بررسی عدسی‌های ضخیم

پارسا رنگریز
۹۷۱۱۰۳۱۴

آزمایشگاه اپتیک، دانشکده فیزیک، دانشگاه صنعتی شریف

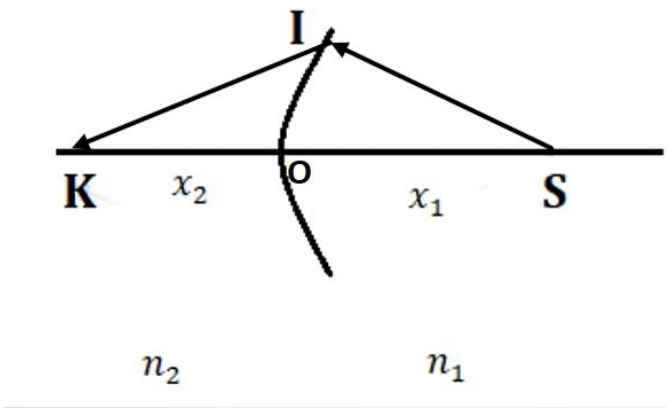
۱۲ آبان ۱۴۰۰

۱ مدل و نظریه

اگر باریکه نور از محیطی با ضریب شکست n_1 وارد محیط دیگری با ضریب شکست n_2 شود و در نقطه k با باریکه‌ای که از محور اصلی می‌گذرد تلاقی کند، در این صورت، اگر مطابق شکل زیر $SO = x_1$ و $OK = x_2$ باشند، داریم

$$\frac{n_1}{x_1} + \frac{n_2}{x_2} = \frac{n_2 - n_1}{R} \tag{۱}$$

مطابق تعریف اگر تقعر سطح کروی به سوی منبع نور باشد، R منفی و در حالت دیگر R مثبت است. در شکل زیر R منفی است. با استفاده از قوانین اپتیک



شکل ۱: ورود نور از محیطی به محیط دیگر

هندسی فرمول عدسی‌های ضخیم به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) + \frac{e(n-1)^2}{nR_1R_2} \tag{۲}$$

که در آن e، ضخامت مرکز عدسی، R_1 و R_2 شعاع‌های انحنای عدسی و n ضریب شکست عدسی است. برای عدسی‌های نازک رابطه بالا به صورت زیر در می‌آید:

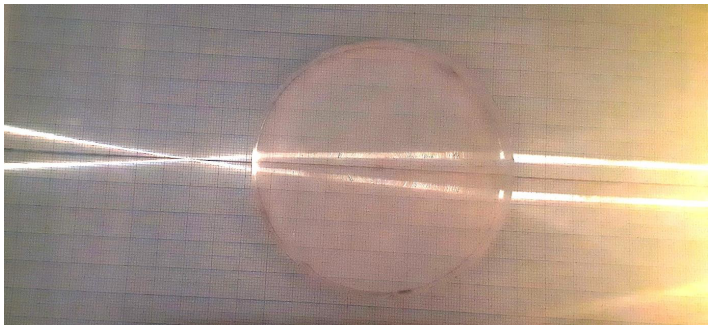
$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) \tag{۳}$$

۲ وسایل آزمایش

لامپ نور سفید و منبع تغذیه، قرص و نیم قرص شفاف، عدسی محدب الطرفین، عدسی مقعر الطرفین، عدسی با فاصلهی کانونی $200mm$ به عنوان موازی کننده نور، ریل اپتیکی، تیغه دوشکاف برای ایجاد دو پرتو

