روشی نو در بررسی مکانیسم تخلیه الکتریکی درعایق‌های مایع

نوشتهٔ

محمدقلی ـ محمدی

دانشیار دانشکدهٔ فنی

۱ ـ بکار بردن روش فیزیکی Schlieren در بررسی مکانیزم تخلیه الکتریکی در عایق مایع.

۱ـ۱ تعریف Schlieren : اگر در جسمی شفاف و همگن نقاطی یافت شوند که در آنها نور عبور یافته شکست پذیرد واز مسیرخود درفضائی محدود بمیزان بسیار قلیلی منحرف شود این نقاط را Schlieren مینامیم. میزان شکست نور دراین نقاط نه‌تنها از تغییر عدد شکست n درآن نقاط تبعیت میکند بلکه تابعی از فرم وشکل این‌نقاط نیزهست. چنانکه‌میدانیم نور درعبور ازیک جسم علیرغم‌ثابت ماندن ضریب شکست نور در تمامی جسم از مسیر خود منحرف میشود اگرکه فقط شکل وفرم سطح خارجی جسم از حالت صحیح ولازم خود تغییر یافته باشد.

تعریف Schlieren در فیزیک کلی‌تر از تعریف محدود بالاست که ازگذشته در صنایع کریستال سازی متداول بوده است. تعریف کلی Schlieren در فیزیک عبارت است از:

هرپدیده‌ای که‌دریک فضای کوچک سبب تغییر محدودی در مسیر نور عبور داده شده ازآن فضا گردد Schliere **نامیده میشود.**

بنابه‌تعریف فوق میتوانیم بعنوان مثال موج صوتی با شدت کافی را که قادر باشد انحرافی در مسیر نور تابیده شده پدید آورد بعنوان Schlieren بشناسیم و بالعکس اگر دو سطح یک شیشه مستوی بوده اما موازی نباشد و ازاین راه انحرافی در مسیر نور پدید آورد هرگز بدان نام Schliere اطلاق نخواهد شد زیرا انحراف نور محدود در فضائی کوچک نمیباشد.

مثالهای دیگر برای روشن شدن بیشتر مفهوم Schlieren عبارتند از جابجائی هوای گرم در فضا. حل نمک در یک مایع ویا مخلوط شدن دوگاز. بکمک وسائل فیزیکی پدیده Schlieren را بهرقسم و از هرنوع باشد می‌توانیم رویت کنیم و شکل و تأثیر این پدیده را نیز Schlieren نام داده‌اند.

۲ ـ ۱ روشهای مختلف Schlieren

همانطور که گفته شد از روش Schlieren برای نشاندادن و عکاسی و اندازه گیری و ثبت کمترین مقدارتغییر جهت نور دریک فضای بسیار کوچک استفاده میشود درگذشته با استفاده ازاین روش میتوانستیم وضعیت داخل یک Schliere را نشان دهیم. امروزه با تکامل این روش نه‌تنها قادریم که میزان شکست نور و تغییر جهت آنرا اندازه گیری کنیم بلکه از این اندازه گیری برای بیان خصوصیات فیزیکی داخل Sahliere (پدیده‌ای که موجب شکست نور در موضعی محدود و بسیار کوچک شده است) نتیجهٔ گیری کنیم . در آزمایشهائی که اخیراً در آزمایشگاه انجام گرفت ازاین روش برای رویت تخلیه الکتریکی در عایقهای مایع استفاده شد تا مکانیزم تخلیه الکتریکی بررسی شود. زیرا ایون‌ها و الکترون‌های مؤثر در تخلیه الکتریکی خود باعث شکست نور عبوری‌از دستگاه آزمایش حاوی عایق مایع خواهند گردید. بنابراین دراین گزارش با بیان خلاصه‌ای از اصول این روش فیزیکی تنها به‌انطباق و استفاده آن در بررسی تخلیه الکتریکی در عایق مایع اشاره میشود.

با آنکه در پاره از موارد با چشم غیرمسلح نیز میتوان مثلاً جابجائی هوای گرم و سرد را روی‌خط راه آهن در یک روز تابستانی که با کمک شکست نور درحدبسیار قلیلی قابل رؤیت میگردد ، دید ویا مکان حبابهای بسیار ریز مجوف در داخل یک شیشه‌را رؤیت کرد معذالک برای بررسی‌های فیزیکی در زمینه های مختلف بویژه درمسائل تخلیه الکتریکی گازها و مایعات باید آزمایش را بکمک اسبابهای فیزیکی انجام داد.

درکنار چند روش ساده Schlieren روش معروف Toepler دارای مزایا و خصوصیات چندی ، چه در زمینه مرئی کردن شکل و چه در بدست دادن حساسیت کافی ، میباشد.

۱ـ۲ـ۱ روش Toepler

Toepler درآزمایش خود از یک ابژکتیو K برای ایجاد تصویری از مولد نور L استفاده کرده است (شکل ۱). دریک سمت این‌ابژکتیو همانطورکه درشکل دیده میشود مولد نوریN و تیغه‌محدود کننده سطح نورانی قرارگرفته است و درسمت دیگر ابژکتیو در نقطه a که مرکز C ابژکتیو میباشد تیغه دیگری را قرارمیدهیم و پس‌ازآن جعبه عکاسی قرارمیگیرد. ابژکتیو باید صاحب شرایط زیر باشد :

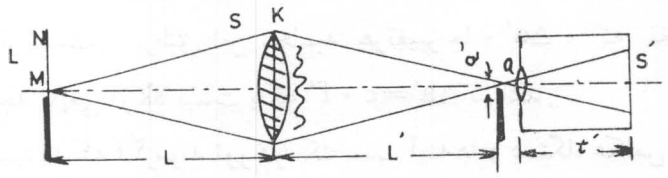
۱ ـ ۱ ـ ۲ ـ ۱ ـ ابژکتیو باید دارای قطرنسبتاً زیادی باشد زیرا که سطح عکس بدست آمده ازاین قطر قبعیت میکند.

