



دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر
دانشکده فنی و مهندسی

دستور کار آزمایشگاه نفت



تعیین نقطه اشتعال و آتش‌گیری فرآورده‌های نفتی با استفاده از دستگاه روباز کلیولند



دستور کار آزمایشگاه نفت.....نقطه اشتعال به روش روباز

هدف

هدف از این آزمایش، اندازه گیری نقطه اشتعال و نقطه آتش گیری فرآورده های نفتی به روش روباز با استفاده از دستگاه کلیولند می باشد.

تئوری

نقطه اشتعال پایین ترین دمای تصحیح شده یک فرآورده نفتی در فشار محیطی 101.3 kPa (760 mmHg) است که در آن دما، منبع اشتعال باعث شعله ور شدن لحظه ای بخارهای حاصل از نمونه در شرایط مشخص و استاندارد شود.

نقطه آتش گیری پایین ترین دمای تصحیح شده یک فرآورده نفتی در فشار محیطی 101.3 kPa (760 mmHg) است که در آن دما، منبع اشتعال باعث شعله ور شدن بخارهای حاصل از نمونه می شود و حداقل به مدت ۵ ثانیه در شرایط مشخص و استاندارد به سوختن ادامه دهد.

نقطه اشتعال معیاری برای سنجش تمایل به تشکیل مخلوط قابل اشتعال با هوا در شرایط آزمایشگاهی کنترل شده است. نقطه اشتعال در قوانین و مقررات حمل و نقل و ایمنی برای تعیین مواد قابل اشتعال و آتش گیر کاربرد دارد. این روش آزمون برای اندازه گیری نقطه اشتعال انواع فرآورده های نفتی با نقطه اشتعال باز حداقل 79°C و حداکثر 400°C به جز نفت کوره کاربرد دارد.

چنانچه فشار محیط برابر با 101.3 kPa (760 mmHg) نباشد دمای اشتعال مطابق با رابطه زیر باید تصحیح گردد:

$$C = P - 101.3 + 0.25(C - P)$$

$$C' = P' - 760 + 0.33(C' - P')$$

که در آن:

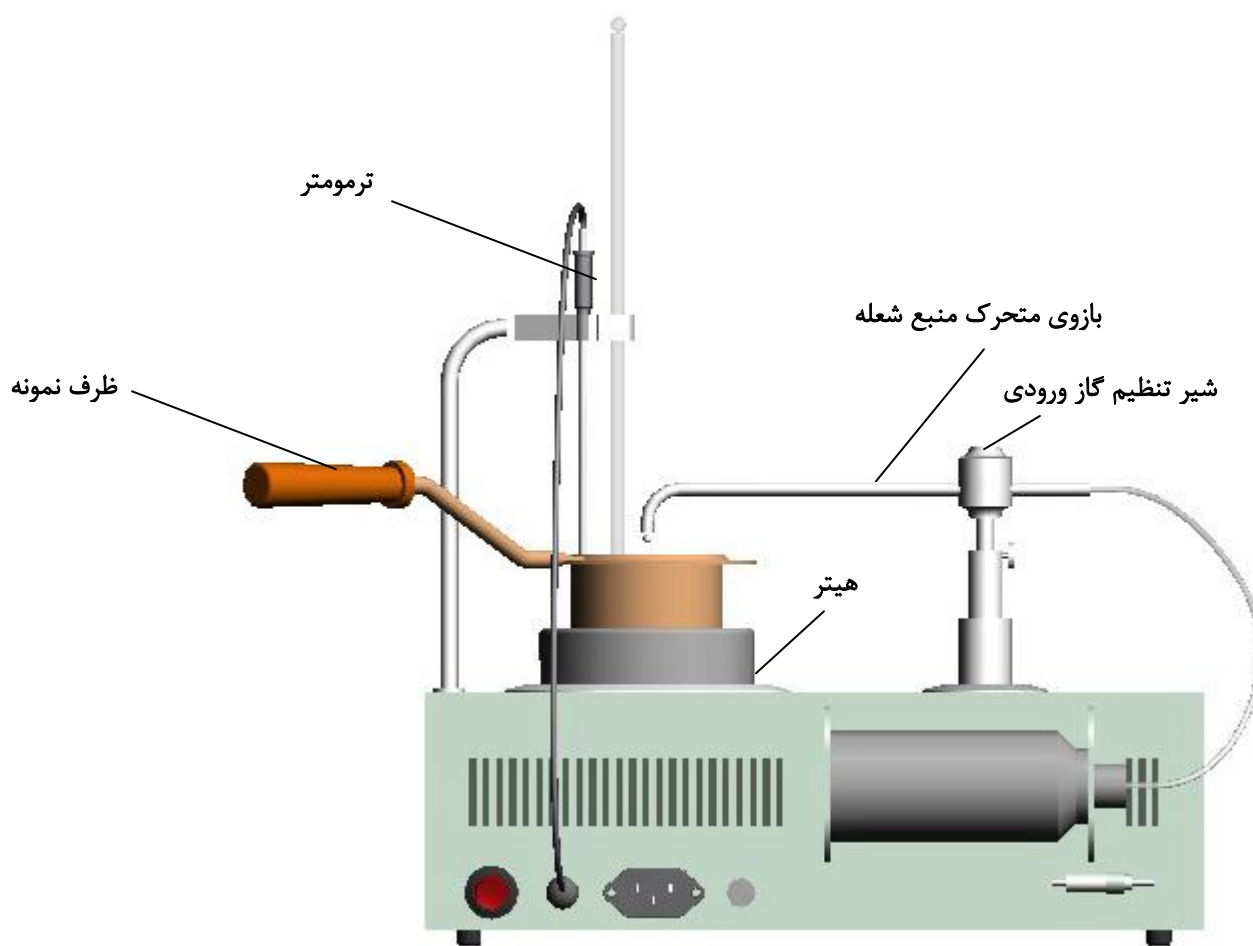
C نقطه اشتعال مشاهده شده بر حسب درجه سلسیوس؛

