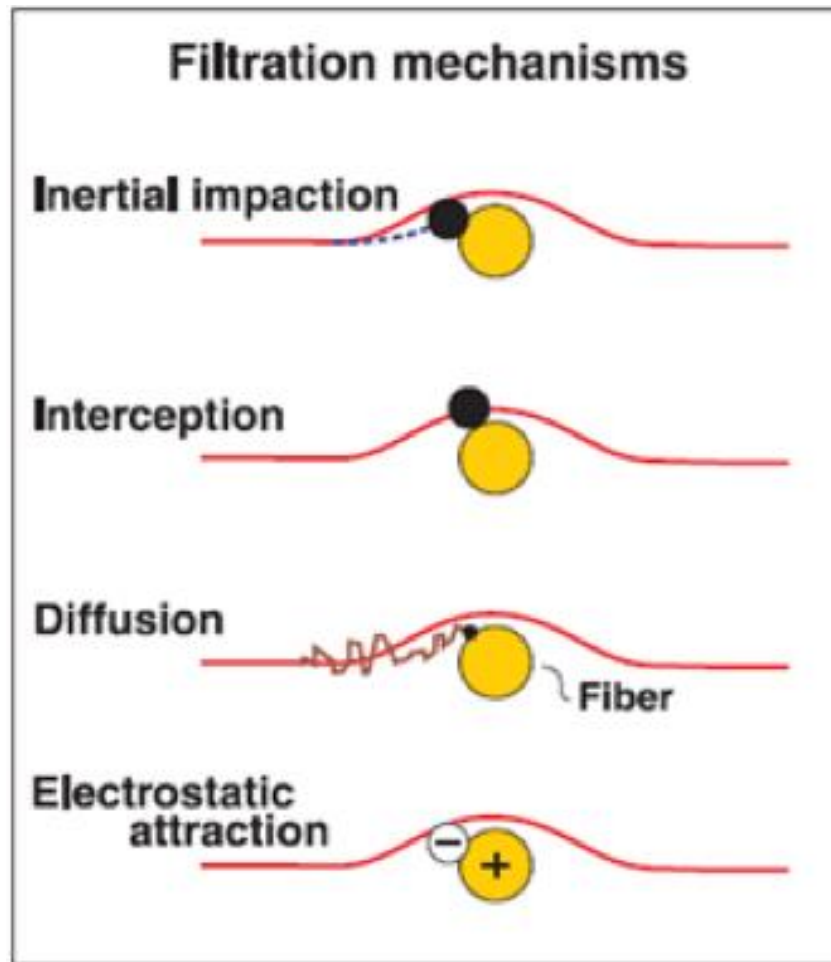


A serene sunset scene over a calm body of water. The sun is partially obscured by dark, dramatic clouds, creating a bright glow and a shimmering reflection on the water's surface. The overall color palette is dominated by deep blues, purples, and oranges.

به نام خدا

دینامیک گازها و آئروسول‌ها



کارشناسی پیوسته مهندسی بهداشت حرفه‌ای - ترم ۳

دانشگاه علوم پزشکی نیشابور

دانشکده بهداشت

مهدی جلالی

مربی و عضو هیئت علمی

دانشگاه علوم پزشکی نیشابور



Dust and Gas Technology-12 Session

ویژگی‌ها و قوانین گازها



ویژگی‌ها و قوانین گازها

۱- حجم و جرم



چگالی یا جرم حجمی

- چگالی یا جرم حجمی ρ یک ماده نسبت جرم به حجم آن است و بر حسب پوند بر فوت مکعب (lb/ft^3) و کیلوگرم بر مترمکعب (kg/m^3) و غیره بیان می گردد.
- برای جامدات چگالی را به راحتی می توان با قرار دادن جرم مشخصی از ماده در درون مایع و تعیین حجم مایع جابجاشده محاسبه کرد.
- برای مایعات، جرم حجمی را می توان با اندازه گیری جرم مشخصی از مایع درون فلاسک حجمی اندازه گیری کرد.
- برای گازها با استفاده از قانون گازهای ایده آل با داشتن فشار، درجه حرارت و وزن مولکولی یک گاز می توان چگالی آن را محاسبه نمود.
- از نظر ریاضی فرمول چگالی بصورت زیر می باشد:
- که در آن m جرم بر حسب پوند یا کیلوگرم و V حجم و بر حسب ft^3 یا m^3 می باشد.

