رود. . . . . = Q_p

☑ اگر مقدار گاز را برحسب مول بیان کنیم، خواهیم داشت:

$n = \frac{m}{M} \Rightarrow m = \ldots \Rightarrow Q_p = nMc_p\Delta T \xrightarrow[Mc_p = C_{MP}]{} Q_p = \ldots\ldots\ldots$

☑ حاصلضرب جرم مولکولی (. . .) در گرمای ویژه‌ی گاز در . . . ثابت (. . .) را ظرفیت گرمایی . . . . در . . . . ثابت گویند (. . . .)

☑ C_{MP} مقدار گرمایی است که در فشار ثابت به یک . . . . از یک گاز داده می شود تا دمای آن یک کلوین بالا رود.

☑ C_{MP} به . . . . گاز بستگی ندارد و به تعداد . . . . های گاز در یک . . . . بستگی دارد.

☑ C_{MP} برای گازهای تک اتمی (مانند گازهای نجیب از قبیل He و Ar) برابر . . . . و برای گازهای دو اتمی (مانند H_2، N_2 و O_2) برابر . . . و برای گازهای سه و چند اتمی (مانند CO_2 و NH_3) برابر . . . . می باشد.

☑ برای یک نوع مشخص از یک گاز داریم: $C_{MP} = C_{MV} + \ldots$

☑ ثابت می شود که گرمای مبادله شده برای یک گاز در فرآیند هم فشار وقتی گاز از حجم V_1 به V_2 می رود برابر است با:

$$Q_p = \frac{C_{MP}}{R} \cdot P \cdot (V_2 - V_1)$$

☑ در فرآیند هم فشار علامت کار و گرما همواره . . . . یکدیگر است.

↳ در این فرآیند، دستگاه با دریافت گرما از منبع گرما، . . . . می شود. $W<0 \rightarrow Q$

و با از دست دادن گرمای خود، . . . . می شود. $W>0 \rightarrow Q$

☑ در این فرآیند، همواره گرمای مبادله شده از کار انجام شده . . . . . است. $|Q| = |W|$

چرا؟

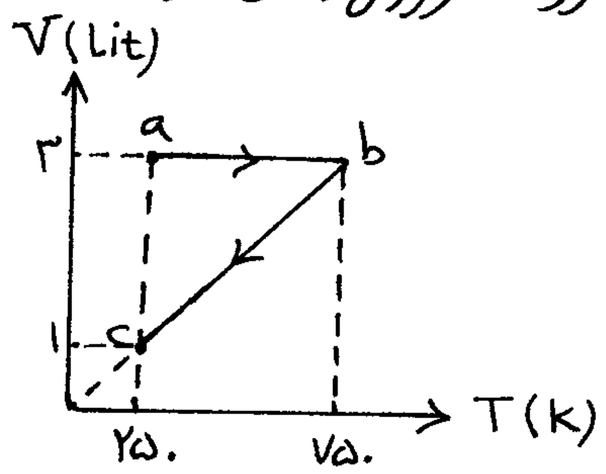
www.sabzlearn.ir

مثال: چند ژول گرما لازم است تا در فشار ثابت 2atm، حجم گاز نیتروژن از ۳ لیتر به ۱۰۰ میلی‌لیتر برسد؟ چقدر کار روی گاز باید انجام شود؟

مثال: مقداری گاز کامل تک‌اتمی را از فشار 0/2atm و حجم 2Lit به طور هم‌فشار تا حجم 5Lit منبسط می‌کنیم، پس در حجم ثابت فشار آن را به 0/6atm می‌رسانیم: الف) نمودار این فرآیند را در دستگاه P-V رسم کنید.

ب) کار انجام شده روی گاز و گرمای مبادله شده با آن را محاسبه کنید.

مثال: 0/2 مول از یک گاز کامل تک‌اتمی فرآیندی مطابق شکل را طی می‌کند و از حالت a به c می‌رود. کار روی دستگاه و گرمای کل مبادله شده با گاز را محاسبه کنید.



www.sahlamooz.ir

پ) فرآیند هم‌دما: دمای دستگاه در حین این فرآیند ثابت می‌ماند.

☑ برای انجام تراکم هم دما، دستگاه را در تماس با یک منبع گرما که ..... آن را همواره ثابت نگه می‌داریم قرار می‌دهیم و گاز را بسیار آهسته متراکم می‌کنیم.

قبل از تراکم، گاز و منبع در حالت ..... اند.

در نتیجه‌ی تراکم، ..... گاز اندکی بالا می‌رود و اختلاف دمای آن با منبع سبب می‌شود که گاز مقداری گرما ..... و دمای آن با دمای منبع گرما یکسان شود.

* با ادامه‌ی تراکم، گاز مقداری گرما از دست می‌دهد و دمای آن در حین تراکم ثابت باقی می‌ماند.

☑ در دمای ثابت، فشار با حجم گاز نسبت ..... دارد.

$PV = nRT \Rightarrow P = \frac{nRT}{V}$ (n، R، T ثابت است.)

☑ در فرآیند هم دما به علت تغییر حجم، چگالی نیز تغییر می‌کند:

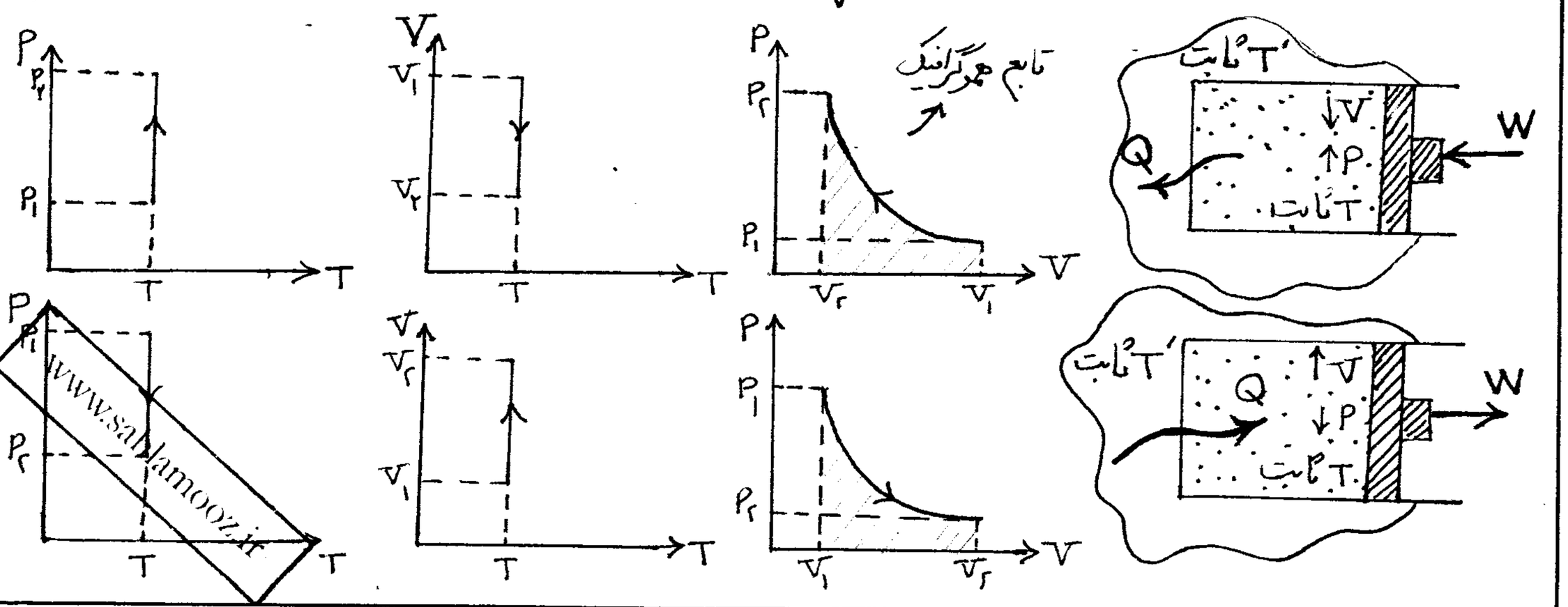
$$\begin{cases} \rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \rho \propto \frac{1}{V} \\ P = \frac{\text{عدد ثابت}}{V} \Rightarrow P \propto \frac{1}{V} \end{cases} \Rightarrow \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{P_2}{P_1}$$

