

دستور کار آموزش مجازی آزمایشگاه اپتیک

آزمایش ۵: تداخل

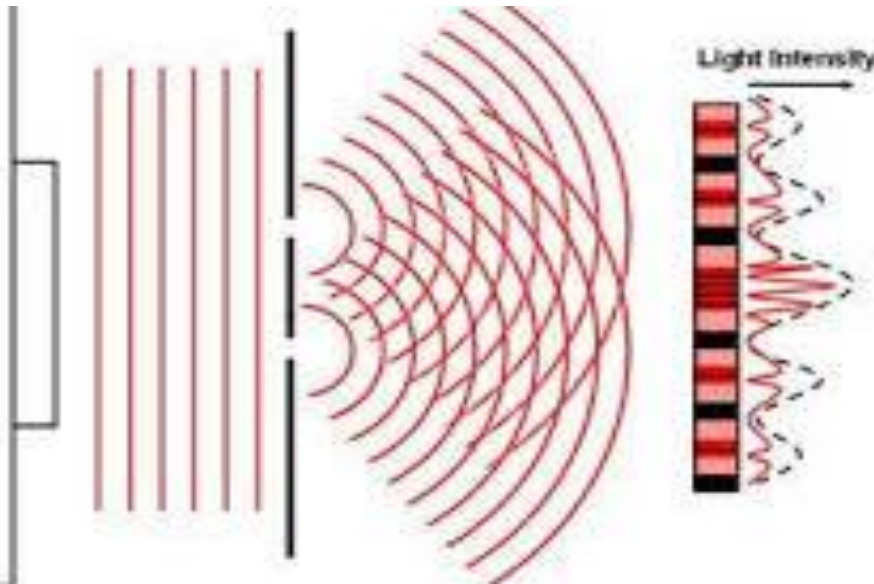
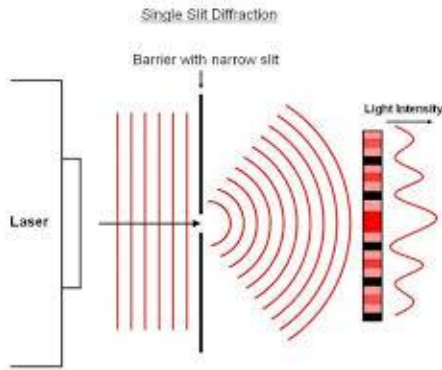
هدف آزمایش:

اندازه گیری عرض و فاصله بین دو شکاف

پروژه: اندازه گیری فاصله شیارهای CD

وسایل آزمایش:

لیزر، اسلاید دو شکافی، پرده، پایه، متر، خط کش و کولیس



دکتر سید محمد باقر قریشی.

رسم تغییرات میدان و شدت

$$E_R = \frac{E_L b \sin \beta}{r_0 \beta}$$

$$I = I_0 \left(\frac{\sin^2 \beta}{\beta^2} \right) \equiv I_0 \text{sinc}^2(\beta)$$

$$\beta = \frac{1}{2}(kb \sin \theta)$$

محل کمینه ها روی پرده
(صفرهای شدت)