P فشار محیط بر حسب کیلو پاسکال (kPa).

P' فشار محیط بر حسب میلی متر جیوه (mmHg).

روش کار

- ۱- در ابتدا از تمیز بودن ظرف نمونه و ترمومتر اطمینان حاصل کنید. برای تمیز کردن مواد باقیمانده از آزمایش قبل می توان از حلال استون استفاده نمود. ظرف نمونه باید تمیز و خشک باشد. در صورت لزوم ظرف را با آب سرد شسته و دقایقی در معرض شعله قرار دهید تا کاملاً خشک گردد.
- ۲- ظرف نمونه باید تا دمای ۵۶ درجه زیر نقطه اشتعال مورد انتظار سرد گردد.
- ۳- ظرف را تا خط نشانه آن از نمونه پر کنید. اگر نمونه مورد آزمایش بیش از خط نشانه ریخته شد آن را با استفاده از یک وسیله مناسب مثل سرنگ به گونه ای خارج کنید که سطوح بیرونی ظرف آزمون آغشته نشود.
- ۴- ترمومتر را در محل مناسب خود قرار داده به گونه ای که انتهای آن تا کف ظرف در حدود ۶ میلیمتر فاصله داشته باشد.



دستگاه روباز کلیولند

دستور کار آزمایشگاه نفت.....نقطه اشتعال به روش روباز

- ۵- شعله دستگاه را روشن کرده و با استفاده از شیر سوزنی شعله را به گونه ای تنظیم کنید که قطر آن در حدود ۴ میلیمتر باشد.
- ۶- دستگاه را روشن کنید. در اینحالت بر روی نمایشگر دستگاه "SYP" نشان داده می شود.
- ۷- دکمه "A" را فشرده تا علامت "C---" نشان داده شود.
- ۸- با استفاده از کیبورد دستگاه دمای اشتعال را وارد نمائید. این دما شامل ۴ رقم بوده که آخرین رقم بعنوان رقم اعشار در نظر گرفته می شود. سپس دکمه "A" را فشار دهید. چنانچه این دما خارج از محدوده عملکرد دستگاه باشد ($70^{\circ}\text{C} \sim 400^{\circ}\text{C}$) بر روی نمایشگر علامت "E---" نشان داده می شود. در اینحالت مجدداً دکمه "A" را فشار داده و دمای صحیح را وارد کنید. سپس دکمه "A" و "C" را فشار دهید.
- ۹- دستگاه دارای قابلیت کنترل دما و عبور شعله خودکار می باشد. چنانچه گرمکن دستگاه شروع به کار نکرد دکمه "F" را فشرده و مجدداً مراحل ۷ و ۸ را تکرار نمائید. نرخ افزایش دمای گرمکن تا 56°C زیر دمای اشتعال مورد انتظار در حدود $14 \sim 17^{\circ}\text{C}/\text{min}$ می باشد. پس از رسیدن به این دما نرخ افزایش دما کاهش یافته تا اینکه در 28°C کمتر از دمای اشتعال مورد نظر به $5 \sim 6^{\circ}\text{C}/\text{min}$ می رسد. از این لحظه باید با استفاده از دکمه "D" شعله دستگاه هر 2°C یکبار از روی ظرف نمونه عبور داده شود.
- ۱۰- در این مرحله هنگامی که عبور شعله باعث درخشش واضحی داخل ظرف نمونه شود و شعله بزرگی بر روی سطح نمونه گسترش یابد، دکمه "B" را فشرده تا این دما بعنوان دمای اشتعال ذخیره گردد.
- ۱۱- با ادامه آزمایش و پس از شعله ور ماندن بخار حاصل از نمونه بمدت ۵ ثانیه مجدداً دکمه "B" را فشرده تا این دما بعنوان دمای آتش گیری ذخیره گردد.
- ۱۲- پس از پایان آزمایش دکمه "D" را فشرده تا دمای اشتعال و آتش گیری ذخیره شده را مشاهده کنید. سپس چنانچه مایل به انجام مجدد آزمایش هستید دکمه "F" را فشار دهید.
- ۱۳- پس از سرد شدن دستگاه تا حدی که بتوان ظرف نمونه را جابجا کرد با رعایت نکات ایمنی دستگاه و ظرف نمونه را کاملاً تمیز کنید.

