مدرسان شریف

فصل اول

«مبانی خواص سیال»

مقدمه

گاز طبیعی و نفت خام ترکیبات هیدروکربنی می‌باشند که در دما و فشار بالا در مخزن وجود دارند. علاوه بر ترکیبات هیدروکربنی که تنها عناصر سازنده‌ی آن‌ها هیدروژن و کربن می‌باشند، ترکیبات غیرهیدروکربنی مثل نیتروژن، کربن‌دی‌اکسید و هیدروژن سولفید نیز در مخزن یافت می‌شوند. به مجموع ترکیبات هیدروکربنی و غیرهیدروکربنی، سیالات نفتی (Petroleum Fluids) می‌گویند.

مطالعه خواص سیالات نفتی به منظور شناسایی رفتار سیالات در تمام مراحل تولید از مخزن تا سطح زمین انجام می‌شود. از جمله مهم‌ترین بخش‌هایی که از خواص سیالات نفتی در مهندسی نفت استفاده می‌شود، می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

شبیه‌سازی مخازن - ارزیابی و تخمین ذخایر هیدروکربنی - پیش‌بینی تولید - طراحی تجهیزات سطحی - طراحی سیستم‌های جمع‌آوری و انتقال سیالات نفتی.

ترکیب عنصری نفت خام

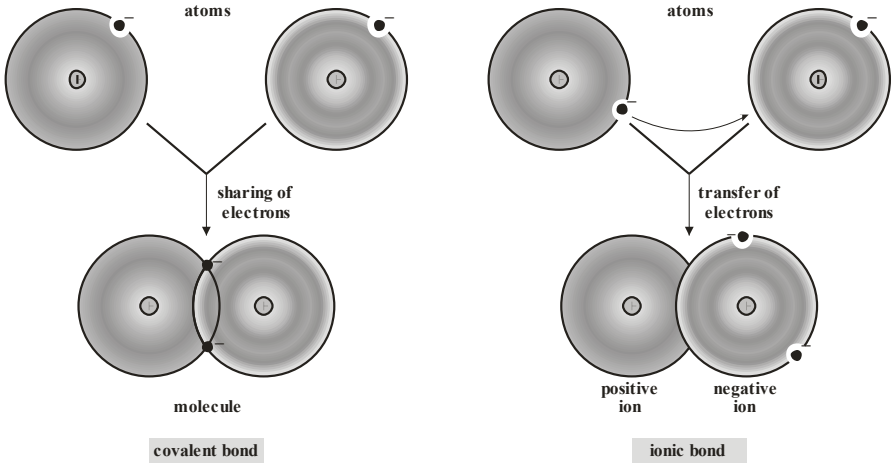
سیالات موجود در مخازن مختلف با یکدیگر متفاوت‌اند، اما محدوده تغییرات نسبی اتم‌های کربن و هیدروژن موجود در این سیالات تقریباً مشابه یکدیگر است.

اتم	درصد تغییرات
C	۸۳-۸۷
H	۱۰ -۱۴
N	۰/۱ -۲
O	۰/۰۵ – ۱/۵
S	۰/۰۵ -۶

به نیروهایی که اتم‌ها را در مولکول‌ها کنار یکدیگر قرار می‌دهند، پیوندهای شیمیایی می‌گویند و به دو دسته‌ی عمده تقسیم می‌شوند: پیوندهای یونی پیوندهای کووالانسی.

الف) پیوندهای یونی: زمانی که الکترون‌های غیرجفت یک اتم به اتم دیگر منتقل‌شده و باعث جفت‌شدن الکترون‌های اتم‌ها می‌شوند، پیوند یونی می‌گویند.

ب) پیوندهای کووالانسی: زمانی که اتم‌ها، الکترون‌های غیرجفت خود را به اشتراک می‌گذارند، پیوندی بین آن‌ها ایجاد می‌شود که پیوند کووالانسی نامیده می‌شود. شکل زیر نحوه‌ی تشکیل پیوند یونی و کووالانسی را نشان می‌دهد.

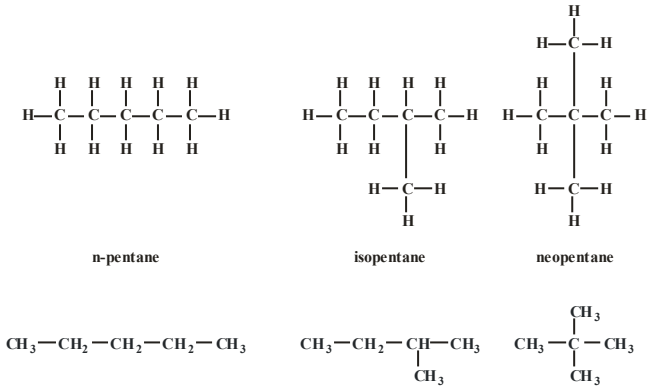


تشکیل پیوند یونی و کووالانسی

هر اتم کربن می‌تواند چهار پیوند کووالانسی تشکیل دهد و هر اتم هیدروژن تنها یک پیوند کووالانسی می‌تواند تشکیل دهد.
نفت خام بر اساس نقطه‌ی جوش به قسمت‌های مختلفی تقسیم‌بندی می‌شود که عبارتند از:
۱ـ پارافین (Paraffinic) ۲ـ نفتن (Naphthenic) ۳ـ آروماتیک (Aromatic) ۴ـ آسفالتین(Asphaltic)
هیدروکربن‌ها را بر اساس شکل مولکول‌ها و الگویی که اتم‌ها به یک‌دیگر متصل‌اند، به قسمت‌های زیر تقسیم‌بندی می‌کنند:
زنجیره‌های مستقیم (Straight) - زنجیره‌های شاخه‌دار (branched) - ترکیبات حلقوی (Cyclic)
هیدروکربن‌ها را بر اساس تعداد پیوندهای بین اتم‌های کربن نیز طبقه‌بندی می‌کنند: تک پیوندی (پیوند یگانه) ـ دو پیوندی (پیوند دوگانه) ـ سه‌پیوندی (پیوند سه‌گانه).

