

اندازه‌گیری جرم ویژه^۱، چگالی نسبی^۲ و درجه‌ی ای.پی. آی^۳ ترکیبات نفتی به کمک هیدرومتر^۴

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که بتواند:

- ۱- جرم ویژه، چگالی نسبی و درجه‌ی ای.پی. آی را تعریف کرده، ارتباط آن‌ها را بیان کند.
- ۲- جرم ویژه، چگالی نسبی و درجه‌ی ای.پی. آی مایعات نفتی را اندازه‌گیری کند.

۱-۳- مقدمه

طبق تعریف، جرم واحد حجم جسم را جرم ویژه یا دانسیته می‌گویند. جرم ویژه تابع دماست، یعنی با تغییرات دما مقدار آن تغییر می‌کند، بنابراین به هنگام اندازه‌گیری جرم ویژه حتماً باید دمای نمونه‌ی مورد آزمایش گزارش شود. معمولاً جرم ویژه‌ی ترکیبات نفتی را در دمای ۶۰ F (۱۵/۵ C) اندازه‌گیری می‌کنند. رابطه‌ی زیر تعریف جرم ویژه را (با علامت‌های اختصاری) نشان می‌دهد.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (3-1)$$

ρ = جرم ویژه

m = جرم

V = حجم

بعضی از مهم‌ترین واحدهایی که برای بیان جرم ویژه به کار می‌روند عبارتند از kg/m^3 ، gr/cm^3 ، kg/L و lb/ft^3 . چگالی نسبی کمیتی است بدون بُعد و برابر است با نسبت جرم ویژه‌ی ماده‌ی موردنظر به جرم ویژه‌ی یک ماده‌ی مرجع در دمای معین. برای مایعات معمولاً آب را به‌عنوان ماده‌ی مرجع انتخاب می‌کنند. در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی چگالی نسبی را «نسبت جرم ویژه‌ی ترکیب موردنظر در دمای ۶۰ F به جرم ویژه‌ی آب در دمای ۶۰ F» تعریف می‌کنند. رابطه‌ی زیر این تعریف را (با علامت‌های اختصاری) نشان می‌دهد:

$$\text{sp gr } 60/60 \text{ F} = \frac{\rho_{(60 \text{ F})}}{\rho_{\text{H}_2\text{O}(60 \text{ F})}} \quad (3-2)$$

چگالی نسبی ترکیب نفتی مورد نظر بر مبنای دمای ۶۰ F

$\rho_{(60 \text{ F})}$ = جرم ویژه‌ی ترکیب نفتی موردنظر در دمای ۶۰ F

$\rho_{\text{H}_2\text{O}(60 \text{ F})}$ = جرم ویژه‌ی آب (ماده‌ی مرجع) در دمای ۶۰ F

۱ - Density

۲ - Specific Gravity

۳ - API (American Petroleum Institute)

۴ - Hydrometer

درجه‌ی ای.پی. آی کمیته است که فقط در مورد ترکیبات نفتی به کار می‌رود و رابطه‌ی آن با چگالی نسبی چنین تعریف می‌شود :

$$API = \frac{141.5}{spgr_{60/60} F} - 131.5 \quad (3-3)$$

در مورد ترکیبات نفتی، استفاده از درجه‌ی ای.پی. آی بسیار متداول است و بیش‌تر از جرم ویژه و چگالی نسبی کاربرد دارد. سؤال ۱: در یک کتاب، چگالی نسبی HCN چنین گزارش شده است :

$$spgr_{10/4} C = 1/2675$$

مقصود چیست؟ اگر جرم ویژه‌ی آب در ۴ C برابر 1 gr/cm^3 باشد، جرم ویژه‌ی HCN را در ۱۰ C بدست آورید. جواب: رابطه‌ی فوق بیان می‌کند که نسبت جرم ویژه‌ی HCN در ۱۰ C به جرم ویژه‌ی آب در ۴ C برابر $1/2675$ می‌باشد، یعنی :

$$spgr_{10/4} C = \frac{\rho_{HCN(10C)}}{\rho_{H_2O(4C)}}$$

$$1/2675 = \frac{\rho_{HCN(10C)}}{1}$$

$$\rho_{HCN(10C)} = 1/2675 \text{ gr/cm}^3$$

تمرین ۱- اگر جرم ویژه‌ی یک محصول نفتی در دمای ۶۰ F برابر $59/24 \text{ lb/ft}^3$ باشد، چگالی نسبی ۶۰/۶۰ F و درجه‌ی ای.پی. آی این محصول را محاسبه کنید. جرم ویژه‌ی آب در دمای ۶۰ F برابر $62/36 \text{ lb/ft}^3$ می‌باشد.

۳-۲- وسایل مورد نیاز

شکل ۳-۱ تجهیزات مورد نیاز برای اندازه‌گیری جرم ویژه، چگالی نسبی و درجه‌ی ای.پی. آی را نشان می‌دهد که شامل قسمت‌های زیر است :