۲ ـ ۱ ـ ۲ ـ ۱ ـ ابژکتیو باید از جنس بسیارخوبی تهیه شده باشد زیرا ابژکتیو نباید بخودی‌خود عدم دقتی درشکست نور پدید آورد ویا درموارد استفاده ازآینه مقعر عدم دقتی که در بازگشت دادن نور

میتواند داشته باشد نباید از مقدار انحراف نور ناشی از Schlieren جسم مورد آزمایش بیشتر باشد. بعلاوه ابژکتیو نباید دارای حبابهای حتی بسیار ریز باشد زیرا وجود آن‌ها خود خطائی در تصویر پدید میآورد که با انحراف نور در جسم مورد آزمایش مشتبه میشود.

در روش Toeplcr جسمی که مورد آزمایش قرارمیگیرد دربین ابژکتیو K و تیغه محدود کننده سطح نورانی a قرارگرفته است.

نور تابیده شده از مولد ابژکتیو و جسم مورد آزمایش گذشته و در محل نقاطی که جسم دارای Schlleren است از مسیر خود بمیزان بسیار کوچکی منحنی شده و این انحراف کوچک سایه‌اندازی کرده و محل Schlieren نمایان میگردد.

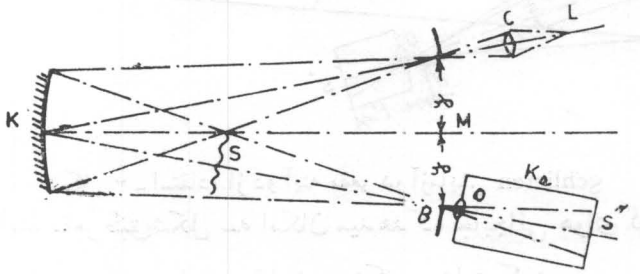


شکل ۱ : دستگاه Schlieren بکاربرده شده توسط Toepler

اگرخواسته باشیم حساسیت این دستگاه را بالا ببریم واضح است که تعداد دفعات عبور نور ازجسم و ابژکتیو را زیاد میکنیم و ازاین راه دستگاه را حساس‌تر و دقیق‌تر میسازیم.

بجای ابژکتیو K میتوان از آینه های مقعر استفاده کرد.

یکی‌ازطرق استفاده ازاین آینه ها درشکل ۲ نمایش داده شده است.



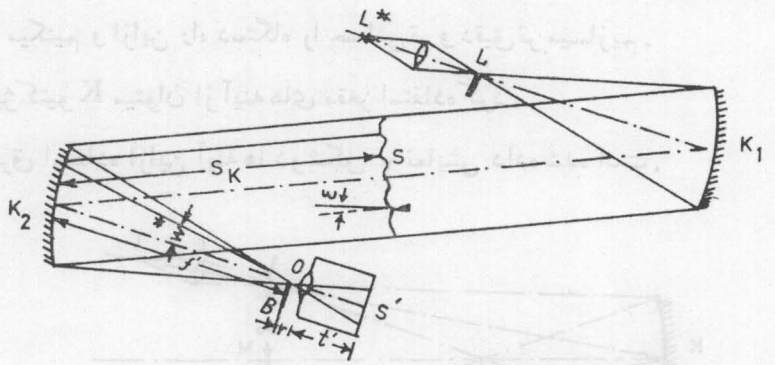
شکل ۲

شکل ۲ - استفاده از آینه مقعر درساختن دستگاهی برای آزمایش Schlieren

دراین دستگاه مولدنور وتصویرآن هردودریک‌سمت‌مرکزC آینه قرارمیگیرند. جسم‌مورد آزمایش‌در نوربازتاب‌آینه‌قرارمیگیرد. فاصله‌جسم تاآینه بایدبه‌اندازه کافی انتخاب‌شودتاجسم درمسیر نورکه به‌آینه تابیده میشود قرارنگیرد. چنانکه ازشکل پیداست دراینجا تصویر مولد نور بوسیله‌دسته انواری مایل ایجاد میشود و بنابراین خطائی آستیگماتیک پدید میآورد اما این خطا تأثیر چندانی در حساسیت دستگاه نخواهد داشت.

باید دقت‌شود که مولد نور، مرکز آینه وتصویر مولد نور هرسه دریک سطح واقع گردند. بعلاوه بمنظور بدست‌آوردن تصویری روشن باید لبه تیغه‌های محدود کننده نور دقیقاً موازی لبه مولد نور قرار گیرند. لبه‌های این تیغه‌ها باید کاملاً صاف و صیقلی بوده و حتی در زیر میکروسکوپ ناهمواری نشان ندهد - در غیراینصورت درستن شکل راه راههای تاریک و روشنی بچشم میخورند. هرچقدر فاصله Y (شکل ۲) کمتر باشد بهمان نسبت خطای ناشی از تعقر آینه کمتر خواهد بود مثلاً برای آینه‌های مقعر با شعاع ۶ متر که قطر آنها ۳۰ سانتی‌متر باشد فاصله $Y = 50\ Cm$ مناسب است. اغلب دقت و حساسیت بیشتری در تصویر بدست میآوریم اگر از دو آینه مقعر استفاده کنیم (شکل ۳) و دربین این دو آئینه که نور موازی می‌تابد جسم مورد آزمایش را قراردهیم. درنظر اول تصور میشود که فاصله SK جسم مورد آزمایش از آینه K_2 هرچه بیشتر باشد حساسیت دستگاه آزمایش بیشتراست. لیکن محاسبه نشان می‌دهد که این‌فاصله بهیچوجه درحساسیت دستگاه مؤثر نیست. برطبق این محاسبه هرتغییر جا « $\Delta a'$ » که تغییر زاویه ε را در مسیر نور بهمراه دارد بهیچوجه تابعی از sk نیست بلکه $\Delta a' = \varepsilon \cdot f'$ میباشد.

تجربه‌نشان میدهد که اگرمولد نور در یک سمت آینه‌ها و دستگاه عکاس درسمت مقابل قرارگیرد خطای ناشی‌از تعقر آینه کمتر خواهد بود. آزمایشهای اولیه دراین زمینه بوسیله Tutner M. Czerny نشان میدهد که دراین حالت زاویه تابش نور به‌آینه اول و بازگشت نور از آینه دوم نیز یکسان میگردد.



