جزوه ی فیزیک - مفاهیم و تعاریف ترمودینامیک

۱- انرژی درونی

به مجموع انرژی ذرات تشکیل دهنده‌ی ماده انرژی درونی گفته می‌شود. این انرژی غالباً به صورت گرما ظاهر می‌شود. باید توجه داشته باشید که انرژی شیمیایی یا .... نیز در ذرات مواد است ولی به آن‌ها انرژی درونی گفته نمی‌شود. وقتی توپی در حال حرکت بعد از مدتی متوقف می‌شود، انرژی جنبشی آن به انرژی درونی تبدیل شده است. وقتی دست‌های خود را مالش می‌دهید بعد از مدت کوتاهی احساس گرما می‌کنید. علت این امر این است که انرژی شما به انرژی درونی تبدیل شده است. اگر به دو ذره با انرژی متفاوت نگاه کنید، مشاهده می‌کنید که ذره‌ی دارای انرژی درونی بیشتر، دارای جنب و جوش بیشتری است.

۲- **معادله‌ی حالت گازهای کامل**

برای مقدار معینی گاز کامل (گاز رقیق، با فشار کم که فاصله‌ی مولکول‌های آن زیاد است) داریم $PV = nRT$ که در آن P فشار گاز بر حسب پاسکال ، V حجم گاز بر حسب مترمکعب ، n تعداد مول‌های گاز ، R ثابت عمومی گازها بر حسب ژول بر مول‌کلوین و T دمای مطلق گاز بر حسب کلوین است.

ثابت عمومی گازها برابر $R= ۸/۳۱۴\ J/mol\,K$ است و تعداد مول‌های گاز از تقسیم جرم گاز (m) بر جرم مولکولی گاز (M) به دست می‌آید.

مقایسه‌ی دو گاز کامل در شرایط دل‌خواه :

$$\begin{cases} PV = nRT \Rightarrow R = \dfrac{PV}{nT} \\ P'V' = n'RT' \Rightarrow R = \dfrac{P'V'}{n'T'} \end{cases} \Rightarrow \frac{PV}{nT} = \frac{P'V'}{n'T'}$$

مقایسه‌ی یک گاز کامل در دو حالت دل‌خواه :

$$\begin{cases} PV = nRT \Rightarrow nR = \dfrac{PV}{T} \\ P'V' = nRT' \Rightarrow nR = \dfrac{P'V'}{T'} \end{cases} \Rightarrow \frac{PV}{T} = \frac{P'V'}{T'}$$

Hamkelasi.ir : جامع ترین منبع دانلود جزوه ، آزمون ، امتحان ، سوالات کنکور سراسری و ... (به سایت ما سر بزنید)

۳- **مخلوط گازهای کامل**

فرض کنیم گاز کامل (۱) با فشار P_1 ، حجم V_1 و دمای T_1 با گاز کامل (۲) با فشار P_2 ، حجم V_2 و دمای T_2 مخلوط شوند و یک گاز با فشار P ، حجم V و دمای T تشکیل دهند. تعداد مول‌های گاز حاصل برابر مجموع تعداد مول‌های دو گاز است.

$$\begin{cases} n = n_1 + n_2 \\ n = \frac{PV}{RT} \text{ و } n_1 = \frac{P_1V_1}{RT_1} \text{ و } n_2 = \frac{P_2V_2}{RT_2} \end{cases} \Rightarrow \frac{PV}{RT} = \frac{P_1V_1}{RT_1} + \frac{P_2V_2}{RT_2}$$

$$\Rightarrow \frac{PV}{T} = \frac{P_1V_1}{T_1} + \frac{P_2V_2}{T_2}$$

مخلوط گازهای کامل در دمای ثابت :

$$\Rightarrow PV = P_1V_1 + P_2V_2$$

مخلوط گازهای کامل در فشار ثابت :

$$\Rightarrow \frac{V}{T} = \frac{V_1}{T_1} + \frac{V_2}{T_2}$$

۴- **انرژی درونی گاز کامل**

انرژی درونی مقدار مشخص از یک گاز فقط تابع دمای مطلق آن است. تغییر انرژی درونی گازهای کامل با تغییر دمای مطلق آن‌ها متناسب است و می‌توان نشان داد $\Delta U = nC_{MV}\Delta T$.