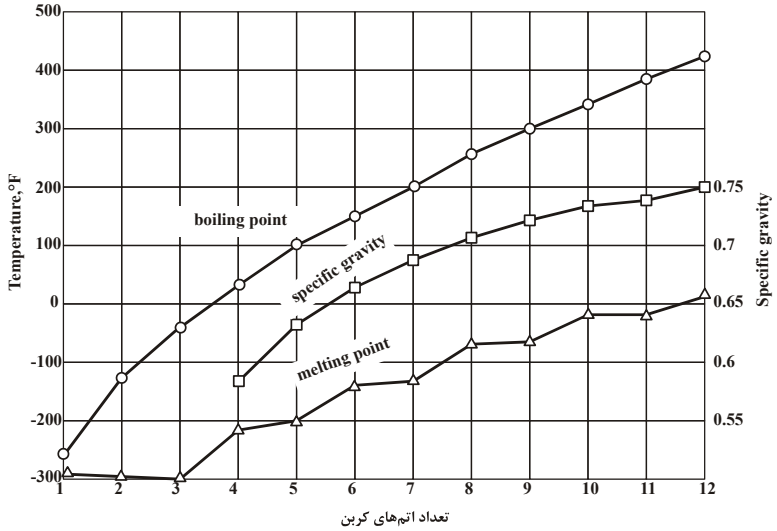
سری‌های همولوگ: به خانواده‌ای از مواد شیمیایی آلی که دارای ساختار مولکولی مشابه می‌باشند و خواص فیزیکی آن‌ها با تغییر تعداد اتم‌های کربن مولکول‌ها تغییر می‌کند، سری همولوگ می‌گویند. انواع هیدروکربن بر اساس تعریف سری همولوگ عبارتند از:
۱- آلیفاتیک (Aliphatics): الف) آلکان ب) آلکن ج) آلکین د) آلیفاتیک حلقوی
۲- آروماتیک (آرن) ((Aromatics (Arenes).

آلکان‌ها (C_nH_{2n+2}) : در آلکان‌ها که تحت عنوان هیدروکربن‌های سیرشده (اشباع) نیز شناخته می‌شوند، اتم‌های کربن به حداکثر تعداد اتم هیدروژن که قابلیت پیوند به اتم کربن را دارند، متصل شده‌اند. نام دیگر آلکان‌ها، پارافین (Paraffin) می‌باشد. مهم‌ترین آلکان‌ها، متان، اتان، پروپان و بوتان می‌باشند. اگر تعداد اتم‌های کربن موجود در ساختار افزایش یابد، اتم‌های کربن ممکن است به صورت سری‌های پیوسته به یک‌دیگر متصل شوند یا این‌که به صورت شاخه‌دار به کربن‌های دیگر متصل شوند. به شکل‌گیری‌های مختلف با تعداد اتم‌های کربن مشابه، ایزومر ساختاری می‌گویند. اگر کربن‌ها به صورت زنجیره، پشت سرهم قرار گیرند تحت عنوان هیدروکربن نرمال شناخته‌شده و پیشوند (n-) می‌گیرند. اگر کربن‌ها به صورت شاخه‌ای به یک‌دیگر متصل شوند، پیشوند ایزو (iso-) می‌گیرند. ایزو زمانی استفاده می‌شود که یک اتم کربن به دو اتم کربن دیگر متصل شود. اگر یک اتم کربن به سه اتم کربن متصل شود، از پیشوند نئو (neo) استفاده می‌شود. مثلاً برای پنتان (C_5H_{12})، سه آرایش نرمال پنتان، ایزوپنتان و نئوپنتان وجود دارد.



آرایش‌های مختلف پنتان

با افزایش اندازه مولکول‌ها و اضافه‌تر شدن تعداد اتم‌های کربن، نقطه‌ی جوش و وزن مخصوص ترکیبات هیدروکربنی افزایش می‌یابد. نقطه‌ی ذوب نیز افزایش می‌یابد، اما برخلاف نقطه‌ی جوش که به صورت ثابتی با افزودن تعداد اتم‌های کربن افزایش می‌یابد، برای نقطه ذوب با افزودن تعداد اتم‌های کربن به صورت مقدار ثابت افزایش نمی‌یابد و مقدار افزایش نقطه‌ی ذوب نامنظم است.



روند افزایشی نقطه‌ی جوش، ذوب و وزن مخصوص با افزایش تعداد اتم‌های کربن

نکته۱: ۴ آلکان اول در دما و فشار معمول گازی شکل‌اند، در حالی که آلکان‌های با ۵ تا ۱۷ اتم کربن در دما و فشار معمولی به صورت مایع‌اند.

