



راهنمایی آموزشی سکیمیا - صنف دهم دور یازدهم

اهداف آموزشی:

- دانش آموزان در ختم این دوره باید موضوعات دیل را تحلیل و ارزیابی کرده بتوانند.
- 1- قانون عمومی گازات آیدیال
  - 2- کثافت گازات
  - 3- مخلوط گازات
  - 4- قانون گرام
  - 5- نظریه جنبشی گازات
  - 6- گاز های حقیقی
  - 7- معادله حالت برای گارات حقیقی

قوانین گازات آیدیال:

قانون بایل، قانون چارلس و اصل اوکدرو هر سه بیان کننده تناسبی اند که گازات آید یال را توصیف می نمایند. تناسب علمای مذکور را قرار ذیل خلاصه می توانیم:

$$\left. \begin{aligned} V &\approx \frac{1}{P} \\ V &\approx T \\ V &\approx n \end{aligned} \right\} \Rightarrow V \approx \frac{1}{P} T n$$

برای اینکه تناسب فوق را به مساوات تبدیل نماییم،  $R$  را که به نام ثابت عمومی گازات یاد میشود، به طرف راست معادله معامله نموده و حاصل میشود که:

$$V = RTn \frac{1}{P}$$

$$V = \frac{nRT}{P}$$

$$\boxed{PV = nRT}$$

معادله اخیر را بنام معادله عمومی گازات یاد مینمایید که توسط آن می توان حجم، فشار و حرارت گاز را محاسبه نماییم.

اگر مشخصات یک مول گاز آیدیال را در شرایط ( $STP$ ) وضع گردد قیمت ثابت گازات دریافت می شود:

$$\left. \begin{aligned} STP \\ P &= 1 \text{ atm} = 101.3 \text{ K pas} \\ V &= 22.4 \text{ Li} = 22.4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \\ n &= 1 \text{ mol} \\ T &= 273^\circ \text{ K} \\ R &=? \end{aligned} \right\}$$

$$PV = nRT \Rightarrow R = \frac{PV}{nT} \Rightarrow R = \frac{101.3 \text{ K Pas} \cdot 22.4 \cdot 10^{-3} \cdot \text{m}^3}{1 \text{ mol} \cdot 273^\circ \text{ k}} \Rightarrow \boxed{R = 8.31 \text{ jol} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{k}^{-1}}$$

همچنان میتوانیم قیمت ثابت عمومی گازات را در شرایط استندرد به واحد دیگر نیز طور ذیل

دریافت نماییم.

$$\left. \begin{aligned} STP \\ P &= 1 \text{ atm} \\ V &= 22.4 \text{ Li} = 22.4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \\ n &= 1 \text{ mol} \\ T &= 273^\circ \text{ K} \\ R &=? \end{aligned} \right\}$$

$$PV = nRT \Rightarrow R = \frac{PV}{nT} \Rightarrow R = \frac{1 \text{ atm} \cdot 22.4 \cdot \text{Lit}}{1 \text{ mol} \cdot 273^\circ \text{ K}} \Rightarrow \boxed{R = 0.08205 \text{ atm} \cdot \text{Lit} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}}$$

مثال: به فشار  $0.432 \text{ atm}$  یک گاز آیدیال  $8.64 \text{ Li}$  حجم را اشغال نموده است. مقدار آن  $0.176 \text{ mol}$  مول است حرارت وارده بالای گاز مذکور را دریافت نمایید.

$$\left. \begin{aligned} P &= 0.432 \text{ atm} \\ n &= 0.176 \text{ mol} \\ V &= 8.64 \text{ Li} = 8.64 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \\ R &= 0.0802 \text{ atm mol}^{-1} \cdot \text{k}^{-1} \\ T &=? \end{aligned} \right\}$$

$$PV = nRT \Rightarrow T = \frac{PV}{nR} = \frac{0.432 \text{ atm} \cdot 8.64 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{0.176 \text{ mol} \cdot 0.082 \text{ atm} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}} \Rightarrow 258 \text{ K} \Rightarrow \boxed{T = 258 \text{ K}}$$