شکل ۳ - استفاده از دو آینه مقعر درآزمایش Schlieren

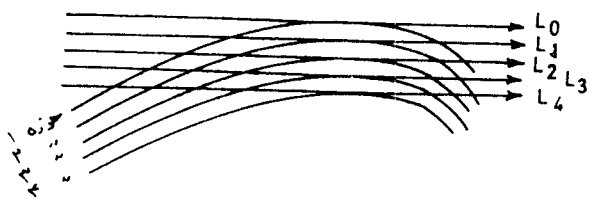
استفاده از دو آینهٔ مقعر طبق‌شکل سه امکان میدهد که جابجائی هوای گرم و سرد را از یک‌لامپ ویا از دست طبق اشکال ۳/۱ و ۳/۲ بوضوح مشاهده و عکس‌برداری کرد.

اشکال ۳/۱ و ۳/۲ جابجائی هوای گرم و سرد از دست و لامپ

۲ ـ اصول نظری برای محاسبه کمیت‌های مختلف از طریق انحراف موضعی نور

۲/۱ ـ تعیین عدد شکست نور بوسیله انکسار نور دریک Schliere

کلیه روشهای مختلف Schlieren دریک نتیجه مشترکند و آن تعیین شکل و تعیین میزان بزرگ شدن یک Schliere است. لیکن درسالهای اخیر با استفاده از برخی ازاین روشها توانستند مقدار کمی شکست نور را پس از عبور ازیک Schliere تعیین کنند. بدیهی است که این عدد تنها کافی برای شناسائی کامل وخصوصیات داخلی یک Schliere نیست بلکه در کنار آن باید شرایط دیگری را نیز ملحوظ داشت تا بتوان بطور کلی وضعیت Schliere را تعیین کرد. مهمترین شرط قبلی شناسائی کافی نسبت به منحنی نشان داده شده در شکل (٤) است. فرض میکنیم که خطوط مستقیم L_0 تا L_4 نمایش یکدسته نور را میدهند که از محیطی عبور میکنند. شعاع نوری L_0 بدون شکست ازکنار یک Schliere عبور میکند و در انتهای مسیر خود صفحه‌ای را روشن میکند در روی این صفحه بعلت اصل سایه‌اندازی درکنار موضع L_0 سایه‌ای پدید میاید زیرا که L_1 و L_2 و سایر شعاعها بعلت برخورد با Schliere از مسیر اصلی خود منحرف شده‌اند. شعاع نور L_1 از حوزه‌ای میگذرد که دربین دو سطح با Gradn ثابت محدود شده است (سطوحی که در صفحه کاغذ بوسیله منحنی‌ها ساخته میشوند. شکل (٤). این صفحات باید بعنوان صفحاتی شناخته شده فرض شوند و دراین حوزه



شکل ٤ ـ مسیر اشعه L_0 تا L_4

محدود تمامی Grand ها را یکسان فرض کرده و محاسبه کنیم با توجه به‌این شرایط میتوانیم با در دست داشتن شکست نور از شعاع L_1، Gradn را در حوزه اول محاسبه کنیم. شعاع نور L_2 از دوحوزه یک و دو عبور می‌کنند و از آنجا که Gradn مربوط به‌حوزه یک‌را میشناسیم با در دست داشتن ε_2 می‌توانیم Gradn را برای حوزه ۲ حساب کنیم. شعاع L_3 از سه حوزه یک و دو و سه عبور میکنند. Gradn برای حوزه‌های یک و دو را داریم و Gradn برای حوزه سه را میتوانیم از ε_3 محاسبه کنیم و بهمین‌طریق عمل محاسبه را برای مناطق دیگر ادامه دهیم. بنابراین مسیر کلیه Gradn ها را خواهیم داشت و بکمک انتگرالی ازآنها ضریب شکست را بدست خواهیم آورد. حتی‌در بسیاری ازموارد درصورتیکه فرم و شکل Schliere مشخص نباشد با تابیدن نور از جهات مختلف به‌جسم شکل و فرم آن‌را نیز بدست میآوریم.

رابطه زیر مبدأ محاسبه انحراف نور از مسیر خود میباشد (تئوری عدسیها).

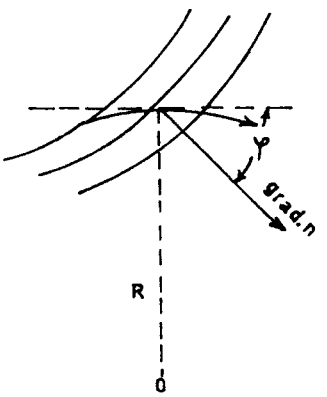
$$\frac{1}{R} = -\frac{\text{grdn}}{n} \cdot \sin\varphi \qquad (۱)$$

که درآن :

R شعاع خمش نور

n ضریب شکست نورو

φ زاویه بین Gradn و جهت عبور شعاع نور است شکل (۵).



شکل ۵ ـ زاویه خمش شعاع نور هنگام عبور از محیط غیرهمگن

درشکل ۶ محور z نشان دهنده اشعه نور موازی تابیده شده است مؤلفه‌های شعاع نوری که به‌نقطه Xi ; Yk وارد شده است عبارتند از :

$$(\varepsilon_\gamma)_{x=x_i\ ;\ y=y_k} \quad \text{و} \quad (\varepsilon_x)_{x=x_i\ ;\ y=y_k}$$

درشکل ۶ برای نقطه P که درمیان یک Schliere واقع شده است Gradn را رسم میکنیم Gradn با محور z زاویه φ را تشکیل میدهد. ازآنجاکه در داخل Schliere با دقت کافی میتوان برای نور جهت مستقیم فرض کرد پس برروی محور z منطبق می گردد . حالا از Gradn و نقطه $X_i; Y_k$ که شعاع نورگذشته است یک صفحه عبور میدهیم که آن‌را صفحه η مینامیم. انحراف نور در نقطه P در این سطح انجام میگیرد و ازآنجاکه مسیرشعاع نور را میتوان تقریباً مستقیم فوض کرد (زاویه شکست بی‌نهایت کوچک است) پس $\eta' \ll 1$ و اگر رابطه :

$$\frac{1}{R} = \frac{\eta''}{(1+\eta'^2)^{3/2}} = \eta''$$

را بگذاریم و $\eta' \ll 1$ را درنظرگیریم خواهیم داشت :