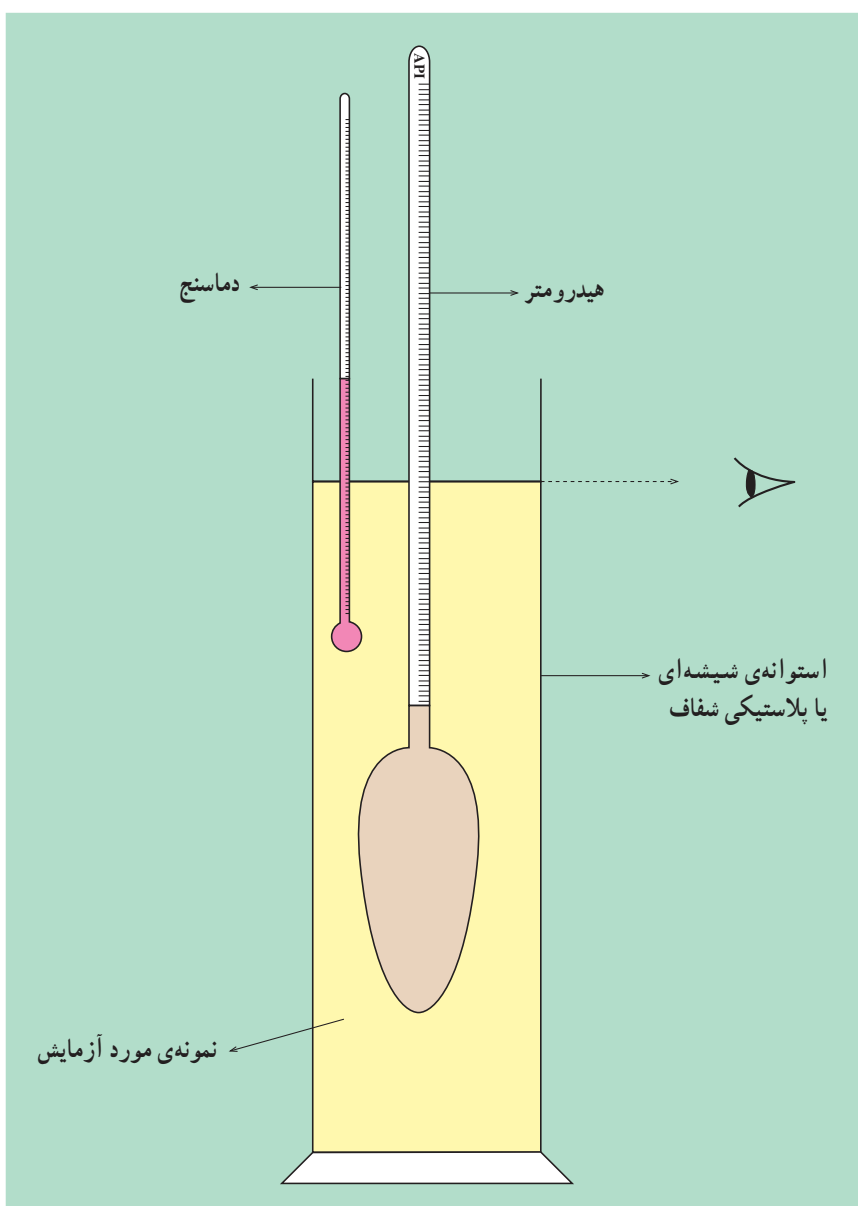
- هیدرومتر مناسب که برحسب جرم ویژه، چگالی نسبی یا درجه‌ی ای.پی. آی مدرج شده باشد. هیدرومترها وسایل شیشه‌ای با جرم و حجم استاندارد هستند که برحسب نوع نمونه، باید به‌گونه‌ای انتخاب شوند که در داخل مایع موردنظر غوطه‌ور شوند. مقدار نفوذ هیدرومتر در داخل مایع، نشان‌دهنده‌ی جرم ویژه‌ی مایع است. اگر هیدرومتر آنقدر سنگین باشد که در کف نمونه بنشیند یا آنقدر سبک باشد که وارد نمونه نشده و بر روی آن شناور شود، مناسب مایع مورد آزمایش نیست.

بسیاری از هیدرومترها، هم برحسب API و هم برحسب چگالی نسبی مدرج شده‌اند. البته همان‌طور که در مقدمه بیان شد، با اندازه‌گیری یکی از کمیت‌های جرم ویژه، چگالی نسبی یا API، می‌توان دو کمیت دیگر را نیز محاسبه نمود.

- حمام گرمایش و سرمایش جهت ثابت نگه داشتن دمای نمونه در محدوده‌ی دمایی C تا ۱۰۰ C. در صورتی که حمام با محدوده‌ی دمایی ذکر شده موجود نباشد حمام ۶۰ F (۱۵/۵ C) ترجیح داده می‌شود زیرا برای ترکیبات نفتی چگالی نسبی و API در ۶۰ F اندازه‌گیری و گزارش می‌شوند. ضمناً ابعاد حمام باید به اندازه‌ای باشد که استوانه‌ی حاوی نمونه در آن جای گیرد.

- دماسنج جهت اندازه‌گیری دمای نمونه با محدوده‌ی دمایی مناسب (C ۱۰- تا C ۱۲۰ مناسب است). استوانه‌ی شیشه‌ای یا پلاستیکی شفاف جهت ریختن نمونه و قرار دادن هیدرومتر در آن. قطر داخلی این استوانه باید حداقل ۲/۵ سانتی‌متر از قطر هیدرومتر بزرگ‌تر باشد و ارتفاع آن باید به اندازه‌ای باشد که هنگام غوطه‌ور شدن هیدرومتر در آن

فاصله‌ی میان انتهای هیدرومتر تا کف استوانه حداقل ۲/۵ سانتی‌متر باشد.



شکل ۳-۱- چگونگی اندازه‌گیری جرم ویژه، چگالی نسبی و درجه‌ی ا. پی. آی توسط هیدرومتر

۳-۳- روش کار

لازم است نمونه، استوانه، دماسنج و هیدرومتر به دمای مورد نظر برسند. برای رسیدن به این وضعیت ابتدا نمونه را داخل استوانه ریخته، هیدرومتر را در داخل آن قرار دهید و مجموع آن‌ها را در داخل حمام بگذارید. بعد از آن که نمونه به دمای مورد نظر رسید (مثلاً $60^{\circ}F$) اگر امکان دارد، درجه‌ی هیدرومتر را در همان داخل حمام بخوانید، در غیر این صورت استوانه را (که نمونه و هیدرومتر داخل آن قرار دارد) از حمام خارج کرده بر روی سطح صاف و افقی قرار داده و درجه‌ی هیدرومتر را یادداشت کنید. بسته به نحوه‌ی درجه‌بندی هیدرومتر، این عدد می‌تواند درجه‌ی ا. پی. آی یا چگالی نسبی یا جرم ویژه باشد.

۳-۴- روش‌های دیگر اندازه‌گیری جرم ویژه

یکی دیگر از روش‌های اندازه‌گیری جرم ویژه مایعات، از جمله ترکیبات نفتی، استفاده از ظروف شیشه‌ای مخصوص به نام پیکنومتر^۱ می‌باشد. شکل ۳-۲ سه نوع پیکنومتر را نشان می‌دهد. گنجایش همه‌ی انواع پیکنومترها دقیقاً مشخص شده و بر روی آن‌ها نوشته شده است. با اندازه‌گیری وزن^۲ پیکنومتر در دو حالت پُر و خالی و به کمک روابط زیر، جرم ویژه مایع موردنظر به دست می‌آید.