همچنان توسط رابطه متذکره می توان وزن مالیکولی و کثافت گازات را نیز محاسبه کرد:

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow PV = \frac{m}{M} \cdot RT \Rightarrow M = \frac{mRT}{PV}$$

در رابطه فوق  $M$  وزن مالیکولی گاز،  $m$  کتله گاز،  $T$  حرارت مطلقه گاز،  $P$  فشار گاز، و  $V$  حجم گاز مورد تجربه می باشد.



مثال: 1.26g یک گاز به حرارت 50°C در فشار 727mmHg در ظرفی با حجم 1Lit قرار دارد، گاز مذکور ایدئال بوده کتله مالیکولی آن را محاسبه نمایید.

$$\left. \begin{aligned} P &= 727 \text{ mmHg} \\ m &= 1.26 \text{ gr} \\ V &= 1 \text{ Lit} = 10^{-3} \text{ m}^3 \\ T &= 50^\circ \text{C} + 273 = 323 \text{ K} \\ R &= 0.082 \text{ atm} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{k}^{-1} \\ M &= ? \end{aligned} \right\} \Rightarrow M = \frac{mRT}{PV} = \frac{1.26 \text{ gr} \cdot 0.082 \text{ atm} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{k}^{-1}}{727 \text{ mm Hg} \cdot 10^{-3} \text{ m}^3} \Rightarrow M = 34 \text{ gr/mol}$$

همچنان می توانیم بنویسیم که:

$$PM = \frac{m}{V} \cdot RT \Rightarrow PM = DRT \Rightarrow D = \frac{PM}{RT}$$

در رابطه اخیر  $d$  کثافت گاز مورد تجربه می باشد.

مثال: کثافت گاز اکسیجن را به حرارت 47°C و فشار 2.5atm محاسبه نمایید در صورتیکه وزن مالیکولی آن 32 میباشد.

$$\left. \begin{aligned} T &= 320 \text{ K} \\ P &= 2.5 \text{ atm} \\ M &= 32 \text{ gr} \\ R &= 0.082 \text{ atm} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{k}^{-1} \\ D &= ? \end{aligned} \right\} \Rightarrow D = \frac{2.5 \text{ atm} \cdot 32 \text{ gr}}{0.082 \text{ atm} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{k}^{-1} \cdot 320 \text{ k}} \Rightarrow 2.79 \text{ gr} \cdot \text{Li}^{-1}$$

**مخلوط گازات (فشار قسمی یا جزیی دالتن):**

جان دالتن در سال 1801 م به اساس یک سلسله تجارب عملی نتیجه گرفت که فشار وارده بالای جدار ظرف پر از مخلوط گازات عبارت از مجموعه فشار های وارده هر یک از گازات اجزای متشکله مخلوط گازی است. بنابراین فشار اندازه شده یک مخلوط گازی باید مساوی به حاصل جمع فشار گاز های باشد که اگر هر یک از اجزای مخلوط ظرف را به تنهایی اشغال کند و فشار را بالای دیوار ظرف وارد نموده باشد. پس مطابق به فشار های جزیی دالتن می توان گفت: فشار مجموعی وارد شده توسط یک مخلوط گازی مساوی به حاصل جمع فشار های جزیی هر یک از اجزای مخلوط گازات است، فشار جزیی یا قسمی را طوری تعریف می نمایند که: اگر یک گاز به تنهایی ظرف را اشغال نماید، فشار معادل، فشار جزیی خود را بر دیوار ظرف وارد کند. شکل (8-22) فشار جزیی دالتن و فشار مجموعی گازات مخلوط را نشان میدهد، به طور مثال اگر فشار جزیی هیلیم 100mmHg و فشار جزیی هایدروجن 300mmHg باشد، بنابراین فشار مجموعی یا فشار کلی 400mmHg است. تقریباً اکثر مخلوط های گازات از قانون فشار های جزیی دالتن پیروی مینمایند و شرط اساسی این است که گازات مخلوط شده با هم دیگر تعامل نکنند.