☑ در فرآیند هم دما، کار و گرما ..... یکدیگرند:

$Q = -W$

- تراکم: $W > 0 \rightarrow Q < 0$ فرآیند گرماگیر
- انبساط: $W < 0 \rightarrow Q > 0$ فرآیند گرماده

☑ نمودار P-V در این فرآیند ($P = \frac{\text{عدد ثابت}}{V}$) مشابه نمودار $y = \frac{cte}{x}$ در حسابان است. (یادتون نره)

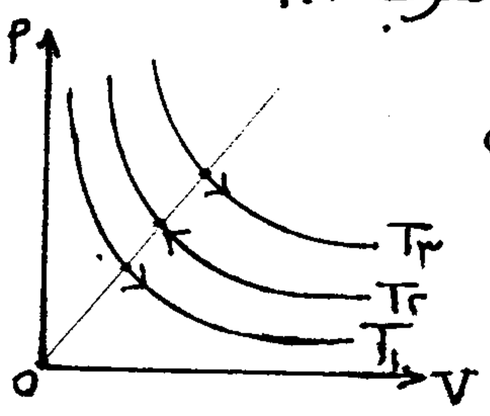


بهترین را بخواه و بهایش را بپرداز. «جکسون براون»

☑ در فرآیند هم دما نیز مساحت زیر سطح نمودار P-V برابر کار انجام شده بر روی دستگاه می باشد که محاسبه‌ی آن فراتر از سطح کتاب درسی است.

سؤال: انتهای یک سرنگ را مسدود و آنرا وارد محلول آب و یخ می‌کنیم، پس از مدتی گاز را به آرامی متراکم می‌کنیم. آیا می‌توان این فرآیند را هم دما در نظر گرفت؟ چرا؟

نکته: در فرآیندهای هم دما، هرچه دمای ثابتی که با آن دما فرآیند انجام می‌شود، بیشتر باشد، حاصلضرب P.V بیشتر شده و نمودار تغییرات فشار برحسب حجم به محل بالاتری منتقل می‌شود و فاصله‌ی آن از مرکز (O) بیشتر می‌شود:

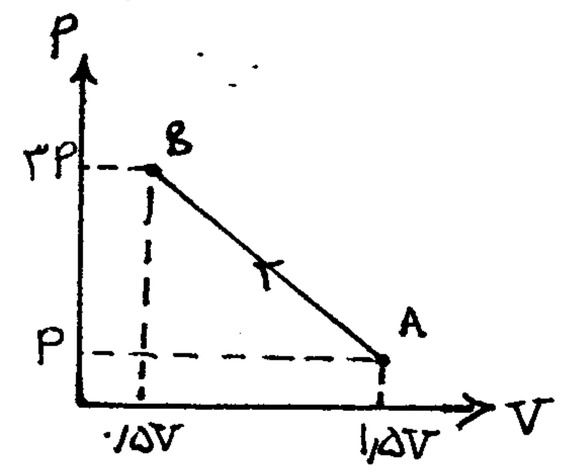


$T_1 \bigcirc T_2 \bigcirc T_3$

* این موضوع ارتباطی به جهت فلش‌ها (تراکم و یا انبساط) ندارد.

توجه: ممکن است در یک فرآیند غیرخاص، حاصلضرب PV برای دو نقطه یکسان باشد امّا نمی‌توان آنرا فرآیند هم دما دانست.

تست: در فرآیند زیر، راجع به دما در حرکت از A به B می‌توان گفت:



۱) ثابت است. ۲) ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.

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

تست: در یک فرآیند هم دما، گاز کامل به اندازه‌ی Q گرما می‌گیرد. در این صورت حجم گاز:

۱) ثابت می‌ماند. ۲) افزایش می‌یابد.

۳) کاهش می‌یابد. ۴) هر سه حالت ممکن است.

www.sahlamooz.ir

ت) فرآیند بی دررو: در این فرآیند بین دستگاه و محیط ..... مبادله نمی‌گردد.

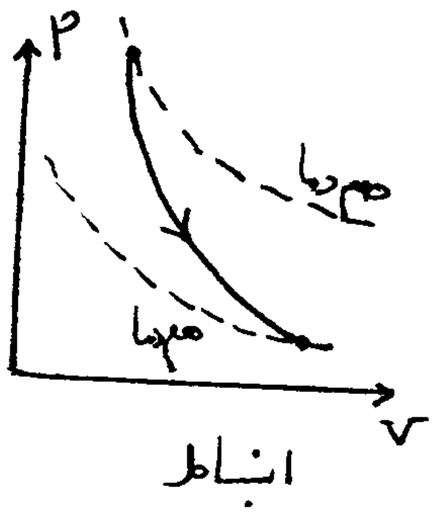
برای انجام این فرآیند باید دستگاه را با یک عایق گرمایی بپوشانیم (عایق بندی کنیم) و گاز را به آرامی منبسط و متراکم کنیم و یا هنگامی که یک گاز را با سرعت متراکم یا منبسط کنیم، گاز فرصت تبادل گرما را با محیط پیدا .... در این صورت نیز می‌توان گفت که فرآیند به صورت ..... انجام شده است.