سوالات

- ۱- نقطه اشتعال فرآورده آزمایش شده را گزارش کنید.
- ۲- منابع محتمل ایجاد خطا در آزمایش را نام ببرید.

دستور کار آزمایشگاه نفت.....نقطه اشتعال به روش روباز

۳- چنانچه آزمایش نقطه اشتعال مجدداً بر روی یک نمونه انجام شود، آیا تغییری در نقطه اشتعال ایجاد می‌شود؟ توضیح دهید.

۴- نحوه نگهداری مناسب و استاندارد نمونه در ظرف حاوی آن چگونه است؟

۵- دمای اشتعال مخلوط مایع ۵۰ درصد مولی نرمال اکتان و ۵۰ درصد مولی نرمال نونان را با فرض حاکم بودن قانون راولت محاسبه نمایید. حد پایین اشتعال نرمال اکتان و نرمال نونان بترتیب ۱ و ۰/۸ درصد حجمی است.

(راهنمایی: در نقطه اشتعال $\sum \frac{y_i}{LFL_i} = 1$ می‌باشد که y_i کسر مولی جزء i در فاز بخار و LFL_i حد پایین اشتعال آن بر حسب کسر حجمی است).

۶- اندازه گیری نقطه اشتعال با استفاده از دستگاه روباز Tag چه تفاوتی با دستگاه Cleveland دارد؟

تعیین نقطه اشتعال فرآورده های نفتی به روش بسته با استفاده از دستگاه پنسکی-مارتنز



هدف

هدف از این آزمایش، اندازه گیری نقطه اشتعال فرآورده های نفتی به روش بسته با استفاده از دستگاه پنسکی-مارتنز می باشد.

تئوری

این روش آزمون برای اندازه گیری نقطه اشتعال انواع فرآورده های نفتی با نقطه اشتعال بسته حداقل 40°C و حداکثر 370°C به جز نفت کوره باقیمانده با دمای اشتعال بیش از 100°C کاربرد دارد. در این آزمایش سه روش کار مختلف مورد استفاده قرار می گیرد.

الف) این روش برای تعیین نقطه اشتعال سوخت حاصل از تقطیر (نفت سفید، نفت گاز، مخلوط های بیودیزل)، روغن روانکاری کارنکرده کاربرد دارد.

ب) این روش برای تعیین نقطه اشتعال سوخت های باقیمانده، روغن روانکاری کارکرده، مایعات نفتی دارای ذرات جامد و سیالات نفتی که در شرایط آزمون تشکیل فیلم سطحی می دهند، کاربرد دارد.

ج) این روش برای تعیین نقطه اشتعال بیودیزل (B100) کاربرد دارد.

روش کار

۱- در ابتدا از تمیز بودن ظرف نمونه و سایر متعلقات آن اطمینان حاصل کنید. برای تمیز کردن مواد باقیمانده از آزمایش قبل می توان از حلال استون استفاده نمود. ظرف نمونه باید تمیز و خشک باشد. در صورت لزوم ظرف را با آب سرد شسته و دقایقی در معرض شعله قرار دهید تا کاملاً خشک گردد.

۲- ظرف نمونه باید حداقل تا 18°C درجه زیر نقطه اشتعال مورد انتظار سرد گردد.

