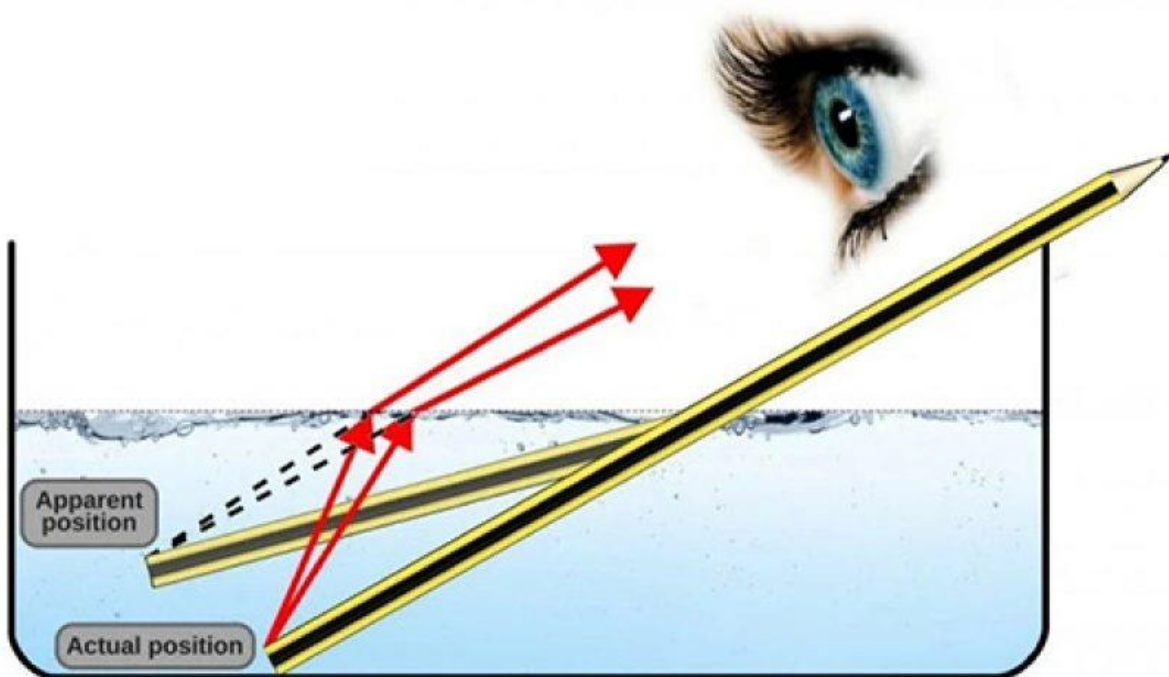




آزمایش شماره 4

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 مورد نیاز:

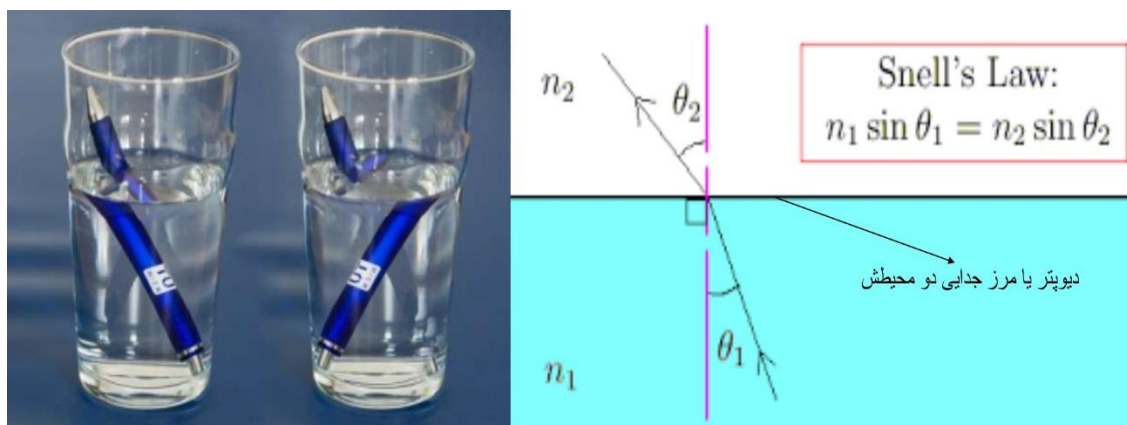
میکروسکوپ مکانیکی، تیغه‌های شیشه‌ای و پلاستیکی، ماژیک، گلیسرین، آب، بشر.