$T =$ دمای نمونه (C)

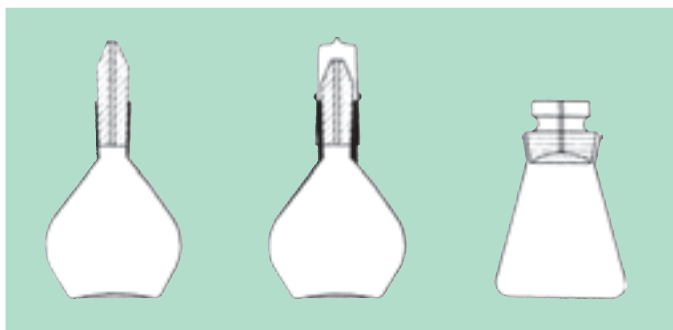
وزن پیکنومتر خالی - وزن پیکنومتر پُر = (gr) وزن نمونه m

گنجایش پیکنومتر (cm^3) حجم نمونه V

طبق رابطه‌ی ۳-۱ جرم ویژه بدست می‌آید.

$$\rho_{(T,C)} = \frac{m}{V} \text{ gr/cm}^3 \quad (3-1)$$

به کمک روابط ۳-۲ و ۳-۳ می‌توان چگالی نسبی و درجه‌ی ای.پی.آی را بدست آورد.



شکل ۳-۲- سه نوع پیکنومتر

نکات مهم:

- ۱- در صورتی که در کارگاه پیکنومتر موجود نباشد، می‌توان از یک استوانه‌ی مدرج به گنجایش 10° یا 5 سانتی‌متر مکعب استفاده کرد. بدیهی است استفاده از استوانه‌ی مدرج به جای پیکنومتر از دقت آزمایش می‌کاهد.
- ۲- در صورتی که حمام سرمایش یا گرمایش در کارگاه موجود نباشد، می‌توان از یخچال‌های معمولی یا وسایل حرارتی ساده نظیر چراغ الکلی و کاسه‌ی آب استفاده کرد و حمام‌های ساده ساخت. اولویت اول به هنگام کار با مواد نفتی، رعایت نکات ایمنی است. توجه داشته باشید که قرار دادن مواد نفتی سبک نظیر بنزین و نفتا، حتی به مقدار کم، در داخل یخچال ممکن است باعث انفجار شود، زیرا بخارات این مواد در فضای یخچال پخش شده و بر اثر جرقه‌هایی که به هنگام روشن یا خاموش شدن موتور آن پدید می‌آید، منفجر می‌گردد. ساده‌ترین حالت آن است که اندازه‌گیری جرم ویژه، چگالی نسبی و درجه‌ی ای.پی.آی در دمای اتاق انجام شود.

فعالیت ۱: منحنی تغییرات جرم ویژه و چگالی نسبی یک نمونه از محصولات نفتی نظیر روغن موتور یا گازوئیل را برحسب دما رسم کنید. برای رسم این منحنی‌ها حداقل از 5 نقطه استفاده کنید. پیشنهاد می‌شود قبل از رسم منحنی جدول ۳-۱ را تکمیل

۱ - Pycnometer

۲- دقت این آزمایش به دقت ترازوی مورد استفاده بستگی دارد.

کنید. ضمناً (F 60/60) API را محاسبه کنید.

فعالیت ۲: می‌دانید با تغییر غلظت مخلوط، جرم ویژه و چگالی نسبی آن تغییر می‌کند. در یک دمای معین، نسبت‌های مختلف از آب و الکل تهیه کرده و جرم ویژه آن‌ها را اندازه‌گیری کنید. سپس چگالی نسبی را در هر مورد بدست آورید. ماده‌ی مرجع را آب در دمای F 60 (C 15/5) در نظر بگیرید. منحنی تغییرات جرم ویژه و چگالی نسبی مخلوط را برحسب درصد وزنی الکل رسم کنید. پیشنهاد می‌شود قبل از رسم منحنی جدول ۲-۳ را تکمیل کنید.

تذکر مهم: کلیه‌ی عملیاتی که بر روی ترکیبات نفتی سبک و فرّار نظیر بنزین، نفتا و نظایر آن‌ها در نظر می‌گیرید باید در زیر هواکش انجام شود تا از پخش شدن بخارات آن‌ها در فضای آزمایشگاه جلوگیری شود.

جدول ۱-۳- تغییرات جرم ویژه و چگالی نسبی نسبت به دما

T(C)	$\rho_{(gr/cm^3)}$	sp gr T/15/5 C
0
15/5(60 F)
30
45
60
75
90

نام ماده:

نام و سیله‌ی اندازه‌گیری:

جدول ۲-۳- تغییرات جرم ویژه و چگالی نسبی نسبت به کسر وزنی الکل (مربوط به فعالیت ۲)

T = دمای نمونه‌ها (C) =

کسر وزنی الکل	$\rho(T)$	sp gr T/15/5 C
0
0/2
0/4
0/6
0/8
1

نام و سیله‌ی اندازه‌گیری

مثال‌های عددی: چگالی نسبی $\frac{60}{60} F$ بنزین معمولی حداکثر 0/82 و گازوییل حدود 0/82 تا 0/86 می‌باشد. چگالی

نسبی $\frac{25}{25} C$ قیر، بسته به نوع آن حدود 0/99 تا 1/06 است.

اندازه‌گیری نقطه‌ی اشتعال^۱ و نقطه‌ی احتراق^۲ محصولات نفتی

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که بتواند:

- ۱- نقطه‌ی اشتعال و نقطه‌ی احتراق را تعریف کند و اهمیت آن‌ها را شرح دهد.
- ۲- نحوه‌ی اندازه‌گیری نقطه‌ی اشتعال و نقطه‌ی احتراق محصولات نفتی را بیان کند.

۱-۴- مقدمه

در فشار ۷۶۰ mmHg، نقطه‌ی اشتعال پایین‌ترین دمایی است که در آن دما اگر شعله‌ای را روی سطح نمونه عبور دهیم، بخارات سطح آن مشتعل شده و آن‌ا خاموش می‌شود. (در اصطلاح می‌گویند جرقه یا فلاش^۳ می‌زند). نقطه‌ی احتراق بزرگ‌تر از نقطه‌ی اشتعال است و پایین‌ترین دمایی است که در آن دما، بخارات سطح نمونه مشتعل شده و خاموش نشود. (در عمل اگر برای ۵ ثانیه شعله‌ها ادامه یابد کافی است.)