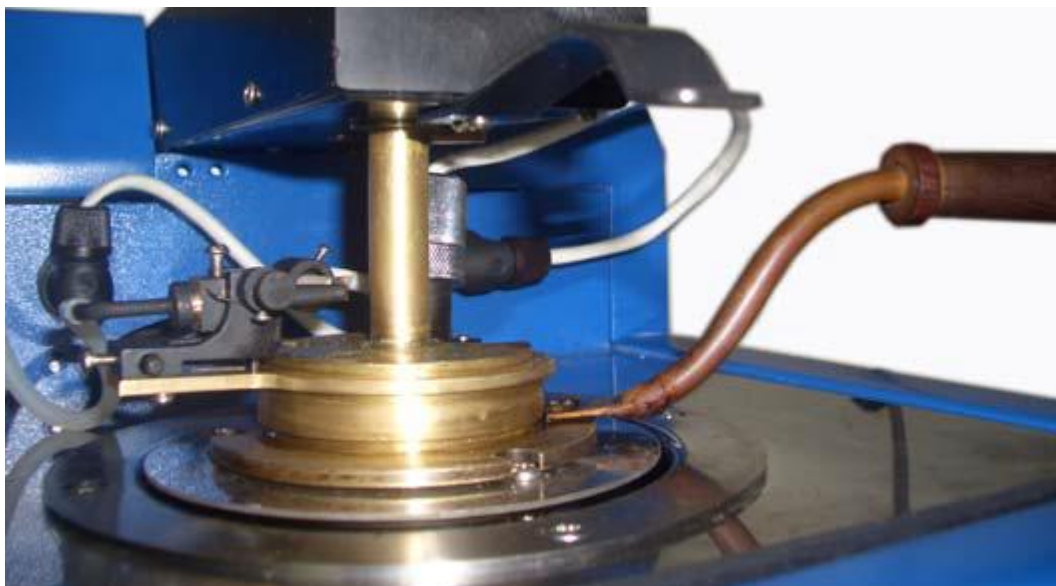
۳- ظرف را تا خط نشانه آن از نمونه پر کنید. اگر نمونه مورد آزمایش بیش از خط نشانه ریخته شد آن را با استفاده از یک وسیله مناسب مثل سرنگ به گونه ای خارج کنید که سطوح بیرونی ظرف آزمون آغشته نشود.

۴- ظرف نمونه را در جای خود درون دستگاه قرار داده و درپوش همزن دار را بر روی آن گذاشته بطوریکه با دیواره ظرف در تماس نباشد.

۵- با استفاده از دکمه پشت دستگاه، دستگاه را روشن نمائید. پس از نمایش لوگوی دستگاه 10 ثانیه فرصت دارید تا با فشردن دکمه عدد 2 زبان انگلیسی را برای نمایشگر انتخاب کنید. در غیراینصورت خودبخود

دستور کار آزمایشگاه نفت.....نقطه اشتعال به روش بسته

زبان چینی انتخاب خواهد شد. دستگاه خودکار پنسکی - مارتنز قابلیت تنظیم نرخ گرمادهی، همزدن و بکاربردن شمعک را داراست.



۶- پس از اطمینان از عدم نشت گاز در مسیر دستگاه تا کپسول گاز مایع، شعله دستگاه را با استفاده از المنت برقی آن روشن نمائید.

۷- با فشردن دکمه F1 دمای اشتعال مورد انتظار را وارد کرده و با دکمه Enter تأیید نمائید.

۸- با فشردن دکمه F3 مود دستگاه را انتخاب نمائید. این دستگاه شامل ۴ مود مختلف مطابق با استاندارد ASTM D93-02 می باشد:

Mode A: این روش برای تعیین نقطه اشتعال سوخت حاصل از تقطیر (نفت سفید، نفت گاز، مخلوط های بیودیزل) و روغن های روانکاری کارنکرده کاربرد دارد.

Mode B: این روش برای تعیین نقطه اشتعال سوخت های باقیمانده، روغن روانکاری کارکرده، مایعات نفتی دارای ذرات جامد و سیالات نفتی که در شرایط آزمون تشکیل فیلم سطحی می دهند، کاربرد دارد.

search pattern A: برای تعیین محدوده نقطه اشتعال فرآورده های ذکر شده در Mode A که دمای اشتعال آن نامشخص است.

search pattern B: برای تعیین محدوده نقطه اشتعال فرآورده های ذکر شده در Mode B که دمای اشتعال آن نامشخص است.

دستور کار آزمایشگاه نفت.....نقطه اشتعال به روش بسته

- ۹- پس از تنظیم دمای اشتعال مورد انتظار و مود عملکرد دستگاه، دکمه F5 را فشار داده تا دستگاه شروع به کار کند. در این مرحله عملیات پیش گرمایش انجام شده و دستگاه بصورت خودکار چک می شود. چنانچه نقص سخت افزاری در دستگاه وجود داشته باشد عملیات گرمایش آغاز نشده و پیغام خطا در نمایشگر ظاهر می شود. اما چنانچه هیچ گونه نقصی در عملکرد دستگاه وجود نداشته باشد پس از گذشت ۳۰ ثانیه مرحله گرمایش آغاز می شود. در مرحله پیش گرمایش با زدن دکمه F5 می توان عملیات را متوقف نمود.
- ۱۰- در مرحله گرمایش با توجه به استاندارد مربوطه دمای نمونه کنترل می شود. پس از دستیابی به نقطه اشتعال، این دما بر روی نمایشگر نشان داده می شود. این دما با توجه به فشار گاز تصحیح شده است. با زدن دکمه F5 می توان آزمون را به حالت اول درآورد.
- ۱۱- پس از سرد شدن دستگاه تا حدی که بتوان ظرف نمونه را جابجا کرد با رعایت نکات ایمنی دستگاه و ظرف نمونه را کاملاً تمیز کنید.