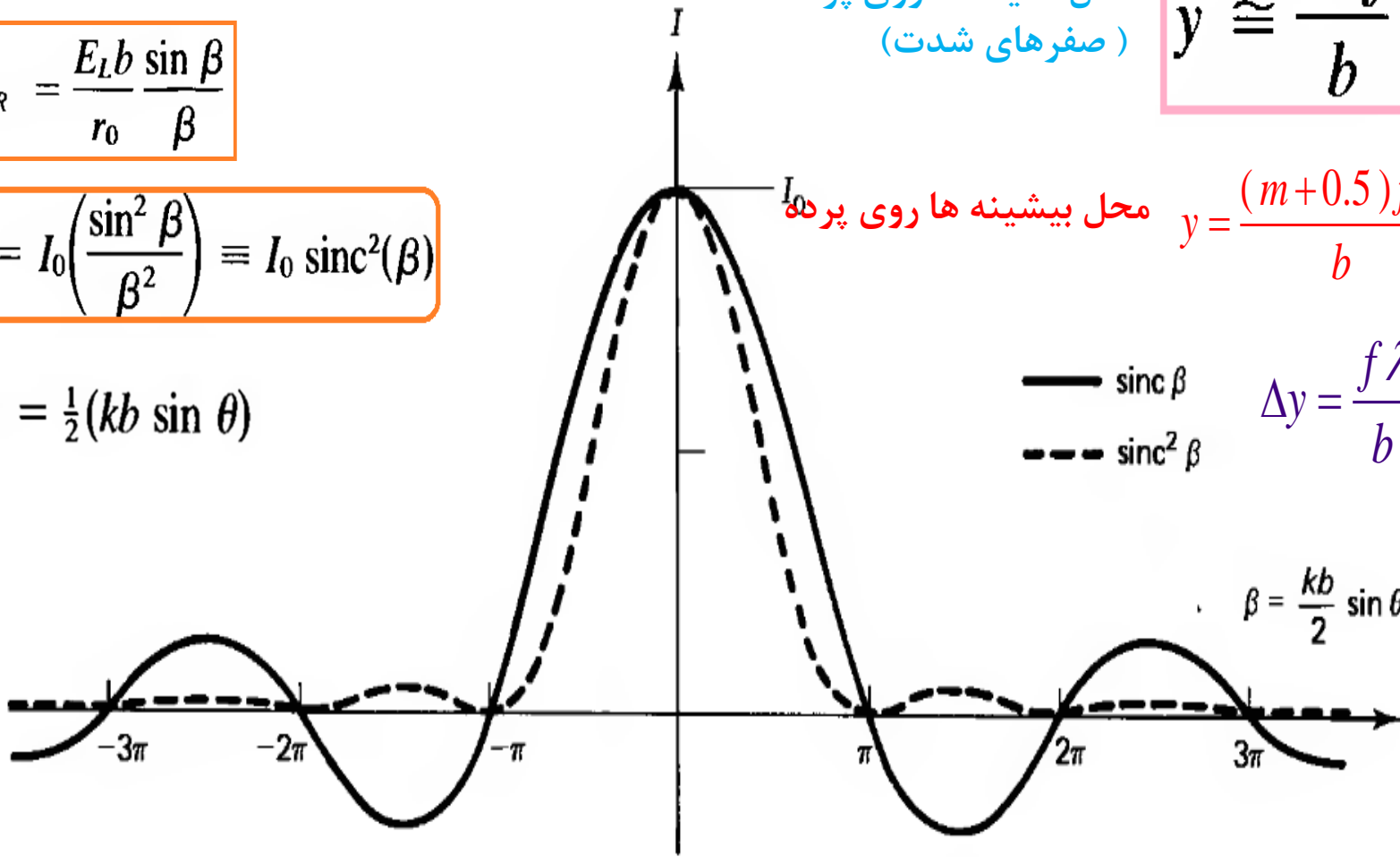
$$y \approx \frac{m\lambda f}{b}$$

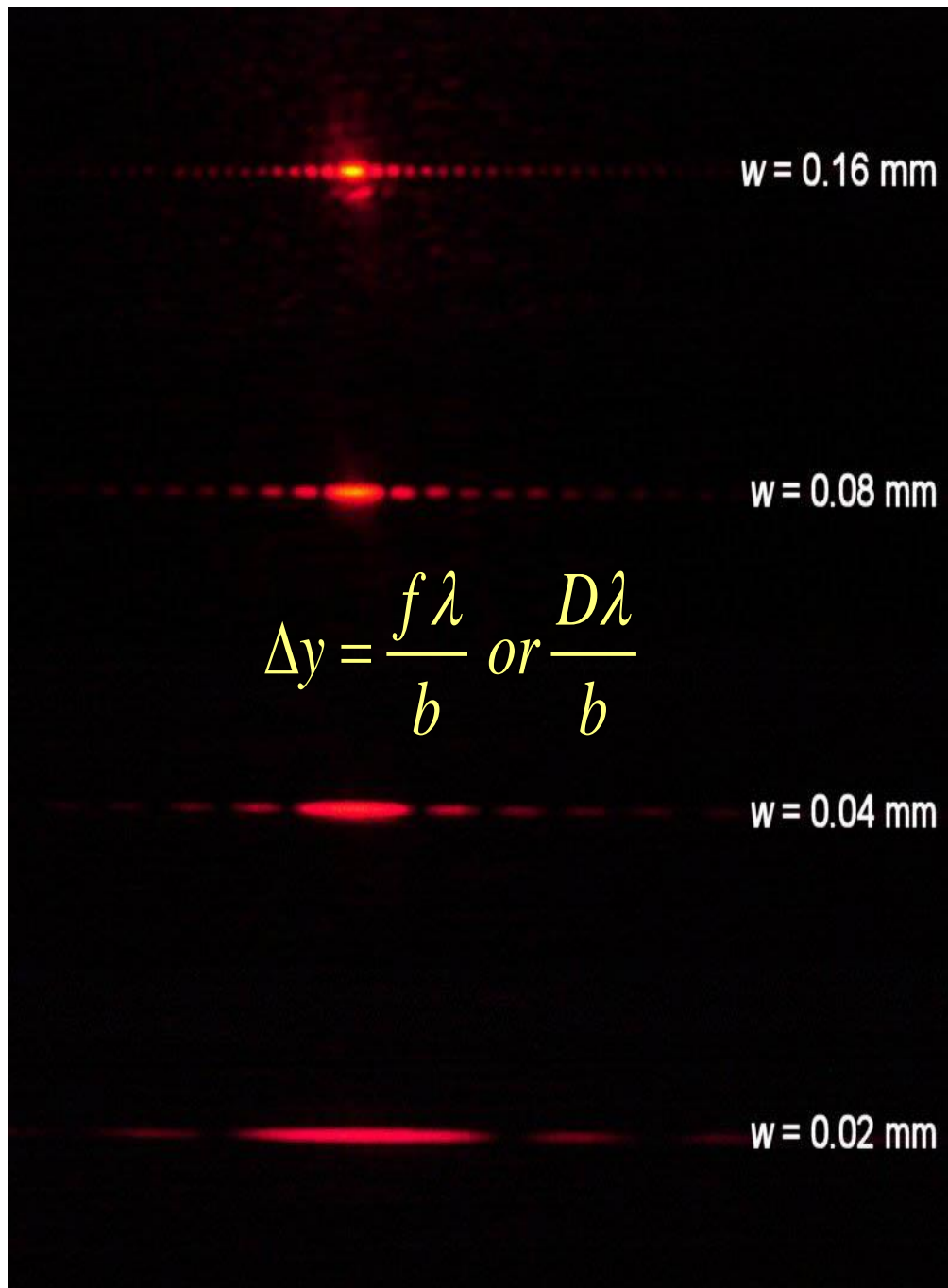
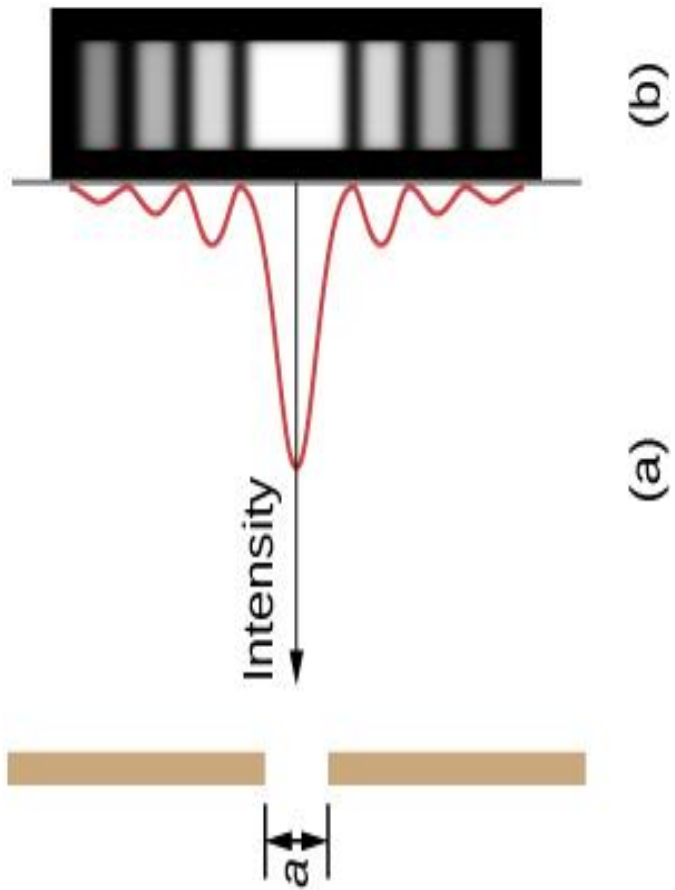
محل بیشینه ها روی پرده
 $y = \frac{(m+0.5)f\lambda}{b}$

— sinc β
- - - sinc² β

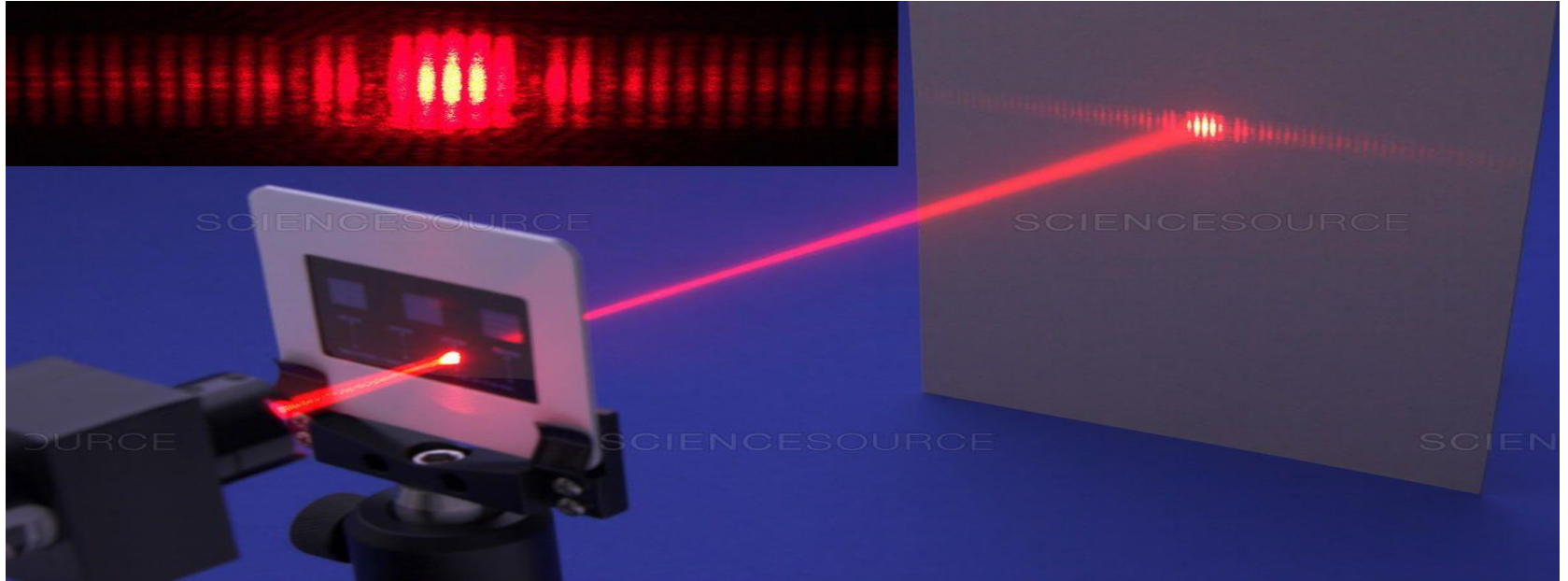
$$\Delta y = \frac{f\lambda}{b} \text{ or } \frac{D\lambda}{b}$$