☑ در این فرآیند، گرمای مبادله شده بین دستگاه و محیط .... است. $Q =$

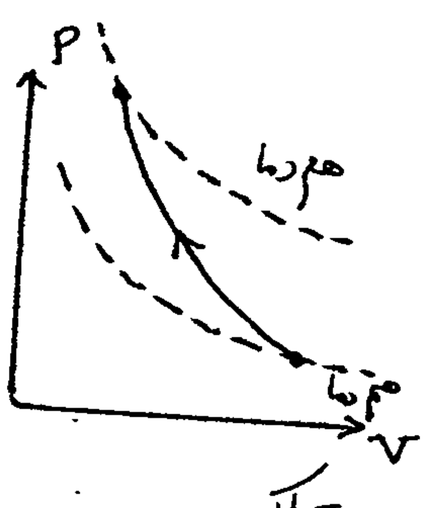
☑ در این فرآیند، علت تغییر ...، کار انجام شده صفر ..... $W \neq 0$

☑ نمودار P-V برای این فرآیند مانند فرآیند هم دما است ولی شیب فرآیند بی دررو .... از فرآیند هم دما ست

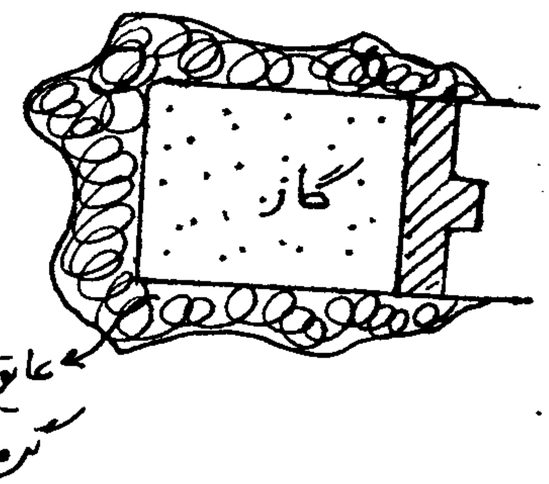
یعنی نمودار فرآیند بی دررو کلاً .....



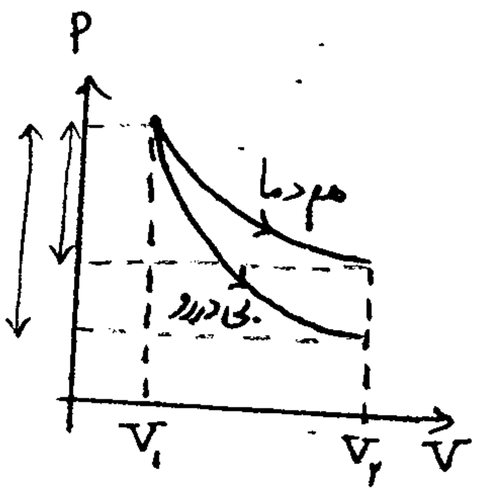
انبساط



تراکم

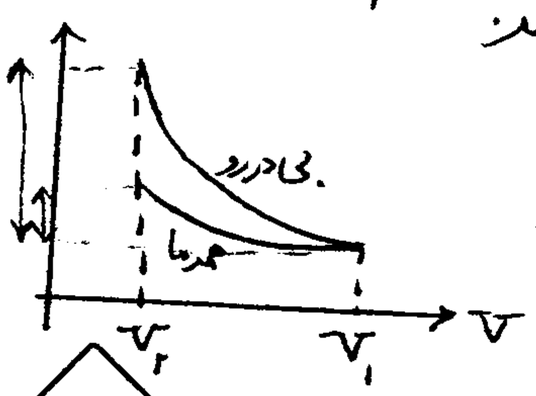


عایق بندی گرمایی



دلیل: در انبساط هم دما، فشار گاز کاهش می‌یابد، ولی چون گاز با یک منبع گرما در تماس است، مقداری گرما می‌گیرد و در نتیجه کاهش فشار آن در مقایسه با فرآیند بی دررو، که گاز گرما نمی‌گیرد، ..... است.

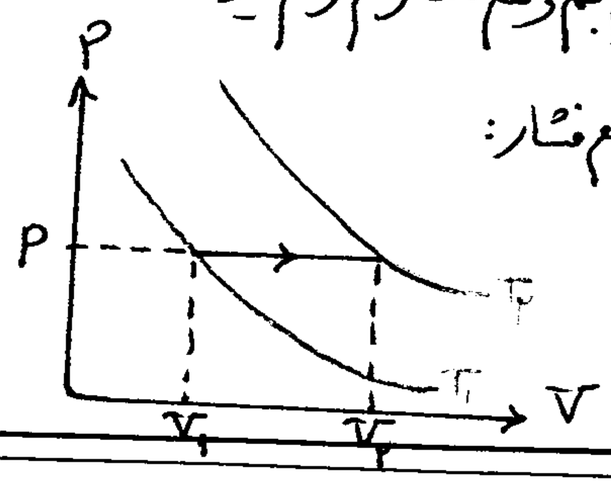
به همین دلیل شیب نمودار هم دما همواره .... از بی دررو می‌باشد



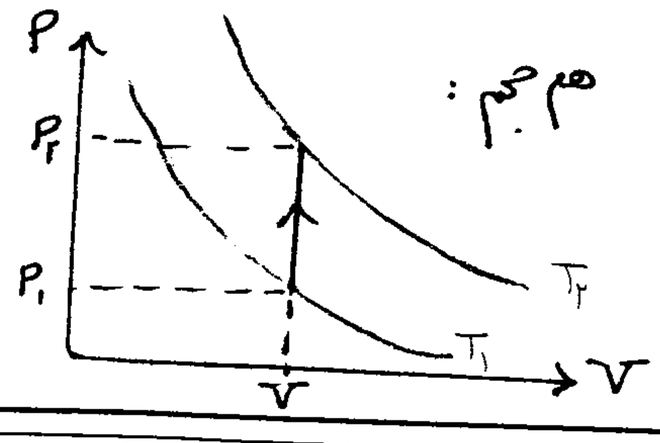
☑ در تراکم هم به دلیل بالا داریم:

تذکر: نمودارهای (P-V) برحسب T را برای فرآیندهای هم حجم و هم فشار هم رسم کنید:

هم فشار:



هم حجم:



www.sahamooz.ir

هدیه دادن موجب نزدیکی دل‌ها می‌شود. «امام رضا علیه السلام»

مثال: اگر حجم یک گاز کامل را از V_1 به V_2، یکبار منبسط و یکبار متراکم کنیم و این فرآیند را در سه حالت هم دما، بی‌دررو و هم فشار انجام دهیم، می‌توان نمودار P-V را برای آنها رسم نمود و کار انجام گرفته را به صورت زیر مقایسه کرد:

(خودتون از پای تخته زحمتشو بکشید!)

انرژی درونی و قانون اول ترمودینامیک:

☑ انرژی درونی مجموع انرژی های ..... و ..... تک‌تک مولکولهای تشکیل دهنده ی آن ماده است.

☑ دما، میانگین (.....) انرژی ..... ذرات تشکیل دهنده ی یک ماده است.

☑ در یک گاز کامل، چون ..... بین مولکولهای آن ناچیز است، می‌توان از ..... ذرات صرف نظر کرد و انرژی درونی این گازها فقط تابعی از ..... انرژی ... ذرات آن است.

نتیجه: برای گاز کامل انرژی درونی آن تابع ..... گاز است. (دما برحسب .....) و تغییرات انرژی درونی فقط به تغییرات ..... گاز و ..... گاز و ..... بودن مولکولهای آن بستگی دارد و اصلاً به ..... گاز بستگی ندارد.

قانون اول ترمودینامیک: مقدار تغییر انرژی درونی، به مقدار ... و ... مبادله شده بین دستگاه و محیط ارتباط دارد و این همان قانون ..... است که در مورد فرآیندها به کار می‌رود.