$$\rho = \frac{m}{V}$$



ویژگی‌ها و قوانین

گازها

۲- قانون بویل



■ برای نخستین بار رابرت بویل در سال ۱۶۶۲، ارتباط کمی بین حجم و فشار نمونه‌ای از گاز را بصورتی ساده بیان کرد.

■ قانون بویل می‌گوید: در دمای ثابت، حجم جرم معینی از گاز با فشار مطلق نسبت عکس دارد.

■ یعنی ظرفی که تعداد ثابتی مولکول گاز در آن قرار دارد، در اثر کاهش حجم ظرف، مولکولهای گازی درون آن تعداد دفعات بیشتری در یکای زمان با دیواره‌های ظرف برخورد می‌کنند و باعث بالارفتن فشار می‌شوند.

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \text{ or } \text{حجم ثانویه} \times \text{فشار ثانویه} = \text{حجم اولیه} \times \text{فشار اولیه}$$

■ V_1 : حجم گاز در فشار P_1 و دمای T

■ V_2 : حجم گاز در فشار P_2 و دمای T

■ **مثال:** در دمای ثابت حجم یک نمونه گاز هیدروژن در اثر انبساط از ۵ لیتر به ۵۰ لیتر می‌رسد. در صورتی که

فشار اولیه گاز ۸ اتمسفر باشد، فشار نهایی گاز بر حسب اتمسفر چقدر است؟

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \Rightarrow 8 \times 5 = P_2 \times 50 \Rightarrow P_2 = 0.8 \text{ atm}$$



ویژگی‌ها و قوانین گازها

۳- قانون شارل



- قانون شارل یا قانون حجم‌ها، نخستین بار در سال ۱۷۸۷ به دست آمد.
- شارل دریافت که در فشار ثابت، حجم جرم مشخصی از گاز با دمای مطلق آن مستقیماً تغییر می‌کند.
- طبق قانون شارل، تغییرات حجم نمونه‌ای از گاز با دمای مطلق نسبت مستقیم دارد ولی این حجم با دمای سلسیوس نسبت مستقیم ندارد.
- یعنی اگر دمای مطلق را دو برابر کنیم، حجم گاز دو برابر می‌شود، حال آنکه اگر دمای سلسیوس دو برابر شود، حجم دو برابر نمی‌شود.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \text{ or } \frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} \text{ or } \frac{\text{حجم ثانویه}}{\text{حجم اولیه}} = \frac{\text{دمای ثانویه}}{\text{دمای اولیه}}$$

- **مثال:** دمای یک نمونه گاز در فشار ثابت با حرارت دادن از ۲۵ درجه سانتیگراد به ۵۰ درجه سانتیگراد می‌رسد. در اثر این کار حجم گاز چند برابر می‌شود؟

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow \frac{50 + 273}{25 + 273} = \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = 1.084$$

بنابراین حجم 1.084 برابر می‌شود.



ویژگی‌ها و قوانین گازها

۴- قانون آمتون



- قانون آمتون بیان می‌کند که فشار یک نمونه گاز در حجم ثابت با دمای مطلق گاز رابطه‌ی مستقیم دارد:
- بعبارتی بیان می‌کند که در حجم ثابت، فشار گاز محبوس در ظرف با افزایش دما، افزایش می‌یابد.
- رابطه ریاضی این قانون را می‌توان بصورت زیر ارائه نمود:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \quad or \quad \frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1} \quad or \quad \frac{\text{فشار ثانویه}}{\text{فشار اولیه}} = \frac{\text{دمای ثانویه}}{\text{دمای اولیه}}$$

