

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

کارگاه فرآیندهای شیمیایی

رشته صنایع شیمیایی

زمینه صنعت

شاخه آموزش فنی و حرفه‌ای

شماره درس ۲۴۱۳

کارگاه فرآیندهای شیمیایی/ مؤلفان: ساسان صدرائی نوری ... [و دیگران]. - تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۴.	۵۴۲ ک ۱۴۷
۷۴ ص. : مصور. - (آموزش فنی و حرفه‌ای؛ شماره درس ۲۴۱۳)	۱۳۹۴
متون درسی رشته صنایع شیمیایی، زمینه صنعت.	
برنامه‌ریزی و نظارت، بررسی و تصویب محتوا: کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشته صنایع شیمیایی دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش وزارت آموزش و پرورش.	
۱. شیمی - فرآیندها. الف. صدرائی نوری، ساسان. ب. ایران. وزارت آموزش و پرورش. کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشته صنایع شیمیایی. ج. عنوان. د. فروست.	

همکاران محترم و دانش آموزان عزیز :

پیشنهادات و نظرات خود را درباره محتوای این کتاب به نشانی

تهران - صندوق پستی شماره ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و

حرفه‌ای و کار دانش، ارسال فرمایند.

info@tvoccd.sch.ir

پیام‌نگار (ایمیل)

www.tvoccd.sch.ir

وب‌گاه (وب سایت)

این کتاب در سال تحصیلی (۸۹ - ۸۸) براساس نظرها و پیشنهادهای هنرآموزان سراسر کشور پس از تأیید در کمیسیون تخصصی رشته صنایع شیمیایی بازنگری و اصلاح شده است.

وزارت آموزش و پرورش

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش

نام کتاب : کارگاه فرآیندهای شیمیایی - ۴۵۹/۲

مؤلفان : ساسان صدرائی نوری (فصل‌های اول الی هفتم)، ناصر رضائی شوشتری (فصل‌های هشتم الی دوازدهم)،

غلامرضا شادبختی (فصل سیزدهم)، فرشته رضائی (فصل چهاردهم) و رسول خلیل‌زاده (فصل پانزدهم)

اعضای کمیسیون تخصصی : محمدرضا ارشدی، اعظم صفاری، مرضیه‌گرد، طیبه کنشلو و سیدابوالحسن حسینی

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

تهران : خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن : ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

وب‌سایت : www.chap.sch.ir

صفحه‌آرا : زهره بهشتی شیرازی

طراح جلد : فریبا زرین‌قلم

ناشر : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران - تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروپخش)

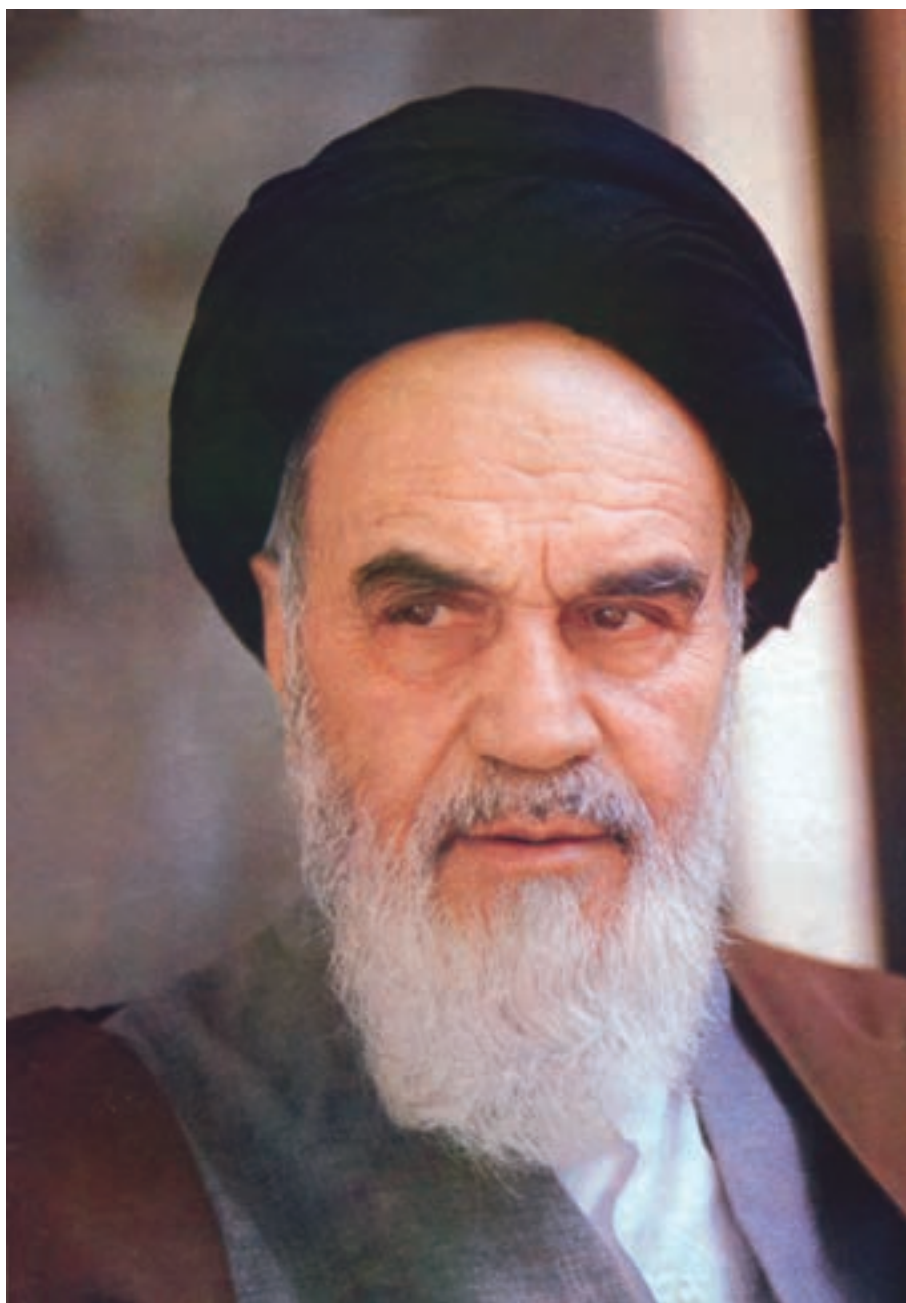
تلفن : ۴۴۹۸۵۱۶۱-۵، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۱۳۹-۳۷۵۱۵

چاپخانه : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»

سال انتشار و نوبت چاپ : چاپ چهاردهم ۱۳۹۴

حقی چاپ محفوظ است.

شابک ۹-۱۱۴۳-۵-۹۶۴ ISBN 964-05-1143-9



شما متوقع نباشید که همین امروز بتوانید طیاره درست کنید، میگ درست کنید. البته الان نمی شود؛ اما مایوس نباشید از این که نمی توانیم درست کنیم. باید بیدار شوید، بروید دنبال این که آن صنایع پیشرفته را خودتان درست کنید. وقتی این فکر در یک ملتی پیدا شد و این اراده در یک ملتی پیدا شد کوشش می کند و دنبال کوشش، این مطلب حاصل می شود. یأس از جنود ابلیس است، یعنی شیطان ایشان را به یأس و می دارد... ما باید این جنود را کنار بزنیم و امید را که از جنود الله است در خودمان زنده کنیم.

امام خمینی

فهرست مطالب

۱	فصل اول : نقشه خوانی
۳	فصل دوّم : اندازه گیری نقطه ابری شدن و نقطه ریزش محصولات نفتی
۳	۲-۱- مقدمه
۳	۲-۲- وسایل مورد نیاز
۵	۲-۳- روش کار
	فصل سوم : اندازه گیری جرم ویژه، چگالی نسبی و درجه ا.پی.آی ترکیبات نفتی به کمک
۷	هیدرومتر
۷	۳-۱- مقدمه
۸	۳-۲- وسایل مورد نیاز
۹	۳-۳- روش کار
۱۰	۳-۴- روش های دیگر اندازه گیری جرم ویژه
۱۲	فصل چهارم : اندازه گیری نقطه اشتعال و نقطه احتراق محصولات نفتی
۱۲	۴-۱- مقدمه
۱۲	۴-۲- وسایل مورد نیاز
۱۴	۴-۳- روش کار
۱۵	۴-۴- ساخت دستگاه
۱۷	فصل پنجم : اندازه گیری فشار بخار به روش رد
۱۷	۵-۱- مقدمه
۱۸	۵-۲- وسایل مورد نیاز
۲۰	۵-۳- روش کار

۲۲	فصل ششم : تقطیر فرآورده های نفتی
۲۲	۶-۱- مقدمه
۲۲	۶-۲- وسایل مورد نیاز
۲۳	۶-۳- روش کار
۲۷	فصل هفتم : اندازه گیری گران روی مواد نفتی
۲۷	۷-۱- مقدمه
۲۹	۷-۲- وسایل مورد نیاز
۲۹	۷-۳- روش کار
۳۳	فصل هشتم : چربی گیری
۳۳	۸-۱- مقدمه
۳۳	۸-۲- چربی زدایی با حلال های آلی
۳۴	۸-۲-۱- چربی گیری به صورت غوطه وری در حلال آلی (کار اول)
۳۴	۸-۲-۲- چربی گیری در بخار حلال آلی (کار دوم)
۳۴	۸-۳- چربی زدایی با چربی گیرهای قلیایی
۳۴	۸-۳-۱- برای قطعات آهنی (کار سوم)
۳۵	۸-۳-۲- برای قطعات آلومینیومی (کار چهارم)
۳۶	۸-۴- کنترل کیفیت سطوح چربی گیری شده
۳۶	۸-۴-۱- آزمایش گسستگی لایه آب (کار پنجم)
۳۸	فصل نهم : پوسته زدایی با اسیدشویی
۳۸	۹-۱- مقدمه
۳۸	۹-۲- اسیدشویی قطعات آهنی
۳۹	۹-۳- اسیدشویی قطعات آلومینیومی
۴۰	۹-۴- تمیزکاری مکانیکی
۴۱	فصل دهم : آماده سازی سطوح آلومینیومی برای رنگ کاری
۴۱	۱۰-۱- مقدمه
۴۱	۱۰-۲- آماده سازی شیمیایی آلومینیوم برای رنگ کاری (کار دهم)
۴۳	فصل یازدهم : آبکاری نیکل
۴۳	۱۱-۱- مقدمه

۴۳	۱۱-۲- ترکیب وان‌های آبکاری نیکل از نوع وات
۴۴	۱۱-۳- آبکاری نیکل روی قطعات آهنی (کار یازدهم)
۴۶	فصل دوازدهم : آبکاری مس
۴۶	۱۲-۱- مقدمه
۴۷	۱۲-۲- آبکاری مس روی قطعات آهنی (کار دوازدهم)
۴۸	۱۲-۳- سیاه قلم مس (کار سیزدهم)
۴۹	فصل سیزدهم : رنگ
۴۹	۱۳-۱- مقدمه
۵۲	۱۳-۲- تعیین نوع و درجهٔ ته‌نشینی (رسوب)
۵۲	۱۳-۳- بررسی وضع ظاهری رنگ در قوطی یا ظرف مربوطه
۵۳	۱۳-۴- رویه بستن
۵۳	۱۳-۵- تعیین گران روی
۵۴	۱۳-۶- تعیین دانه‌بندی (اندازه‌گیری درجهٔ پخش شدن رنگدانه)
۵۴	۱۳-۷- سازگاری با رقیق‌کننده
۵۴	۱۳-۸- تعیین میزان پوشاندگی رنگ (قدرت اختفا یا پنهان‌کنندگی)
۵۵	۱۳-۹- اندازه‌گیری ضخامت فیلم تر (WFT)
۵۵	۱۳-۱۰- مقاومت در برابر شوره کردن و موجی شدن رنگ
۵۵	۱۳-۱۱- ضرورت آماده‌سازی سطح قبل از اعمال رنگ
۵۶	۱۳-۱۲- اندازه‌گیری زمان خشک شدن سطحی فیلم رنگ
۵۶	۱۳-۱۳- تعیین خشک شدن کامل
۵۷	۱۳-۱۴- خصوصیات کاربرد رنگ با قلم مو
۵۷	۱۳-۱۵- خصوصیات کاربرد رنگ با رنگ‌پاش
۶۰	۱۳-۱۶- خصوصیات کاربرد چند دست رنگ
۶۰	۱۳-۱۷- تعیین رنگ ظاهری (فام)
۶۰	۱۳-۱۸- تعیین براقیت
۶۰	۱۳-۱۹- اندازه‌گیری ضخامت فیلم خشک
۶۲	۱۳-۲۰- تعیین چسبندگی فیلم خشک به روش برش متقاطع یا صلیبی
۶۴	۱۳-۲۱- اندازه‌گیری سختی فیلم خشک رنگ
۶۵	فصل چهاردهم : چسب
۶۵	۱۴-۱- مقدمه

۶۵	۱۴-۲- تهیه چسب PVC
۶۷	۱۴-۳- چسباندن قطعات از جنس PVC به کمک چسب PVC
۶۷	۱۴-۳-۱- دامنه کاربرد
۶۷	۱۴-۳-۲- نحوه چسباندن قطعات لوله‌های پولیکا توسط چسب PVC
۶۸	فصل پانزدهم : تخمیر
۶۸	۱۵-۱- کشت میکرورها
۶۸	۱۵-۱-۱- مقدمه
۶۸	۱۵-۱-۲- مواد و وسایل مورد نیاز
۶۹	۱۵-۱-۳- روش کار
۶۹	۱۵-۲- میکرورها و تهیه نان
۶۹	۱۵-۲-۱- مقدمه
۷۰	۱۵-۲-۲- مواد و وسایل مورد نیاز
۷۰	۱۵-۲-۳- روش کار
۷۱	۱۵-۳- تهیه ماست
۷۱	۱۵-۳-۱- مقدمه
۷۱	۱۵-۳-۲- مواد و وسایل لازم
۷۲	۱۵-۳-۳- روش کار
۷۲	۱۵-۴- تهیه پنیر
۷۲	۱۵-۴-۱- مقدمه
۷۲	۱۵-۴-۲- مواد و وسایل مورد نیاز
۷۳	۱۵-۴-۳- روش کار
۷۴	فهرست منابع

مقدمه

بهترین روش جهت آشنایی عملی با فرآیندهای مختلف، کارآموزی در کارگاه‌ها و کارخانه‌های صنایع شیمیایی است. اما از آنجا که غالباً امکان انجام کارآموزی برای همه هنرجویان میسر نمی‌شود در فصل اول این کتاب به بهانه نقشه خوانی و رسم نقشه‌های فرآیندی، بازدید از یکی از صنایع شیمیایی نیز پیش‌بینی شده است. هدف اول از این بازدید، آشنایی هنرجویان با برخی فرآیندهای شیمیایی و مشاهده دستگاه‌های صنعتی از نزدیک است. علاوه بر آن هنرجویان می‌توانند در محیط صنعتی آموخته‌های خود را در خصوص رسم یا خواندن نقشه‌های BFD و PFD به کار برند و با نقشه‌های P&ID نیز آشنا شوند.

فصل‌های دوّم تا هفتم، بعضی از مهم‌ترین روش‌های تعیین مشخصات محصولات نفتی را شرح می‌دهد. نتایج این آزمایش‌ها نه تنها در تعیین کیفیت محصولات نفتی اهمیت دارند، بلکه به عنوان معیاری در تعیین عملکرد دستگاه‌های پالایشگاه به کار می‌روند. در فصل‌های هشتم و نهم هنرجو عملاً با روش‌های آماده‌سازی سطح قبل از عملیات آبکاری، رنگ کاری یا چسب کاری تحت نام‌های «چربی‌گیری» و «پوسته‌زدایی با اسیدشویی» آشنا می‌شود. فصل دهم عملیات کارگاهی مربوط به آماده‌سازی سطوح آلومینیومی برای رنگ کاری را شرح می‌دهد. فصل‌های یازدهم و دوازدهم روش برپایی حمام آبکاری و انجام عملیات آبکاری نیکل و مس و ارزیابی پوشش به دست آمده را آموزش می‌دهد.

رنگ‌ها و چسب‌ها محصولات مهمی هستند که علاوه بر مصارف وسیع خانگی، کاربردهای متنوع صنعتی نیز دارند. فصل سیزدهم عملیات کارگاهی و آزمایش‌های کاربردی قبل و بعد از عملیات رنگ زدن را شرح می‌دهد. روش تهیه یک نوع چسب و نحوه کاربرد و مقایسه چسب‌ها با یکدیگر در فصل چهاردهم بیان شده است.

آزمایش‌های مربوط به نحوه کشت میکروب‌ها، تهیه نان و تهیه ماست، آخرین فعالیت‌های کارگاه فرآیندهای شیمیایی هستند که در فصل پانزدهم (تخمیر) گنجانده شده‌اند.

در انجام عملیات کارگاهی، اولین و مهم‌ترین نکته، رعایت مسائل ایمنی است. به هنگام کار با مواد مختلف، داشتن دستکش و لباس کار مخصوص، عینک و ماسک ایمنی و کفش مناسب کارگاه الزامی است.

در نگارش این کتاب سعی شده است مهم‌ترین عملیات کارگاهی در رابطه با فرآیندهای شیمیایی انتخاب شده و آزمایش‌ها به گونه‌ای طراحی شوند که با حداقل امکانات در محیط‌های هنرستانی قابل اجرا باشند.

هدف کلی

پس از پایان این درس از هنرجو انتظار می‌رود که اطلاعات و مهارت‌های کارگاهی، عملیاتی و تجربی اولیه را در مورد برخی محصولات و فرآیندهای صنایع معدنی، نفت، پتروشیمی و بیوشیمی به دست آورده باشد.

نقشه خوانی

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که بتواند :
BFD و PFD را برای فرآیندهای مختلف بخواند یا رسم نماید.

در فصل اول کتاب فرآیندهای شیمیایی با PFD^۱ و علامت‌هایی که در آن به کار می‌رود آشنا شدید. همان‌طور که می‌دانید P&ID^۲ نقشه‌ای است که براساس PFD ترسیم می‌شود؛ به عبارت بهتر P&ID همان PFD است که جزئیات لوله‌کشی و نحوه‌ی کنترل فرآیند و ابزار دقیق به کار رفته، به آن اضافه شده است. در این فصل می‌خواهیم نمونه‌های بیشتری از PFD را مطالعه کنیم. **فعالیت ۱:** در صورت امکان، دانش‌آموزان به همراه معلم خود از یک کارخانه‌ی شیمیایی در منطقه‌ی استقرار هنرستان بازدید کنند و با استفاده از اطلاعات به‌دست آمده BFD^۳ و PFD فرآیند را رسم نمایند. سپس نقشه‌ی خود را با نقشه‌های موجود در کارخانه مقایسه کنند. در نهایت نقشه‌ی P&ID کارخانه را به کمک مهندسان شاغل در کارخانه و معلم خود به شکل سطحی مرور نمایند.

فعالیت ۲: عکس‌های روی جلد و پایان این فصل کارخانه‌ی تولید نرمال پنتان را که در کنار پالایشگاه کرمانشاه نصب و راه‌اندازی شده نشان می‌دهد. کلیه‌ی مراحل شامل قسمت‌های آزمایشگاهی، طراحی، ساخت، نصب و راه‌اندازی این کارخانه که در سال ۱۳۸۴ به بهره‌برداری رسید توسط پژوهشگران و مهندسين پژوهشگاه صنعت نفت اجرا شده است. نقشه‌ی PFD پیوست این کتاب بخش‌هایی از کارخانه را نشان می‌دهد. خوراک کارخانه نفتای سبک می‌باشد که از پالایشگاه کرمانشاه تأمین می‌شود و شامل هیدروکربنهای ۵ تا ۷ کربنی می‌باشد. ابتدا در برج اول برش پنتان (شامل نرمال پنتان و ایزومرهای شاخه‌ای آن) از هیدروکربنهای سنگین‌تر جدا می‌شود. سپس در برج دوم نرمال پنتان به صورت خالص از بقیه ایزومرهایش جدا می‌گردد. هنرجویان در گروه‌های سه نفره موارد زیر را انجام دهند :

الف) هر گروه جدولی تهیه کنند که در ستون اول شماره‌ی دستگاه و در ستون دوم نام دستگاه به انگلیسی نوشته شود. جدول روبرو می‌تواند به عنوان الگو مورد استفاده قرار گیرد.

نام دستگاه به انگلیسی	شماره‌ی دستگاه
Pentane Product Tank	Tk - 103
Splitter Bottom cooler	E - 110

۱- Process Flow Diagram

۲- Piping & Instrumentation Diagram

۳- Block Flow Diagram

تذکر: چون نقشه‌های PBD، PFD و P&ID براساس استانداردهای مختلف نظیر DIN، ASTM و... رسم می‌شوند ممکن است علامت‌های نقشه‌های پیوست با آنچه که در فصل اول کتاب فرآیندهای شیمیایی آورده شده است در بعضی نکات با یکدیگر تفاوت داشته باشند. البته این نقشه‌ها معمولاً توضیحات کافی را بر روی خود دارند و با کمی دقت می‌توان به درک آن‌ها دست یافت.

ب) مسیر حرکت مواد را دنبال کرده آن‌ها را یادداشت نمایند. سپس به توضیحات معلم در خصوص نحوه‌ی کار هر دستگاه و علت انتخاب آن گوش نمایند و در نهایت شرح فرآیند را بنویسند.

پ) ابتدا معلم چند نمونه از حلقه‌های کنترل را شرح دهد، سپس هر گروه دور حلقه‌های کنترل را با رنگ قرمز دایره کشیده و در هر مورد مشخص کند که چه کمیتی و چگونه کنترل می‌شود.

اندازه‌گیری نقطه‌ی ابری شدن^۱ و نقطه‌ی ریزش^۲ محصولات نفتی

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

- ۱- نقطه‌ی ابری شدن و نقطه‌ی ریزش محصولات نفتی را تعریف کند و اهمیت آن‌ها را شرح دهد.
- ۲- نقطه‌ی ابری شدن و نقطه‌ی ریزش یک نمونه گازوئیل را تعیین کند.

۲-۱- مقدمه

این آزمایش بر روی محصولاتی نظیر گازوئیل^۳، نفت کوره^۴ و انواع روغن‌های موتور^۵ انجام می‌شود. باید توجه داشت که هدف از انجام این آزمایش تعیین نقطه‌ی انجماد نمونه‌ی موردنظر نیست، بلکه تعیین کوچک‌ترین دمایی است که از آن دما بالاتر، می‌توان با اطمینان از محصول نفتی استفاده نمود، بدون آن‌که آن محصول ببندد و روانی و سیالیت خود را از دست بدهد.

نقطه‌ی ریزش یکی از مهم‌ترین مشخصه‌های گازوئیل است. وجود پارافین‌های سنگین در گازوئیل سبب می‌شود که این سوخت در سرما سیالیت خود را از دست بدهد یا به عبارتی «ببندد». علت آن است که پارافین‌های سنگین زودتر از دیگر هیدروکربن‌ها منجمد می‌شوند. این آزمایش در حقیقت شاخصی از مقدار پارافین‌های سنگین در گازوئیل^۶ و در نهایت شاخصی از کیفیت عملیات پالایش و صحت عملکرد دستگاه‌های پالایش می‌باشد.

نقطه‌ی ریزش مشخصه‌ای است که برای مصرف‌کننده نیز بسیار اهمیت دارد. در سرمای زمستان، اگر نقطه‌ی ریزش گازوئیل به حد کافی پایین نباشد، گازوئیل سیالیت و روانی خود را از دست می‌دهد و در نتیجه در سیستم سوخت‌رسانی موتورهای دیزل گرفتگی ایجاد شده، عملاً موتور از کار می‌افتد.

با این مقدمه، نقطه‌ی ابری شدن و نقطه‌ی ریزش را به شکل ساده‌ی زیر تعریف می‌کنیم:

نقطه‌ی ابری شدن: به هنگام سرد کردن یک نمونه از محصولات نفتی، دمایی که در آن دما ابر یا هاله‌ای از کریستال‌های ترکیبات پارافینی ظاهر می‌شود، نقطه‌ی ابری شدن نام دارد.

نقطه‌ی ریزش: به هنگام سرد کردن یک نمونه از محصولات نفتی، پایین‌ترین دمایی که در آن دما، نمونه سیالیت و روانی خود را هنوز حفظ کرده است، نقطه‌ی ریزش نام دارد.

توجه دارید که از جنبه‌ی مصرف یک فرآورده‌ی نفتی، نظیر گازوئیل، نقطه‌ی ریزش اهمیت بیش‌تری نسبت به نقطه‌ی ابری شدن دارد، اما در یک آزمایش هر دو مشخصه اندازه‌گیری می‌شوند.

۲-۲- وسایل موردنیاز

شکل ۲-۱ تجهیزات موردنیاز برای اندازه‌گیری نقطه‌ی ابری شدن و نقطه‌ی ریزش را نشان می‌دهد که شامل قسمت‌های

۱- Cloud Point

۳- Gas oil

۵- Lub oil

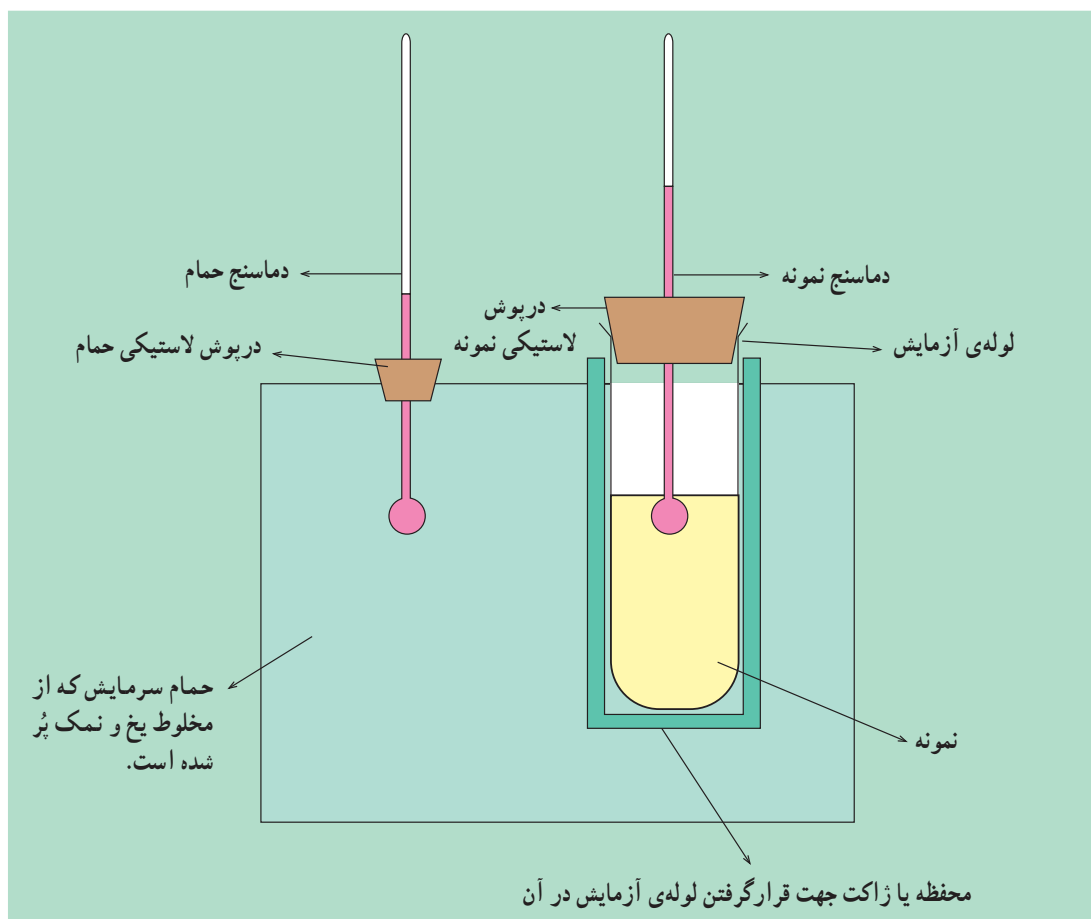
۲- Pour Point

۴- Fuel oil

۶- به مقدار هیدروکربن‌های سنگین در گازوئیل، Wax Content می‌گویند.