حد قانون ← جمع جبری کار انجام شده روی دستگاه (W) و گرمای مبادله شده ی با آن (Q) برای یک گاز برابر ..... آن است: $W + Q = \ldots$

← گرما و کار مبادله شده بین دستگاه و محیط فقط در ..... معنا دارد.

← پس از اتمام فرآیند، انرژی های منتقل شده به صورت ..... دستگاه درمی آیند و دیگر اثری از آنها نمی‌یابیم

مشخص کنیم که کدام بخش از افزایش ..... از کار و کدام یک از گرما ناشی شده است.

دانلود از سایت فیزیک ۱۲

انسان شدن آموز کہ بیش قدمت / صد سجده کنداگر کہ آدم باشی.

مثلِ: دریاچه‌ای که آب آن در اثر بارش باران و آب رودخانه افزایش می‌یابد. نمی‌توان نشان داد کدام‌کدام سمت از آب آن مربوط به باران و کدام یک مربوط به ورود رودخانه است.

مثال: بکمازی $500\,J$ کار بروی محیط انجام داده است و $300\,J$ گرما دریافت نموده‌است. تغییر انرژی درونی آن چند ژول است؟

☑ تغییرات انرژی درونی به ... مرآیند بستگی ندارد و برای تمامی آن‌ها برابراست با:

$\Delta U = \frac{3}{2} nR\Delta T$ (مثلِ: یک گاز تک اتمی) برای یک گاز تک اتمی

$\Delta U = \frac{5}{2} nR\Delta T$ (مثلِ: H_2 و N_2 و O_2) برای یک گاز دو اتمی

$\Delta U = \frac{6}{2} nR\Delta T$ (مثل: H_2O و SO_2 و ...) برای یک گاز چند اتمی

← برای اثبات موضوع فوق، در مرآیندهای خاص بررسی را انجام می‌دهیم:

الف) مرآیند هم حجم: $\Delta U = Q_V + W = Q_V + 0 \rightarrow \Delta U = Q_V = nC_{mV}\Delta T = \begin{cases} \frac{3}{2} nR\Delta T \\ \frac{5}{2} nR\Delta T \\ nR\Delta T \end{cases}$

تا رشم اینجا میشه $nR\Delta T$ رو $V\Delta P$ ام نوشت، نگه نه! چرا؟

ب) مرآیند هم فشار: $\Delta U = Q_P + W = nC_{mP}\Delta T + (-P\Delta V) \xrightarrow[\text{داریم: } nR\Delta T = P\Delta V]{\text{با نوشتن تا رشم اینجا}} \Delta U = nC_{mP}\Delta T - nR\Delta T$

مثلاً برای یک گاز تک اتمی میشه: $\Delta U = \frac{5}{2} nR\Delta T - nR\Delta T = \frac{3}{2} nR\Delta T$

مثلِ ۵۸ آی بالا نشد، چرا شد دیگه! خوب برای حالت های دیگه هم به همین ترتیب میشه!

ج) مرآیند هم دما: در مرآیند هم دما چون تغییر ..... نداریم پس ۵۸ برابر ... خواهد بود که این موضوع هم رابطه‌ی بالا رو تأیید می‌کند و با آن هم خوانی دارد.

د) مرآیندی در رو: برای محاسبه‌ی کار در مرآیندی در رو می‌توان از نکته‌ی بالا استفاده نمود، چون در این مرآیند Q برابر ..... است، پس داریم:

www.sahlgm.ir

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

- تک اتمی‌ها: $W_{\text{بی‌دررو}} = \frac{3}{2} nR\Delta T$
- دو اتمی‌ها: $W_{\text{بی‌دررو}} = \frac{5}{2} nR\Delta T$
- چند اتمی‌ها: $W_{\text{بی‌دررو}} = \frac{6}{2} nR\Delta T$

* فقط اینجا تا زشتم این که به جای $nR\Delta T$ باید بنویسیم $P_2V_2 - P_1V_1$، البته که لازم شد دیگه، وگرنه... ندارید کار!

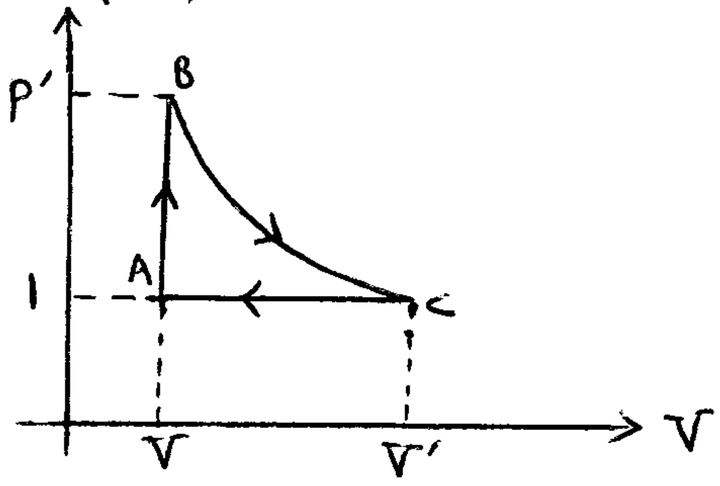
چرخه: فرآیندی است که در طول آن دستگاه پس از طی چند فرآیند به حالت اولیه‌ی خود (P_1, V_1, T_1) برمی‌گردد.

☑ در یک چرخه (مانند فرآیند ...) چون دمای ابتدایی و نهایی آن ... است، تغییرات انرژی درونی ... است و کار انجام گرفته روی دستگاه قرینه‌ی ... مبادله شده است. $\Delta U = 0 \longrightarrow W = \dots$

☑ در نمودار (P-V) مربوط به چرخه، مقدار کار کل برابر است با ... چرخه.

☑ اگر چرخه ساعتگرد باشد ($W<0$) و اگر چرخه پادساعتگرد باشد ($W>0$) است.

مثال: با توجه به نمودار روبرو به سؤالات زیر پاسخ دهید: (گاز کامل تک اتمی است.)



