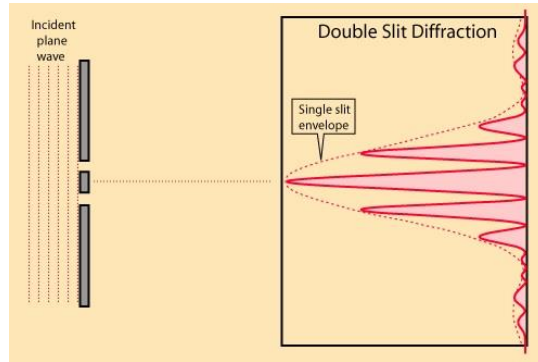


آزمایش (۱۰)

پراش از تک شکاف و دو شکاف و بررسی اصل عدم قطعیت :

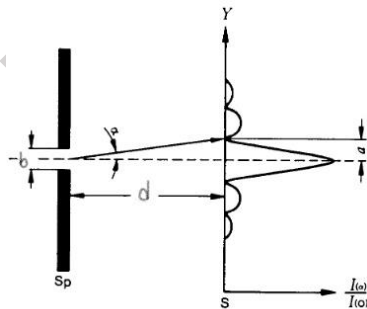


مبانی نظری آزمایش:

یک باریکه ی نور همدوس را در نظر بگیرید. این نور می تواند مثلاً یک پرتوی لیزر He-Ne باشد. این پرتو را روی پرده ای می اندازیم. مشاهده می کنیم که پرتو به همان شکل اصلی و فقط با اندکی گشودگی و پهن شدگی نسبت به اندازه اصلی بر روی پرده نمایان می شود.

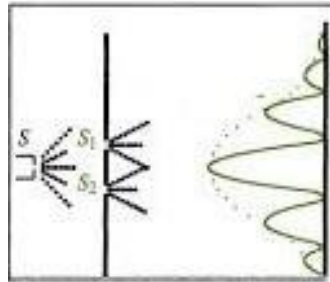
حال یک شکاف را سر راه لیزر قرار می دهیم اگر نمودار پراش را بر حسب شدت رسم کنیم، مشاهده می کنیم که بیشتر شدت نور در مرکز و مقابل شکاف تجمع یافته و با دور شدن از مرکز بیشه های تداخلی دیگر در دو طرف به صورت قرینه اما با شدت کمتر منتشر شده اند.

نمودار پراش از یک شکاف را می توانید در شکل زیر ملاحظه نمایید.



شکل ۱-۱۰: طرح واره ای از چگونگی تشکیل طرح پراش از تک شکاف

حال بیابید این بار آزمایش را با دو شکاف مشابه و با فاصله کم از هم تکرار کنیم. نتیجه‌ی حاصل از، پراش از دو شکاف را می‌توانید در شکل زیر ملاحظه نمایید. همانطور که در شکل ملاحظه می‌کنید، در پراش از دو شکاف تعداد فریزهای تداخلی افزوده می‌شود، اما این فریزهای افزوده شده در پوش نمودار تک شکاف قرار می‌گیرند و در واقع می‌توان گفت که فریزهای پراش از دو شکاف در فریزهای پراش از تک شکاف مدوله شده‌اند.



شکل ۲-۱۰: طرح وارده‌ای از چگونگی تشکیل طرح پراش از دو شکاف

روابط حاکم بر آزمایش:

اگر دسته موازی از نور با طول موج λ به تک شکافی با پهنای b بتابد؛ شدت نور حاصل از پراش از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$I(\phi) \propto b^2 \cdot \frac{\sin^2\left(\frac{\pi}{\lambda} b \sin \phi\right)}{\left(\frac{\pi}{\lambda} b \sin \phi\right)^2} \quad (1)$$