۳ روش آزمایش

۱.۳ ازمایش اول

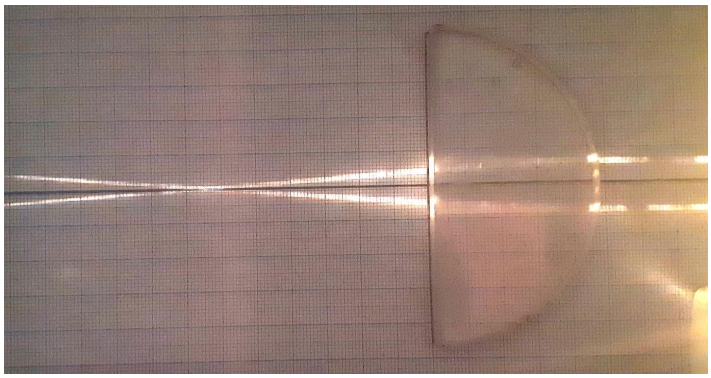


شکل ۲: قرص شفاف

لامپ سفید را روی ریل نصب کرده و روشن کنید. عدسی موازی کننده را مقابل آن قرار داده و با تنظیم دقیق تصویر رشته لامپ را بر روی دیوار انتهایی آزمایشگاه به ضوح ببینید. دو شکاف را مقابل عدسی قرار دهید. پایه کفه دار را روی ریل گذاشته و بر روی آن کاغذ میلی‌متر قرار دهید. (برای هر عدسی از کاغذ میلی‌متری جداگانه استفاده کنید.) قرص شفاف را روی پایه کفه‌دار قرار دهید بدین ترتیب دو باریکه از نزدیکی محور قرص عبور خواهد کرد. محل تلاقی دو باریکه نوری را بر روی کاغذ میلی‌متری پیدا کنید. این نقطه کانون عدسی می‌باشد. در صورتی‌که تنظیم درست باشد، کانون بر روی محور اصلی قرار خواهد گرفت. فاصله کانونی f، فاصله بین کانون و صفحه اصلی می‌باشد. از آن جا که حین انجام آزمایش شما محل صفحه اصلی را نمی‌دانید، بنابراین در جدول فاصله مرکز قرص تا کانون را یادداشت کنید. بعد از انجام آزمایش با استفاده از روابط و روش های موجود در کتاب‌های اپتیکی محل صفحع اصلی را یافته و از روی آن فاصله کانونی را یادداشت کنید.

همچنین فاصله کانونی عدسی را با استفاده از روابط مربوط به عدسی‌های ضخیم و با استفاده از روش‌های ترسیم به دست آورید. ضریب شکست همه عدسی‌ها را 1.5 فرض کنید.

۲.۳ ازمایش دوم

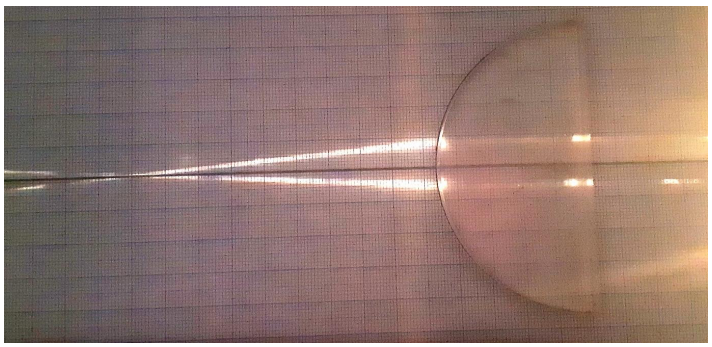


شکل ۳: نیم قرص شفاف (محدب ــ مسطح)

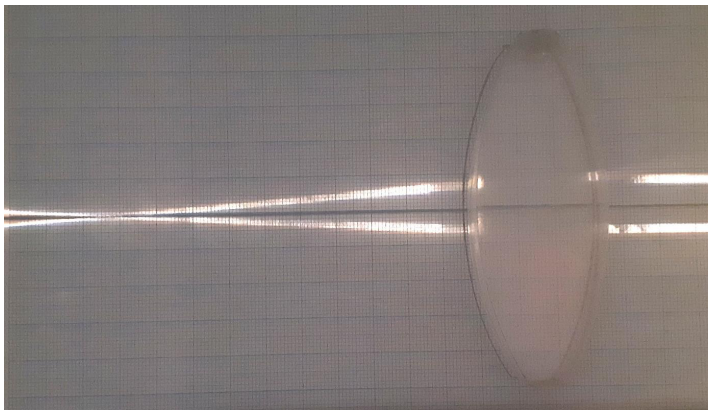
نیم قرص شفاف را روی صفحه حامل بر روی کاغذ میلی‌متری طوری قرار دهید که اشعه موازی نور سفید ابتدا به سطح محدب آن بتابد. محل کانون را روی صفحه مشخص کرده و فاصله کانونی آن را بدست آورید. با اندازه‌گیری شعاع انحنا نیم قرص، اندازه فاصله کانونی را محاسبه کنید. همچنین راه ترسیم محل تجمع اشعه موازی را بدست آورید.

۳.۳ آزمایش سوم

در این آزمایش جهت نیم قرص را عوض کرده بطوری که شعاع نورانی ابتدا به سطح مسطح نیم قرص بتابد و در این حالت مطابق آزمایش‌های گذشته فاصله کانونی آن را اندازه‌گیری کنید. با استفاده از ترسیم و محاسبه مقدار فاصله کانونی را معین کرده و نتایج را در جدول بنویسید.



