



ترمودینامیک:

در ترمودینامیک تمولات ماده فالص را که معمولاً گاز یا مایع است در نظر می‌گیرند که به این ماده دستگاه گفته می‌شود و به آن چه در اطراف دستگاه (همان گاز یا مایع) قرار دارد و می‌تواند با دستگاه تبادل انرژی کند ممیط می‌گویند. علم ترمودینامیک، علمی است که به مطالعه‌ی رابطه‌ی بین کار و گرما و چگونگی تبدیل آن‌ها به یکدیگر می‌پردازد. به کمیت‌هایی که وضع ماده را در مقیاس بزرگ توصیف می‌کنند، کمیت‌های ماکروسکوپی می‌گویند. کمیت‌های ماکروسکوپی که حالت دستگاه را می‌توان بر مبنای آنها توصیف کرد متغیرهای ترمودینامیک نامیده می‌شوند. فشار (P) حجم (V) دما (T) کمیت‌هایی از قبیل رابطه‌ی بین متغیرهای ترمودینامیکی (مفتمات ترمودینامیکی) را معادله‌ی حالت می‌گویند. وقتی که دما و فشار در همه‌ی نقاط دستگاه (گاز) یکسان باشد، می‌گویند دستگاه در حالت تعادل است. منظور از گاز کامل، گازی بسیار رقیق می‌باشد که معادله‌ی حالت آن ساده و مستقل از نوع گاز می‌باشد (گازهایی که ذرات آن‌ها به یکدیگر نیرو وارد نمی‌کنند، گاز کامل نامیده می‌شوند) معادله‌ی حالت گاز کامل به صورت زیر می‌باشد:

$$PV = nRT$$

P فشار گاز و واحد آن پاسکال (Pa) است. n مقدار گاز و واحد آن مول است که از رابطه‌ی مقابل به دست می‌آید $n = \frac{m}{M}$
 V: حجم گاز و واحد آن متر مکعب (m³) است. T: دمای گاز و واحد آن کلوین (K) است.

$$R = 8,314 \frac{J}{mol.K}$$

R: ثابت گازها می‌باشد و مقدار آن برابر است با:

هنگامی که دستگاه از یک حالت به حالت دیگر می‌رود، می‌گوییم یک فرآیند ترمودینامیکی انجام شده است.

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

مقایسه دو فرآیند ترمودینامیکی با هم طبق رابطه زیر می‌باشد

در شرایط متعارفی یک مول از یک گاز در فشار یک اتمسفر و دمای 273 درجه کلوین حجمی برابر 22.4 لیتر دارد و تعداد ملکول‌های آن $6/02 \times 10^{23}$ می‌باشد. هیچ گازی وجود ندارد که دقیقاً از معادله حالت پیروی کند مگر گاز کامل باشد پس یک گاز را می‌توان همواره با شرایط متعارفی مقایسه نمود یعنی

$$\frac{P_1 V_1}{P_2 V_2} = \frac{n_1 T_1}{n_2 T_2} \rightarrow \frac{P}{1} \times \frac{V}{22.4} = \frac{n}{1} \times \frac{T}{273}$$

ویا

$$\frac{P}{1} \times \frac{V}{22.4} = \frac{m}{M} \times \frac{T}{273}$$

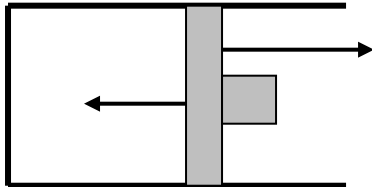
فرآیندی آرمانی است که در هر لحظه نزدیک به وضع تعادل باشد. فرآیند های آرمانی عبارتند از:
 فرآیند هم حجم - فرآیند بی‌دررو - فرآیند هم‌فشار



کار در فرآیند های آرمانی ترمودینامیکی:

نیروی که ما به دستگاه وارد می کنیم F و نیرویی که دستگاه به ما وارد می کند F^{\wedge} است به طوری که $F = -F^{\wedge}$ پس می توان نوشت:

$$W = -F^{\wedge} \cdot d$$



$$p = \frac{F^{\wedge}}{A} \Rightarrow F^{\wedge} = PA \Rightarrow$$

$$W = -(P \cdot A)d = -P(Ad) \xrightarrow{V=Ad} W = -(P)(\Delta V) \Rightarrow$$

$$W = -P(V_2 - V_1)$$

چون $V_2 < V_1$ است پس $(V_2 - V_1)$ منفی می شود و با منفی فرمول W ، مثبت خواهد بود.