آلکن‌ها ($C_{2n}H_{2n}$)

آلکن‌ها تحت عنوان هیدروکربن‌های سیرنشده یا الفین (olefin) نیز شناخته می‌شوند. مهم‌ترین ویژگی متمایزکننده‌ی این سری هومولوگ، پیوند دوگانه‌ی موجود در ساختار آن‌ها است که نشان‌دهنده‌ی به اشتراک گذاشتن دوجفت الکترون (۴ الکترون) می‌باشد. برای آلکن‌ها نیز، نقطه‌ی جوش، نقطه‌ی ذوب و وزن مخصوص با افزایش تعداد اتم‌های کربن افزایش می‌یابد. آلکن‌ها به دلیل وجود پیوند دوگانه، نسبت به آلکان‌ها تمایل به واکنش بیش‌تری دارند.

آلکین‌ها ($C_{2n}H_{2n-2}$)

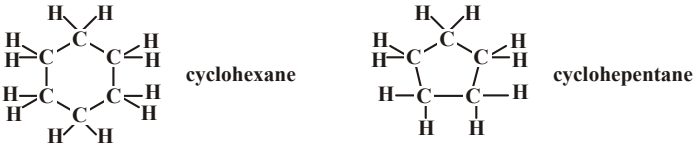
مهم‌ترین ویژگی متمایزکننده‌ی آلکین‌ها، پیوند سه‌گانه‌ی موجود در ساختار آن‌ها است که نشان‌دهنده‌ی به اشتراک گذاشتن سه‌جفت الکترون (۶ الکترون) می‌باشد. برای آلکین‌ها نیز، نقطه‌ی جوش، نقطه‌ی ذوب و وزن مخصوص با افزایش تعداد اتم‌های کربن افزایش می‌یابد. آلکین‌ها به دلیل وجود پیوند سه‌گانه، نسبت به آلکن‌ها و آلکان‌ها تمایل بیش‌تری به واکنش از خود نشان می‌دهند.

آلیفاتیک حلقوی

در بسیاری از هیدروکربن‌ها، اتم‌های کربن به جای این‌که به صورت زنجیره‌ای به یک‌دیگر متصل شوند، ایجاد یک حلقه می‌کنند. از جمله مهم‌ترین آلیفاتیک‌های حلقوی می‌توان به آلکان‌های حلقوی (cycloalkanes) و آلکن‌های حلقوی (cycloalkenes) اشاره نمود.

الف) آلکان‌های حلقوی

آلکان‌های حلقوی تحت عنوان نفتن (Naphthenes) ، پارافین حلقوی (Cycloparaffins) نیز شناخته می‌شوند. نفتن‌ها دارای حلقه‌های سیرشده بوده و فرمول عمومی آن‌ها C_nH_{2n} (همانند آلکن‌ها) می‌باشد. رایج‌ترین آلکان‌های حلقوی cycloheptane, cyclohexane می‌باشند.

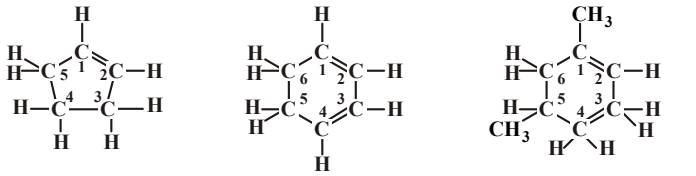


رایج‌ترین آلکان‌های حلقوی

برای آلکان‌های حلقوی نیز تغییرات نقطه‌ی جوش، نقطه‌ی ذوب و وزن مخصوص به صورت منظم می‌باشد.

ب) آلکن‌های حلقوی

آلکن‌های حلقوی همانند آلکان‌های حلقوی نیز از حلقه‌های کربنی تشکیل می‌شوند، با این تفاوت که درون آن‌ها پیوندهای دوگانه وجود دارد.

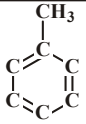
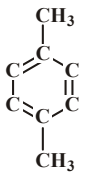


چند نمونه آلکن حلقوی

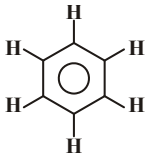
آروماتیک

ترکیبات آروماتیک شامل حلقه‌های بنزن C_6H_6 و یا ترکیباتی که از نظر شیمیایی مشابه بنزن رفتار می‌کنند، می‌شود. فرمول عمومی آروماتیک‌ها به صورت $C_6H_6n(CH_2)$ می‌باشد. دلیل نامگذاری این ترکیبات به دلیل بویی است که دارند و آروماتیک به معنای خوشبو می‌باشد.

چند نمونه ترکیب آروماتیک

Structure	Formula	Name	Abbr.
	C_6H_6	benzene	C_6
	C_7H_7	toluene	C_7
	C_8H_{10}	xylene	C_8

نکته۲: بنزن در دما و فشار بالا (شرایط مخزن) پایدار بوده و ترکیبات آروماتیک مایع (تولوئن و زایلین) جامد می‌باشند. نکته‌ی مهم در مورد بنزن این‌که جای پیوندهای یگانه و دوگانه تعویض می‌شود. یعنی پیوندهای یگانه، بسته به شرایط، به پیوند دوگانه تبدیل شده و پیوندهای دوگانه به پیوندهای یگانه تبدیل می‌شوند و آن را به شکل روبرو نشان می‌دهند.