۴-۳ تئوری آزمایش:

سرعت نور، از یک طرف به شرایط محیطی از جمله شلوغی یا به عبارت علمی تر 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. رفراکتومتري 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 نقطه جوش، یکی از ثابت‌های فیزیکی آن است. با آنکه ضریب شکست بسیاری از مواد به طول موج نورتابشی و دمای محیط آن بستگی دارد؛ اما برای طول موج و دمای معین به ندرت 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 تجزیه و تحلیل 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 دیده شدن جسم نسبت به سطح واقعی گردد. وسیله‌ای که از آن برای به دست آوردن مقدار ضریب شکست استفاده می‌کنیم میکروسکوپ مکانیکی است که با قرائت مقادیر به دست آمده 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 آب و هوا، دو سطح یک تیغه شیشه‌ای و یا یک عدسی نمونه‌هایی از دیوپترها هستند.



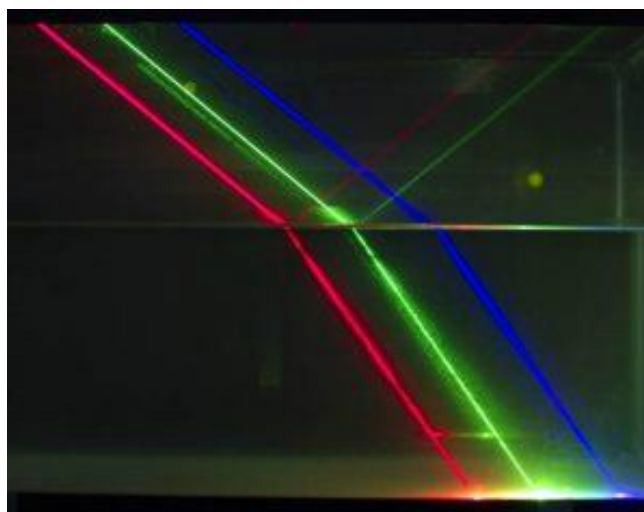
شکل 1 شکست نور دراز عبور از دو محیط با ضرایب شکست متفاوت.

رابطه تغییر زاویه پرتو نور هنگام تابیدن نور به سطح آب را رابطه اسنل¹ می‌نامند:

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

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

¹ Snell's law



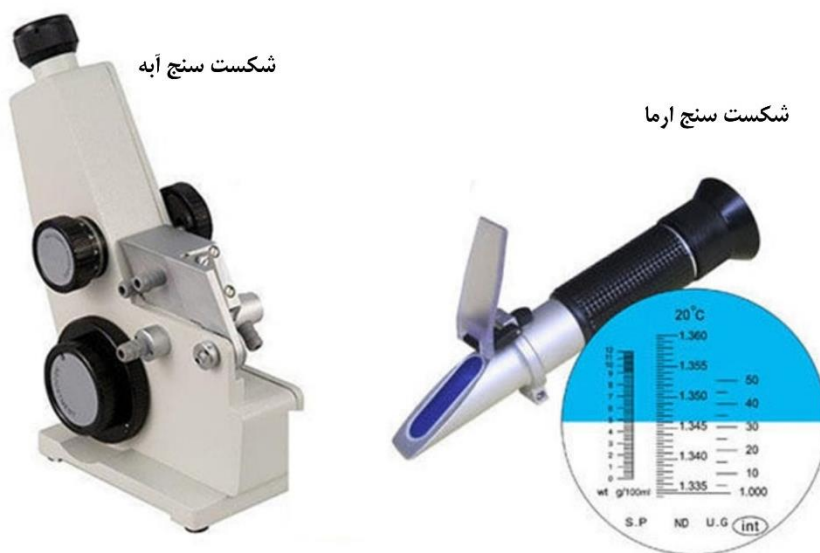
شکل 2 شکست نور در عبور از هوا به آب.

کاربرد شکست نور در آزمایشگاه‌های بالینی

در آزمایشگاه‌های بالینی از روش ضریب شکست علاوه بر تعیین ضریب شکست مایعات، برای تعیین غلظت پروتئین سرم خون و چگالی مخصوص ادرار استفاده می‌شود. دستگاه شکست‌سنج، یک وسیله اپتیکی است که بر اساس یکی از پدیده‌های فیزیکی بازتابش کلی و تشکیل زاویه حد، تداخل نور یا استفاده از منشور و زاویه انحراف مینیمم ساخته شده است. در آزمایشگاه‌ها اغلب از شکست سنج‌هایی 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 سنج‌ها 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 آزمایشگاه‌های بالینی برای تعیین ضریب شکست اوره نیز استفاده می‌شود. از ویژگی‌های مهم این دستگاه کمترین مقدار نمونه مورد نیاز است. شکست‌سنج دیگر شکست‌سنج بالینی مدل ارما^۳ است. در درون این دستگاه یک مقیاس اضافی برای خواندن غلظت پروتئین سرم خون در میزان صفر تا دوازده گرم بر دسی‌لیتر وجود دارد