$T_A = 300\,k \quad T_B = 600\,k \quad T_C = 450\,k$

الف) حجم گاز در نقاط A و C:

ب) فشار گاز در نقطه‌ی B:

ج) گرمای مبادله شده در فرآیند CA:

د) گرمای مبادله شده در فرآیند AB:

www.sahlamooz.ir

ه) کل کار انجام شده در چرخه:

و) گرما و کار مبادله شده در فرآیند BC:

ی) تغییر انرژی درونی چرخه چقدر است؟

مثال: در فرآیند هم فشار، نسبت های زیر را برای گاز تک اتمی و دو اتمی و چند اتمی محاسبه کنید:

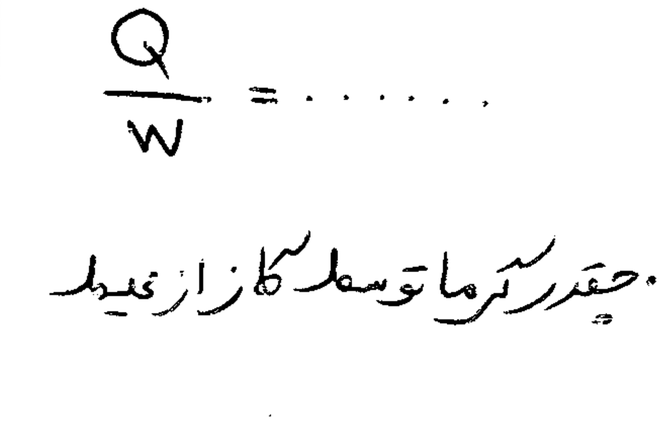
$\frac{Q}{\Delta U} = \dots\dots$

$\frac{W}{\Delta U} = \dots\dots$

$\frac{Q}{W} = \dots\dots$

مثال: در یک فرآیند هم فشار، بر روی یک گاز دو اتمی، ژول ۲۰۰ کار انجام شده است. چقدر گرما به سطح گاز از محیط دریافت شده است؟

مثال: نمودار T-V یک فرآیند آرمانی به شکل مقابل است، در این فرآیند ژول ۷۰۰ گرما بین محیط و دستگاه مبادله شده است،



بنابراین برای این گاز دو اتمی داریم:

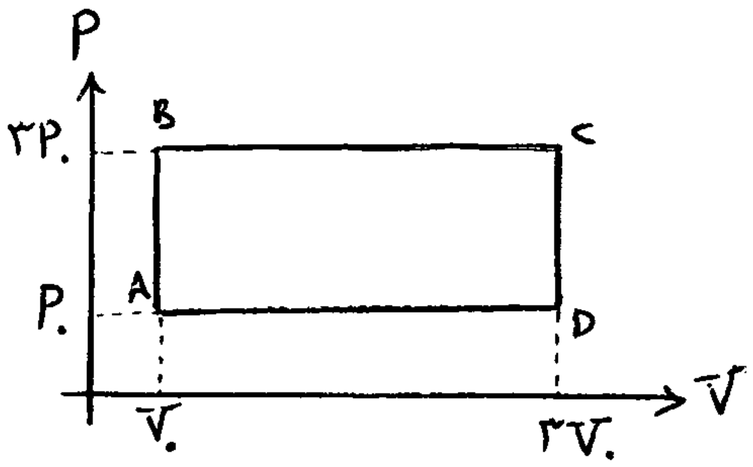
۱) ژول ۷۰۰ کار روی دستگاه صورت گرفته است.

۲) دستگاه ۲۰۰ ژول کار انجام داده است.

۳) انرژی درونی دستگاه ۵۰۰ ژول کاهش یافته است.

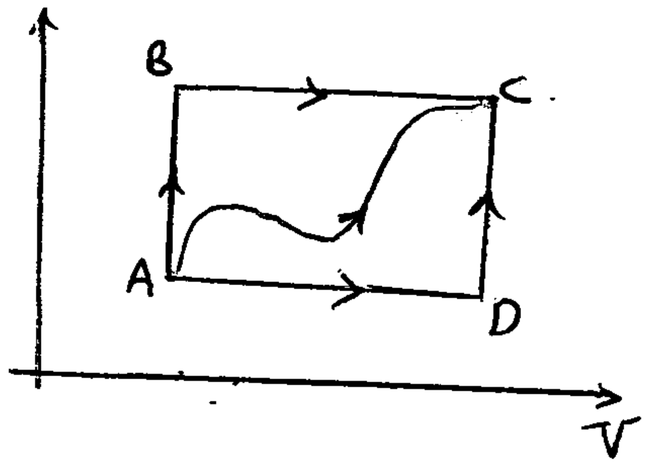
۴) انرژی درونی دستگاه ۷۰۰ ژول کاهش یافته است.

مثال: نمودار P-V یک دستگاه ترمودینامیکی به صورت مقابل است.



کار و گرما را در مسیرهای AB، BC، CD، DA، ABCDA بدست آورید، نمودار P-T و V-T ی آن را نیز رسم کنید: (گاز یک اتمی است.)

نکته: کار و گرما به نوع مسیر و مشخصات ترمودینامیکی ابتدا و انتهای مسیر بستگی ... ولی تغییرات انرژی درونی فقط به مختصات ترمودینامیکی ابتدا و انتهای مسیر بستگی ... و مستقل از ... است.

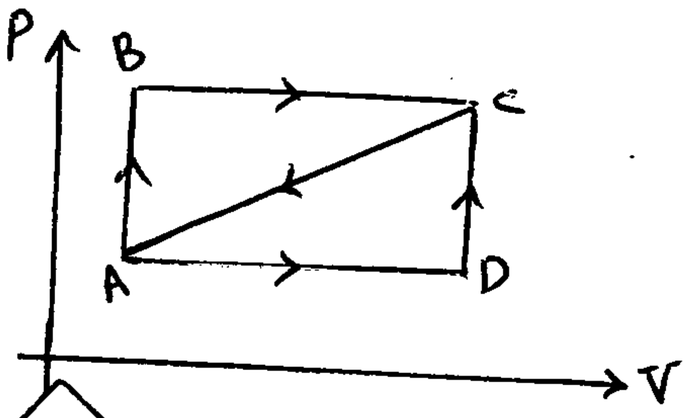


$$W_{abc} \neq W_{adc} \neq W_{ac} \Rightarrow \Delta U_{abc} = \Delta U_{adc} = \Delta U_{ac}$$

$$Q_{abc} \neq Q_{adc} \neq Q_{ac}$$

مثال: نمودار P-V یک سیستم ترمودینامیکی به صورت مقابل است، اگر $Q_{ABC}=80J$ و $W_{ABC}=30J$ باشد، معین کنید:

الف) ΔU_{AC} ب) اگر $W_{AD}=20J$ باشد، Q_{ADC} چقدر است و اگر $W_{CA}=-20J$ باشد، Q_{CA} چقدر است؟