نقطه‌ی اشتعال یکی از مهم‌ترین مشخصه‌های ترکیبات نفتی است که نشان می‌دهد:

اولاً: آیا مقدار ترکیبات سبک در یک محصول نفتی در حد مجاز هست یا خیر. اگر نقطه‌ی اشتعال یک سوخت کم‌تر از حد معمول باشد، ترکیبات سبک در آن بیش‌تر از حد متعارف بوده، و اگر نقطه‌ی اشتعال بیش‌تر از حد معمول باشد، ترکیبات سبک در آن کم‌تر از حد استاندارد می‌باشد. در هر دو حالت این موضوع نشان دهنده‌ی وجود مشکل در عملیات پالایش است.

ثانیاً: به هنگام کاربرد یک فرآورده‌ی نفتی تا چه دمایی می‌تواند حرارت ببیند بدون آن که خطری ایجاد شود. این موضوع در حمل و نقل، ذخیره و مصرف بدون خطر فرآورده‌های نفتی نقش مهمی دارد.

۲-۴- وسایل مورد نیاز

به منظور اندازه‌گیری نقطه‌ی اشتعال، بسته به نوع ماده‌ی نفتی، دستگاه‌های مختلفی وجود دارد. به‌طور کلی برای ترکیبات سبک، نمونه در یک ظرف سر بسته^۴ و برای ترکیبات سنگین‌تر در یک ظرف سرباز^۵ حرارت داده می‌شود. جدول ۴-۱، نام بعضی از انواع دستگاه‌های اندازه‌گیری نقطه‌ی اشتعال و محدوده‌ی کاربرد هر یک را نشان می‌دهد.

۱ - Flash point

۲ - Fire point

۳ - Flash

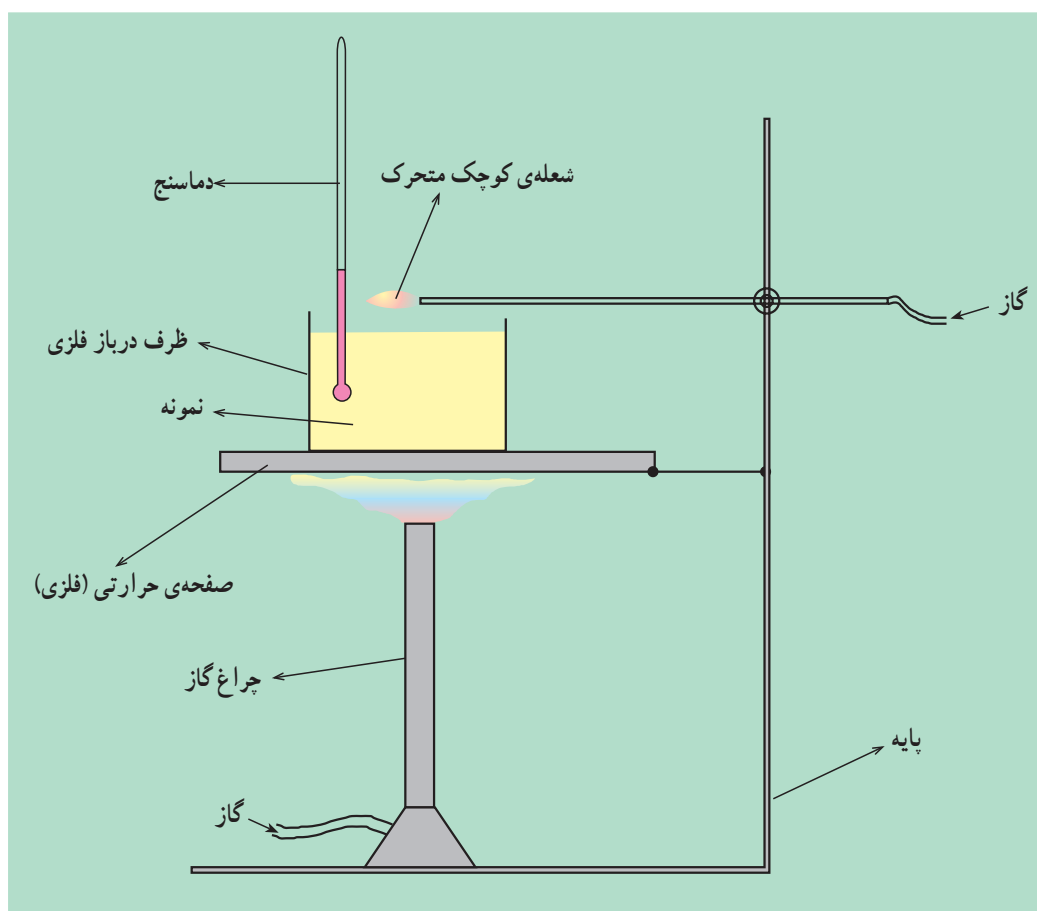
۴ - Closed cup

۵ - Open Cup

جدول ۴-۱- بعضی از انواع دستگاه‌های اندازه‌گیری نقطه‌ی اشتعال و کاربرد آن‌ها

نوع ظرف	نام دستگاه	مناسب فرآورده‌هایی نظیر
بسته	Tag Abel	نفتا ^۱ ، نفت سفید ^۲ ، سوخت جت ^۳
	Pensky - Martens	گازوئیل ^۴ ، نفت کوره ^۵
باز	Cleveland	روغن موتور ^۶ و کلیه‌ی محصولات نفتی که نقطه‌ی اشتعال آن‌ها از ۷۹ C بیش‌تر باشد.

ساده‌ترین نوع این دستگاه‌ها ظرف سرباز کلیولند^۷ است. شکل ۴-۱ نمودار ساده‌ی این دستگاه و شکل‌های ۴-۲ تصویر واقعی آن را نشان می‌دهند.



