

آزمایش شماره ۱۱: بررسی قوانین گازهای کامل

هدف آزمایش: بررسی قانون بویل - ماریوت، قانون آمونتون و محاسبه تعداد مول گاز

تئوری آزمایش:

بطور کلی یک سیستم ترمودینامیکی بر حسب مختصات ترمودینامیکی آن توصیف می شود. منظور از مختصات ترمودینامیکی یک سیستم آن دسته از کمیت های ماکروسکوپی هستند (مانند P ، V و T) که با حالت درونی سیستم (مانند انرژی درونی و ...) در ارتباطند. از مهم ترین اهداف ترمودینامیک پیدا کردن روابط کلی میان این مختصات است که با قوانین بنیادی ترمودینامیک سازگار باشد. یکی از این روابط، رابطه میان P ، V و T در گازها می باشد (که از سیستم های مهم ترمودینامیکی به حساب می آیند) و به معادله حالت شهرت دارد. معادله حالت یک گاز در واقع بیان کننده این واقعیت است که سه مختصه ترمودینامیکی P ، V و T بطور کامل، از هم مستقل نبوده و نمی توانند همزمان هر سه بطور دلخواه انتخاب شوند، این مطلب به این معنی است که با انتخاب دلخواه دو پارامتر از آن ها پارامتر سوم خود به خود بواسطه طبیعت انتخاب می گردد. بسته به جنس و ویژگی های گاز انتخاب شده، هر سیستم ترمودینامیکی دارای معادله حالت ویژه خود می باشد. چنانچه گاز انتخاب شده گاز کامل باشد (گازی را کامل گویند که ذرات آن را بتوان مانند نقاط مادی بدون حجم ذاتی و بی اثر بر یکدیگر در نظر گرفت) معادله حالت سیستم شکلی ساده پیدا کرده و بصورت زیر در می آید:

$$PV = nRT \quad (1)$$

که در این معادله n تعداد مول گاز موجود در سیستم و R ثابت عمومی گازها است ($R=8.314472 \text{ J/K.mol}$). این رابطه نشان می دهد که با ثابت نگه داشتن P و V با یکدیگر رابطه معکوس دارند، یعنی با افزایش فشار، حجم گاز کاهش می یابد و برعکس. این موضوع پایه قانون بویل ماریوت می باشد که در آن داریم:

$$T = cte \rightarrow P \propto \frac{1}{V} \rightarrow PV = cte$$

از طرف دیگر می توان در رابطه (۱) با ثابت نگه داشتن حجم گاز به این نتیجه رسید که P با T متناسب است. (قانون آمونتون):

$$V = cte \rightarrow P \propto T \rightarrow \frac{P}{T} = cte$$

هدف ما در این آزمایش بررسی این دو قانون است:

شرح دستگاه:

همانطور که در شکل دیده می شود، دستگاه تشکیل شده از یک لوله شیشه ای U شکل که شاخه سمت چپ آن

مسدود است و شاخه سمت راست آن باز بوده و با هوای محیط در ارتباط می باشد. در قسمت بالای لوله سمت چپ مقداری هوا بوسیله ستونی از جیوه (که بقیه لوله U شکل را فرا گرفته است) محبوس شده و نقش همان سیستم ترمودینامیکی مورد بررسی را بازی می کند. برای کنترل دمای سیستم، محفظه گاز توسط محفظه دیگری احاطه شده است. که دارای دو مجرای ورودی و خروجی بوده و بوسیله یک پمپ، آب در درون آن جریان می یابد. وجود آب در اطراف محفظه گاز باعث می شود که با تغییر حجم گاز و سرد و گرم شدن های جزئی آن، محفظه گاز مقدار گرمایی لازم برای رسیدن به دمای اولیه را با آب مبادله کرده و دمای ابتدایی خود را باز یابد. همچنین آب بدلیل ظرفیت گرمایی ویژه بالایی که دارد با گرفتن و دادن مقدار گرمایی ناچیز به این شکل، تغییر محسوس دمای نداشته و در صورت ثابت بودن دیگر پارامترهای محیطی همچنان در دمای ثابت ابتدایی خود باقی خواهند ماند. با قراردادن یک گرم کننده قابل تنظیم از جنس مقاومت الکتریکی در مخزن آب، می توان دمای آب را بر روی هر دمای دلخواهی تنظیم نمود. (کاربرد این وسیله هنگامی است که بخواهیم دمای گاز درون محفظه را تغییر دهیم). به کمک دماسنجی که انتهای آن در درون لوله آب قرار دارد می توان دمای سیستم را در هر زمانی مشخص نمود. در فضای میانی دو بازوی لوله U شکل نیز خط کشی قرار دارد که بوسیله آن بتوان اختلاف ارتفاع دو ستون جیوه واقع در دو طرف لوله را تعیین کرد. این اختلاف نشان دهنده اختلاف فشاری است که میان سطح جیوه در دو شاخه لوله وجود دارد، بطوریکه می توان نوشت:

$$P = P_0 \pm \rho gh$$

که در آن داریم:

