

گاز کامل: به گاز بسیار رقیقی گفته می‌شود که اتمها یا مولکولهای آن هیچ گونه واکنش شیمیایی و یا فیزیکی (مانند جاذبه یا دافعه الکتریکی یا مغناطیسی) با یکدیگر ندارند. مانند: اکسیژن - نیتروژن - هیدروژن - گازهای نجیب

قانون گازهای کامل: برای مقدار معینی از یک گاز کامل کمیت $\frac{PV}{T}$ یعنی حاصلضرب فشارگاز درحجم آن تقسیم بر دمای

$$\frac{PV}{T} = \text{ثابت}$$

مطلق (برحسب کلوین) مقدار ثابتی است.

اگر کمیتات فوق تغییر کنند گاز از یک حالت اولیه به حالت ثانویه می‌رود ولی قانون گازهای کامل تغییر نمی‌کند.

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = \text{ثابت}$$

مثال ۱ به اندازه ۲۰۰ سانتی متر مکعب گاز کامل را در دمای 27°C و فشار ۵۰ سانتی متر جیوه گرم می‌کنیم تا به دمای 87°C و فشار آن را به ۶۰ سانتی متر جیوه برسد، در این حالت حجم آن چقدر خواهد بود؟

بررسی سه فرایند خاص:

۱ - فرایند هم حجم: در این فرایند حجم گاز ثابت است و از طرفین معادله بالا حذف می‌شود.

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

مثال ۲ در یک زودپز در بسته مقداری گاز کامل، در فشار ۱ atm و دمای 77°C داریم، اگر در اثر گرم کردن گاز فشار آن سه برابر شود، دمای ثانویه گاز چند درجه سلسیوس است؟

۲ - فرایند هم فشار (قانون شارل و کیلوساک): در این فرایند فشار گاز ثابت است و از طرفین معادله حذف می‌شود.

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

مثال ۳ در یک سیلندر به مساحت مقطع 5cm^2 ، به اندازه ۲ Lit گاز اکسیژن داریم، اگر در فشار ثابت دمای آنرا از 27°C به 57°C برسانیم، پیستون بالای گاز چند cm بالا می‌آید؟

۳ - فرایند هم دما (قانون بویل و ماریوت): در این فرایند دمای گاز ثابت است و از طرفین معادله حذف می‌شود.

$$T_1 = T_2 \rightarrow V_1 P_1 = V_2 P_2$$

مثال ۴ در دمای ثابت، ۴ Lit گاز کامل را از فشار ۱۱۴ cmHg به فشار ۲ atm می‌رسانیم، حجم ثانویه آن چند لیتر می‌شود؟

مثال ۵ در یک سیلندر به مساحت قاعده 20 cm^2 و فشار ۱ atm به اندازه ۲ Lit گاز هیدروژن وجود دارد. اگر یک وزنه ۴ Kg روی پیستون قرار دهیم پیستون چند سانتیمتر پایین می‌آید در صورتیکه دمای گاز تغییر نکند؟

ترمودینامیک: علم مطالعه رابطه بین گرما و کار و تبدیل گرما به کار مکانیکی می‌باشد.

کمیت های ماکروسکوپی (مشاهده پذیر): کمیت هایی که رفتار ماده را در مقیاس بزرگ توصیف می‌کنند.

نکته: علم ترمودینامیک علمی است که رفتار ماده را بر حسب کمیت های ماکروسکوپی توصیف می‌کند.

دستگاه: هرگاه تحولات ماده خاصی که معمولاً بصورت گاز یا مایع است و از محیط اطراف جدا شده و با محیط تبادل کار و گرما دارد را در نظر بگیریم این ماده را دستگاه می‌نامیم. مثال: گاز درون لوله های فلزی داخل یخچال - آب درون کتری برقی در حال جوشیدن و تبخیر شدن.

محیط: آنچه در اطراف دستگاه قرار دارد و می‌تواند با آن تبادل انرژی داشته باشد محیط نام دارد.

متغیرهای ترمودینامیکی: کمیت های ماکروسکوپی هستند که از یکدیگر مستقل نیستند و باهم رابطه دارند و می‌توان حالت دستگاه را با آنها توصیف کرد. فشار (P)، حجم (V)، دما (T) بر حسب کلوین.

تعادل ترمودینامیکی: یک دستگاه در صورتی تعادل ترمودینامیکی دارد که متغیرهای ترمودینامیکی آن به طور خود به خودی تغییر نکند.

مثال ۶ در یک گاز کامل، کدام یک از کمیت های زیر متغیرهای ترمودینامیکی هستند؟

الف) سرعت تک تک مولکول ها

ب) فشار

ج) حجم

د) اندازه‌ی هر مولکول

معادله حالت: رابطه بین متغیرهای ترمودینامیکی را معادله حالت می‌نامند.

معادله حالت گازهای کامل: این معادله مستقل از نوع گاز است و به این صورت بیان می‌شود: در گازها کامل حاصل ضرب

فشار در حجم گاز تقسیم بر دمای مطلق گاز (بر حسب کلوین) مقدار ثابتی است. $PV = nRT$

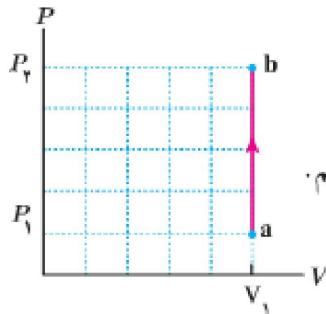
P = فشار = V = حجم = T = دمای مطلق = n = مقدار گاز بر حسب مول $R = 8/314 \text{ J/mol.K}$ ثابت گازها

یک مول گاز: مقدار گازی است که تعداد مولکولهای آن برابر عدد آووگادرو است.