سوالات

- ۱- نقطه اشتعال فرآورده آزمایش شده را گزارش کنید.
- ۲- دلیل اختلاف در نقطه اشتعال تعیین شده به دو روش روباز و بسته چیست؟
- ۳- نقطه اشتعال خودبخودی را تعریف نمایید.
- ۴- منابع محتمل ایجاد خطا در آزمایش را نام ببرید.
- ۵- محدوده نقطه اشتعال مورد انتظار گازوئیل، بنزین، نفت سفید، اتانول، تولوئن و سیکلوهگزان را بر حسب درجه سانتیگراد ذکر نمایید.
- ۶- روش اندازه گیری نقطه اشتعال با استفاده از دستگاه Abel را تشریح کرده و تفاوت های آن را با دستگاه Pensky-Martens بیان کنید.

تعیین ویسکوزیته مایعات با استفاده از ویسکومتر موئین



هدف

هدف از این آزمایش، تعیین ویسکوزیته مطلق و سینماتیک مایعات با استفاده از ویسکومتر موئین و بررسی اثر دما بر روی آن می‌باشد.

تئوری

ویسکوزیته خاصیتی از سیال است که بواسطه آن سیال در برابر اعمال هرگونه تنش برشی مقاومت می‌کند. نسبت تنش برشی به گرادیان سرعت یک مایع، ویسکوزیته دینامیک نامیده می‌شود که مقاومت در برابر جریان یا تغییر شکل مایع است. مقاومت در برابر جریان یک مایع تحت نیروی گرانش ویسکوزیته سینماتیک نامیده می‌شود. ویسکوزیته سینماتیک برابر است با ویسکوزیته مطلق سیال در دمای مشخص تقسیم بر دانسیته سیال در همان دما:

$$\nu = \mu / \rho$$

روش های مختلفی برای اندازه گیری ویسکوزیته سینماتیک وجود دارد که متداولترین آن استفاده از ویسکومتر موئین است. ویسکوزیته سینماتیک با استفاده از زمان جاری شدن و ثابت ویسکومتر که روی آن درج شده است، توسط معادله زیر محاسبه میگردد:

$$\nu = c \times t$$

c: ثابت کالیبراسیون ویسکومتر

v: گرادیان سینماتیک (mm^2/s)

t: زمان جاری شدن (s)

بنابراین در این آزمایش ابتدا با استفاده از پیکنومتر، دانسیته مایع مورد نظر را اندازه گیری کرده، سپس با استفاده از ویسکومتر موئین، ویسکوزیته سینماتیک مایع را در دمای مشخص تعیین نموده و در نهایت با دانستن دانسیته و ویسکوزیته سینماتیک، ویسکوزیته مطلق مایع مورد نظر را بدست می‌آوریم.

روش کار

الف) تعیین دانسیته مایع با استفاده از پیکنومتر

- ۱- پیکنومتر خالی و کاملاً تمیز را با استفاده از ترازوی آزمایشگاهی وزن کنید.
- ۲- مایع مورد نظر را تا حدی در پیکنومتر ریخته که با قرار دادن درپوش آن، مایع از لوله موئین درپوش سرریز گردد.

دستور کار آزمایشگاه نفت.....تعیین ویسکوزیته

- ۳- در صورت ریختن مایع بر روی جداره خارجی پیکنومتر، آنرا کاملاً تمیز نمائید.
- ۴- با استفاده از ترازوی آزمایشگاهی مجموع وزن پیکنومتر و مایع درون آنرا تعیین کرده و سپس وزن خالص مایع درون پیکنومتر را محاسبه نمائید.
- ۵- با استفاده از حجم پیکنومتر که بر روی آن قید شده و وزن خالص مایع درون آن، دانسیته مایع را محاسبه کنید.



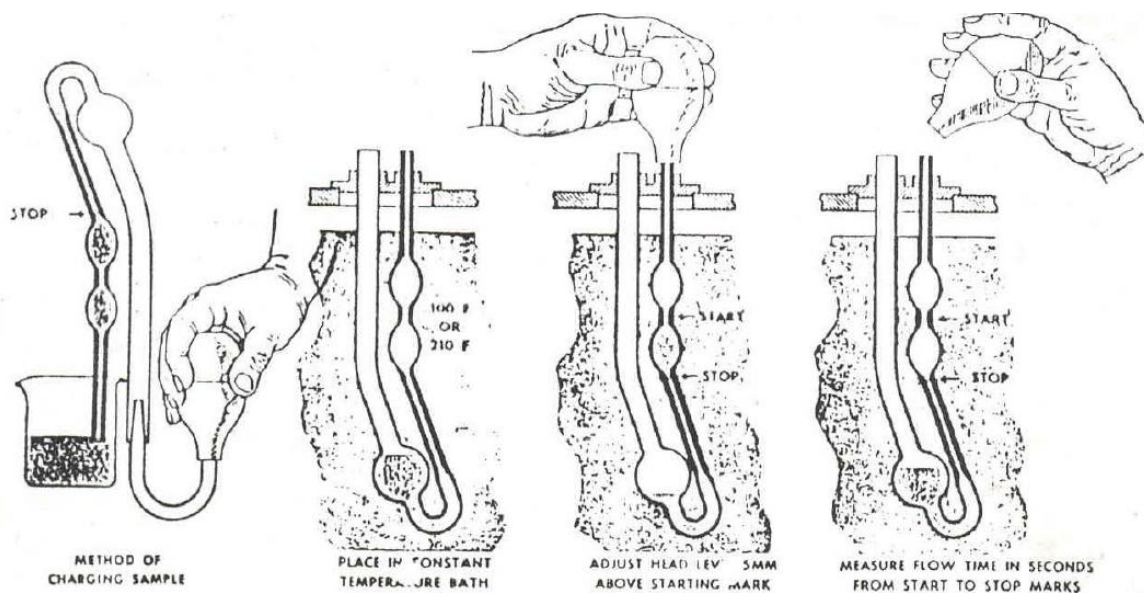
ب) تعیین ویسکوزیته سینماتیک با استفاده از ویسکومتر موئین