اختلاف ارتفاع سطح دو ستون جیوه h

فشار هوای محیط آزمایشگاه P_0

فشار سطح جیوه سمت چپ که همان فشار گاز P

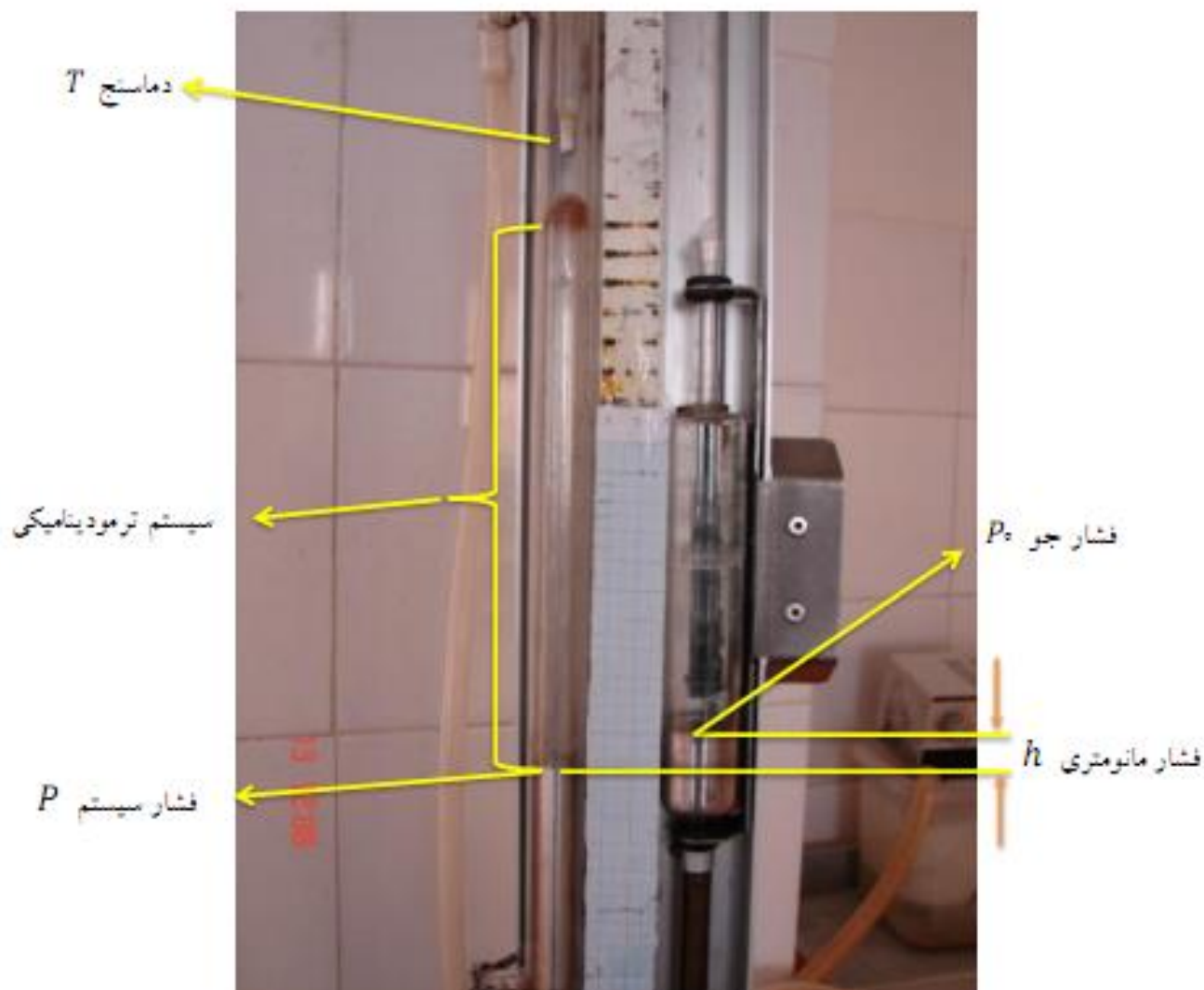
چگالی حجمی جیوه ρ

درون لوله سمت چپ می باشد.

یادآوری ۱: در رابطه بالا علامت منفی (مثبت) برای حالتی است که ستون سمت چپ بالاتر (پایین تر) از ستون سمت راست باشد.