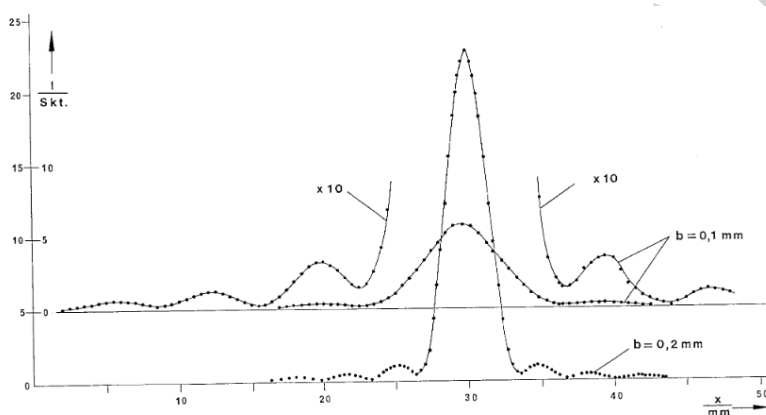
نقاط مینیمم شدت از رابطه (2) و نقاط ماکزیمم شدت از رابطه (3) به دست می‌آیند:

$$\sin \phi_k = \frac{k\lambda}{b} \quad (k=1,2,3,\dots) \quad (2)$$

$$\sin \phi_k = \left(\frac{2k+1}{2}\right) * \frac{\lambda}{b} \quad (k = 1,2,3,\dots) \quad (3)$$

از روابط (۱) و (۳) داریم :

$\sin(\phi)=0$	$I_0 \propto b^2$	شدت ماکزیمم مرکزی
$\sin(\phi)=\frac{3}{2} \lambda/b$	$I_1 \propto 0.045 I_0$	شدت اولین پیک
$\sin(\phi)=\frac{5}{2} \lambda/b$	$I_2 \propto 0.016 I_0$	شدت دومین پیک



شکل ۳-۱۰: مقایسه طرح پراش ایجاد شده توسط دو تک شکاف با پهنای $b=0.2 \text{ mm}$ و $b=0.1 \text{ mm}$

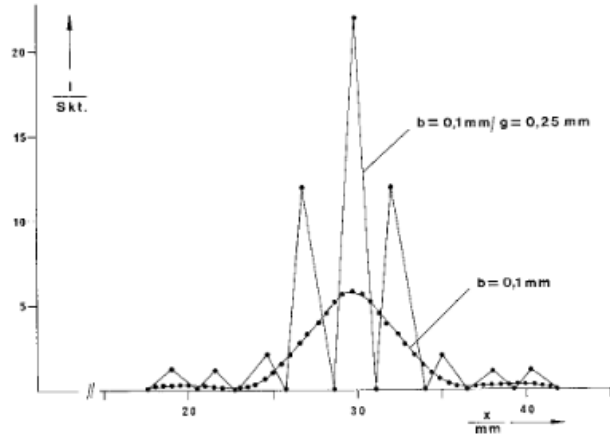
اگر دسته موازی از نور با طول موج λ به تیغه چند شکافی با تعداد N شکاف و پهنای b و فاصله g بتابد؛ شدت نور حاصل از پراش از رابطه زیر به دست می آید:

$$I(\phi) \propto b^2 \cdot \frac{\sin^2\left(\frac{\pi}{\lambda} b \sin \phi\right)}{\left(\frac{\pi}{\lambda} b \sin \phi\right)^2} \cdot \frac{\sin^2\left(\frac{N\pi}{\lambda} g \sin \phi\right)}{\sin^2\left(\frac{\pi}{\lambda} g \sin \phi\right)} \quad (4)$$

در حالت دو شکاف؛ ماکزیمم ها و مینیمم ها در مکانهای زیر به دست می آیند:

$$\text{MIN : } \sin \phi = \frac{2h+1}{2} \cdot \frac{\lambda}{g} \quad h = (0,1,2,3,\dots) \quad (5)$$

$$\text{MAX : } \sin \phi = \frac{h\lambda}{g} \quad h = (0,1,2,3,\dots) \quad (6)$$



شکل ۴-۱۰: مقایسه طرح پراش از تک شکاف با پهنای $b=0.1 \text{ mm}$ و دو شکاف با پهنای $b=0.1 \text{ mm}$ و فاصله $g=0.25 \text{ mm}$

همانطور که در شکل ۲ مشاهده می شود؛ در طرح پراش دو شکاف ماکزیمم و مینیمم های اضافی در طرح مرکزی ایجاد شده است. تعداد این ماکزیمم ها و مینیمم ها به فاصله دو شکاف بستگی دارد.

در طرح پراش تک شکاف با پهنای b پهنای ماکزیمم مرکزی از رابطه $\frac{2\lambda}{b}$ تبعیت می کند.