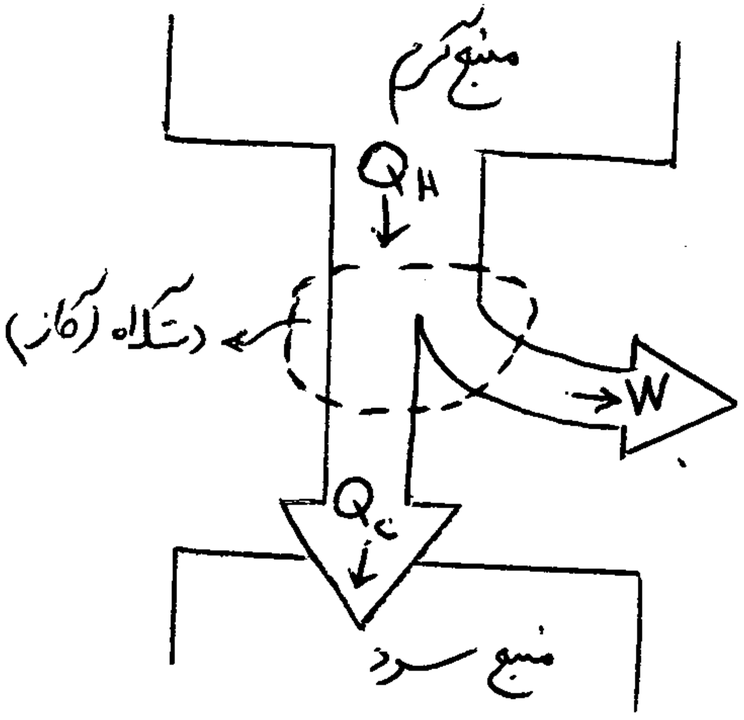


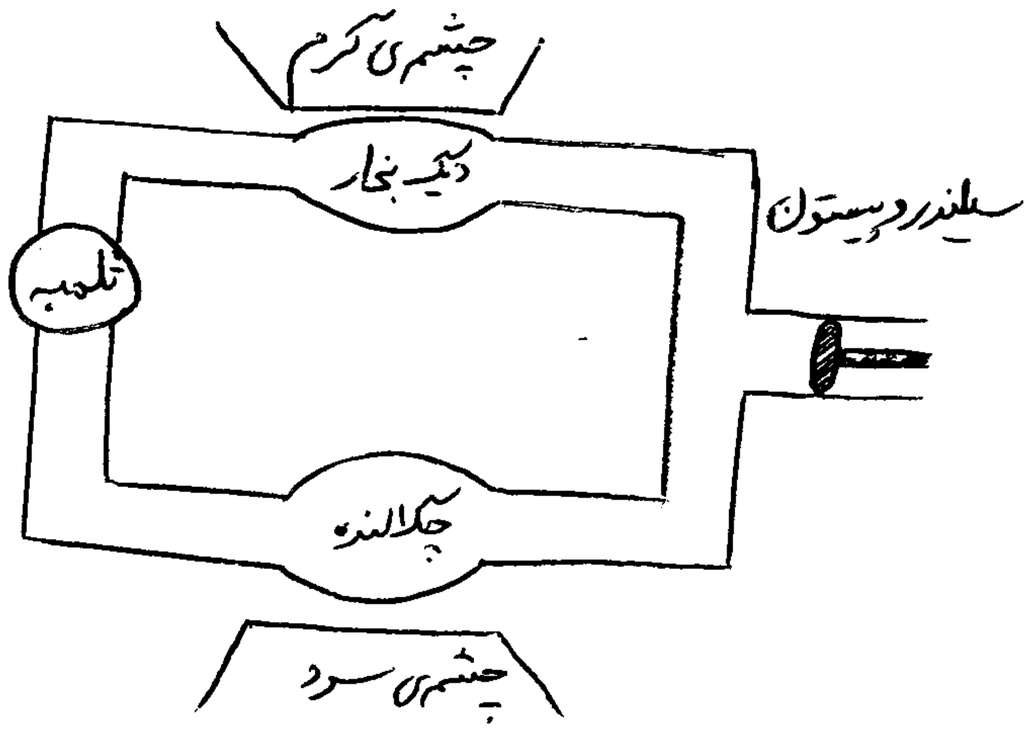
www.sahlamooz.ir

ماشین گرمایی و بیان قانون دوم ترمودینامیک:

☑ در این وسیله، کار مقداری ..... از یک منبع ... می‌گیرد و پس از انجام ... روی ...، گرمای باقی‌مانده را از دست می‌دهد.

☑ این ماشین‌ها در یک چرخه کاری کند و نمودار P-V ی آنها همواره ..... (W) است.





☑ انواع ماشین بخار: ← ..... : گرما توسط ..... (از بیرون دستگاه) بر دستگاه داده می‌شود. (مثل .....)

← ..... : گرما از طریق ..... مخلوط (کار) در داخل محفظه تأمین می‌شود.
(مثل ... و ...)

☑ قانون اول ترمودینامیک در ماشین گرمایی: ..... + ... = ... → ... = ... $\Delta U = Q_H - |Q_c| - |W|$

نکته: قدر مطلق برای کمیت‌های ..... بکار می‌رود.

☑ قانون دوم ترمودینامیک به بیان ماشین گرمایی: ممکن ..... دستگاه چرخه‌ای را طی کند که در آن مقداری گرما از منبع ..... بگیرد و تمام آن را تبدیل به ... کند: $|Q_c| \neq 0$ یا $Q_H \neq |W| \rightarrow Q_H > |W|$: یعنی

☑ بازده ماشین گرمایی: ← محاسبه کمیتی است که نشان می‌دهد، چه کسری از گرمای دریافت شده به کار تبدیل می‌شود و واحد ... و همواره کوچکتر از ... می‌باشد. (طبق قانون .....)

$\eta = \frac{|W|}{Q_H} = \frac{\cdots\cdots}{Q_H} = 1 - \frac{\cdots}{\cdots}$

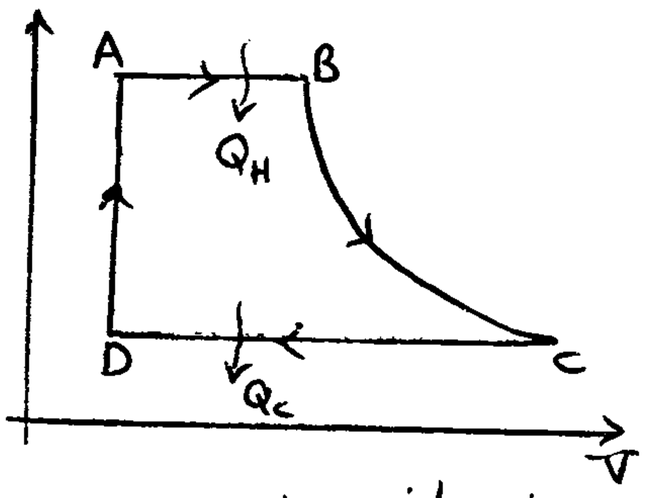
بیشترین مقدار ← اگر دستگاه با چرخه‌ی کارنو بین دو منبع گرم و سرد با دمای T_c و T_H کاری کند، مقدار آن برابر است با:

$\eta_{max} = 1 - \frac{\cdots}{\cdots}$

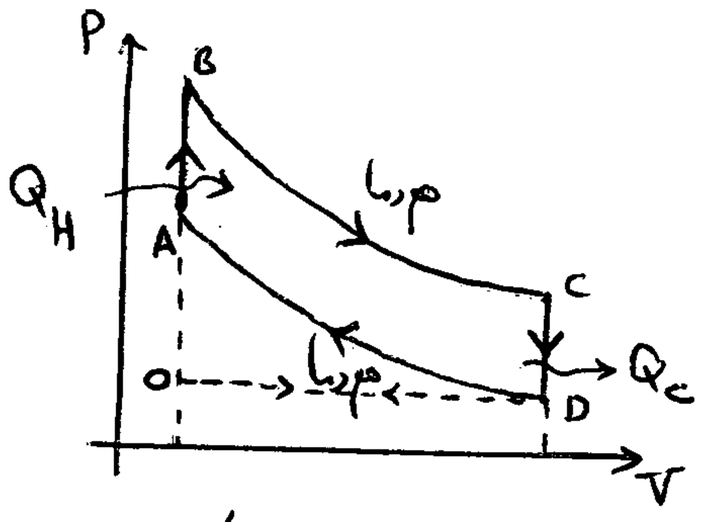
WWW.KONKOOR.IR

* برای افزایش بازده در ماشین گرمایی، بهترین راه، ..... دمای چشمه‌ی ... است. «کتاب درسی»