یادآوری ۲: چنانچه فشار را بر حسب ارتفاع ستون جیوه نمایش دهیم در این صورت رابطه بالا بصورت زیر در می آید که در آن P_0 فشار هوای درون آزمایشگاه به سانتی متر جیوه، P فشار هوای گاز درون لوله سمت چپ به سانتی متر جیوه و h اختلاف ارتفاع دو سطح جیوه به سانتی متر می باشد.

$$P = P_0 \pm h$$



الف - بررسی قانون بویل - ماریوت (رابطه میان فشار و حجم یک گاز در دمای ثابت)

روش انجام آزمایش:

ابتداء دستگاه تنظیم دما را روشن می کنیم. با روشن شدن دستگاه پمپ آب بکار افتاده آب درون مخزن در اطراف سیستم ترمودینامیکی به گردش درمی آید. به محض روش کردن دستگاه، صفحه نمایش آن دمای آب درون مخزن را نشان خواهد داد. چند دقیقه صبر کنید تا دمای نشان داده شده توسط دستگاه با دمایی که از روی دماسنج بالای

[illegible]

خواسته‌های آزمایش:

- **خطای دیفرانسیلی dK** را برای یک حالت محاسبه نمایید و بر اساس آن مقادیر ثبت شده در جدول را اصلاح نموده با ارقام بامعنی درست در ستون مربوطه درج کنید.
- با توجه به خطای دیفرانسیلی که در مرحله قبل محاسبه کردید، توضیح دهید بیشترین اختلاف مجاز بین هر دو داده دلخواه از اعداد بدست آمده برای K چقدر است؟
- نمودار تغییرات h را بر حسب $1/V$ در کاغذ میلی‌متری رسم کرده معادله خط را بدست آورید و از روی آن تعداد مول گاز را حساب کنید. همین کار را در نرم افزار *Excel* انجام دهید و نتایج را مقایسه نمایید. برای آنکه K را در سیستم SI بدست آورید باید مقدار آن را بر عدد ۷۶۰ تقسیم نمایید.
- **مقدار میانگین $\bar{K}$** را حساب کنید و **خطای استاندارد آن (σ_M)** را نیز بدست آورید.
- از روی مقدار متوسط بدست آمده برای K ، تعداد مول گاز (n) را حساب کنید.
- **خطای دیفرانسیلی dn** را با در دست داشتن خطای dK که در مرحله اول بدست آوردید محاسبه کنید.

ب- قانون آمونتون (بررسی رابطه فشار و دمای گاز در حجم ثابت)

روش انجام آزمایش:

مجدداً مخزن سمت راست را آنقدر جابجا کنید تا سطح جیوه در هر دو طرف با هم برابر شود. حجم گاز را یادداشت کنید. (V_0) دمای سیستم θ_0 را از روی صفحه دستگاه بخوانید. دمای گاز را برحسب کلوین محاسبه کنید.

$$T = 273.15 + \theta$$

T مقادیر بدست آمده را در جدول ثبت و مقدار $K' = P/T$ را بدست آورید.

حال دمای آب داخل مخزن سیرکولاتور را تا 4°C درجه بالا ببرید. چند دقیقه صبر کنید تا دمای سیستم نیز برابر با دمای جدید شود. در این حالت بدلیل گرم شدن گاز، حجم آن افزایش پیدا می‌کند و سطح جیوه در لوله سمت چپ پایین و در لوله سمت راست بالا خواهد رفت. لوله سمت راست را آنقدر بالا ببرید تا سطح جیوه در لوله سمت چپ به جای اولیه خود بازگردد و حجم سیستم برابر با حجم اولیه یعنی V_0 شود. اکنون اختلاف سطح جیوه در دو طرف را با خط کش اندازه بگیرید (h) و فشار گاز $P = P_0 + h$ را بدست آورید. سپس دمای θ را از روی دستگاه بخوانید، دمای مطلق T را بدست آورید و در جدول ثبت کنید. مجدداً مراحل بالا را تکرار کنید و داده های خود را در جدول شماره (۲) درج نمایید.

نتایج:

جدول شماره (۲)

θ °C	h Cm	T K	$P = P_0 \pm h \text{ CmHg}$	$K = P/T$	مقادیر اصلاح شده K

خواسته‌های آزمایش:

- خطای دیفرانسیلی را برای یکی از K های جدول بالا محاسبه نمائید. تا دقت اندازه‌گیری این کمیت معلوم گردد. سپس مقادیر اصلاح شده K را در ستون مربوطه درج کنید.
- مقدار میانگین $\bar{K}$ را حساب کنید و خطای استاندارد آن (σ_M) را نیز بدست آورید.
- از روی مقدار متوسط بدست آمده برای K ، تعداد مول گاز ($\bar{n}$) را حساب کنید.
- خطای استاندارد $\sigma_{\bar{n}}$ را برای مقدار مول گاز بدست آورید.