$$\beta = \frac{kb}{2} \sin \theta$$





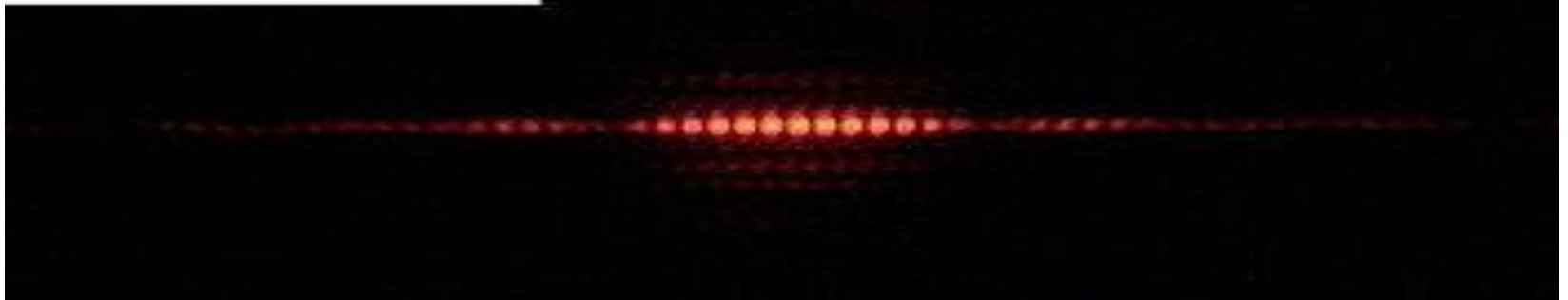
$$\Delta y = \frac{f \lambda}{b} \text{ or } \frac{D \lambda}{b}$$



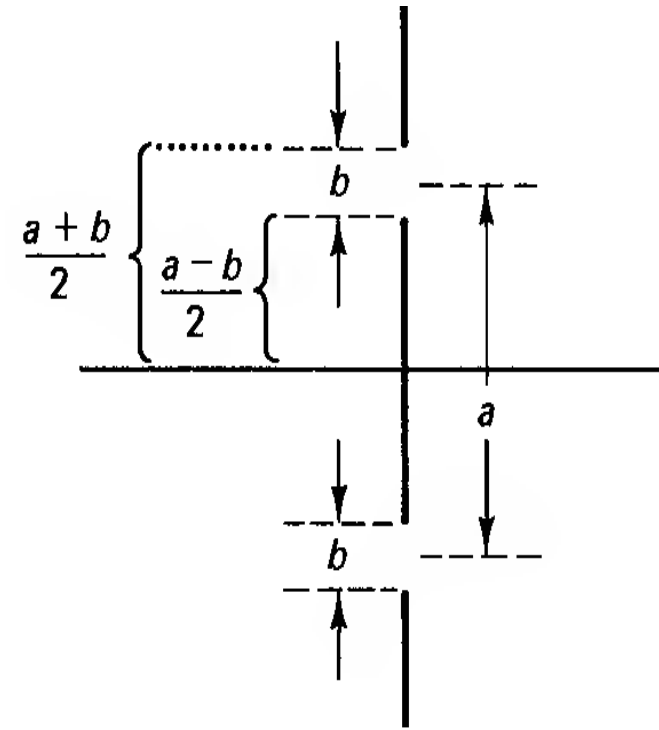
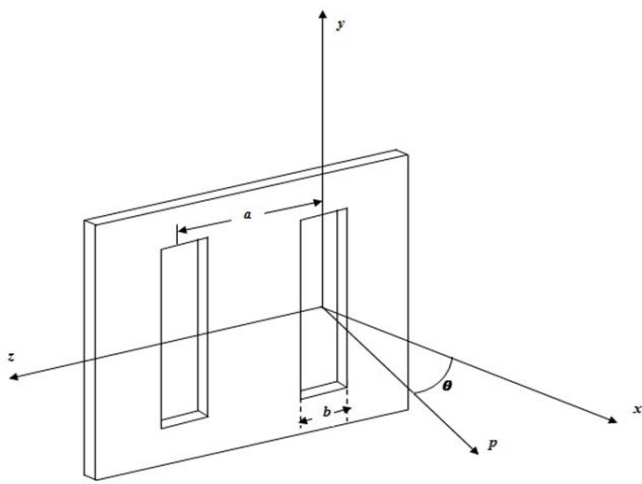
Single-slit pattern



Double-slit pattern



تداخل از دو شکاف



$$E_R = \frac{E_L}{r_0} \int_{-(1/2)(a+b)}^{-(1/2)(a-b)} e^{isk \sin \theta} ds + \frac{E_L}{r_0} \int_{(1/2)(a-b)}^{(1/2)(a+b)} e^{isk \sin \theta} ds$$

$$E_R = \frac{E_L}{r_0} \frac{1}{ik \sin \theta} [e^{(1/2)ik(-a+b) \sin \theta} - e^{(1/2)ik(-a-b) \sin \theta} + e^{(1/2)ik(a+b) \sin \theta} - e^{(1/2)ik(a-b) \sin \theta}]$$

$$\alpha \equiv \frac{1}{2} ka \sin \theta$$

$$\beta \equiv \frac{1}{2} kb \sin \theta$$

$$E_R = \frac{E_L}{r_0} \frac{b}{2i\beta} [e^{i\alpha}(e^{i\beta} - e^{-i\beta}) + e^{-i\alpha}(e^{i\beta} - e^{-i\beta})]$$

$$E_R = \frac{E_L}{r_0} \frac{b}{2i\beta} (2i \sin \beta)(2 \cos \alpha)$$

$$E_R = \frac{2E_L b}{r_0} \frac{\sin \beta}{\beta} \cos \alpha$$

تداخل دو شکاف

$$E_R = \frac{2E_L b \sin \beta}{r_0 \beta} \cos \alpha$$

$$I = \left(\frac{\epsilon_0 c}{2}\right) E_R^2 = \left(\frac{\epsilon_0 c}{2}\right) \left(\frac{2E_L b}{r_0}\right)^2 \left(\frac{\sin \beta}{\beta}\right)^2 \cos^2 \alpha$$