زیر است :

- لوله‌ی آزمایش از جنس شیشه به ارتفاع حدود ۱۱/۵ تا ۱۲/۵ سانتی‌متر و قطر داخلی حدود ۳ تا ۳/۴ سانتی‌متر، مجهز به درپوش لاستیکی یا چوب‌پنبه. در وسط درپوش سوراخی جهت عبور دماسنج ایجاد شده است.
- دو عدد دماسنج جیوه‌ای که محدوده‌ی دمایی $C - 38$ تا $C 50$ (حدود $F - 36$ تا $F 120$) را نشان دهند. یکی از دماسنج‌ها در داخل حمام و دیگری در داخل نمونه قرار می‌گیرد.



شکل ۱-۲- وسایل اندازه‌گیری نقطه‌ی ابری شدن و نقطه‌ی ریزش

- حمام سرمایش که نوع و ابعاد آن دلخواه است. این حمام می‌تواند مجهز به یک سیستم سرمایش مکانیکی (سیکل سرمایش یخچال) باشد یا یک ظرف ساده‌ی آزمایشگاهی باشد که با مخلوط یخ و نمک پُر شده است. در هر صورت حمام باید دو ویژگی اصلی داشته باشد :

- ۱- بتواند دمای نمونه را تا حد کافی پایین بیاورد.
- ۲- لوله‌ی آزمایش به‌طور کامل و به شکل عمودی در داخل حمام قرار گیرد و به آسانی از آن خارج شود. ضمناً هنگامی که لوله‌ی آزمایش در حمام قرار می‌گیرد، دماسنج باید خارج حمام باشد تا بتوان به آسانی کاهش دما را مشاهده کرد. در صورت ساخت یک حمام ساده در کارگاه، پیشنهاد می‌شود یک محفظه یا ژاکت فلزی که قطر آن کمی بیش از قطر لوله‌ی آزمایش است در داخل حمام پیش‌بینی شود. به گونه‌ای که لوله‌ی آزمایش به آسانی در داخل آن قرار گرفته یا برداشته شود. بسته به نوع نمونه‌ی مورد آزمایش و دمای موردنظر می‌توان از مخلوط‌های ذکر شده در جدول ۱-۲ استفاده کرد.

جدول ۱-۲- چند نوع مخلوط جهت استفاده در حمام‌های سرمایش

نوع مخلوط	مناسب ایجاد سرما تا دمای
مخلوط آب و یخ	۱۰ C (۵۰ F)
مخلوط یخ خرد شده و کریستال‌های نمک سدیم کلرید	۱۲ C - (۱۰ F)
مخلوط یخ خرد شده و کریستال‌های نمک کلسیم کلرید	۲۶ C - (۱۵ F)
مخلوط یخ خشک و استن یا نفتا	۵۷ C - (۷۰ F)

۲-۳- روش کار

نمونه‌ی مورد نظر (گازوییل) را در داخل لوله‌ی آزمایش بریزید به گونه‌ای که حدود $\frac{1}{3}$ تا $\frac{1}{4}$ از لوله را پُر کند. یکی از دماسنج‌ها را از داخل سوراخ درپوش عبور داده، درپوش را روی لوله‌ی آزمایش قرار دهید. مخزن دماسنج باید در زیر سطح مایع (۳ میلی‌متر پایین‌تر از سطح مایع) قرار گیرد. سپس این مجموعه را در داخل حمام سرمایش قرار دهید (شکل ۱-۲). دقت داشته باشید که دماسنج و لوله‌ی آزمایش به شکل عمودی در حمام قرار گیرند.

با کاهش هر ۳ C (یا ۵ F)، لوله‌ی آزمایش را از حمام بیرون آورده و آن را بررسی کنید. دمایی که در آن، ابر یا هاله، در داخل نمونه (گازوییل) ظاهر شد، نقطه‌ی ابری شدن است، آن دما را یادداشت کنید و دماسنج را به انتهای لوله‌ی آزمایش رسانده لوله را به داخل حمام برگردانده و عمل سرد کردن را ادامه دهید. از این به بعد، هر بار که لوله‌ی آزمایش را از حمام خارج می‌کنید، آن را کمی کج کرده و بررسی کنید که آیا نمونه (گازوییل) هنوز روان است و می‌ریزد یا خیر. دمایی که در آن، با کج کردن لوله‌ی آزمایش، نمونه روان نشود (که در این صورت می‌گوییم نمونه بسته است) نقطه‌ی ریزش است. آن را یادداشت کنید.

علت آن که با کاهش هر ۳ C (۵ F) لوله‌ی آزمایش را از حمام خارج کرده و مورد بررسی قرار می‌دهیم آن است که نمونه باید فرصت کافی داشته باشد تا در داخل حمام حرارت از دست داده و کریستال‌ها تشکیل شوند.

عددی که به عنوان نقطه‌ی ریزش یادداشت شد، به همان شکل گزارش نمی‌شود و باید تصحیح گردد. بدین ترتیب که به منظور افزایش اعتماد و اطمینان به نتایج آزمایش و به دلیل آن که هر ۳ C (۵ F) کاهش دما یک بار نمونه مورد بررسی قرار می‌گیرد، ۳ C (۵ F) به نتایج آزمایش اضافه کرده و آن را به عنوان نتیجه‌ی نهایی گزارش کنید.

مثال: در یک آزمایش که به منظور تعیین نقطه‌ی ابری شدن و نقطه‌ی ریزش یک نمونه گازوییل انجام گرفت، مشاهدات زیر

گزارش شد:

دما (F)	نتیجه‌ی بررسی نمونه
۶۸	شروع آزمایش (دمای محیط) (اجازه می‌دهیم نمونه در حمام دمایش کاهش یابد)
۳۰	هیچ ابری یا هاله‌ای در نمونه ظاهر نشد (اولین بررسی)
۲۵	اولین کریستال‌ها به شکل ابر یا هاله در نمونه ظاهر شد، اگر لوله‌ی آزمایش را کمی کج کنیم، نمونه روان می‌شود.
۲۰	مقدار ابر یا هاله در نمونه افزایش یافته اما هنوز اگر لوله‌ی آزمایش را کمی کج کنیم نمونه روان می‌شود.
۱۵	ابر یا هاله تقریباً سراسر لوله‌ی آزمایش را فرا گرفته و اگر آن را کمی کج کنیم نمونه روان نمی‌شود.

براساس مشاهدات فوق، در نهایت نتایج زیر گزارش شد :

$$F 25 = \text{نقطه‌ی ابری شدن}$$

$$F 20 = 5 + 15 = \text{نقطه‌ی ریزش}$$

سؤال: در یک کارخانه که در منطقه‌ای سردسیر قرار دارد و دمای هوا در شب‌های زمستان به حدود $1^{\circ}C$ - می‌رسد، جهت انتقال سوخت (گازوییل) از مخازن به کوره‌ها توسط پمپ چه مشکلاتی پدید می‌آید؟ چه راه‌حلی برای رفع این مشکل پیشنهاد می‌کنید؟ نقطه‌ی ریزش گازوییل مورد استفاده $7^{\circ}C$ - است.

جواب: به دلیل پایین‌تر بودن دمای محیط از نقطه‌ی ریزش گازوییل، این سوخت در داخل مخازن و لوله‌های انتقال می‌بندد و عملاً سیالیت خود را از دست می‌دهد؛ در نتیجه پمپ نمی‌تواند آن را انتقال دهد.

جهت رفع این مشکل، باید لوله‌های انتقال و مخازن نگهداری گازوییل به نحوی حرارت داده شوند. معمولاً یک لوله با قطر کم را از کنار لوله‌ی انتقال سوخت عبور داده و هر دو را با عایق می‌پوشانند. آن‌گاه در زمستان، با عبور دادن بخار آب از داخل این لوله، لوله‌ی انتقال گازوییل را گرم کرده از بسته شدن گازوییل در لوله‌ها جلوگیری می‌کنند. به این عمل Steam Tracing گویند.

مثال‌های عددی: جدول ۲-۲ نقطه‌ی ابری شدن و نقطه‌ی ریزش چند نمونه از محصولات نفتی را نشان می‌دهد.

جدول ۲-۲- نقطه‌ی ابری شدن و نقطه‌ی ریزش گازوییل، نفت کوره و یک نوع روغن موتور

نام ماده	نقطه‌ی ابری شدن (F)	نقطه‌ی ریزش (F)
گازوییل	تابستان 4° زمستان 35°	تابستان 30° زمستان 25°
نفت کوره	-	تابستان 50° زمستان 30°
- روغن موتور (SAE-30)	-	(حداکثر) 0°

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 $60^{\circ}F$ ($15/5^{\circ}C$) 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 مورد نظر 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 مورد نظر در دمای $60^{\circ}F$ به جرم ویژه‌ی آب در دمای $60^{\circ}F$ » تعریف می‌کنند. رابطه‌ی زیر این تعریف را (با علامت‌های اختصاری) نشان می‌دهد:

$$sp\ gr\ 60/60^{\circ}F = \frac{\rho_{(60^{\circ}F)}}{\rho_{H_2O(60^{\circ}F)}} \quad (3-2)$$

چگالی نسبی ترکیب نفتی مورد نظر بر مبنای دمای $60^{\circ}F$ = $sp\ gr\ 60/60^{\circ}F$

$\rho_{(60^{\circ}F)}$ = جرم ویژه‌ی ترکیب نفتی مورد نظر در دمای $60^{\circ}F$

$\rho_{H_2O(60^{\circ}F)}$ = جرم ویژه‌ی آب (ماده‌ی مرجع) در دمای $60^{\circ}F$

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 :

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

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

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

تمرین ۱- اگر جرم ویژه‌ی یک محصول نفتی در دمای ۶۰ F برابر $59/24 \text{ lb/ft}^3$ باشد، چگالی نسبی $60/60 F$ 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 :

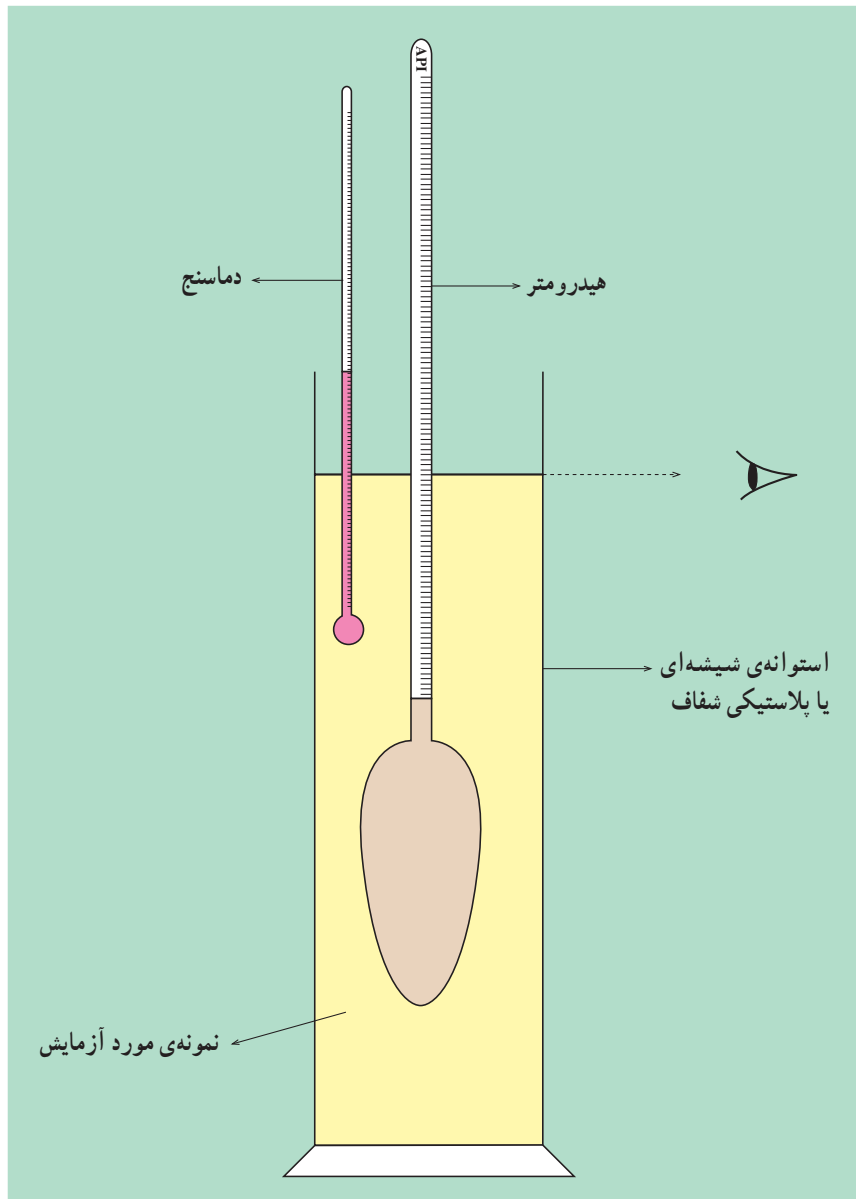
- هیدرومتر مناسب که برحسب جرم ویژه، چگالی نسبی یا درجه‌ی ای.پی. آی مدرج شده باشد. هیدرومترها وسایل شیشه‌ای با جرم و حجم استاندارد هستند که برحسب نوع نمونه، باید به‌گونه‌ای انتخاب شوند که در داخل مایع موردنظر غوطه‌ور شوند. مقدار نفوذ هیدرومتر در داخل مایع، نشان‌دهنده‌ی جرم ویژه مایع است. اگر هیدرومتر 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 $0 C$ تا $100 C$. در صورتی که حمام با محدوده‌ی دمایی ذکر شده موجود نباشد حمام $60 F$ ($15/5 C$) ترجیح داده می‌شود زیرا برای ترکیبات نفتی چگالی نسبی و API در $60 F$ 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 ($10 C$ - تا $120 C$ مناسب است). استوانه‌ی شیشه‌ای یا پلاستیکی شفاف جهت ریختن نمونه و قرار دادن هیدرومتر در آن. قطر داخلی این استوانه باید حداقل $2/5$ 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 موردنظر 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 موردنظر 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)

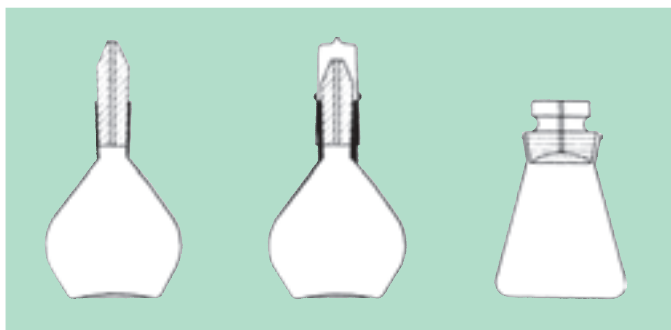
m = وزن پیکنومتر خالی - وزن پیکنومتر پُر (gr) = وزن نمونه

V = گنجایش پیکنومتر (cm^۳) = حجم نمونه

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 ۱۰ یا ۵ 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 ۵ 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 ۶۰/۶۰) 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 ۶۰ (C ۱۵/۵) 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/۱۵/۵ C
۰
۱۵/۵(۶۰ F)
۳۰
۴۵
۶۰
۷۵
۹۰

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/۱۵/۵ C
۰
۰/۲
۰/۴
۰/۶
۰/۸
۱

نام و سیله‌ی اندازه‌گیری

مثال‌های عددی: چگالی نسبی $\frac{۶۰ F}{۶۰ F}$ بنزین معمولی حداکثر ۰/۸۲ و گازوییل حدود ۰/۸۲ تا ۰/۸۶ می‌باشد. چگالی

نسبی $\frac{۲۵ C}{۲۵ C}$ قیر، بسته به نوع آن حدود ۰/۹۹ تا ۱/۰۶ 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

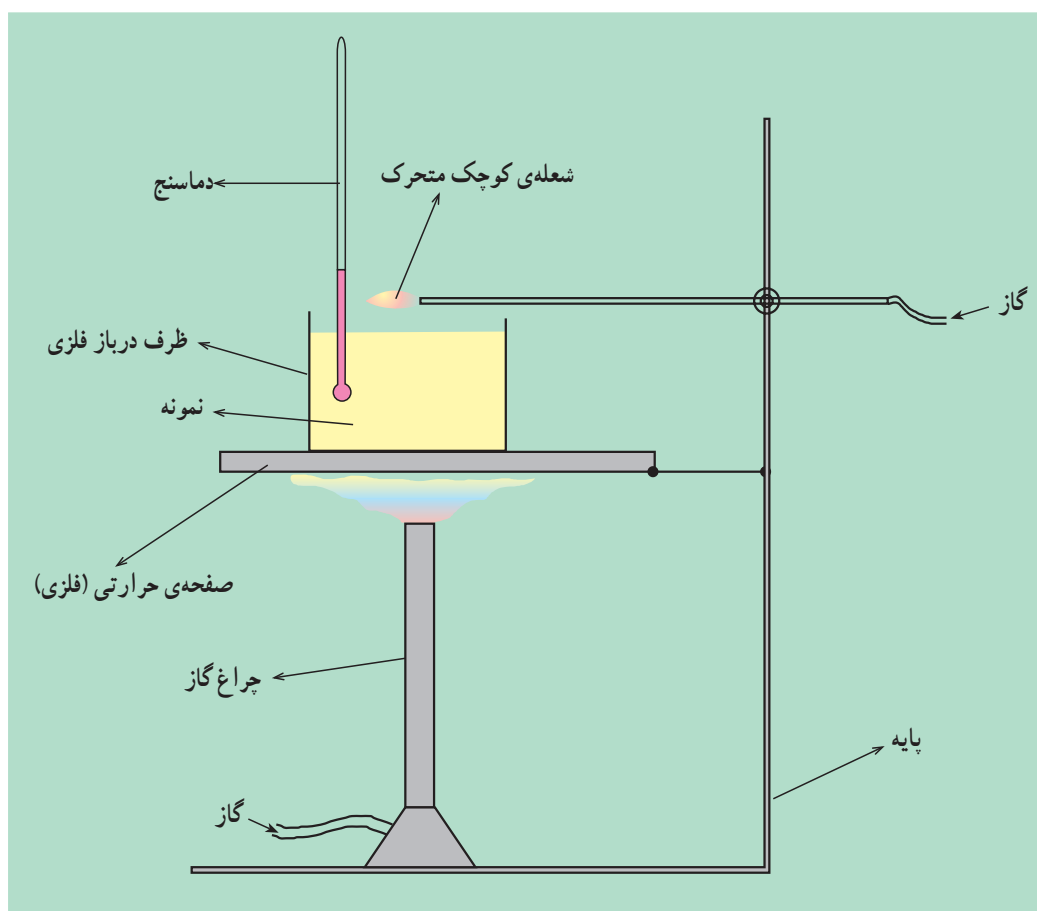
۴ - Closed cup

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

۳ - Jet Fuel

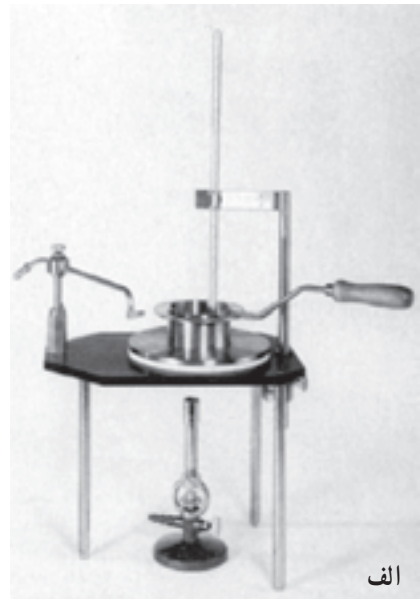
۵ - Fuel oil

۷ - Cleveland Open cup

۲ - Kerosene

۴ - Gas oil

۶ - Lub oil



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 ۸/۰ 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 15°C دمای نمونه افزایش یابد. وقتی که دمای نمونه به حدود 50°C کم‌تر از نقطه‌ی اشتعال تخمینی رسید، شدت حرارت را کاهش داده به گونه‌ای که در هر دقیقه حدود 5°C به دمای نمونه اضافه شود.

از حدود 30°C پایین‌تر از نقطه‌ی اشتعال تخمینی، با افزایش هر 2°C 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 5°C دما را افزایش داده و با افزایش هر 2°C 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، 2°C (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 5°C (۹ F) به دمای نمونه افزوده شود و با افزایش هر 2°C (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 2°C (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 760 mmHg تعریف شده‌اند. به همین منظور فشار کارگاه را اندازه‌گیری کرده و در صورتی که کمتر از 760 mmHg 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 $3/3$ و $6/8$ 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 به‌عنوان 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:

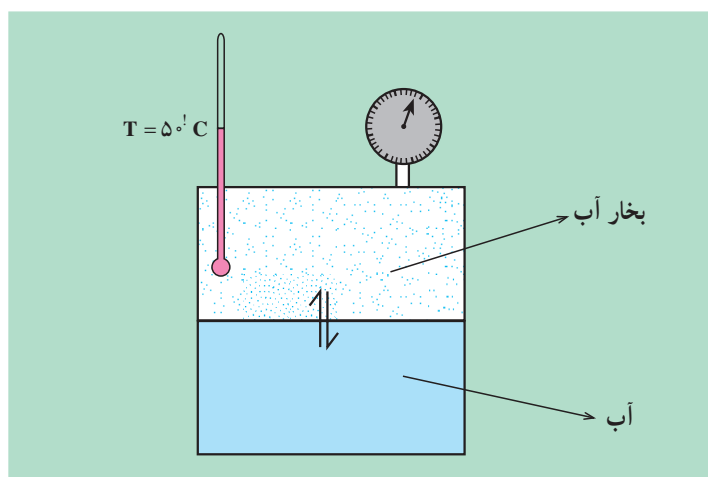
- ۱- فشار بخار مایعات را تعریف کرده و اهمیت آن را توضیح دهد.
- ۲- فشار بخار بنزین را به روش رد اندازه‌گیری کند.

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 T 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

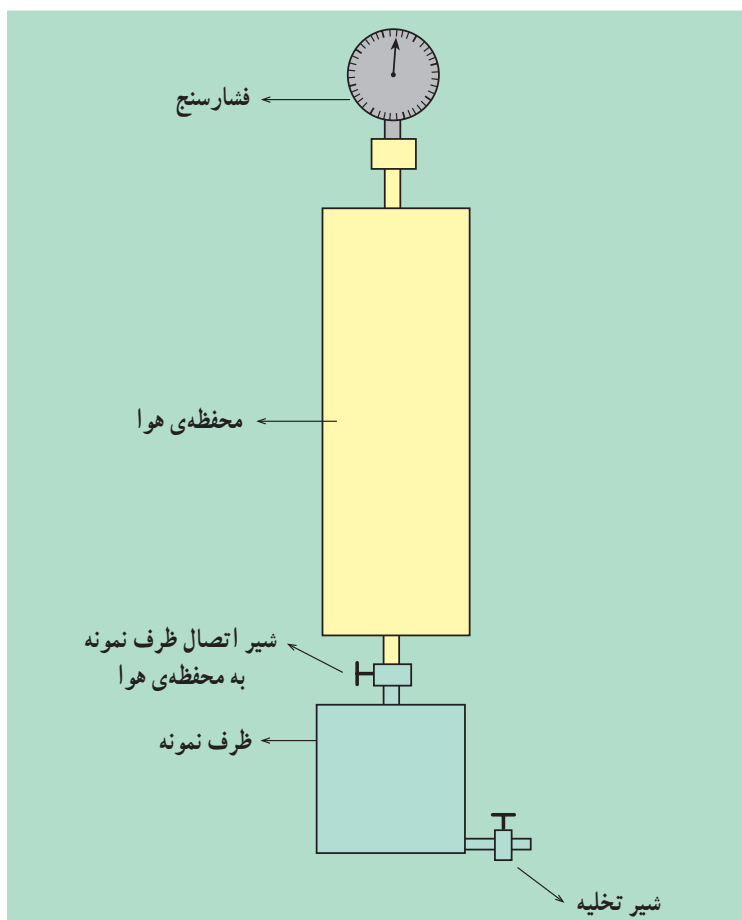
۳ — Reid Vapour Pressure

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

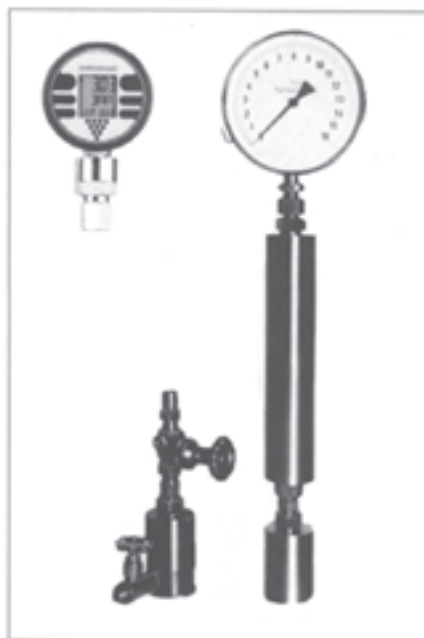
۱ - Liquid Chamber

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/in^۲ (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

تقطیر فرآورده‌های نفتی

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

- ۱- تقطیر ASTM را شرح دهد و اهمیت آن را بیان کند.
- ۲- منحنی تقطیر را بر اساس نتایج آزمایش رسم نماید.

