

آزمایش بررسی انتشار، انعکاس و شکست نور

هدف: بررسی پدیده های مربوط به نورهندسی

وسایل آزمایش: پرتوافکن - ریل اپتیکی - دیسک نوری - پایه - گیره - ظرف آب - اسلایدهای مختلف

تئوری آزمایش

در مورد نحوه انتشار نور دو نظریه متفاوت تقریباً همزمان توسعه پیدا نمود. یکی نظریه ذره ای نیوتن و دیگری نظریه موجی هویگنس، با توجه به اینکه از سویی نظریه موجی نور پدیده های بیشماری از قبیل تداخل، پراش و ... را به خوبی توضیح می دهد و از سویی دیگر نظریه ذره ای آن بسیاری از پدیده های دیگر را به همان خوبی توجیه می کند، نتیجه می شود که در واقع برای توضیح همه پدیده های وابسته به نور باید از اصول علم مکانیک کوانتومی که مکانیک موجی نیز بخش جدا نشدنی آن می باشد، استفاده شود.

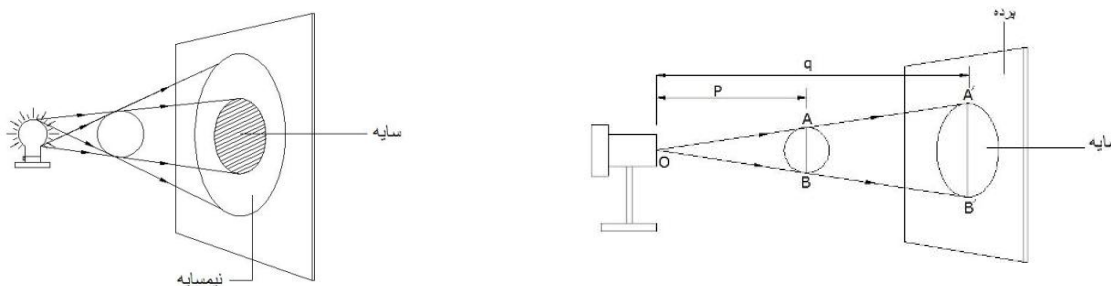
در مکانیک کوانتومی نور به صورت فوتون است و به آن ویژگی دوگانه نسبت داده می شود، بدین معنی که ضمن اینکه موجی است، متمرکز نیز می باشد، برای مثال وقتی نور در فضا پیش می رود، ویژگی موجی دارد و وقتی که با ماده اندرکنش می نماید، مثلاً از آن گسیل یا به وسیله آن جذب می گردد، ویژگی ذره ای خواهد داشت.

انتشار نور و تشکیل سایه و نیم سایه:

نور توسط منابع نوری که به گونه های مختلف عمل می کنند تولید می شود. بیشتر آنها منابع نوری گرم از قبیل شمع های مشتعل و سیم های برافروخته می باشند.

درباره نحوه انتشار نور و ماهیت آن همان گونه که اشاره کردیم، نظریه های متفاوتی وجود دارد که هریک از آنها برخی از مسائل و رفتار نور را توجیه می کند. دانشمندان از مدت ها پیش با توجه به پدیده های تجربی متفاوتی از قبیل تشکیل سایه، نیم سایه، ماه گرفتگی و خورشید گرفتگی دریافتند که نور در یک محیط همگن به خط مستقیم حرکت می کند. نحوه تشکیل سایه و نیم سایه با استفاده از یک منبع نور نقطه ای و گسترده مطابق شکل (۱) می باشد.

شکل (۱)



نحوه تشکیل تصویر در آینه ها:

بازتاب نور از روی اجسام به دو صورت است: الف) منظم، ب) نامنظم
در یک آینه به دلیل منظم بودن بازتاب نورها تصویر تشکیل می شود. شعاع نوری که بر روی سطح آینه می افتد با توجه به قوانین انعکاس از روی آن منعکس می شود. این قوانین برای آینه ها به شرح زیر می باشند:

۱- پرتو فرودی، خط عمود و پرتو بازتاب در یک صفحه قرار دارند.

۲- زاویه بازتاب β مساوی با زاویه تابش α می باشد.

با توجه به این قوانین تصویر در آینه تخت مجازی و در پشت آینه می باشد. سطح همه آینه ها تخت نیست بلکه بعضی ها دارای سطح انحنا دار هستند، (مانند آینه های رانندگی و یا تلسکوپ های آینه ای) در این نوع آینه ها، بسته به شکل مسطحشان تصاویر آینه ای تولید شده، بزرگتر و یا کوچکتر دیده می شوند. اگر انحنا به سمت بیرون باشد، محدب (کوژ) و اگر به سمت داخل باشد، آینه مقعر (کاو) است.