مثال ۷ در یک کپسول، ۲ mol گاز نیتروژن و ۳ mol گاز اکسیژن وجود دارد. در دمای ثابت تمام اکسیژن را از کپسول خارج می‌کنیم. فشار گاز گپسول چند برابر فشار اولیه خواهد شد؟

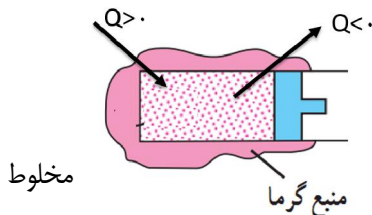
فرایند ترمودینامیکی: هنگامی که دستگاه از یک حالت به حالت دیگری می‌رود می‌گوئیم یک فرایند ترمودینامیکی انجام شده.

فرایند ایستاوار: ترمودینامیک فقط به بررسی وضعیت ماده در حالت‌های تعادل می‌پردازد یعنی باید فرایند را آنقدر آهسته انجام دهیم که گاز در هر لحظه به حالت تعادل بسیار نزدیک باشد.



برای رسم نمودارهای ایستاوار، چند نقطه تعادلی را تعیین کرده و با وصل کردن آنها به یکدیگر نمودار ترمودینامیکی را رسم می‌کنیم.

تبادل انرژی: تبادل انرژی بین محیط و دستگاه به دو طریق گرما و کار (متراکم و یا منبسط کردن گاز) صورت می‌گیرد.



گرما: انرژی است که به سبب اختلاف دما، بین دو جسم مبادله می‌شود. $Q > 0$: بنا به قرار داد، گرمایی را که دستگاه می‌گیرد را با علامت مثبت و گرمایی را که دستگاه از دست می‌دهد را با علامت منفی نشان می‌دهیم.

منبع گرما: جسمی است که اگر گرما از دست بدهد یا بگیرد، دمای آن به طور قابل آب و یخ یا هوای اتاق برای یک استکان چای داغ.

کار: کار محیط روی دستگاه را با W و کار دستگاه روی محیط را با W' نشان می‌دهند و اگر گاز متراکم شود $W > 0$ و اگر گاز منبسط شود $W < 0$ می‌باشد. ($W = -W'$)

انرژی درونی: مجموع انرژی‌های مولکول‌های تشکیل دهنده یک ماده (جنبشی و پتانسیل) را انرژی درونی می‌نامند.

در گاز کامل انرژی درونی فقط تابع دمای مطلق گاز است. ($\Delta U \propto \Delta T$)

تغییر انرژی درونی به مسیر بستگی ندارد، یعنی فقط به حالت اولیه و حالت نهایی دستگاه بستگی دارد.

مثال ۸	دمای مقدار معینی گاز آرمانی را از 91°C به $136/5^\circ\text{C}$ می‌رسانیم. انرژی درونی گاز چند برابر می‌شود؟
---------------	--

قانون اول ترمودینامیک: اگر دستگاه در فرایندی گرمای Q بگیرد و کار W بر روی آن انجام گیرد تغییر انرژی درونی آن برابر است با: $\Delta U = Q + W$.

این قانون همان قانون پایستگی انرژی است که در مورد فرایندهای ترمودینامیکی بکار می‌رود.

کار محیط روی دستگاه را با W و کار دستگاه روی محیط را با W' نشان می‌دهند و اگر گاز متراکم شود $W > 0$ و اگر گاز منبسط شود $W < 0$ می‌باشد. ($W = -W'$)

مثال ۹	دستگاهی در یک فرآیند 500 J کار روی محیط انجام می‌دهد و در این فرآیند 400 J گرما می‌گیرد، انرژی درونی دستگاه کاهش یافته یا افزایش؟
---------------	---

در یک فرآیند ترمودینامیکی، گاز کاملاً 200 J ژول کار انجام میدهد و 50 J ژول گرما می‌گیرد. تغییرات انرژی درونی گاز چند ژول است؟	مثال ۱۰
---	----------------

در یک فرآیند ترمودینامیکی، گاز کاملاً 2400 J ژول گرما می‌گیرد و انرژی درونی گاز 1600 J افزایش می‌یابد. کار انجام شده توسط محیط روی گاز چند ژول است؟ گاز متراکم شده یا منبسط؟	مثال ۱۱
--	----------------

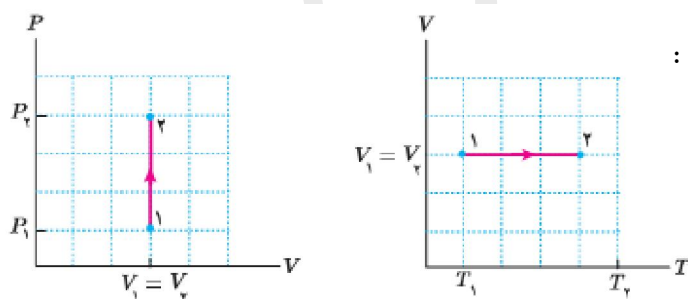
فرایندهای خاص: این فرایندها کاربرد بیشتری دارند و بررسی آنها ساده تر می‌باشد.