$$\begin{cases} \text{گاز کامل تک اتمی } C_{MV} = \frac{3}{2}R \Rightarrow \Delta U = \frac{3}{2}nR\Delta T \\ \text{گاز کامل دو اتمی } C_{MV} = \frac{5}{2}R \Rightarrow \Delta U = \frac{5}{2}nR\Delta T \\ \text{گاز کامل سه اتمی } C_{MV} = \frac{7}{2}R \Rightarrow \Delta U = \frac{7}{2}nR\Delta T \end{cases}$$

جزوه ی فیزیک - مفاهیم و تعاریف ترمودینامیک

۵- **محاسبه‌ی تغییر انرژی درونی گازهای کامل در نمودار P - V**

فرض کنید فشار و حجم یک گاز کامل که گرمای ویژه‌ی مولی آن در حجم ثابت برابر C_{MV} است، از مقدارهای P_1 و V_1 به مقدارهای P_2 و V_2 تغییر کرده است.

$$\begin{cases} \Delta U = nC_{MV}(T_2 - T_1) \\ T_1 = \dfrac{P_1 V_1}{nR} \\ T_1 = \dfrac{P_2 V_2}{nR} \end{cases} \Rightarrow \Delta U = nC_{MV}\left(\frac{P_2 V_2}{nR} - \frac{P_1 V_1}{nR}\right)$$

$$\begin{cases} \text{گاز کامل تک اتمی } C_{MV} = \frac{3}{2}R \Rightarrow \Delta U = \frac{3}{2}(P_2 V_2 - P_1 V_1) \\ \text{گاز کامل دو اتمی } C_{MV} = \frac{5}{2}R \Rightarrow \Delta U = \frac{5}{2}(P_2 V_2 - P_1 V_1) \\ \text{گاز کامل سه اتمی } C_{MV} = \frac{7}{2}R \Rightarrow \Delta U = \frac{7}{2}(P_2 V_2 - P_1 V_1) \end{cases}$$

۶- **قانون اول ترمودینامیک**

تغییر انرژی درونی یک دستگاه برابر مجموع کار انجام شده توسط محیط روی دستگاه و گرمای مبادله شده توسط دستگاه است.

$$\Delta U = W + Q$$

$$\begin{cases} Q > 0 \Rightarrow \text{اگر دستگاه گرما بگیرد} \\ Q < 0 \Rightarrow \text{اگر دستگاه گرما بدهد} \end{cases} \qquad \begin{cases} W > 0 \Rightarrow \text{اگر حجم دستگاه کاهش یابد} \\ W < 0 \Rightarrow \text{اگر حجم دستگاه افزایش یابد} \end{cases}$$

وقتی حجم کاهش می‌یابد، روی سیستم کار انجام شده است. و زمان افزایش حجم، دستگاه کار انجام می‌دهد.
در اصل قانون اول ترمودینامیک بیان دیگری از قانون پایستگی انرژی است.

جزوه ی فیزیک - مفاهیم و تعاریف ترمودینامیک

۷- **فرآیند هم حجم:** در این فرآیند، حجم همواره ثابت است.

(۱) در این فرایند فشار گاز متناسب با دمای مطلق آن تغییر می‌کند ($P \propto T$) .

(۲) در این فرآیند کار انجام شده روی گاز صفر است ($W = ۰$) .

(۳) در این فرآیند تغییر انرژی درونی گاز با گرمای مبادله شده توسط آن برابر است ($\Delta U = Q$) .