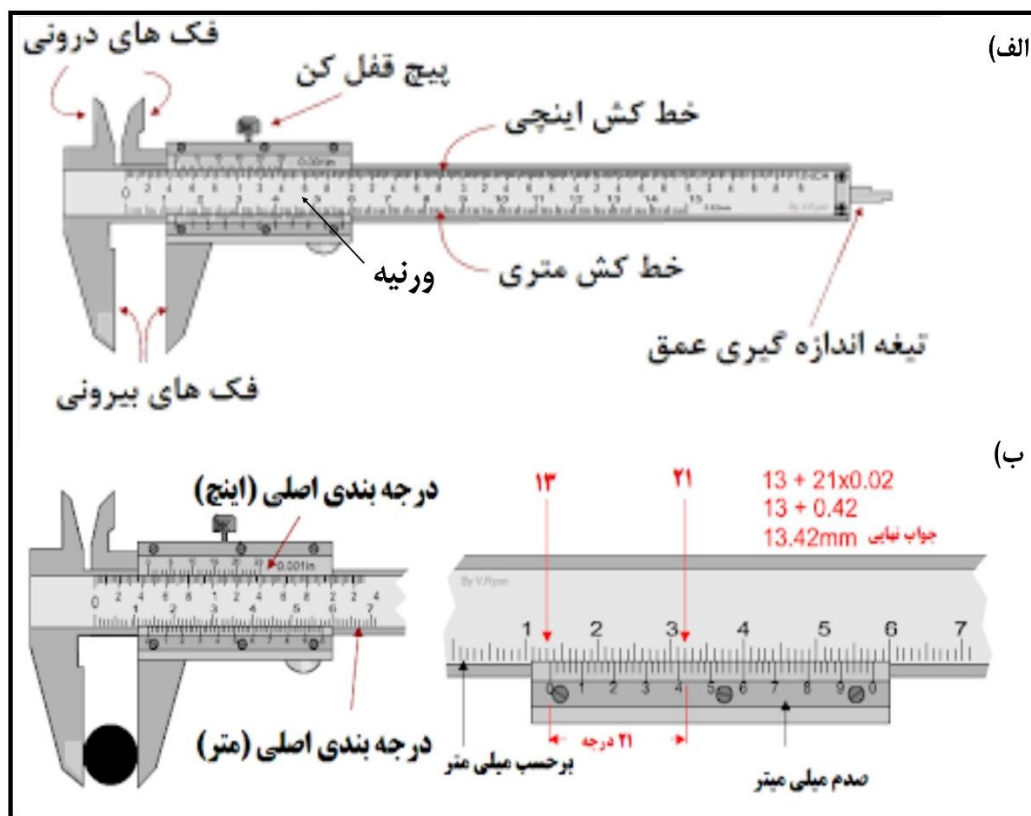
و مقیاسی دیگر برای تعیین چگالی ویژه ادرار بکار می‌رود. علاوه بر این یک سری نمودارهای عددی در اختیار خریدار قرار داده می‌شود که بر اساس آنها می‌توان اطلاعات دیگری از جمله فشار اسمزی ادرار و غیره را به دست آورد.



شکل 3 دو شکست سنج معروف در آزمایشگاه‌ها.

کولیس^۴:

ابزاری است که می‌توان به‌وسیله آن قطر قطعه کار، عمق شیار، قطر داخلی استوانه‌ها، بوش‌ها و ارتفاع قطعات مختلف را با دقت‌های 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 به موازات فک ثابت بوده که می‌تواند روی خط کش و در **طول** آن حرکت خطی نماید.



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

برای خواندن مقدار دقیق نشان داده شده 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 باتوجه به 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 تیغه های شفاف

روش انجام آزمایش: روی یک شیشه مستطیل شکل (لام) علامت × بگذارید و آن را روی صفحه شیشه ای زیر عدسی شیئی میکروسکوپ قرار دهید. لوله میکروسکوپ را تغییر مکان دهید تا علامت به وضوح دیده شود. درجه ورنیه (a) میکروسکوپ را در این حالت یادداشت کنید. سپس تیغه موردنظر را که روی علامت × بگذارید. لوله میکروسکوپ را آن قدر جابه جا 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)

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

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 جابه‌جا کردن لوله میکروسکوپ در حالتی که گچ واضح دیده می‌شود مقدار ورنیه 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.

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

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.