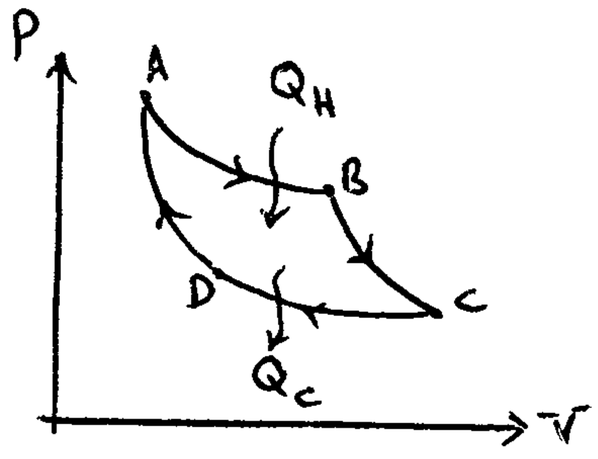
☑ چند چرخه‌ی ماشین گرمایی معروف:



چرخه‌ی ماشین بخار (.....)



چرخه‌ی ..... (استرلینگ یا .....)



چرخه‌ی .....

☑ چرخه‌ی ماشین بخار (.....):

از A تا B ← مرحله‌ی تبدیل ..... به ..... آب داغ در ..... ثابت می‌ماند.

از B تا C ← انبساط ..... بخار آب (در این مرحله، انرژی ..... مورد نیاز از ماشین بخار بدست می‌آید)

از C تا D ← ..... بخار آب در ..... ثابت رد می‌دهد.

از D تا A ← فشار آب افزایش می‌یابد تا به فشار اولیه در حجم تقریباً ثابت برگردد.

☑ چرخه‌ی استرلینگ (..... یا .....):

از A تا B: دستگاه مقداری گرما می‌گیرد و ..... و ..... آن به مقدار زیادی بالا می‌رود. (معادل مرحله‌ی ..... است)

از B تا C: دستگاه ..... می‌شود و پیستون را طی یک فرآیند ..... به طرف پایین می‌راند (معادل مرحله‌ی ..... است)

از C تا D: دستگاه مقداری گرما از دست می‌دهد و ..... و ..... آن کاهش می‌یابد. (معادل مرحله‌ی .....)

نقدی بر کتاب درسی: کتاب درسی مرحله‌ی C به D رو معادل مرحله‌ی تخلیه گرفته، از طرفی می‌گه: در مرحله‌ی تخلیه پیستون بالا اومده و قبیه‌ی دود خارج می‌شه. خب، اگه پیستون بالا می‌آد، باید حجم دستگاه کاهش پیدا کنه، درصورتی که فرآیند CD یک فرآیند هم‌حجم و منظور اینه که مرحله‌ی DO مرحله‌ی تخلیه است. بعضی‌ها هم مجموع CD و DO رو معادل مرحله‌ی تخلیه می‌گیرن. (به هر حال خواستون باشه که مرجع ملاک کنکور و امتحان نهایی کتاب درسی نه جزوه‌ی حجت نجفی!)

از D تا A: دستگاه به صورت ..... متراکم می‌شود و فشار و حجم آن به وضعیت اولیه برگردانده می‌شود. (معادل مرحله‌ی ..... و .....)

www.sahamooz.ir

حکمت درختی است که ریشه‌ی آن در قلب و میوه‌ی آن در زبان است. «حضرت علی علیه‌السلام»

مثال: درصورتی که دمای چشمه‌ی گرم و سرد به یک اندازه تغییر نماید، بازده چگونه تغییر می‌کند؟

الف) در افزایش دما به یک اندازه:

ب) در کاهش دما به یک اندازه:

مثال: یک ماشین گرمایی در هر چرخه ۴۰۰ ژ گرما از منبع گرم دریافت می‌کند و ۲۵۰ ژ گرما به منبع سرد می‌دهد.

الف) در هر چرخه چه مقدار کار روی محیط انجام می‌شود؟

ب) بازده این ماشین چقدر است؟

در این ماشین گرمایی حدود ... درصد از گرمای دریافتی به منبع سرد داده می‌شود و تنها حدود ... درصد آن به کار تبدیل می‌شود.

مثال: بازده یک ماشین گرمایی که میان دو چشمه‌ی سرد و گرم کار می‌کند، ۰/۴ است. اگر از دمای مطلق منبع سرد ۲۵٪ بکاهیم، بازده آن ... درصد ... می‌یابد. (سراسری - ریاضی ۷۸)

۱) ۱۵، کاهش ۲) ۲۵، کاهش

۳) ۲۵، افزایش ۴) ۱۵، افزایش

مثال: توان کار یک ماشین گرمایی ۹۰ kW و بازده آن ۲۵٪ است، این موتور در هر دقیقه چند مگاژول گرما به محیط می‌دهد؟

۱) ۱۶,۲ ۲) ۳۲,۴ ۳) ۸۱ ۴) ۴۸,۶

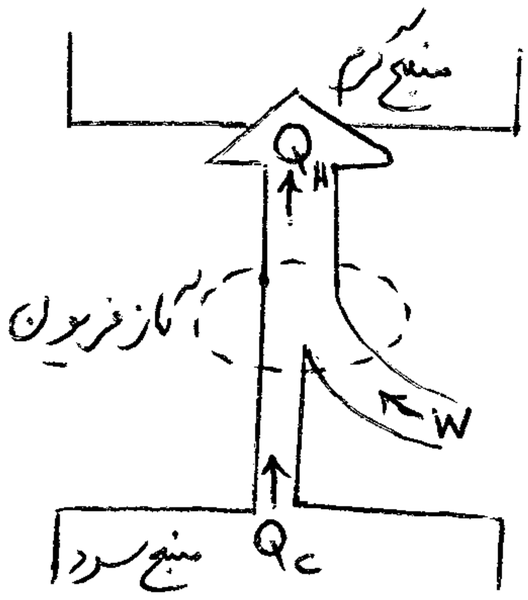
دست‌گرمی زنگ تفریح: می‌خواهیم یک ماشین گرمایی بسازیم که منبع گرم آن اعماق اقیانوس در دمای ۷°C باشد. حداکثر بازده‌ای که می‌توان بدست آورد، چقدر است؟

جواب: بازده هر ماشین دیگری جز ماشین ... که بین دو دمای فوق کار می‌کند از مقداری که بدست خواهیم آورد کمتر است.

www.sahlamooz.ir

یخچال و قانون دوم ترمودینامیک:

☑ مقداری گاز فرض کن چرخه ای را در جهت ..... (در نمودار P-V) طی می کند و محیط با انجام کار W روی این گاز، باعث گرفتن گرمای Q_c (از محتویات داخل یخچال) توسط گاز می شود و همه ی این انرژی ها به صورت Q_H به هوای بیرون داده می شود.



