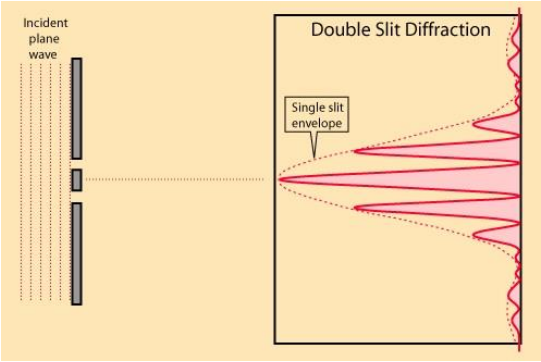
آزمایش (10)

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



وسایل مورد نیاز:

لیزر هلیوم – نئون

عدسی با فاصله کانونی 20 میلیمتر

عدسی با فاصله کانونی 100 میلیمتر

پایه اسلایدی

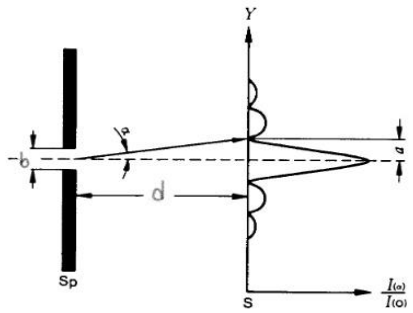
مولتی متر

فتوسل

مبانی نظری آزمایش:

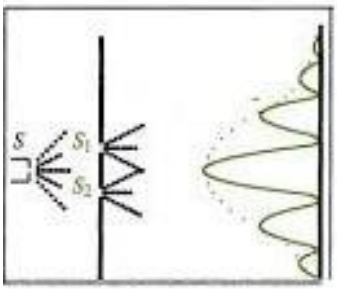
یک باریکه ی نور همدوس را در نظر بگیرید . این نور می تواند مثلا یک پرتوی لیزر He-Ne باشد . این پرتو را روی پرده ای می اندازیم . مشاهده می کنیم که پرتو به همان شکل اصلی و فقط با اندکی گشودگی و پهن شدگی نسبت به اندازه اصلی بر روی پرده نمایان می شود.

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 بیشنه 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 1-10: طرح واره ای از چگونگی تشکیل طرح پراش از تک شکاف

حال بیایید این بار آزمایش را با دو شکاف مشابه و با فاصله کم از هم تکرار کنیم . نتیجه ی حاصل از ، پراش از دو شکاف را می توانید در شکل زیر ملاحظه نمایید . همانطور که در شکل نشان داده شده ، در پراش از دو شکاف تعداد فریز های تداخلی افزوده می شود ، اما این فریز های افزوده شده در پوش نمودار تک شکاف قرار می گیرند و در واقع می توان گفت که فریز های پراش از دو شکاف در فریز های پراش از تک شکاف مدوله شده اند.



شکل 2-10: طرح واره ای 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 می آید:

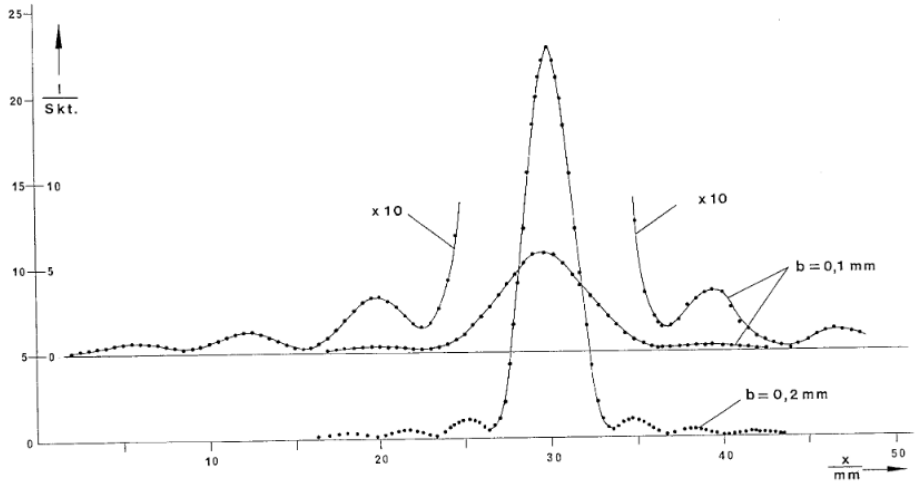
$$I(\phi) \propto b^2 . \frac{sin^2(\frac{\pi}{\lambda} * b \sin\phi)}{(\frac{\pi}{\lambda} * b \sin\phi)^2} \qquad (1-10)$$