جای پیوندهای یگانه و دوگانه در حال تغییر می‌باشد.

مثال۱: با افزایش تعداد کربن و هیدروژن، نقطه‌ی جوش ..... و specific (gravity) ..... می‌یابد.

۱) کاهش ـ کاهش
۲) کاهش ـ افزایش
۳) افزایش ـ کاهش
۴) افزایش ـ افزایش

☑ **پاسخ:** گزینه «۴» تعریف specific gravity به صورت زیر ارائه می‌شود:

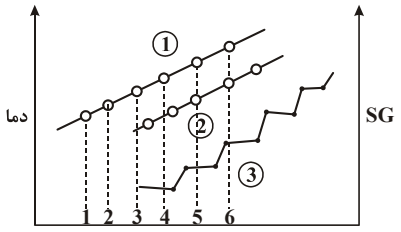
$$SG_{true} = \frac{\rho_{sample}}{\rho_{H_2O}}$$

به عبارتی بیانگر چگالی است.

با افزایش تعداد مولکول‌های C و H، جرم ترکیب افزایش می‌یابد. از طرفی جرم اضافه‌شده به ترکیب در مقایسه با حجم اضافه‌شده، بیشتر بوده در نتیجه چگالی specific gravity افزایش پیدا می‌کند.

با افزایش تعداد مولکول‌های کربن و هیدروژن، مولکول‌ها مستحکم‌تر شده، برای شکستن آن‌ها به انرژی بیشتری نیاز است. بنابراین نقطه‌ی جوش که صرف شکستن پیوند بین مولکول‌هاست، افزایش می‌یابد.

مثال۲: شماره‌های ۱ تا ۳ نمودار زیر بیانگر کدام خاصیت سیالات می‌باشند؟



۱) نقطه‌ی ذوب: ۱ نقطه‌ی جوش:۲ specific gravity : ۳
۲) نقطه‌ی ذوب: ۱ specific gravity:۲ نقطه‌ی جوش :۳
۳) نقطه‌ی جوش: ۱ نقطه ذوب:۲ specific gravity :۳
۴) نقطه‌ی جوش: ۱ specific gravity:۲ نقطه ذوب:۳

☑ **پاسخ:** گزینه «۴» دمای جوش ترکیبات از دمای ذوب آن‌ها بالاتر است، بنابراین گزینه‌های ۱ و ۲ حذف می‌شوند. از طرفی با توجه به مقیاس داده‌شده و فاصله نمودارها از یکدیگر روی ۲ محور قائم (سمت چپ‌ها) و سمت راست (specific gravity) گزینه ۳ رد می‌شود.

ترکیبات غیر هیدروکربنی موجود در سیالات نفتی

نیتروژن، کربن‌دی‌اکسید و هیدروژن سولفید مهم‌ترین ترکیبات غیرهیدروکربنی سیالات نفتی می‌باشند. بزرگترین گروه ترکیبات غیرهیدروکربنی ترکیبات شامل سولفور می‌باشد. هرچقدر میزان چگالی نفت خام افزایش یابد، مقدار سولفور موجود در محیط نیز افزایش می‌یابد. عدد اسیدی نفت خام، مقدار میلی‌گرم پتاسیم هیدروکسید (KOH) مورد نیاز برای خنثی‌کردن کربوکسیلیک اسید موجود در یک گرم نفت خام می‌باشد.جیوه از جمله ترکیبات غیرهیدروکربنی موجود در نفت خام و گاز طبیعی است که باعث خوردگی و آلودگی می‌شود. نیکل و وانادیم نیز به صورت قسمت در میلیون در نفت خام وجود دارند. (میلی‌گرم در لیتر محلول).

قسمت‌های جامد موجود در سیالات نفتی

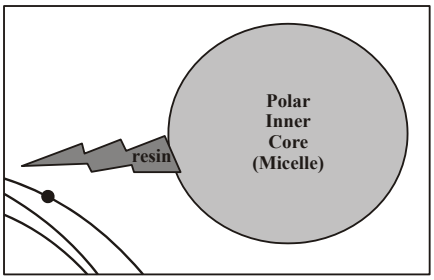
قسمت‌های جامد در مخازن نفتی و یا واحدهای جداسازی سطحی وجود دارند که عبارتند از: واکس ـ آسفالتین ـ هیدرات

دانستن زمان و نحوه‌ی تشکیل قسمت‌های جامد در مخزن و یا در سطح، بسیار حیاتی بوده و در تصمیم‌گیری کلان مورد استفاده قرار می‌گیرد.

واکس: واکس موجود در سیالات نفتی از هیدروکربن‌های پارافینی سنگین ($C_{18} - C_{36}$) و هیدروکربن‌های نفتنی ($C_{30} - C_{60}$) تشکیل شده است.

