

خواص ترمودینامیکی ماده خالص، گاز، و حلال بخار

- اهمیت گاز در فراوری و نگهداری مواد معدنی؛

- تعادل ماده معدنی و بخار آب اطراف آن

- تاثیر اکسین بر ماندگاری و عمر انباری مواد معدنی

- آنزیم اصلاح شده (MAP) ، CO_2 ، N_2

- سیستم CAS

- توزیع متعین برخی گازها مثل CO_2

- واسطه سرمایش یا گرمایش

و به تازگی گاز و بخار: Vapor & Gas

Ideal Gas

Real Gas

- معادلات حالت برای گاز کامل (ایده آل) و واقعی (حقیقی)

Equations of state

روابطی که ارتباط بین پارامترهای حجم، دما، مقدار گاز و سیستم

معادله حالت کامل می باشد در تعین معادله حالت، بررسی رفتار گاز در دما و فشار ترکیب به شرایط معمولی

معادله گاز حقیقی می باشد و به واسطه معادلات واندروالس، SNK و دیگران

در شرایط معمولی (دما اتاق و فشار اتمسفر) برخی از گازها حقیقی (هیدروژن، نیتروژن، هلیوم و آرگون) از قانون گاز ایده آل پیروی می کنند

- تئوری سنتتیک گاز

- بنیادی ترین تئوری مربوط به رفتار گاز و ارائه شده توسط رنولد
- گاز از ذراتی بنام مولکول تشکیل شده اند
- تئوری حاصل از برخورد مولکولها \rightarrow ف
- ف \rightarrow فاصله میان مولکولها
- انرژی جنبی متوسط مولکولها \rightarrow تناسب با دمای مطلق گاز

مقدار گاز

- معرفت حجم در یک دما و فشار خاص بیان می کنند
- بهترین شاخص برای بیان مقدار گاز حجم و یا تعداد مول گاز (n)
- جرم \rightarrow با پیشوند مول مثل گرم مول، کیلوگرم مول یا پوند مول
- مول گاز \rightarrow نسبت جرم گاز به جرم مولی گاز

در $T = 273 K$ و $p = 760 \text{ mmHg}$ ، حجم اشغال شده توسط

- گرم مول $\rightarrow 22.4 \text{ lit}$
- کیلوگرم مول $\rightarrow 22.4 \text{ m}^3$
- پوند مول $\rightarrow 359 \text{ ft}^3$

معادله گاز کامل (ایده آل)

سه قانون معادله حالت برای گازها که از آزمایشات تجربی برپا شده و دما و فشار

و پارامترهاست آمده

مبنای: تئوری جنبشی یا جنبش گازها

Boyle & Mariotte

$$V \propto \frac{1}{P} \rightarrow PV = \text{constant}$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 = \text{constant} \quad \text{رابطه ثابت}$$

Guy & Lussac

$$V \propto T \rightarrow \frac{V}{T} = \text{constant}$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \text{constant} \quad \text{نسبت ثابت}$$

Charles

$$P \propto T \rightarrow \frac{P}{T} = \text{constant}$$

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

حجم ثابت

نسبت گازها که در یک ظرف بسته قرار دارند، مستقیماً متناسب با دما و تعداد مولها در ظرف است

$$P \propto \frac{n}{V} T$$

$$P = R \frac{n}{V} T \rightarrow PV = nRT$$

R: پیر از استفا گاز فرید

① معادله گاز کامل

$R = \text{Gas}^{\text{universal}} \text{ constant}$

$$R = 1.986 \text{ cal/kgmol} \cdot \text{K}$$

$$R = 8314 \text{ J/kgmol} \cdot \text{K}$$

$$R = 8.314 \text{ kJ/kgmol} \cdot \text{K}$$

ثابت گاز
گازی

$$R = 0.082055 \text{ lit. atm/gmol} \cdot \text{K}$$

$$R = 1545 \text{ ft. lb}_f/\text{lbmol} \cdot ^\circ \text{R}$$

$$R = 1.986 \text{ Btu/lbmol} \cdot ^\circ \text{R}$$

این مقدار ثابتی است که گاز کامل تحت فرایند قرار می گیرد

$$\frac{PV}{T} = \text{ثابت}$$

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

ارتباط بین فشار، حجم و دما در درجه حرارت مختلف

(۲)

کاربرد معادلات (۱) و (۲)

حجم مولی یا مگدلی برابر است با نسبت حجم به مقدار مول ماده

$$M = \frac{m}{n}, \quad \frac{\text{kg}}{\text{kgmol}}$$

حجم مولی یا مگدلی برابر است با نسبت حجم به مقدار مول ماده

$$V_m = \frac{V}{n}, \quad \frac{\text{m}^3}{\text{kgmol}}$$

مخلوط گازها :

تجزیه‌پذیری یا partial pressure :