$$I_0 = \left(\frac{\epsilon_0 c}{2}\right) \left(\frac{E_L b}{r_0}\right)^2$$

$$\alpha \equiv \frac{1}{2} k a \sin \theta$$

$$\beta \equiv \frac{1}{2} k b \sin \theta$$

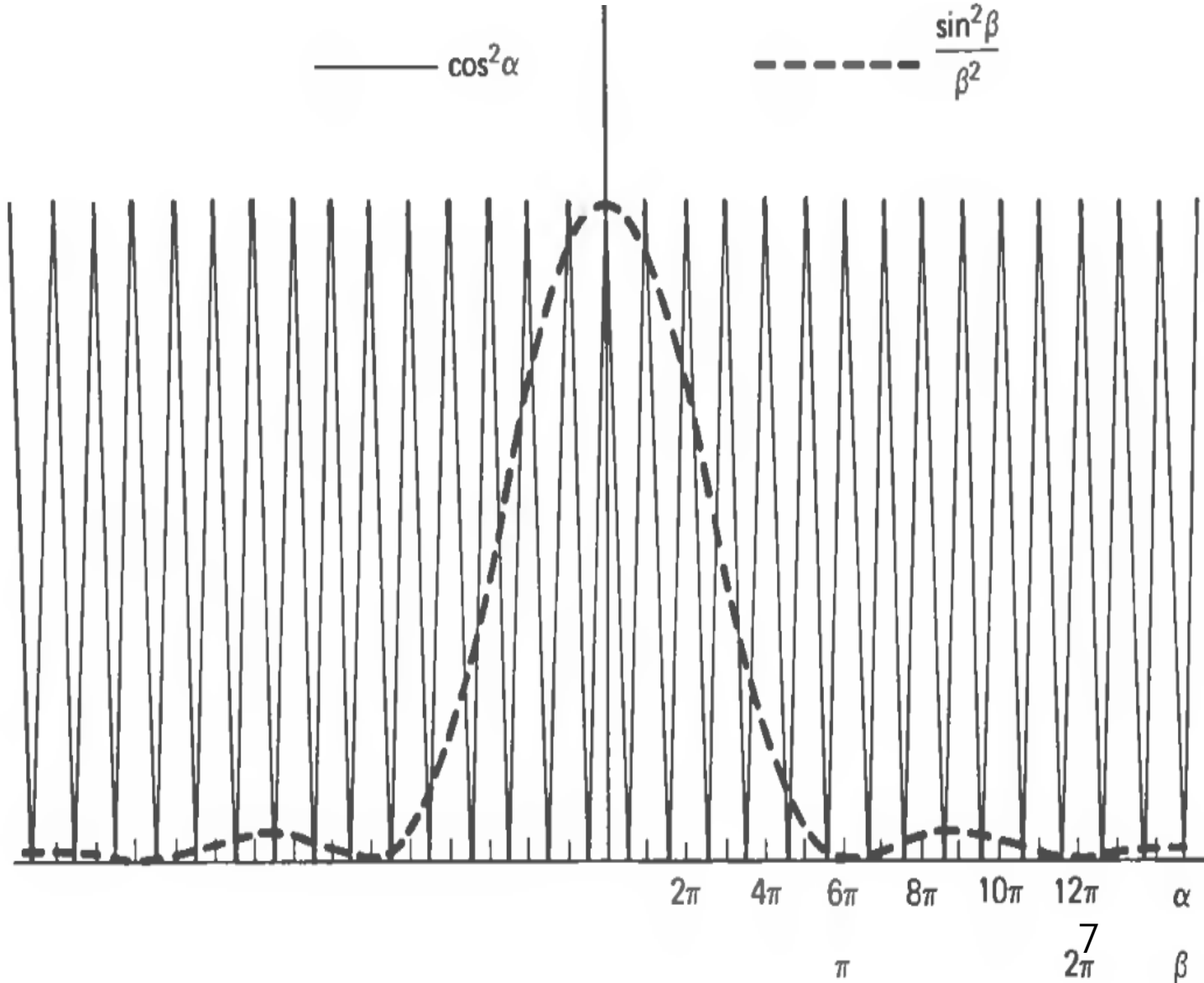
$$I = 4I_0 \left(\frac{\sin \beta}{\beta}\right)^2 \cos^2 \alpha$$

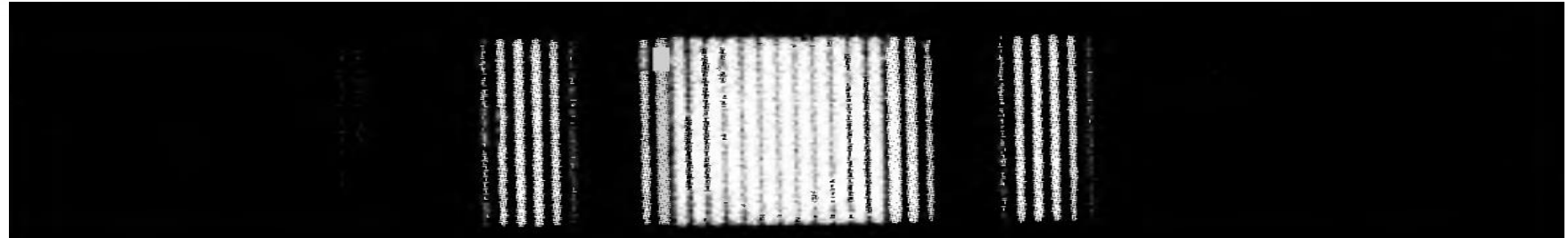
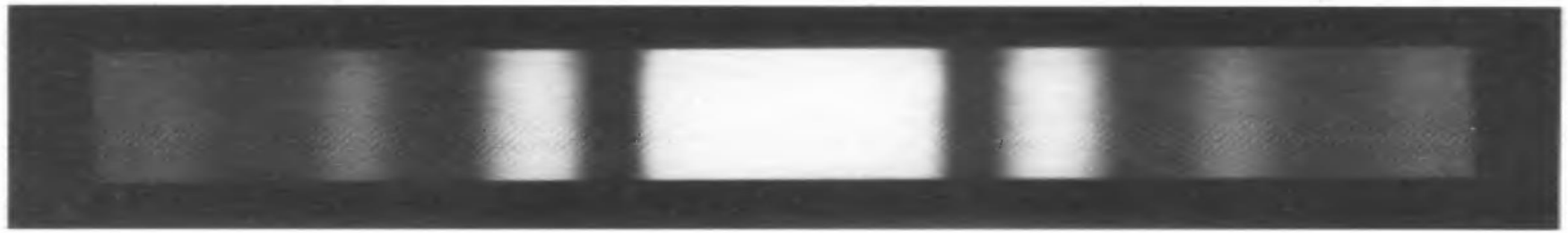
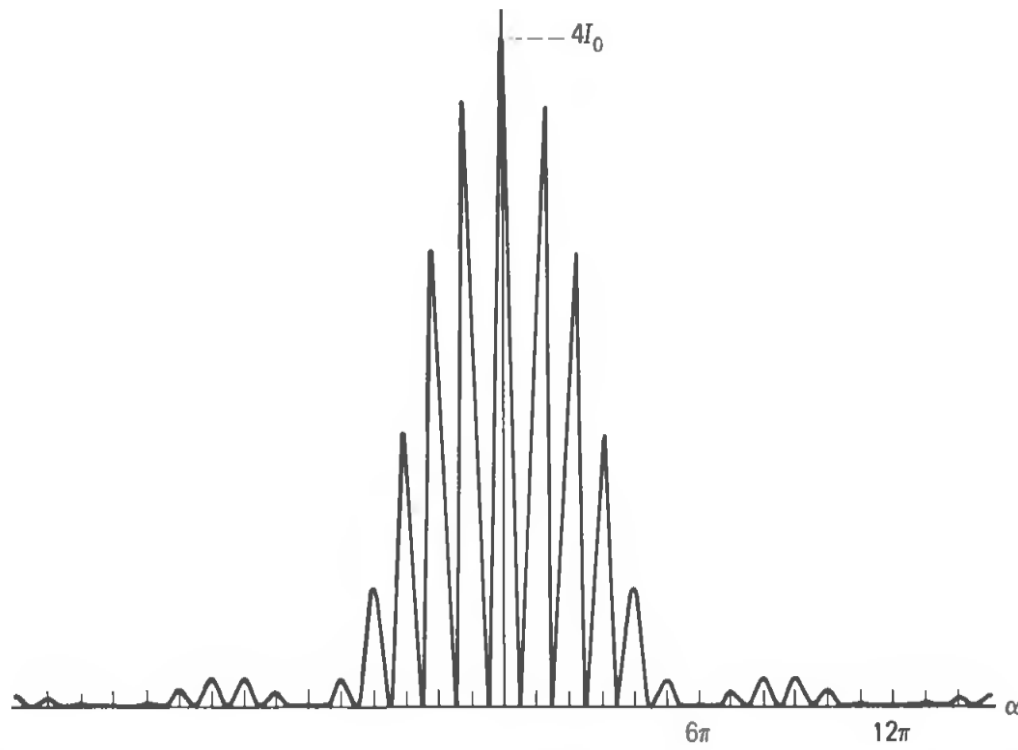
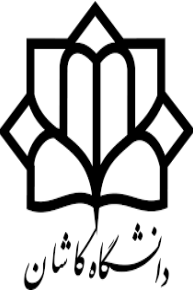
پراش از روزنه ها