شکل ۴-۱- اجزای اصلی دستگاه اندازه‌گیری نقطه‌ی اشتعال (ظرف در باز)

۱ - Naphta

۲ - Kerosene

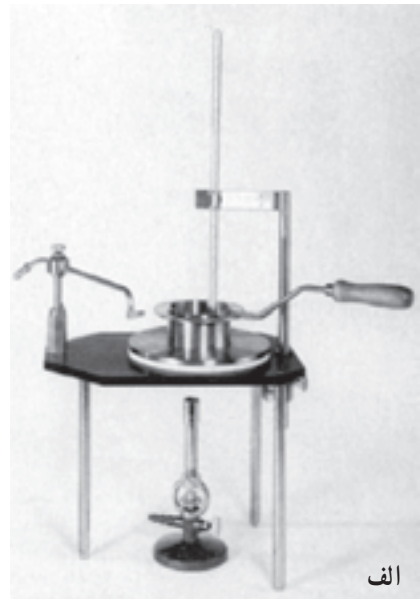
۳ - Jet Fuel

۴ - Gas oil

۵ - Fuel oil

۶ - Lub oil

۷ - Cleveland Open cup



شکل ۲-۴- «ظرف درباز کلیولند» (الف) دستگاه قدیمی (ب) دستگاه جدید (اتوماتیک)

قسمت‌های اصلی این دستگاه عبارت است از :

- ظرف (فنجان)^۱ در باز فلزی^۲ به ارتفاع حدود ۳/۳ سانتی‌متر و قطر حدود ۶/۸ سانتی‌متر.
- صفحه‌ی حرارتی فلزی که ظرف درباز بر روی آن و شعله در زیر آن قرار می‌گیرد.
- شعله‌ی کوچک^۳، که اندازه‌ی آن از شعله‌ی کبریت کوچک‌تر است و می‌توان به آسانی آن را از روی سطح نمونه (ظرف درباز) عبور داد. با استفاده از گاز به‌عنوان سوخت و لوله‌ی بلندی که قطر دهانه‌ی آن حدود ۸/۸ میلی‌متر باشد، این شعله‌ی کوچک و متحرک ساخته می‌شود.
- منبع حرارتی که می‌تواند یک گرمکن الکتریکی یا شعله‌ی گاز باشد در هر حالت، نباید شعله آنقدر بالا بیاید که به اطراف ظرف درباز برسد بدین ترتیب که در صورت استفاده از چراغ گازی، شعله باید صفحه‌ی حرارتی را داغ کند. استفاده از گرمکن الکتریکی قابل تنظیم ترجیح داده می‌شود.
- دماسنج جیوه‌ای با محدوده‌ی دمایی مناسب (حدود ۰ C تا ۴۰۰ C)
- پایه و گیره‌ی مناسب جهت نگهداری صفحه‌ی حرارتی و ظرف (فنجان) که بر روی آن قرار می‌گیرد.

۴-۳- روش کار^۴

در انجام این آزمایش باید کلیه‌ی نکات ایمنی رعایت شود. دستگاه در محلی مطمئن و دور از مواد قابل اشتعال (حتماً در زیر هواکش کارگاه) قرار گیرد. ضمناً به‌منظور جلوگیری از پخش و پراکنده شدن بخارات سطح نمونه، دستگاه باید در محلی برپا شود که در معرض نسیم یا باد نباشد. شستن ظرف (فنجان) با حلال مناسب قبل از آغاز هر آزمایش الزامی است. ابتدا ظرف (فنجان) را از نمونه (روغن موتور) پُر کنید، به‌گونه‌ای که سطح مایع حدود یک سانتی‌متر پایین‌تر از لبه‌ی ظرف

۱ - Cup

۲- فلز می‌تواند برنج، فولاد معمولی یا فولاد ضدزنگ باشد.

۳ - Test Flame

۴- این آزمایش به دلیل خطرناک بودن باید توسط معلم آزمایشگاه انجام شده و هنرجویان فقط آن را مشاهده نمایند.

باشد. اگر مقدار نمونه‌ای که داخل ظرف ریخته می‌شود بیش از مقدار تعیین شده باشد، حتماً اضافی آن را خارج کنید. دماسنج باید به شکل عمودی در داخل نمونه قرار گیرد. هنگامی که مطمئن شدید دستگاه آماده است و کلیه اتصالات محکم شده است، حرارت دادن به نمونه را آغاز کنید. توصیه می‌شود شدت حرارت به گونه‌ای باشد که در ابتدا در هر دقیقه C ۱۵ دمای نمونه افزایش یابد. وقتی که دمای نمونه به حدود C ۵۰ کم‌تر از نقطه‌ی اشتعال تخمینی رسید، شدت حرارت را کاهش داده به گونه‌ای که در هر دقیقه حدود C ۵ به دمای نمونه اضافه شود.

از حدود C ۳۰ پایین‌تر از نقطه‌ی اشتعال تخمینی، با افزایش هر C ۲ یک بار شعله را از روی سطح نمونه عبور دهید. مدت زمانی که شعله روی سطح روغن قرار می‌گیرد نباید از حدود یک ثانیه تجاوز کند. در صورتی که تخمینی از حدود نقطه‌ی اشتعال نمونه ندارید می‌توانید از همان ابتدا به آهستگی نمونه را حرارت دهید. بدین ترتیب که در هر دقیقه C ۵ دما را افزایش داده و با افزایش هر C ۲ یک بار شعله را از روی نمونه عبور دهید.

هنگامی که یک جرقه یا احتراق آبی و خفیف (فلاش) در سطح نمونه ظاهر شد، دما را یادداشت کنید. جهت افزایش اطمینان از نتایج آزمایش، C ۲ (۴ F) از این عدد کم کنید. این دما نقطه‌ی اشتعال نمونه‌ی مورد آزمایش (مثلاً روغن موتور) است.

به منظور تعیین نقطه‌ی احتراق، حرارت دادن را به همان شکل ادامه دهید به ترتیبی که هر یک دقیقه حدود C ۵ (۹ F) به دمای نمونه افزوده شود و با افزایش هر C ۲ (۴ F) شعله‌ی کوچک را به سطح نمونه نزدیک کنید. هنگامی که بخارات سطح نمونه آتش گرفت و شعله‌های آن حداقل برای ۵ ثانیه ادامه یافت دما را یادداشت کنید. جهت افزایش اطمینان به نتایج آزمایش C ۲ (۴ F) از آن کم کنید. این دما نقطه‌ی احتراق نمونه را نشان می‌دهد.

در صورتی که نمونه مشتعل شده و شعله‌های آن خاموش نشود، یک درپوش فلزی بر روی ظرف قرار دهید تا با نرسیدن هوا به نمونه شعله خاموش شود. فوراً حرارت دادن را قطع کرده اجازه دهید دستگاه خنک شود.