شکل (8-21) قانون فشار های قسمی دالتن در صورت حرارت ثابت

اگر فشار مجموعی مخلوط را به  $P_{Total}$  و فشار جزیی یا قسمی را به  $P_i$  نشان دهیم با استفاده از قانون گازات ایدئال میتوانیم بنویسیم که:

$$P_{Total} = \frac{n_{Total} \cdot R \cdot T}{V}, \quad P_i = \frac{n_i \cdot R \cdot T}{V}$$

$$\frac{P_i}{P_{Total}} = \frac{\frac{n_i RT}{V}}{\frac{n_{Total} RT}{V}} = \frac{n_i RT}{V} \cdot \frac{V}{n_{Total} RT}$$

$$\frac{P_i}{P_{Total}} = \frac{n_i}{n_{Total}} = X_i$$

$$P_i = P_{Total} \cdot X_i$$

پس نظر به فورمول بالا گفته میتوانیم که فشار جزیی یا قسمی گازات مساوی به حاصل ضرب فشار مجموعی در مول فرکشن آن گاز در مخلوط میباشد.

مول فرکشن یا سهم مولی عبارت از تعداد مول های یک جزء مخلوط بر مجموعه مولهای مخلوط میباشد که به  $X_i$  نشان داده میشود.

مثال: در حرارت به اندازه یک یک گرم از گاز های اکسیجن، نایتروجن، و هایدروجن در یک بالون با حجم داده شده است فشار کلی مخلوط گازات را محاسبه نمایید.

$$\left. \begin{aligned} m_{O_2} &= 1 \text{ gr} \\ m_{H_2} &= 1 \text{ gr} \\ m_{N_2} &= 1 \text{ gr} \\ T &= 398^\circ \text{ K} \\ V &= 10 \text{ Li} \end{aligned} \right\} \Rightarrow P_i = \frac{RT}{V} (n_1 + n_2 + n_3) = \frac{0.082 \text{ atm} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{k}^{-1} \cdot 398 \text{ k}}{10 \text{ Li}} (0.03 + 0.05 + 0.5) \Rightarrow P_i = 1.84 \text{ atm}$$

**قانون گراهام و انتشار و نفوذ مالیکول های گازات - Grahams Law:**

توماس گراهام (Tomas Graham) عالم انگلیسی در سال 1829 م تحقیقات لازمه را در مورد سرعت انتشار (Diffusion) و نفوذ (Effusion) گازات مختلف انجام داد. انتشار اصطلاحی است که در مورد حرکت توده های مواد از یک محیط به محیط دیگر استعمال می گردد. به طور مثال زمانیکه غذا در حال پختن باشد گازات از ظرف پختن غذا خارج و به محیط ماحول پخش و منتشر گردیده و ما توسط حس شامه خود بوی غذا را حس می نماییم. گراهام در یافت نموده که: سرعت نفوذ گازات در محیط گازی دیگر معکوساً متناسب به جذر مربع کثافت گازات است:



$$V_{diffusion} = \frac{K}{\sqrt{D}} \text{-----1}$$

سرعت نفوذ دو گاز A و B را میتوانیم چنین در نظر بگیریم:  
سرعت پخش گاز

$$V = \frac{K}{\sqrt{D}} \text{-----2}$$

سرعت پخش گاز

$$V = \frac{K}{\sqrt{D}} \text{-----3}$$

به حرارت و فشار معین، کثافت مالیکولی گازات و کتله مالیکول گازات با همدیگر رابطه مستقیم را دارا میباشدند.