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

فرآیند هم حجم: حجم گاز در این فرآیند ثابت است و در نتیجه فشار با دما نسبت مستقیم دارد.

$$PV = nRT \leftarrow P \propto T \quad \Delta V = 0 \quad \text{یا} \quad V_1 = V_2 \quad \leftarrow \quad \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \quad \text{یا} \quad \frac{T_1}{T_2} = \frac{P_1}{P_2}$$

🔗: در این فرآیند گاز فقط از طریق مبادله گرما با محیط تبادل انرژی می‌کند و کار بر روی دستگاه صفر است.



نمودارهای مرتبط با فرآیند هم حجم:

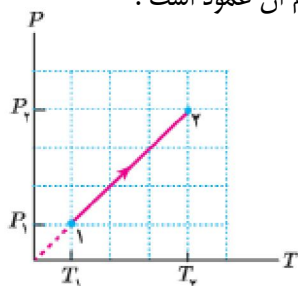
🔗: هر گاه یکی از متغیرهای ترمودینامیکی ثابت باشد امتداد نمودار بر محور همان آن عمود است.

🔗: در نمودار P-T امتداد نمودار از مبدأ مختصات عبور می‌کند و شیب آن با

حجم ثابت گاز نسبت عکس دارد زیرا:

$$PV = nRT \quad \text{یا} \quad P = \left(\frac{nR}{V}\right)T$$

مشاهده می‌شود P با T رابطه خطی دارد

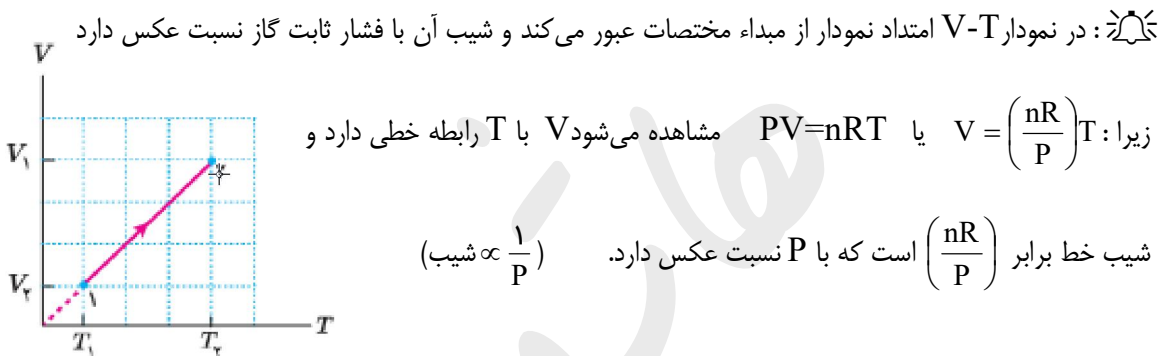
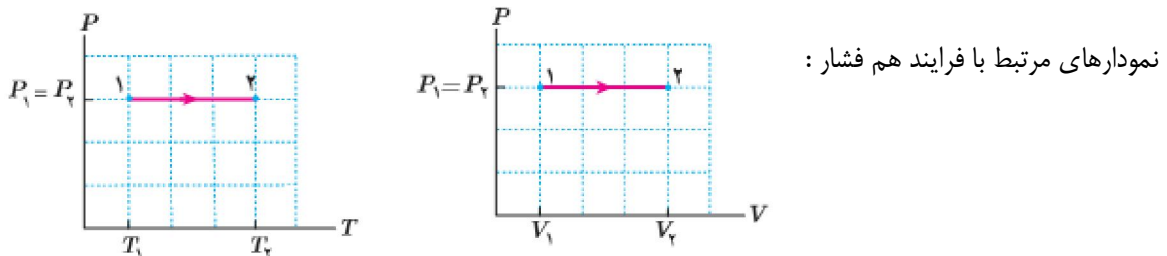


و شیب خط برابر $\left(\frac{nR}{V}\right)$ است که با V نسبت عکس دارد. $\left(\frac{nR}{V} \propto \text{شیب}\right)$

فرآیند هم فشار: فرآیندی است که در حین آن فشار گاز تغییر نمی کند و در نتیجه حجم با دما نسبت مستقیم دارد.

$$P_1 = P_2 \text{ یا } \Delta P = 0 \quad (V \propto T \leftarrow PV = nRT)$$

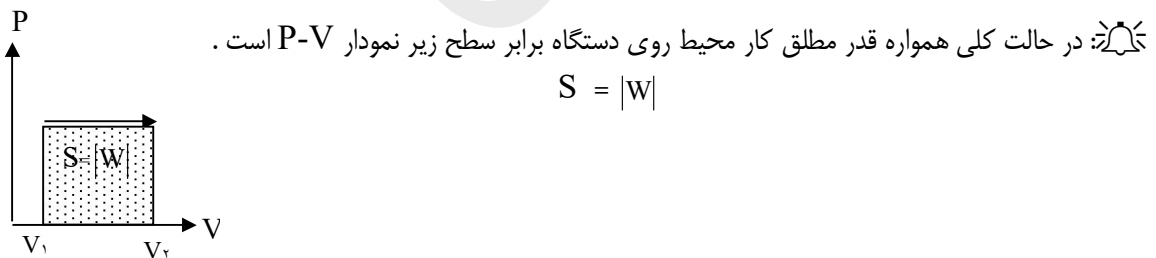
$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{V_1}{V_2} \text{ یا } \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$



فرآیند هم فشار چون با تغییر حجم همراه است با دو طریق کار و گرما با محیط تبادل انرژی انجام می دهد. محاسبه کار محیط روی دستگاه در فرآیند هم فشار با استفاده از رابطه مقابل انجام می شود.