در این آینه ها با تابش نور موازی به آنها، امتداد پرتوهای بازتاب و یا خودپرتوهای بازتاب در یک نقطه به نام کانون جمع می گردند. اگر در این آینه ها فاصله جسم از آینه p و فاصله تصویر از آینه q باشد، خواهیم داشت:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$$

که در آن f برای آینه های مقعر و q برای تصویرهای مجازی (که از امتداد پرتوهای بازتاب تشکیل می شوند) با علامت منفی قید می شود.

شکست نور:

هرگاه نور از محیط شفاف وارد محیط شفاف دیگری با غلظت متفاوت شود، مسیر آن تغییر کرده و یا به عبارت دیگر شکست پیدا می کند، قواعد شکست نور عبارتند از:

۱- پرتو تابش و شکست و خط عمود بر سطح جدایی دو محیط در یک صفحه قرار دارند.

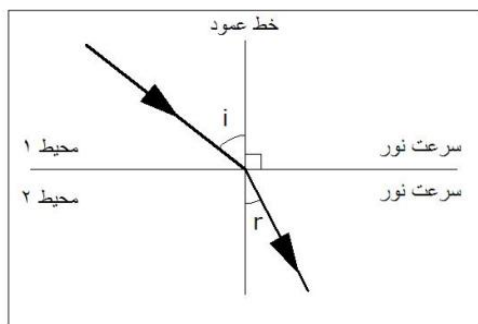
۲- اگر i زاویه پرتو تابش با خط عمود و r زاویه پرتو شکست با خط عمود باشد رابطه زیر برقرار است:

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r \rightarrow \frac{\sin i}{\sin r} = n_{21}$$

که n_1 و n_2 ضرایب شکست مطلق محیط های اول و دوم هستند، n_{21} ضریب شکست محیط دوم نسبت به محیط اول است. حال اگر یک محیط را خلاء فرض کنیم خواهیم داشت:

$$n_2 = \frac{c}{V_2} \quad \text{و} \quad n_1 = \frac{c}{V_1}$$

که V_1 و V_2 سرعت های نور در محیط هایی به ضریب شکست های n_1 و n_2 است.



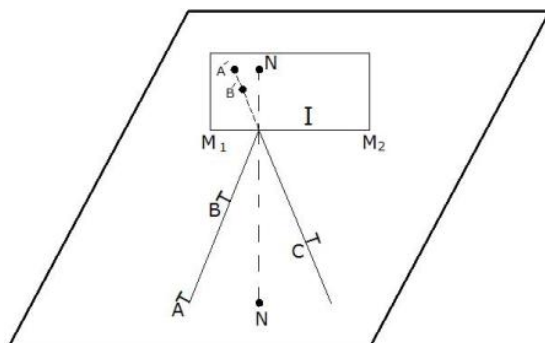
شکل (۲)

بنابراین ضریب شکست هر محیط، نسبت سرعت نور در خلاء به سرعت نور در محیط است. پس اگر نور از محیط رقیق وارد محیط غلیظ گردد، همواره شعاع شکست نسبت به امتداد شعاع تابش به خط عمود نزدیک می شود. ضریب شکست اجسام را معمولاً نسبت به خلاء و برای طول موج نور زرد سدیم $A^\circ 5890$ محاسبه می کنند. ضریب شکست بیشتر شیشه های معمولی که در دستگاه های نوری استفاده می شود، بین $1/46$ تا $1/96$ است.

روش آزمایش

الف) تشکیل سایه و نیم سایه: پرتوافکن را روی ریل اپتیکی قرار دهید و آن را روشن کنید، سپس عدسی همگرای $(+10)$ را روی ریل در محدوده $33-32$ سانتیمتر قرار دهید. حال پایه نگهدارنده اسلاید را در محدوده $53-52$ سانتیمتر قرار داده و اسلاید روزنه ریز را به نحوی بر روی آن قرار دهید تا تصویر فیلامان لامپ روی روزنه ریز قرار گیرد. صفحه تصویر را روی پایه صفحه تصویر قرار داده و آن را خارج از ریل در انتهای آن بگذارید. با قرار دادن جسم کدر در روی ریل سایه آن را روی صفحه تصویر تشکیل دهید. با استفاده از خط کش قطر روزنه را به دست آورید و با اندازه گیری فواصل بین روزنه و جسم کدر (p) و روزنه تا صفحه تصویر (q) و قطر جسم کدر (AB) قطر سایه $(A'B')$ را از رابطه $\frac{A'B'}{AB} = \frac{q}{p}$ محاسبه نمایید و نتیجه را با آنچه که اندازه گیری شده مقایسه نمایید. اکنون بدون حرکت دادن پایه اسلاید، روزنه ریز را برداشته و روزنه درشت را قرار دهید، در این حالت نیز سایه جسم کدر را بر روی صفحه تصویر مورد بررسی قرار داده و مشاهدات خود را بنویسید (قطر سایه، نیم سایه و غیره).