$$\eta'' = \frac{\text{grad } n}{n} \cdot \sin\varphi$$

اگر زاویه شیب صفحه $\eta - z$ درمقابل صفحه $Y - Z$ را با ϑ نشان دهیم خواهیم داشت :

$$X = \eta \cdot \sin\vartheta \qquad Y = \eta \cdot \cos\vartheta$$

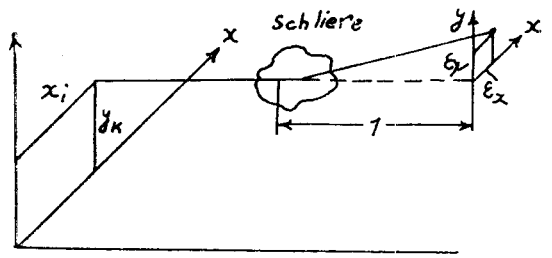
$$X' = \eta' \cdot \sin\vartheta \qquad Y' = \eta' \cdot \cos\vartheta \qquad (٤)$$

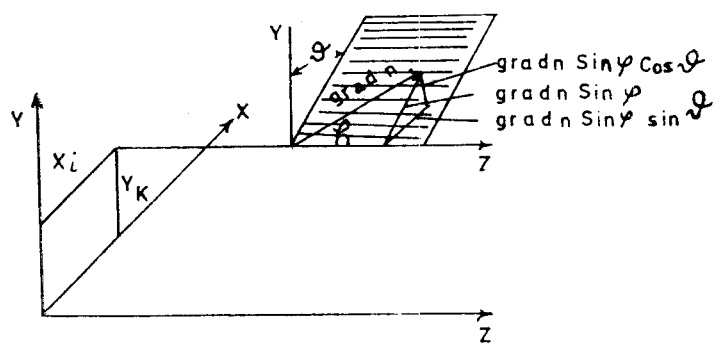
$$X'' = \eta'' \cdot \sin\vartheta \qquad Y'' = \eta'' \cdot \cos\vartheta$$

$$X'' = \frac{\text{grad n}}{n} \sin\varphi \sin\vartheta \qquad (٥)$$

و با آن :

$$Y'' = \frac{\text{gradn}}{n} \sin\varphi \cos\vartheta$$





شکل ٦ ـ انحراف نور در عبور از یک Schliere

شکل ٦/١ ـ Gradn و مولفه های آن

از شکل ٦ میتوان مقادیر زیر را برداشت :

$$\text{grad n} \sin\varphi \sin\vartheta = \frac{\partial n}{\partial X} \qquad (٦)$$

$$\text{grad n} \sin\varphi \cos\vartheta = \frac{\partial n}{\partial Y}$$

و اگر این روابط را در رابطه (٥) قرار دهیم خواهیم داشت :

$$X''=\frac{\partial^2 X}{\partial Z^2}=\frac{1}{n}\frac{\partial n}{\partial X} \qquad (٧)$$

$$Y''=\frac{\partial^2 Y}{\partial Z^2}=\frac{1}{n}\frac{\partial n}{\partial Y}$$

در تمامی موارد که n بعنوان ضریبی در رابطه قرارداده میشود میتوان با تقریب قابل قبول بجای n عدد شکست در شروع Schliere یعنی (no) را گذارد .

پس :

$$X''=\frac{1}{n_\circ}\frac{\partial n}{\partial X}$$

$$Y''=\frac{1}{n_\circ}\frac{\partial n}{\partial Y}$$

وهمانطور که گفتیم میتوان مسیر نور درداخل Schliere راخط مستقیمی فرض کرد پس X'' و Y'' تنها از Z تبعیت خواهند کرد .

انحراف ε_x درنقطه‌ای با مشخصات $X_i ; Y_k$ و $(\varepsilon_\gamma)_{x_i ; y_k}$ عبارت‌است از :

$$(\varepsilon_x)_{x_i ; y_k}=\int_{Z_1}^{Z_2}\frac{1}{n}\left(\frac{\partial n}{\partial X}\right) X_i ; Y_k\, dZ$$

$$(\varepsilon_y)_{x_i ; y_k}=\int_{Z_1}^{Z_2}\frac{1}{n}\left(\frac{\partial n}{\partial Y}\right) X_i ; Y_k\, dZ$$

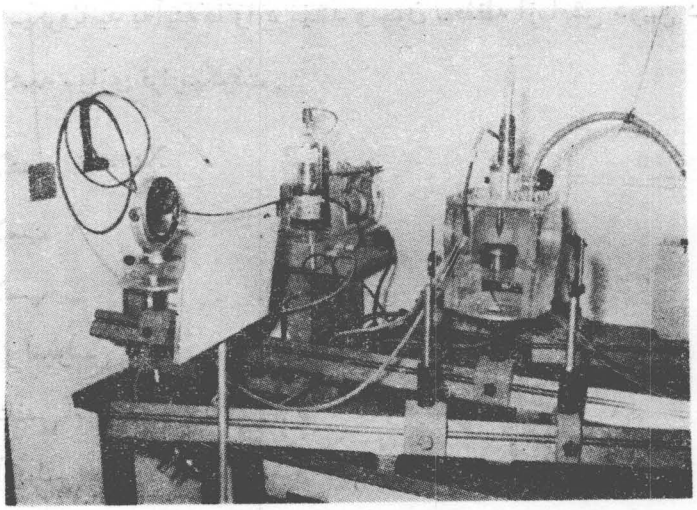
اگرمشخصات موضعی n داده شود به‌آسانی میتوان ε یعنی انحراف‌نور درSchliereرا بوسیله روابط بالا محاسبه کرد .

٣ ـ بررسی تخلیه الکتریکی جریان ناشی از هدایت الکتریکی در عایق مایع (پارافین‌مایع) بکمک روش Schlieren .

بیان مکانیزم تخلیه الکتریکی‌ناقص در عایقهای مایع علیرغم کوششهای . ٤ ساله تاکنون‌بروشنی انجام نپذیرفته است و دراین زمینه تئوری مدونی چون گازها موجودنیست .