۱-۶- مقدمه

این آزمایش که به تقطیر ASTM^۱ مشهور است، ساده‌ترین نوع تقطیر است که به منظور تعیین محدوده‌ی دمای جوش محصولات نفتی مختلف نظیر بنزین، نفتا، نفت سفید، گازوییل و سوخت کوره انجام می‌شود. می‌دانیم مواد خالص در فشار ثابت در یک دمای ثابت و معین می‌جوشند یعنی تا زمانی که آخرین قطره‌ی مایع تبخیر شود، دما تغییر نمی‌کند و همچنان ثابت است. اما مخلوط‌ها و از جمله محصولات نفتی که مخلوطی از هیدروکربن‌های مختلف می‌باشند، در یک دمای ثابت نمی‌جوشند، بلکه دارای «محدوده‌ی دمای جوش» می‌باشند. در این آزمایش می‌توان محدوده‌ی دمای جوش ترکیبات مختلف نفتی را تعیین کرد و براساس آن نموداری به نام «منحنی تقطیر ASTM» رسم نمود. این منحنی امکان نتیجه‌گیری در مورد توزیع هیدروکربن‌های موجود در یک نمونه را فراهم می‌کند.

۲-۶- وسایل مورد نیاز

شکل ۱-۶ تجهیزات مورد نیاز جهت انجام تقطیر ساده (ASTM) را نشان می‌دهد. قسمت‌های مختلف این دستگاه به شرح زیر است:

- ۱- فلاسک^۲ (بالن) شیشه‌ای به حجم ۱۲۵ میلی‌لیتر مجهز به درپوش لاستیکی که یک سوراخ جهت عبور دماسنج در آن تعبیه شده است.
- ۲- چگالنده (کُندانسور^۳) شیشه‌ای که مانند شکل ۱-۶، یک مبدل حرارتی^۴ دوجداره می‌باشد که بخار در لوله‌ی داخلی و آب سرد در جداری خارجی آن جریان دارد. در چگالنده بخار هیدروکربن‌ها، سرد شده و به مایع تبدیل می‌شود. در صورتی که مبدل حرارتی شیشه‌ای دوجداره در کارگاه موجود نباشد، می‌توان لوله‌ی خروجی از بالن را از داخل ظرف یخ عبور داد تا بدین وسیله بخار خروجی از بالن به مایع تبدیل شود.
- ۳- منبع حرارتی، ترجیحاً گرمکن الکتریکی که حرارت آن قابل تنظیم باشد.
- ۴- استوانه‌ی مدرج به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر جهت جمع‌آوری مایعات تقطیر شده^۵.
- ۵- دماسنج جیوه‌ای که بتواند محدوده‌ی دمایی C ۲- تا C ۳۰۰ را نشان دهد.

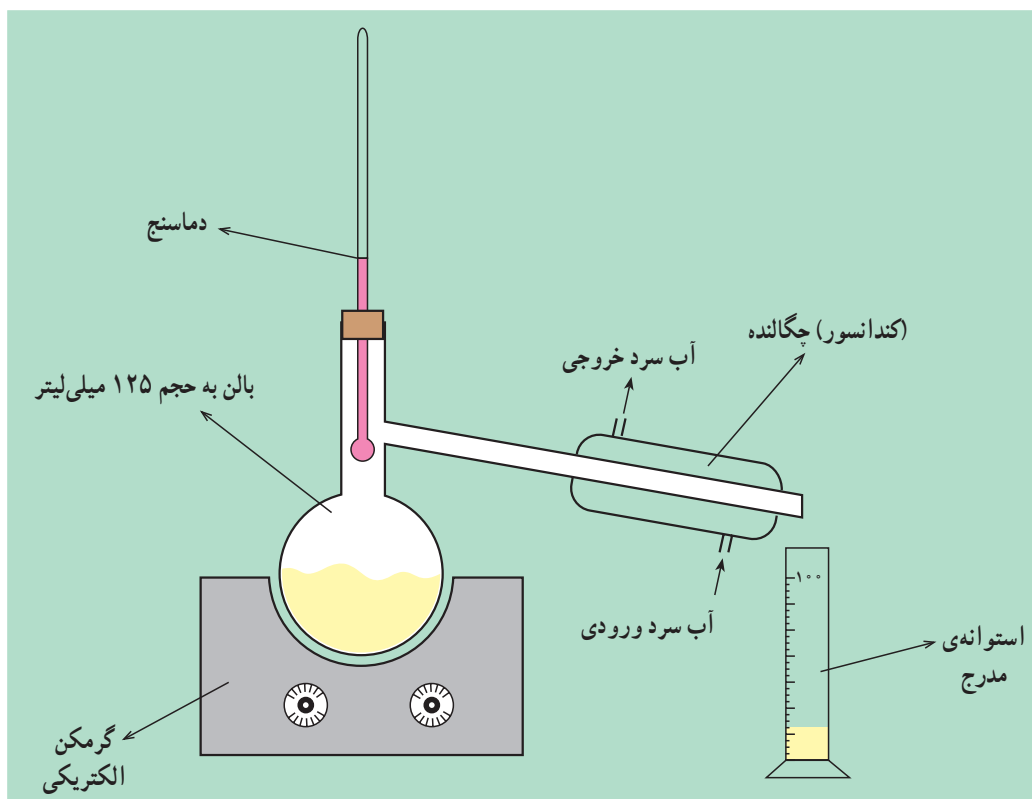
۱- American Society for Testing and Materials

۲- Flask

۳- Condenser

۴- Heat Exchanger

۵- Condensate



شکل ۱-۶ - دستگاه تقطیر ASTM

۳-۶- روش کار

ابتدا لازم است با بعضی از تعاریف و اصطلاحات مهم در خصوص تقطیر، به شرح زیر آشنا شوید:

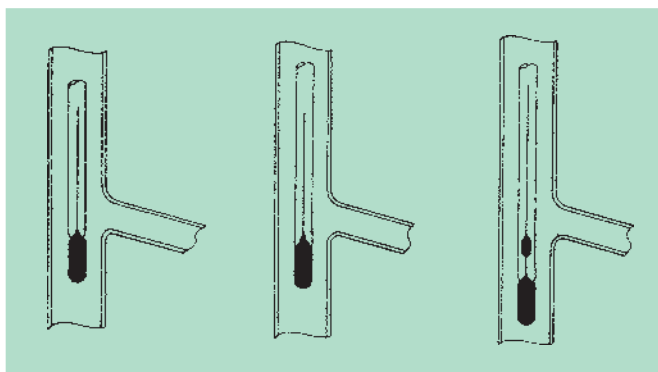
- نقطه‌ی جوش اولیه^۱ (IBP): دمایی است که در آن، اولین قطره از مایعات تقطیر شده وارد استوانه‌ی مدرج می‌شود.
- نقطه‌ی جوش نهایی^۲ (FBP): بالاترین دمایی است که به هنگام تقطیر نمونه مشاهده می‌شود. اگر همه‌ی نمونه تبخیر شود و هیچ ته‌مانده‌ای در داخل بالن باقی نماند، این دما هنگامی مشاهده می‌شود که آخرین قطره‌ی نمونه، تبخیر گردد.
- نقطه‌ی تجزیه: دمایی است که در آن، اولین آثار تجزیه‌ی نمونه در داخل بالن، مشاهده می‌شود. تشکیل ذرات سیاه و چسبنده در کف بالن نشانه‌ی تجزیه‌ی ماده‌ی نفتی است.

در ابتدا ۱۰۰ میلی‌لیتر نمونه را داخل بالن ریخته و مطابق شکل ۱-۶ چگالنده را به بالن متصل کرده و استوانه‌ی مدرج را در زیر لوله‌ی خروجی چگالنده قرار دهید. وضعیت قرارگرفتن دماسنج در داخل بالن مطابق شکل ۲-۶ باشد تا دماهایی که یادداشت می‌کنید دقیقاً محدوده‌ی جوش نمونه را نشان دهند.

بعد از آماده شدن دستگاه، نمونه را حرارت دهید. معمولاً شدت حرارت را به گونه‌ای تنظیم می‌کنند که اولین قطره‌ی مایعات تقطیر شده بعد از ۵ تا ۱۰ دقیقه در استوانه‌ی مدرج ظاهر شود. هنگامی که اولین قطره‌ی مایع به داخل استوانه‌ی مدرج وارد شد، دما را یادداشت کنید. این دما همان IBP است. طبق جدول ۱-۶ وقتی که حجم مایعات تقطیر شده در استوانه‌ی مدرج به ۵، ۱۰، ۲۰، ...، ۹۰ و ۹۵ میلی‌لیتر رسید، دما را یادداشت کنید. معمولاً شدت حرارت را به گونه‌ای تنظیم می‌کنند که در هر دقیقه ۵ C به دمای نمونه افزوده شود. هنگامی که آخرین قطره‌ی مایع تبخیر شد، دماسنج بالاترین دما را نشان خواهد داد، آن را به‌عنوان

۱- Initial Boiling Point (IBP)

۲- Final Boiling Point (FBP)



شکل ۲-۶ - موقعیت صحیح انواع دماسنج در داخل بالن

جدول ۱-۶ - تغییرات دما برحسب حجم مایعات تقطیر شده (میلی لیتر)

حجم مایعات تقطیر شده (میلی لیتر)	دما (F یا C)
IBP	
۵
۱۰
۲۰
۳۰
۴۰
۵۰
۶۰
۷۰
۸۰
۹۰
۹۵
FBP

FBP یادداشت کنید. البته اگر نمونه تجزیه شد و قسمتی از آن در ته بالن باقی ماند، بالاترین دمایی را که دماسنج در طول آزمایش نشان داد به عنوان FBP گزارش کنید. در خاتمه حرارت دادن را قطع کنید و اجازه دهید دستگاه خنک شود. پس از خنک شدن دستگاه، بخش‌های مختلف آن را جدا کرده با حلال (مثلاً استن) شست و شو دهید.

نتایج به دست آمده را به صورت تغییرات دما (محور عمودی) برحسب تغییرات حجم^۱ مایعات تقطیر شده (محور افقی) رسم کنید تا منحنی تقطیر ASTM نمونه‌ی مورد آزمایش به دست آید. شکل ۳-۶ نمونه‌ای از منحنی‌های تقطیر ASTM را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌کنید حجم مایعات تقطیر شده که در استوانه‌ی مدرج جمع‌آوری شده‌اند ۱۰۰ میلی‌لیتر نیست، زیرا ممکن است بخشی از نمونه از درزها یا از داخل استوانه‌ی مدرج به شکل بخار خارج شود^۲. همچنین ممکن است بخشی از

۱- چون حجم نمونه ۱۰۰ میلی‌لیتر است، بنابراین محور افقی نمودار شکل ۳-۶ را می‌توان برحسب درصد یا برحسب میلی‌لیتر نام‌گذاری کرد که اولی متداول است.

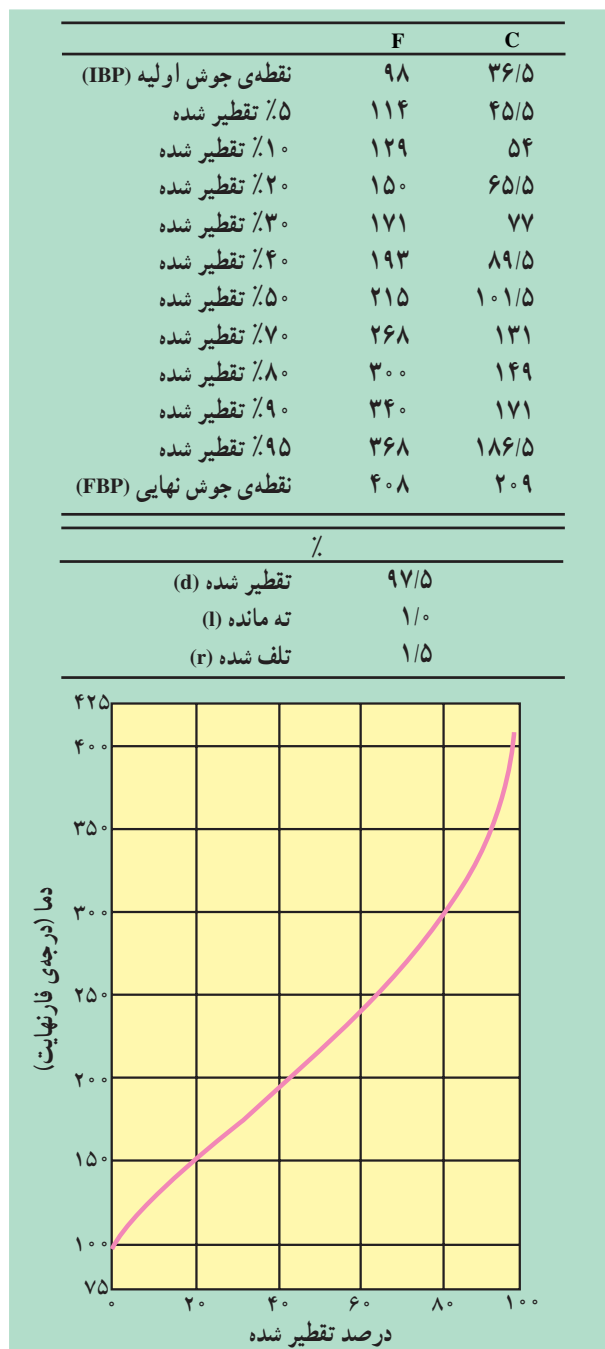
نمونه تجزیه شده و در کف بالن باقی بماند^۱ (حتی به صورت جامد به کف بالن بچسبد). به هر حال باید رابطه‌ی زیر برقرار باشد:

$$100 = d + l + r$$

$d = ml$ حجم مایعات تقطیر شده،

$l = ml$ حجم مایعاتی که به شکل بخار از درزها خارج شده‌اند (تلف شده‌اند)،

$r = ml$ حجم مایع باقی مانده در کف بالن،



شکل ۳-۶ - نمونه‌ای از اطلاعات گزارش شده در تقطیر ASTM

معمولاً d و r اندازه‌گیری شده سپس از رابطه‌ی ۶-۱ جهت محاسبه‌ی حجم مایعات تلف شده (l) استفاده می‌شود. در این آزمایش، علاوه بر جدول ۶-۱ و منحنی تقطیر ASTM، مقادیر زیر را نیز گزارش می‌کنند:

$$\text{درصد بازیابی شده} = \frac{\text{حجم نهایی مایعات تقطیر شده در استوانه‌ی مدرج (ml)}}{100(\text{ml})} \times 100$$

$$\text{درصد باقی مانده} = \frac{\text{حجم نهایی مایع باقی مانده در بالن (ml)}}{100(\text{ml})} \times 100$$

درصد باقی مانده - درصد بازیابی شده = ۱۰۰ - درصد تلف شده

FBP - IBP = فاصله‌ی جوش نمونه

اندازه‌گیری گرانروی مواد نفتی

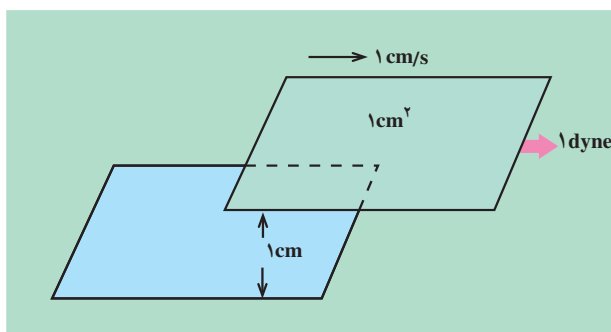
هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که بتواند:

- ۱- گرانروی را تعریف کند و اهمیت آن را شرح دهد.
- ۲- گرانروی محصولات نفتی مختلف را توسط ویسکومتر اندازه‌گیری کند.

۷-۱- مقدمه

ویسکوزیته^۱ که آن را گرانروی یا لزجی ترجمه کرده‌اند کمیتی فیزیکی است که میزان مقاومت داخلی یک سیال را در مقابل جریان نشان می‌دهد. این مقاومت نتیجه‌ی اصطکاک مولکول‌هایی است که بر روی هم می‌لغزند. به عبارت بهتر گرانروی عکس سیالیته^۲ است. این کمیت به اشکال مختلف بیان می‌شود:

گرانروی دینامیک یا مطلق^۳ که آن را با علامت η نشان می‌دهند و واحد اندازه‌گیری آن در دستگاه واحدهای cgs^۴، پواز^۵ (P) می‌باشد. یک پواز عبارت است از گرانروی دینامیکی سیالی که اگر نیروی یک دین^۶ به یک سطح فرضی به مساحت ۱ سانتی‌متر مربع از آن اعمال شود، با سرعت یک سانتی‌متر بر ثانیه نسبت به سطح دیگری که به فاصله‌ی یک سانتی‌متری آن است حرکت کند (شکل ۷-۱).



شکل ۷-۱- تعریف یک پواز

بنابراین از نظر ابعادی می‌توان نوشت:

$$\rightarrow \frac{\text{طول} \times \text{نیرو}}{\text{سرعت} \times \text{سطح}} = \frac{(MLT^{-2})(L)}{(L^2)(LT^{-1})} = \frac{M}{LT} \rightarrow \frac{gr}{cm \cdot s} = P$$

۱- Viscosity

۲- Fluidity

۳- Absolute or Dynamic Viscosity

۴- مخفف سانتی‌متر، گرم، ثانیه است.

۵ - Poise

۶- Dyne

به عبارت دیگر، یک پواز عبارت است از یک گرم بر سانتی متر ثانیه. واحد دیگر اندازه گیری گرانروی دینامیک سانتی پواز (cP)^۱ می باشد:

$$P = 100 \text{ cP}$$

در دستگاه FPS^۲ واحد اندازه گیری گرانروی دینامیکی پوند جرمی بر فوت ساعت است. رابطه ی سانتی پواز با این واحد چنین است:

$$1 \text{ cP} = 2 / 42 \frac{\text{lbm}}{\text{ft. hr}}$$

گرانروی نسبی^۳ عبارت است از نسبت گرانروی دینامیکی سیال به گرانروی آب در دمای C ۲۰، یا به عبارت ساده:

$$\text{گرانروی دینامیکی در دمای } (C)T = \frac{\text{گرانروی دینامیکی آب در دمای } 20 \text{ C}}{\text{گرانروی نسبی در دمای } (C)T} \quad (7-1)$$

چون گرانروی آب در دمای C ۲۰ برابر ۱ cP است، بنابراین مقدار عددی گرانروی نسبی و دینامیکی برابر است. گرانروی سینماتیک^۴، که آن را با علامت ν نشان می دهند، عبارت است از نسبت گرانروی دینامیکی به جرم ویژه ی سیال در همان دما؛ به عبارت دیگر

$$\nu = \frac{\dot{\rho}}{\rho} \quad (7-2)$$

از نظر ابعادی می توان نوشت:

$$\nu = \frac{\dot{\rho}}{\rho} \rightarrow \frac{\frac{M}{LT}}{\frac{M}{L^3}} = \frac{L^2}{T} \rightarrow \text{cm}^2/\text{s}$$

بنابراین در دستگاه cgs واحد گرانروی سینماتیک سانتی متر مربع بر ثانیه است که به آن استوکس^۵ (St) گویند. واحد دیگر برای اندازه گیری گرانروی دینامیک، سانتی استوکس^۶ (cSt) می باشد.

$$1 \text{ St} = 100 \text{ cSt}$$

در دستگاه واحدهای SI، گرانروی سینماتیک بر حسب مترمربع بر ثانیه بیان می شود.

$$1 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} = 10^4 \text{ St} \quad \text{تمرین: ثابت کنید:}$$

در دستگاه واحدهای FPS، گرانروی سینماتیک بر حسب فوت مربع بر ثانیه بیان می شود. رابطه ی این واحدها در دو دستگاه SI و FPS چنین است:

$$1 \text{ m}^2/\text{s} = 10 / 76 \text{ ft}^2/\text{s}$$

در خصوص فرآورده های سنگین نظیر نفت کوره و روغن های روان کننده، گرانروی از عوامل تعیین کننده است. گرانروی نفت کوره باید در حدی باشد که این ماده به آسانی پمپ شود و در خطوط سوخت رسانی و سوراخ های مشعل کوره ها به نحو

۱- Centipoise

۲- مخفف فوت، پوند جرمی، ثانیه است.

۳- Relative Viscosity

۴- Kinematic Viscosity

۵- Stokes

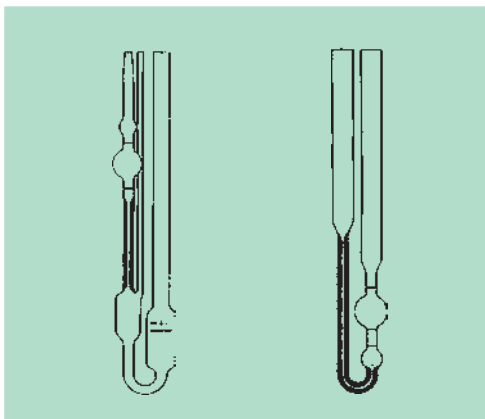
۶- Centistokes

مطلوب جریان یابد. کارایی روغن‌های روان‌کننده که در موتور اتومبیل‌ها، چرخ‌دنده‌ها و دستگاه‌های هیدرولیکی به کار می‌رود به گران‌روی روغن بستگی دارد.

وسایلی که برای تعیین گران‌روی سیالات به کار می‌روند، مستقیماً گران‌روی دینامیک یا سینماتیک را اندازه‌گیری نمی‌کنند. دسته‌ای از ویسکومترها زمان عبور مقدار معینی نمونه از یک مجرای استاندارد را اندازه‌گیری می‌کنند. سپس با استفاده از ضریب تبدیل که توسط سازنده تعیین می‌شود، زمان اندازه‌گیری شده را به گران‌روی سینماتیک تبدیل می‌کنند. برحسب نوع فرآورده‌ی نفتی و محدوده‌ی گران‌روی آن‌ها، ویسکومترهایی با اشکال مختلف طراحی شده است. برای مثال Saybot Furol ویسکومتری است که برای آزمایش موادی با گران‌روی زیاد به کار می‌رود.

۷-۲- وسایل مورد نیاز

وسایل مورد نیاز جهت اندازه‌گیری گران‌روی مواد نفتی به شرح زیر است. قبلاً باید توجه داشت که در این روش، زمان، اندازه‌گیری شده و سپس به کمک آن گران‌روی سینماتیک محاسبه می‌گردد. ویسکومتر که یک لوله‌ی شیشه‌ای استاندارد با مجرای موئین می‌باشد. شکل‌های ۷-۲ دو نوع ویسکومتر U شکل را نشان می‌دهند. همان‌طور که قبلاً بیان شد، ویسکومترها دارای اشکال متفاوتی می‌باشند و هر یک از آن‌ها مناسب اندازه‌گیری محدوده‌ی مشخصی از گران‌روی است. ویسکومتر باید به گونه‌ای انتخاب شود که مدت زمان جریان سیال در آن کم‌تر از ۲۰۰ ثانیه نباشد.



شکل ۷-۲- دو نوع ویسکومتر U شکل

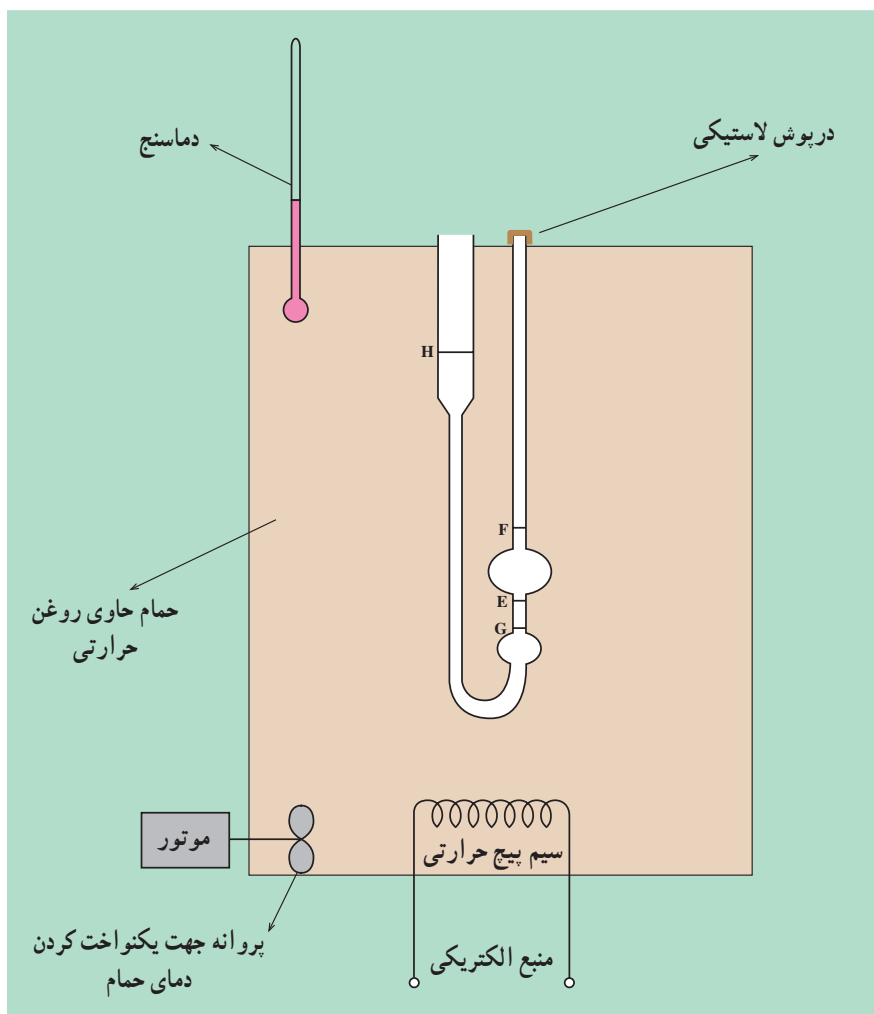
– حمام مجهز به کنترل‌کننده‌ی دما و دماسنج مناسب جهت انجام آزمایش در دماهای مورد نظر. شکل ۷-۳ شمای ساده‌ی ویسکومتر در داخل حمام را نشان می‌دهد. در صورتی که حمام مناسب در کارگاه موجود نباشد، اندازه‌گیری گران‌روی فقط در دمای محیط امکان‌پذیر خواهد بود.

– زمان سنج با دقت دهم ثانیه جهت اندازه‌گیری مدت زمان جریان سیال در داخل ویسکومتر.

۷-۳- روش کار

ابتدا یک ویسکومتر مناسب که تمیز و خشک نیز باشد انتخاب کنید. با تخمینی که از حدود گران‌روی نمونه دارید، ویسکومتری انتخاب کنید که زمان اندازه‌گیری شده از ۲۰۰ ثانیه کم‌تر نباشد.