- **مثال:** یک نمونه گاز در یک ظرف با حجم ثابت در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد فشاری برابر با ۱ اتمسفر دارد. در اثر حرارت دما و فشار ظرف بالا می‌رود. در صورتی که فشار نهایی گاز ۱/۲ اتمسفر باشد، دمای نهایی گاز چند درجه سانتیگراد است؟

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{1.2}{1} = \frac{T_2}{(25 + 273)} \Rightarrow T_2 = 357.6 \text{ K} = 84.6 \text{ } ^\circ\text{C}$$



ویژگی‌ها و قوانین گازها

۵- قانون گاز ایده آل



- قانون عمومی گازهای کامل از تجربیات اثر فشار و دما بر حجم گاز در محدوده فشار و دمای عادی بدست آمده است.
- قوانین اولیه‌ای که از ترکیب آنها قانون گاز کامل بدست آمد، قانون بویل و شارل بودند.
- این قوانین را می‌توان در یک معادله و بصورت زیر در هم ادغام کرد:

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

- در دما و فشار ثابت حجم یک گاز با تعداد مول‌های آن نسبت مستقیم دارد. بطوریکه حجم یک مول گاز نصف حجم اشغال شده توسط ۲ مول گاز می‌باشد، بنابراین قانون و قوانین بویل و شارل می‌توان گفت که:

$$V \propto \left(\frac{1}{P}\right)(T)(n)$$



قانون عمومی گازها

- با استفاده از یک عدد ثابت می توان تناسب را به تساوی تبدیل کرد:

$$V = R\left(\frac{1}{P}\right)(T)(n)$$

- که از آن نتیجه می شود:

$$PV = nRT$$

- که در آن R ثابت عمومی گازها می باشد.
- این معادله قانون گازهای کامل (قانون عمومی گازهای کامل) نامیده می شود.
- مقدار عددی R به واحدهای مورد استفاده در P ، V ، T و n بستگی دارد (جدول اسلاید بعد)



Values of R in Various Units

R	Temperature Scale	Units of V	Units of n	Units of P
10.73	$^{\circ}\text{R}$	ft^3	lbmol	psia
0.7302	$^{\circ}\text{R}$	ft^3	lbmol	atm
21.85	$^{\circ}\text{R}$	ft^3	lbmol	in Hg
555.0	$^{\circ}\text{R}$	ft^3	lbmol	m Hg
297.0	$^{\circ}\text{R}$	ft^3	lbmol	$\text{in H}_2\text{O}$
0.7398	$^{\circ}\text{R}$	ft^3	lbmol	bar
1545.0	$^{\circ}\text{R}$	ft^3	lbmol	psfa
62.361	K	L	gmol	mm Hg
0.08205	K	L	gmol	atm
0.08314	K	L	gmol	bar
8314	K	L	gmol	Pa
8.314	K	m^3	gmol	Pa
82.057	K	cm^3	gmol	atm



قانون عمومی گازها

■ در شرایط دما و فشار استاندارد (STP):

■ فشار برابر با ۱ اتمسفر، دما برابر با ۲۷۳/۱۵ درجه کلوین، حجم یک مول از گاز برابر با ۲۲/۴۱۳۶ لیتر می‌باشد.

$$\frac{PV}{nT} = R$$

■ در نتیجه با قرار دادن این داده‌ها برای محاسبه R خواهیم داشت:

$$R = \frac{(1\text{atm})(22.4136\text{lit})}{(1\text{mol})(273.15^\circ\text{k})} = 0.082056 \frac{\text{l.atm}}{\text{k.mol}}$$

■ هنگام استفاده از این مقدار R، حجم باید بر حسب لیتر، فشار بر حسب اتمسفر و دما بر حسب کلوین بیان شود.