(۴) گرمای مبادله شده در این فرآیند از رابطه‌ی $Q = nC_{MV}\Delta T$ به دست می‌آید.

$$\begin{cases} C_{MV} = \frac{۳}{۲}R & \text{گاز کامل تک اتمی} \\ C_{MV} = \frac{۵}{۲}R & \text{گاز کامل دو اتمی} \\ C_{MV} = \frac{۷}{۲}R & \text{گاز کامل سه اتمی} \end{cases}$$

۸- **فرآیند هم فشار:** در این فرآیند، فشار همواره ثابت است.

(۱) در این فرایند حجم گاز متناسب با دمای مطلق آن تغییر می‌کند ($V \propto T$) .

(۲) در این فرآیند کار انجام شده روی گاز از رابطه‌ی $W = -P(V_۲ - V_۱)$ به دست می‌آید.

(۳) گرمای مبادله شده در این فرآیند از رابطه‌ی $Q = nC_{MP}\Delta T$ به دست می‌آید.

$$\begin{cases} C_{MP} = \frac{۵}{۲}R & \text{گاز کامل تک اتمی} \\ C_{MP} = \frac{۷}{۲}R & \text{گاز کامل دو اتمی} \\ C_{MP} = \frac{۹}{۲}R & \text{گاز کامل سه اتمی} \end{cases}$$

۹- **فرآیند هم دما:** در این فرآیند، دما همواره ثابت است.

(۱) در این فرایند فشار و حجم گاز متناسب با عکس یک‌دیگر تغییر می‌کنند $\left(P \propto \frac{۱}{V} \text{ و } V \propto \frac{۱}{P} \right)$.

(۲) در این فرآیند تغییر انرژی درونی گاز صفر است ($\Delta U = ۰$) .

(۳) در این فرآیند گرمای مبادله شده توسط گاز و کار انجام شده روی آن قرینه هستند ($W + Q = ۰$) .

۱۰- **فرآیند بی‌دررو:** در این فرآیند، گاز گرما مبادله نمی‌کند.

(۱) در این فرآیند تغییر انرژی درونی گاز با کار انجام شده روی آن برابر است ($\Delta U = W$) .

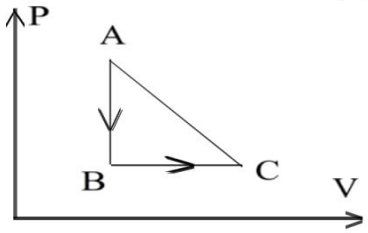
(۲) در انبساط بی‌دررو انرژی درونی و دمای گاز کاهش می‌یابند و در تراکم بی‌دررو انرژی درونی و دمای گاز افزایش می‌یابند.

Hamkelasi.ir : جامع ترین منبع دانلود جزوه ، آزمون ، امتحان ، سوالات کنکور سراسری و ... (به سایت ما سر بزنید)

جزوه ی فیزیک - مفاهیم و تعاریف ترمودینامیک

۱۱- چرخه ترمودینامیکی

چرخه‌ی ترمودینامیکی فرآیندی است که طی آن دستگاه به حالت اولیه‌ی خود باز می‌گردد.



۱۲- تغییر انرژی درونی ، کار و گرما در چرخه

(۱) در چرخه دستگاه به حالت اولیه خود بازمی‌گردد و تغییر دما و تغییر انرژی درونی دستگاه صفر هستند.

(۲) در این فرآیند گرمای مبادله شده توسط گاز و کار انجام شده روی آن قرینه هستند $(W + Q = 0)$.