زمانی در یک فرآیند ترمودینامیکی کار انجام می شود که حجم تغییر کند. زیرا فرمول کار به صورت زیر می باشد:

$$W = P \Delta V \text{ و } \Delta V = V_2 - V_1$$

می دانیم کار زمانی مثبت است که ما روی دستگاه کار انجام دهیم و دستگاه را متراکم کنیم یعنی در این هنگام $V_2 < V_1$ در نتیجه

$\Delta V < 0$ شود.

پس برای آن که فرمول بالا برای کار تراکمی، مثبت باشد باید در فرمول یک منفی اضافه کنیم. $P \Delta V =$ کار منفی

$$W = -P \Delta V \text{ کار مثبت}$$

نکته 1: تبادل انرژی بین محیط و دستگاه از دو طریق گرما و کار صورت می گیرد.

نکته 2: علامت کار و گرما در ذیل آمده است.

اگر کار روی دستگاه انجام شود علامتش مثبت است. $W > 0$

اگر دستگاه برای ما کار انجام دهد علامتش منفی می شود. $W < 0$

اگر به دستگاه گرما دهیم علامتش مثبت می شود. $Q > 0$

اگر دستگاه به ما گرما دهد علامتش منفی می شود. $Q < 0$

چرخه:

به فرآیندی که در طول دستگاه پس از طی چند فرآیند به حالت اولیه خود برمی گردد «چرخه» می گویند.

نکته 1: مسامت دافل چرخه. (در نمودار $P-V$) مقدار کار انجام شده را نشان می دهد

کل کار $S = W$ مسامت دافل چرخه (وقتی که چرخش چرخه پادساعتگرد باشد علامت کار (W) مثبت است و بالعکس)

$$PV = nRT$$

برای به دست آوردن ΔT از رابطه ی زیر به دست آوریم

$$V = \text{ثابت} \Rightarrow V \times \Delta P = nR\Delta T, \dots \dots \Delta T = \frac{V \cdot \Delta P}{nR}$$

$$P = \text{ثابت} \Rightarrow P \Delta V = nR\Delta T, \dots \dots \Rightarrow \Delta T = \frac{P \cdot \Delta V}{nR}$$



انرژی درونی :

انرژی درونی یک ماده با مجموع انرژی‌های جنبشی و پتانسیل مولکول‌های آن ماده برابر است. انرژی درونی فقط تابع دمای مطلق گاز است.

$$\left. \begin{array}{l} \text{گاز يك اتمی} \\ U = \frac{3}{2} nRT \\ \Delta U = \frac{3}{2} nR\Delta T \end{array} \right\}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{از دو اتمی} \\ U = \frac{5}{2} nRT \\ \Delta U = \frac{5}{2} nR\Delta T \end{array} \right\}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{گاز سه اتمی یا بیشتر} \\ U = \frac{7}{2} nRT \\ \Delta U = \frac{7}{2} nR\Delta T \end{array} \right\}$$



قانون اول ترمو دینامیک:

افزایش انرژی درونی یک جسم می‌تواند از طریق انجام کار یا انتقال انرژی گرمایی و یا هر دو صورت گیرد. تغییر انرژی درونی یک دستگاه در هر فرایند برابر مجموع جبری گرما و کار مبادله شده دستگاه با محیط است $U_2 - U_1 = Q + W$ اگر دستگاه از محیط گرما بگیرد و یا آنکه محیط روی دستگاه کار انجام دهد مثبت هستند در غیر اینصورت منفی خواهد بود. پس از رسیدن جسم به یک دما و فشار معین که معرفی انرژی درونی معین است نمی‌توان معلوم کرد که چه بخشی از انرژی درونی افزوده شده به علت کار انجام شده است و چه بخشی از آن به علت انتقال انرژی گرمایی است.

تغییرات انرژی درونی یک دستگاه (گاز) برابر مجموع کارهای انجام شده به روی گاز (با علامت منفی یا مثبت) و گرمایی که به دستگاه داده می‌شود یا از آن گرفته می‌شود.

فرآیند هم حجم:

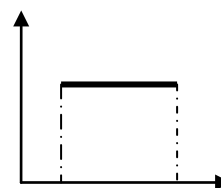
فرآیند هم حجم فرآیندی است که در آن حجم ثابت مانده پس فقط فشار و دما تغییر می‌نمایند. در فرآیند هم حجم کار (W) صفر است پس تغییر انرژی درونی، برابر گرمای مبادله شده است.

