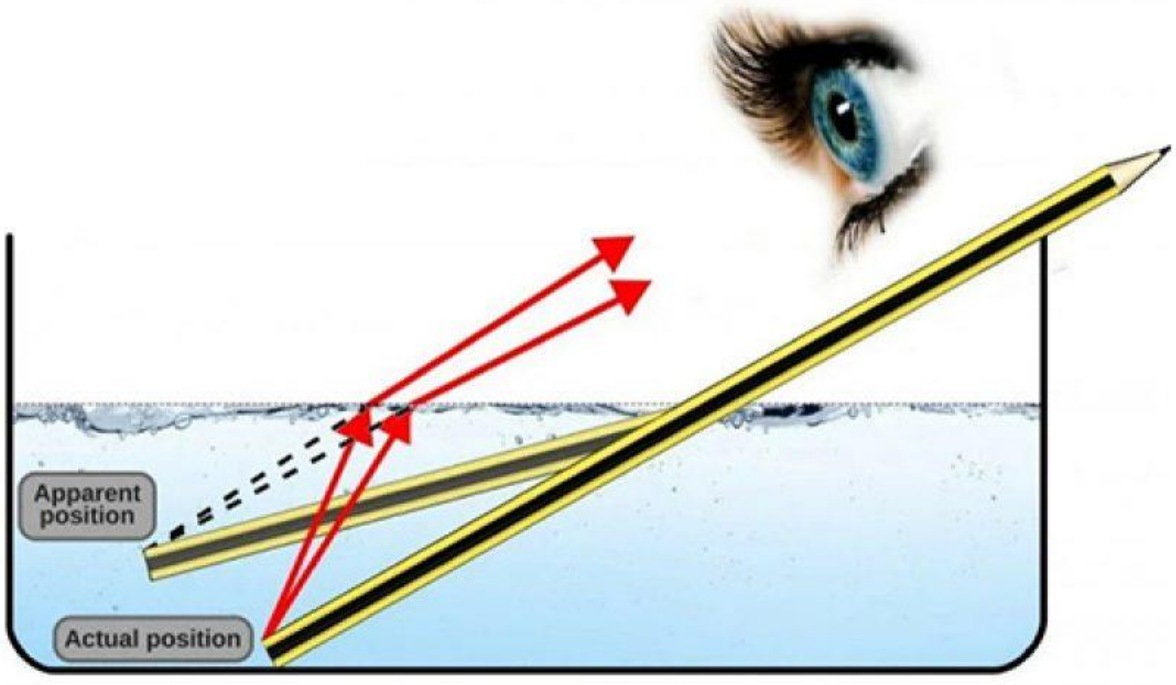
آزمایش شماره 4

رفراکتومتری یا اندازه‌گیری ضریب شکست مایعات و جامدات شفاف



۴-۱ هدف آزمایش:

آشنایی با مفهوم ضریب شکست و تعیین ضریب شکست تیغه‌های شفاف
تعیین ضریب شکست مایعات

۴-۲ وسایل موردنیاز:

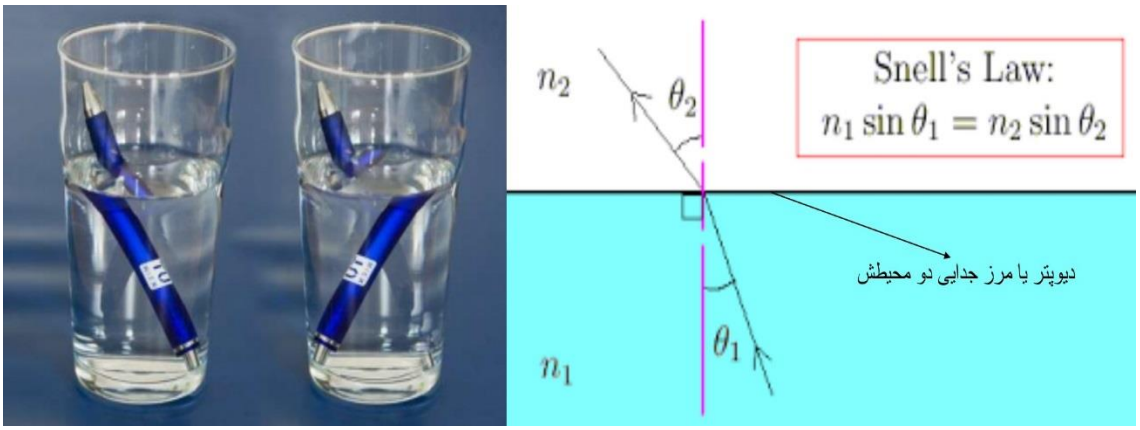
میکروسکوپ مکانیکی، تیغه‌های شیشه‌ای و پلاستیکی، ماژیک، گلیسیرین، آب، بشر.