ابتدا نمونه را از دهانه‌ی شماره‌ی ۱ (شکل ۷-۲) به داخل ویسکومتر بریزید به گونه‌ای که نمونه دقیقاً بین دو نشان H و G



شکل ۳-۷

قرار بگیرد. برای آن که بتوانید نمونه را در این محدوده نگهدارید، اضافه کردن نمونه به داخل ویسکومتر را به تدریج انجام دهید. ضمناً برای آن که بر اثر اختلاف ارتفاع و در نتیجه اختلاف فشار در دو شاخه ویسکومتر، نمونه از نشان G بالاتر نرود، یک درپوش لاستیکی بر روی دهانه‌ی شماره‌ی ۲ قرار دهید، هرگاه این درپوش را بردارید سیال جریان می‌یابد و هرگاه آن را بر روی دهانه‌ی شماره‌ی ۲ قرار دهید، حرکت سیال متوقف می‌شود. بدین ترتیب می‌توانید دقیقاً نمونه را بین دو نشان G و H قرار دهید. ضمناً نمونه‌ی داخل ویسکومتر به هیچ عنوان نباید حباب هوا داشته باشد. ویسکومتر حاوی نمونه را به صورت عمودی حدود نیم ساعت در داخل حمام قرار دهید تا به دمای مورد نظر برسد.

با برداشتن درپوش، به علت اختلاف فشار میان دو شاخه ویسکومتر، نمونه از نشان G به سمت بالا حرکت می‌کند. هنگامی که سطح سیال به نشان E رسید، زمان سنج را به کار اندازید. خاتمه‌ی کار هنگامی است که نمونه به نشان F برسد که در این لحظه باید زمان سنج را متوقف کنید.

جهت محاسبه‌ی گرانروی سینماتیک بر حسب cSt، از رابطه‌ی زیر استفاده می‌شود:

$$= . Ct$$

(۷-۳)

که در آن

$$= . (cSt) \text{ گرانروی سینماتیک}$$

ثابت ویسکومتر که توسط سازنده تعیین شده است $C = \left(\frac{cSt}{s}\right)$

زمان اندازه‌گیری شده $t = (s)$

بر اساس رابطه‌ی ۷-۲ به آسانی می‌توان گرانروی دینامیک را با استفاده از گرانروی سینماتیک محاسبه کرد. البته باید جرم ویژه‌ی سیال در همان دما مشخص باشد. یعنی:

$$= \rho \cdot (7-2)$$

که در آن:

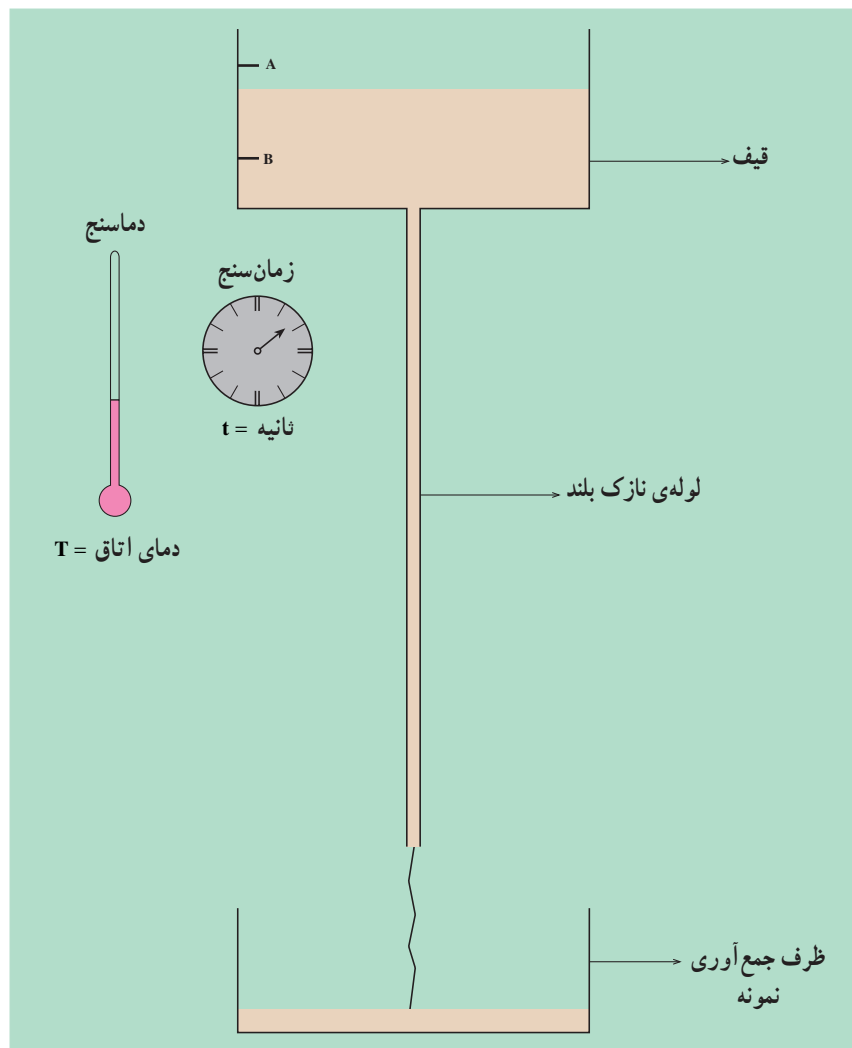
گرانروی دینامیکی (cP)

جرم ویژه در همان دمای آزمایش $\rho = (gr/cm^3)$

گرانروی سینماتیک (cSt)

فعالیت: با استفاده از امکانات موجود در کارگاه وسیله‌ای طراحی کرده و بسازید که بتوان به کمک آن گرانروی سیالات و مواد نفتی مختلف نظیر نفت سفید و روغن را با یکدیگر مقایسه کرد.

به‌عنوان ساده‌ترین مثال اگر یک قیف شیشه‌ای که یک لوله‌ی بسیار نازک بلند به آن متصل است داشته باشید، به آسانی می‌توان وسیله‌ای شبیه شکل ۷-۴ برپا نمود.



شکل ۷-۴- وسیله‌ای ساده برای مقایسه‌ی گرانروی سیالات

کار با این وسیله برای شما بسیار ساده است. بدین ترتیب که ابتدا قیف را تا نشان A پر کنید. برای این کار لازم است که به کمک یک درپوش لاستیکی دهانه‌ی پایینی لوله کاملاً بسته شده باشد تا نمونه نریزد. همزمان با به کار انداختن زمان‌سنج^۱، درپوش لاستیکی را بردارید تا نمونه جریان یابد. هنگامی که سطح مایع به نشان B رسید، زمان‌سنج را متوقف کنید. زمان عبور سیال را به همراه دمای اتاق به عنوان نتیجه‌ی آزمایش یادداشت کنید.

بدیهی است این آزمایش جنبه‌ی استاندارد نداشته و زمان‌های به دست آمده قابل تبدیل به cSt یا CP نیست. اما در کارگاه‌هایی که ویسکومترهای شیشه‌ای استاندارد موجود نیست، این وسیله می‌تواند به عنوان ابزاری جهت مقایسه‌ی مواد نفتی که گران‌روی آن‌ها خیلی نزدیک به هم نیست به کار رود.

با کمی فکر، حوصله و دقت، هنرجو به کمک مری خود می‌تواند ویسکومتر ساده‌ای که عملکرد آن بهتر از دستگاه شکل ۷-۴ بوده و شبیه ویسکومتر U شکل باشد، بسازد.

مثال‌های عددی: جدول ۷-۱ ویسکوزیته‌ی سینماتیک گازوییل، نفت کوره و یک نوع روغن موتور را نشان می‌دهد.

جدول ۷-۱- ویسکوزیته‌ی سینماتیک چند نمونه از محصولات نفتی

نام ماده	دمای آزمایش (F)	ویسکوزیته‌ی سینماتیک (cSt)
گازوییل	۱۰۰	۲ - ۵/۵
نفت کوره	۱۲۲	(حداکثر) ۸۰
روغن موتور SAE -۳۰	۲۱۰	۹/۷-۱۲

۱- می‌تواند یک ساعت معمولی مجهز به ثانیه‌شمار باشد.

چربی‌گیری

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

- ۱- انواع مواد چربی‌گیر و دامنه‌ی کاربرد آن‌ها را بیان کند.
- ۲- سطوح نمونه را به روش‌های مختلف چربی‌گیری نماید.
- ۳- سطوح چربی‌گیری شده را توسط آزمایش‌های کنترل کیفیت ارزیابی نماید.

هدف: استفاده از عمل چربی‌گیری به‌عنوان اولین مرحله‌ی آماده‌سازی سطوح فلزی برای انجام عمل پوشش‌دهی.

۱-۸- مقدمه

کیفیت و مرغوبیت لایه‌ی پوشش فلزی و یا حتی رنگ، رابطه‌ی مستقیم با وضعیت و کیفیت سطح فلزی دارد که بایستی پوشش‌دهی شود. لذا وجود چربی‌ها، اکسیدها و سایر مواد خارجی بر سطح فلز به‌هنگام اجرای عمل پوشش‌دهی، در میزان چسبندگی، مقاومت مکانیکی و ظاهر پوشش تأثیر خواهد گذاشت. جهت دستیابی به یک پوشش با کیفیت قابل قبول، قبل از انجام عمل اصلی پوشش‌دهی، لازم است سطح کار با یک مجموعه اعمال شیمیایی و مکانیکی آماده‌سازی شود که چربی‌گیری اولین مرحله‌ی آماده‌سازی است.

مواد چربی‌گیر به دو دسته‌ی کلی آلی و معدنی تقسیم می‌شوند. چربی‌گیرهای آلی عبارت‌اند از حلال‌های گوناگون مانند استن، بنزن، بنزین، که نوع اخیر، یعنی بنزین، به‌دلیل قابلیت اشتعال زیاد، با وجود ارزانی، کم‌تر مورد استفاده واقع می‌شود و انواع دیگر از حلال‌های آلی، هیدروکربورهای کلردار مانند تتراکلریدکربن، تری‌کلرواتیلن و یا متیلن‌کلرید می‌باشند که به‌دلیل قدرت چربی‌گیری بالا به‌طور مستقیم و یا به کمک بخاراتشان قادرند انواع چربی‌های حیوانی، گیاهی و نفتی (که موسوم به چربی معدنی می‌باشند) را زایل نمایند. دسته‌ی دوم چربی‌گیرهای معدنی هستند که از ترکیبات معدنی که پایه‌ی قلیایی دارند تشکیل شده‌اند و در آب حل می‌شوند و با خاصیت صابونی کردن چربی‌ها عمل چربی‌زدایی را انجام می‌دهند. معمولاً مجموعه‌ای از ترکیبات معدنی مذکور به نسبت‌های معینی و در کنار یکدیگر به‌صورت محلول در آب مورد استفاده واقع می‌شوند که به‌دلیل قلیایی بودن عموماً تحت‌عنوان «چربی‌گیرهای قلیایی» از آن‌ها نام می‌برند. معمولاً جهت فعال‌تر نمودن چربی‌گیرهای قلیایی ترکیباتی به‌عنوان ترکنده^۱ و امولسیون‌کننده^۲ به آن‌ها می‌افزایند.

۲-۸- چربی‌زدایی با حلال‌های آلی

مواد و وسایل مورد نیاز

– نمونه‌های آهنی و آلومینیومی به‌صورت صفحات مستطیل شکل به ابعاد $5 \times 2 \times 0.1$ cm از هر جنس ۴ عدد (انتهای

۱- Wetting agent

۲- Emulsifier

قطعات مذکور جهت آویختن، دارای سوراخی به قطر ۲ میلی متر می باشد.

– تری کلرواتیلن

– استن

– حمام آب گرم

– بشر دو لیتری

– بشر ۵۰۰ ml

– دسیکاتور

– پنبه

۱-۲-۸- چربی گیری به صورت غوطه وری در حلال آلی (کار اول): در یک بشر ۵۰۰ ml تا نیمه، در زیر هود، استن ریخته و یک قطعه ی آهنی و یک قطعه ی آلومینیومی را به کمک سیم های نازک که به محل سوراخ های قطعات بسته شده اند به مدت ۵ دقیقه و در حالی که مرتباً آن ها را تکان می دهید در استن غوطه ور سازید و سپس به هنگام خروج از استن به وسیله ی یک پنبه ی کاملاً تمیز که آغشته به استن است سطح آن ها را پاک کرده بعد از تبخیر نهایی استن بدون لمس کردن، قطعات را در دسیکاتور قرار دهید. (برای کارهای بعدی نگهداری شود.)

۲-۲-۸- چربی گیری در بخار حلال آلی (کار دوم): در یک بشر دو لیتری تا یک سوم ارتفاع آن تری کلرواتیلن ریخته و در زیر هود آن را به گونه ای در حمام آب گرم بگذارید که معادل نیمه ی ارتفاع حلال در آب گرم قرار گیرد. به تدریج بخارات سنگین حلال بالا می آید سپس دو عدد دیگر از قطعات را به وسیله ی سیم در بخارات حلال به مدت ۱۵-۱۰ دقیقه بیاویزید و بعد از اتمام چربی گیری آن ها را خارج نموده و بدون لمس کردن در دسیکاتور قرار دهید. (برای کارهای بعدی نگهداری شود.)

۳-۸- چربی زدایی با چربی گیرهای قلیایی

۱-۳-۸- برای قطعات آهنی (کار سوم)

مواد و وسایل لازم

– قطعه ی نمونه از جنس آهن یک عدد

– بشر ۲ لیتری یک عدد

– گرم کن برقی

– همزن (میله ی شیشه ای)

– کاغذ تورنسل اسیدی یا محلول معرف فنل فتالین

– بشر یک لیتری

– دسیکاتور

– مواد شیمیایی برای ساخت محلول طبق ترکیب زیر:

ترکیب محلول (برای چربی زدایی آهن)

سدیم هیدروکسید ۱۵ g/lit

سدیم کربنات ۳۰ g/lit

سدیم تری فسفات ۱۵ g/lit

سدیم متاسلیکات ۱۵ g/lit

مایع ظرفشویی

۲ g/lit (به عنوان ترکنده^۱ و یا فعال کننده ی سطح فلز)

طرز تهیه ی محلول: معادل $\frac{3}{4}$ لیتر آب معمولی را در یک بشر دو لیتری ریخته و آن را تا مرحله ی جوش روی هیتر قرار دهید سپس ۱۵ گرم سدیم متاسیلیکات را توزین نموده و در آب جوشان به کمک میله ی شیشه ای (هم زن) حل کرده و به ترتیب سدیم تری فسفات، سدیم کربنات، سدیم هیدروکسید و در نهایت مایع ظرفشویی را به مقدار لازم برای یک لیتر محلول، توزین کرده و در آب مذکور حل کرده و حجم محلول را به یک لیتر برسانید. به این ترتیب چربی گیر قلیایی آماده کار است. روش کار: محلول تهیه شده را تا حدود $93-82^{\circ}\text{C}$ به کمک هیتر برقی گرم کرده و قطعه ی آهنی را به مدت 30° دقیقه در آن آویزان کنید. در این فاصله هرگاه حجم محلول به دلیل تبخیر، کم شد، از بشر یک لیتری که روی هیتر دارای آب جوشان است به آن بیافزایید.

بعد از 30° دقیقه قطعه را خارج کرده و با آب زیاد آنقدر بشوید تا سطح قطعه نسبت به کاغذ تورنسل و یا فنل فتالین حالت خنثی یا غیر قلیایی نشان دهد، استفاده از دست با دستکش لاستیکی تمیز برای پاک شدن سطح قطعه از مواد قلیایی بلامانع است. بعد از شست و شوی کامل قطعه آن را به مدت $4-3$ دقیقه در آب جوشان (بشر یک لیتری) فرو برده و سپس خارج کنید به این ترتیب قطعه خشک خواهد شد. آن را در دسیکاتور قرار دهید. (برای کارهای بعدی نگهداری کنید.)

۲-۳-۸- برای قطعات آلومینیومی (کار چهارم)

مواد و وسایل لازم

- قطعه ی نمونه از جنس آلومینیوم یک عدد

- بشر ۲ لیتری یک عدد

- بشر یک لیتری یک عدد

- الکل خالص

- هم زن (میله شیشه ای)

- کاغذ تورنسل اسیدی یا محلول معرف فنل فتالین

- دسیکاتور

- نیتریک اسید

- مواد شیمیایی برای ساخت محلول طبق ترکیب زیر:

ترکیب محلول (برای چربی زدایی آلومینیوم)

سدیم تری فسفات ۱۵ g/lit

سدیم متاسیلیکات ۳۰ g/lit

مایع ظرفشویی ۲ g/lit (به عنوان ترکنده یا فعال کننده ی سطح فلز)

طرز تهیه ی محلول

معادل $\frac{3}{4}$ لیتر آب معمولی را در بشر ۲ لیتری ریخته و 30° گرم سدیم متاسیلیکات را توزین کرده در آب حل کنید؛ سپس ۱۵ گرم سدیم تری فسفات و ۲ گرم مایع ظرفشویی را هم به محلول افزوده و تا حجم یک لیتر برسانید. این محلول بایستی حداکثر در حرارت 25°C مورد استفاده قرار گیرد. قطعه ی نمونه ی آلومینیومی را به مدت حداکثر ۵ دقیقه (بسته به میزان کثیف بودن

قطعه) در محلول غوطه‌ور سازید. ممکن است سطح قطعه کمی شروع به واکنش با محلول بکند. هرچه این واکنش شدت بیشتری داشته باشد می‌توانید قطعه را از محلول زودتر خارج نمایید. سپس با آب جاری قطعه را شست‌وشو دهید تا جایی که به تورنسل و یا فنل فتالین حالت خنثی یا غیرقلیایی نشان دهد، ممکن است که بر سطح قطعه یک لایه سیاه‌رنگ به وجود آید. جهت رفع این لایه سیاه‌رنگ یک محلول ۵۰ درصد حجمی از نیتریک اسید و آب درست کرده و برای چند ثانیه قطعه را در آن فرو ببرید و بلافاصله قطعه را با آب جاری شسته و به کمی الکل ۱۰۰٪ آغشته کنید تا خشک شود و در دسیکاتور قرار دهید (برای کارهای بعدی نگهداری شود).

۸-۴- کنترل کیفیت سطوح چربی‌گیری شده

۸-۴-۱- آزمایش گسستگی لایه‌ی آب^۱ (کار پنجم): در این آزمایش با ایجاد یک لایه‌ی یک‌نواخت پیوسته‌ی آب بر روی سطوح چربی‌گیری شده و مشاهده‌ی گسستگی‌های احتمالی در این لایه‌ی پیوسته، به وجود چربی‌های زدوده نشده بر سطح قطعه و در نتیجه به کیفیت کار انجام شده پی می‌برند.

مبنای علمی این کار آن است که وجود لایه‌ی چربی بر سطح قطعه از میزان چسبندگی ملکول‌های آب به سطح فلز می‌کاهد، لذا لایه‌ی آب از سطح فلز جدا می‌شود.

روش کار: سطح قطعه را در زیر جریان بسیار آرام و یک‌نواخت آب معمولی در حرارت محیط (شیر آب سرد) گرفته و به گونه‌ای قطعه را از زیر جریان آب خارج کنید که قطعه به حالت افقی یک لایه‌ی آب را روی سطح خود نگهدارد و سپس وجود گسستگی در این لایه را کنترل کرده و به این ترتیب کیفیت عمل چربی‌گیری را تعیین نمایید.

حال روش فوق را روی تمام نمونه‌های چربی‌گیری شده در مراحل چهارگانه‌ی قبل (نمونه‌های موجود در دسیکاتور) اجرا کرده و در یک جدول به شکل ۸-۱ نتایج کار را گزارش نمایید.

جدول ۸-۱

کار چهارم		کار سوم		کار دوم		کار اول		شرح
آهن	آلومینیوم	آهن	آلومینیوم	آهن	آلومینیوم	آهن	آلومینیوم	
							غوطه‌وری ۸۰/۱۰/۱۸	روش چربی‌گیری تاریخ چربی‌گیری
							متوسط	نتیجه‌ی آزمایش کنترل کیفیت کار
							۸۰/۱۰/۲۰	تاریخ انجام آزمایش

روش تشخیص کیفیت و ثبت نتایج

تمام قطعات را تحت نظر و کنترل هنرآموز، بررسی و به شرح زیر امتیاز داده و در جدول ثبت نمایید.

۱- اگر گسستگی به صورت نقاط پراکنده و با تخمین دیداری در محدوده‌ی ۱-۵ درصد باشد نتیجه‌ی «خوب» در جدول

ثبت شود.

- ۲- اگر گسستگی به صورت نقاط پراکنده و با تخمین دیداری 2° - 1° درصد باشد نتیجه‌ی «متوسط» در جدول ثبت شود.
- ۳- اگر گسستگی به صورت سطح گسترده پیوسته و با تخمین دیداری 3° - 2° درصد باشد نتیجه «بد» در جدول ثبت شود.
- جدول را بعد از تکمیل شدن تحویل هنرآموز خود دهید.
- برای مثال یک ستون از جدول جهت تفهیم بیش‌تر موضوع پر شده است.

پوسته زدایی با اسیدشویی^۱

هدف رفتاری: پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که بتواند:
 - اسیدشویی قطعات آهنی و آلومینیومی را انجام دهد.

هدف: هدف از این عمل زدودن اکسیدها، ترکیبات ناشی از خوردگی، پوسته‌های حاصل از ریخته‌گری و ذرات غبار و شن چسبیده به سطوح قطعات، با استفاده از محلول‌های اسیدی، به‌عنوان دومین مرحله‌ی آماده‌سازی قطعه برای آبکاری می‌باشد.

۱-۹- مقدمه

قطعاتی که بایستی تحت پوشش‌های آلی (رنگ) و یا معدنی (آبکاری) قرار گیرند، بعد از چربی‌گیری لازم است عاری از هرگونه مواد زائد مانند اکسیدها و سایر املاح باشند، به همین جهت این مواد زائد را با انواع اسیدها مانند هیدروکلریک اسید، سولفوریک اسید، نیتریک اسید و فسفریک اسید از سطح قطعه پاک می‌کنند تا مانعی برای کیفیت لایه‌ی پوششی به‌وجود نیاید. از آنجایی که اسیدها علاوه بر اکسیدها و سایر ترکیبات، می‌توانند سطح فلز را نیز تحت تأثیر قرار دهند در نتیجه موادی به‌عنوان بازدارنده به اسیدها اضافه می‌کنند که سطح تمیز فلز با اسید تخریب نشود. انتخاب بازدارنده‌ها به عوامل گوناگون بستگی دارد که عبارت‌اند از نوع اسید، جنس فلز و درجه حرارت عمل. مقدار بازدارنده به درصد اسید در محلول بستگی دارد. نکته‌ی مهم در عملیات اسیدشویی آن است که آلیاژهای مختلف مانند آهن و مس نباید در یک محفظه‌ی واحد اسیدشویی شوند. محفظه‌هایی که جهت انجام عملیات آبکاری مورد استفاده قرار می‌گیرند در اصطلاح صنعتی به «وان» و یا «حمام» آبکاری موسوم می‌باشند و عموماً از ورق‌های آهنی و به شکل مکعب مستطیل ساخته می‌شوند، هرگاه قرار باشد در یک وان آبکاری مواد خوردنده مانند اسید ریخته شود درون آن‌ها را با ورق‌های پی‌وی‌سی و یا لاستیک مصنوعی مخصوص می‌پوشانند.

۲-۹- اسیدشویی قطعات آهنی

مواد و وسایل لازم

- قطعات آهنی زنگ زده به ابعاد نمونه‌های قبلی، ۴ عدد

- سولفوریک اسید

- هیدروکلریک اسید

- سفیده‌ی تخم مرغ، ۱ عدد (به‌عنوان بازدارنده^۲)

- هیدرازین (به‌عنوان بازدارنده)

– بشر یک لیتری ۱ عدد

– بشر نیم لیتری ۲ عدد

– دسیکاتور

– الکل خالص یا استن (خشک کننده)

– شامپوی بچه از نوع مرغوب (به عنوان ترکنده^۱ یا فعال کننده^۱ سطح فلز)

کار ششم – روش کار: ابتدا نمونه‌ها را مطابق با روش کار دوم (چربی گیری با بخار حلال) چربی گیری نموده در دسیکاتور بگذارید و در بشر یک لیتری، به میزان یک لیتر، محلول سولفوریک اسید ۲۰٪ وزنی بسازید (موارد ایمنی اختلاط آب و سولفوریک اسید و طرز محاسبه جهت محلول سازی توسط هنرآموز مربوطه یادآوری و آموزش داده شود). بعد از ساخت محلول آن را در دو بشر نیم لیتری به دو قسمت مساوی تقسیم کرده و به یکی از این دو بشر به میزان ۴ گرم شامپوی بچه و ۲ گرم هیدرازین اضافه کرده به هم بزنید، سپس در حرارت محیط، در هر بشر یک نمونه‌ی آهنی بیاویزید و به مدت پانزده دقیقه به طور دقیق دو نمونه و پدیده‌های شیمیایی پیش آمده را تحت نظر داشته باشید. در نهایت قطعات را خارج کرده با آب جاری به طور کامل بشویید، سپس به استن یا الکل آغشته نموده و خشک کنید و کیفیت سطوح تمیز شده را با چشم غیرمسلح و با ذره بین با بزرگ نمایی ۱۰× مشاهده و بررسی نمایید و یک گزارش کتبی از پدیده‌های مشاهده شده ضمن کار و نتایج بررسی روی قطعات اسیدشویی شده ارائه نمایید.

کار هفتم – روش کار: در بشر یک لیتری، معادل یک لیتر محلول ۱۰٪ وزنی هیدروکلریک اسید بسازید و سپس آن را در دو بشر نیم لیتری به دو قسمت مساوی تقسیم کنید. به یکی از دو بشر به میزان دو گرم شامپوی بچه و معادل ۵/۰ درصد سفیده‌ی تخم مرغ بیفزایید (این درصد، نسبت به وزن هیدروکلریک اسید خالص موجود در محلول است که هنرآموز بایستی طرز محاسبه‌ی آن را به هنرجویان یادآوری نماید) سپس در حرارت محیط در هر بشر یک نمونه را آویخته و به مدت ۱۵ دقیقه کلیه‌ی پدیده‌های حاصل را تحت مشاهده و بررسی داشته باشید. در نهایت نمونه‌ها را خارج کرده و در زیر آب جاری به طور کامل بشویید و به کمک استن یا الکل خشک کنید و گزارشی مشابه با کار ششم بنویسید.