۱۳- محاسبه‌ی کار انجام شده روی دستگاه در چرخه

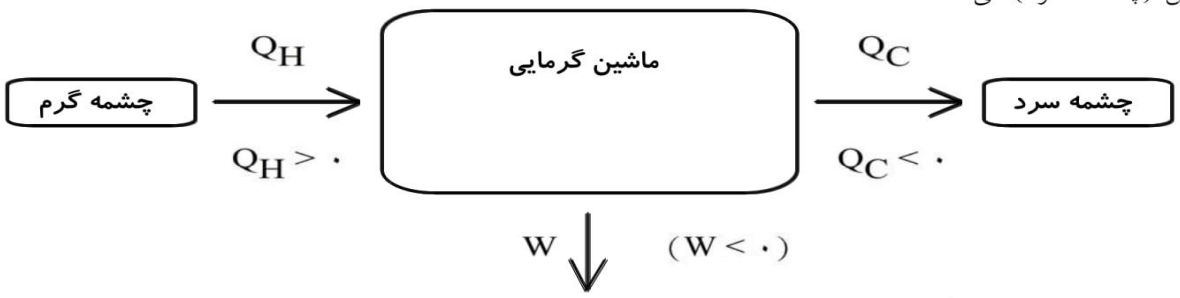
با استفاده از مساحت داخل چرخه در نمودار $P - V$ می‌توان کار انجام شده روی دستگاه را در چرخه به دست آورد.

$W = +$ (مساحت داخل چرخه) $\Leftarrow$ اگر جهت مسیر چرخه در نمودار $P - V$ پادساعت‌گرد باشد.

$W = -$ (مساحت داخل چرخه) $\Leftarrow$ اگر جهت مسیر چرخه در نمودار $P - V$ ساعت‌گرد باشد.

۱۴- ماشین گرمایی

ماشین گرمایی در طی یک چرخه‌ی ترمودینامیکی که جهت آن در نمودار $P - V$ ساعت‌گرد است، مقداری گرما را از یک محیط با دمای بالا (چشمه‌ی گرم) می‌گیرد و پس از انجام کار روی محیط بقیه‌ی گرما را به یک محیط با دمای پایین (چشمه سرد) می‌دهد.



طبق قانون اول ترمودینامیک :

$$Q + W = 0 \Rightarrow Q_H + Q_C + W = 0 \Rightarrow Q_H = (-Q_C) + (-W) \Rightarrow Q_H = |Q_C| + |W|$$

۱۵- ماشین گرمایی و قانون دوم ترمودینامیک

بر اساس قانون دوم ترمودینامیک ممکن نیست دستگاه چرخه‌ای را بپیماید که در حین آن مقداری گرما را از چشمه‌ی گرم جذب و تمام آن را به کار تبدیل کند.

قانون دوم ترمودینامیک در ماشین گرمایی $\Rightarrow Q_H > |W|$ و $|Q_C| \neq 0$

Hamkelasi.ir : جامع ترین منبع دانلود جزوه ، آزمون ، امتحان ، سوالات کنکور سراسری و ... (به سایت ما سر بزنید)

جزوه ی فیزیک - مفاهیم و تعاریف ترمودینامیک

۱۶- قانون دوم ترمودینامیک و بازده ماشین گرمایی

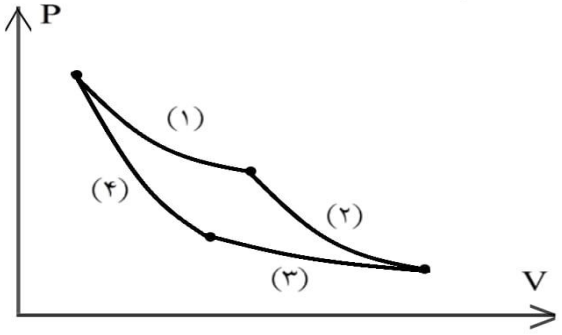
طبق قانون دوم ترمودینامیک، بازده‌ی یک ماشین گرمایی همواره از یک کوچک‌تر است.

$$\begin{cases} \text{قانون دوم ترمودینامیک} \Rightarrow |W| < Q_H \\ \eta = \dfrac{|W|}{Q_H} \Rightarrow \eta < ۱ \end{cases}$$

۱۷- چرخه‌ی کارنو

یک فرایند ترمودینامیکی است که در طی آن ماده‌ی کاری دستگاه به ترتیب فرایندهای (۱) انبساط هم‌دما، (۲) انبساط بی‌دررو، (۳) تراکم هم‌دما و (۴) تراکم بی‌دررو را طی می‌کند و به حالت اولیه‌اش باز می‌گردد.