نقاط مینیمم شدت از رابطه 2-10 و نقاط ماکزیمم شدت از رابطه 3-10 به دست می آیند :

$$\sin \phi_k = \frac{k\lambda}{b} \qquad (k=1,2,3,...) \qquad (10-2)$$

$$\sin \phi_k = (\frac{2k+1}{2}) * \frac{\lambda}{b} \qquad (k=1,2,3,...) \qquad (10-3)$$

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



شکل 3-10: مقایسه طرح پراش ایجاد شده توسط دو تک شکاف با پهنای b=0.1 mm و b=0.2 mm

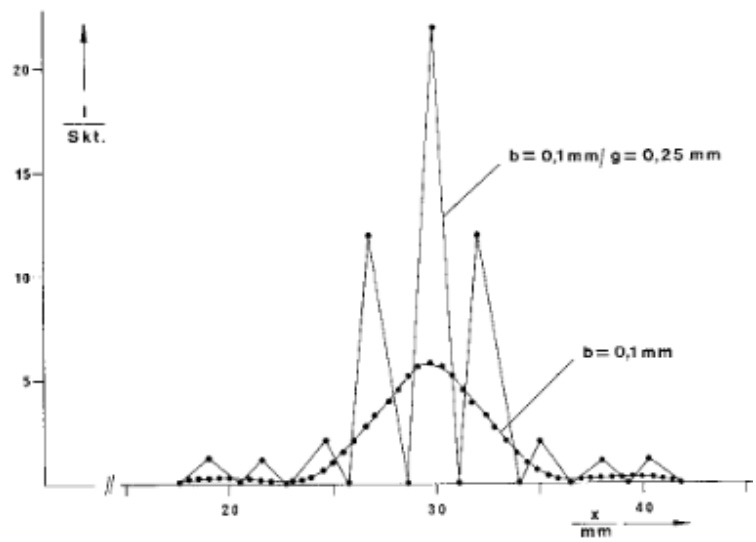
حال اگر دسته موازی از نور با طول موج λ به تیغه چند شکافی با تعداد N شکاف و پهنای b و فاصله g بتابد ؛ شدت نور حاصل از پراش از رابطه زیر به دست می آید:

$$I(\phi) \propto b^2 \cdot \frac{\sin^2(\frac{\pi}{\lambda} * b \sin\phi)}{(\frac{\pi}{\lambda} * b \sin\phi)^2} \cdot \frac{\sin^2(\frac{N\pi}{\lambda} * g * \sin\phi)}{\sin^2(\frac{\pi}{\lambda} * g * \sin\phi)} \qquad (10\text{–}4)$$

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

$$\text{MIN}: \quad \sin\phi = \frac{2h+1}{2} \cdot \frac{\lambda}{g} \qquad h = (0,1,2,3,\ldots) \qquad (10\text{–}5)$$

$$\text{MAX}: \quad \sin\phi = \frac{h\lambda}{g} \qquad h = (0,1,2,3,\ldots) \qquad (10\text{–}6)$$



شکل 4-10 : مقایسه طرح پراش از تک شکاف با پهنای **b=0.1 mm** ***و دو شکاف با پهنای*** **b=0.1 mm** ***و فاصله*** **g= 0.25 mm**

همانطور که در شکل 10-4 مشاهده می شود ؛ در طرح پراش دو شکاف ماکزیمم و مینمم های اضافی در طرح مرکزی ایجاد شده است.تعداد این ماکزیمم ها و می نیمم 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.

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

$$=\frac{2g}{b}\frac{\frac{2\lambda}{b}}{\frac{\lambda}{g}} \qquad (10\text{-}7)$$

اصل عدم قطعیت:

اصل عدم قطعیت توضیح می دهد که کمیتهای 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 y و اندازه حرکت P توسط نامساوی زیر تعریف می شود :

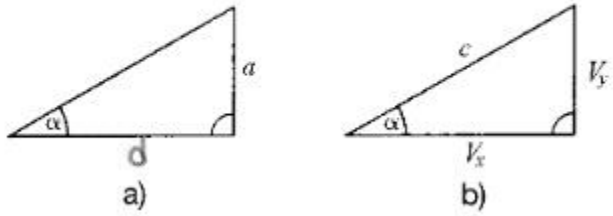
$$\Delta y * \Delta P \geq \frac{h}{2\pi} \qquad h=6.6262*10^{-34} \ \ Js \qquad (10\text{–}8)$$

برای یک فوتون که از یک تک شکاف با پهنای b عبور می کند ، رابطه زیر برقرار است:

$$\Delta y = b \qquad (10\text{–}9)$$

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 : 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 1 و شکل 5)

$$\Delta v = c.sin\alpha \qquad \alpha \text{ زاویه اولین مینمم :} \qquad (10\text{–}10)$$

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

$$\Delta p_y = m.c.sin\alpha \qquad (10-11)$$

m جرم فوتون و c سرعت نور می باشد.