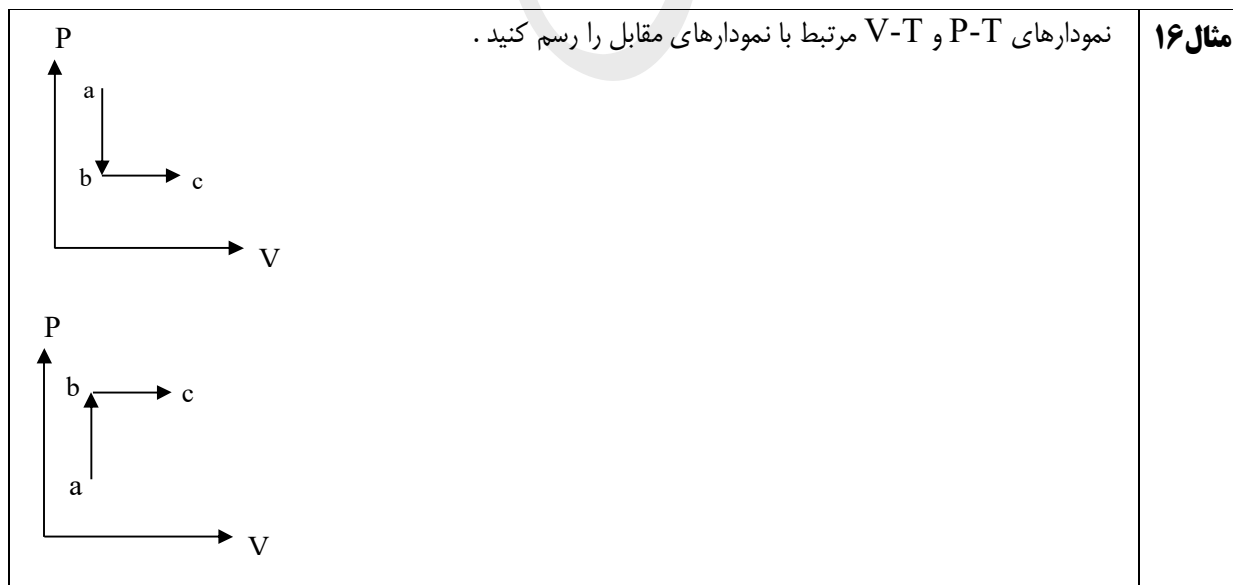
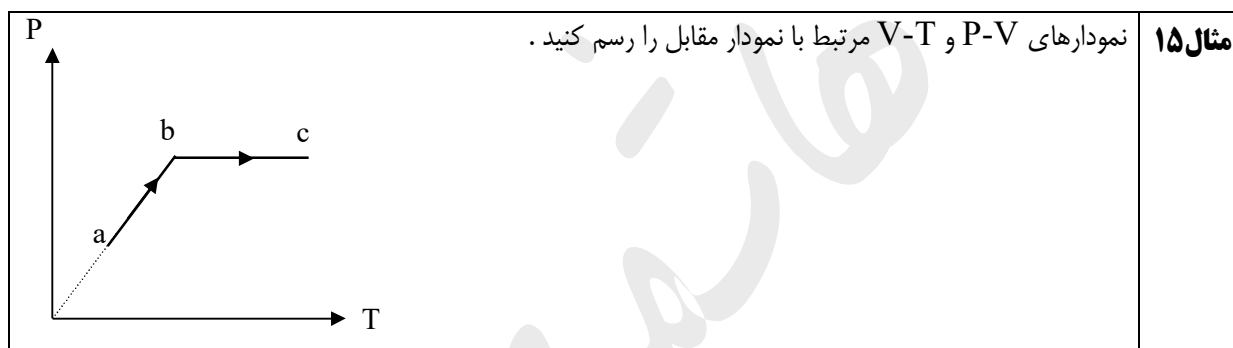
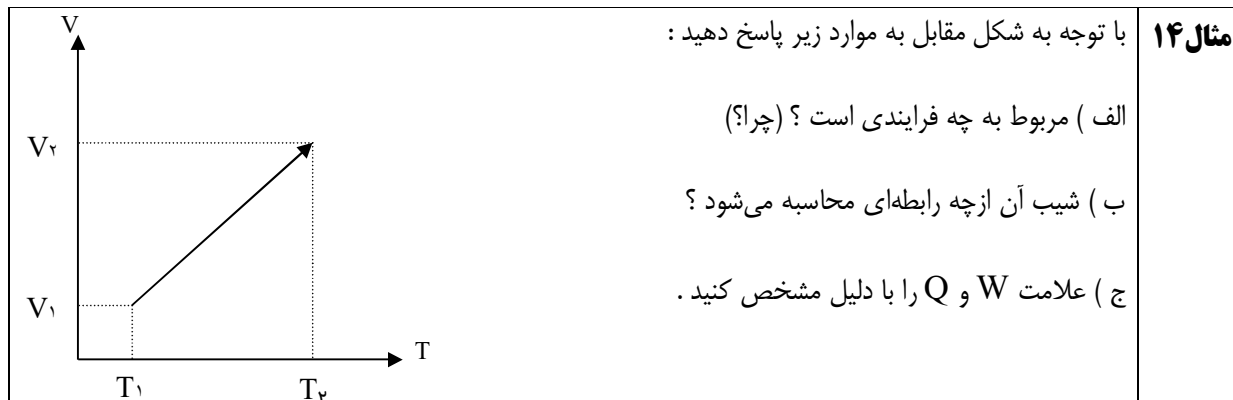
$$W = -P\Delta V$$