$$D = \frac{PM}{RT}$$

$$V = \frac{K}{\sqrt{D}} = \frac{K}{\sqrt{\frac{PM}{RT}}} = \frac{K\sqrt{RT}}{\sqrt{PM}} = \frac{K\sqrt{RT}}{\sqrt{P}\sqrt{M}}$$

بخاطریکه حرارت و فشار معین است پس میتوانیم آنها را ثابت در نظر بگیریم و از حاصل تقسیم یک ثابت بر ثابت های دیگر ثابت دومی بدست می آید و میتوانیم بنویسیم که:

$$V = \frac{K\sqrt{RT}}{\sqrt{P}\sqrt{M}} = \frac{K\sqrt{RT}}{\sqrt{P}} \cdot \frac{1}{\sqrt{M}} = K' \frac{1}{\sqrt{M}} = \frac{K'}{\sqrt{M}}, \left( K' = \frac{K\sqrt{RT}}{\sqrt{P}} \right)$$

نظر به فورمول فوق قانون پخش مالیکولی گراهام برای گازات طور ذیل تحریر میگردد.

$$V = \frac{K'}{\sqrt{M}} \text{-----4}$$

$$V_A = \frac{K'}{\sqrt{M_A}} \text{-----5}$$

$$V_B = \frac{K'}{\sqrt{M_B}} \text{-----6}$$

اگر رابطه 5 و 6 را طرف به طرف تقسیم نماییم به دست می آید که :

$$\frac{V_A (Diffusion)}{V_B (Diffusion)} = \frac{\sqrt{M_B}}{\sqrt{M_A}}$$

گازات حقیقی:

خواص گازات آیدیال را از خود نشان می دهد در این گازات عمل متقابل بین المالیکولی موجود نمیباشد (در صورتیکه برخورد الاستیکی بین مالیکول ها موجود نباشد) و حجم اشغال شده توسط مالیکول ها در مقایسه با حجم ظرف حاوی گازات مطلوب قابل صرف نظر باشد. لاکن باید دانست که در گازهای حقیقی شرایط فوق الذکر را نمیتوان صد فیصد ملاحظه کرد، پس گفته میتوانیم که گازهای حقیقی از طبیعت و شیوة آیدیال انحراف نشان میدهد.

**معادله حالت برای گازات حقیقی :**

اگر برای یک مقدار معین گاز سه متحول  $P, V, T$  را با هم ارتباط دهیم، در این صورت با معین بوده دو متحول مذکور، متحول سومی را به آسانی در یافت کرده می توانیم. بصورت عموم آن معادله ریاضیکی که فشار، حجم، حرارت و تعداد مول های هر یک گاز را باهم رابطه میدهد، بنام معادله حالت گاز ها یاد شده که عبارت است از  $PV = nRT$  بوده و معادله حالت گاز آیدیال یا کامل را افاده می کند؛ اما معادله عمومی حالت گازات هیچ نوعی از گاز های حقیقی را توصیف کرده نمیتواند.

واندر- والس درسال 1873 معادله گاز های حقیقی رابه صورت  $(P + \frac{a}{V^2})(V - b) = RT$

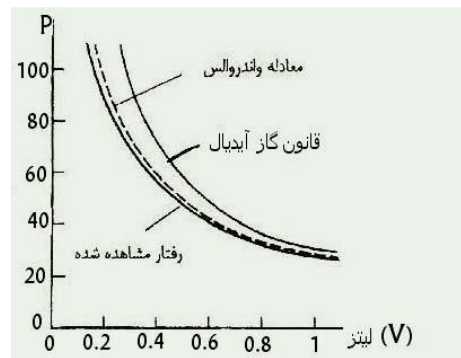
برای یک ماول گاز حقیقی با در نظر داشت معادله حالت گاز های کامل و تاثیر فشار بالای گاز های حقیقی مشخص ساخت، در معادله فوق  $a$  و  $b$  ثابت های مثبت بوده که از مشخصات اختصاصی هر گاز میباشد، زمانی که کثافت گاز خیلی کم باشد،  $a$  و  $b$  زیاد بوده و ارزش  $b$  در مقایسه با حجم  $(V)$  فوق العاده کوچک است که میتوان از آن صرف نظر کرده، در این صورت  $\frac{a}{V^2}$  به صفر تقرب می نماید و معادله واندر والس به طرف معادله گاز ات آیدیال تقرب حاصل می کند. طوریکه :