۹-۳- اسیدشویی قطعات آلومینیومی

مواد و وسایل لازم

– نمونه‌های آلومینیومی زنگ زده به ابعاد نمونه‌های قبلی، ۴ عدد

– هیدروکلریک اسید

– فسفریک اسید

– نیکوتینیک اسید (نیاسین یا ویتامین PP)

– پیریدین کربنیک اسید C_5H_4NCOOH (به عنوان بازدارنده)

– سدیم کرومات Na_2CrO_4 (به عنوان بازدارنده)

– بشر نیم لیتری ۲ عدد

– بشر یک لیتری ۱ عدد

– دسیکاتور

– شامپو بچه‌ی نوع مرغوب (به‌عنوان ترکنده یا فعال‌کننده‌ی سطح فلز)

– الکل خالص یا استن (خشک‌کننده)

کار هشتم – طرز کار: ابتدا دو عدد از نمونه‌ها را مطابق با روش کار دوم (چربی‌گیری با بخار حلال) چربی‌گیری نموده و در دسیکاتور بگذارید. در بشر یک لیتری به میزان یک لیتر محلول هیدروکلریک اسید 10% بسازید و سپس این محلول را در دو بشر نیم‌لیتری به دو قسمت مساوی تقسیم کنید. در یکی از بشرها معادل $2/0$ درصد (به نسبت وزن هیدروکلریک اسید خالص) ویتامین PP و 2 گرم شامپوی بچه بیافزایید و به هم بزنید. حال، در حرارت محیط، در هر بشر یک قطعه آویزان نموده و به مدت $10-5$ دقیقه کلیه‌ی پدیده‌های حاصل را تحت مشاهده و بررسی داشته باشید و در پایان نمونه‌ها را خارج کرده و با آب جاری به‌طور کامل بشوید و با کمک استن و یا الکل آن‌ها را خشک کنید و مشابه کار ششم بررسی و ارزیابی کرده و گزارش کتبی ارائه دهید.

کار نهم – طرز کار: ابتدا دو عدد دیگر از نمونه‌ها را با روش کاری دوم (چربی‌گیری با بخار حلال) چربی‌گیری نموده و در دسیکاتور بگذارید. در بشر یک لیتری معادل یک لیتر محلول 10% درصد فسفریک اسید بسازید و سپس آن‌را در دو بشر نیم‌لیتری به دو قسمت مساوی تقسیم کرده و سپس در یک بشر معادل $5/0$ درصد (به نسبت وزن فسفریک اسید خالص) سدیم کرومات و 4 گرم شامپوی بچه بیافزایید. سپس در حرارت محیط، در هر بشر یک قطعه آویخته و به مدت 10 دقیقه کلیه‌ی پدیده‌های حاصل در دو ظرف را تحت مشاهده و دقت داشته و در نهایت دو قطعه را خارج کنید و کاملاً بشوید و به کمک الکل و یا استن خشک کرده و مطابق با روش کار ششم بررسی نموده و گزارش کتبی ارائه دهید.

۴-۹- تمیزکاری مکانیکی

گاهی اوقات قطعاتی که بایستی مورد پوشش کاری قرار گیرند، به دلایل گوناگون، دارای مواد زاید بسیار زیادی هستند؛ مانند قطعاتی که در شرایط خورنده مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند و یا در محیط نامناسب نگهداری می‌شوند و یا قطعاتی که به وسیله‌ی ریخته‌گری ساخته می‌شوند، چنین قطعاتی حامل لایه‌های ضخیم اکسید، املاح گوناگون، شن و گرد و غبار می‌باشند که به دلیل صرفه‌جویی در مصرف مواد شیمیایی پاک‌کننده و سرعت عمل، بهترین روش برای زدودن این زواید استفاده از روش‌های مکانیکی، مانند استفاده از برس سیمی دستی، برس سیمی دوآر، صفحات سنباده‌ی متحرک، شن‌پاشی خشک، شن‌پاشی تر با امواج ماوراءصوت و غیره می‌باشد. معمولاً چنین قطعاتی، قبل از هر اقدامی برای تمیزکاری، ابتدا با یکی از روش‌های مرسوم که در فوق اشاره شد تمیز می‌شوند و سپس سایر مراحل شروع می‌شود.

آماده‌سازی سطوح آلومینیومی برای رنگ‌کاری

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

- ۱- قطعات آلومینیوم را چربی‌گیری نموده اکسیدهای آن را پاک نماید.
- ۲- بر روی قطعه عملیات آماده‌سازی شیمیایی انجام دهد.

۱-۰-۱- مقدمه

آماده‌سازی سطوح آلومینیوم به منظور انجام عملیات رنگ‌کاری به‌عنوان یک بخش کلیدی در اجرای پوشش‌های آلی روی این فلز و آلیاژهای آن محسوب می‌گردد. سطوح آلومینیومی علاوه بر چربی‌گیری مقدماتی، قلیایی و زدودن اکسیدها، جهت ارتقای کیفیت سطح رنگ شده و افزایش میزان چسبندگی لایه‌ی رنگ، نیازمند انجام یک مجموعه عملیات آماده‌سازی شیمیایی^۱ می‌باشد. یکی از روش‌های قدیمی ولی اثربخش با ترکیبی به شرح زیر انجام می‌شود:

سدیم کربنات	۷/۵٪ وزنی
سدیم یا پتاسیم کرومات	۱/۵٪ وزنی
شرایط عمل: حرارت °C ۹۰-۱۰۰ زمان ۳-۵ دقیقه	

۱-۰-۲- آماده‌سازی شیمیایی آلومینیوم برای رنگ‌کاری (کار دهم)

مواد و وسایل لازم

– قطعات نمونه‌ی آلومینیومی به ابعاد $5 \times 3 \times 0.3$ cm (ضخامت در محدوده‌ی ۰.۵-۱.۰ cm) ۴ عدد (در انتهای قطعات یک سوراخ یک میلی‌متری تعبیه شود)

– گرمکن هم‌زن شیشه‌ای، ظروف شیشه‌ای آزمایشگاهی

– مواد و وسایل لازم برای انجام کارهای دوّم، چهارم و نهم

– سدیم کربنات، سدیم یا پتاسیم کرومات، سدیم سیلیکات

روش کار: هر چهار قطعه را مطابق با روش دوّم، چربی‌گیری مقدماتی نمایید.

در یک بشر مناسب معادل یک کیلوگرم محلول آماده‌سازی شیمیایی (سدیم کربنات و پتاسیم کرومات) تهیه کرده و روی گرم‌کن قرار دهید تا به حرارت °C ۹۰ برسد. دو عدد از قطعات را بعد از چربی‌گیری مقدماتی به مدت ۳-۵ دقیقه در این محلول قرار داده و سپس آن‌ها را خارج نموده با آب معمولی و سرد به‌خوبی بشوید و به روش آب داغ خشک کنید (مطابق با دستورالعمل‌های قبلی) سپس جهت افزایش سختی و مقاومت لایه‌ی ایجاد شده، قطعات را به مدت ۱۵ دقیقه در محلولی حاوی ۳-۵ درصد وزنی سدیم سیلیکات و حرارت °C ۹۰ قرار دهید و نهایتاً آن‌ها را خارج کرده به‌خوبی شسته و خشک کنید و به کمک دستکش نخی و

^۱- Chemical treatment

بدون لمس نمودن سطح قطعات، آن‌ها را از نظر کیفیت ظاهری و رنگ ایجاد شده، ضمن مقایسه با نمونه‌های قبل از عمل، به‌طور دقیق بررسی کنید و در گزارش اول کنترل کیفی ثبت نمایید. قطعات را برای یک تا دو ساعت می‌توانید در دسیکاتور نگهداری کنید تا جهت رنگ‌کاری مورد استفاده قرار گیرند.

دو نمونه‌ی دیگر را بعد از چربی‌گیری مقدماتی مطابق با روش‌های چهارم و نهم، چربی‌گیری قلیایی و اسیدشویی نمایید و پس از خشک کردن، سطح قطعات را از نظر ظاهری و تغییر رنگ احتمالی بازبینی کنید و در گزارش اول کنترل کیفی ثبت نمایید. قطعات را می‌توانید به مدت یک تا دو ساعت در دسیکاتور جهت رنگ‌کاری نگهداری نمایید.

آبکاری نیکل

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

- ۱- وان آبکاری نیکل بسازد.
- ۲- قطعات آهنی را جهت انجام آبکاری نیکل آماده کند و آن‌ها را آبکاری نماید.
- ۳- انعطاف‌پذیری و چسبندگی پوشش حاصل را ارزیابی کند.

۱-۱- مقدمه

تنوع و گستردگی گونه‌ها در واقع مشخصه‌ی اصلی آبکاری نیکل است، با ایجاد تغییرات فراوان در ترکیبات وان‌های آبکاری می‌توان پوشش‌هایی متنوع و با خواص گسترده از این فلز به دست آورد. این پوشش همان قدر که به عنوان یک پوشش صنعتی مفید است به صورت یک لایه‌ی تزئینی نیز زیبا و قابل استفاده می‌باشد. به گونه‌ای که حتی یک لایه‌ی مات از نیکل قابلیت سایش و برآق شدن را به عنوان یک پوشش تزئینی دارد ولی به هر حال هدف اصلی از ایجاد پوشش نیکل بهره‌گیری صنعتی از خواص این فلز است. اما تنوع آن اجازه می‌دهد که مثلاً از پوشش نیکل براق به دو منظور تزئینی و صنعتی به طور همزمان استفاده کرد.

کیفیت اجرای عملیات آبکاری با برق و پوشش ایجاد شده عموماً به چهار عامل اساسی وابسته است:

- ۱- غلظت فلز مورد آبکاری در محلول
 - ۲- درجه‌ی حرارت محلول آبکاری
 - ۳- pH محلول آبکاری
 - ۴- به هم زدن محلول حین کار
- یکی از مرسوم‌ترین انواع آبکاری نیکل وات^۱ نام دارد که در دو نوع pH پایین و pH بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این‌جا ترکیب و مشخصات هر دو نوع بیان می‌شود ولی کار اجرایی فقط روی وان pH پایین تعریف خواهد شد. در این روش پوشش مات نیکل به وجود می‌آید.

۱-۲- ترکیب وان‌های آبکاری نیکل از نوع وات^۲

محلول با pH پایین

۳۳۰ گرم بر لیتر	نیکل سولفات
۴۵ گرم بر لیتر	نیکل کلرور
۳۷/۵ گرم بر لیتر	بوریک اسید

۱- Watts

۲- Watts Nickel Plating

این وان در محدوده‌ی pH= ۱/۵-۴/۵ و در حرارت °C ۴۶-۶۰ و جریانی با دانسیته‌ی ۱/۸-۲/۷ آمپر بر دسی مترمربع عمل می‌کند که pH را در ضمن کار با کنترل مقدار بوریک اسید کنترل می‌کنند و دانسیته‌ی جریان را با تغییر ولت متر و آمپر متر دستگاه رکتیفایر و کنترل شدت پدیده‌های شیمیایی که با چشم قابل دیدن است، انجام می‌دهند.

محلول با pH بالا

۲۴۰ گرم بر لیتر	نیکل سولفات
۴۵ گرم بر لیتر	نیکل کلرور
۳۰ گرم بر لیتر	بوریک اسید

این وان در محدوده‌ی pH= ۴/۵-۶ و حرارت °C ۴۶-۷۱ و جریانی با دانسیته‌ی ۱/۸-۲/۱۶ آمپر بر دسی مترمربع عمل می‌کند و کنترل فاکتورهای مورد نیاز به طریق روش قبل می‌باشد و جهت به هم زدن دائمی محلول در این وان‌ها از دمش هوا به درون محلول استفاده می‌شود.

۳-۱۱- آبکاری نیکل روی قطعات آهنی (کار یازدهم)

مواد و وسایل لازم

- نمونه‌ی آهنی مطابق مشخصات قبلی ۴ عدد
- سل آبکاری^۱
- منبع تغذیه‌ی DC یا رکتیفایر
- سایر مواد و وسایل مورد استفاده در کارهای دوّم و سوّم و هفتم
- مواد مورد نیاز جهت ساخت محلول با pH پایین
- بشر یک لیتری و دو لیتری از هر کدام یک عدد
- هم‌زن (میله‌ی شیشه‌ای)
- هیتر
- آند نیکل (تکه‌های فلز نیکل)
- گیره کارگاهی
- تهیه‌ی محلول وان آبکاری

روش کار: با توجه به حجم سل بایستی محلول مورد نیاز را به مقداری تهیه نمایید که معادل $\frac{3}{4}$ حجم سل را پر کند. لذا مواد مورد نیاز برای تهیه‌ی محلول آبکاری نیکل با pH پایین را برای حجم معین شده‌ی محلول در سل، توزین کنید. حال در یک بشر، به میزان نصف یا سه چهارم حجم محلول مورد نیاز، آب مقطر ریخته و روی هیتر تا حرارت °C ۵۰ گرم کرده و بوریک اسید را در آن حل نمایید. بعد از انحلال کامل اسید دو نمک دیگر را نیز به‌طور کامل در محلول حل کرده و به هم بزنید (هیچ نمک نامحلولی نباید در ظرف دیده شود) درحالی که محلول روی هیتر است به تدریج در حال به هم زدن، آب مقطر گرم به آن بیافزاید تا به حجم مورد نیاز برای آبکاری برسد. حال محلول را در سل ریخته و ترموستات گرم‌کن سل را روی °C ۵۵-۵۰ تنظیم کرده و

۱- در صنعت آبکاری به وان و یا محفظه‌ای که در آن به کمک برق عمل آبکاری انجام می‌شود اصطلاحاً «سل» می‌گویند. مشخصات این وان با سایر وان‌ها متفاوت است که در درس فرآیندهای شیمیایی خواهد آمد.

حرارت را با ترمومتر سل مشاهده و کنترل نمایید. وان اصلی آبکاری آماده‌ی کار است.

— آماده‌سازی قطعات آهنی برای آبکاری: هر چهار قطعه را مطابق با روش دوم، چربی‌گیری مقدماتی نموده و سپس

طبق روش سوم چربی‌گیری قلیایی کرده و نهایتاً با روش هفتم اسیدشویی نموده و قطعات را بلافاصله و با آب جاری بشوید و قبل از زنگ زدن سطحی قطعات را به قطب منفی یا کاند بسته (به کمک سیم و یا گیره‌های مخصوص) و تکه‌های نیکل را در آند یا قطب مثبت بسته و رکتیفایر را روشن کرده و به آرامی ولت‌متر و آمپرتر دستگاه را آنقدر تغییر دهید تا با حباب‌های بسیار ریز و به آرامی سطح آند شروع به جوشیدن نماید. جهت بهتر شدن نتیجه‌ی کار در همین حال میزان جریان را روی آمپرتر خوانده و سطح قطعه را برحسب دسی‌متر مربع حساب کرده و با تقسیم مقدار جریانی که آمپرتر نشان می‌دهد بر مساحت سطحی از قطعه که در محلول است می‌توانید دانسیته‌ی جریان را محاسبه کنید (هنرآموز بایستی تمامی این موارد را نظارت و یادآوری نماید) اگر در محدوده‌ی ۸/۱۰-۲/۷ نبود با کمک تغییر جریان و ولتاژ به این محدوده از دانسیته‌ی جریان وارد شوید. توجه داشته باشید که ممکن است، به مرور زمان، عوامل تعیین‌کننده وضعیت آبکاری تغییر نمایند که این عوامل عبارت‌اند از pH، حرارت، دانسیته‌ی جریان با به هم زدن مداوم محلول از تغییرات حرارت و غلظت موضعی جلوگیری نمایید، میزان pH را با pH متر بعد از هر ده دقیقه کار، اندازه‌گیری نمایید و در صورت نیاز به کمک بوریکن اسید تنظیم نمایید. با کنترل حرارت به کمک ترمومتر و ترموستات شرایط حرارتی و عمومی وان را تحت نظر داشته باشید و تمام این شرایط را در یک جدول که خودتان طراحی می‌کنید هر ۱۰ دقیقه یک بار کنترل و ثبت نمایید و به همراه محاسبات مربوط به دانسیته‌ی جریان به هنرآموز ارائه دهید. به این ترتیب یک قطعه را به مدت ۵ دقیقه، ۲ عدد دیگر را ۱۰ دقیقه و آخری را ۲۰ دقیقه آبکاری نمایید. بعد از اتمام کار و شست‌وشوی قطعات، آن‌ها را خشک کرده و شکل ظاهری و کیفیت پوسته شدن احتمالی پوشش را برای کلیه‌ی قطعات به کمک ذره‌بین (با بزرگ‌نمایی ۱۰) بررسی و نتایج را در گزارش دیگری تحت عنوان «گزارش کنترل کیفی» ثبت نمایید. (تاریخ بررسی کیفیت فراموش نشود).

آزمایش چسبندگی و انعطاف‌پذیری پوشش: قطعه‌ی ۵ دقیقه‌ای و یک عدد از قطعات ۱۰ دقیقه‌ای و قطعه‌ی ۲۰ دقیقه‌ای را برای این آزمایش استفاده کنید.

روش کار: یک سر هر قطعه را بین دو تکه چوب در میان یک گیره‌ی کارگاهی محکم کرده و به آرامی شروع به خم کردن آن نمایید تا به زاویه‌ی ۹۰ درجه برسد. کیفیت پوشش را در محل خمش از نظر پوسته شدن، انعطاف‌پذیری و چسبندگی به کمک ذره‌بین با بزرگ‌نمایی ۱۰ بررسی کرده و در «گزارش کنترل کیفی» ثبت نمایید (تاریخ آزمایش فراموش نشود) با ادامه‌ی عمل خمش به زاویه‌ی ۴۵ درجه برسید و کلیه‌ی بررسی‌ها را شبیه زاویه‌ی ۹۰ درجه برای این مرحله نیز انجام داده و در گزارش کنترل کیفی ثبت نمایید. فراموش نکنید کلیه‌ی بررسی‌ها و نتیجه‌گیری‌ها بایستی با نظارت و کنترل هنرآموز صورت گیرد. گزارش کنترل کیفی را بعد از تکمیل نمودن به هنرآموز ارائه دهید.

بررسی آند و شکل ظاهری آن بعد از اتمام کار: آند نیکل را بعد از اتمام کلیه‌ی کارها خارج کرده و از نظر ظاهری به‌طور دقیق بررسی نموده و شکل آن را توصیف کرده و رنگ‌های موجود روی آن را به‌دقت بیان کرده و اگر املاحی روی آند به‌وجود آمده آن‌ها را توصیف نمایید. در صورت نیاز از ذره‌بین با بزرگ‌نمایی ۱۰ نیز می‌توانید استفاده کنید. کلیه‌ی دست‌آوردهای این قسمت را در گزارش سوم ثبت کرده و به هنرآموز ارائه دهید.

آبکاری مس

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

- ۱- وان آبکاری مس بسازد.
- ۲- قطعات آهنی را جهت انجام آبکاری نیکل آماده کند و آن‌ها را آبکاری نماید.

۱-۱۲- مقدمه

این پوشش یکی از مرسوم‌ترین و پر مصرف‌ترین پوشش‌های الکتریکی بر روی فلزات می‌باشد که به سادگی قابل اعمال است. این فلز به دلیل قابلیت هدایت الکتریکی بسیار بالا و چسبندگی خوب به سایر فلزات به عنوان زیرکار برای پوشش‌هایی که چسبندگی کم‌تری روی سطوح فلزی دارند و همچنین به منظور افزایش هدایت الکتریکی در سطوحی که در برابر جریان الکتریکی به هنگام آبکاری مقاومت بیش‌تری نشان می‌دهند، به کار گرفته می‌شود مصرف آن در صنایع الکتریکی و الکترونیکی بسیار گسترده است. این پوشش علاوه بر مصارف صنعتی بی‌شمار کاربردهای تزئینی زیادی دارد که «سیاه‌قلم مس» یکی از مصطلح‌ترین نمونه‌های آن می‌باشد. به طور عموم محلول‌های آبکاری مس به سه دسته اسیدی، قلیایی و فلوروبورات تقسیم می‌شوند. ترکیب زیر مربوط به یک نوع آبکاری براق مس از نوع اسیدی می‌باشد که بایستی در کارگاه ساخته و عمل آبکاری مس را به کمک آن انجام دهید، ترکیب این وان به نام «بی‌ور» معروف است.

ترکیب وان «بی‌ور»

۲۱۰g/lit	مس سولفات
۶۰g/lit	سولفوریک اسید
۰/۰۰۹۸g/lit	تیواوره
۰/۰۰۹۸g/lit	دکستروز
۰/۰۱۲g/lit	هیدروکلریک اسید
	شرایط عمل
۱۶-۴۹°C	درجه حرارت
۱-۴volt	ولتاژ
۲/۱۶-۵/۴A/dm ^۲	دانسیته‌ی جریان (بدون هم زدن)
۱۰/۸-۲۱/۶A/dm ^۲	(در حال به هم زدن)

آند مسی حل‌شونده که می‌توان مورد استفاده قرار داد عبارت‌است از مس خالص (یا حاوی کمی فسفر) حاصل از الکترولیز به صورت غلطک کاری شده و یا ریختگی. این نوع آند بایستی با دانسیته‌ی جریانی کم‌تر از ۴/۹A/dm^۲ و بدون

به هم زدن محلول مورد استفاده قرار گیرد.

۲-۱۲- آبکاری مس روی قطعات آهنی (کار دوازدهم)

مواد و وسایل لازم

- نمونه‌های آهنی مطابق با مشخصات قبل : ۴ عدد
- منبع تغذیه‌ی DC یا رکتیفایر
- سل آبکاری
- آند مسی حل‌شونده مطابق با مشخصات اعلام شده در متن
- به هم زدن شیشه‌ای
- بشر
- هیتر
- کلیه‌ی مواد و وسایل مورد استفاده در کارهای دوّم، سوم و هفتم
- مواد مورد نیاز برای ساخت محلول آبکاری مس
- گیره‌ی کارگاهی
- ذره‌بین با بزرگ‌نمایی ۱۰

روش کار: محلول آبکاری را برابر حجمی معادل $\frac{2}{3}$ حجم سل آبکاری و با ترکیب وان «بی‌ور» به ترتیب زیر بسازید و گرم‌کن آن را در حدود 40°C تنظیم کرده و آماده‌ی کار شوید.

ساخت محلول و آماده‌سازی سل آبکاری: در یک بشر با حجم مناسب (بیش‌تر از حجم $\frac{2}{3}$ سل آبکاری) مقداری آب مقطر معادل نصف حجم محلول نهایی آبکاری ریخته و با رعایت اصول ایمنی و در حال به هم زدن به آرامی سولفوریک اسید مورد نیاز اضافه کنید. بعد از انحلال کامل اسید، مس سولفات توزین شده را در محلول حل کرده سپس تیو اوره، دکستروز و هیدروکلریک اسید را نیز حل کرده و با آب مقطر حجم محلول را به میزان نهایی رسانیده و در سل آبکاری بریزید به طوری که $\frac{2}{3}$ حجم سل را پر کند. درجه حرارت را روی گرم‌کن سل تنظیم کرده، آند مسی را در قطب مثبت به کمک سیم مخصوص ضدزنگ بسته و آماده‌ی کار شوید.

آماده‌سازی قطعات آهنی و انجام آبکاری: هر چهار قطعه را با روش کار دوّم چربی‌گیری مقدماتی نموده و سپس مطابق با روش کار سوّم چربی‌گیری قلبیایی و نهایتاً با روش هفتم اسیدشویی نموده و آن‌ها را بلافاصله و با آب جاری بشوید به طوری که فرصت زنگ‌زدگی سطحی پیدا نکنند آن‌ها را با روش آب داغ خشک کرده و یک طرفشان را با چسب پلاستیکی به خوبی پوشانید به طوری که قسمت اتصال برقی پوشانیده نشود و به ترتیب در قطب منفی بسته و رکتیفایر را روشن کنید. تنظیم دانسیته‌ی جریان را به کمک محاسبات مانند قبل و در عمل به شکل کنترل تغییرات در ولتاژ و آمپراژ دستگاه، تحت کنترل خود داشته باشید. فراموش نکنید که دانسیته‌ی جریان را به هر حال در محدوده‌ی $4/9$ آمپر بر دسی متر مربع نگهدارید و محلول را به هم نزنید. و بالاخره یک قطعه را بعد از ۵ دقیقه، دوّمی را بعد از ۱۰ دقیقه، سوّمی را بعد از ۲۰ دقیقه و چهارمی را بعد از نیم‌ساعت از محلول خارج کرده و در گزارش اوّل کنترل کیفیت با ذکر تاریخ، محاسبات دانسیته‌ی جریان و نتایج بررسی کیفیت سطوح آبکاری شده را از نظر شکل ظاهری، میزان درخشندگی، چسبندگی موضعی و یا عمومی لایه‌ی مس بر سطوح آهنی را به کمک ذره‌بین با بزرگ‌نمایی ۱۰ ثبت و به هنرآموز ارائه دهید.

۳-۲-۱- سیاه قلم مس (کار سیزدهم)

مواد و وسایل لازم

- بشر ۲ لیتری ۱ عدد

- همزن شیشه‌ای

- هیتر

- چهار نمونه‌ی آبکاری شده در روش دوازدهم

- مواد جهت سیاه نمودن مس طبق ترکیب زیر

روش کار

آماده‌سازی محلول سیاه قلم

مس کربنات ۱۹۲ گرم

آمونیاک ۴۰۰ میلی لیتر

آب مقطر ۱۰۰۰ میلی لیتر

درجه حرارت کار ۸۰°C

محلول ۲/۵٪ سود سوزآور

ابتدا مس کربنات را در زیر هود به خوبی با آمونیاک مخلوط کرده و سپس آب مقطر را اضافه نمایید. وان آماده‌ی کار است.

آماده‌سازی قطعات

قطعات چهارگانه‌ی کار قبل را بعد از برداشتن چسب‌های پلاستیکی، به کارگاه ماشین افزار برده و در آن جا - به کمک پرس‌های سبک موجود و یا سنبه‌های مخصوص حکاکی حروف و شماره - حروف نام خود و یا نقوش ابتکاری را در پشت قطعات (قسمتی که فاقد پوشش مس می‌باشد) درحالی که سمت پوشش دار روی یک سطح چوبی صاف قرار دارد، با فشار و یا ضربه‌ی چکش به طور برجسته حکاکی نمایید. در چنین حالتی نقوش در سمت پوشش مسی به صورت برجسته مشاهده خواهند شد. قطعات آماده شده را به طریق اول با حلال چربی گیری نمایید و از تمیزی آن مطمئن شوید، سپس محلول سیاه قلم را به کمک هیتر تا ۸۰°C در زیر هود گرم کرده و قطعات را در آن بیاویزید و بسته به رنگ دلخواه آن‌ها را چند دقیقه در محلول نگه دارید. پس از آن، قطعات را از محلول خارج کرده و چند دقیقه بعد آن‌ها را به منظور تثبیت رنگ آبی - سیاه ایجاد شده در محلول ۲/۵٪ سود سوزآور (کاستیک سودا)، که در حرارت محیط قرار دارد، وارد کرده و چند دقیقه‌ای نگهداشته، خارج نموده و به خوبی بشوید. به هنگام شست و شوی قطعات به کمک سنباده‌های خیلی نرم و ضد آب (شماره‌ی ۸۰۰-۶۰۰) به آرامی و بدون فشار زیاد انگشتان سطح سیاه رنگ مس را کمی بسایید تا نقوش برجسته به تدریج به رنگ قرمز تیره ظاهر شده و به این ترتیب کار سیاه قلم مس آماده شود، کار خود را جهت ارزیابی نهایی و امتیازدهی به هنرآموز ارائه دهید.