۴-۳ تئوری آزمایش:

سرعت نور، ازیک‌طرف به شرایط محیطی از جمله شلوغی یا به عبارت علمی‌تر چگالی محیط و از طرف دیگر به جنس آن بستگی دارد. بنابراین سرعت نور با عبور از یک محیط شفاف به محیط دیگر تغییر می‌کند و تابعی از ویژگی‌های دو محیط است. سرعت نور در هوا بیشتر از سایر محیط‌ها و برابر با ۳۰۰ هزار کیلومتر در ثانیه است. اگر نور وارد محیط غلیظ‌تر شود، سرعت آن کاهش می‌یابد. میزان این کاهش به جنس محیط بستگی دارد به همین دلیل میزان کاهش سرعت نور در آب شکر با آب‌نمک متفاوت است. همچنین اگر غلظت همان آب شکر را تغییر بدهیم، سرعت نور باز هم تغییر می‌کند. کمیتی که نمایانگر این تغییر سرعت نور است و جنس محیط را برای سرعت انتشار نور مشخص می‌کند، ضریب شکست نامیده می‌شود. ضریب شکست هوا را با خلأ یکی می‌گیریم و فرض می‌کنیم سرعت نور در هوا همان ۳۰۰ هزار کیلومتر بر ثانیه و ضریب شکست یک باشد. ضریب شکست بقیه محیط‌های شفاف مثل شیشه، آب، آب شکر و غیره بیشتر از یک است و در نتیجه سرعت نور در آن‌ها کمتر از مقدار بالا است. هنگامی که باریکه‌ای نور از میان مواد شفاف عبور کند، به علت تأثیر متقابل میدان الکتریکی باریکه نور و الکترون‌های پیوندی ماده شفاف، سرعت انتشار نور در آنها تغییر می‌کند. رفراکتومتری یا شکست سنجی، روش اندازه‌گیری سرعت انتشار نور در اجسام شفاف است که با کمیت ضریب شکست بیان می‌شود. ضریب شکست هر ماده مانند نقطه ذوب و نقطهٔ جوش، یکی از ثابت‌های فیزیکی آن است. با آنکه ضریب شکست بسیاری از مواد به طول‌موج نورتابشی و دمای محیط آن بستگی دارد؛ اما برای طول‌موج و دمای معین به‌ندرت دو ماده را می‌توان یافت که دارای ضریب شکست یکسان باشند؛ لذا از ضریب شکست یک ماده و ثابت‌های فیزیکی دیگر آن می‌توان برای شناسایی آن ماده و تجزیه‌وتحلیل مخلوط مواد استفاده نمود.

شکست نور:

پرتوهای نور وقتی از یک محیط شفاف وارد محیط شفاف دیگر می‌شوند از مسیر خود منحرف می‌شوند، این پدیده را شکست نور می‌گویند. هنگامی که از هوا به جسمی در داخل آب نگاه کنیم آن جسم به سطح آب نزدیک‌تر و وقتی از داخل آب به جسمی در هوا نگاه کنیم، دورتر به نظر می‌رسد. وقتی نور به طور مایل از یک محیط شفاف وارد محیط شفاف دیگر می‌شود، در مرز مشترک دو محیط، شکسته می‌شود و همین عامل سبب بالاتر دیده‌شدن جسم نسبت به سطح واقعی گردد. **وسیله‌ای که از آن برای به‌دست‌آوردن مقدار ضریب شکست استفاده می‌کنیم میکروسکوپ مکانیکی است که با قرائت مقادیر به‌دست‌آمده از قسمت‌های کولیس و ورنیه و جاگذاری در فرمول مقدار ضریب شکست مواد مختلف محاسبه می‌شود.** دیوپتر مرز مشترک دو محیط همگن شفاف است که ممکن است تخت و یا کروی شکل باشد. مرز مشترک آب‌وهوا، دو سطح یک‌تیغهٔ شیشه‌ای و یا یک عدسی نمونه‌هایی از دیوپترها هستند.