تغییرات انرژی درونی $\Delta U = W + Q = 0 + Q = Q$

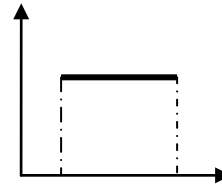
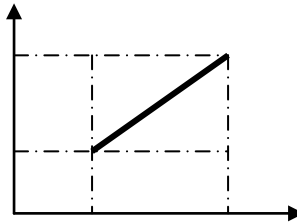
$W = 0$

$Q = n c_{mV} \Delta T$

$Q = \frac{3}{2} V \Delta P$



$$\Delta U = \frac{3}{2} nR\Delta T = \frac{3}{2} V\Delta P$$



فرآیند هم فشار:

فرآیند هم فشار فرآیندی است که در آن فشار ثابت است و حجم و دما تغییر می نمایند..

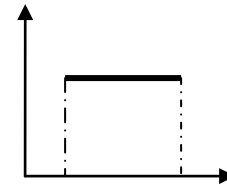
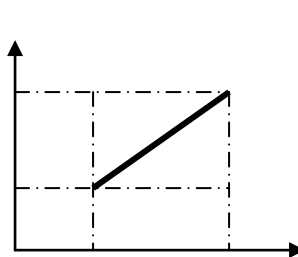
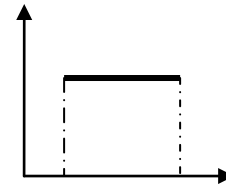
$$Q = nc_{mp}\Delta T$$

$$\Delta U = Q + W$$

$$W = -P\Delta V$$

$$Q = \frac{5}{2} P\Delta V$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} nR\Delta T = \frac{3}{2} V\Delta P$$



توجه:

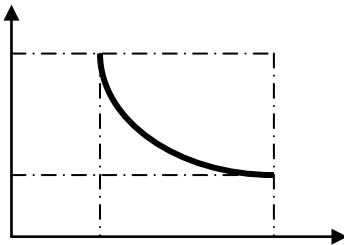
رابطه ظرفیت گرمایی ویژه مولی در فشار ثابت و ظرفیت گرمایی ویژه مولی در حجم ثابت به صورت زیر است

$$C_{mo} - C_{mv} = R$$

فرآیند هم دما:

در فرآیند هم دما T ثابت است و می توان نوشت:

$$T = \text{ثابت}, PV = nRT \Rightarrow PV = nRT \Rightarrow P = \frac{nRT}{V} \Rightarrow P = \frac{a}{V}$$



این معادله همانند معادله $y = \frac{a}{x}$ و دارای معادله مطابق نمودار (P-V) می باشد. هرچه فرآیندهای هم دما در دمای بالاتری انجام

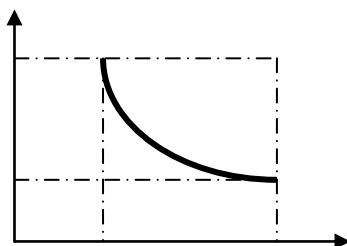
شود نمودار PV به سطوح بالاتری خواهد رفت

پس در فرآیند هم دما

$$W = -nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$\Delta U = 0$$

$$Q = -W$$



فرآیند بی درو:

فرآیندی را بی درو می گویند که در این فرآیند بین دستگاه و محیط گرما مبادله نمی شود.

اگر یک فرآیند، مثل تراکم را خیلی سریع انجام دهیم دستگاه

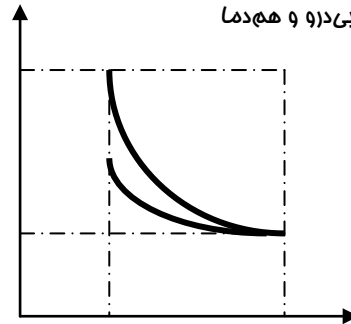
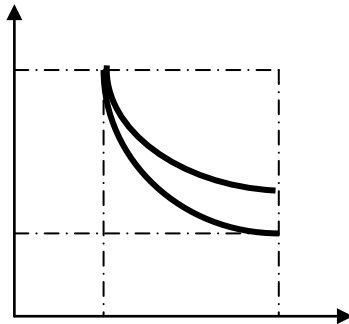
فرصت نمی کند با محیط گرما رد و بدل کند در این هنگام این

فرآیند، بی درو محسوب می شود. در فرآیند بی درو گرما مبادله

شده صفر است پس تغییر انرژی درونی برابر کار می‌باشد.