شکل ۴: نیم قرص شفاف (مسطح ـ محدب)

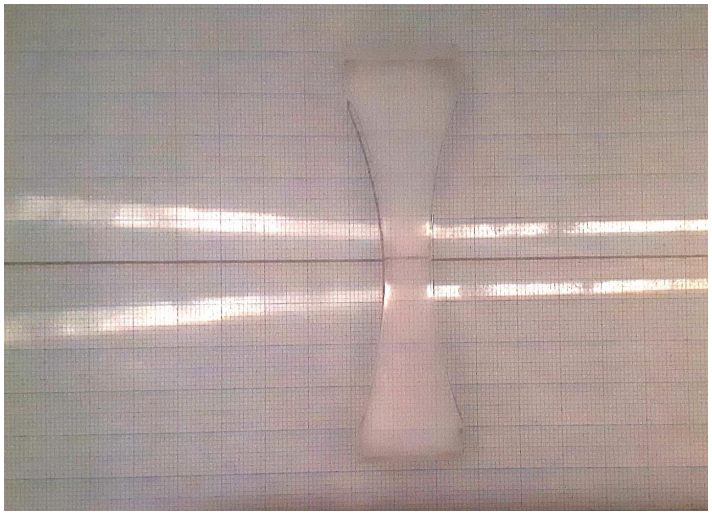


شکل ۵: عدسی محدب‌الطرفین

۴.۳ آزمایش چهارم

برای تعیین فاصله کانونی عدسی محدب‌الطرفین آن را روی کفه قرار داده و روی کاغذ میلی‌متری محل تجمع دو باریکه را مشخص نموده و بعد از تعیین صفحه اصلی، فاصله کانونی را در جدول یادداشت کنید.

۵.۳ ازمایش پنجم



شکل ۶: عدسی مقعر الطرفین

عدسی مقعر الطرفین را روی صفحه حامل قرار داده و برای اندازه‌گیری فاصله کانونی این عدسی، یک صفحه کاغذ میلی‌متری را زیر آن قرار دهید. امتداد پرتوهای واگرا شده را به دست آورید و با امتداد دادن خطوط واگرا محل کانون را در طرف دیگر عدسی بدست آورید.

۴ جدول داده‌ها

(آ) قرص شفاف $a = 2.4cm \pm 0.1cm$

قرص شفاف	فاصله کانونی
آزمایش	$6.8cm \pm 0.1cm$
محاسبه	$6.76cm \pm 0.4cm$
ترسیم	$6.8cm \pm 0.06cm$

(ب) نیم قرص شفاف (محدب ـ مسطح) $6.4cm \pm 0.1cm$

نیم قرص شفاف	فاصله کانونی
آزمایش	$9.1cm \pm 0.1cm$
محاسبه	$9.0cm \pm 0.2cm$
ترسیم	$8.1cm \pm 0.1cm$

(ج) نیم قرص شفاف (مسطح ـ محدب) $a = 9.4cm \pm 0.1cm$

نیم قرص شفاف	فاصله کانونی
آزمایش	$10.9cm \pm 0.1cm$
محاسبه	$9.0cm \pm 0.2cm$
ترسیم	$9.6cm \pm 0.1cm$

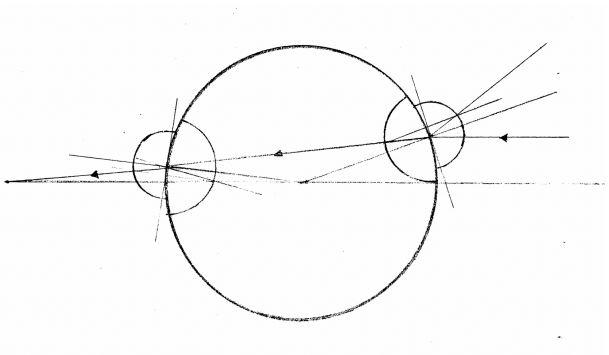
(د) عدسی محدب الطرفین $a = 9.8cm \pm 0.1cm$

عدسی محدب الطرفین	فاصله کانونی
آزمایش	$11.8cm \pm 0.1cm$
محاسبه	$10.1cm \pm 0.4cm$
ترسیم	$11.1cm \pm 0.1cm$

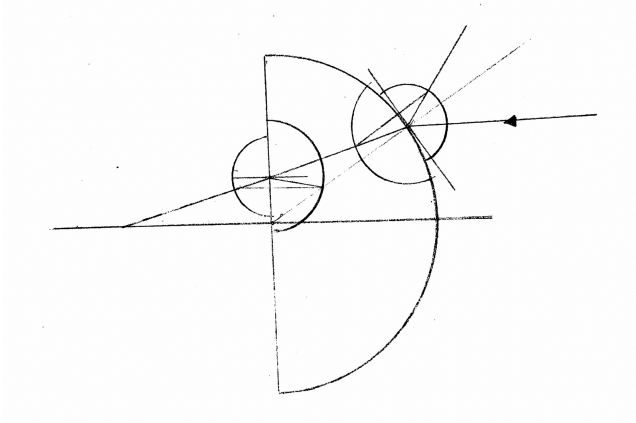
(ه) عدسی مقعر الطرفین $a = 7.5cm \pm 0.1cm$