نمودار $P - V$ این فرآیند به صورت شکل زیر است.



۱۸- بیش‌ترین بازده یک ماشین گرمایی

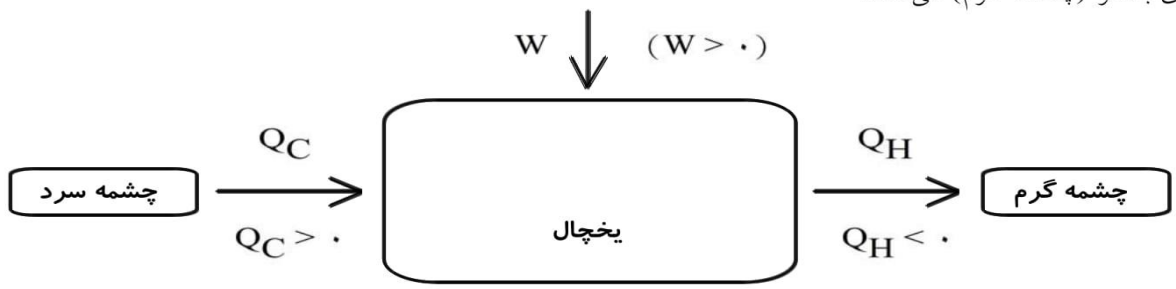
بیش‌ترین بازده‌ی یک ماشین گرمایی که دمای چشمه‌های گرم و سرد آن به ترتیب برابر T_H و T_C است، در شرایطی ایجاد می‌شود که ماده کاری ماشین گرمایی چرخه‌ی کارنو را طی کرده باشد و مقدار آن از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$\eta_{max} = \frac{T_H - T_C}{T_H} \quad \text{یا} \quad \eta_{max} = ۱ - \frac{T_C}{T_H}$$

جزوه ی فیزیک - مفاهیم و تعاریف ترمودینامیک

۱۹- **یخچال**

یخچال در طی یک چرخه‌ی ترمودینامیکی که جهت آن در نمودار P - V پادساعت‌گرد است، با گرفتن کار مقداری گرما را از یک محیط با دمای پایین (چشمه‌ی سرد) می‌گیرد و آن را به همراه کاری که از محیط می‌گیرد به یک محیط با دمای بالاتر (چشمه گرم) می‌دهد.



طبق قانون اول ترمودینامیک :

$$Q + W = ۰ \Rightarrow Q_H + Q_C + W = ۰ \Rightarrow (-Q_H) = Q_C + W \Rightarrow |Q_H| = Q_C + W$$

۲۰- **قانون دوم ترمودینامیک و یخچال**

بر اساس قانون دوم ترمودینامیک ممکن نیست دستگاه چرخه‌ای را بپیماید که در حین آن بدون دریافت کار و به خودی خود مقداری گرما را از چشمه‌ی سرد جذب و آن را به چشمه‌ی گرم بدهد.

قانون دوم ترمودینامیک در یخچال $\Rightarrow |Q_H| > Q_C$ و $W \neq ۰$

۲۱- **ضریب عملکرد یخچال**

هر چه قدر یک یخچال کار کم‌تری دریافت کند و گرمای بیش‌تری از چشمه‌ی سرد بگیرد عملکرد بهتری دارد. ضریب عملکرد یخچال به صورت زیر تعریف می‌شود.

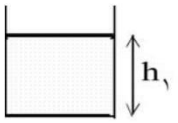
$$\text{(ضریب عملکرد)} \quad K = \frac{Q_C}{W} = \frac{|Q_H|}{W} - ۱$$

۲۲- **ماشین گرمایی و یخچال با چرخه‌ی مشترک**

اگر یک ماشین گرمایی و یک یخچال در نمودار P - V دارای چرخه‌های مشترکی باشند که تنها جهت آن‌ها متفاوت است، رابطه‌ی بازده‌ی ماشین گرمایی و ضریب عملکرد یخچال به این صورت به دست می‌آید.