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

اگر گاز به طور بی درو منبسط دما کاهش و در نتیجه انرژی درونی نیز کم می‌شود و بالعکس.

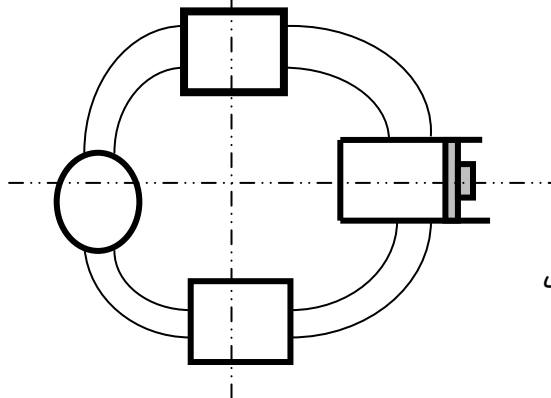


مقایسه فرآیند بی‌درو و هم‌دما

وقتی میم در یک دستگاه (مثلاً گاز داخل سیلندر) زیاد می‌شود دما و فشار آن کاهش می‌یابد. چون در فرآیند هم‌دما، دما باید ثابت نگاه داشته شود، دما ثابت می‌ماند پس فشار زیاد اُفت نمی‌کند. ولی در فرآیند بی‌درو با افزایش میم، چون هیچ گرمایی از محیط نمی‌تواند وارد دستگاه (گاز) شود، لذا دما و فشار هر دو کاهش می‌یابند.

پس نمودار (1) که فشار آن زیاد اُفت نکرده است، مربوط به فرآیند هم‌دما و نمودار (2) که فشار آن زیاد اُفت کرده است، مربوط به فرآیند بی‌درو است.

نکته: می‌توان فرآیندهای ترمودینامیک را در دستگاه‌های مختصات $P-V$ یا $P-T$ یا $V-T$ نمایش داد و مهم‌ترین دستگاه که بیشتر در مسائل از آن استفاده می‌شود $P-V$ می‌باشد.



ماشین گرمایی:

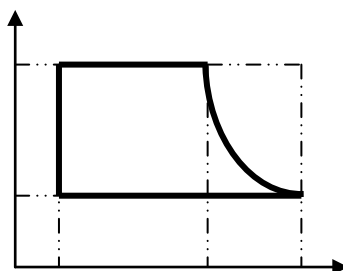
ماشین گرمایی وسیله‌ای است که گرما را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌نماید و بر دو نوع است:

- 1 - برون سوز
- 2 - درون سوز

در این ماشین سوخت در خارج از ماشین می‌سوزد و گرمای حاصل از آن به داخل ماشین منتقل می‌شود. مرحله‌ی اول: فشار ثابت است و آب داخل دیگ، گرما را از کوره گرفته و میم (چون بخار می‌شود) افزایش می‌یابد. دما نیز افزایش می‌یابد.

مرحله‌ی دوم: شیر ورودی باز می‌شود و بخار آب با فشار وارد اتاق انبساط می‌شود و پیستون را عقب می‌راند. چون فرآیند خیلی سریع می‌شود پس یک فرآیند بی‌درو است.

مرحله‌ی سوم: شیر خروجی باز می‌شود و شیر ورودی بسته می‌شود و بخار آب به سمت چگالنده که لوله‌های آب سردکن آن را فنک می‌کنند می‌رود و در فشار ثابت چون بخار به آب تبدیل می‌شود میم آن کاهش می‌یابد.



مرحله‌ی چهارم: تلمبه آب در میم ثابت، آب را با فشار به صورت اول برمی‌گرداند تا پرفه کامل شود.

39. از A تا B: تبدیل آب به بخار آب داغ در فشار ثابت
 از B تا C: انبساط بی‌درو بخار آب

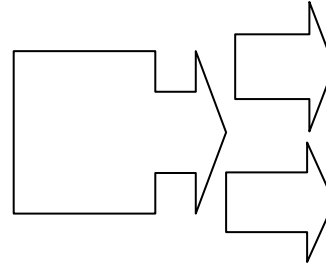
از C تا D: میعان بخار آب در فشار ثابت

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

$$Q_C + W = Q_H$$

$$\eta_{\max} = \frac{|W|}{Q_H} = 1 - \frac{|Q_C|}{Q_H}$$

بازده ماشین گرمایی



چرخه کارنو .