مشخص است که اگر گاز منبسط شود $\Delta V > 0 \leftarrow W < 0$ و اگر گاز متراکم شود $\Delta V < 0 \leftarrow W > 0$.



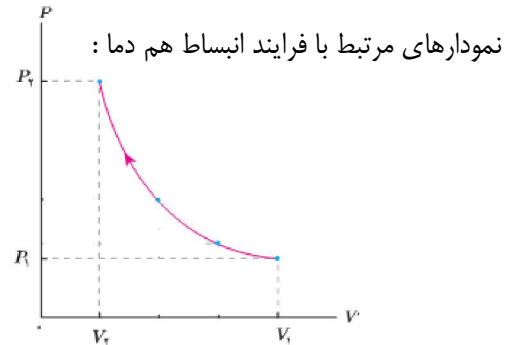
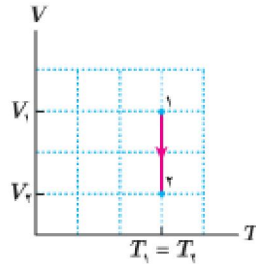
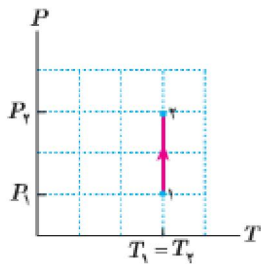
مثال ۱۲	در یک فرآیند هم فشار، یک لیتر گاز کامل دو اتمی مقداری گرما از دست می دهد و در فشار یک جوّ حجم آن ۲۵ درصد کاهش می یابد. کار انجام شده روی گاز چند ژول است؟ (یک جوّ برابر با 10^5 پاسکال است)
---------	---

مثال ۱۳	دمای مقدار معینی گاز را در فشار ثابت، $33^\circ C$ افزایش می دهیم. حجم گاز به اندازهی $\frac{1}{10}$ حجم اولیهی آن افزایش می یابد. دمای اولیهی گاز چند درجهی سانتی گراد بوده است؟
---------	---



فرآیند هم دما: فرایندی است که درحین آن دمای گاز تغییر نمی کند و در نتیجه حجم با فشار نسبت عکس دارد.

$$PV = nRT \left(P \propto \frac{1}{V} \leftarrow \right) \Delta T = 0 \text{ یا } T_1 = T_2 \leftarrow P_1 V_1 = P_2 V_2 \text{ یا } \frac{P_2}{P_1} = \frac{V_1}{V_2}$$



نمودار P-V فرایند هم دما از نظر ریاضی یک تابع هموگرافیک است که با آن در درس حسابان آشنا خواهید شد.
 دقت کنید که در این فرایند جهت نمودارهای P-T و V-T خلاف یکدیگر است زیرا فشار با حجم نسبت عکس دارد.
 محاسبه کار و گرمای مبادله شده در این فرایند در سطح این کتاب نیست ولی در مسایل خاصی میتوان آنها را بطور غیر مستقیم حساب کرد.

با اینکه در فرایند هم دما $\Delta T = 0$ است ولی $Q \neq 0$ است واز نظر تبادل گرما بسیار فعال است تا تغییرات دما را خنثی کند.

در فرایند انبساط همدمای چون $\Delta V > 0$ است $W < 0$ می باشد ولی چون برای این منظور از محیط گرما دریافت کرده $Q > 0$ است، یعنی در فرایند همدمای علامت گرما و کار روی دستگاه همواره مخالف یکدیگر است.

فرآیند بی دررو: فرایندی است که بین دستگاه و محیط گرما مبادله نمی شود ($Q = 0$).

دو روش برای انجام این فرایند وجود دارد:

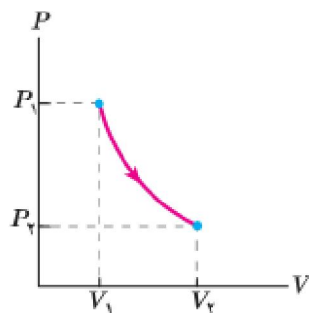
روش اول: ابتدا دستگاه را کاملاً عایق بندی کرده و سپس فرایند را به آرامی انجام میدهیم.

روش دوم: اگر فرایند به سرعت انجام گیرد و فرصت مبادله گرما بین محیط و دستگاه نباشد فرایند بی دررو محسوب می شود.

در این کتاب فقط نمودار P-V فرایند بی دررو رسم می شود که

شباهت زیادی به فرایند همدمای دارد، با این تفاوت که شیب فرایند بی دررو

بیشتر است، که این مطلب فقط برای تشخیص صحیح و تفکیک آنها گفته شد.