از طرفی فاصله دو مینیمم متوالی در طرح پراش دو شکاف با پهنای b و فاصله g از رابطه $\frac{\lambda}{g}$ به دست می آید.

بنابراین می توان تعداد ماکزیمم های دو شکاف را به صورت زیر به دست آورد:

$$\frac{\frac{2\lambda}{b}}{\frac{\lambda}{g}} = \frac{2g}{b} \quad (7)$$

اصل عدم قطعیت:

اصل عدم قطعیت توضیح می دهد که کمتهای دو گانه مانند مکان و اندازه حرکت به طور دقیق در یک زمان قابل محاسبه نیستند. برای مثال یک فوتون که احتمال حضور آن با تابع f_y و اندازه حرکت آن f_p تعریف می شود؛ را فرض کنید. برای این فوتون عدم قطعیت مکان Δy و اندازه حرکت P توسط نامساوی زیر تعریف می شود:

$$\Delta y * \Delta P \geq \frac{h}{2\pi} \quad h=6.6262*10^{-34} \text{ Js} \quad (8)$$

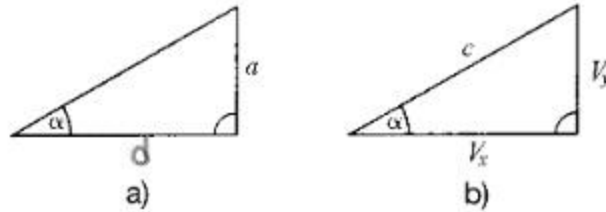
برای یک فوتون که از یک تک شکاف با پهنای b عبور می کند

$$\Delta y = b$$

(9)

می باشد. فوتون قبل از رسیدن به شکاف فقط در راستای عمودی به سمت شکاف حرکت می کند. ولی پس از عبور از تک شکاف در راه رسیدن به پرده در راستای افقی نیز حرکت می کند.

چگالی احتمال برای مولفه سرعت v_y ؛ بوسیله توزیع شدت طرح پراش به دست می آید.



شکل ۵: طرح هندسی پراش از تک شکاف (a) عبور نور (b) مولفه های سرعت فوتون

ما از اولین مینیمم برای تعریف عدم قطعیت سرعت استفاده می کنیم. (مطابق شکل ۱ و شکل ۵)

$$\Delta v = c \cdot \sin \alpha \quad \alpha: \text{زاویه اولین مینیمم} \quad (10)$$

بنابراین عدم قطعیت اندازه حرکت از رابطه زیر به دست می آید:

$$\Delta p_y = m \cdot c \cdot \sin \alpha \quad (11)$$

m جرم فوتون و c سرعت نور می باشد.

اندازه حرکت و طول موج یک ذره به صورت رابطه زیر به یکدیگر وابسته هستند:

$$\frac{h}{\lambda} = P = m \cdot c \quad (12)$$

بنابراین خواهیم داشت:

$$\Delta P_Y \frac{\lambda}{h} = \sin \alpha \quad (13)$$

و چون α زاویه اولین مینیمم می باشد؛ از رابطه (2) خواهیم داشت:

$$\sin \alpha = \frac{\lambda}{b} \quad (14)$$

پس با ترکیب روابط (9) و (13) و (14) داریم:

$$\Delta y \cdot \Delta P_Y = h \quad (15)$$

هر چقدر پهنای شکاف Δy کمتر شود؛ اولین مینیمم طرح پراش در زاویه α بزرگتری ایجاد خواهد شد. طبق شکل 5a داریم:

$$\tan \alpha = \frac{a}{d} \quad (16)$$

با قراردادن رابطه (16) در رابطه (13) خواهیم داشت:

$$\Delta P_Y = \frac{h}{\lambda} \cdot \sin(\arctan \frac{a}{d}) \quad (17)$$

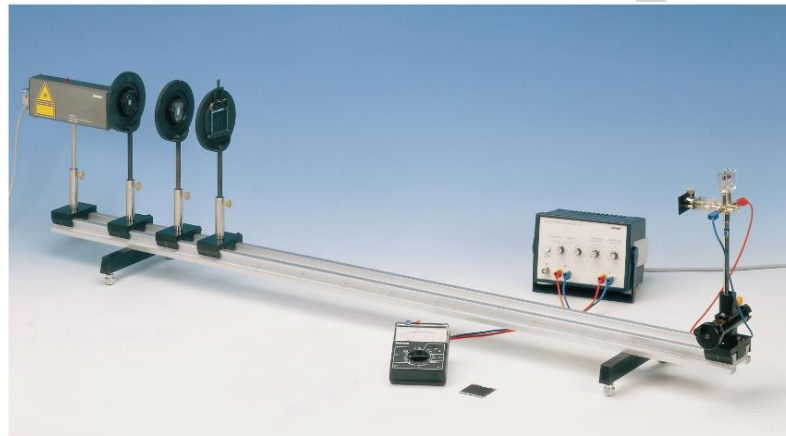
و با استفاده از روابط (9) و (17) به دست می آوریم:

$$\frac{b}{\lambda} \sin(\arctan \frac{a}{d}) = 1 \quad (18)$$

روش انجام آزمایش:

آزمایش اول: طرح پراش تک شکاف

ابتدا وسایل انجام آزمایش را مطابق شکل (۶) بر روی میز قرار میدهیم. (به مکان دقیق قرار گیری اجزا بر روی ریل دقت نمایید)



شکل ۶-۱۰: نمای کلی از نحوه قرار گیری اجزا آزمایش (لیزر در روی 2.5 cm و عدسی $f/20\text{mm}=14\text{ cm}$ و عدسی $f/100\text{mm}=27\text{cm}$ و پایه اسلاید روی 32.5 cm و فوتوسل بر روی 138 cm قرار میگیرد)

حال تک شکاف با پهنای 0.2 mm را بر روی پایه اسلاید قرار دهید و با استفاده از پیچ ریز سنج تعبیه شده در زیر پایه فوتوسل بر روی طرح پراش حرکت کرده و شدت نور در نقاط مختلف طرح پراش را با استفاده از ولت متر بخوانید و در جدول ۱ یادداشت نمایید. (دقت کنید نقطه شروع خواندن را از یک طرف طرح و از سومین مینیمم آغاز نمایید و تا نقطه قرینه آن در طرف دیگر ادامه دهید) (فواصل خواندن شدت به دلخواه می باشد)

خواسته ها:

۱- با استفاده از اطلاعات ثبت شده برای تک شکاف نمودار طرح پراش را به صورت شدت بر حسب فاصله رسم نمایید.

۲- مقادیر ماکزیمم های شدت را در طرح پراش به دست آمده در آزمایش را با مقادیر تئوری مقایسه نمایید.

آزمایش دوم: طرح پراش دو شکاف

تک شکاف را برداشته و دو شکاف با پهنای 0.2mm و فاصله 0.25mm را مقابل لیزر قرار میدهم.

مجدداً با استفاده از پیچ ریز سنج زیر پایه فوتوسل بر روی طرح پراش ایجاد شده حرکت کرده و برای هر نقطه؛ شدت نور رسیده به فوتوسل را؛ مطابق نکات ذکر شده در قسمت قبل؛ در جدول ۲ یادداشت نمایید.

خواسته ها:

- ۱- با استفاده از اطلاعات ثبت شده برای دو شکاف نمودار طرح پراش را به صورت شدت بر حسب فاصله رسم نمایید. (سعی کنید این نمودار را با نمودار تک شکاف با همین پهنای در یک جا رسم نمایید)
- ۲- نسبت شدت پیک مرکزی در تک شکاف و دو شکاف را به دست آورید. تحقیق کنید آیا رابطه منطقی بین این نسبت و تعداد شکافها وجود دارد؟

آزمایش سوم: بررسی اصل عدم قطعیت

اسلاید تک شکافها را در جای خود قرار دهید برای هر کدام از تک شکافها مکان اولین مینیمم را به دست آورده و در جدول ۳ یادداشت نمایید.

خواسته ها:

جدول ۳ را کامل کرده و اصل عدم قطعیت را بررسی نمایید.

جدول ۳

پهنای شکاف	اولین مینیمم		$\frac{b}{\lambda} \cdot \sin(\arctan \frac{a}{d})$
	b(mm)	d(mm)	

آزمایشگاه فیزیک