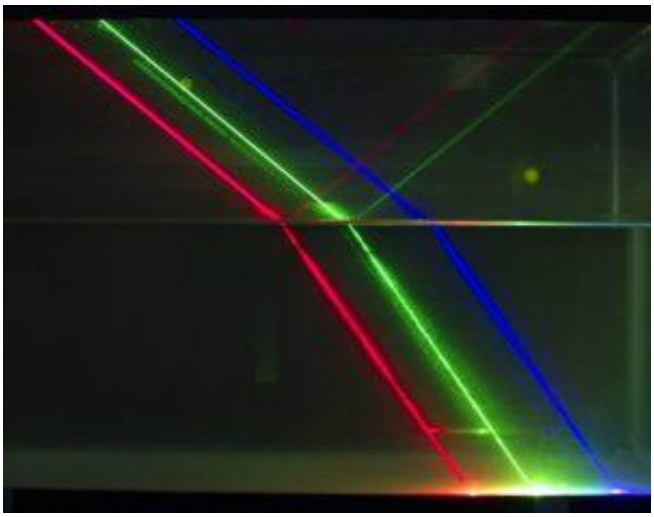
شکل 1 شکست نور درار عبور از دو محیط با ضرایب شکست متفاوت.

رابطه تغییر زاویه پرتو نور هنگام تابیدن نور به سطح آب را رابطه اسنل[1] می‌نامند:

$$n_1 \sin(\theta_1) = n_2 \sin(\theta_2) \qquad (1)$$

این رابطه نشان می‌دهد که اگر پرتو نور به‌صورت مایل به سطح مایع بتابد زاویه آن تغییر می‌کند و دچار شکست می‌شود. مانند شکسته‌شدن قاشق در لیوان آب که به طور روزمره شاهد آن هستیم. همچنین باید خاطرنشان کرد که رابطه اسنل، نشان می‌دهد که اگر پرتو نور به‌صورت عمودی به سطح آب بتابد، دچار شکست نخواهد شد.

[1] Snell's law



شکل 2 شکست نور در عبور از هوا به آب.

کاربرد شکست نور در آزمایشگاه‌های بالینی

در آزمایشـگاه‌های بالینی از روش ضـریب شـکسـت علاوه بر تعیین ضـریب شکست مایعات، برای تعیین غلظت پروتئین سـرم خون و چگالی مخصوص ادرار استفاده می‌شود. دستگاه شکست‌سنج، یک وسیله اپتیکی است که بر اسـاس یکی از پدیده‌های فیزیکی بازتابش کلی و تشـکیل زاویه حد، تداخل نور یا اسـتفاده از منشـور و زاویه انحراف مینیمم سـاخته شـده اسـت. در آزمایشـگاه‌ها اغلب از شکست سنجه‌هایی که بر اساس بازتابش کلی نور عمل می‌کنند استفاده می‌شود. با این دستگاه‌ها ضرایب شکست مایعات شفاف و غلظت پروتئین میزان اوره سرم خون بین صفر تا ۱۲ گرم بر دسی‌لیتر، میزان نمک موجود در آن، تعیین غلظت ادرار و ... را می‌توان اندازه‌گیری نمود.