مقدار معینی گاز کامل را از طریق دو فرایند همدمای و بی دررو متراکم می کنیم تا حجم آن نصف شود اطلاعات زیر مربوط به کدامیک از دو فرایند است؟

تألیفی

مثال ۱۷

الف) $\frac{T_2}{T_1} > 1$ ب) $\frac{P_2}{P_1} = 2$ ج) $\frac{T_2}{T_1} = 1$ د) $\frac{P_2}{P_1} > 2$

چرخه: مجموعه ای از فرایندها که دستگاه پس از طی آنها به حالت اولیه خود برمی‌گردد.

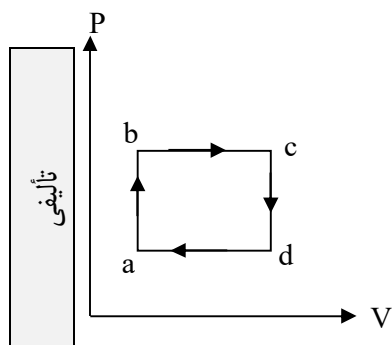
🔔: در فرایند همدم و چرخه داریم $\Delta T = 0$ در نتیجه تغییر انرژی درونی دستگاه صفر است.

🔔: در هر چرخه $W = -Q$

الف) ثابت کنید کار کل انجام شده برابر مساحت داخل چرخه نمودار P-V است.

ب) علامت گرمای مبادله شده در هر مرحله را مشخص کنید.

ج) ساعتگرد یا پاد ساعتگرد بودن چرخه چه تاثیری بر علامت کار کل دارد؟



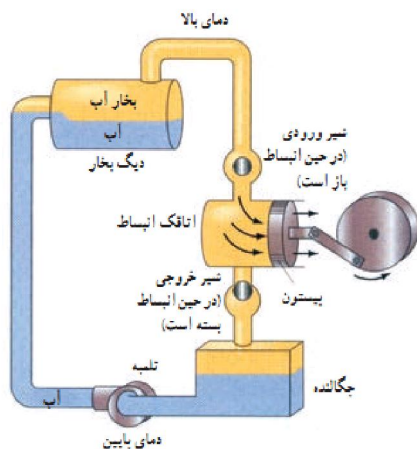
مثال ۱۸

ماشین‌های گرمایی: این ماشینها با برخی فرایندهای ترمودینامیکی مقداری گرما (گرمای حاصل از سوخت) را دریافت و بخشی

از آنرا به کارروی محیط تبدیل می‌کنند. ماشینهای گرمایی بر دو نوع

برونسوز (مانند ماشین بخار) و درونسوز (مانند ماشینهایی که با بنزین یا گازوئیل

کار می‌کنند) می‌باشند.



ماشین بخار: در ماشین بخار دستگاهی که چرخه را طی می‌کند، آب

است، که در دیگ بخار مقداری گرما دریافت می‌کند و به بخار تبدیل

شده و پس طی چند فرایند به دیگ بخار برمی‌گردد. چون گرما

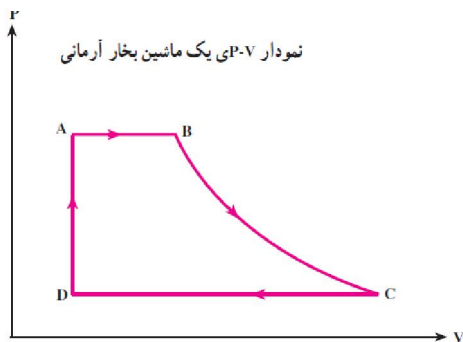
توسط کوره (یعنی بیرون دستگاه) به آب داده می‌شود، این ماشین

را برون سوز می‌نامند.

مراحل کارکرد ماشین بخار را می‌توان در چهار مرحله خلاصه کرد،

که در ادامه با توجه به نمودار P-V آنرا توضیح می‌دهیم.

🔔 شکل ۱۸-۱: بخش‌های اصلی ماشین بخار عبارتند از: دیگ بخار، اتاقک انبساط، جگالنده، تلمبه، نسیب‌های ورودی و خروجی و نوله‌های رابط.



از A تا B تبدیل آب به بخار آب داغ، در فشار ثابت

از B تا C انبساط بی‌درروی بخار آب (ایجاد انرژی

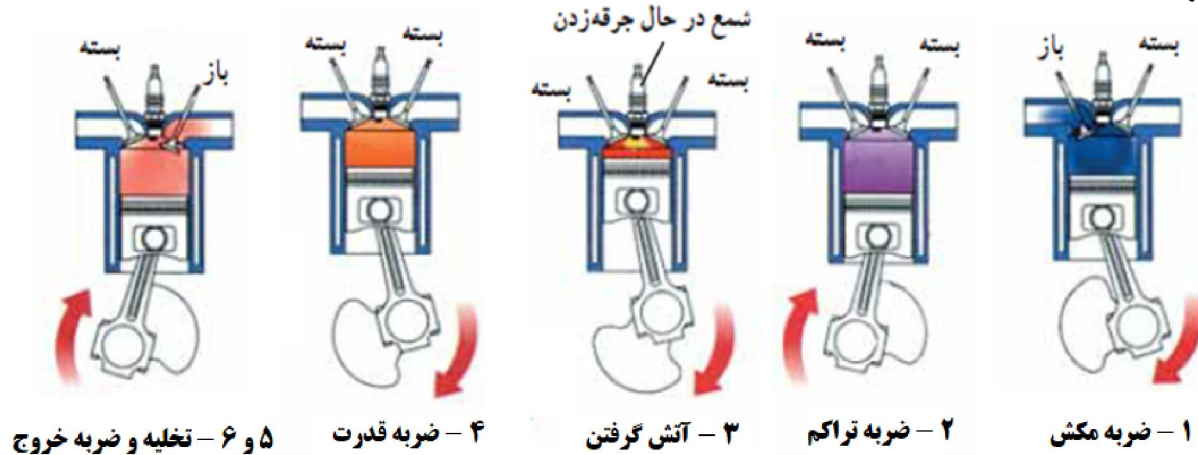
مکانیکی) از C تا D معیان بخار آب در فشار ثابت.