ب) بررسی قوانین بازتابش نور از آینه مسطح و انحراف بازتاب در اثر دوران آینه : برای بررسی قانون بازتاب نور از سطح آینه دو روش به کار می بریم، ابتدا استفاده از سنجاق، و سپس استفاده از دیسک نوری. در روش اول ابتدا یک کاغذ سفید روی میز آزمایشگاه بچسبانید. سپس آینه تخت را روی پایه های آن نصب کرده و به طور قائم روی صفحه کاغذ قرار داده و خط M_1M_2 را مطابق شکل زیر در امتداد لبه آینه رسم کنید. حال روی صفحه کاغذ خط مایل دلخواه AB را رسم کرده و در نقاط A و B دو سنجاق به طور قائم فرو کنید.



سپس به آینه طوری نگاه کنید که تصویرهای دو سنجاق A و B را برهم منطبق ببینید. سنجاق سوم را روی صفحه کاغذ درست در محلی فرو کنید که با تصویرهای دو سنجاق دیگر در یک امتداد دیده شوند. سنجاق ها را برداشته و خط AB را امتداد دهید تا خط M_1M_2 را در نقطه I قطع کند. سپس خطی از C به I رسم کنید، AI و IC را می توانید به منزله پرتوهای تابش و بازتابش اندازه گیری و نتیجه را یادداشت کنید.

در روش دوم، ابتدا پرتوافکن را روی ریل نوری قرار داده و روشن کنید، عدسی همگرا (+۱۰) را روی ریل قرار دهید (برای موازی کردن پرتوهای خروجی). سپس پایه دیسک نوری را روی ریل قرار داده و دیسک را روی آن سوار کنید (شیب پایه به سمت پرتوافکن). در نزدیکی دیسک پایه اسلاید را که روی آن اسلاید تک شکافی قرار داده شده، نصب کنید، و باریکه خروجی را روی عدد صفر دیسک منطبق کنید. مدل آینه تخت را مماس با خط عمود بر باریکه بر روی دیسک نوری قرار دهید در این حالت پرتوهای تابش و بازتابش بر هم منطبقند، با چرخاندن دیسک زاویه تابش و بازتابش را از روی درجات محیط دیسک بخوانید و نتیجه را برای چند زاویه تابش متفاوت یادداشت کنید. (از این مشاهدات چه نتیجه می گیرید؟)

اکنون برای بررسی اثر دوران آینه روی پرتو بازتاب، باریکه خروجی را روی صفر منطبق کنید و بدون اینکه دیسک بچرخد، آینه را بر یکی دیگر از خطوط دیسک (۳۰ یا ۶۰ درجه) مماس کنید، در این حالت به پرتو بازتاب توجه کنید. این پرتو چند درجه می چرخد، برای چند زاویه آزمایش را انجام دهید و نتیجه را فرمول بندی کنید.

این آزمایش را برای وجه های دیگر آینه های مختلف که آینه های مقعر و محدب می باشند انجام دهید.

ج) قرینه بودن جسم و تصویر در آینه تخت : تیغه شیشه ای را بر روی پایه قرار داده و به طور قائم بر روی سطح میز قرار دهید. سپس دو شمع مشابه را در جا شمعها قرار داده در طرفین تیغه شیشه ای قرار دهید و با متری که در اختیار دارید فاصله شمعها را از تیغه دقیقاً مساوی هم اختیار کنید. ضمناً محل شمعها را طوری اختیار کنید که وقتی به طور قائم در آینه نگاه می کنید هر دو شمع در یک امتداد دیده شوند. حال یکی از شمعها را روشن کنید و از همان طرف به صفحه شیشه ای نگاه کنید به طوری که شمع دیگر نیز روشن به نظر برسد. در این حال فواصل دو شمع از تیغه شیشه ای را اندازه گیری کرده و یادداشت کنید. سپس ترکیب موجود را به مسئول آزمایشگاه نشان دهید.

(د) بررسی چگونگی تشکیل تصاویر در آینه های متقاطع :

هریک ازدو آینه تخت را توسط یک پایه به طور قائم به نحوی قرار دهید که یکی از لبه های آنها با هم تماس پیدا کند. با استفاده از گونیا آینه ها را طوری قرار دهید که زاویه بین دو آینه ۹۰ درجه باشد. شمعی را مقابل دو آینه قرار دهید و تعداد تصاویر مشاهده شده را یادداشت کنید. این کار را برای زوایای ۳۰ و ۶۰ درجه نیز تکرار کنید و نتایج را با رابطه زیر مقایسه کنید.

$$\alpha = \text{زاویه بین دو آینه} \quad N = \frac{360}{\alpha} - 1 \quad (\text{تعداد تصاویر در دو آینه})$$