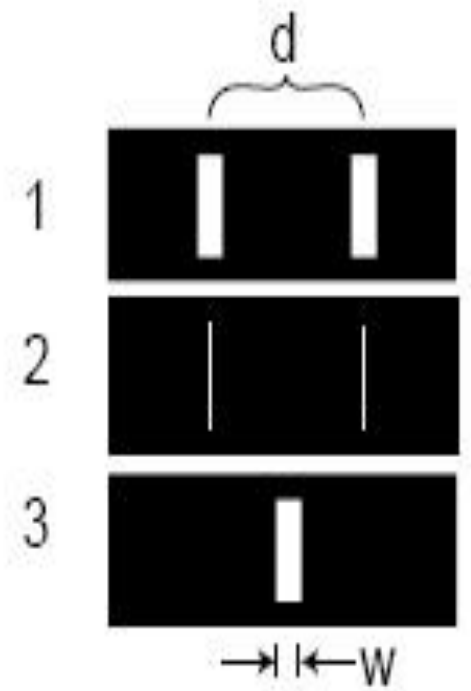
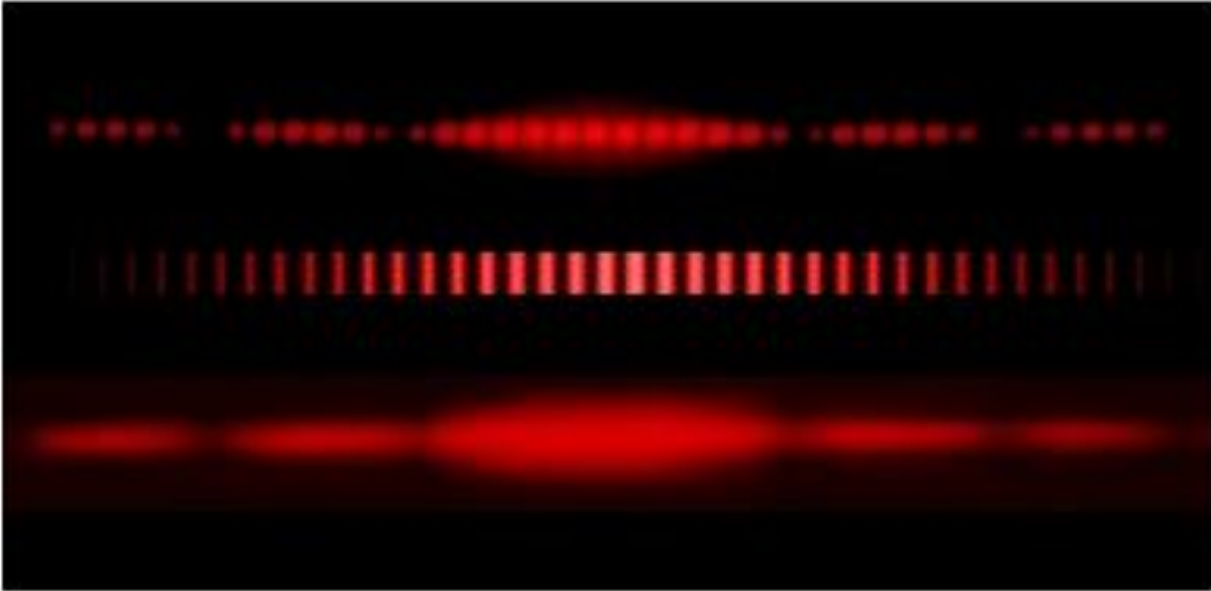
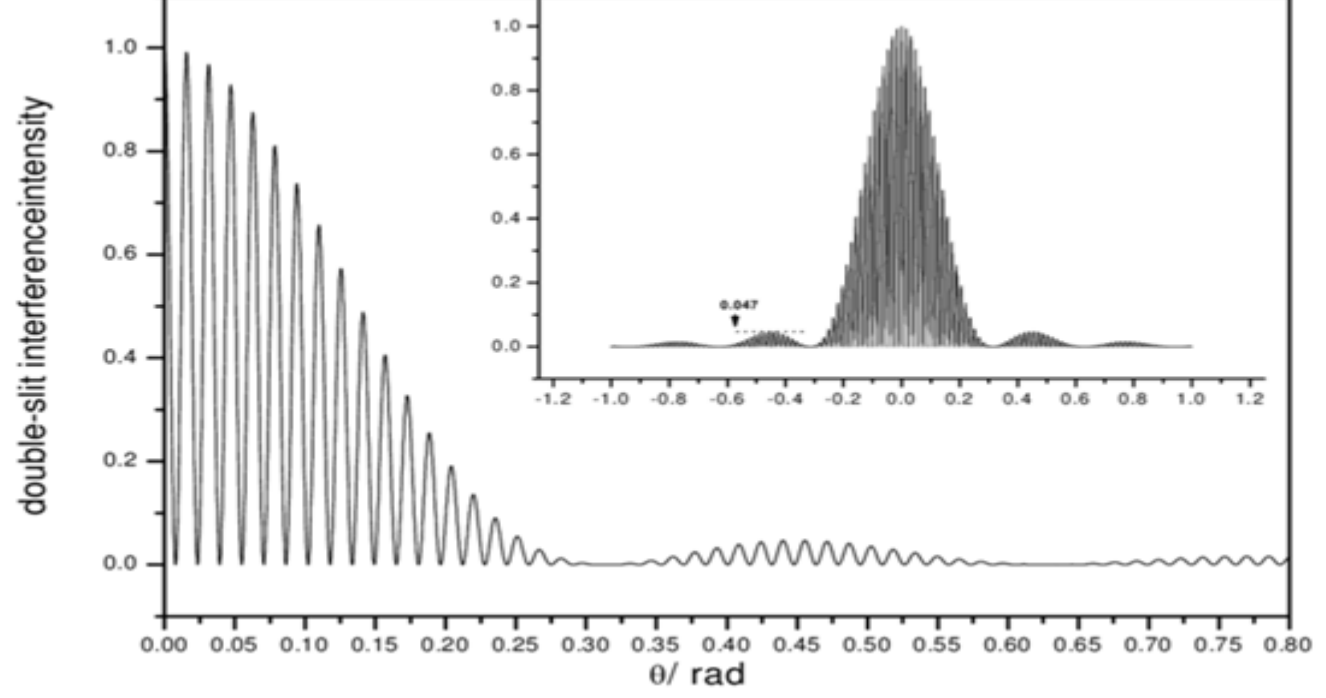
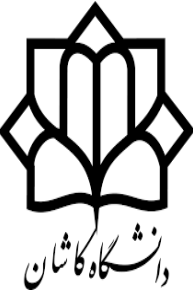
خل بین شکافها