ماشین گرمایی است که از دو منمنی هم دما و دو منمنی بی دررو سافته شده است. ماشین کارنو بین دو پیشمه دمایی کار می کند و برای بالا بردن بازده هر ماشین گرمایی می توان دمای پیشمه گرم را افزایش یا دمای پیشمه سرد را کاهش داد.

$$\frac{|Q_C|}{Q_H} = \frac{T_C}{T_H} \rightarrow \eta = 1 - \frac{T_C}{T_H}$$



ماشین درون سوز:

ماشین گرمایی درون سوز (چرخه اتو): در این ماشین سوخت در داخل ماشین می سوزد و گرمای حاصل کار انجام می دهد مانند ماشین بنزینی و گازوئیلی

الف)مرملهی مکش: با پایین آمدن پیستون مخلوط بنزین و هوا از طریق دریچهی ورودی وارد پیستون می شود.

ب)مرملهی تراکم: پیستون بالا می رود و مخلوط را متراکم می کند و به حجم اولیه می رساند.

ج)مرملهی آتش گرفتن: شمع جرقه می زند و مخلوط آتش می گیرد.

د)مرملهی انجام کار: در اثر آتش گرفتن و تولید فشار بسیار زیاد، پیستون به شدت به طرف پایین می آید و کار انجام می دهد.

ه)مرملهی تخلیه: در این مرحله بخشی از دود حاصل از سوختن مخلوط بنزین و هوا از طریق دریچه خارج می شود.

از A تا B: دستگاه مقداری گرما می گیرد و دما و فشار آن در فرآیند

هم حجم بالا می رود.

از B تا C: دستگاه منبسط می شود و چون فرآیند سریع رخ می دهد،

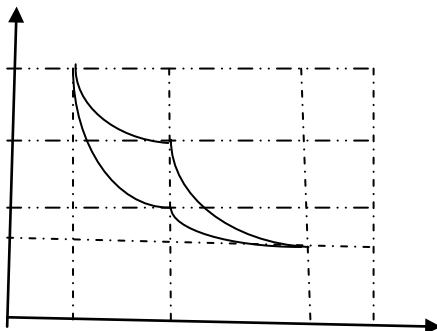
یک فرآیند بی دررو انجام می شود و پیستون را به طرف پایین می راند.

از C تا D: دستگاه مقداری گرما از دست می دهد و در فرآیند هم حجم،

دما و فشار آن کاهش می یابد.

از D تا A: دستگاه متراکم می شود و فشار و حجم آن به وضعیت اولیه

برگردانده می شود.





یخچال:

یخچال وسیله‌ای است که گرما را از جسم سرد به جسم گرم منتقل می‌کند.

گرما به فودی فود از جسم سرد به جسم گرم منتقل نمی‌شود.

نسبت گرمای گرفته شده از منبع به کاری که موتور یخچال انجام می‌دهد، را ضریب عملکرد یخچال می‌گویند و با K نشان می‌دهند.

$$K = \frac{Q_c}{W} = \frac{Q_c}{|Q_H| - Q_c}$$

اگر پرفه کارنو را در جهت عکس طی کنیم ماشین گرمایی کارنو به یخچال کارنو تبدیل می‌شود

$$K = \frac{T_c}{T_H - T_c}$$

رابطه بین ضریب عملکرد یخچال و بازده ماشین گرمایی مربوطه به صورت زیر است

$$\eta = \frac{1}{K + 1}$$

قانون دوم ترمودینامیک

جهت طبیعی شارش گرما بین دو جسم همواره از جسم با دمای بیشتر به طرف جسم با دمای کمتر است و هیچ گاه برعکس آن

اتفاق نمی‌افتد و اگر بخواهد عکس این موضوع اتفاق بیافتد باید عامل فارمی کار انجام شود.

ممکن نیست یک دستگاه پرفه‌ای را ببینیم که در مین آن مقداری گرما را از منبع گرم جذب و تمام آن را به کار تبدیل کند. اگر

قانون دوم ترمودینامیک بر فرآیندهای ترمودینامیکی ماکم نبود می‌توانستیم قطاری بسازیم که از هوا گرما بگیرد (هوا را سرد کند) و یا

تبدیل کامل آن به کار، حرکت کند.