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

$$\frac{h}{\lambda}=P=m.c \qquad (10-12)$$

بنابراین خواهیم داشت:

$$\Delta P_Y \frac{\lambda}{h}=\sin \alpha \qquad (10-13)$$

و چون α زاویه اولین مینیمم می باشد ؛ از رابطه (10-2)خواهیم داشت:

$$\text{Sin}\alpha=\frac{\lambda}{b} \qquad (10-14)$$

پس با ترکیب روابط (10-9) و (10-13) و (10-14) داریم :

$$\Delta y.\Delta P_y=h \qquad (10-15)$$

هر چقدر پهنای Δy شکاف کمتر شود ؛ اولین مینیمم طرح پراش در زاویه α بزرگتری ایجاد خواهد شد.

طبق شکل 5a داریم :

$$\text{Tan } \alpha=\frac{a}{d} \qquad (10-16)$$

با قراردادن رابطه (10-16)در رابطه (10-13) خواهیم داشت :

$$\Delta P_Y=\frac{h}{\lambda}.\sin(\arctan\frac{a}{d}) \qquad (10-17)$$

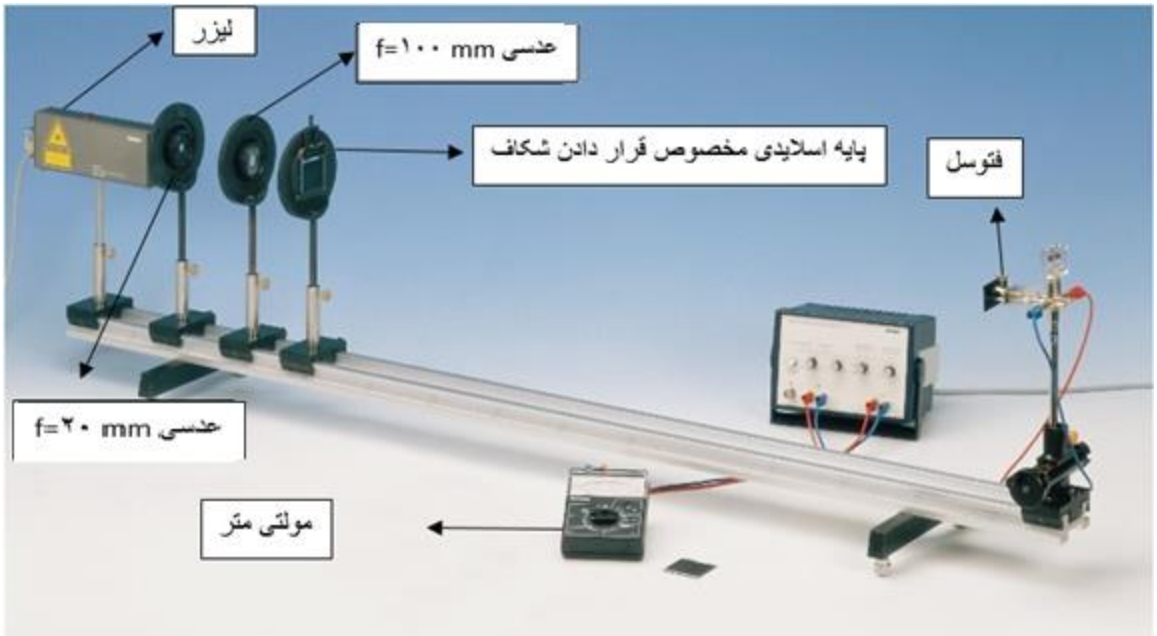
و با استفاده از روابط (10-9) و (10-17) به دست می آوریم :

$$\frac{b}{\lambda} \sin(\arctan\frac{a}{d})=1 \qquad (10-18)$$

روش انجام آزمایش:

آزمایش اول: طرح پراش تک شکاف

ابتدا وسایل انجام آزمایش را مطابق شکل (10-6) بر روی میز قرار میدهیم. (به مکان دقیق قرار گیری اجزا بر روی ریل دقت نمایید)