اینجانب نیز در مدت اقامت در دانشگاه لندن کوشید که با استفاده از روش Schlieren در زمینه

نحوه گسترش و توسعه جریان ناشی‌ازهدایت الکتریکی در عایق و تخلیه الکتریکی ناقص درآن بررسی کند. برای این منظور درنظر گرفته شد که برروی قطبهای الکتریکی دستگاه مورد آزمایش که عبارت از محفظه‌ای محتوی پارافین مایع بود (شکل۷) امپوسی الکتریکی با دامنه‌ای بزرگ گذارده شود (مثلاً دراین‌آزمایش از ۱۰ تا ۲۰ کیلوولت بر روی فاصله الکترودها درحدود ۳تا٤ میلیمتر) زمان امپولس از ۲تا ۱۰ میکروثانیه انتخاب شد و هرباره با استفاده از یک منبع نوری و آینه‌های مقعرجریان عبوری از عایق رؤیت گردید تا از بررسی آن نتایجی درباره شکل و نحوه گسترش جریان هدایتی بدست آورده شود.



شکل ۷ - دستگاه آزمایش محتوی پارافین با الکترودهای سوزن ـ صفحه

۱ ـ ۳ ـ دستگاه محتوی پارافین مایع با قطبهای الکتریکی

برای این منظور طبق نقشه داده شده در شکل (۷) محفظه‌ای از Prospex ساخته شد که در دو طرف آن دو شیشه بدون حباب مجوف قرارگرفت که ازیک سمت نور وارد و از سمت مقابل که کاملاً موازی با سمت ورودی بوده خارج میشد. این محفظه دارای مشخصات زیر بود :

۱ ـ کاملاً آب‌بندی بوده و برای نگهداری خلائی درحدود 10^{-2} میلیمتر جیوه آمادگی داشت.

۲ ـ فاصله قطبهای الکتریکی نصب شده طبق شکل بوسیله میکرومتری تغییر می‌پذیرفت تا بتوان یکمک آن درقبال ولتاژ معینی شدت میدان را تغییر داد.

۳ ـ درقطب الکتریکی بشکل صفحه محفظه‌ای تعبیه شده بود که درصورت لزوم بتوان با تعبیه مقاومتی الکتریکی آن‌را گرم کرد.

انتخاب ProsPex اجازه میداد که محفظه در موقع گذاردن ولتاژ الکتریکی برروی قطب کاملاً ایزوله باقی بماند و ضمناً از خارج داخل محفظه قابل رؤیت باشد.

۲ ـ ۳ وسائل آزمایش برای Schlieren

دراین آزمایش از دو آینه مقعر بقطر ۲/۵ اینچ استفاده شد که در حقیقت با توجه به بودجه مالی موجود انتخاب شده بود (با بزرگتر انتخاب کردن آینه حساسیت آزمایش را میتوان بالا برد) این آینه ها و دستگاه مورد آزمایش برروی ۳ پایه فلزی متحرك که در آزمایشگاه کالج در مدت ۳ هفته ساخته شد قرارمیگرفت.

از مولد نور که عبارت ازیک لامپ (فلاش) Xenon با مشخصات زیر بود ، آمپولس نوری با زمانهائی بین ۲ تا ۱۰ میکروثانیه به‌آینه ها وارد میشد و چون محفظه آزمایش دربین دوآینه قرارگرفته بود در حقیقت مورد تابش اشعه موازی قرارمیگرفت.

مشخصات لامپ Xenon

ولتاژ نامی لامپ	۲۰۰۰ ولت
قدرت نامی‌لامپ	۲۰۰ ولت
حداکثر ولتاژ آمپولس	۳۰۰۰ ولت
حداکثر فرکانس آمپولس	۵۰۰ کیلوهرتس
زمان ثابت آمپولس	۱ میکروثانیه
قطر لامپ	۲۰ میلیمتر
فاصله قطبها	۳ میلیمتر

۳ ـ ۳ ـ مدارالکتریکی برای لامپ Xenon

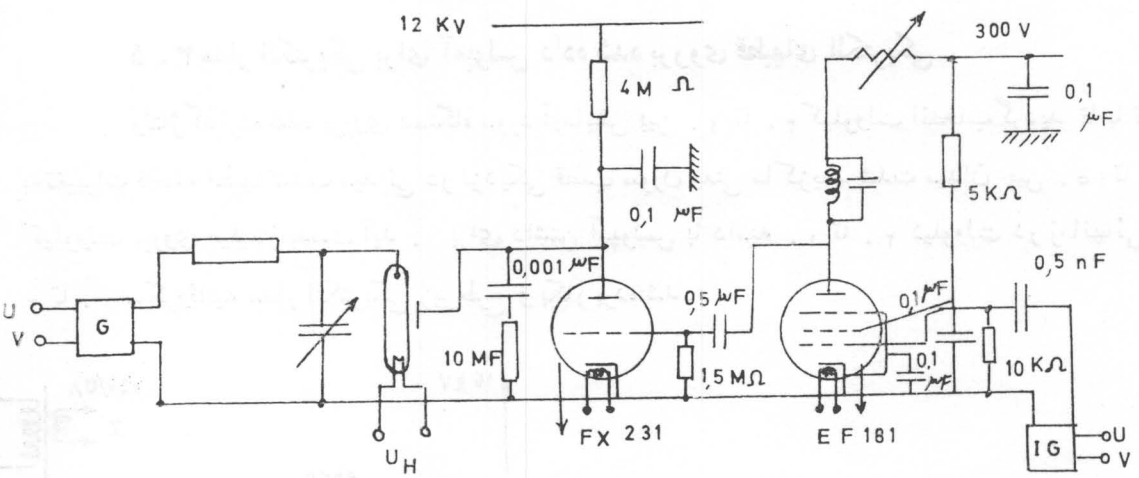
برای عکس‌برداری ازتخلیه الکتریکی درمایع همانطورکه قبلاً گفته شد باید از ژنراتور آمپولس با زمانی بین ۲ تا ۱۰ میکروثانیه به‌مولد نور و درهمان زمان به‌قطبهای الکتریکی محفظه عایق داد و نور تابیده شده که ازمحفظه میگذرد در برخورد با درات باردار الکتریکی که از قطبی به‌قطب دیگر میروند تغییر مسیر بسیار کوچك داده و سبب سایه‌اندازی شده بدین قسم میتوان تخلیه الکتریکی و گسترش آن‌را درمایع با دادن آمپولس در زمان مثلاً ۲ میکروثانیه دید.