عدسی مقعر الطرفین	فاصله کانونی
آزمایش	$7.4cm \pm 0.1cm$
محاسبه	$8.85cm \pm 0.2cm$
ترسیم	$6.1cm \pm 0.1cm$

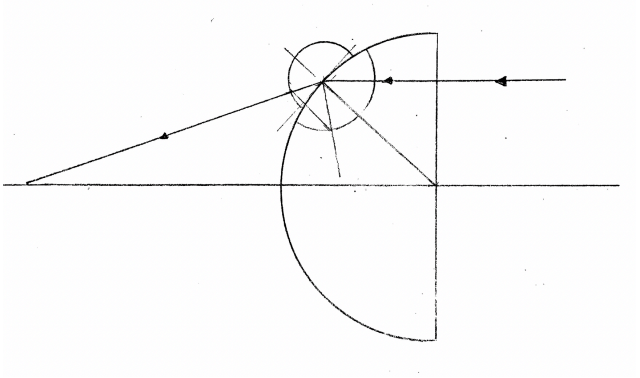
۵ نمودارها



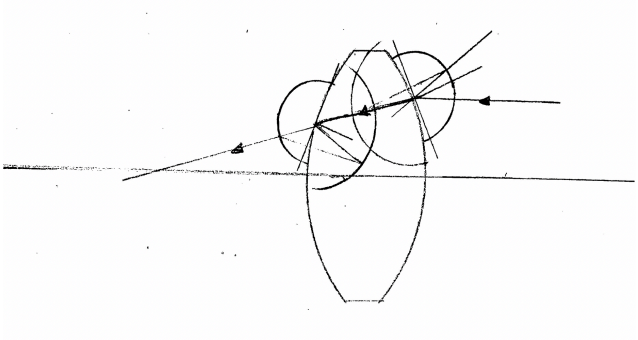
(آ) ترسیم قرص شفاف



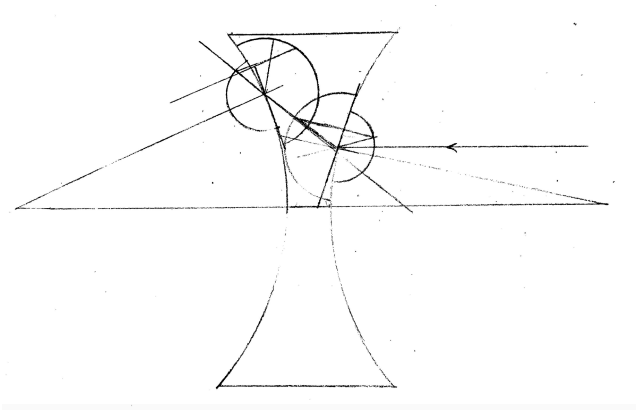
(ب) ترسیم نیم قرص شفاف (محدب ـ مسطح)



(آ) ترسیم نیم قرص شفاف (مسطح ـ محدب)



(ب) ترسیم عدسی محدب الطرفین



(آ) عدسی مقعر الطرفین

۶ خطا

در ازمایش‌های اول و چهارم و پنجم در روش ترسیم و آزمایش چون از رابطه ساده شده $f = \frac{1}{3-\frac{2}{n}}$ استفاده می‌کنیم پس خطا برابر است با

$$\Delta f = \frac{1}{3-\frac{2}{n}}\Delta a = 0.06cm \quad (۴)$$

اما در روش محاسبه خواهیم داشت:

$$\Delta f = \frac{\left(\frac{2}{R^2}+\frac{2(n-1)}{nR^2}\right)}{(n-1)^2\left(\frac{2}{R}+\frac{2(n-1)}{nR}\right)^2}\Delta R = 0.4cm \quad (۵)$$

در روش آزمایش، به علن پهنای پرتوهای نور، نمی‌توانیم دقیقا مشخص نماییم که در کجا به یکدیگر برخورد کرده‌اند. همچنین در روش ترسیم باید توجه کرد که هر چند از پرگار و وسایل ترسیم استفاده می‌شود ولی خطاهایی وجود دارد که در اثر خطای ترسیم‌کننده بوجود می‌آید. هر چند این روش دقیق‌تر به نظر می‌رسد.
در آزمایش‌های دوم و سوم در روش ترسیم و آزمایش از رابطه ساده شده $f = \frac{1}{2-\frac{1}{n}}$ استفاده می‌کنیم پس خطا برابر است با

$$\Delta f = \frac{1}{2-\frac{1}{n}}\Delta a = 0.07cm \quad (۶)$$

اما در روش محاسبه خواهیم داشت:

$$\Delta f = \frac{1}{n-1}\Delta R = 0.2cm \quad (۷)$$