رنگ

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

- ۱- ویژگی‌های فیزیکی رنگ‌ها را اندازه‌گیری نماید.
- ۲- اعمال رنگ را به روش‌های مختلف (برس‌کشی، پاششی، استفاده از غلتک) انجام دهد.
- ۳- خشک شدن سطحی و عمقی فیلم را مشخص نماید.
- ۴- ضخامت رنگ تر و خشک را اندازه‌گیری کند.

۱-۱۳- مقدمه

آزمایش‌هایی که جهت ارزیابی عملکرد رنگ‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند متعدد و متنوع می‌باشند. تعیین آزمایش‌های ضروری برای یک نمونه رنگ یا سیستم پوششی (مجموعه‌ی چند رنگ) به سه عامل زیر بستگی دارد:

- ۱- نوع سطحی که رنگ بر روی آن اعمال می‌شود؛
 - ۲- شرایط محیطی موردنظر؛
 - ۳- طول عمری که از رنگ جهت محافظت سطح انتظار می‌رود.
- بدیهی است هرچه شرایط محیطی سخت‌تر و خورنده‌تر بوده و مدت زمان مورد نظر جهت عملکرد رنگ طولانی‌تر باشد آزمایش‌های متنوع و مشکل‌تری بر روی رنگ انجام خواهد شد.
- خاطر نشان می‌گردد که فیلم خشک رنگ زمانی مقاومت مناسبی از خود نشان می‌دهد که عملیات آماده‌سازی سطح و رنگ‌آمیزی به‌طور صحیح و با رعایت اصول فنی صورت گرفته باشد.
- به‌طور کلی آزمایش‌های رنگ به سه دسته تقسیم می‌شوند:

- ۱- آزمایش‌های مربوط به رنگ مایع
 - ۲- آزمایش‌های مربوط به فیلم تر رنگ
 - ۳- آزمایش‌های مربوط به فیلم خشک رنگ
- رده‌بندی نوع آزمایش‌ها نیز به‌صورت‌های مختلف انجام می‌شود که از جمله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود که در اکثر آزمایش‌های مربوط به کنترل کیفیت رنگ‌ها انجام می‌شود.

تعیین ویژگی‌های ظاهری و فیزیکی رنگ تر: شامل پوسته یا رویه بستن، ته‌نشینی یا رسوب‌گذاری، چگالی (دانسیته)، گران‌روی (ویسکوزیته) دانه‌بندی و تمیزی رنگ، فام (رنگ ظاهری)، نقطه‌ی اشتعال و...

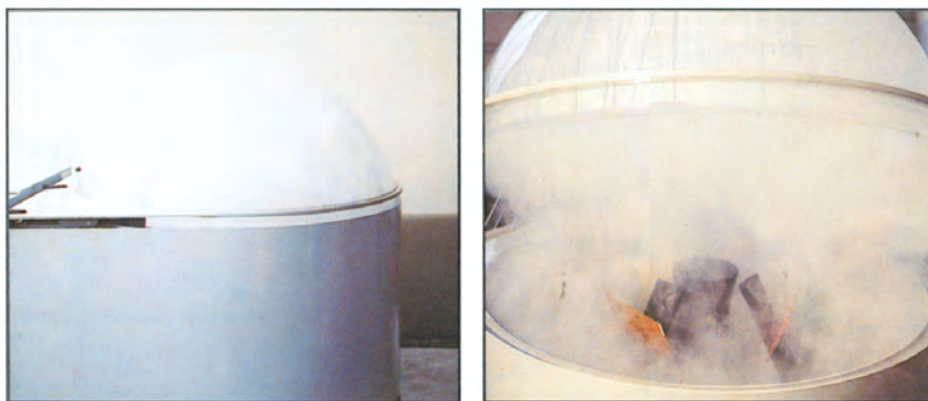
* آماده‌سازی سطوح مطابق روش‌های موردنظر و اعمال رنگ با وسایل مختلف

* بررسی عوارض ایجاد شده در فیلم تر (شُرّه کردن، موجی شدن و...)

* بررسی وضعیت فیلم‌های خشک تشکیل شده و تعیین عوارض مربوطه (پوست پرتقالی شدن، پوست سوسماری شدن،

ترک‌خوردگی و...)

- * تعیین زمان خشک شدن سطحی و عمقی فیلم و اندازه‌گیری ضخامت مربوطه و تعیین برآقیت
- * انجام آزمایش‌های مکانیکی فیلم خشک: شامل سختی، چسبندگی، ضربه‌پذیری، انعطاف‌پذیری (تست خمش)، جامی شدن، خراش‌پذیری، سایش‌پذیری، قابلیت شست‌وشو و ...
- * بررسی مقاومت فیلم خشک در شرایط جوئی مختلف (حرارت، برودت، رطوبت نسبی، پاشش آب، نور مادون قرمز، نور ماوراء بنفش و ...)
- * بررسی مقاومت فیلم خشک در محیط‌های خورنده (رطوبت صددرصد، مه آب نمک، انواع گازهای شیمیایی و ...)
- * بررسی مقاومت فیلم خشک در برابر محیط‌های غوطه‌ور مختلف (آب، مواد نفتی، مواد شیمیایی، روغن‌ها و ...)



شکل ۱-۱۳- دستگاه تولید مه نمک (سالت اسپری Salt spray)
 مورد استفاده: بررسی مقاومت فیلم خشک رنگ در محیط‌های خورنده نمکی



شکل ۲-۱۳- دستگاه تولید رطوبت صد درصد (Humidity)
مورد استفاده: بررسی مقاومت فیلم خشک رنگ در محیط‌های مرطوب

* شناسایی ترکیبات مهم موجود در رنگ‌ها شامل درصد وزنی و حجمی مواد جامد، نوع رنگ پایه (رزین)، نوع رنگدانه (پیگمان)، درصد پیگمان اصلی و...

* بررسی عملکرد فیلم خشک رنگ‌های ویژه مانند: تعیین مقاومت حرارتی، عدم سمیت رنگ‌های مخصوص سطوح داخلی مخازن آب آشامیدنی، ارزیابی پوشش لوله‌های مدفون در خاک، بررسی مقاومت فیلم در برابر عوامل میکروبی و باکتری‌ها و...

خاطر نشان می‌گردد که برای آزمون‌های مختلف رنگ روش‌های متفاوتی وجود دارد. در این فصل ساده‌ترین روش‌ها بیان می‌شود.

جهت انجام آزمایش‌های رنگ لازم است نسبت به موارد زیر دقت کافی مبذول شود:

- ۱- حتی الامکان آزمون‌ها در زیر هود یا جایی که دارای هواکش مناسب باشد انجام گیرد.
- ۲- آزمون‌ها ترجیحاً در محیطی با دمای $25 \pm 5^\circ\text{C}$ و رطوبت نسبی $50 \pm 5\%$ صورت گیرد.
- ۳- از دستکش مرغوب استفاده شود. برای رنگ‌های صنعتی عینک و ماسک نیز توصیه می‌شود.
- ۴- از انجام آزمایش‌ها در کنار شعله جداً خودداری شود.
- ۵- بلافاصله پس از اتمام آزمایش، وسایل مورد استفاده با تینر مناسب شسته شود.

۶- به هیچ عنوان مواد اضافی و دورریز، بخصوص مواد شست و شو، در سیستم فاضلاب تخلیه نشود بلکه در ظرف جداگانه‌ای جمع‌آوری گردد. بدیهی است با رعایت اصول ایمنی و زیست محیطی می‌بایست نسبت به بازیافت و یا انهدام این مواد اقدام نمود.

۷- برای کاهش درصد خطا، آزمایش‌ها حداقل دو بار تکرار شود.

۲-۱۳- تعیین نوع و درجه‌ی ته‌نشینی (رسوب)

مواد و وسایل لازم: یک کیلو رنگ روغنی، یک کیلو رنگ غنی از روی (Zinc Rich)، یک کیلو رنگ آلومینیومی، تینر، همزن مخصوص^۱ (Spatula)، ظرف مخصوص^۲

روش آزمون: درب قوطی را باز کنید و مطابق جدول ذیل به بررسی ته‌نشینی آن بپردازید. در صورت دسترسی به دو نمونه دیگر رنگ، امکان مقایسه‌ی بهتری فراهم می‌گردد.

بررسی ته‌نشینی رنگ مطابق استاندارد ASTM D- 869

وضعیت رنگ	نوع ته‌نشینی (Rate. No)
در رنگ دو فاز مایع و جامد به‌وجود نیامده است و رنگ شرایط اصلی و اولیه را حفظ کرده است.	10
مقدار کمی رسوب ایجاد شده است. میله‌ی همزن با وزن خود داخل رسوب فرو می‌رود و هیچ‌گونه مقاومتی در برابر حرکت آن در رنگ دیده نمی‌شود.	8
میله‌ی همزن با وزن خود داخل رسوب فرو می‌رود و مقاومت کمی در حرکت آن در داخل رنگ مشاهده می‌گردد. قسمت‌هایی از رسوب نیز به‌وسیله‌ی همزن کنده می‌شود.	6
میله‌ی همزن با وزن خود داخل رسوب فرو نمی‌رود. حرکت آن در جهت پهن مشکل است ولی در امتداد ضخامت آن، مقاومت کمی مشاهده می‌گردد. در عین حال رنگ به آسانی یک‌نواخت می‌شود.	4
میله‌ی همزن با فشار و سختی داخل رسوب می‌رود. حرکت آن در رنگ خیلی مشکل است اما به هر ترتیب رنگ با کمک دست هم‌وزن شده و یک‌نواخت می‌گردد.	2
با کمک دست و حرکت میله‌ی همزن نمی‌توان رنگ را یک‌نواخت کرد.	0

۳-۱۳- بررسی وضع ظاهری رنگ در قوطی یا ظرف مربوطه

مواد و وسایل لازم: یک قوطی یک لیتری رنگ استفاده نشده، تینر، همزن شیشه‌ای

روش آزمون: در قوطی را باز کنید. رنگ باید فاقد پوسته (رویه) باشد. رسوب آن نیز باید در حدی باشد که با هم‌زدن، رنگ به‌صورت کاملاً یک‌نواخت درآید. ضمناً هیچ‌گونه علائمی از فساد رنگ، شامل بوی نامطبوع و زنده، کپک‌زدگی، ژله‌ای شدن، تجمع رنگدانه و غیره، در آن مشاهده نگردد.

۱- این همزن دارای وزن 45 ± 1 گرم بوده و تیغه‌ی آن به‌شکل مربع مستطیل و به‌طول ۱۲۵ میلی‌متر و عرض ۲۰ میلی‌متر در نظر گرفته می‌شود.

۲- این ظرف دارای حجم ۵۰۰ میلی‌متر بوده قطر آن $85/5 \pm 1/5$ میلی‌متر و ارتفاع آن $98/5 \pm 1/5$ میلی‌متر می‌باشد. معمولاً ۱۳ میلی‌متر از بالای ظرف باید فاقد رنگ باشد. یکی از روش‌های آزمون زمان ۶ ماهه را مورد نظر قرار داده و دیگری شرایط حرارتی و پرودتی خاص را مطرح می‌کند. در این آزمایش صرفاً روش کار مورد توجه قرار داده شده است.

۱۳-۴- رویه بستن

مواد و وسایل لازم: تینر، حدود یک لیتر رنگ روغنی، آون (یا محیطی که دمای 40°C را تأمین نماید)، یک قوطی خالی یک لیتری با در مناسب
روش آزمون: $\frac{3}{4}$ قوطی خالی را از رنگ مورد نظر پر کرده و در آن را محکم ببندید سپس به مدت ۴۸ ساعت آن را در دمای 40°C قرار دهید. پس از اتمام این مدت رنگ نباید رویه بسته باشد.

۱۳-۵- تعیین گرانروی

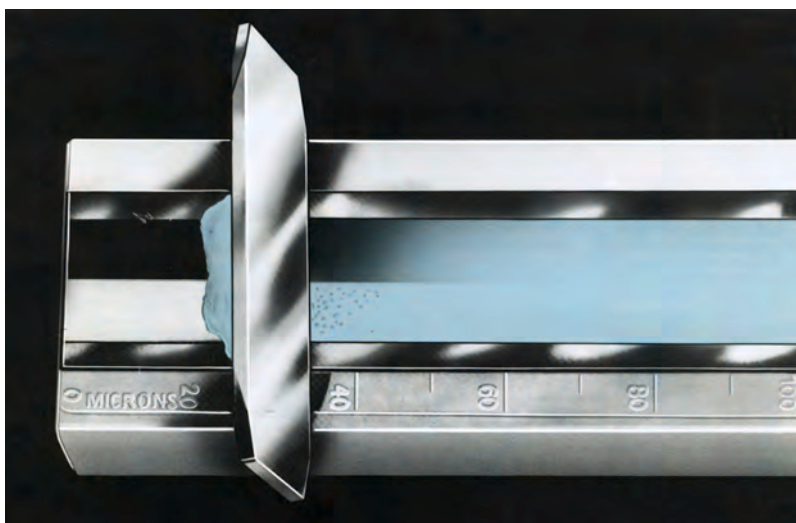
مواد و وسایل لازم: مقداری رنگ، تینر، چند فنجان مخصوص اندازه‌گیری (کاپ) با نازل‌های مختلف، همزن شیشه‌ای، ساعت کروномتر
روش آزمون: رنگ را کاملاً یکنواخت کنید. سوراخ نازل یکی از کاپ‌ها را با انگشت گرفته و آن را از رنگ مورد نظر پر کنید به طوری که با گذاشتن درپوش مربوطه، رنگ اضافی از کاپ جدا شود. همزمان با رها کردن انگشت، کروномتر را به کار اندازید. به محض آن که جریان ریزش رنگ (به صورت سیلان) قطع شد کروномتر را متوقف کرده و زمان سیلان را برحسب ثانیه یادداشت کنید.
معمولاً برای اعمال رنگ‌ها به روش‌های مختلف، گرانروی کاری مشخصی از رنگ را با افزایش تینر مربوطه به دست می‌آورند.



شکل ۱۳-۳- چند نوع وسیله‌ی اندازه‌گیری گرانروی

۶-۱۳- تعیین دانه‌بندی (اندازه‌گیری درجه‌ی پخش شدن رنگدانه^۱)

مواد و وسایل لازم: رنگ، تینر، وسیله‌ی اندازه‌گیری مربوطه به نام گریندومتر (Grindometer)، همزن
روش آزمون: گریندومتر از یک صفحه‌ی فلزی مکعب مستطیل تشکیل شده که در سطح آن دو شیار طولی دیده می‌شود.
عمق این شیارها از یک طرف به طرف دیگر اضافه شده و از صفر تا صد میکرون درجه‌بندی شده است. ضمناً یک تیغه‌ی فلزی لبه
تیز نیز برای کشیدن رنگ بر روی شیارها وجود دارد.
ابتدا گریندومتر را به صورت افقی قرار داده و چند قطره از رنگ موردنظر را در قسمت عمیق دو شیار قرار دهید. سپس
رنگ را با تیغه‌ی مربوطه در طول دو شیار بکشید. پس از پهن شدن رنگ بلافاصله گریندومتر را در مقابل نور (ترجیحاً مهتابی)
قرار داده و اندازه‌ی ذرات رنگدانه‌ی موجود در رنگ را در مقطع شیارها مشخص کنید.



شکل ۴-۱۳- وسیله‌ی اندازه‌گیری دانه‌بندی رنگ تر

۷-۱۳- سازگاری با رقیق کننده

مواد و وسایل لازم: مقداری رنگ، رقیق کننده یا حلال مناسب، یک ظرف مناسب ترجیحاً شیشه‌ای و مدرج
روش آزمون: ۳ حجم رنگ موردنظر را در ظرف ریخته سپس یک حجم رقیق کننده‌ی مربوطه را به آرامی (ضمن هم‌زدن)
به آن‌ها اضافه کنید و در ظرف را ببندید. بعد از گذشت ۲۴ ساعت در ظرف را باز کنید. در رنگ رقیق شده نباید هیچ‌گونه رسوب،
جدایی رنگدانه و رنگپایه و تشکیل فازهای مختلف مشاهده شود.

۸-۱۳- تعیین میزان پوشاندگی رنگ (قدرت اختفا یا پنهان‌کنندگی)^۲

مواد و وسایل لازم: رنگ، تینر، کاغذ شطرنجی با خانه‌های سیاه و سفید، فیلم کش (اپلیکاتور)، همزن
روش آزمون: رنگ را کاملاً یک‌نواخت کنید. فیلم کش مناسبی را با ضخامت‌های متفاوت بر روی کاغذ شطرنجی قرار داده
و داخل آن را از رنگ موردنظر پر کنید. سپس به آهستگی فیلم کش را بر روی کاغذ عبور دهید. ضخامتی از رنگ را، که در آن
خانه‌های سیاه و سفید قابل تمایز نباشد مشخص کنید. این ضخامت با عنوان قدرت پوشاندگی یا اختفای رنگ در نظر گرفته می‌شود.

۱- درجه‌ی پخش شدن رنگدانه‌ها، ریزی و درشتی آن‌ها را نشان می‌دهد که معیاری برای کیفیت آسیاب رنگ می‌باشد. قاعدتاً رنگدانه‌های موجود در
رنگ‌های رویه به مراتب ریزتر از سایر رنگ‌ها می‌باشد. اگر درشتی رنگدانه بیش از ضخامت موردنظر باشد معمولاً سطح فیلم ناصافی به دست خواهد آمد که به نوبه‌ی
خود عوارضی را ایجاد خواهد نمود.

۹-۱۳- اندازه‌گیری ضخامت فیلم تر (WFT)^۱

مواد و وسایل لازم: رنگ، تینر، شانه‌ی مخصوص، همزن، صفحات فولادی یا شیشه‌ای
روش آزمون: رنگ یک‌نواخت شده را بر روی سطح مناسبی اعمال کنید (ترجیحاً شیشه یا فلز) سپس شانه‌ی مخصوص را به‌صورت عمودی روی فیلم تر رنگ قرار دهید. این شانه دارای دندان‌هایی است که دندان‌های اول و آخر یکسان هستند اما سایر دندان‌ها کوتاه و بلند بوده و اختلاف طول آن‌ها در بعضی نمونه‌ها یک میلی‌متر است. با قرار دادن شانه، دندان‌های که با فیلم تماس پیدا می‌کند ضخامت آن‌را مشخص می‌نماید. با تمیز کردن شانه این کار را می‌توان در قسمت‌های دیگر فیلم تکرار کرده و میانگین ضخامت فیلم تر را به‌دست آورد. این روش برای اندازه‌گیری‌های تقریبی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱۰-۱۳- مقاومت در برابر شُرّه کردن^۲ و موجی شدن رنگ^۳

مواد و وسایل لازم: رنگ، تینر، شانه یا تیغه‌ی مخصوص، همزن، صفحات فولادی یا شیشه‌ای
روش آزمون: رنگ را کاملاً یک‌نواخت کنید، سپس به روش برس‌کشی یا پاششی رنگ را (با ضخامت مشخص) بر روی ورقه‌های آماده شده و تمیز اعمال نمایید و شانه‌ی مخصوص را بر روی فیلم تر بکشید. قطعات باریکی با عرض مشخص بر روی فیلم ایجاد می‌شود. ورقه را بلافاصله به حالت عمود بر شیارها قرار دهید. در صورتی که رنگ مشکل شُرّه کردن یا موجی شدن را داشته باشد جاری شده و سرتاسر باریکه‌های بدون رنگ (شیارها) را می‌پوشاند.

۱۱-۱۳- ضرورت آماده‌سازی سطح قبل از اعمال رنگ

مواد و وسایل مورد نیاز: ۱۲ قطعه ورقه فولادی به ابعاد ۱۵×۱۰ سانتی‌متر و ضخامتی حدود ۱ تا ۲ میلی‌متر، چند عدد سمباده با زبری‌های مختلف

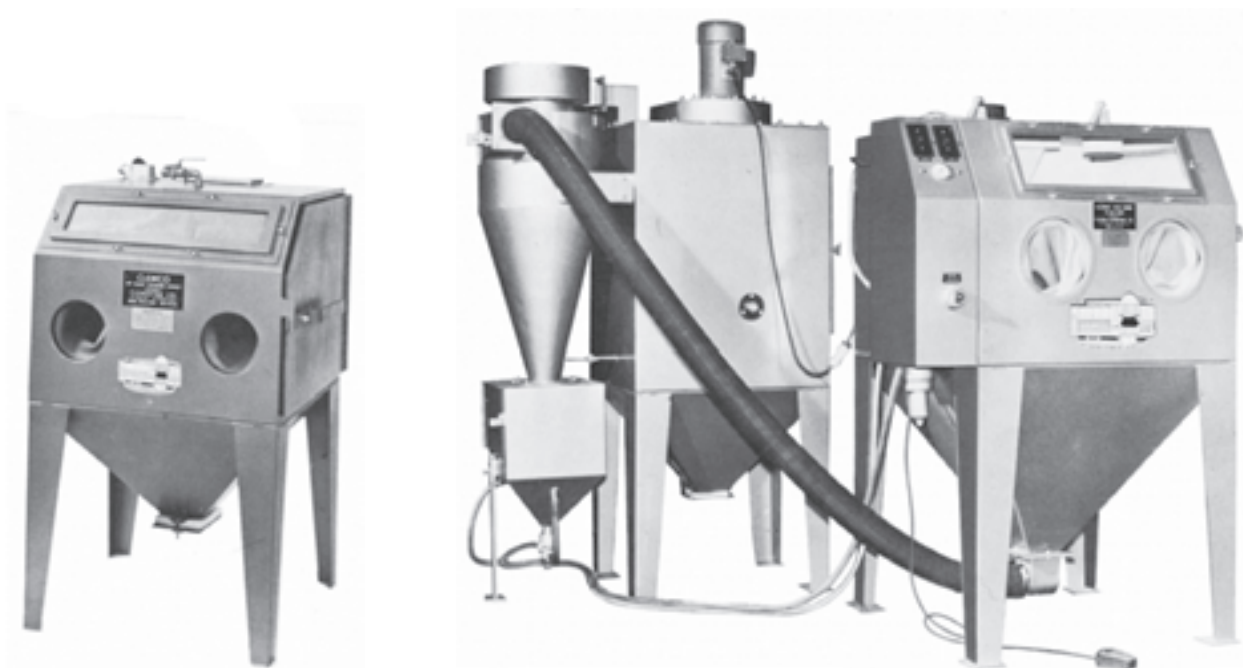
روش آزمون: بر روی ورقه‌ها اقدامات زیر را صورت دهید.

- ۱- دو ورقه‌ی زنگ‌زده را کنار گذاشته و بر روی آن‌ها هیچ اقدامی انجام ندهید.
- ۲- دو ورقه‌ی دیگر را با سمباده کمی تمیز کنید به طوری که سطح کاملاً سفید یک‌دستی ایجاد نشود.
- ۳- سطوح هر دو ورقه‌ی دیگر را جداگانه با سمباده‌های متفاوت کاملاً تمیز کنید. این کار حداقل برای ۳ نوع سمباده با زبری مختلف انجام شود.
- ۴- سطح دو ورقه‌ی دیگر را با سمباده کاملاً تمیز کنید سپس آن‌را برای دقایقی در محیط رطوبت قرار داده و یا سطح آن‌ها را کمی خیس کنید. لحظاتی بعد آثار زنگ زدگی بر روی سطح مشاهده می‌شود. (این بررسی نشان می‌دهد که اعمال رنگ می‌بایست در چند ساعت پس از آماده‌سازی سطوح صورت گیرد. در غیر این صورت سطح دچار خوردگی می‌شود، به‌ویژه اگر شرایط جوّی نامساعد باشد.)
- ۵- بر روی کلیه‌ی ورقه‌های فوق رنگ مورد نظر را به‌طور یکسان اعمال کنید و پس از چند روز به بررسی چسبندگی فیلم‌ها بپردازید. قاعدتاً چسبندگی رنگ بر روی سطوح کاملاً تمیز شده و با زبری بیش‌تر، بهتر خواهد بود. سطوح تمیز نشده نیز کم‌ترین چسبندگی را خواهند داشت.
- ۶- در صورت امکان عملیات آماده‌سازی را با روش شن‌پاشی نیز انجام دهید.

۱- Wet Film Thickness

۲- Running

۳- Sagging



شکل ۵-۱۳- چند نوع دستگاه شن‌پاش آزمایشگاهی

۱۲-۱۳- اندازه‌گیری زمان خشک شدن سطحی فیلم رنگ

مواد و وسایل آزمون ۱: رنگ، تینر، ورقه‌ی فولادی یا شیشه‌ای، همزن، ترازو، وزنه‌ی ۵۰۰ گرمی، روش آزمون ۱: بر روی صفحه‌ی آماده شده‌ی، قشری از رنگ با ضخامت مناسب (دلخواه) اعمال کنید. ساعاتی بعد، پس از آن که بر اثر تماس، رنگ به دست نجسبید صفحه را داخل کفه‌ی ترازویی قرار دهید و در کفه‌ی دیگر با فشار دادن انگشت نیرویی معادل ۵۰۰ گرم بر روی قشر رنگ وارد کنید. زمانی که با این فشار اثری از خطوط انگشت بر روی فیلم دیده نشود، خشک شدن سطحی در فیلم صورت گرفته است. این زمان را یادداشت کنید.

مواد و وسایل لازم آزمون ۲: ورقه‌ی فولادی یا شیشه‌ای، رنگ، تینر، پودر کلسیم کربنات، الک ۳۰۰ و ۱۵۰

میکرونی، قلم‌مو

روش آزمون ۲: پودر کلسیم کربنات را الک کنید تا درشتی ذرات آن بین ۱۵۰ الی ۳۰۰ میکرون شود (از الک ۳۰۰ میکرونی قابل عبور بوده ولی از الک ۱۵۰ میکرونی رد نشود) سپس آن را بر روی قشر رنگی که قبلاً اعمال کرده‌اید بپاشید. پس از یک دقیقه پودرها را با قلم‌مویی که ترجیحاً از موی شتر تهیه شده است از روی سطح فیلم پاک کنید. خشک شدن سطحی زمانی اتفاق می‌افتد که پودر کلسیم کربنات کاملاً از سطح فیلم جدا شده و این عمل لطمه‌ای به قشر رنگ وارد نکند.