همان‌طور که در مقدمه بیان شد، طبق تعریف، نقطه‌ی اشتعال و نقطه‌ی احتراق در فشار mmHg ۷۶۰ تعریف شده‌اند. به همین منظور فشار کارگاه را اندازه‌گیری کرده و در صورتی که کمتر از mmHg ۷۶۰ باشد، با استفاده از روابط زیر دماها را تصحیح کنید:

$$F + 0.06(760 - P) = F \quad \text{نقطه‌ی اشتعال یا احتراق تصحیح شده (F)} \quad (1-4)$$

$$C + 0.03(760 - P) = C \quad \text{نقطه‌ی اشتعال یا احتراق تصحیح شده (C)} \quad (2-4)$$

$$F = \quad \text{نقطه‌ی اشتعال یا احتراق اندازه‌گیری شده در فشار کارگاه (F)}$$

$$C = \quad \text{نقطه‌ی اشتعال یا احتراق اندازه‌گیری شده در فشار کارگاه (C)}$$

$$P = \quad \text{فشار کارگاه برحسب (mmHg)}$$

۴-۴- ساخت دستگاه

در صورتی که دستگاه یا دستگاه‌های استاندارد در کارگاه موجود نباشد، با رعایت کلیه نکات ایمنی و با توجه به شکل‌های ۴-۱ و ۴-۲ و با توجه به روش کار، می‌توان دستگاه ساده‌ای ساخت. بدیهی است چنین دستگاهی صرفاً جنبه‌ی نمایشی داشته و جهت آشنایی هنرجو با این آزمایش به کار می‌رود.

قسمت اصلی این دستگاه یک ظرف استوانه‌ای فلزی است که می‌تواند از جنس فولاد یا برنج ساخته شود. ارتفاع و قطر ظرف به ترتیب حدود ۳/۳ و ۶/۸ سانتی‌متر است. این ظرف توسط یک گرمکن برقی یا صفحه‌ی فلزی که زیر آن شعله‌ای روشن شده است حرارت داده شود. یک شمع بلند و بدون اشک که شعله‌ای نسبتاً کوچک دارد می‌تواند به عنوان شعله‌ی متحرک جهت عبور از روی سطح نمونه به کار رود.

نکات مهم:

- ۱- حرارت دادن مواد نفتی باید با دقت کامل و رعایت کلیه‌ی مسایل ایمنی انجام شود.
 - ۲- به هیچ عنوان در دستگاه کلیولند ترکیبات نسبتاً سبک نظیر بنزین را مورد آزمایش قرار ندهید. برای اندازه‌گیری نقطه‌ی اشتعال ترکیبات سبک، باید از ظروف دربسته استفاده کرد.
- مثال‌های عددی: جدول ۲-۴ نقطه‌ی اشتعال نفت سفید، یک نوع حشره‌کش، گازوئیل، نفت کوره و یک نوع روغن موتور را نشان می‌دهد. به جز روغن موتور، بقیه‌ی محصولات در ظرف درباز مورد آزمایش قرار نمی‌گیرند.

جدول ۲-۴- نقطه‌ی اشتعال چند نمونه از محصولات نفتی

نام ماده	حداقل نقطه‌ی اشتعال (F)
نفت سفید	تابستان ۱۱۰
	زمستان ۱۰۰
حشره‌کش	۱۲۲
گازوئیل	۱۳۰
نفت کوره	۱۴۵
روغن موتور (SAE - ۳۰)	۴۰۰

اندازه‌گیری فشار بخار به روش رد^۱

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که بتواند:

۱- فشار بخار مایعات را تعریف کرده و اهمیت آن را توضیح دهد.

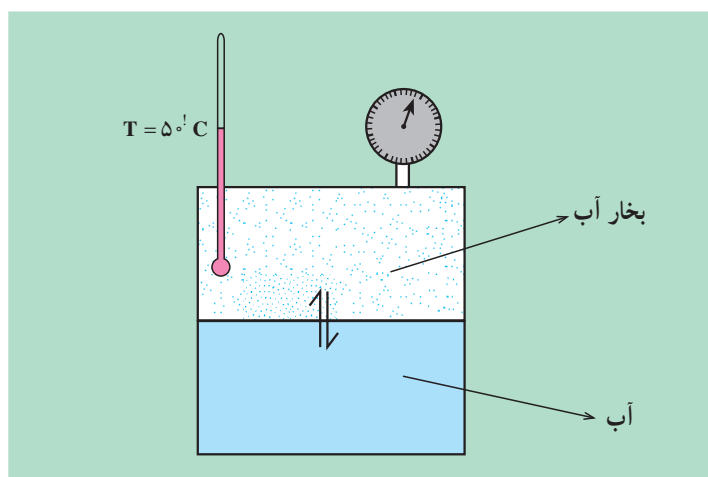
۲- فشار بخار بنزین را به روش رد اندازه‌گیری کند.

۱-۵- مقدمه

اگر در یک دمای ثابت، مقدار کافی از یک مایع مثل آب را در یک ظرف دربسته که هوای آن تخلیه شده است بریزید مایع و بخار به تعادل می‌رسند.

شکل ۱-۵ سیستم در حال تعادل را نشان می‌دهد. در این حالت بخار آب فشاری دارد که توسط فشارسنج قابل اندازه‌گیری است. به این فشار، فشار بخار^۲ آب در دمای T (در شکل دمای C ۵۰) گفته می‌شود. با این توضیح، فشار بخار مایعات را چنین تعریف می‌کنند.

«در یک دمای ثابت و معین، فشاری که بخار در حال تعادل با مایع دارد، فشار بخار مایع در آن دما نامیده می‌شود.»



شکل ۱-۵- مایع و بخار در حال تعادل بوده و فشارسنج فشار بخار آب در دمای C ۵۰ را نشان می‌دهد.