آمپولسهای بعدی با طول زمان بیشتر و مشاهده یا عکسبرداری از آنها طریقه گسترش و مکانیزم تخلیه الکتریکی و مسیر جریان هدایتی را درعایق مایع نشان خواهد داد.

بدیهی است بجای عکسبرداری از هر آمپولس میتوان با داشتن دوربین عکاسی بسیارسریع بیکباره با گذاردن ولتاژی دائم برروی قطب‌آند گسترش و وسعت یافتن تخلیه الکتریکی از صفر تا اتصال کوتاه بین دوقطب را از طریق Schlieren عکسبرداری کرد (برنامه ادامه کار در آزمایشگاه دانشکده فنی) درحالتی

که هربار یک آمپولس با زمانی معین برروی قطب های الکتریکی بگذاریم و درهمان زمان قوسی در بین قطبهای لامپ ایجاد کنیم مشاهدات ویا عکسهائی در هر باراز تخلیه الکتریکی دراین زمان داریم و اگرعکسهائی مثلاً از آمپولسهای ۲ - ٤ - ٦ - ۸ - ۱۰ میکروثانیه برداریم و درکنار یکدیگر گذاریم توسعه تخلیه ناقص الکتریکی از قطبی به‌قطب دیگر را از زمان صفر تا ۱۰ ثانیه خواهیم داشت که میتواند پایه‌ای برای بیان تئوری درباره مکانیزم تخلیه الکتریکی در مایع باشد.

برای مدارالکتریکی لامپ Xenon تقویت کننده‌ای لازم بود که آمپولسهای ژنراتور آمپولس را با دامنه‌ای برابر ۱۳ هزار ولت تقویت کرده بدون آنکه درزمان آن تغییری بدهد. این آمپولس ۱۳ هزار ولتی برای Trigger لامپ Xenon به‌قطب کمکی آن هدایت میشد (شکل ۸) .



IG - ژنراتورامپولس

G - مولد جریان یکسو

شکل (۸) طرح اصولی مدار آمپولس برای لامپ

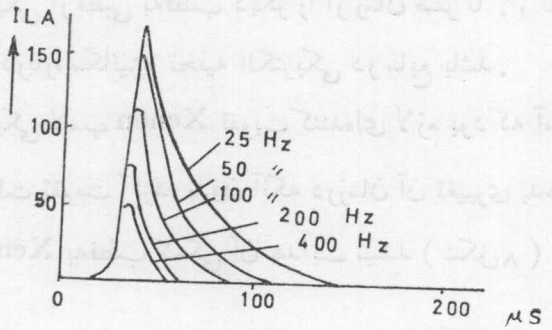
تقویت کننده برای Trigger لامپ بوسیله اینجانب درآزمایشگاه ساخته شد و برای ساختمان آن ازدو لامپ EF184 و تیراترون Fx231 استفاده گردید (شکل ۸). محفظه فلزی و الکترودهای لامپ Xenon نیز درآزمایشگاه مکانیک کالج ساخته شد.

٤ - ۳ - زمان کار لامپ Xenon وتوان کاپاسیتو مدار

زمان قوس الکتریکی لامپ چنانکه میدانیم از زمان عبور جریان و همچنین زمان خنک شدن گاز تبعیت میکند. انرژی الکتریکی که در لامپ به اشعه و حرارت تغییر فرم مییابد از رابطه کلی :