قانون دالتون (Dalton's law) :

$$P_t = P_1 + P_2 + \dots + P_n = \sum_{i=1}^n P_i \quad (3)$$

چون حجم و دما هم افزای گازها را نشان می‌دهد، معادله گاز کامل برای هر گاز

$$P_i V_t = n_i R T \quad (4)$$

$$P_t V_t = n_t R T \quad (5) \quad \text{معادله گاز کامل برای مخلوط}$$

$$\frac{P_i}{P_t} = \frac{n_i}{n_t} = y_i \rightarrow P_i = y_i P_t \quad (6) \quad \text{تقسیم ۴ به ۵}$$

P_t : فشار کل

y_i : کسر مولی

P_i : فشار جزئی

V_t : حجم کل

n_i : تعداد مول گاز i

n_t : تعداد مول کل گازها

حجم جزئی: partial volume

قانون حجم جزئی آمگات: (Amagat's law)

$$V_t = V_1 + V_2 + \dots + V_n = \sum_{i=1}^n V_i \quad (7)$$

رابطه گاز کامل برای هر جزء گاز در مخلوط (8)

$$P_t V_i = n_i RT$$

معادله گاز کامل برای مخلوط گاز (9)

$$P_t V_t = n_t RT$$

تقسیم (8) بر (9)

$$\frac{V_i}{V_t} = \frac{n_i}{n_t} = y_i$$

$$V_i = y_i V_t$$

y_i : کسر جرمی

در حجم جزئی یک گاز با کسر مولی متناسب است.

مثال: یک قوطی خالی در دمای 80°C و یک اتمسفر رطوبتی شده است. با فرض اینکه تنها هوا در داخل قوطی باشد، خلاء داخل قوطی پس از سرد کردن قوطی و محبتات آن تا دمای 20°C چندسانی مترجیه خواهد بود؟

هم ثابت، کاهش دما استفاده از قانون چارلز

$$T_1 = 80 + 273.16 = 353.16 \text{ K}$$

$$T_2 = 20 + 273.16 = 293.16 \text{ K}$$

$$P_1 = 1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \rightarrow P_2 = \frac{T_2}{T_1} \times P_1 = \frac{293.16 \text{ K}}{353.16 \text{ K}} \times 101325 \text{ Pa} = 84110 \text{ Pa} \quad \text{مطلق}$$

$$P_{abs} = P_{atm} - P_{vac} \rightarrow P_{vac} = 101325 - 84110 = 17215 \text{ Pa}$$

$$P_{vac} = 17215 \text{ Pa} \times \frac{1 \text{ cmHg}}{1333.33 \text{ Pa}} = 12.91 \text{ cmHg}$$

مثال: دانسته هوا در دما 70°F و یک اتمسفر را در سیستم انگیسی و SI می ب کسند. در ضمن جرم مولی هوا 29 kg/kmol می باشد.

$$PV = nRT, n = \frac{m}{M}$$

$$PV = \frac{m}{M} RT \rightarrow PM = \frac{m}{V} RT \rightarrow PM = \rho RT$$

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

الف - سیستم انگلیسی

$$T = 70 + 460 = 530^\circ R, 1 \text{ atm} = 2116.8 \frac{\text{lb}_f}{\text{ft}^2}$$

$$\rho = \frac{PM}{RT} = \frac{1 \text{ atm} \times 2116.8 \frac{\text{lb}_f/\text{ft}^2}{\text{atm}} \times 29 (\text{lb}/\text{lb mol})}{1545 \text{ ft} \cdot \text{lb}_f/(\text{lb mol} \cdot ^\circ R) \times 530^\circ R} = 0.07498 \frac{\text{lb}_m}{\text{ft}^3}$$

ب - سیستم SI

$$T = \frac{70 - 32}{1.8} = 21.1^\circ C, 21.1^\circ C + 273.16 = 294.26 \text{ K}$$

$$p = 1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa} = 101325 \text{ N/m}^2$$

$$\rho = \frac{PM}{RT} = \frac{101325 \text{ N/m}^2 \times 29 \text{ kg/kg mol}}{8314 \text{ J/kg mol} \cdot \text{K} \times 294.26 \text{ K}} = 1.202 \text{ kg/m}^3$$

\swarrow
 $J = N \cdot m$

مثال: چنانچه مساحت سطح یک مار به بیهوشی خودایی 2 cm^2 باشد و در شرایط استاندارد (ث، 1 atm و دمای $50^\circ C$)، 1 cm^3 اکسیژن را در دست ۲۴ h از حشر بر سطح آن عبور کند، مقدار اکسیژن ورودی (بر حسب گرم و گرم مول) به یک بیهوش ماره قدری را در دست ۲۴ h است و به کسند؟