تداخل یانگ

$$I = 4I_0 \left(\frac{\sin \beta}{\beta} \right)^2 \cos^2 \alpha$$







محل‌های بیشینه و کمینه

تداخل

$$\alpha = m\pi : \text{max}, \quad \alpha = (m + 1/2)\pi : \text{min}$$

پراش

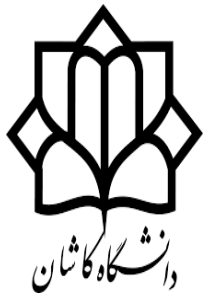
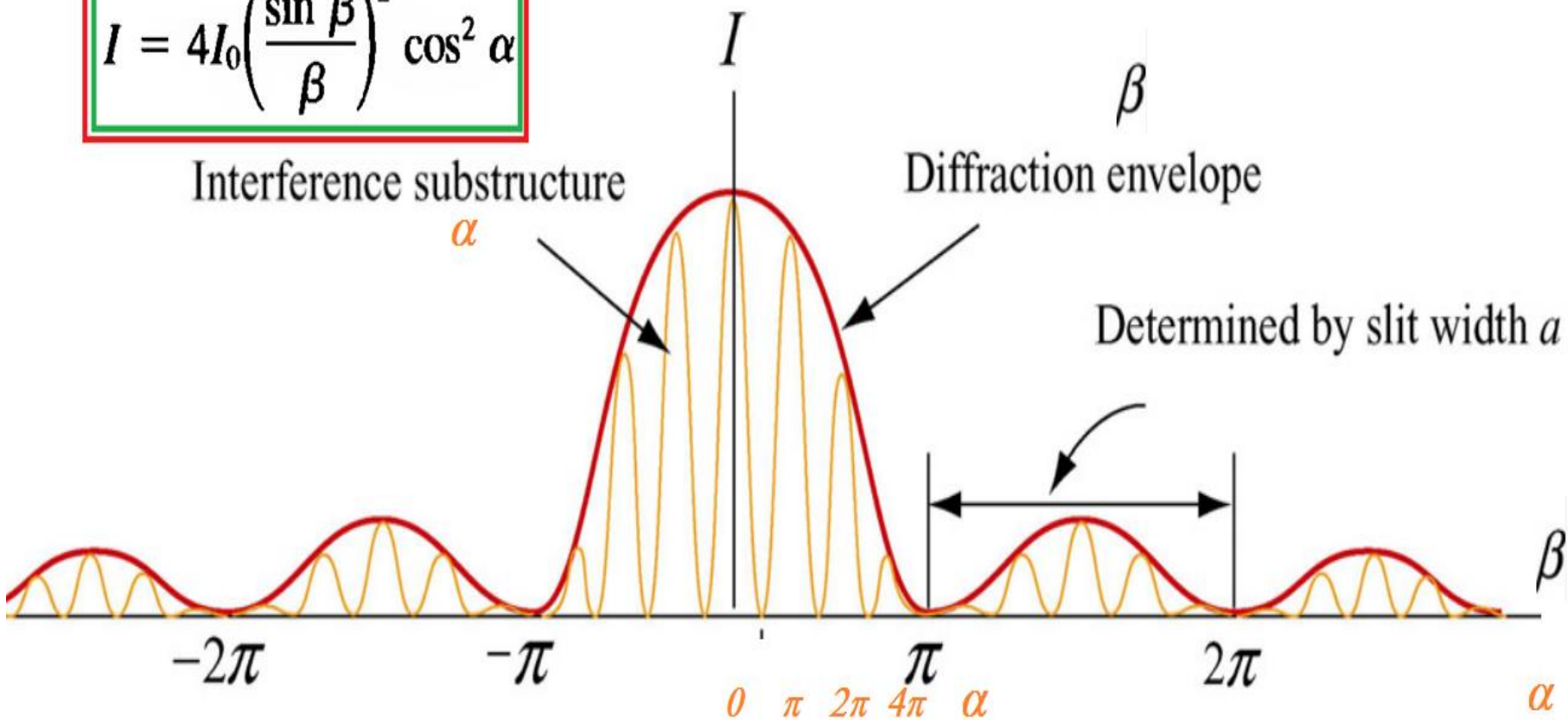
$$\beta = m\pi; \text{min}, \quad \beta = (m + 1/2)\pi : \text{max}$$

$$I = 4I_0 \left(\frac{\sin \beta}{\beta} \right)^2 \cos^2 \alpha$$

Interference substructure

Diffraction envelope

Determined by slit width a



با توجه به شکل و رابطه مربوط به β مقادیر ماکزیمم و مینیمم منحنی مربوط به پراش به صورت زیر است.

$\beta = n\pi \Rightarrow \sin \theta = \frac{n\lambda}{b}$	پراش min
$\tan \beta = \beta$	پراش max

$\alpha = \pm \left(n - \frac{1}{2}\right)\pi \Rightarrow \sin \theta = \frac{\left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda}{a}$	مینیمم تداخل
--	--------------

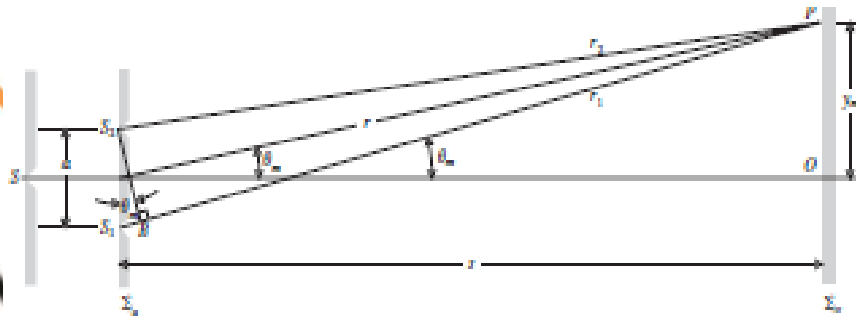
$$\sin \theta = \frac{y_m}{D} \rightarrow y_m = \frac{D}{a} \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda$$

فاصله بین دو فریز تاریک متوالی بر پرده چنین محاسبه می شود

$$y_{m+1} - y_m = \frac{D}{a} \lambda [(n + 1) - n] = \frac{D}{a} \lambda$$

پهنای یک روشنایی تداخلی

$$i = \frac{D}{a} \lambda.$$



مرحله (۱) پراش دو شکاف

$$b = \frac{2D}{d} \lambda$$

نوع اسلاید	D(m)	d پهنای لکه مرکزی m	b عرض شکاف	\bar{b}	$\frac{\Delta b}{\bar{b}}$
A	6	0.0621			
	9	0.10125			
B	6	0.0341			
	9	0.0521			
C	6	0.0320			
	9	0.0481			

ابتدا بدون در نظر گرفتن نقش تداخل، مجدداً به محاسبه پهنای لکه مرکزی (فاصله بین کمینه اول در دو طرف نقش پراش) پرداخته و با فرض طول موج نور معین لیزر (۶۳۲۸ نانگستر) به محاسبه عرض دو شکافها می پردازیم و جدول بالا را کامل می کنیم.