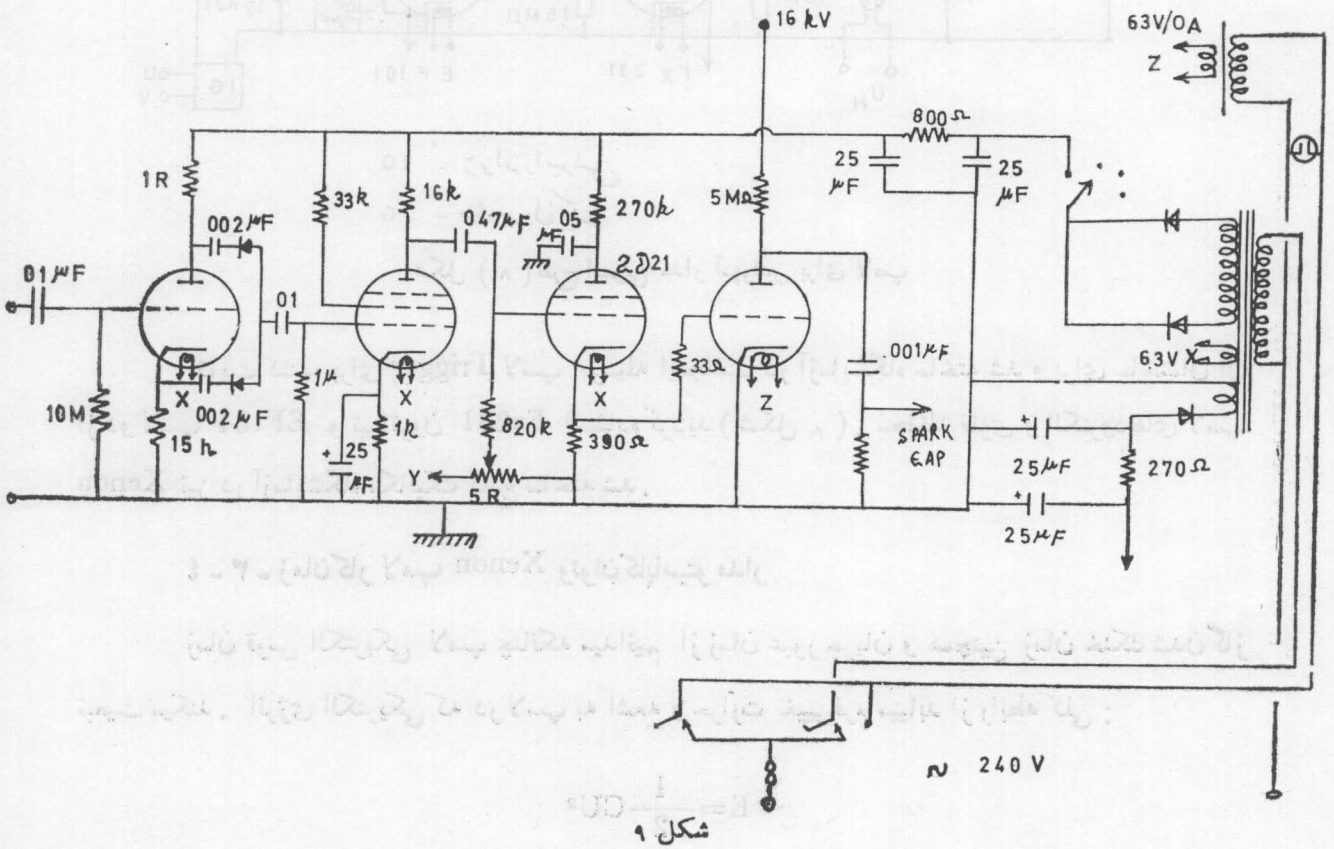
$$E=\frac{1}{2}CU^2$$

بدست‌میآید هرچه ولتاژ گذارده شده بر دوسرقطب های لامپ بیشترباشد درمقابل ثابت‌ماندن انرژی، کاپاسیته لازم کمترخواهد بود. دراینجا با ثابت بودن ولتاژلامپ زمان قوس الکتریکی درلامپ‌را با انتخاب کاپاسیته کوچکتر کوتاه‌تر میسازیم. منحنی زیر تغییرات زمان قوس و شدت جریان قوس را نشان میدهد.



۵ ـ ۳ مدار الکتریکی برای آمپولس داده شده برروی قطبهای الکتریکی

ولتاژ گذارده شده برروی دستگاه مورد آزمایش بین ۱۰ تا ۲۰ کیلوولت انتخاب گردید تا با توجه به‌تغییرات فاصله قطبها شدت میدانی در نزدیکی قطب سوزن یعنی ماکزیمم شدت میدان بین ۱۵۰ تا ۲۰۰ کیلوولت برروی میلیمتر بدست آید. برای داشتن آمپولس با دامنه ۱۰ تا ۲۰ کیلوولت در زمانهائی بین ۲ تا ۱۰ میکروثانیه مدار الکتریکی زیر طرح و بکار برده شد.

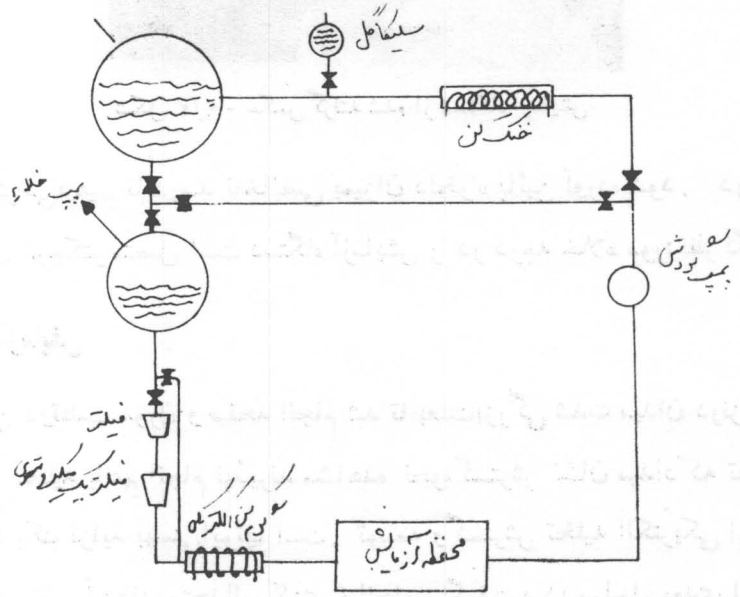


شکل ۹

دراین مدار از دولامپ تقویت کننده و یک تیراترون فشار قوی استفاده شد.

۶ ـ ۳ آماده کردن عایق مایع (دراین آزمایش پارافین مایع) برای آزمایش.

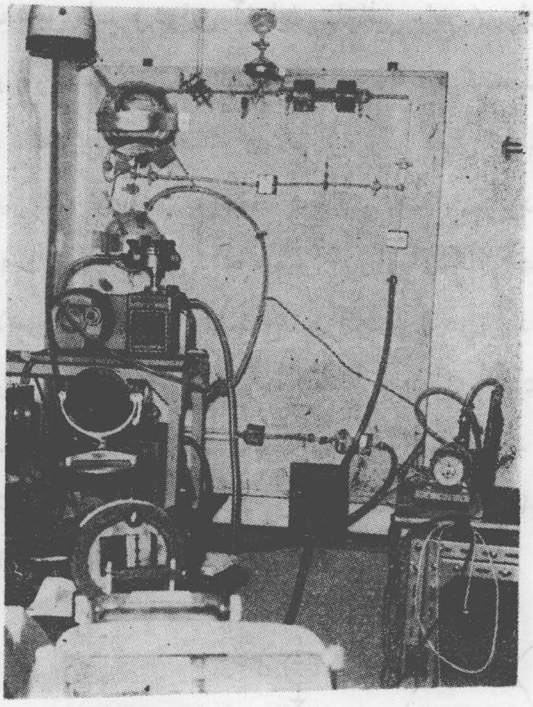
پارافین موجود دربازار معمولاً تصفیه نشده و حاوی ذرات بیگانه بمیزان نسبتاً زیادی است که در موقع آزمایش بین دو قطب الکتریکی پل بسته و مانع از بررسی دقیق تخلیه الکتریکی میشود. بنابراین پارافین باید ابتدا کاملاً تمیز شده و سپس به‌محفظه آزمایش هدایت شود. برای این منظور دستگاهی که شمای آن درشکل ۹/۱ و ۹/۲ نمایش داده میشود درآزمایشگاه تهیه شد که درآن پارافین ابتدا خلاء و بکمک پمپ سیرکولاسیون تا حد قابل توجهی تمیز گردید. دراین دستگاه دو فیلتر ٤ و ۱ میکرون کارگذارده شده‌بود و بنابراین پارافین مایع از کلیه ذرات بیگانه که دارای قطری بزرگتر و مساوی ($d \geqslant 1\mu$) بودند تمیز گردید. بعلاوه دستگاه مزبور صاحب یک گوی شیشه‌ای بود که از سمت فوقانی به‌پمپ خلائی متصل شده بود وتا حدود 10^{-3}Torr تخلیه میشد و بدین قسم پارافین مایع از حبابهای هوا مبرا شده و استقامت الکتریکی بیشتری را صاحب میشد.