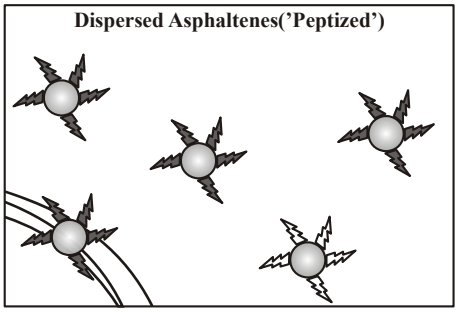
رزین و آسفالتین

رزین‌ها ذرات جامد چسبنده‌ای بوده که در هیدروکربن‌های دیگر حل می‌شوند، در حالی که آسفالتین‌ها حل نشده، به صورت کلوخه‌ای درون محلول باقی می‌مانند. هم رزین و هم آسفالتین از اکسیداسیون هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای تشکیل می‌شوند. از طرفی رزین‌ها نیز با اکسیداسیون به آسفالتین قابل تبدیل‌اند. معمولاً آسفالتین و رزین در کنار یکدیگر در ترکیبات قرار دارند، که در این صورت آسفالتین در مرکز (به عنوان هسته‌ی قطبی) و رزین در اطراف این هسته قرار می‌گیرد.

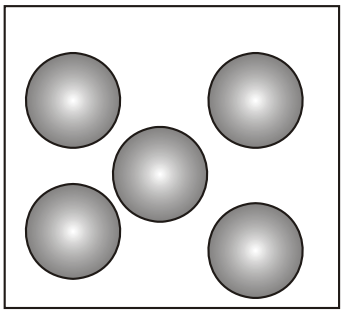


رزین در اطراف آسفالتین قرار می‌گیرد.

تا زمانی که رزین اطراف آسفالتین‌ها قرار دارد، آسفالتین‌ها درون محلول پراکنده‌اند. اما زمانی که رزین از بین برود، آسفالتین‌ها به یکدیگر چسبیده و باعث تشکیل کلوخه‌های بزرگتر می‌شوند.



آسفالتین‌ها به صورت پراکنده در محلول وجود دارند.


رزین از اطراف آسفالتین جداشده و آسفالتین‌ها به یکدیگر می‌چسبند.

مثال۳: رزین و آسفالتین با فرایند ..... به هیدروکربن تبدیل شده و همچنین رزین توسط فرایند ..... به آسفالتین تبدیل می‌شود.

۱) Hydrogenation ،Hydrogenation
۲) Oxidation ،Hydrogenation
۳) Hydrogenation ،Oxidation
۴) Oxidation ،Oxidation

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» مواد شیمیایی در نفت با نام‌های پارافین، نفتن، آروماتیک و رزین‌ها ـ آسفالتین‌ها طبقه‌بندی می‌شوند.

رزین‌ها و آسفالتین‌ها مولکول‌های بزرگی هستند که دارای هیدروژن، کربن همراه با یک تا سه اتم نیتروژن، اکسیژن یا گوگرد در هر مولکول‌اند. ساختمان آغازین آن‌ها دارای حلقه‌های هیدروکربنی آروماتیکی با سه تا ده و حتی بیشتر برای هر مولکول است.

ساختمان اصلی رزین با آسفالتین مانند یکدیگرند. هر دو از اکسیداسیون (Oxidation) هیدروکربن‌های آروماتیکی چندحلقه ساخته می‌شوند. به عبارتی هر دو با احیاء (Hydrogenation) به هیدروکربن‌ها تبدیل می‌شوند. از طرفی رزین‌ها با اکسیداسیون Oxidation به آسفالتین تبدیل می‌شوند. اما آسفالتین‌ها در نفت حل نمی‌شوند و به صورت کلوئیدی درمی‌آیند. رزین‌ها به آسانی در نفت حل می‌شوند.

آسفالتین‌های خالص به صورت جامد، خشک، پودرهای سیاه و غیرفرار هستند. رزین‌های خالص به صورت مایع‌های سنگین یا جامدهای چسبنده و به اندازه‌ی هیدروکربن‌های هم‌اندازه خود فرارند.

مثال۴: به ترکیبات ..... NGL و به ترکیبات ..... هیدروکربن‌های میانی intermediate hydrocarbon می‌گویند.

۱) $C_۲$ و $C_۳$ و $C_۴ - C_۱$
۲) $C_۴$ و $C_۵ - C_۳$ تا $C_۸$
۳) $C_۵$ تا $C_۸ - C_۳$ تا $C_۶$
۴) $C_۵$ تا $C_۸ - C_۴$ و $C_۳$

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» $C_۱$ و $C_۲$: که سبک‌ترین هیدروکربن‌ها هستند Light hydrocarbon می‌گویند.

- $C_۳$ و $C_۴$ و $C_۵$ و $C_۶$: هیدروکربن‌های میانی (intermediate hydrocarbon) می‌گویند.
- $C_۷^+$: هر چه بعد از $C_۷$ قرار گیرد به انضمام $C_۷$ را heavy Component یا Plus Componet می‌گویند.
- $C_۳$ و $C_۴$: را Liquified petroleum gas می‌گویند.
- $C_۵$ و $C_۶$ و $C_۷$ و $C_۸$: NGL یا Natural Gas Liquid می‌گویند که خوراک برای پتروشیمی‌هاست.

مثال۵: تست SARA برای اندازه‌گیری کدام مورد است؟

۱) مقدار $H_۲S$ نفت
۲) مقدار آسفالتین نفت
۳) مقدار گاز محلول سیال
۴) اندازه گرانروی و چگالی سیال

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» نفت (SARA) Asphaltenes، Resins و Aromatics و Saturates برای اندازه‌گیری مقدار آسفالتین نفت می‌باشد.