■ مقدار R با سایر واحدها به شرح زیر است:

$$R = 62.36 \frac{(\text{litre})(\text{mmHg})}{(^{\circ}\text{k})(\text{mole})}$$

$$R = 1.631 \frac{(\text{ft}^3)(\text{millibars})}{(^{\circ}\text{R})(\text{mole})}$$



قانون عمومی گازها

- تعداد مول‌های هر گاز در نمونه‌ی n برابر جرم نمونه‌ی m تقسیم بر وزن مولکولی گاز است.

$$n = \frac{m}{MW}$$

- با قراردادن این رابطه در معادله گاز ایده‌آل خواهیم داشت:

$$PV = nRT$$

$$PV = \left(\frac{m}{MW}\right)RT$$

- اگر بجای V از غلظت حجمی (C_{vol}) در فرمول بالا استفاده نماییم خواهیم داشت:

$$C_{vol} = \frac{RT}{P(MW)} \times m \rightarrow m = \frac{P(MW)}{RT} \times C_{vol}$$

- که در آن C غلظت حجمی و بر حسب ppm، m غلظت جرمی آلاینده بر حسب میلی‌گرم در مترمکعب، T دمای مطلق بر حسب درجه کلوین، p فشار بارومتریک بر حسب mmHg و R ثابت عمومی گازها می‌باشد.

- با استفاده از این فرمول مسائل زیادی در رابطه با آلودگی هوا قابل حل می‌باشد.



■ یکی از کاربردهای مهم این فرمول تبدیل غلظت یک آلاینده از ppm به mg/m^3 و بر عکس می باشد.

■ برای این منظور از روابط زیر استفاده می شود:

■ برای تبدیل غلظت از mg/m^3 به ppm خواهیم داشت:

$$C_{\text{vol}} (\text{ppm}) = \frac{m (\text{mg} / \text{m}^3) \times (24.45)}{MW (\text{g} / \text{mol})}$$

■ برای تبدیل غلظت از ppm به mg/m^3 خواهیم داشت:

$$m (\text{mg} / \text{m}^3) = \frac{C_{\text{vol}} (\text{ppm}) \times MW (\text{g} / \text{mol})}{24.45}$$

■ اگر محاسبه غلظت در شرایط استاندارد دما و فشار (STP) خواسته شد عدد ثابت معادله بجای 24.45 برابر با 22.41 می باشد.



□ مثال ۱

- گلوترآلدئید از ترکیب‌هایی است که در بخش استریلیزاسیون بیمارستان استفاده می‌شود. حد استاندارد این ترکیب در کشور آلمان 0.8 mg/m^3 است. در صورتی که وزن مولکولی این ترکیب $100/12$ باشد غلظت را بر حسب قسمت در میلیون (ppm) محاسبه نمایید.

□ مثال ۲

- حد استاندارد مواجهه‌ی هشت ساعته‌ی توصیه شده برای تتراهیدروفوران 590 mg/m^3 است. مقدار این ترکیب را در شرایط استاندارد STP محاسبه نمایید (وزن مولکولی تتراهیدروفوران $72/11$ است).



□ مثال ۳

- مقدار غلظت حجمی اکسید نیتریک در داخل هواپیمایی که در ارتفاع ۱۰۰۰۰ فوت و در شرایط دمایی ۱۸ درجه سانتیگراد قرار دارد و مقدار غلظت وزنی آن 30 mg/m^3 است را تعیین نمایید (فشار هوا ۰/۷ اتمسفر، ثابت $R = 0.0821$ و وزن مولکولی اکسید نیتریک ۳۰ است)

□ مثال ۴

- غلظت حجمی دی اکسید کربن در سطح زمین 350 ppm است. این غلظت تا ارتفاع ۲۰۰۰۰ فوتی در همین حدود است. غلظت دی اکسید کربن را در شهر نیشابور در فصل تابستان و شرایطی که فشار mmHg ۶۲۶ و دما ۳۲ درجه سانتیگراد تا ارتفاع یک مایلی است، محاسبه نمایید. وزن مولکولی دی اکسید کربن $44/01$ و ثابت عمومی گازها $62/36$ می باشد.





خسته نباشید

با آرزوی موفقیت

jalalim1@nums.ac.ir