استرایای به حجم اکترن عبوری از میانه در طی ۲۴h

$$V = \frac{100 \text{ cm}^3}{\text{m}^2 (24 \text{ h})} (24 \text{ h}) \left(\frac{1 \text{ m}^2}{10^4 \text{ cm}^2} \right) (3000 \text{ cm}^2) = 30 \text{ cm}^3$$

$$n = \frac{PV}{RT}, \quad R = 0.08206 \text{ (lit.atm)/(g.mol.K)}$$

$$n = \frac{1 \text{ atm} \times 30 \text{ cm}^3}{0.08206 \text{ (lit.atm)/(g.mol.K)} \times 273.16 \text{ K}} \times \left(\frac{1 \text{ lit}}{1000 \text{ cm}^3} \right) = 0.0001339 \text{ g.mol}$$

$$n = \frac{m}{M} \rightarrow m = n \times M$$

$$m = 0.0001339 \text{ g.mol} \times \frac{32 \text{ g}}{\text{g.mol}} = 0.0043 \text{ g}$$

مقدار اکترن ورودی به به بنوی در مدت ۲۴h به حسب گرم

مثال: در یک کاغذ فرآوردی مواد غذایی در یک گامی به $10 \text{ m}^3/\text{s}$ (حوالیات، مطلق 2 atm و دمای 20°C نیاز دارد. سرعت مکش کمپرسور (میزا هوای ورودی کمپرسور در واحد زمان) را بر حسب m^3/s در دمای 20°C و فشار 1.1325 Pa که برای تأمین هوای این دستگاه استفاده می شود را می بینا شد.

$$V_2 = 10 \text{ m}^3/\text{s}, \quad T_2 = 273.16 + 20 = 293.16 \text{ K}$$

$$P_1 = 101325 \text{ N/m}^2, \quad P_2 = 2 \text{ atm} = 2 \times \frac{101325 \text{ N/m}^2}{\text{atm}} = 202650 \text{ N/m}^2$$

$$T_1 = 273.16 \text{ K} \quad V_1 = ?$$

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

$$P_1 = 202650 \text{ N/m}^2 \times \frac{10 \text{ m}^3/\text{s}}{293.16 \text{ K}} \times \frac{273.16 \text{ K}}{101325 \text{ N/m}^2} = 18.685 \text{ m}^3/\text{s}$$

مثال: مقدار هوای موجود در فضای خالی بالای سر یک تونل کهنه را وقتی خلأ در تونل ۱۰ in Hg و در ۲۰°C است می بیند. فشار اتمسفری ۳۰ in Hg و حجم فضای بالای تونل ۲۶.۴ cm³ است. این فضا شامل بخار آب اشباع و هوا است. فشار بخار آب اشباع در دمای ۲۰°C برابر ۲۳۳۶.۴ Pa است.

باقی بجهل بخار آب: دمای ۲۰°C فشار بخار برابر ۲۳۳۶.۴ Pa

$$P_t = P_{abs} = P_{atm} - P_{vac} = (30-10) \text{ in Hg} \times \frac{3386.38 \text{ Pa}}{1 \text{ in Hg}} = 67728 \text{ Pa}$$

$$P_t = P_a + P_v \rightarrow P_a = P_t - P_v$$

$$P_a = 67728 - 2336.6 \text{ Pa} = 65392.4 \text{ Pa}$$

$$V = 16.4 \text{ cm}^3 \times \frac{1 \text{ m}^3}{10^6 \text{ cm}^3} = 1.64 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \quad T = 20^\circ\text{C} + 273 = 293 \text{ K}$$

$$n_a = \frac{P_a V_t}{RT} = \frac{(65392.4 \text{ Pa})(1.64 \times 10^{-5} \text{ m}^3)}{8314 \text{ J/kmol} \cdot \text{K} \times 293 \text{ K}} = 4.4 \times 10^{-7} \text{ kmol}$$

$$m_a = n_a \times M_a = 4.4 \times 10^{-7} \text{ kmol} \times 29 \text{ kg/kmol} = 12.76 \times 10^{-6} \text{ kg}$$

معادله حالت واندرالس

در فک بالا رابطه -ر-ما-جم گاز از حالت ایده آل تبعیت نمیکنند و به عنوان گاز واقعی در نظر گرفته میگرد. معادله واندرالس از معروفترین معادلات برای توصیف حالت گاز واقعی است.

معادله واندرالس برای n مول گاز

$$\left(p + \frac{n^2 a}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$$

مقادیر ثابت a و b واندرالس برای گاز مختلف

گاز	a (Pa (m ³ /kg mol) ²)	b (m ³ /kg mol)
هوا	1.348×10^5	0.0366
CO ₂	3.648×10^5	0.0428
H ₂	0.248×10^5	0.0266
N ₂	1.365×10^5	0.0386
O ₂	1.378×10^5	0.0319
بخار آب	5.553×10^5	0.0306

مثال: دانسیته هوا در دما ۱۵°C و فشار ۱ atm با استفاده از معادله حالت گاز ایده آل و واندرالس محاسبه و مقایسه کنید؟