(علامت — نشان‌دهنده تعادل مایع و بخار است یا به عبارتی: «سرعت تبخیر = سرعت میعان»)

در روش رد که فشار بخار محصولات نفتی سبک نظیر بنزین و گاز مایع اندازه‌گیری می‌شود، به دلیل آن که هوای داخل محفظه‌ی تعادلی تخلیه نمی‌شود، فشار بخار واقعی مایع مورد آزمایش به دست نمی‌آید. فشار بخار اندازه‌گیری شده توسط این روش را فشار بخار رد^۳ می‌نامند. فشار بخار واقعی حدود ۵ تا ۹ درصد از فشار بخار رد بزرگ‌تر است. اگر هیدروکربن‌های

۱ - Reid Method

۲ - Vapour Pressure

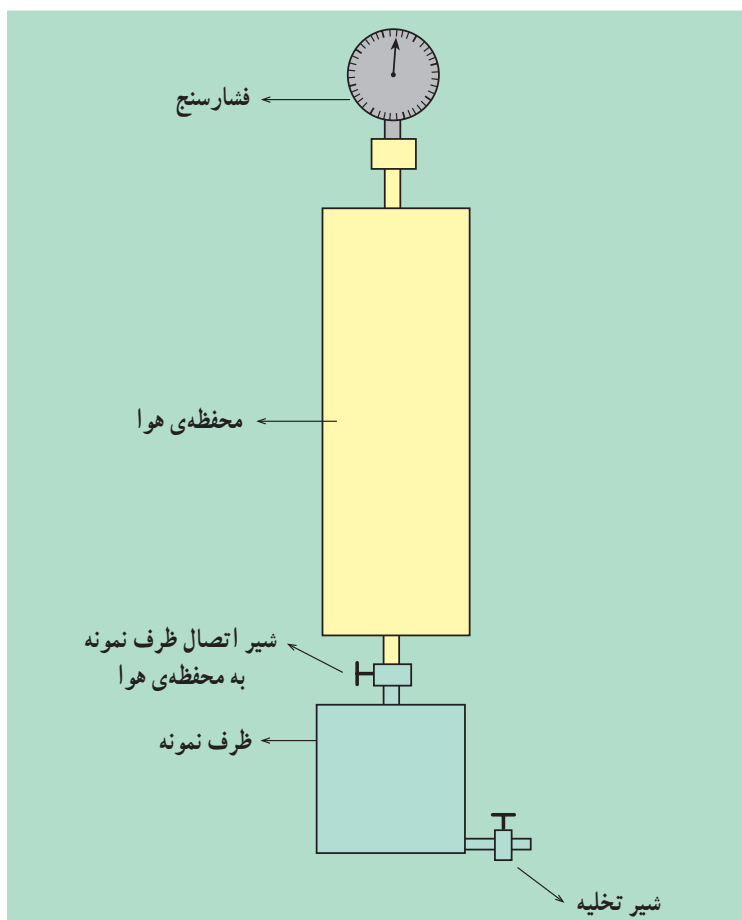
۳ - Reid Vapour Pressure

سبک در بنزین بیش تر از حد مجاز باشد، فشار بخار بنزین بزرگ تر از حد معمول خواهد بود. در چنین حالتی انبار کردن و حمل و نقل بنزین بسیار دشوار بوده و خطر انفجار آن وجود خواهد داشت. همچنین در سیستم سوخت خودرو، به علت تشکیل بخار در لوله‌ها، جریان بنزین از مخزن خودرو به داخل موتور با مشکل مواجه خواهد شد. از طرفی اگر فشار بخار بنزین کم تر از حد معمول باشد، بدان معنی است که هیدروکربن‌های سنگین موجود در بنزین بیش از حد مجاز است. این موضوع باعث می‌شود که تبخیر و سوختن بنزین در داخل موتور به آسانی انجام نشود. چنین شرایطی، بخصوص در روزهای سرد زمستان باعث می‌شود که موتور به سختی روشن شود.

۲-۵- وسایل مورد نیاز

وسایل مورد نیاز جهت اندازه‌گیری فشار بخار ترکیبات نفتی به شرح زیر است:

۱- ظرف اندازه‌گیری فشار بخار که از جنس فولاد ضدزنگ می‌باشد و از سه بخش اصلی به نام ظرف نمونه^۱، محفظه‌ی هوا^۲ و فشارسنج تشکیل شده است. شکل ۲-۵ شمای کلی این ظرف و قسمت‌های مختلف آن را نشان می‌دهد. شکل ۳-۵ دستگاه اندازه‌گیری فشاربخار (نمونه در داخل حمام قرار دارد) را نشان می‌دهد. همچنین شکل ۴-۵ نوعی از این دستگاه‌ها را که برای اندازه‌گیری فشار بخار گاز مایع به کار می‌رود نشان می‌دهد^۳.



شکل ۲-۵- شکل ساده‌ی یک ظرف اندازه‌گیری فشار بخار

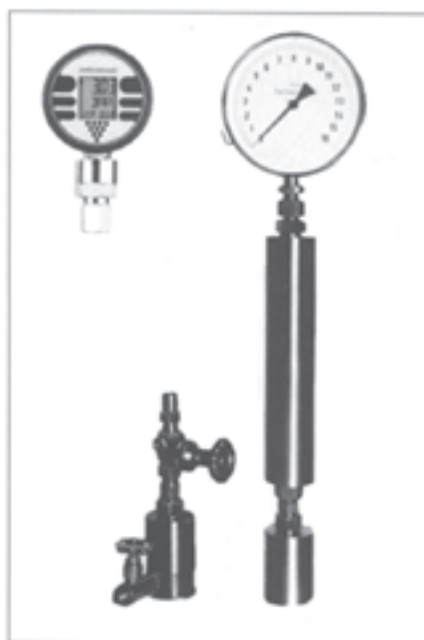
۱ - Liquid Chamber

۲ - Air Chamber

۳- چون ظرف اندازه‌گیری فشار بخار تحت فشارهای بالا (تا حدود ۵۰۰ Psi) قرار می‌گیرد لذا این وسیله باید فقط توسط کارگاه‌ها و شرکت‌های معتبر ساخته شود.



شکل ۳-۵- دستگاه اندازه‌گیری فشار بخار: نمونه و محفظه‌ی هوا در داخل حمام سرمایش قرار دارند.



شکل ۴-۵- ظرف اندازه‌گیری فشار بخار گاز مایع^۱ و مایعاتی که فشار بخاری بیش از 300^2 Psia دارند.

– حمام آب با ابعادی که ظرف اندازه‌گیری فشار بخار در آن قرار گیرد. عمق حمام باید به اندازه‌ی کافی باشد تا اتاق هوا به‌طور کامل در داخل حمام و در زیر آب قرار گیرد. به‌منظور اندازه‌گیری فشار بخار در دماهای مختلف، این حمام باید دماهای بین $10^{\circ}C$ تا $50^{\circ}C$ را تأمین کند. غالباً فشار بخار بنزین و گاز مایع در دمای $100^{\circ}F$ ($37/8^{\circ}C$) اندازه‌گیری می‌شود.