- ۱- ابتدا حمام دما ثابت را روشن کنید و دمای حمام را بر روی دمای مورد نظر تنظیم نمائید. برای انجام آزمایشات در دمای پایین و متوسط از حمام مخصوص بخود استفاده نمائید.
- ۲- یک ویسکومتر کالیبره شده را که گرانروی سینماتیک تخمین زده شده را در برگرد (قسمت موئین پهن تر برای مایعات با گرانروی بیشتر و قسمت مؤیین باریکتر برای مایعات با گرانروی کمتر) انتخاب نمایید بطوریکه زمان جریان کمتر از ۲۰۰ ثانیه نباشد.
- ۳- پس از انتخاب ویسکومتر مناسب آن را با حلال مناسب شسته و منتظر بمانید خشک شود.
- ۴- سپس دهانه باریک ویسکومتر را داخل ظرف محتوی نمونه کرده و دهانه دیگر را به پوآر متصل نمایید. به کمک پوآر نمونه مایع را وارد ویسکومتر کنید. هرگاه تا نیمه حباب بزرگ ویسکومتر از نمونه پر شد پوآر را جدا کرده و به کمک نگهدارنده ویسکومتر را داخل حمام قرار دهید.
- ۵- حدود ۱۰ دقیقه صبر نمایید تا دمای نمونه به دمای حمام برسد. سپس به کمک پوآر نمونه را تا بالاتر از خط نشان اول بالا بکشید.

دستور کار آزمایشگاه نفت.....تعیین ویسکوزیته

۶- به کمک کرنومتر زمان لازم برای عبور مایع از خط نشان اول به دوم را برحسب ثانیه اندازه گرفته و یادداشت نمایید.

۷- مجدداً آزمایش را با تغییر دمای حمام دما ثابت انجام دهید.