از انواع شکست سنجه‌ها می‌توان به شکست‌سنج مدل آبه[۲] که از معروف‌ترین و پرمصرف‌ترین دستگاه‌هایی که بر اساس بازتابش کلی نور است را نام برد که برای تعیین ضریب شکست مایعات و جامدات شفاف به کار می‌رود. در آزمایشـگاه‌های بالینی برای تعیین ضـریب شـکسـت اوره نیز اسـتفاده می‌شـود. از ویژگی‌های مهم این دسـتگاه کمترین مقدار نمونه موردنیاز است. شکست‌سنج دیگر شکست‌سنج بالینی مدل ارما[۳] است. در درون این دستگاه یک مقیاس اضـافی برای خواندن غلظت پروتئین سرم خون در میزان صفر تا دوازده گرم بر دسی‌لیتر وجود دارد

---

[2] Refractometer Abbe
[3] Erma Refractometer

و مقیاســی دیگر برای تعیین چگالی ویژهٔ ادرار بکار می‌رود. علاوه بر این یک ســری نمودارهای عددی در اختیار خریدار قرار داده می‌شود که بر اساس آنها می‌توان اطلاعات دیگری از جمله فشار اسمزی ادرار و غیره را به دست آورد.

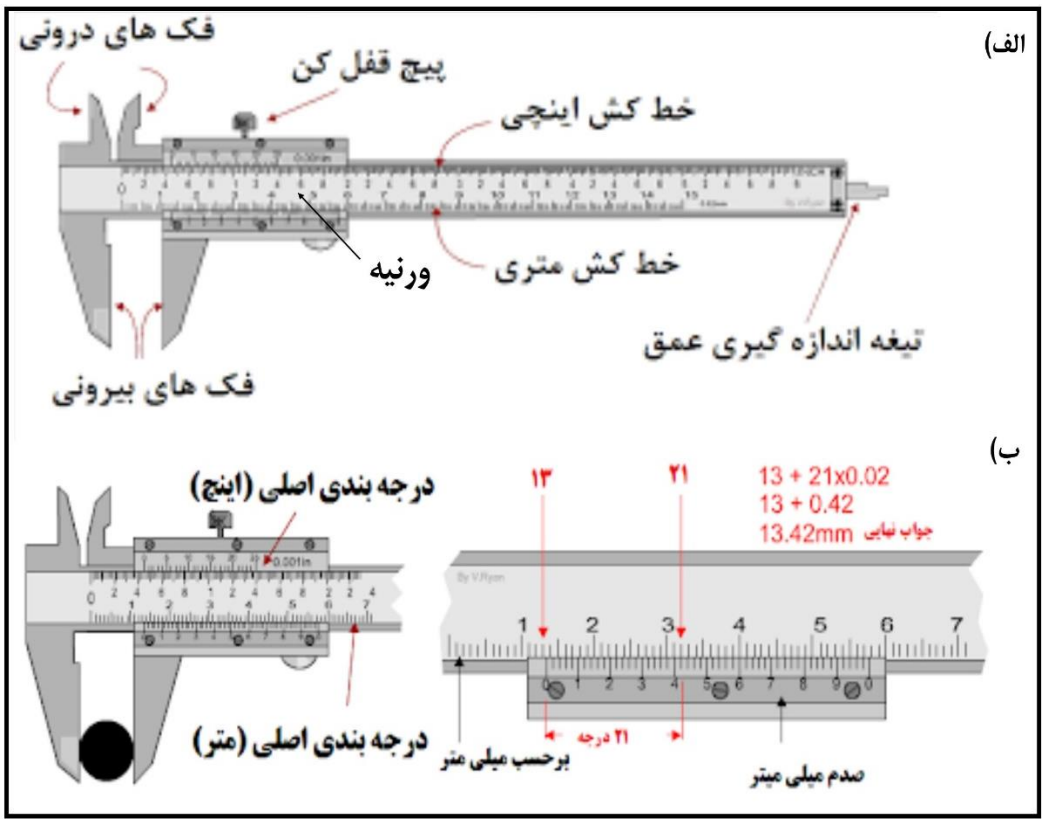
شکل 3 شکل دو شکست سنج معروف در آزمایشگاه ها.