$$\begin{cases} \eta = \dfrac{|W|}{Q_H} \\ K = \dfrac{Q_C}{W} \end{cases} \Rightarrow \eta = \frac{۱}{K + ۱}$$

۲۳- ۵- قانون گازهای کامل:



اگر مقداری گاز درون یک ظرف در زیر یک پیستون محبوس باشد(مطابق شکل)، با افزایش فشار توسط پیستون گاز متراکم شده (حجم کم می شود) و دمای آن افزایش می‌یابد و اگر دمای گاز را زیاد کنیم، گاز منبسط شده و حجم گاز زیاد می شود و یا اگر درون یک ظرف در بسته مقداری گاز موجود باشد با افزایش دمای گاز، فشارگاز درون ظرف افزایش می‌یابد. با آزمایش‌های متعدد می‌توان دریافت که دما، فشار و حجم یک گاز با هم در ارتباط هستند و مستقل از هم نمی‌باشند.

گاز کامل: گاز بسیار رقیق که از قانون گازهای کامل پیروی می‌کند را می‌گویند.

قانون گازهای کامل: برای یک جرم ثابت از یک گاز کامل نسبت $\frac{PV}{T}$ که در آن P فشار گاز، V حجم گاز و T دمای مطلق گاز (دما بر حسب کلوین) است یک مقدار ثابت است. بنابراین اگر این سه پارامتر یا بعضی از آن‌ها هم تغییر کند می‌توان برای دو وضعیت گاز کامل نوشت:

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

باید توجه داشت که یکاهای حجم و فشار لازم نیست در SI باشد و کافیست در دو طرف از یک واحد استفاده شود ولی دما حتماً باید بر حسب کلوین باشد.

مثال: درون یک ظرف در بسته مقداری گاز کامل در دمای $۲۷^\circ C$ وجود دارد. اگر دمای گاز را به $۱۲۷^\circ C$ برسانیم، فشار گاز چند برابر می‌شود؟

حل: چون ظرف در بسته است، بنابراین حجم ثابت است. $(V_۲ = V_۱)$

$$\frac{P_۱V_۱}{T_۱}=\frac{P_۲V_۲}{T_۲} \Rightarrow \frac{P_۲}{P_۱}=\frac{T_۲}{T_۱}=\frac{۱۲۷+۲۷۳}{۲۷+۲۷۳}=\frac{۴۰۰}{۳۰۰}=\frac{۴}{۳}$$

مثال: در دمای ثابت حجم گاز کاملی را یک لیتر کاهش می‌دهیم. در نتیجه‌ی این عمل فشار گاز دو برابر می‌شود. حجم اوّلیه‌ی گاز چقدر بوده است؟

حل:

$$\frac{P_۱V_۱}{T_۱}=\frac{P_۲V_۲}{T_۲} \Rightarrow P_۱V_۱=P_۲V_۲ \Rightarrow P_۱V_۱=(۲P_۱)(V_۱-۱) \Rightarrow V_۱=۲(V_۱-۱) \Rightarrow V_۱=۲\,lit$$

نکته: اگر وزن یک پیستون W و مساحت آن A باشد و بتواند بدون اصطکاک درون ظرف حرکت کند، در حالت تعادل فشار گاز درون ظرف در سه حالت زیر به‌صورت زیر قابل دستیابی است. (فشار هوای بیرون $P_۰$ است.)

اگر ظرف به‌صورت افقی باشد، فشار گاز همان $P_۰$ بوده و اگر ظرف به‌صورت قائم به‌طوریکه پیستون بالا باشد فشار گاز درون ظرف $P_۰+\frac{W}{A}$ بوده و اگر ظرف به‌صورت قائم به‌طوری‌که پیستون پایین باشد فشار گاز درون ظرف برابر $P_۰-\frac{W}{A}$ است.

Hamkelasi.ir

جزوه ی فیزیک - مفاهیم و تعاریف ترمودینامیک

۲۴- ظرفیت گرمایی مولی در حجم ثابت

مقدار گرمایی که یک مول گاز می‌گیرد تا در حجم ثابت دمایش یک کلوین افزایش یابد، ظرفیت گرمایی مولی در حجم ثابت نام دارد و آن را با C_{MV} نشان می‌دهند.