(ه) اندازه گیری فاصله کانونی آینه های خمیده با مدل آینه :

پرتوافکن را روی ریل قرار داده و روشن کنید، عدسی همگرا را نیز در مقابل آن روی ریل قرار دهید سپس دیسک نوری را روی ریل قرار داده و آینه کاو (مقعر) را به نحوی روی دیسک قرار دهید که رأس آینه (P) بر یکی از اعداد محورهای اصلی دیسک منطبق و بر آن عمود باشد. اکنون اسلاید تک شکافی در جلو دیسک روی پایه اش نصب کنید به طوری که پرتو تابشی به موازات محور اصلی دیسک قرار گیرد. محل برخورد پرتو بازتابش با محورا اصلی ، کانون حقیقی این آینه است (که معمولاً f می نامند). این فاصله را اندازه گیری و یادداشت نمایید. حال اسلاید سه شکافی را به جای تک شکاف قرار داده و پرتوهای خروجی را موازی محور آینه بتابانید. محل تقاطع بازتاب ها فاصله کانونی آینه است، که این بار نیز فاصله کانونی را اندازه گیری کرده و با مقدار قبلی مقایسه کنید.

برای اندازه گیری فاصله کانونی آینه محدب، ابتدا یک صفحه کاغذ نازک (به طوری که خطوط دیسک دیده شود) روی دیسک قرار دهید. سپس آینه محدب را روی دیسک قرار دهید به طوری که یکی از خطوط دیسک بر محور آن منطبق شود. حال اسلاید سه شکافی را طوری تنظیم کنید تا پرتو خروجی وسطی روی محور آینه قرار گیرد. پرتوهای بازتاب و محور آینه را بر روی کاغذ بامداد مشخص کنید. محل تقاطع آینه با محورش را نیز مشخص کنید (A). حال امتداد پرتوهای خروجی را که با مداد مشخص کرده اید، ادامه دهید تا محور اصلی را در نقطه ای قطع کنند. فاصله محل تقاطع امتداد پرتوهای بازتاب تا نقطه A را که فاصله کانونی آینه است اندازه گیری و یادداشت کنید.

(و) تعیین فاصله کانونی آینه مقعر با استفاده از خاصیت مرکزآینه: منبع نور را روشن کرده و روی ریل قرار دهید،

سپس عدسی همگرای (۱۰+) را در مقابل پرتوافکن روی ریل نصب کنید. پایه اسلاید را که روی آن اسلاید پیکان قرار دارد در نزدیک ترین فاصله از عدسی روی ریل قرار دهید. سپس صفحه تصویر را روی پایه نصب نموده و در خارج ریل در کنار اسلاید طوری مقابل آینه قرار دهید تا فاصله آن از آینه با فاصله اسلاید دقیقاً برابر شود. آینه مقعرا روی ریل آن قدر جابجا کنید تا پرتوهای خروجی از آینه، تصویر واضح و معکوسی از پیکان روی صفحه تصویر تشکیل دهند. در این حالت نصف فاصله اسلاید پیکان تا آینه فاصله کانونی است. نسبت طول جسم به طول تصویر در این حالت چقدر می باشد؟ در این آزمایش اسلاید پیکان در چه مکانی نسبت به آینه قرار دارد؟

(ز) چگونگی تشکیل تصویر در آینه های کروی: ابتدا پرتوافکن را روشن کرده روی ریل قرار دهید سپس عدسی ۱۰+ را

برای موازی سازی پرتوهای خروجی مقابل آن نصب کنید. اسلاید پیکان را در نزدیک ترین فاصله از عدسی نصب کنید و آینه را

در مقابل آن قرار دهید تا تصویر پیکان روی آینه قرار گیرد. صفحه تصویر را به وسیله پایه اش در خارج ریل طوری قرار دهید تا امکان تشکیل تصویر پیکان روی آن میسر گردد. سپس با تغییر مکان آینه و صفحه تصویر حالات مختلف تصویر را در آینه مقعر مطالعه کنید. در تمام حالات فاصله جسم از آینه و فاصله تصویر از آینه را اندازه گیری کرده و جدول (۱) را پر کنید. سپس آینه مقعر را برداشته و آینه محدب را قرار دهید. وضعیت تشکیل تصویر در این آینه را نیز تحقیق کنید.

محل جسم	محل تصویر	بزرگی تصویر نسبت به جسم	مستقیم یا معکوس بودن تصویر	حقیقی بودن یا مجازی بودن تصویر	فاصله جسم از آینه (p)	فاصله تصویر از آینه (q)	بزرگنمایی $m = \frac{q}{p}$
دورتر از مرکز							
روی مرکز							
بین مرکز و کانون							
روی کانون							
بین کانون و رأس							

جدول (۱)