^۱ – Lpg

^۲ – Psia = lb/in² (absolute)

– دماسنج مناسب جهت اندازه‌گیری دمای حمام آب.

۳-۵- روش کار

ابتدا بنزین را در داخل ظرف نمونه ریخته و سعی کنید هیچ حبابی در داخل بنزین باقی نماند. ظرف نمونه باید از بنزین لبریز شود. سپس سریعاً محفظه‌ی هوا و فشارسنج را بر روی ظرف نمونه بسته و مجموعه را در داخل حمام آب قرار دهید. بهتر است دستگاه را کمی در داخل حمام کج کنید به طوری که آب تا زیر گلوی فشارسنج بالا بیاید. به دقت کلیه‌ی اتصالات را بررسی کنید که آیا حبابی ظاهر می‌شود یا خیر. در صورت مشاهده‌ی حباب، نشستی‌ها را بگیرید. سپس اجازه دهید که دستگاه برای حدود ۴ دقیقه در داخل حمام $F 100 (37/8 C)$ بماند. برای آن که تعادل میان بخار و مایع کامل شود، دستگاه را از حمام خارج کرده و چندبار آن را وارونه کنید. این عمل را هر ۴ دقیقه یک‌بار تکرار کنید. در مجموع نمونه حدود 20° تا 30° دقیقه در داخل حمام قرار می‌گیرد. در خاتمه فشار را بخوانید. این فشار به کمک رابطه‌ی زیر تصحیح می‌شود:

ضریب تصحیح + عددی که فشارسنج نشان می‌دهد = فشار بخار رد

ضریب تصحیح می‌تواند عددی مثبت یا منفی باشد. به کمک جدول ۱-۵ مقدار ضریب تصحیح براساس فشار و دمای کارگاه به دست می‌آید. اگر فشار و دمای کارگاه در جدول ۱-۵ موجود نبود، ضریب تصحیح را از رابطه‌ی زیر به دست آورید:

$$\text{ضریب تصحیح} = \frac{(P - P_t)(t - 37/8)}{273 + t} - (P_{37/8} - P_t)$$

T = دمای کارگاه، C

P = فشار هوای کارگاه، bar

P_t = فشار بخار آب در دمای t، bar

$P_{37/8} = 0.0655 \text{ bar}$ ، $37/8 C$ دمای فشار بخار آب در دمای $37/8 C$

مثال: در یک آزمایش، فشاری که نهایتاً فشارسنج نشان می‌دهد، 0.79 barg می‌باشد. اگر دمای کارگاه $25 C$ و فشار

جدول ۱-۵- مقادیر ضریب تصحیح فشار بخار رد (برحسب بار)

فشار هوا (بار)						
دمای هوا C	۰/۸۰	۰/۸۷	۰/۹۳	۱/۰۰	۱/۰۱	۱/۰۳
۰	-۰/۱۷	-۰/۱۸	-۰/۱۹	-۰/۲۰	-۰/۲۰	-۰/۲۰
۵	-۰/۱۵	-۰/۱۶	-۰/۱۷	-۰/۱۸	-۰/۱۸	-۰/۱۸
۱۰	-۰/۱۳	-۰/۱۴	-۰/۱۵	-۰/۱۵	-۰/۱۵	-۰/۱۶
۱۵	-۰/۱۱	-۰/۱۲	-۰/۱۲	-۰/۱۳	-۰/۱۳	-۰/۱۳
۲۰	-۰/۰۹	-۰/۱۰	-۰/۱۰	-۰/۱۰	-۰/۱۰	-۰/۱۰
۲۵	-۰/۰۷	-۰/۰۷	-۰/۰۷	-۰/۰۸	-۰/۰۸	-۰/۰۸
۳۰	-۰/۰۴	-۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۰۵
۳۵	-۰/۰۲	-۰/۰۲	-۰/۰۲	-۰/۰۲	-۰/۰۲	-۰/۰۲
۳۷/۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۴۰	+۰/۰۱	+۰/۰۱	+۰/۰۱	+۰/۰۱	+۰/۰۲	+۰/۰۲

هوا ۰/۹۳ bar باشد، فشاری که به عنوان فشار بخار رد گزارش می کنید چیست؟ فشار بخار آب در دمای C ۲۵ برابر ۰/۳۱۲ bar می باشد.

جواب: چون فشار هوا برابر ۰/۹۳ bar و دمای هوا C ۲۵ می باشد، طبق جدول ۱-۵ ضریب تصحیح برابر ۰/۰۷- خواهد بود پس:

$$\text{فشار بخار رد} = ۰/۷۹ - ۰/۰۷ = ۰/۷۲ \text{ barg}$$

یادآوری: اعدادی که فشارسنجها نشان می دهند. فشار نسبی^۱ است. فشار نسبی تفاوت میان فشار مطلق^۲ (واقعی) و فشار هوا^۳ را نشان می دهد. رابطه ی فشار نسبی و فشار مطلق چنین است:

$$P_g = P_a - P_{Air}$$

$$P_g = \text{فشار نسبی}$$

$$P_a = \text{فشار مطلق}$$

$$P_{Air} = \text{فشار هوا}$$

در مثال قبل، فشار بخار رد نسبی گزارش شده است (۰/۷۲ barg). اگر بخواهیم این فشار را به صورت مطلق گزارش کنیم باید فشار هوا را به آن اضافه کنیم.

$$P_a = P_g + P_{Air}$$

$$P_a = ۰/۷۲ + ۰/۹۳ = ۱/۴۵ \text{ bara}$$

حرف a نشان دهنده ی فشار مطلق و حرف g نشان دهنده ی فشار نسبی است.

مثال عددی: فشار بخار بنزین (معمولی و سوپر) بسته به فصل متفاوت است. در فصل زمستان این عدد حدود ۱۰ Psig و

در فصل تابستان حدود ۸ Psig می باشد. این فشار بخارها مربوط به دمای ۱۰۰ F است.

۱ – Gauge Pressure or Relative Pressure

۲ – Absolute Pressure

۳ – Barometric Pressure