۱۳-۱۳- تعیین خشک شدن کامل

مواد و وسایل لازم: ورقه پوشش داده شده، ترازو، وزنه‌ی ۲ کیلوگرمی

روش آزمون: صفحه‌ی رنگ شده را در یک کفه‌ی ترازو قرار دهید. در کفه‌ی دیگر، هم‌وزن آن وزنه بگذارید سپس در کفه‌ای که وزنه گذارده‌اید وزنه‌ی دیگری به وزن ۲ کیلوگرم اضافه کنید. در مرحله‌ی بعد، با انگشت، روی صفحه‌ی آزمون فشار دهید تا هر دو کفه برابر شود. به مدت یک دقیقه ترازو را به همان وضع نگهدارید، سپس آن را به آرامی رها کنید. هیچ اثری از انگشت نباید روی قشر رنگ باقی مانده باشد. می‌توان به جای انگشت پارچه‌ای را روی فیلم قرار داد و سپس وزنه‌ی ۲ کیلوگرمی

را روی پارچه گذاشت. در این حالت نیز نباید هیچ‌گونه اثری از خطوط پارچه بر روی قشر رنگ باقی مانده باشد.

۱۴-۱۳- خصوصیات کاربرد رنگ با قلم مو

مواد و وسایل لازم: رنگ، تینر، ورقه‌های فولادی یا شیشه‌ای، قلم مو
روش آزمون: پس از رقیق کردن رنگ، مطابق دستور تولیدکننده، رنگ را یک‌دست روی نیمی از صفحه‌ی آزمون بکشید. رنگ باید به‌خوبی زیر قلم مو قابلیت گسترش و یک‌نواختی داشته و به‌سهولت قابل استفاده باشد. پس از ۵ دقیقه روی نیمه‌ی دیگر صفحه را طوری قلم مو بکشید که لبه‌ی دو قسمت رنگ کمی روی هم قرار گیرد. سپس بگذارید فیلم به مدت ۱۶ ساعت خشک شود. پس از این مدت قشر خشک رنگ باید عاری از تپله و شره بوده و فاقد آثار قلم مو (رد قلم)¹، شناوری رنگینه، رگه‌رگه شدن و جدایی لبه‌های رنگ و یا هر نوع خصوصیات نامطلوب دیگر باشد.
خاطر نشان می‌گردد که در کاربرد رنگ با هر روش، می‌بایست سطح موردنظر کاملاً تمیز باشد. در صورت وجود آثار زنگ و یا هرگونه مواد آلاینده، سطح را پس از سنباده‌کاری با استن و الکل بشوید.
برای رنگ زدن با قلم مو، از قلم‌مویی که دارای لبه‌ی پهنی باشد استفاده کنید. قلم مو باید تمیز و دارای موهای محکم بوده و اندازه‌ی آن مناسب باشد. ضمناً رنگ باید با قلم مو به‌طور یک‌نواخت کشیده شود. حرکت قلم مو را در مرحله‌ی دوم می‌توان عمود بر حالت اول در نظر گرفت.

۱۵-۱۳- خصوصیات کاربرد رنگ با رنگ‌پاش

مواد و وسایل لازم: رنگ، صفحات فولادی یا شیشه‌ای، پیستوله، منبع تأمین‌کننده‌ی هوا
روش آزمون: برای اعمال به روش پاششی (با هوا)² باید قبل از مصرف رنگ، پیستوله کاملاً تمیز باشد؛ ضمناً فشار هوا را به نسبت غلظت رنگ باید تنظیم نمود. فاصله‌ی پیستوله و سطح باید حدود ۳۰ سانتی‌متر باشد و زاویه‌ی اعمال رنگ را نیز باید عمود در نظر گرفت. رنگ را طبق دستور سازنده رقیق کنید. در صورت نیاز، جهت جلوگیری از مسدود شدن نازل پیستوله، رنگ را از صافی مناسب عبور دهید. بین پاشیدن دو نیمه رنگ روی صفحه‌ی آزمون ۵ دقیقه فاصله بگذارید. رنگ باید به‌آسانی از دهانه‌ی رنگ‌پاش پاشیده شود. قشر رنگ را به مدت ۱۶ ساعت در محیط آزمایشگاه و به دور از گرد و غبار قرار داده تا خشک شود. سطح فیلم تشکیل شده باید فاقد آثار شناوری رنگینه، تپله، شره و یا ناصافی‌های پوست پرتقالی باشد.
جهت رنگ‌پاشی با استفاده از پیستوله‌های مختلف از جمله پاشش بدون هوا³ باید دستورالعمل‌های مربوطه را رعایت نمود.

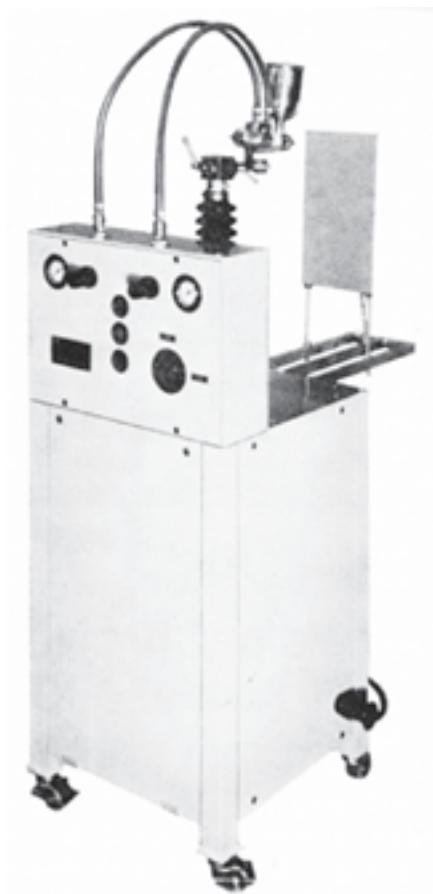
۱- Brushmark

۲- Air spray

۳- Air Less spray



شکل ۱۳-۶- دستگاه فیلم کش (اپلیکاتور) اتوماتیک با ضخامت های مختلف



شکل ۱۳-۷- دستگاه پاشش اتوماتیک



شکل ۸-۱۳- چند نوع وسیله‌ی پاشش رنگ

نوع آزمون: خصوصیات کاربرد رنگ با غلتک
ویژگی‌های مربوطه مشابه کاربرد رنگ با قلم مو می‌باشد؛ فقط در این روش باید صفحات آزمون را به‌طور عمودی قرار داد.

۱۶-۱۳- خصوصیات کاربرد چند دست رنگ

مواد و وسایل لازم: صفحات فولادی یا شیشه‌ای، رنگ، قلم مو یا پیستوله یا غلتک
روش آزمون: حداقل ۱۶ ساعت پس از اعمال لایه اول (دست اول) بر روی صفحات رنگ شده به روش برس‌کشی، پاششی و استفاده از غلتک دومین لایه‌ی رنگ را اعمال کنید. پس از خشک شدن نباید روی فیلم هیچ‌گونه آثاری از چروک، تپله و یا سایر نقایص ظاهر گردد.

۱۷-۱۳- تعیین رنگ ظاهری (فام)

مواد و وسایل لازم: رنگ سفید، رنگ‌های اصلی
روش آزمون: فام رنگ باید با کارت رنگ‌بندی ارائه شده توسط سازنده، برای هر نوبت تولید، مطابقت داشته باشد. در صورتی که فام خاصی از رنگ مورد نظر باشد می‌توان از اختلاط چند نوع رنگ و یا افزایش رنگ‌های اصلی به رنگ سفید، فام مورد نظر را به دست آورد. در رابطه با این آزمون، فام‌های خاصی توسط مربی مشخص شده تا هرجو با اختلاط رنگ‌های مختلف آن‌ها را به دست آورد.

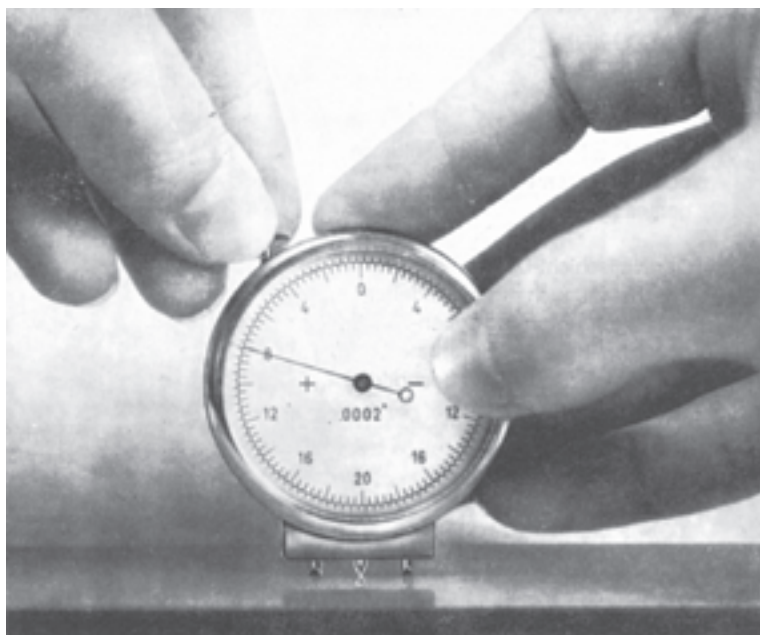
۱۸-۱۳- تعیین برآقیت

مواد و وسایل لازم: صفحه‌ی پوشش داده شده‌ی شیشه‌ای، دستگاه برق‌سنج
روش آزمون: به‌طور کلی فیلم‌های رنگ می‌توانند برآقیت‌های متفاوتی بین دو حالت بسیار براق (انعکاس نور ۹۸ تا ۱۰۰٪) و مات (انعکاس نور صورت نمی‌گیرد) داشته باشند. برای تشخیص رنگ‌ها غالباً از این دسته‌بندی استفاده می‌شود: رنگ‌های بسیار براق، رنگ‌های نیمه‌براق، رنگ‌های براق پوست تخم‌مرغی و رنگ‌های مات پوست تخم‌مرغی.
ابتدا رنگ مورد نظر را با ضخامت یکسان و یک‌نواخت به وسیله‌ی فیلم‌کش^۱ روی سطح شیشه‌ای صاف اعمال کنید. سپس ۲۴ ساعت جهت خشک شدن آن فرصت دهید و در نهایت توسط دستگاه برق‌سنج میانگین برآقیت آن را مشخص کنید. معمولاً برای اندازه‌گیری برق فیلم رنگ‌های بسیار براق، از زاویه‌ی ۶۰ درجه استفاده می‌شود. در شرایط عادی نقاش با مخلوطی از رنگ‌های براق و مات، برآقیت مورد نظر را به دست می‌آورد.

۱۹-۱۳- اندازه‌گیری ضخامت فیلم خشک

مواد و وسایل لازم: تعدادی ورقه‌ی فلزی پوشش داده شده، ضخامت‌سنج انگشتی، ضخامت‌سنج دیجیتالی
روش آزمون
۱- روش تخریبی: این دستگاه دارای ۲ پایه بوده که بر روی فیلم رنگ قرار می‌گیرند. میله‌ای در وسط این دو پایه وجود دارد که به صفحه‌ی مدرجی متصل است. برای تنظیم دستگاه میله را روی شیشه قرار دهید. در این حالت عقربه می‌بایست عدد

صفر را نشان دهد. سپس به مقدار لازم فیلم را از سطح جدا کنید و میله را در آن قسمت قرار دهید تا با سطح زیرین فیلم در تماس باشد (پایه‌ها باید بر روی فیلم قرار داشته باشند) عددی که صفحه‌ی مدرج نشان می‌دهد ضخامت فیلم را مشخص می‌کند. در روش تخریبی می‌توان از میکرومتر و یا میکروسکوپ نیز استفاده نمود.



شکل ۹-۱۳- ضخامت‌سنج فیلم خشک رنگ (روش تخریبی)



شکل ۱۰-۱۳- ضخامت‌سنج فیلم تر رنگ

۲- روش غیرتخریبی: در این رابطه دستگاه‌هایی وجود دارند که با خاصیت مغناطیسی یا الکتریکی آن‌ها می‌توان ضخامت فیلم خشک را بر روی فلزات آهنی و غیرآهنی تعیین کرد. معمولاً روش تنظیم و طرز کار دستگاه‌ها در بروشورهای آن‌ها نوشته شده است. لازم به یادآوری است که معمولاً ضخامت چندین نقطه را مشخص کرده و میانگین آن‌ها را منظور می‌کنند. ضمناً برای اندازه‌گیری ضخامت عمدتاً اطراف و کناره‌های ورقه‌ها را در نظر نمی‌گیرند.



شکل ۱۱-۱۳- انواع ضخامت سنج فیلم خشک رنگ (غیر تخریبی)

۲۰-۱۳- تعیین چسبندگی فیلم خشک به روش برش متقاطع یا صلیبی

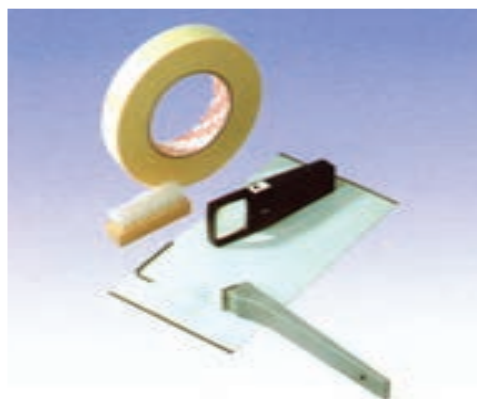
مواد و وسایل لازم: چند ورقه‌ی پوشش داده شده با ضخامت‌های متفاوت، چسب نواری نایلونی (در صورت دست‌رسی چسب استاندارد پرماسل ۹۹)، کاتر مخصوص یک و دو میلی‌متری

روش آزمون: دو ورقه‌ی پوشش داده شده، یکی به ضخامت فیلم خشک حداکثر ۵۰ میکرون و دیگری به ضخامت ۱۲۵-۵۰ میکرون را انتخاب کنید. بر روی ورقه‌ی اول با کاتر مخصوص یک میلی‌متری (Crosscut) دو بار به صورت عمود بر هم خراش ایجاد کنید تا ۲۵ مربع یک میلی‌متری ایجاد شود. برس مربوطه دستگاه را به آرامی بر روی خراش‌ها بکشید سپس چسب نواری مخصوص را بر روی مربع‌های تشکیل شده قرار دهید. طول چسب را حدود ۷ سانتی‌متر در نظر بگیرید، سپس با پاک‌کن (متصل به مداد، مداد پاک‌کن‌دار) حدود ۳۰ ثانیه بر روی چسب مالش دهید. حداکثر ۲ دقیقه بعد یک طرف نوار را برگردانده و به حالت موازی با سطح ورقه آن را از خراش‌ها جدا کنید. مقدار رنگ جدا شده از سطح (که به چسب چسبیده است) کاهش چسبندگی را نشان می‌دهد. همین روش را برای ورقه‌ی دوم با کاتر دو میلی‌متری تکرار کنید. نتایج آزمون چسبندگی مطابق استاندارد ASTM D - 3359 و براساس جدول پیوست بررسی می‌گردد. چسبندگی مطلوب 5B بوده و به‌طور معمول چسبندگی

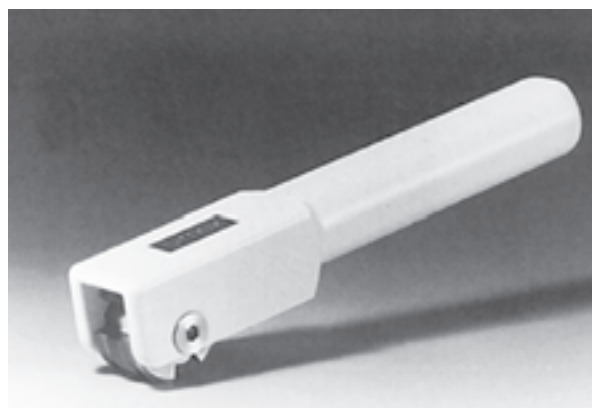
کمتر از 4B در بسیاری از استانداردها مورد پذیرش قرار نمی‌گیرد.

جدول ۱-۱۳- مربوط به تست چسبندگی بر اساس استاندارد ASTM D-3359

CLASSIFICATION OF ADHESION TEST RESULTS		
CLASSIFICATION	PERCENT AREA REMOVED	SURFACE OF CROSS-CUT AREA FROM WHICH FLAKING HAS OCCURRED FOR SIX PARALLEL CUTS AND ADHESION RANGE BY PERCENT
5B	0% None	
4B	Less than 5%	
3B	5 - 15%	
2B	15 - 35%	
1B	35 - 65%	
0B	Greater than 65%	



شکل ۱۳-۱۳- مجموعه‌ی تست چسبندگی رنگ



شکل ۱۳-۱۲- کاتر مخصوص اندازه‌گیری چسبندگی به روش صلیبی

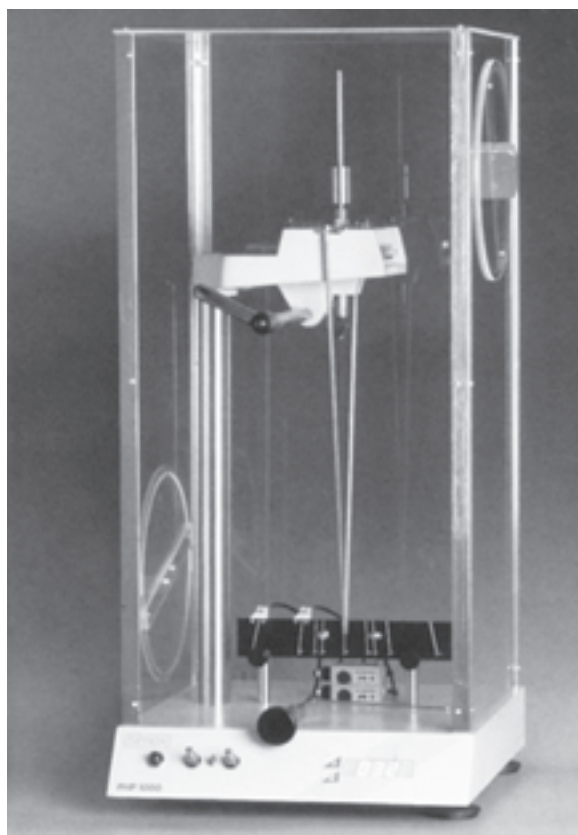
۲۱-۱۳- اندازه‌گیری سختی فیلم خشک رنگ

مواد و وسایل لازم: چند ورقه‌ی پوشش داده شده، مدادهای مخصوص با سختی متفاوت
روش آزمون: ساده‌ترین روش اندازه‌گیری سختی فیلم خشک استفاده از مدادهایی است که سختی آن‌ها از ۶H به ۴B کاهش می‌یابد. انجام آزمون بدین‌گونه است که مدادهای مختلف به‌صورت جداگانه روی سطح فیلم کشیده می‌شوند. این کار تا زمانی ادامه می‌یابد که یکی از مدادها بتواند خط سیاهی روی فیلم رنگ ایجاد کند. سختی مداد مورد استفاده نشان‌دهنده‌ی سختی فیلم می‌باشد.

روش دیگری که برای تعیین سختی در آزمایشگاه‌های مجهز بکار می‌رود استفاده از آونگ‌های مخصوص است. در این روش سختی رنگ با استفاده از خاصیت تلف‌شدن انرژی در اثر نوسان آونگ مشخص می‌شود. طریقه‌ی تنظیم دستگاه و نحوه‌ی آزمایش در بروشورهای مربوطه منعکس شده است.



ب - سختی سنج مدادی



الف - سختی سنج پاندولی

شکل ۱۴-۱۳

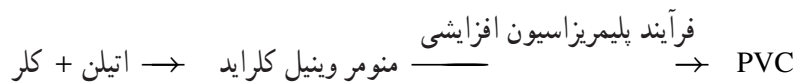
چسب

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

- ۱- چسب PVC را بسازد.
- ۲- قطعات PVC را با کمک چسب PVC به هم چسبانده و از نظر نشی مورد ارزیابی قرار دهد.

۱-۱۴- مقدمه

چسب ماده‌ای است که جهت اتصال دادن دو قطعه به یکدیگر به کار می‌رود. یکی از انواع چسب‌ها، چسب PVC یا پولیکا است. در تهیه‌ی این چسب از ماده‌ی پلیمری PVC (پلی وینیل کلراید) استفاده می‌شود. این ماده از منومری به نام وینیل کلراید تهیه می‌شود. منومر وینیل کلراید، خود از ترکیب کلر با اتیلن به دست می‌آید. این منومر تحت فرآیند پلیمریزاسیون افزایشی با شروع‌کننده‌ای از نوع پراکساید به ماده‌ی پلی وینیل کلراید یا PVC تبدیل می‌شود.



پلی وینیل کلراید یک ماده‌ی خالص، بی‌رنگ و سخت می‌باشد و معمولاً به صورت پودر سفیدرنگ یا گرانول بدون رنگ در بازار به فروش می‌رسد. این ماده در دمای 8°C نرم می‌شود و در حلال‌های هیدروکربنی حل نمی‌شود. حلال آن از نوع حلال‌های کتونی مثل استون، سیکلو هگزانون، متیل اتیل کتون (MEK) و حلال‌های کلره مثل متیلن کلراید و مشتقات بنزن مثل نیتروبنزن می‌باشد.

این ماده‌ی پلیمری مقاومت خوبی در برابر رطوبت هوا دارد. موادی مثل اسیدها، قلیاها، هیدروکربن‌های نفتی و روغن بر آن بی‌اثرند. خواص دی‌الکتریک آن نیز خوب است.

معمولاً تجزیه‌ی آن در دمای 148°C صورت می‌گیرد و در این هنگام گازهای سمی، مثل هیدروکلریک اسید، از آن متصاعد می‌شود.

حلال‌هایی نظیر سیکلو هگزانون، تتراهیدروفوران (THF) و متیلن کلراید حلال‌هایی هستند که چسب PVC را در خود حل می‌کنند. این حلال‌ها به شدت سمی‌اند و باید از تماس آن‌ها با پوست بدن، بخصوص چشم‌ها، جلوگیری شود. بنابراین هنگام کار با این مواد لازم است حتماً از روپوش آزمایشگاهی، عینک، دستکش و ماسک استفاده شود.

۲-۱۴- تهیه‌ی چسب PVC

توجه: تمام مراحل کار بایستی در زیر هود انجام شود.

مواد و وسایل لازم:

– ظرف فلزی درب‌دار با گنجایش ۱۵۰ ml (مانند یک قوطی رنگ) (در وسط درب قوطی، سوراخی به اندازه‌ی

محور همزن تعبیه کنید)

– میله‌ی همزن شیشه‌ای

– ترازوی دوکفه‌ای با دقت ± 1 گرم

– همزن برقی با دور متغیر

– بشر ۱۰۰ ml

– شیشه‌ی ساعت (یک عدد)

– مزور (یک عدد)

– پیپت آزمایشگاهی

– پیپت پُرکن

– پودر PVC(S)^۱

– حلال سیکلوهگزانون

– حلال تتراهیدروفوران

– دی اکتیل فتالات (DOP)^۲

– ماده‌ی غلظت دهنده

روش کار: برای ساخت ۱۰۰ گرم چسب PVC مراحل زیر را انجام دهید.

۱۰ گرم پودر PVC را به کمک شیشه‌ی ساعت وزن کنید.

۵۰ گرم حلال تتراهیدروفوران (THF) به کمک بشر مناسب وزن کنید.

۳۶ گرم حلال سیکلوهگزانون را نیز به کمک بشر مناسب وزن کنید.

۳ گرم DOP را نیز وزن کنید.

حلال THF و سیکلوهگزانون و DOP توزین شده را در یک ظرف فلزی دارای حجم ۱۵۰ ml مخلوط کنید. سپس پودر

PVC(S) را که قبلاً توزین شده است به آرامی ضمن همزدن با میله‌ی شیشه‌ای به آن اضافه کنید. اکنون ظرف را در زیر همزن برقی

قرار دهید به گونه‌ای که محور همزن از وسط درب قوطی عبور کرده باشد و درب آن کاملاً بسته شود.

پرسش: چرا درب قوطی باید بسته شود؟

توجه داشته باشید که محور همزن در داخل قوطی به اندازه‌ی $\frac{1}{3}$ ارتفاع مایع از ته ظرف فاصله داشته باشد. سپس ظرف

را توسط گیره در جای خود محکم کنید.

همزن را با دور کم روشن کنید و عمل همزدن را به مدت ۲-۳ ساعت ادامه دهید تا عمل اختلال به خوبی انجام پذیرد.

سپس جهت افزایش ویسکوزیته‌ی چسب حدود یک گرم ماده‌ی غلظت دهنده از جنس سیلیکای میکرونیزه به مخلوط

اضافه کنید و همزدن را به مدت یک ساعت دیگر ادامه دهید.

توجه: این ماده یک پودر سفیدرنگ و بسیار سبک است لذا هنگام توزین نباید در معرض وزش باد قرار گیرد. بعد از اتمام

اختلاط، قوطی حاوی چسب را به آرامی از زیر همزن خارج کنید و در قوطی را به طور کامل ببندید.

۱- PVC بسته به نوع فرآیند تولید به دو صورت PVC(S) (سوپانسیون) و PVC(E) (امولسیون) در بازار وجود دارد.

۲- دی اکتیل فتالات به عنوان نرم کننده به کار می‌رود.

۳-۱۴- چسباندن قطعات از جنس PVC به کمک چسب PVC

۳-۱۴-۱- دامنه‌ی کاربرد: چسب PVC معمولاً برای چسباندن قطعات لوله‌ی PVC به یکدیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد. لوله‌های PVC با عنوان تجارتي پولیکا در بازار مصرف وجود دارند که معمولاً برای انتقال فاضلاب‌ها در زیر خاک از آن‌ها استفاده می‌شود. این لوله‌ها از جنس پلی‌وینیل کلراید هستند، پس حلال‌های موجود در چسب می‌توانند روی سطح این لوله‌ها خراش و چسبندگی ایجاد کنند.

۳-۱۴-۲- نحوه‌ی چسباندن قطعات لوله‌های پولیکا توسط چسب PVC: یک قطعه لوله‌ی پولیکا با قطر دلخواه بردارید. یک عدد زانوی متناسب با قطر انتخابی تهیه نمایید. هدف چسباندن لوله به زانویی آن می‌باشد. توجه داشته باشید برای این که لوله‌ها هیچ‌گونه نشستی نداشته باشند از این چسب برای عایق‌کاری لوله استفاده می‌کنند. به منظور چسباندن قطعات PVC می‌توانید از چسبی که قبلاً تهیه کرده‌اید استفاده کنید. لازم است عملیات آماده‌سازی سطح و اعمال چسب با دقت صورت گیرد.