مثال۶: کدام گزینه در مورد رزین و آسفالتین به ترتیب در نفت صحیح است؟

۱) رزین در نفت حل می‌شود و آسفالتین در نفت حل می‌شود.
۲) رزین در نفت پخش می‌شود و آسفالتین در نفت حل می‌شود.
۳) رزین در نفت حل می‌شود و آسفالتین در نفت پخش می‌شود.
۴) رزین در نفت پخش می‌شود و آسفالتین در نفت پخش می‌شود.

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» رزین در نفت حل می‌شود، ولی آسفالتین در نفت disperse (پخش) می‌شود (حل نمی‌شود).

مثال۷: رزین و آسفالین به وسیله کدام فرایند به هیدروکربن و رزین به وسیله کدام فرآیند به آسفالتین تبدیل می‌شود؟

۱) ترکیب با اکسیژن، ترکیب با اکسیژن
۲) ترکیب با اکسیژن، ترکیب با هیدروژن
۳) ترکیب با هیدروژن، ترکیب با هیدروژن
۴) ترکیب با هیدروژن، ترکیب با اکسیژن

☑ **پاسخ:** گزینه «۴» زرین و آسفالتین به وسیله فرآیند Hydrogenation (ترکیب با هیدروژن) به هیدروکربن تبدیل می‌شوند. همین طور رزین به وسیله Oxidation (ترکیب با اکسیژن) به آسفالین تبدیل می‌شود.

هیدرات: هیدرات‌های گازی ترکیبات کریستالی جامد می‌باشند که با نفوذ مولکول‌های گاز درون حفره‌های ایجادشده توسط مولکول‌های آب و گیر افتادن در میان مولکول‌های آب ایجاد می‌شوند و مواد یخی جامد شکل را ایجاد می‌کنند. هیدرات‌ها در فشار بالا و دمای پایین (معمولاً در لوله‌های انتقال رخ می‌دهد) ایجاد می‌شوند.

تقسیم‌بندی فیزیکی نفت خام

نفت خام را بر اساس خصوصیات فیزیکی وزن مخصوص، مقدار گازوئیل موجود، محتوای گوگرد (سولفور)، محتوای آسفالت، نقطه‌ی ریزش (Pour Point) (به حداقل دمایی که برحسب مضربی از $5^{\circ}F$ گزارش‌شده، در آن دما مایع سرد شده شروع به حرکت می‌کند، نقطه‌ی ریزش می‌گویند.) و نقطه‌ی ابری (Cloud Point) (دمایی که پارافین (واکس) تشکیل می‌شود، نقطه‌ی ابری می‌گویند.) تقسیم‌بندی می‌کنند.

تقسیم‌بندی شیمیایی نفت خام

تقسیم‌بندی شیمیایی نفت خام، بر اساس ساختار مولکولی نفت خام انجام می‌شود. از جمله این تقسیم‌بندی‌ها پارافینیک، نفتنیک، نفتنیک ـ آروماتیک، آروماتیک و آسفالتیک می‌باشد.

مثال۸: کدام گزینه در مورد نقطه ابری‌شدن صحیح است؟

۱) دمایی که در آن واکس‌های پارافین شروع به جامدشدن می‌کنند.
۲) دمایی که در آن مایع شروع به حرکت‌کردن می‌کند.
۳) کمترین دمایی که بخارات هیدروکربنی قابلیت اشتعال دارند.
۴) کمترین دمایی که در آن مقداری برابر از نفت با $C_6H_5NH_2$ تشکیل یک فاز دهد.

☑ **پاسخ:** گزینه «۱» رد گزینه‌های دیگر را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

گزینه ۲ ← نقطه ریزش (pour point)، گزینه ۳ ← نقطه اشتعال، گزینه ۴ ← نقطه آنیلین (Aniline point)

تست‌های طبقه‌بندی شده فصل اول

۱ـ اجزاء سنگین موجود در نفت خام، که در بهره‌برداری ایجاد اشکال می‌نماید، کدام است؟ (گرایش مخزن ـ سراسری ۸۰)

۱) واکس و رزین ۲) رزین و آسفالتین ۳) آسفالتین و واکس ۴) آسفالتین و آروماتیک

۲ـ ترکیب نفت خام شامل کدام گروه‌های زیر است؟ (گرایش مخزن ـ سراسری ۸۶)

۱) کربن، اکسیژن، ازت، گوگرد
۲) اکسیژن، آسفالت، کروژن، هیدروژن
۳) آسفالتین، واکس، گوگرد، ازت
۴) پارافین‌ها، الفین‌ها، نفتن، آروماتیک‌ها

پاسخنامه تست‌های طبقه‌بندی شده فصل اول

۱ـ گزینه «۳» آسفالتین و واکس اجزاء سنگین موجود در نفت خام‌اند، که در بهره‌برداری ایجاد اشکال می‌نمایند.

۲ـ گزینه «۴» ترکیب نفت خام شامل پارافین‌ها، الفین‌ها، نفتن‌ها، آروماتیک‌ها است.