☑ این وسیله هم در یک چرخه کار می کند و نمودار P-V ی آن همواره ..... (W) است.

☑ قانون اول ترمو در یخچال: $\Delta U = Q + W - |Q_H| = 0 \rightarrow |Q_H| = \ldots + \ldots$

☑ قانون دوم ترمودینامیک بیان یخچالی: گرما به خودی خود از جسم سرد به جسم گرم منتقل ..... و باید حتماً ..... انجام پذیرد.

یعنی: $W \neq 0$ یا $|Q_H| \neq Q_c \rightarrow |Q_H| > Q_c$

☑ ضریب عملکرد یخچال: یخچالی که با انجام کار کمتر، گرمای بیشتری را به بیرون منتقل کند، بهتر است: $k = \frac{\ldots}{\ldots}$

☑ ضریب عملکرد یخچالی که با چرخه ای، عکس چرخه ی ماشین گرمایی کارنو کار کند، دارای بیشترین ضریب عملکرد خواهد بود و مقدار آن برابر است با: $k_{max} = \frac{\ldots}{\ldots - \ldots}$

☑ ضریب عملکرد یخچال های تجاری بین ... تا ... می باشد.

☑ یخچال یک ماشین گرمایی است که در جهت عکس کار می کند و رابطه ی بین ضریب عملکرد یخچال و بازده ماشین گرمایی که در جهت عکس شروع به کار کرده به صورت روبرو است: $\eta = \frac{1}{k+1}$

اثبات:

$$k = \frac{Q_c}{W} = \frac{Q_c}{Q_H - Q_c} \rightarrow Q_c = kQ_H - kQ_c \rightarrow kQ_H = (k+1)Q_c$$

$$\rightarrow \frac{Q_H}{Q_c} = \frac{k+1}{k} \rightarrow \ldots$$

www.sahlamoz.ir

مثال: نمودار P-T چرخه ای که دستگاه در یک یخچال فرضی طی می کند، مربوط به یک چرخه ی کارنو است که دستگاه در هر چرخه ۸kj گرما از منبع سرد می گیرد و ساحت داخل چرخه ۲kj ی باشد

الف) این یخچال در هر چرخه چه مقدار گرما به محیط می دهد؟

ب) فضایی که یخچال در آن قرار دارد، یک اتاق در بسته به ابعاد ۳×۴×۲ (m) است. در هر چرخه دمای اتاق چند کلوین افزایش می یابد؟ (فرض کنید دمای اتاق ۲۷°c و فشار آن یک آتمسفر و ظرفیت گرمایی مولی هوا در حجم ثابت $20 \frac{j}{mol.k}$ است و $R = 8 \frac{j}{mol.k}$ می باشد)

مثال: توان یک یخچال ۲۵۰ وات و ضریب عملکرد آن ۴ است:

الف) چه مدت طول می کشد تا در این یخچال ۱kg آب ۲۵°c به یخ ۴°c- تبدیل شود؟
($c_{آب} = 4200 \frac{j}{kg.c}$ و $c_{یخ} = 2100 \frac{j}{kg.c}$ و $L_f = 335000 \frac{j}{kg}$)

ب) در این مدت چه مقدار گرما به هوای بیرون داده می شود؟

مثال: در یک یخچال می خواهیم ۵۰ گرم یخ صفر درجه را به یخ ۱۰°c- تبدیل کنیم، اگر مقدار کاری که به دستگاه وارد می شود ۵۰۰ ژول و مقدار گرمایی که به محیط بیرون یخچال داده می شود، ۱kj باشد، جرم یخ چند گرم است؟ ($c_{یخ} = 2 \frac{kj}{kg.c}$)

۱) ۵ ۲) ۲۵

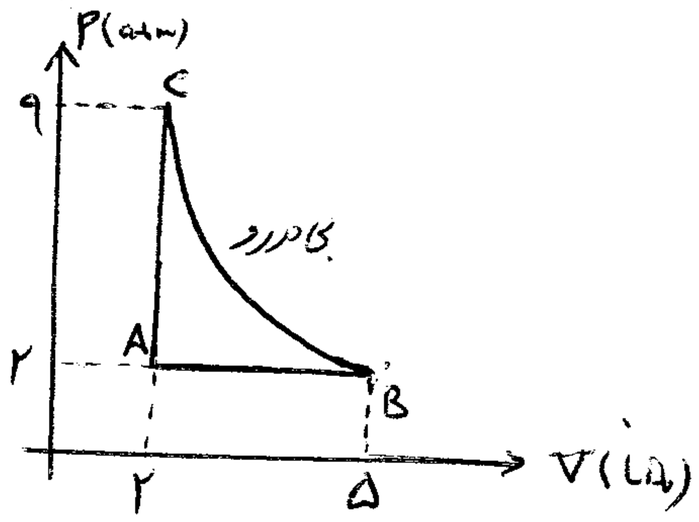
۳) ۱۵ ۴) ۲۰

www.sahlamooz.ir

اشتباه را تصحیح نکردن، خود اشتباه دیگری است. «کنفوسیوس»

مثال: در یک بیضچال ضریب عملکرد آن ۳ است، نسبت گرمای گرفته شده از چشمه‌ی سرد به گرمای داده شده به چشمه‌ی گرم چقدر است؟

مثال: نمودار P-V یک بیضچال فرض کنید ماده‌ی کار آن یک گاز کامل تک اتمی است، به شکل مقابل می‌باشد. ضریب عملکرد بیضچال کدام است؟ ۱) ۱٫۴ ۲) ۲٫۵ ۳) ۳ ۴) ۳٫۵



مثال: توان یک موتور بیضچال ۱۰۰ وات و ضریب عملکرد آن ۲ است، چند ثانیه طول می‌کشد تا این بیضچال از مقداری آب ۲۰۰ ژول گرما بگیرد؟ ۱) ۱ ۲) ۱۰ ۳) 10^2 ۴) 10^4

مثال: کمیت‌های Q_H ، Q_C و W که در یک چرخه در ماشین گرمایی یا بیضچال مبادله شده به صورت زیر است:

۱) $Q_C=-200j$ ، $W=-60j$ ، $Q_H=100j$

۲) $Q_C=0$ ، $W=100j$ ، $Q_H=100j$

۳) $Q_C=200j$ ، $W=60j$ ، $Q_H=-100j$

۴) $Q_C=100j$ ، $W=0$ ، $Q_H=-100j$

۵) $Q_C=-500j$ ، $W=-60j$ ، $Q_H=100j$

الف) در کدام مورد قانون دوم ترمودینامیک به بیان بیضچالی نقض می‌شود؟

ب) در کدام مورد قانون دوم ترمودینامیک به بیان ماشین گرمایی نقض می‌شود؟

ج) در کدام مورد قانون اول ترمودینامیک نقض می‌شود؟

www.sahlamooz.ir

گرهم سفر تو شدی، مرد سفر باش! گر منتظرت نیست، همره ما باش!

گر نیست تو را پای سفر، راه دگر رو! خواننده‌ی فصل دو و فصل‌های دگر باش!