کولیس[۴]:

ابزاری است که می‌توان به‌وسیله آن قطر قطعه کار، عمق شیار، قطر داخلی استوانه‌ها، بوش‌ها و ارتفاع قطعات مختلف را بادقت‌های متفاوت بر حسب سیستم‌های اندازه‌گیری مختلف اندازه‌گیری نمود. **کولیس‌ها** از نظر سیستم اندازه‌گیری به دودسته تقسیم می‌شوند که عبارت‌اند از کولیس‌های اینچی و میلی‌متری، همچنین از نظر نوع ساختمان و موارد استفاده هر یک با شکل‌های متفاوت ساخته می‌شوند. از طرف دیگر برای اینکه دقت‌های مختلفی چه در سیستم اینچی چه در سیستم میلی‌متری به وجود آورد لازم است از ورنیه استفاده شود. **کولیس** از قسمت‌های مختلف زیر تشکیل شده که عبارت‌اند از: پیچ تنظیم‌کننده، خط کش که یک سر آن به فک ثابت اتصال داشته و دارای زاویه قائمه نسبت به آن است. فک دیگر به‌موازات فک ثابت بوده که می‌تواند روی خط کش و در طول آن حرکت خطی نماید.

---

[4] Caliper



شکل 4 الف) نمایی از اجزای کولیس و ورنیه، ب) نموه خواندن خواندن از روی ورنیه.

برای خواندن مقدار دقیق نشان‌داده‌شده ابتدا باید مقدار صحیح اندازه خوانده شود. مقدار صحیح عددی است که صفر ورنیه بعد از آن قرار گرفته است. برای خواندن مقدار اعشار باید دید کدام یک از خطوط مندرج روی ورنیه با خطوط مندرج روی خط کش در یک راستا قرار دارند. سپس باتوجه‌به دقت **کولیس** استفاده شده، مقادیر را از صفر شمارش کرده تا به آن خط هم راستا با خط کش برسیم.

قسمت اول آزمایش:

تعیین ضریب شکست تیغه‌های شفاف

روش انجام آزمایش: روی یک شیشه مستطیل‌شکل (لام) علامت × بگذارید و آن را روی صفحه شیشه‌ای زیر عدسی شیئی میکروسکوپ قرار دهید. لوله میکروسکوپ را تغییر مکان دهید تا علامت به‌وضوح دیده شود. درجه ورنیه (a) میکروسکوپ را در این حالت یادداشت کنید. سپس تیغه موردنظر را که روی علامت × بگذارید. لوله میکروسکوپ را آن‌قدر جابه‌جا کنید تا تصویر علامت × مجدداً واضح دیده شود. درجه ورنیه (b) را بخوانید. سپس

علامتی روی تیغه شیشه‌ای بزنید اکنون باز لوله میکروسکوپ را بالا بکشید به‌طوری که علامت به طور واضح دیده شود. درجه ورنیه را بخوانید. (c)

$$n = \frac{AB}{A'B} = \frac{c-a}{c-b} \qquad (2)$$

قسمت دوم آزمایش:

تعیین ضریب شکست مایعات

روش انجام آزمایش: در قسمت بالای ته بشر شیشه‌ای علامتی بگذارید و به‌وسیله میکروسکوپ تصویر واضح آن را مشاهده کنید. درجه ورنیه (a) میکروسکوپ را در این حالت یادداشت نمایید. سپس تا ارتفاع خاصی در آن مایع موردنظر را بریزید و علامت را در حالت واضح از روی ورنیه بخوانید (b). مقداری گچ روی آب ریخته و با جابه‌جاکردن لوله میکروسکوپ در حالتی که گچ واضح دیده می‌شود مقدار ورنیهٔ میکروسکوپ را بخوانید (c). مقادیر ضریب شکست آب و گلیسیرین را از روابط قبلی به دست آورید. برای گلیسیرین مانند حالت تیغه‌های شفاف عمل نمایید.

$$n = \frac{\text{عمق واقعی}}{\text{عمق ظاهری}} \qquad (3)$$

سؤالات:

1) دلیل شکست نور در محیط دیگر چیست؟
2) دلیل افزایش یا کاهش سرعت نور هنگام تغییر محیط چیست؟
3) دو لیوان آب داریم از طریق مفهوم شکست نور و ضریب شکست، آزمایشی طراحی کنید که مشخص شود کدام لیوان دارای آب شیرین است.