شکل ۹/۱ - شمای دستگاه تصفیه پارافین مایع

چنانکه درشکل دیده میشود دستگاه گردش و تصفیه پارافین مایع صاحب دو مدار است درمدار بزرگتر چندین بار پارافین را از فیلترها گذرانده و مجدداً به‌محفظه بزرگ وارد میکنیم (گوی بزرگ که دربالا قرارگرفته است ـ شکل ۹/۱) . پس‌از تصفیه کافی پارافین مقداری از آن را درگوی کوچک که در پائین گوی بزرگ واقع شده است نگه میداریم پارافین ازاین گوی پس‌ازگذشتن مجدد از فیلتر وارد محفظه مورد آزمایش شده و بوسیله پمپ سیرکولاسیون ازمدار کوچکتر به گوی کوچک بازگردانده میشود درصورت وقوع

اتصال کوتاه مجدداً پارافین را از فیلترها چندین بار میگذارانیم تا تصفیه شده ویا پارافین تصفیه شده از گوی



شکل ۹/۲ - عکس گرفته شده از دستگاه آزمایش

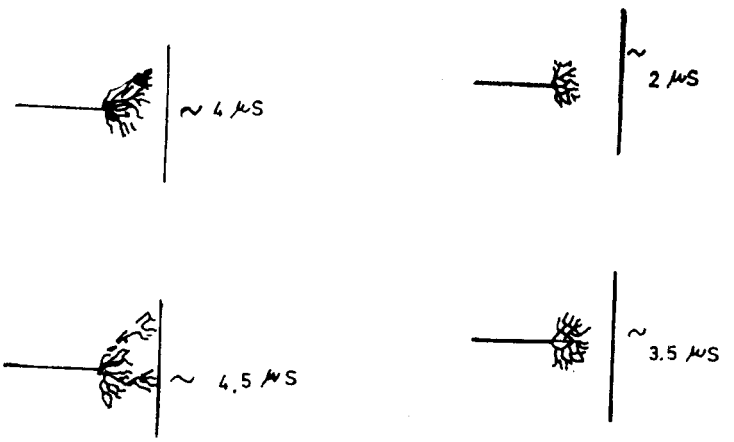
بزرگ به گوی کوچکتر می‌دهیم تا درصد ناخالصی بمیزان دلخواه پائین آورده شود. در تمامی این موارد پمپ خلاء که به گوی کوچکتر متصل است دستگاه آزمایش را در درجه خلاء موردنظر نگه میدارد.

٤ ـ نتیجه آزمایش

آزمایش بین دوقطب سوزن و صفحه انجام شد تا بعلت‌بزرگی شدت میدان درنزدیکی قطب سوزن اتصال کوتاه و شروع تخلیه باهم انجام نپذیرند مشاهده نحوه گسترش نشان میداد که تخلیه الکتریکی در پارافین مایع در نتیجه یک تزاید بهمنی‌ایونها است. توسعه و گسترش تخلیه الکتریکی از قطبی بقطب‌دیگر تحت نظم معین (یعنی تقریباً دوایر متحدالمرکزی) انجام میگوفت و در مراحل بعدی از یکی ازاین دوایر شاخه‌ای قوسی جدا شده وبا رسیدن به‌قطب دیگر اتصال کوتاه را بین دو قطب پدید می‌آورد. (شکل ۱۰) در حقیقت میتوان گفت مکانیزم تخلیه الکتریکی در عایق هم‌شکل تخلیه الکتریکی در جو است با این‌تفاوت که دراینجا ایونها این‌تخلیه الکتریکی را پدید میآورند. باتغییر زاویه رأس سوزن فقط در مقدار کمی ولتاژ لازم برای شروع تخلیه الکتریکی تغییراتی‌دست میداد بدون‌آنکه در مکانیزم و نحوهٔ گسترش تخلیه‌الکتریکی تغییری دست دهد.

شروع جریان هدایتی و رسیدن آن بمرحله شروع تخلیه الکتریکی مسیری تقریباً خطی را نشان

میداد. نقطه شروع تخلیه الکتریکی بعلت بزرگ بودن کاپاسیته عایق نسبت به هوا همانند هوا کاملاً مشخص نبود. این مسئله ازلحاظ فیزیکی نیز کاملاً مورد انتظار بود زیرا کاپاسیته بزرگ مانع ازاین خواهد



شکل ۱۰ ـ نحوه گسترش تخلیه الکتریکی در پارافین

بود که منحنی جریان با شروع تخلیه الکتریکی بطور مشخص و بارزی تغییر مسیر دهد. قوسهای الکتریکی فرعی که از هر کدام از دوایر اصلی جدا شده و بطرف قطب‌اند میروند دارای پایه رقصنده‌ای در روی دایره قبلی بوده و تغییرجا میدهند. خود این قوسها نیز به‌شاخه‌های دیگر منشعب میگردند لیکن این شاخه‌های فرعی درداخل مایع‌مرده و ازبین میروند. شاخه اصلی اغلب با تغییر مسیری به‌قطب مخالف رسیده وتخلیه الکتریکی را تبدیل بیک اتصال کوتاه میسازد. زمان Recombination نسبت به گاز زیادتر بوده و اکثراً وجود بارالکتریکی که درنزدیکی دوقطب تشکیل میگردد مانع ازآن است که درفواصل کوتاه مجدداً آزمایش را تکرار کرد.

علت اینکه اتصال کوتاه از آخرین دایره بوسیله یک قوس تقریباً مستقیم ایجاد میشود و تخلیه الکتریکی درشعاعهای متحدالشکل گسترش نمییابد خود بعلت همین بار الکتریکی فضائی است.

بررسی تأثیر این بار الکتریکی که صاحب زمان بقای طولانی‌تر است برروی مراحل آخری گسترش الکتریکی خود مسئله‌ای جالب است که باید بررسی شود.