اعداد سری دوم

$$b = \frac{2D}{d} \lambda$$

نوع اسلاید	D(m)	d پهنای لکه مرکزی mm	b عرض شکاف	\bar{b}	$\frac{\Delta b}{\bar{b}}$
A	۶	۶۲			
	۹	۹۳			
B	۶	۳۰			
	۹	۴۴			
C	۶	۳۰			
	۹	۴۳			

اعداد سری سوم

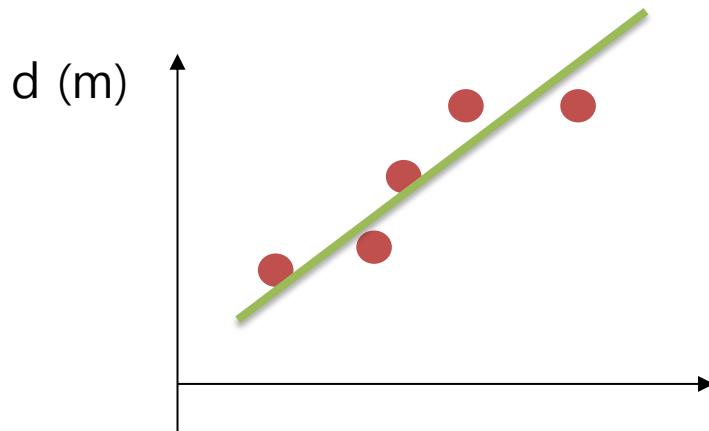
$$b = \frac{2D}{d} \lambda$$

نوع اسلاید	D(m)	d پهنای لکه مرکزی mm	b عرض شکاف	\bar{b}	$\frac{\Delta b}{\bar{b}}$
A	۶	۶۱			
	۹	۱۰۰			
B	۶	۳۲			
	۹	۴۸			
C	۶	۳۱			
	۹	۳۶			

اعداد سری چهارم

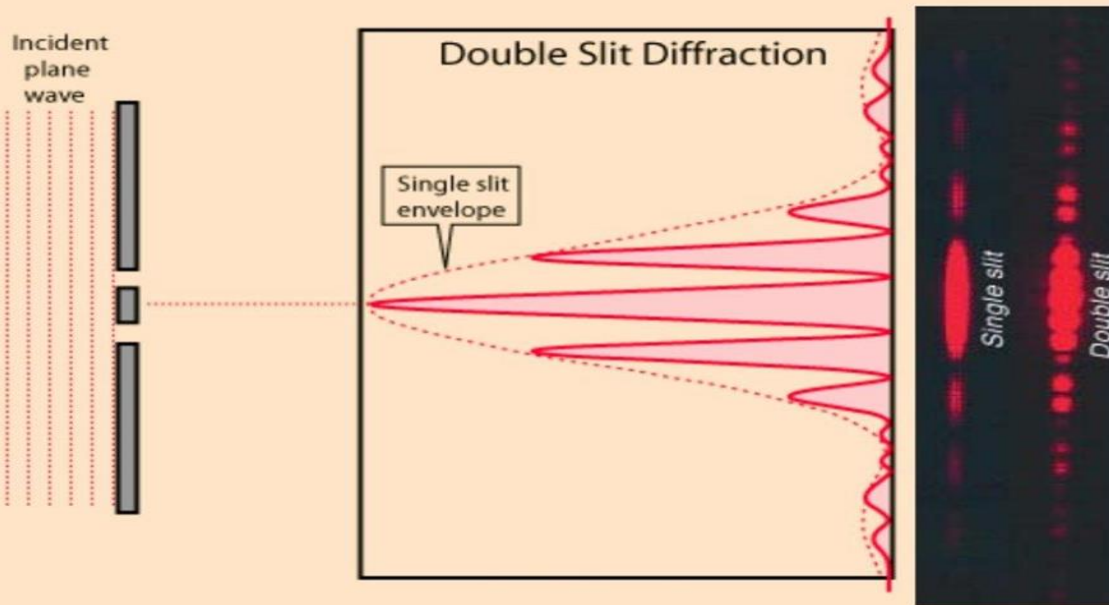
$$b = \frac{2D}{d} \lambda$$

نوع اسلاید	D(m)	d پهنای لکه مرکزی mm	b عرض شکاف	\bar{b}	$\frac{\Delta b}{\bar{b}}$
A	۶	۹۸			
	۹	۱۰۰			
B	۶	۳۲			
	۹	۵۷			
C	۶	۳۰			
	۹	۴۲			



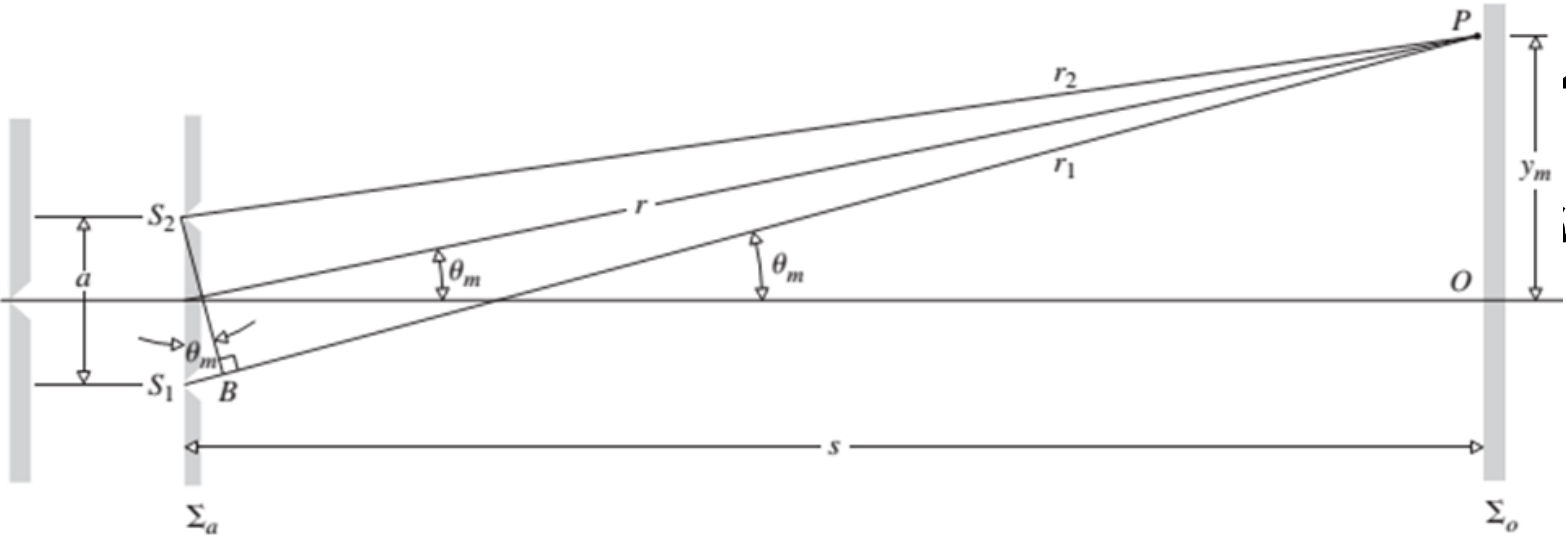
$$\text{slope} = \frac{2\lambda}{b} \rightarrow b = ?$$