مواد و وسایل مورد نیاز:

۱- یک قطعه پارچه‌ی کتانی به ابعاد $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$

۲- مقداری حلال متانول

۳- قلم‌موی کوچک

۴- چسبی که خودتان تهیه کرده‌اید.

پارچه‌ی کتانی را به مقداری متانول آغشته کنید سپس سطح خارجی لوله و سطح داخلی زانویی را به دقت تمیز نمایید. توجه داشته باشید که متانول از خانواده‌ی حلال‌های سمی می‌باشد. این الکل ضمن چربی‌زدایی سطح، آسیبی در سطح لوله ایجاد نمی‌کند. (حتماً از دستکش استفاده کنید.)

سطح خارجی لوله و سطح داخلی زانویی را با قشری از چسب، توسط قلم‌مو، با ضخامت یک‌نواخت بپوشانید. بعد از حدود ۱۵ ثانیه لوله را روی زانویی سوار کنید. توجه داشته باشید که حلال‌های موجود در چسب می‌توانند سطح لوله‌ی PVC را نرم کنند به طوری که پلی‌مرهای نرم شده در محل اتصال در یکدیگر ممزوج شوند. بعد از خشک شدن چسب حدود ۲۴ ساعت طول می‌کشد تا لوله‌ها به هم جوش بخورند. در صورتی که عملیات چسب زدن و تمیزکاری سطح به طور کامل انجام شده باشد، لوله‌ها نشستی نخواهند داشت.

در انتهای کار مجموعه‌ی لوله و زانویی که توسط هنرجو تهیه شده است از نظر تمیزی کار و عدم نشستی ارزیابی خواهد شد.

تخمیر

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

- ۱- محیط کشت استریل در پلیت را تهیه کند.
- ۲- کلنی را تعریف کند.
- ۳- نقش مخمر را در ور آمدن خمیر و تولید نان شرح دهد.
- ۴- تولید ماست و نقش میکروب‌ها در فرآیند تولید را شرح دهد.
- ۵- تولید پنیر و نقش مایه‌ی پنیر را توضیح دهد.

۱-۱۵- کشت میکروب‌ها

۱-۱-۱۵- مقدمه: میکروب‌ها تقریباً در همه جا یافت می‌شوند ولی آنقدر کوچک‌اند که با چشم غیر مسلح دیده نمی‌شوند. میکروب‌ها در شرایط مناسب رشد کرده و تکثیر می‌شوند. در اثر رشد میکروب‌ها بر سطح محیط کشت جامد، توده‌های قابل رؤیت به وجود می‌آید که به آن‌ها کلنی میکروبی گفته می‌شود. کلنی‌های میکروبی از نظر خصوصیات ظاهری بسیار متنوع‌اند. در این آزمایش با فراهم ساختن شرایط مطلوب، به رشد دادن مخمر نان و همچنین قارچ‌های هوا مبادرت می‌کنید.

۱-۱۵-۲ مواد و وسایل مورد نیاز:

- ۱- خمیر مایه
- ۲- آب مقطر
- ۳- محلول ضد عفونی کننده
- ۴- دو عدد بطری حاوی محیط کشت عصاره‌ی سیب‌زمینی آگاردار (PDA)
- ۵- دو عدد پتری دیش (پلیت) سترون
- ۶- بشر ۲۵۰ میلی‌لیتری
- ۷- بشر بزرگ
- ۸- چراغ گاز
- ۹- ماژیک
- ۱۰- نوار چسب
- ۱۱- چوب سر پنبه‌ای (سواپ)
- ۱۲- قاشق چای خوری
- ۱۳- اتوکلاو

۳-۱-۱۵- روش کار:

- ۱- یک قاشق چای خوری خمیر مایه را به 10° میلی لیتر آب مقطر در یک بشر 250° میلی لیتری اضافه کنید و مخلوط را خوب به هم بزنید.
- ۲- چراغ گاز را روشن کرده و مقداری آب جوش در بشر بزرگ تهیه کنید.
- ۳- بطری حاوی محیط کشت PDA را در آب جوش قرار دهید تا محتویات آن کاملاً مذاب شود سپس بطری‌ها را از آب جوش خارج کرده و کمی صبر کنید تا دمای آن به حدود 50°C برسد (سطح خارجی بطری کمی از درجه‌ی حرارت بدن بیش‌تر باشد).
- ۴- درپوش بطری‌ها را باز کرده و پس از چند بار عبور دادن سر بطری از روی شعله، محیط داخل آن را در کنار شعله داخل یک عدد ظرف پتری (پلیت) سترون خالی کنید و بلافاصله درپوش پلیت را بگذارید. کمی صبر کنید تا محیط داخل پلیت جامد شود.
- ۵- درپوش یک پلیت را باز کرده و آن را به مدت ۲-۱ ساعت در محل‌های مختلف قرار دهید (قبل از برداشتن درپوش، نام خود، تاریخ آزمایش و محل قراردادن پلیت را پشت آن بنویسید).
- ۶- یک عدد چوب سر پنبه‌ای (سوپ) را برداشته و آن را به محلول خمیرمایه آغشته سازید.
- ۷- درپوش یک پلیت را در کنار شعله باز کرده و به وسیله‌ی سوپ آغشته به محلول خمیرمایه بر سطح محیط کشت داخل پلیت خطوطی را به صورت موازی بکشید و درپوش پلیت را بلافاصله ببندید.
- ۸- سوپ استفاده شده را در محلول ضدعفونی کننده قرار دهید.
- ۹- پلیت‌ها را چسب زده و نام خود و تاریخ آزمایش را در کنار آن بنویسید.
- ۱۰- یک پلیت استفاده نشده را چسب زده و روی آن کلمه‌ی کنترل (شاهد) را بنویسید.
- ۱۱- همه‌ی پلیت‌ها را به مدت ۴۸ ساعت در دمای 35°C - 30° قرار دهید.
- ۱۲- پلیت‌های خود و همکلاسی‌های خود را بدون باز کردن آن‌ها نگاه کنید و مشاهدات خود را در گزارش کار یادداشت نمایید.

به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

- ۱- چرا گرفتن دهانه‌ی بطری روی شعله‌ی گاز ضروری است؟
- ۲- به نظر شما میکروب‌ها در کجا یافت می‌شوند؟
- ۳- آیا تک تک میکروب‌ها را می‌توان با چشم دید؟ مجموعه‌ی چند هزار عددی میکروب‌ها را چگونه می‌توان دید؟
- ۴- به نظر شما در این آزمایش میکروب‌ها برای رشد سریع به چه شرایطی نیاز دارند؟
- ۵- چرا قراردادن چوب سر پنبه‌ای پس از استفاده در محلول ضدعفونی کننده ضروری است؟
- ۶- آیا محتویات همه‌ی پلیت‌ها یکسان به نظر می‌رسند؟
- ۷- از میان پلیت‌هایی که بدون درپوش بوده‌اند، بیش‌ترین رشد را کدامیک نشان می‌دهند؟ آیا می‌توانید نتایج خود را توجیه کنید؟
- ۸- چند نوع کلنی مختلف را می‌توانید در هر یک از ظرف‌ها مشاهده کنید؟
- ۹- هدف از پلیت کنترل چیست؟

۲-۱۵- میکروب‌ها و تهیه‌ی نان

- ۱-۲-۱۵- مقدمه: نان به محصولی گفته می‌شود که از پختن خمیر تخمیر شده‌ی آرد گندم به دست می‌آید. رشد

میکروب‌ها در خمیر از یک طرف موجب تولید گاز و ورآمدن خمیر و از طرف دیگر موجب تولید مواد مطبوع و خوش طعم کننده در آن می‌شود. فرآیند ورآمدن خمیر یعنی تولید گاز دی‌اکسید کربن به وسیله‌ی ساکارو میسس سرویزیه که یک نوع مخمر است صورت می‌گیرد. این میکروارگانیسم موجب تبدیل شدن قندها به دی‌اکسید کربن و الکل می‌شود.

۲-۲-۱۵- مواد و وسایل موردنیاز:

- ۱- خمیر مایه
 - ۲- شکر
 - ۳- آرد
 - ۴- قاشق چای خوری
 - ۵- قاشقک
 - ۶- بشر ۲۵۰ میلی لیتری
 - ۷- استوانه‌ی مدرج ۵۰ میلی لیتری
 - ۸- استوانه‌ی مدرج ۲۵۰ میلی لیتری
 - ۹- زمان سنج (کرونومتر)
 - ۱۰- ترازوی آزمایشگاهی
 - ۱۱- حمام آب گرم
 - ۱۲- آب مقطر
- ## ۲-۳-۱۵- روش کار:

- ۱- ۱۵ گرم از خمیر مایه‌ی خشک را به ۱۵۰ میلی لیتر آب مقطر افزوده و به آن یک قاشق چای خوری شکر اضافه کنید.
- ۲- ۲۵ گرم آرد را در داخل بشر وزن کنید و به آن یک قاشق چای خوری شکر بیفزایید.
- ۳- ۳۰ میلی لیتر از محلول محتوی خمیر مایه را با استوانه‌ی مدرج ۵۰ میلی لیتری بردارید و آن را به مخلوط آرد و شکر اضافه کنید.
- ۴- مخلوط را با قاشقک آنقدر بهم بزنید تا به صورت خمیری یک نواخت درآید.
- ۵- خمیر را در استوانه‌ی مدرج ۲۵۰ میلی لیتری بریزید (مراقب باشید که هنگام انتقال خمیر از بشر به استوانه‌ی مدرج، خمیر با دیواره‌ی استوانه‌ی مدرج تماس نیابد).

دمای آزمایش	
زمان (برحسب دقیقه)	حجم خمیر (برحسب cm^3)
۰	
۲	
۴	

- ۶- حجم خمیر را در جدولی مانند جدول روبه‌رو یادداشت کنید.
- ۷- استوانه‌ی مدرج را در حمام آب گرم 20°C بگذارید و به مدت نیم ساعت، هر دو دقیقه یک بار، حجم خمیر را یادداشت کنید.
- ۸- موارد ۲ تا ۷ را تکرار کنید و این بار دمای حمام آب گرم را روی 30°C تنظیم کنید.
- ۹- موارد ۲ تا ۷ را تکرار کنید. این بار دمای حمام آب گرم را روی 37°C تنظیم کنید.

۱۰- نمودار تغییرات حجم خمیر را برحسب زمان، برای سه دمای 20°C ، 30°C و 37°C روی کاغذ شطرنجی رسم کنید. بدین ترتیب در یک صفحه سه نمودار خواهید داشت.

به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

- ۱- چه چیز باعث ورآمدن خمیر می‌شود؟
- ۲- آیا ورآمدن خمیر بلافاصله شروع شد؟ اگر نه، بعد از چه مدت؟
- ۳- اثر دما را بر سرعت ورآمدن خمیر توضیح دهید.
- ۴- چرا به مخلوط، شکر اضافه کردید؟
- ۵- به نظر شما ورآمدن خمیر در کدام یک از دماهای زیر سریع یا کند خواهد بود؟
 0°C ، 1°C ، 4°C ، 6°C جواب‌های خود را توضیح دهید.
- ۶- مخمر چیست؟
- ۷- سلول‌های مخمر با تولید چه ماده‌ای می‌توانند از قند استفاده کنند؟
- ۸- چرا سلول‌های مخمر می‌توانند از قند به‌عنوان غذا استفاده کنند ولی این توانایی را در مورد آرد ندارند؟
- ۹- چگونه می‌توانید نشان دهید که فعالیت سلول‌های مخمر باعث ورآمدن خمیر می‌شود؟
- ۱۰- چرا در تهیه نان از مخمر استفاده می‌شود؟

۳-۱۵- تهیه ماست

۳-۱-۱۵- مقدمه: شیر مخلوط پیچیده‌ای از آب، پروتئین، چربی، قند، ویتامین‌ها و املاح است و یک منبع غذایی مناسب برای ما و میکروب‌ها به‌شمار می‌رود. شیر گاو تقریباً ۸۷ درصد آب، ۳/۵ درصد پروتئین، ۳/۵ درصد چربی و ۵ درصد قند لاکتوز دارد.

میکروب‌های خطرناک موجود در شیر به‌روشن پاستوریزاسیون نابود می‌شوند. با وجود این، برخی از میکروب‌ها طی این فرآیند زنده می‌مانند. این میکروب‌ها با کهنه شدن شیر تکثیر می‌یابند و آن را فاسد می‌کنند. در اثر فعالیت میکروب‌های معین موجود در شیر، ماست تولید می‌شود. ماست ابتدا در مناطق گرمسیر جهان تهیه شده است، زیرا در این مناطق گرما، تعداد میکروب‌های موجود در شیر را به‌سرعت افزایش می‌دهد و در نتیجه شیر به سرعت ترشیده می‌شود. میکروب‌های موجود در ماست، از فاسد شدن آن در اثر فعالیت سایر میکروب‌ها جلوگیری می‌کنند. با تبدیل شیر به ماست آن را می‌توان مدت بیش‌تری نگهداری کرد. در این آزمایش با چگونگی تهیه ماست و نقش میکروب‌ها در آن آشنا می‌شوید.

۳-۱۵-۲ مواد و وسایل لازم:

- ۱- دو نمونه‌ی مختلف ماست (نمونه‌ی A و نمونه‌ی B)
- ۲- چهار عدد بشر 25° میلی‌لیتری
- ۳- یک لیتر شیر پاستوریزه
- ۴- چراغ گاز
- ۵- لیوان یک‌بار مصرف (۱۲ عدد)
- ۶- فویل آلومینیمی
- ۷- قاشق (چهار عدد)
- ۸- محفظه‌ی گرم
- ۹- یخچال

۱۰- دماسنج الکلی

۳-۳-۱۵- روش کار:

- ۱- ابتدا نمونه‌ی ماست‌ها را به دو قسمت تقسیم کنید (داخل بشر) و آن‌ها را A_1 ، A_2 ، B_1 و B_2 شماره‌گذاری کنید. (بهتر است نمونه‌های ماست متفاوت باشند. مثلاً یک نمونه ماست تازه و نمونه‌ی دومی ماست ترش باشد).
- ۲- نمونه‌های A_1 و B_1 را روی شعله‌ی گاز ضمن این‌که به آرامی حرارت می‌دهید به هم بزنید. بعد از جوشانیدن ماست اجازه بدهید تا ماست‌ها خنک شوند.
- ۳- شیر را تا دمای 72°C گرم کنید.
- ۴- اجازه دهید شیر تا دمای 45°C سرد شود، سپس آن‌را داخل لیوان‌های یک‌بار مصرف تقسیم کنید.
- ۵- به سه لیوان شیر یک قاشق از ماست نمونه‌ی A_1 اضافه کنید و خوب مخلوط کنید و در لیوان‌ها را با فویل ببندید و روی آن‌ها برچسب بزنید.
- ۶- به سه لیوان شیر دیگر یک قاشق از ماست نمونه‌ی A_2 اضافه کرده و خوب مخلوط کنید و در لیوان‌ها را با فویل ببندید و روی آن‌ها را برچسب بزنید.
- ۷- به سه لیوان دیگر نمونه‌ی B_1 را اضافه کرده و به همان ترتیب عمل کنید.
- ۸- به سه لیوان دیگر نمونه‌ی B_2 را اضافه کرده و به همان ترتیب عمل کنید. (توجه داشته باشید که بهتر است برای هر نمونه از یک قاشق جداگانه استفاده کنید).
- ۹- لیوان‌ها را به مدت چند ساعت (۵-۳ ساعت) در جای گرم قرار دهید (37°C) و سپس آن‌ها را به یخچال منتقل کنید.
- ۱۰- روز بعد ماست‌ها را از نظر بو، طعم، مزه و قوام ظاهری بررسی کنید و دلایل اختلاف آن‌ها را توضیح دهید.

به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

- ۱- ماست چگونه تهیه می‌شود؟
- ۲- میکروب‌های ماست چگونه به نگهداری شیر کمک می‌کنند؟
- ۳- جوشاندن ماست چه تأثیری روی میکروب‌های آن دارد.
- ۴- ماست‌های حاصل از نمونه‌های A_1 و A_2 چه اختلافی با هم دارند؟ دلیل آن‌را توضیح دهید.
- ۵- ماست‌های حاصل از نمونه‌های B_1 و B_2 چه اختلافی با هم دارند؟ دلیل آن‌را توضیح دهید.
- ۶- ماست‌های حاصل از نمونه‌های A_2 و B_2 چه اختلافی با هم دارند؟ دلیل آن‌را توضیح دهید.

۴-۱۵- تهیه‌ی پنیر

۱-۴-۱۵- مقدمه: شیر در صورت فاسد شدن بریده می‌شود زیرا میکروب‌های موجود در آن، اسیدی تولید می‌کنند که باعث انعقاد پروتئین شیر (کازئین) می‌شود. کارخانه‌های لبنیات سازی با کنترل و اصلاح این فرآیند طبیعی می‌توانند انواع پنیر را تولید نمایند. در این آزمایش با دو روش تهیه‌ی پنیر آشنا خواهید شد.

۲-۴-۱۵- مواد و وسایل مورد نیاز:

- ۱- مایه‌ی پنیر
- ۲- نیم لیتر شیر
- ۳- آب لیمو

- ۴- دماسنج
- ۵- دو عدد بشر ۲۵۰ میلی لیتری
- ۶- بشر یک لیتری
- ۷- چراغ گاز
- ۸- استوانه‌ی مدرج
- ۹- الک
- ۱۰- پارچه‌ی ململ
- ۱۱- نخ و قیچی
- ۱۲- سه پایه و توری سیمی
- ۳-۴-۱۵- روش کار:

- ۱- شیر را در بشر بزرگ بریزید و آن را به آرامی روی شعله‌ی گاز تا دمای 4°C حرارت دهید.
- ۲- شیر را در دو بشر ۲۵۰ میلی لیتری به طور مساوی تقسیم کنید و بشرها را شماره گذاری کنید.
- ۳- با استفاده از استوانه‌ی مدرج، ۱۵ میلی لیتر آب لیمو به بشر شماره‌ی یک اضافه کنید و آن را به مدت ۱۵ دقیقه در همین وضع نگهدارید.
- ۴- استوانه‌ی مدرج را بشوید و ۵ میلی لیتر از مایه‌ی پنیر را در داخل بشر شماره‌ی ۲ بریزید و آن را به مدت ۱۵ دقیقه به حال خود بگذارید.
- ۵- دو مربع به ضلع تقریبی ۲۰ سانتی متر از پارچه‌ی ململ تهیه کنید.
- ۶- یکی از این پارچه‌ها را روی الک بخوابانید و محتوی بشر شماره‌ی یک را روی ظرف شویی به داخل آن بریزید. گوشه‌های پارچه را با نخ به هم ببندید و آن را آویزان کنید تا آب محتوی آن بچکد.
- ۷- تکه‌ی دیگر پارچه‌ی ململ را روی الک پهن کنید و محتوی بشر شماره‌ی دو را در آن بریزید و مانند حالت قبل عمل کنید.
- ۸- یک روز بعد پارچه‌ها را باز کنید و نمونه‌های پنیر را با هم مقایسه کنید بدون اجازه‌ی معلم خود پنیرها را نجشید.

به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

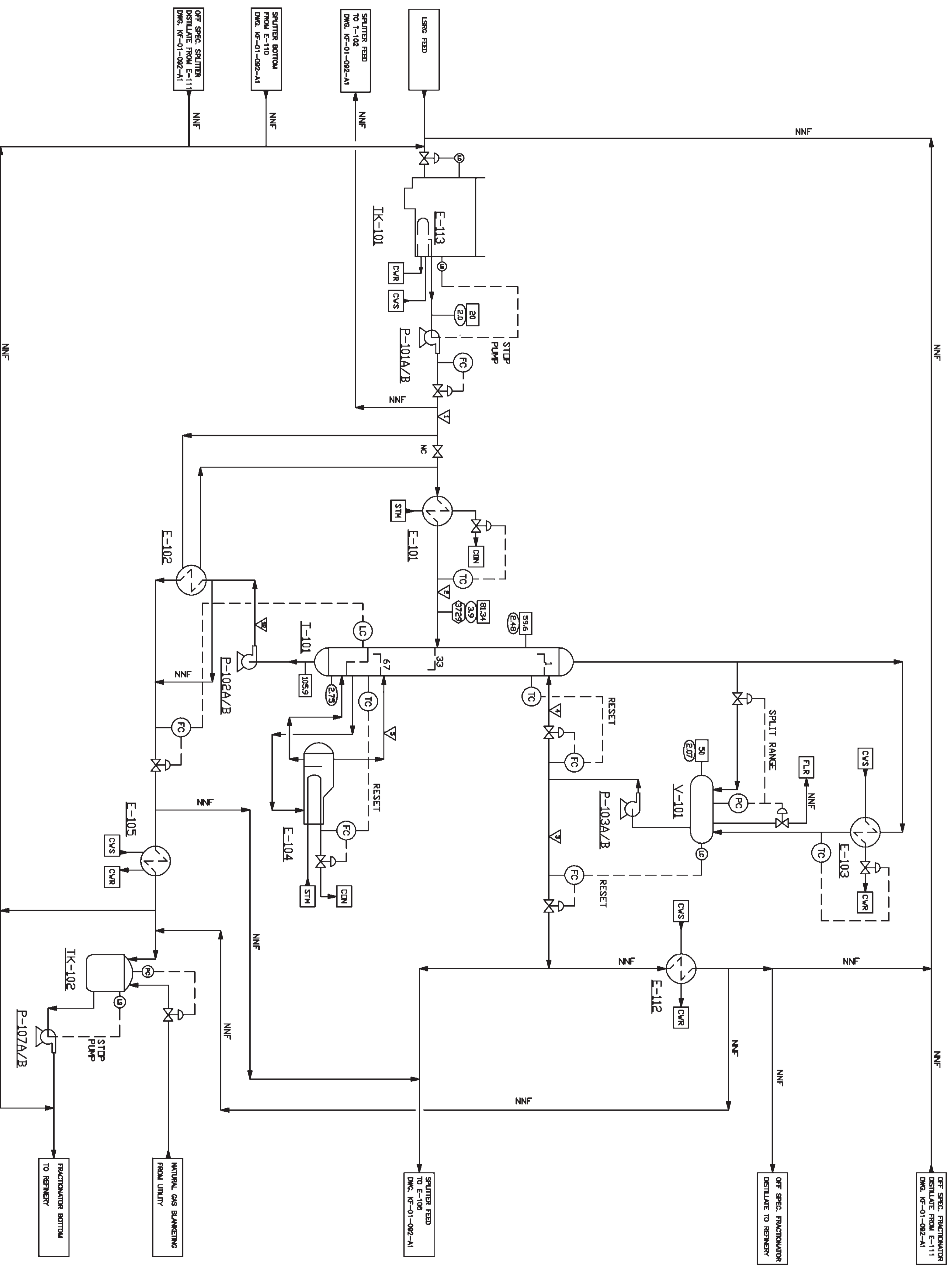
- ۱- شیر موجود در بشر شماره‌ی یک پس از اضافه کردن آب لیمو چه وضعی می‌یابد؟
- ۲- چه نوع ترکیب شیمیایی در آب لیمو باعث مزه‌ی ترش آن می‌شود؟
- ۳- این ترکیب چه عملی در شیر انجام می‌دهد؟
- ۴- مایه‌ی پنیر از معده‌ی نوزاد پستانداران تهیه می‌شود. ترکیب شیمیایی این ماده چیست؟
- ۵- چه عاملی در هریک از بشرها باعث تولید پنیر می‌شود؟
- ۶- بین دو نمونه پنیر چه تفاوتی از نظر خصوصیات ظاهری، بو و غیره دیده می‌شود؟
- ۷- میکروب‌ها علاوه بر این که برای انعقاد شیر به کار می‌روند چه نقش مهم دیگری در پنی‌سازی دارند؟
- ۸- به نظر شما کارخانه‌های پنی‌سازی چگونه می‌توانند پنیرهایی با طعم‌های گوناگون تهیه کنند؟
- ۹- فرآورده‌های دیگری که به کمک میکروب‌ها از شیر تهیه می‌شوند، کدام‌اند؟

فهرست منابع

- ۱- مشخصات فرآورده‌های نفتی - انتشارات شرکت پخش و پالایش - ۱۳۷۹.
- ۲- میکروبیولوژی و بیوتکنولوژی، نوشته‌ی پاول ویمر، ترجمه‌ی عادل ارشقی، انتشارات مدرسه
- 3- Irving Skeist, Handbook of Adhesives, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1977
- 4- Methods for Analysis & Testing, IP Standards for Petroleum and it's Products, Part1, Institute of Petroleum, London, Forty Third Annual Ed., 1984
- 5- Stanley M.Walas, Chemical Procen Equipment (Selection and Design), 1988, Butterworths Publishers.
- 6- SRI Board of Consulant & Engineers, Handbook of Adhesive (The Technology of Adhesive), Small Industry Research Institute, India.



TK-101	E-113	E-101	E-102	T-101	E-103	E-104	E-105	V-101	TK-102	E-112
FEED STORAGE TANK	FEED STORAGE TANK COOLER	FRACTIONATOR FEED HEATER	FRACTIONATOR FEED HEAT EXCHANGER	FRACTIONATOR TOWER	FRACTIONATOR CONDENSER	FRACTIONATOR REBILDER	FRACTIONATOR BOTTOM COOLER	FRACTIONATOR RECEIVER	FRACTIONATOR BOTTOM TANK	OFF SPEC. PRODUCT COOLER
	DUTY: 2254 KJ/s	DUTY: 19431 KJ/s	DUTY: 8875 KJ/s		DUTY: 69177 KJ/s	DUTY: 73127 KJ/s	DUTY: 24511 KJ/s			DUTY: 151 KJ/s



P-101A/B	P-102A/B	P-103A/B	P-107A/B
FEED PUMP	FRACTIONATOR BOTTOM PUMP	FRACTIONATOR REFLUX PUMP	FRACTIONATOR BOTTOM TANK PUMP

NOTES:

LEGEND

- ▽ STREAM No.
- TEMP. , °C
- PRESS. , BAR A
- ◇ FLOW RATE , KG/HR
- ◇ CODING WATER SUPPLY
- ◇ CODING WATER RETURN
- ◇ STN STEAM
- ◇ CONN CONDENSATE
- ◇ FLR FLARE

NO	REVISION	DATE	BY	CHKD
1	ISSUE FOR REVISION			
2	ISSUE FOR TANK REVISION			
3	ISSUE FOR TANK REVISION			

N.A.O. RESEARCH INSTITUTE OP
PETROLEUM INDUSTRY
PROCESS ENGINEERING DEPT.

DRAWING TITLE : PENTANE PRODUCTION PLANT
PROCESS FLOW DIAGRAM
(SEPARATION SECTION)

SCALE: 1:1000

JOB NO. 1813048

DATE: 04/08

AREA CODE: —

NO. 01-091-A1