از D تا A افزایش فشار آب تا فشار اولیه در حجم تقریباً ثابت

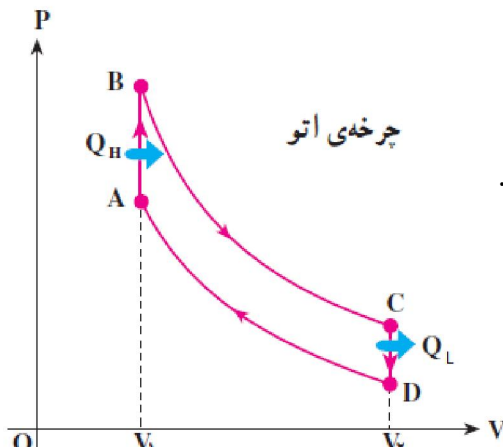
ماشین گرمایی درونسوز: موتورهای گرمایی درونسوز در دو نوع دیزلی و بنزینی طراحی شده است. در این نوع موتور بخشی از انرژی حاصل از سوخت سبب حرکت پیستون و به کمک میل لنگ به حرکت دورانی تبدیل می‌شود، و حرکت دورانی به چرخها منتقل می‌شود.

مراحل مختلف کار ماشین گرمایی درونسوز بنزینی عبارتند از:

ماشین بنزینی چرخه ای را طی می کند که شامل ۶ فرآیند است که چهار فرآیند همراه با حرکت پیستون است که به انها ضربه می‌گویند.



معمولاً برای بررسی ساده تر و تطبیق طرز کار این موتورها با چرخه‌های ترمودینامیکی از چرخه معادلی به نام **چرخه اتو** برای این ماشین ها در نظر گرفته می‌شود.

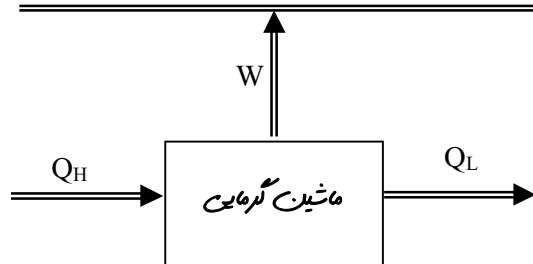


A تا B - دستگاه مقداری گرما می‌گیرد، دما و فشار آن به مقدار زیادی بالا می‌رود. (معادل مرحله آتش گرفتن)
 B تا C - دستگاه منبسط می‌شود و پیستون را به سمت پایین می‌راند.
 C تا D - دستگاه مقداری گرما از دست می‌دهد، دما و فشار آن کاهش می‌یابد. (معادل مرحله تخلیه)
 D تا A - دستگاه متراکم می‌شود، فشار و حجم آن به وضعیت اولیه برگردانده می‌شود.
 با این فرضها چرخه اتو رسم شده است:

۱- دستگاه (مخلوط بنزین و هوا) همواره یک گاز کامل است و بنابراین، اشتعالی بر اثر واکنش شیمیایی در آن رخ نمی‌دهد. ولی با گرفتن گرمای Q_H از محیط به همان دما و فشار گاز در پایان مرحله آتش گرفتن ماشین واقعی می‌رسد.

۲- تمام فرایندها آرمانی اند.

۳- مرحله تخلیه گاز رخ نمی‌دهد، گاز در داخل استوانه باقی می‌ماند و با دادن گرمای Q_L به محیط، دما و فشار آن کاهش می‌یابد.



در شکل مقابل ماشین گرمایی بصورت طرح وار نمایش داده شده است :

Q_H = گرمایی که ماشین از منبع گرم دریافت کرده است. (ورودی)

Q_L = گرمایی که ماشین به منبع سرد میدهد. (خروجی)

W = کار انجام شده و یا به عبارت دیگر کار مفید. (خروجی)

چون در هر چرخه $\Delta U = 0$ است، در نتیجه $\Delta U = Q_H - |Q_L| - |W| = 0$ به عبارت دیگر داریم: $Q_H = |Q_L| + |W|$

🔊: دقت کنید علامت قدر مطلق برای خروجی ها منظور شده است. (چرا؟)

🔊: نمودار P-V چرخه مربوط به ماشین گرمایی ساعتگرد است. ($W < 0$ کل)

بازده ماشین گرمایی (η): این کمیت نشان میدهد که چه کسری از گرمای دریافتی حاصل از سوخت به کار تبدیل شده.

(به عبارت دیگر نسبت کار مفید خروجی به انرژی کل ورودی.)

$$\eta = \frac{|W|}{Q_H} \quad \text{یا} \quad \eta = 1 - \frac{|Q_L|}{Q_H}$$

🔊: بازده واقعی ماشینهای گرمایی از بازده ماشینهای آرمانی متفاوت است.