Double Slit Diffraction





الف
ب
ج



و فاصله
از دو
بیشتر

(m : فاصله دو روشنایی متوالی (که در آزمایش قابل اندازه گیری است) را اندر فریز)

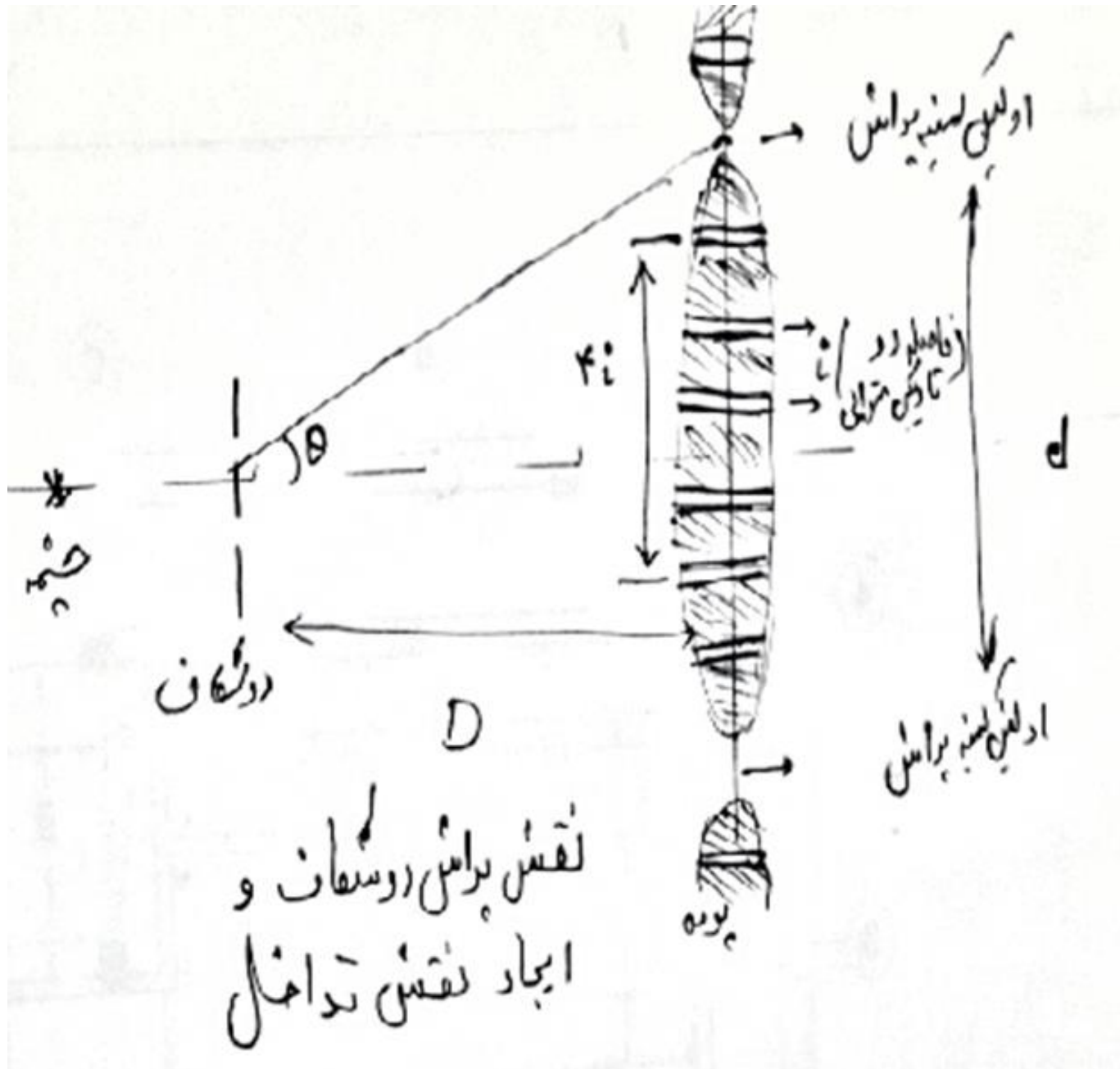
این رابطه را می توانیم بنویسیم:

$$r_2 - r_1 = m\lambda$$

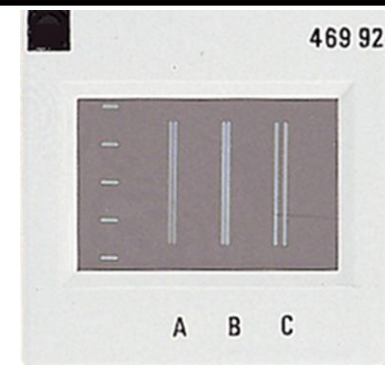
$\theta = \frac{y_m}{D}$ و $r_2 - r_1 = a\theta$ $\sin\theta \approx \tan\theta \approx \theta$

$y_m = \frac{D}{a} m\lambda$ $y_{m+1} - y_m = \frac{D}{a} \lambda [(m+1) - m] = \frac{D}{a} \lambda$

$$i = \frac{D}{a} \lambda$$

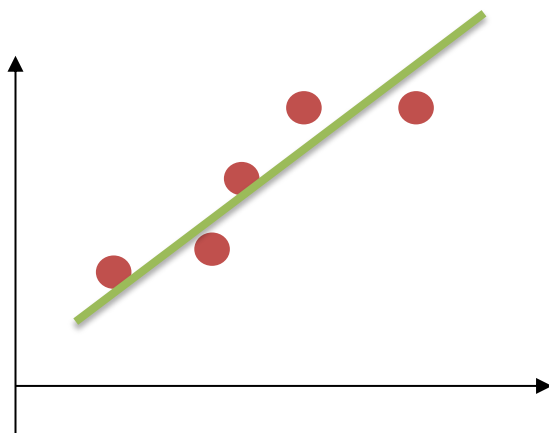


پیدا کردن فاصله دو شکاف (نقش تداخلی)



- Slit width/Slit spacing:
0.12 mm/0.6 mm
0.24 mm/0.6 mm
0.24 mm/1.2 mm

نوع اسلاید	D(m)	n_i (تعداد فریز)	i_n (فاصله فریزها) m	I (اندر فریز)	a اندازه دو شکاف	$\frac{\Delta a}{\bar{a}}$
A	۹	۸	۰.۰۷۷			
	۶	۸	۰.۰۴۹۰			
B	۹	۲	۰.۰۲۱۱			
	۶	۲	۰.۰۱۵			
C	۹	۶	۰.۰۳۰۳			
	۶	۶	۰.۰۲۰۲			



تکالیف:

- هر گاه حداقل $i=1mm$ را بتوان اندازه گیری کرد، فاصله اسلاید تا پرده را تا چه حد می توان کم کرد؟
- خطای نسبی $\frac{\Delta b}{b}$ تئوری و عملی را مقایسه کنید.
- ارتباط بین a, b چگونه است؟ چگونه با شمردن اندر فریزها می توان a یا b را اندازه گرفت؟
- فاصله بین شیارهای یک CD را اندازه بگیرید؟