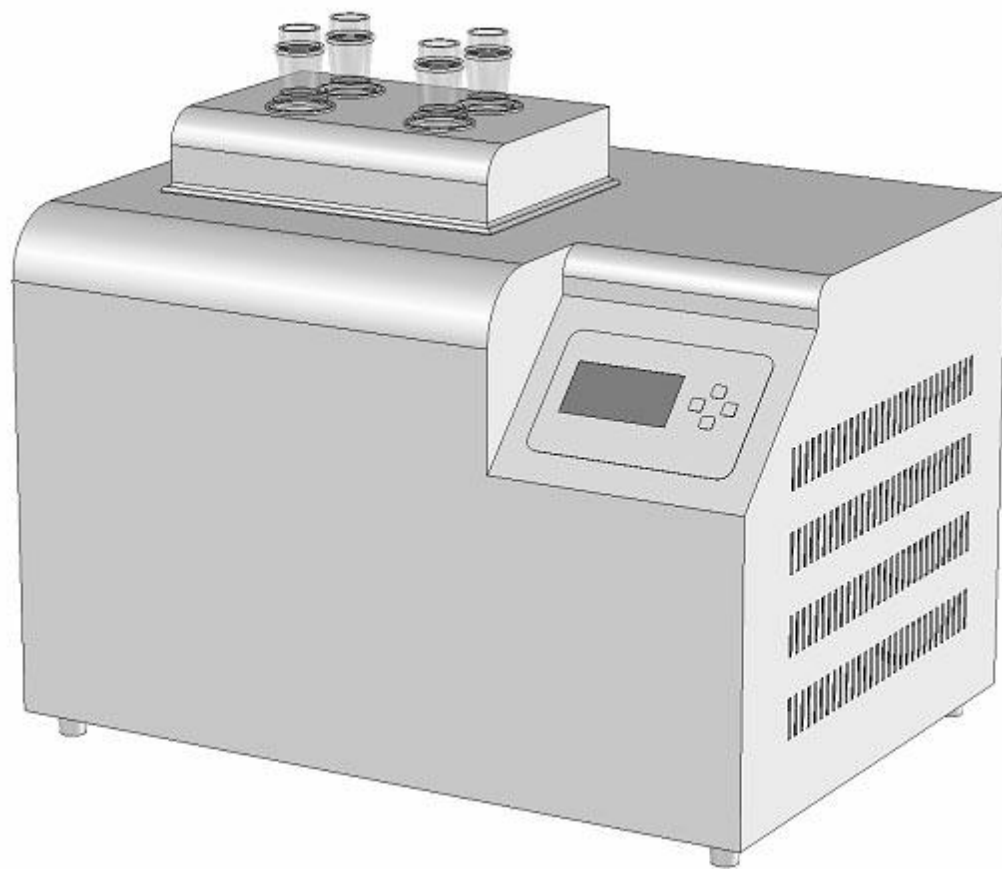


مراحل انتقال نمونه مایع به ویسکومتر موئین

سوالات

- ۱- دانسیته، ویسکوزیته سینماتیک و ویسکوزیته مطلق نمونه مورد آزمایش را در دماهای مختلف بدست آورید.
- ۲- تاثیر تغییرات دما و فشار در مایعات و گازها را بر روی ویسکوزیته دینامیک (مطلق) و سینماتیک بررسی کنید.
- ۳- روش های مختلف اندازه گیری دانسیته مواد را شرح دهید.
- ۴- انواع ویسکومتر و اصول عملکرد آنها را شرح دهید.
- ۵- شاخص گرانروی چیست؟
- ۶- مشخصه روغن موتور خودروها بر اساس استاندارد SAE چگونه نشان داده می شود؟
- ۷- منابع محتمل ایجاد خطا در آزمایش را نام ببرید.

اندازه گیری نقطه ابری شدن و نقطه ریزش فرآورده های نفتی



هدف

هدف از این آزمایش تعیین نقطه ابری شدن و نقطه ریزش فرآورده‌های نفتی با استفاده از یک حمام دما پایین می‌باشد.

تئوری

نقطه ریزش یک نمونه نفتی نشان دهنده پایین ترین دمایی است که نمونه می تواند برای کاربردهای مشخص، کارایی داشته باشد. هرگاه نمونه نفتی بدون تکان دادن، سرد گردد به درجه حرارتی می رسیم که در آن میکرو کریستال‌ها شروع به تشکیل شدن کرده و موجب ایجاد کدورتی در نمونه می شود، که به آن نقطه ابری شدن گفته می شود. با ادامه عمل سرد کردن به درجه حرارتی می رسیم که در آن اگر لوله آزمایش را به حالت افقی قرار دهیم، نمونه دیگر در آن جابجا نشده و نمی ریزد، که به این نقطه، نقطه ریزش گفته می‌شود. حال اگر لوله آزمایش را به ملایمت گرم نماییم لحظه ای می رسد که نمونه در لوله سیالیت خود را باز می‌یابد، درجه حرارت مربوط به این تغییر حالت را نقطه جاری شدن گویند. درجه حرارت نقطه جاری شدن اغلب چند درجه بالاتر از درجه حرارت نقطه ریزش نمونه می باشد. دانستن این نقطه به شناسایی نسبت درصد پارافین ها در روغن یا نسبت درصد هیدروکربن های با نقطه انجماد بالا (به ویژه هنگام پمپاژ در زمستان) کمک می نماید.

روش کار

الف) تعیین نقطه ابری شدن

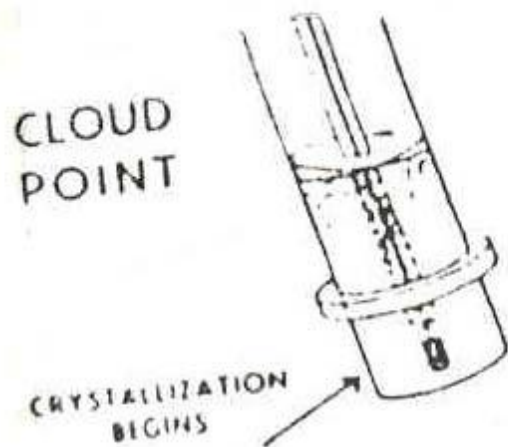
۱- ظرف آزمایش را تا خط نشانه از نمونه پر کنید. در ظرف را به وسیله درپوش آن، که دماسنج در سوراخ آن قرار گرفته است، ببندید. موقعیت دماسنج را به گونه ای تنظیم کنید که حباب دماسنج در انتهای ظرف قرار گیرد.

۲- حمام سرد کننده را روشن کنید. ظرف نمونه را داخل حمام قرار دهید.