بازده ماشینهای درون سوز بنزینی در حدود 20° تا 30° درصد، بازده ماشینهای درون سوز دیزلی

در حدود 30° تا 35° درصد، و بازده ماشینهای برون سوز بخار 30° تا 40° درصد است.

قانون دوم ترمودینامیک به بیان ماشین گرمایی: ممکن نیست دستگاه چرخه ای را بسازیم که در حین آن گرما را از منبع

گرم جذب و تمام آنرا به کار تبدیل کند. ($Q_L \neq 0$). یعنی همواره اتلاف انرژی (Q_L) وجود دارد و به عبارت دیگر بازده

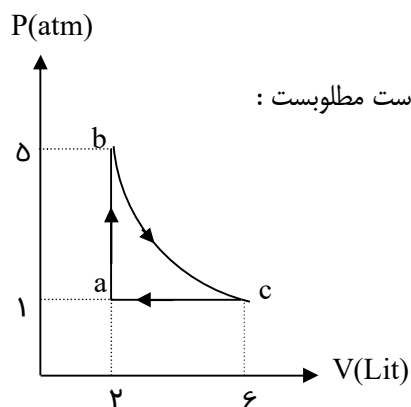
هیچ ماشین گرمایی 100% نیست.

بازدهی یک ماشین گرمایی 30% است اگر گرمای داده شده به محیط 2500 J باشد کار انجام یافته توسط ماشین در

هر چرخه چقدر است؟

تألیفی

مثال ۱۹



در چرخه مقابل که مربوط به 2 مول گاز هلیوم است فرآیند bc بی دررو است مطلوبست:

الف) Q_H ب) Q_L ج) η د) W_{bc}

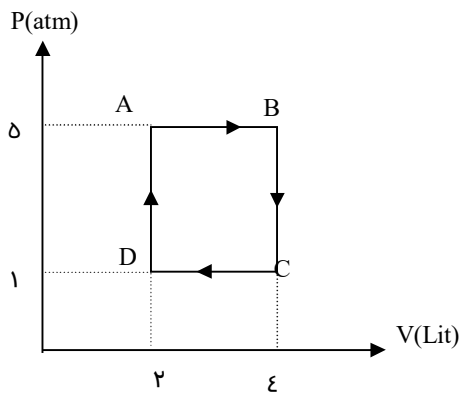
تألیفی

مثال ۲۰

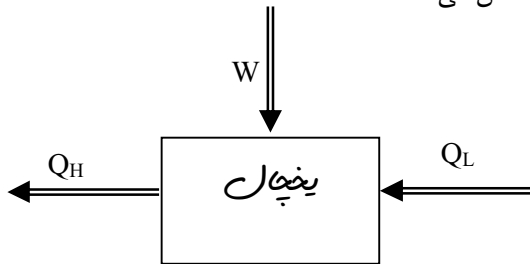
مثال ۲۱

نمودار مقابل مربوط به ۱ mol گاز تک اتمی است :
 الف) کار انجام شده در چرخه چقدر است ؟
 ب) مقدار Q_H و Q_C چقدر است ؟
 ج) η را محاسبه کنید ؟

تالیفی



یخچال: به وسیله گفته می شود که گرما را از منبع سرد گرفته و به منبع گرم منتقل می کند .



در شکل مقابل یخچال بصورت طرح وار نمایش داده شده است :
 Q_H = گرمایی که یخچال به منبع گرم می دهد . (خروجی)
 Q_L = گرمایی که یخچال از منبع سرد می گیرد . (ورودی)
 W = کار انجام شده روی دستگاه برای انتقال گرما . (ورودی)

چون در هر چرخه $\Delta U = 0$ است ، در نتیجه $\Delta U = -|Q_H| + Q_L + W = 0$ به عبارت دیگر داریم $|Q_H| = Q_L + W$

🔔 دقت کنید علامت قدر مطلق برای خروجی منظور شده است یعنی یخچال در جهت عکس ماشین گرمایی کار می کند .

🔔 منظور از یخچال در این مبحث گازی است که بوسیله کمپرسور در شبکه داخلی موتور و لوله ها گردش می کند و یک چرخه ترمودینامیکی طی می کند .

🔔 نمودار P-V چرخه مربوط به یخچال پاد ساعتگرد است . ($W > 0$ کل)

ضریب عملکرد یخچال (K): نسبت گرمای گرفته شده از منبع سرد به کاری که موتور یخچال انجام می دهد ضریب عملکرد

$$K = \frac{Q_L}{W}$$

نامیده می شود که در یخچالهای تجاری بین ۲ تا ۷ است و هر چه بیشتر باشد مقرون به صرفه است .

قانون دوم ترمودینامیک به بیان یخچالی: ممکن نیست بدون کار گرما به خودی خود از جسم سرد به جسم گرم منتقل شود . ($W \neq 0$)

🔔 کولر گازی نیز مانند یخچال بررسی می شود .

مثال ۲۲

یک کولرگازی در هر دقیقه 8×10^4 گرما از اتاق می گیرد در همان مدت $1/2 \times 10^5$ گرما به فضای بیرون میدهد .
 الف) توان مصرفی این کولر چند وات است ؟ ب) ضریب عملکرد آن چقدر است ؟

تالیفی