آزمون فصل اول

۱ـ کدام گزینه دارای دمای جوش بالاتری است؟

۱) آلکان ۲) آلکن ۳) آلکین ۴) بنزن

۲ـ کدام پارامتر، دارای دمای بالاتری است؟

۱) نقطه ذوب ۲) نقطه جوش ۳) چگالی ویژه ۴) چگالی

۳ـ کدام‌یک، از انواع آلیفاتیک‌ها نیست؟

۱) آلکان ۲) آلکن ۳) آلکین ۴) آرن

۴ـ کدام‌یک، بیانگر LPG است؟

۱) C_1 و C_2 ۲) C_3 و C_4 ۳) C_5 و C_6 ۴) C_7 و C_8

۵ـ بنزن در کدام شرایط پایدار است؟

۱) دما بالا، فشار پایین ۲) دما پایین، فشار بالا ۳) دما بالا، فشار بالا ۴) دما پایین، فشار پایین

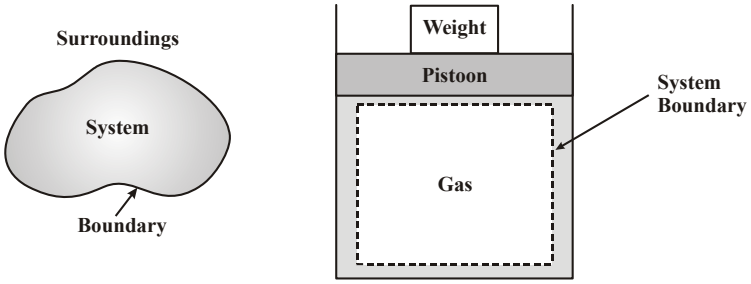
مدرسان شریف

فصل دوم

« رفتار فازی سیالات »

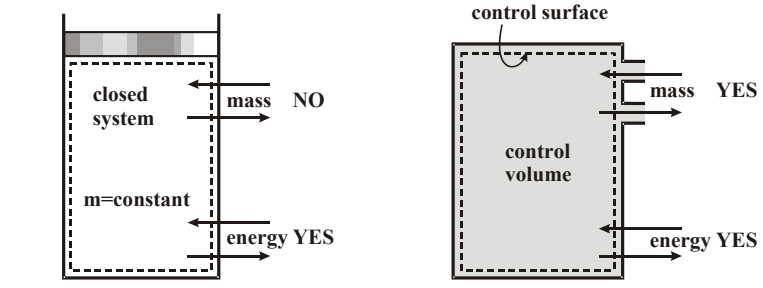
تعریف سیستم و محیط اطراف

ترمودینامیک معمولاً یک قسمت از محیط را مورد مطالعه قرار می‌دهد که تحت عنوان سیستم نامیده شده و محیط اطراف را تحت عنوان محیط خارجی (surroundings) در نظر می‌گیرد. به سطح یک سیستم که در واقعیت وجود دارد یا به صورت خیالی تصور می‌شود، مرز سیستم می‌گویند.



سیستم، محیط خارجی و مرز سیستم

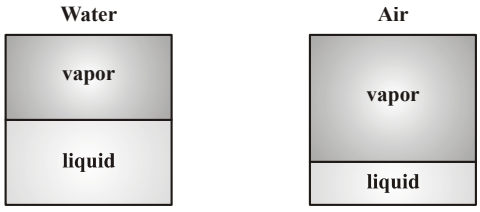
اگر یک سیستم با محیط خارجی تبادل ماده (mass) نداشته باشد، سیستم بسته (closed system) و اگر با محیط خارجی تبادل ماده داشته باشد، سیستم باز (open system) نامیده می‌شود. هم سیستم بسته و هم سیستم باز با محیط خارجی تبادل انرژی دارند.



closed system(or control mass) **open system(or control volume)**

سیستم باز و بسته

فاز به صورت یک قسمت از یک سیستم که به صورت همگن می‌باشد و از نظر فیزیکی متمایز است و از قسمت‌های دیگر سیستم به وسیله‌ی یک سطح مرزی جدا شده، تعریف می‌شود. به عنوان مثال یخ، آب و بخار آب سه فاز هستند که هر کدام به طور جداگانه همگن هستند و بین آنها به راحتی می‌توان تمایز قائل شد. پس به طور کلی سه فاز وجود دارد: جامد، مایع و گاز.



فازهای مختلف

انواع خواص

به طور کلی خواص هر ماده به دو دسته تقسیم می‌شود:

۱) خواص intensive یا شدتی که مستقل از مقدار موجود ماده هستند. چگالی، حجم ویژه (specific volume) و فاکتور تراکم‌پذیری از این نوع خواص هستند.

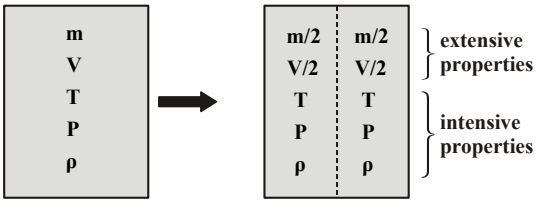
۲) خواص extensive یا مقداری که ارزش و مقدار آنها وابسته به مقدار موجود ماده می‌باشد. جرم و حجم از این نوع خواص هستند.

سه فاکتور در رفتار فیزیکی مولکول‌های مواد تأثیرگذار هستند که عبارتند از: فشار که بیان‌گر تعداد مولکول‌های موجود و حرکت آن‌ها می‌باشد، دما که منعکس‌کننده انرژی جنبشی مولکول‌ها و نیروی بین‌مولکولی که بیان‌گر دافعه و جاذبه مولکولی است. فشار و جاذبه مولکولی تمایل به نگه‌داشتن مولکول‌ها در کنار هم دارند و دما و دافعه مولکولی تمایل به جداکردن مولکول‌ها دارند.