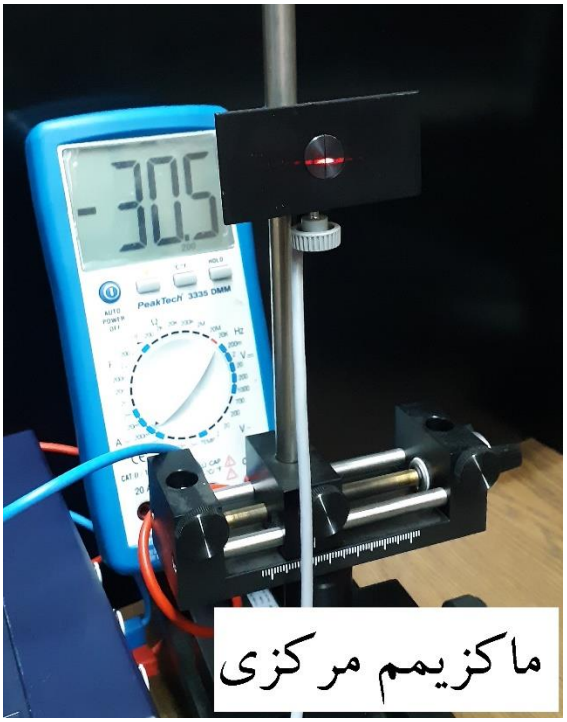
شکل 6-10: نمای کلی از نحوه قرار گیری اجزا آزمایش(لیزر در روی 2.5 cm و عدسی f/20mm=14 cm و عدسی f/100mm=27cm و پایه اسلاید روی 32.5 cm و فوتوسل بر روی 138 cm قرار میگیرد)

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 10-1 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:

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

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



شکل شماره10-7 : تصویر سمت چپ ماکزیمم مرکزی را نشان می دهد که بر روی فوتوسل تنظیم شده. تصویر سمت راست اولین مینمم بر روی فوتوسل تنظیم شده.

آزمایش دوم: طرح پراش دو شکاف

تک شکاف را برداشته و دوشکاف با پهنای 0.2mm و فاصله 0.25mm را مقابل لیزر قرارمیدهیم.

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 10-2 یادداشت نمایید.

شکل 10-8 : تصویر پراش دوشکاف بر روی فوتوسل

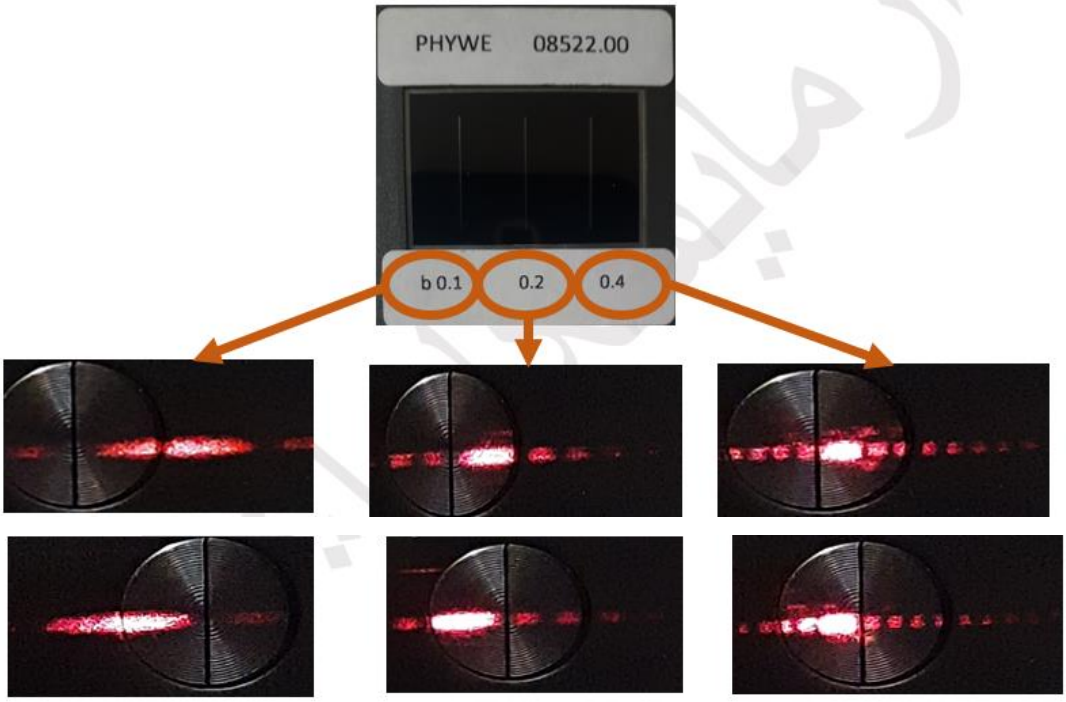
خواسته ها:

1- 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 پهنا در یک جا رسم نمایید)

2- 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 در دو طرف ماکزیمم مرکزی، به دست آورده و در جدول10-3 یادداشت نمایید.



خواسته ها :

جدول 10-3 را کامل کرده و اصل عدم قطعیت را بررسی نمایید.

بسمه تعالی

آزمایشگاه اپتیک

جدولهای آزمایش 10

جدول 10-1

X(mm)	I(mA)	X(mm)	I(mA)	X(mm)	I(mA)

جدول 10-2

X(mm)	I(mA)	X(mm)	I(mA)	X(mm)	I(mA)

جدول 10-3

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