گرمای ویژه‌ی مولی برای گازهای تک اتمی تقریباً برابر $\frac{۳}{۲}R$، برای گازهای دو اتمی $\frac{۵}{۲}R$ و برای گازهای چند اتمی (سه اتمی بیش‌تر) $\frac{۷}{۲}R$ است.

۲۵- گرمای ویژه‌ی گاز در حجم ثابت

گرمای ویژه‌ی گاز در حجم ثابت برابر است با مقدار گرمایی که در حجم ثابت یکای جرم آن داده می‌شود تا دمای آن یک کلوین بالا رود.

۲۶- ظرفیت گرمایی مولی در فشار ثابت

ظرفیت گرمایی مولی در فشار ثابت مقدار گرمایی است که به یک مول زا گاز در فشار ثابت داده می‌شود تا دمای آن یک کلوین بالا رود.

ظرفیت گرمایی مولی را با C_{MP} نشان می‌دهند. این مقدار برای گازهای تک اتمی تقریباً $\frac{۵}{۲}R$، برای گازهای دو اتمی تقریباً $\frac{۷}{۲}R$ و برای گازهای چند اتمی (سه اتمی و بیش‌تر) $\frac{۹}{۲}R$ است.

۲۷- گرمای ویژه‌ی گاز در فشار ثابت

گرمای ویژه‌ی یک گاز در فشار ثابت برابر است با مقدار گرمایی که در فشار ثابت به یکای جرم آن داده می‌شود تا دمای آن یک کلوین بالا رود.

۲۸- نکته: C_{MP} همواره از C_{MV} بزرگ‌تر است زیرا در فرآیند هم حجم تمامی گرمای گرفته شده توسط گاز صرف افزایش دمای گاز و یا انرژی درونی آن می‌گردد در حالی که در فرآیند هم فشار قسمتی از گرمای گرفته شده صرف افزایش دما و قسمتی صرف افزایش حجم (انجام کار توسط سیستم) می‌شود. در نتیجه برای افزایش دمای یکسان در فرآیند هم فشار به گرمای بیش‌تری نیاز داریم.

رابطه‌ی بین C_{MP} و C_{MV} به شکل زیر است:

$$C_{MP} - C_{MV} = R$$

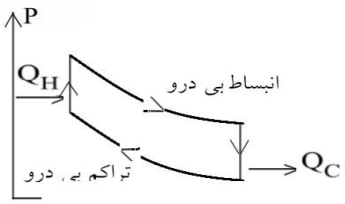
Hamkelasi.ir : جامع ترین منبع دانلود جزوه ، آزمون ، امتحان ، سوالات کنکور سراسری و ... (به سایت ما سر بزنید)