دما یک اندازه‌گیری فیزیکی از انرژی جنبشی مولکول‌های یک ماده می‌باشد. وقتی که گرما به یک ماده اضافه می‌شود، انرژی جنبشی مولکول‌ها زیاد می‌شود و در نتیجه دما افزایش می‌یابد. افزایش انرژی جنبشی مولکول‌های مواد باعث افزایش حرکت مولکول‌ها می‌شود و در نتیجه مولکول‌ها تمایل دارند که هر کدام از هم دور شوند.

فشار بیانگر تعداد دفعاتی است که مولکول‌های یک گاز با دیواره‌ی ظرف برخورد می‌کنند، هر چقدر که مولکول‌ها بیشتر به هم نزدیک شوند فشار بیشتر می‌شود.

نیروی بین‌مولکولی، نیروی جاذبه و دافعه بین مولکول‌ها می‌باشد. این نیروها با تغییر فاصله بین مولکول‌ها تغییر می‌کنند. نیروی جاذبه بین‌مولکولی با کاهش فاصله بین مولکول‌ها افزایش می‌یابد تا جایی که مولکول‌ها آنقدر به هم نزدیک می‌شوند که میدان‌های الکتریکی آن‌ها با هم overlap می‌کنند. از اینجا به بعد با کاهش فاصله بین مولکول‌ها، نیروی دافعه بین آن‌ها ایجاد می‌شود و این نیروی دافعه با بیشترشدن این کاهش فاصله بیشتر، می‌شود.



خواص مقداری و شدتی

به عکس چگالی، حجم ویژه می‌گویند:

ρ: چگالی $= \frac{\text{جرم}}{\text{حجم}} = \frac{m}{V}$ $\qquad$ v: حجم ویژه $= \frac{\text{حجم}}{\text{جرم}} = \frac{V}{m}$

مثال۱: کدام گزینه صحیح است؟

۱) فشار بیانگر نیروهای بین‌مولکولی و انرژی جنبشی مولکول‌ها ـ دما بیانگر حرکت مولکول‌ها و تعداد آن‌هاست.

۲) فشار بیانگر نیروهای بین‌مولکولی و تعداد مولکول‌هاست ـ دما بیانگر حرکت مولکولی و انرژی جنبشی مولکول‌هاست.

۳) فشار بیانگر تعداد مولکول‌های موجودات و حرکت آن‌ها ـ دما بیانگر انرژی جنبشی مولکول‌ها و نیروهای بین‌مولکولی است.

۴) فشار بیانگر حرکت مولکول‌ها و انرژی جنبشی آن‌هاست ـ دما بیانگر تعداد مولکول‌ها و نیروهای بین‌مولکولی است.

☑ **پاسخ:** گزینه «۳» شیوه‌ی رفتار هیدروکربن‌ها به فشار و دما بستگی دارد. فشار بیانگر تعداد مولکول‌های موجود و حرکت آن‌ها، دما بیانگر انرژی جنبشی مولکول‌ها و نیروهای بین‌مولکولی است. فشار و نیروی جاذبه‌ی مولکولی، باعث محدودکردن مولکول‌ها و نزدیک‌تر کردن آن‌ها می‌شود. در حالی که دما و دافعه‌ی مولکولی، باعث دورشدن مولکول‌ها از یکدیگر می‌شوند.

◆ ◆ ◆ ◆

حالت (State): حالت یک سیستم به نوعی بیانگر مقادیر و ویژگی‌های یک سیستم است.

تعادل (equilibrium): یک سیستم در تعادل است اگر ویژگی‌های آن در هیچ نقطه‌ای از سیستم تغییر نکند. به‌طور کلی ۴ تعادل در سیستم وجود دارند:

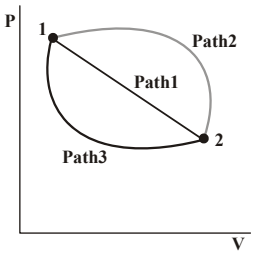
۱- تعادل حرارتی (thermal): دما با گذشت زمان تغییر نمی‌کند.

۲- تعادل مکانیکی (Mechanical): فشار با گذشت زمان تغییر نمی‌کند.

۳- تعادل شیمیایی (chemical): ساختار مولکولی با گذشت زمان تغییر نمی‌کند.

۴- تعادل فازی (phase): جرم و ترکیب هر فاز با گذشت زمان تغییر نمی‌کند.

تابع حالت (State function): توابع حالت خصوصیاتی از سیستم می‌باشند که تنها به مقادیر اولیه و نهایی بستگی دارند و به مسیر تغییر بستگی ندارند. مثلاً برای شکل مقابل تغییر حالت فقط به مقدار ویژگی در ۱ و ۲ بستگی دارد و فرقی نمی‌کند تغییر از ۱ به ۲ از کدام‌یک از مسیرهای سه‌گانه انجام شده است. (نقاط ۱ و ۲ برای هر سه مسیر یکسان می‌باشند).



تابع حالت

مواد خالص pure substance

در ابتدا سیستم‌هایی که از یک فاز و ماده خالص تشکیل شده‌اند، بررسی می‌شوند. برای بررسی خواص فازها از نمودار فشار ـ دما استفاده می‌شود.