۳- در زمان‌هایی که درجه حرارت مضربی از 1°C است ظرف آزمایش را از حمام بیرون بیاورید و تشکیل ابر را بررسی کنید و سپس ظرف را در حمام قرار دهید. توجه کنید هنگام برداشتن و گذاشتن ظرف در حمام، اغتشاشی در نمونه ایجاد نشود. زمان بیرون ماندن ظرف نمونه برای مشاهده نقطه ابری شدن نباید بیش از ۳ ثانیه باشد. در غیر اینصورت نمونه گرم شده و خطا ایجاد می شود.

دستور کار آزمایشگاه نفت.....نقطه ابری شدن و ریزش

۴- این کار را تا زمانی تکرار کنید که اولین کریستال‌ها، در اثر سرد شدن پیوسته، در انتهای ظرف دیده شود. این دما را به عنوان نقطه ابری شدن یادداشت کنید.



۵- پس از اتمام آزمایش دماسنج را از ظرف محتوی ماده مورد آزمایش جدا نموده، نمونه را از ظرف خارج نمایید و ظرف و دماسنج را به کمک حلال مناسب شستشو دهید.

ب) تعیین نقطه ریزش

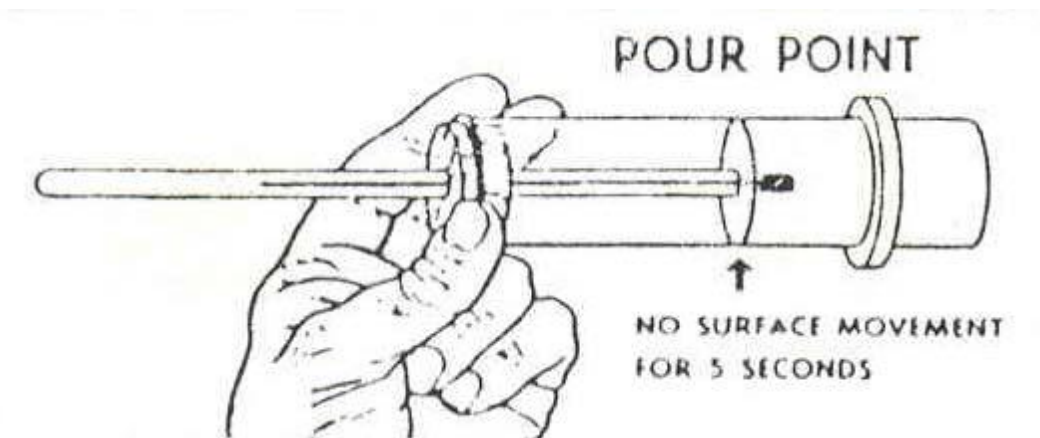
۱- ظرف نمونه را تا خط نشان از نمونه موردنظر پر کنید. در ظرف را به وسیله درپوش آن، که دماسنج در سوراخ آن را گرفته، ببندید. موقعیت دماسنج باید به گونه ای تنظیم شود که حباب دماسنج تقریباً ۳ میلی‌متر زیر سطح نمونه باشد.

۲- حمام سرد کننده را روشن کنید. ظرف نمونه را داخل حمام سرد کننده قرار دهید.

۳- در زمان‌هایی که درجه حرارت مضربی از ۳ است ظرف نمونه را از حمام بیرون بیاورید و در موقعیت افقی نگه دارید و به دقت به نمونه نگاه کنید. در صورتیکه نمونه هر گونه حرکتی داشت، دوباره بلافاصله ظرف را در حمام قرار داده و این مشاهدات را برای دمای بعدی که 3°C پایین تر از دمای فعلی است، تکرار کنید.

۴- هرگاه ظرف در موقعیت افقی به مدت ۵ ثانیه قرار گرفت و هیچ حرکتی نداشت، دمای مشاهده شده را بعلاوه ۳ نموده و حاصل را بعنوان نقطه ریزش نمونه یادداشت کنید.

۵- پس از اتمام آزمایش دماسنج را از ظرف محتوی ماده مورد آزمایش جدا نموده، نمونه را از ظرف خارج نمایید و ظرف و دماسنج را به کمک حلال مناسب شستشو دهید.



سوالات

- ۱- نقطه ابری شدن و نقطه ریزش نمونه مورد آزمایش را گزارش کنید.
- ۲- منابع محتمل ایجاد خطا در آزمایش را نام ببرید.
- ۳- جهت افزایش دقت اندازه گیری نقطه ابری شدن چه راهکاری را پیشنهاد می نمائید.
- ۴- کاربرد و اهمیت تعیین نقطه ریزش و نقطه ابری شدن به خصوص در مورد روغن موتور و سوخت ها در چیست؟
- ۵- چرا برای آزمایش نقطه ریزش و نقطه ابری موقعیت دماسنج متفاوت است؟
- ۶- آیا مقدار نمونه داخل ظرف در نتیجه آزمایش تأثیری دارد؟
- ۷- چرا از شروع انجماد تا پایان آن دما ثابت نیست و کاهش می یابد؟