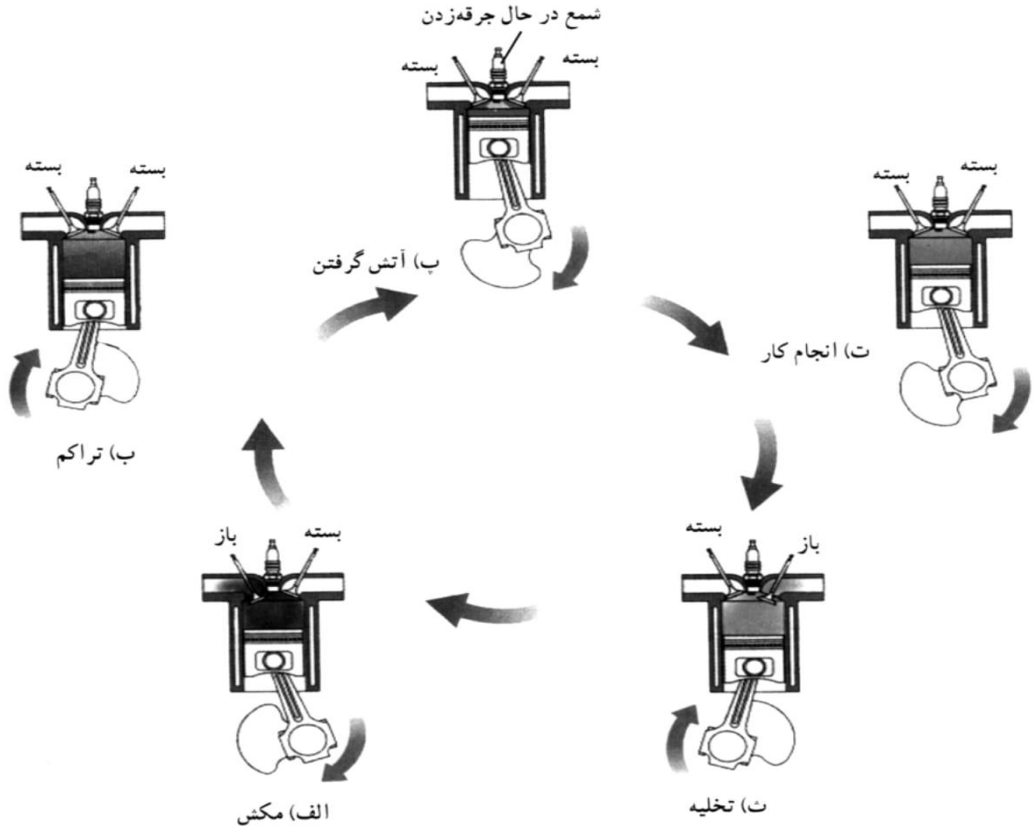
جزوه ی فیزیک - مفاهیم و تعاریف ترمودینامیک

۲۹- ماشینی گرمایی درون سوز

در این نوع ماشین فرآیند احتراق (تبدیل انرژی) در درون سیستم گازی انجام می‌گیرد. موتور خودروها و موتور سیکلت‌ها و ..... از نوع موتورهای درون سوز می‌باشند.

در این ماشین‌ها، سیستم گازی چرخه‌ای را موسوم به چرخه‌ی اتوطی می‌کند.





مراحل مختلف در چرخه‌ی موتورهای درون‌سوز

www.m-ganji.com

Hamkelasi.ir : جامع ترین منبع دانلود جزوه ، آزمون ، امتحان ، سوالات کنکور سراسری و ... (به سایت ما سر بزنید)

جزوه ی فیزیک - مفاهیم و تعاریف ترمودینامیک

۳۰- ماشین بخار

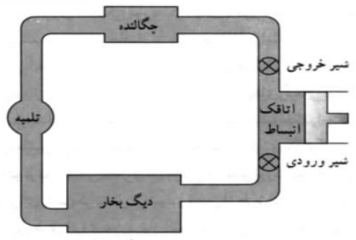
این ماشین از انواع ماشین‌های برون سوز است. ماده‌ی کاری این ماشین آب و بخار آب است. مراحل کارایی ماشین به شرح زیر است:

۱- آب در دیگ بخار گرم شده، فشار و حجم آن تا حد معینی افزایش می‌یابد.

۲- شیر ورودی باز شده، بخار وارد اتاقک انبساط می‌شود. این فرآیند با سرعت انجام شده، متشابه یک فرآیند بی‌دررو است.

۳- بازگشت پیستون به وضعیت اولیه و انتقال بخار به چگالنده در این انتقال بخار به آب تبدیل می‌شود.

۴- تلمبه آب حاصل از میعان را به دیگ بخار برمی‌گرداند.



بخش‌های اصلی ماشین بخار عبارت‌اند از: دیگ بخار، اتاقک انبساط، چگالنده، تلمبه، شیرهای ورودی و خروجی و لوله‌های رابط

Hamkelasi.ir : جامع ترین منبع دانلود جزوه ، آزمون ، امتحان ، سوالات کنکور سراسری و ... (به سایت ما سر بزنید)