$$(P + \frac{a}{V^2}) = P, \quad \frac{PV}{RT} = Z$$

$$V - n = V, \quad PV = nRT$$

معادلات فوق بنام معادله واندر- والس یاد شده  $a$  و  $b$  ثابت مثبت بوده و از مشخصات ویژه هرگاز می باشد.

گازات	$a$ (liter . atm / mol <sup>2</sup> )	$b$ (liter / mol)
H <sub>2</sub>	0.244	0.0266
He	0.341	0.0237
N <sub>2</sub>	1.39	0.0391



کارخانگی

- 1- اگر بخواهیم سانتی گراد را به کالوین تبدیل نمائیم از کدام فورمول استفاده می نمائیم؟
- 2-  $27C^{\circ}$  سانتی گراد چند درجه کالوین میشود؟

0.0318	1.36	$O_2$
0.0427	3.59	$CO_2$
0.0399	1.48	$CO$
0.0428	2.25	$CH_4$
0.0371	4.17	$NH_3$
0.0304	5.46	$H_2O$
0.0278	1.34	$NO$
0.0562	6.49	$Cl_2$

مثال: گاز میتان به اندازه 10 گرم به حرارت 25 درجه سانتی گراد در یک ظرف یک لیتر نگهداری شده است ، فشار وراده را بالای گاز مذکور قرار قانون گاز ایديال و معادله واندر – والس محاسبه نمایید :

بر اساس معادله گازات ایده آل :

$$\left. \begin{array}{l} m = 10 \text{ gr} \\ v = 1 \text{ li} \\ M = 16 \\ p = ? \end{array} \right\} \Rightarrow P = \frac{nRT}{MV} = \frac{10 \text{ gr} \cdot 0.082 \text{ atm} \cdot \text{Li} / \text{mol} \cdot k \cdot 298 \text{ k}}{16 \text{ gr} \cdot 1 \text{ Li}} \Rightarrow P = 15.3 \text{ atm}$$

بر اساس معادله واندر والس :

$$\left( P + \frac{an^2}{V^2} \right) (v - bn) = nRT$$

$$P = \frac{nRT}{V - nb} - \frac{n^2 a}{V^2} \Rightarrow P = \frac{0.0625 \text{ mole} \cdot 0.082 \text{ atm} \cdot \text{Li} \cdot \text{mole}^{-1} \cdot k^{-1} \cdot 298 \text{ k}}{1 \text{ L} - 0.625 \text{ mole} \cdot 0.428 \text{ Li} \cdot \text{mol}^{-1}} - \frac{(0.0625 \text{ mole})^2 \cdot 2.25 \text{ Li}^2 \text{ atm}}{\text{Li}^2 \text{ atm}^2} \Rightarrow P = 14.8 \text{ atm}$$

معادله واندروالس در مقایسه با معادله عمومی حالت گازات به خوبی میتواند تا گازات حقیقی را توصیف نماید. گراف شکل چگونگی حالت ها و وضعیت  $pV$  یک مول گاز  $CO_2$  را در حرارت 350K به طور تجربی نشان داده است. همچنان چگونگی حالت و خواص تجربی آنها را با پیشبینی های معادله حالت گاز ایديال و معادله واندروالس مقایسه میکند. معادلات دیگر نیز به خاطر محاسبه حالت گازات ارایه شده اند که نسبت به معادله واندروالس خوبتر بوده، اما تعداد ثابت ها آنها بیشتر از پنج است.