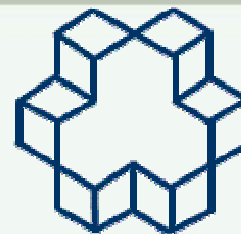




Company Logo

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی  
دانشکده مهندسی و علم مواد

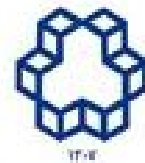


# روش های پیشرفته مطالعه مواد و آزمایشگاه

جلسه چهارم  
(برهم کنش پرتو ایکس با نمونه)

دکتر رضا اسلامی فارسانی





## برهم کنش پرتو X با نمونه

در اثر برخورد پرتو X با نمونه اثرات مختلفی ایجاد می شود که از آنها برای شناسایی و آنالیز مواد استفاده می شود.

مهمترین سیگنال های دریافتی در اثر برخورد به شرح زیر هستند:

تابش ویژه فلورسنت  $\dot{U}$

الکترون  $\dot{U}$

پراکندگی  $\dot{U}$

جذب در ماده  $\dot{U}$

عبور از ماده  $\dot{U}$

تولید گرما  $U$

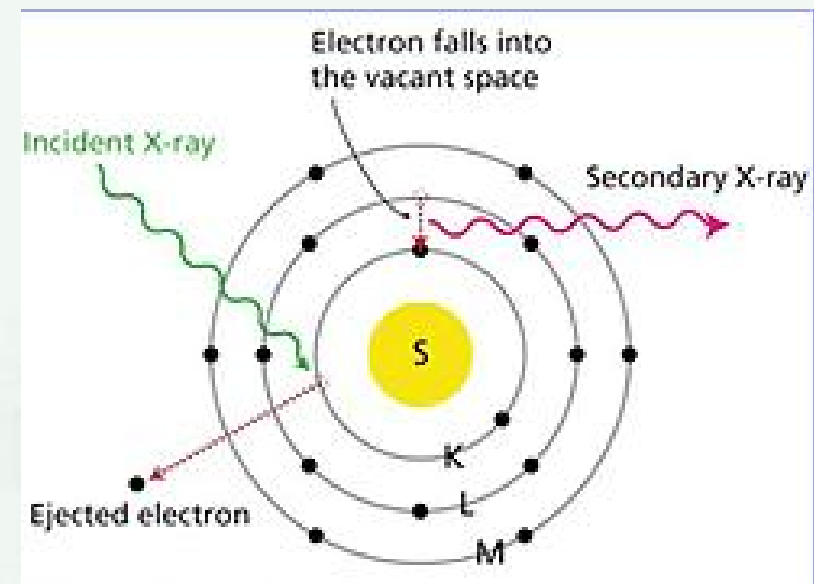
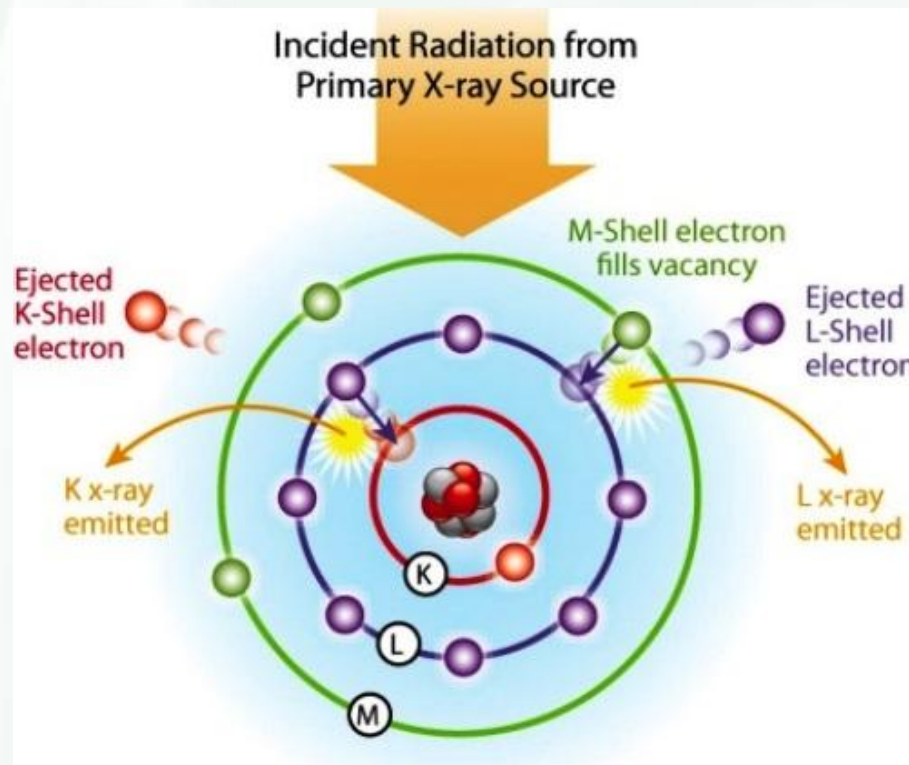
# برهم کنش پرتو X با نمونه



## X-Ray Fluorescence (XRF)

## تابش ویژه فلورسانس

در اثر برخورد پرتو X به نمونه، الکترون های موجود در مدارهای اتم خارج شده و جایگزینی این الکترون ها از مدارهای بالایی، پرتو X مشخصه فلورسانس تولید می کنند.

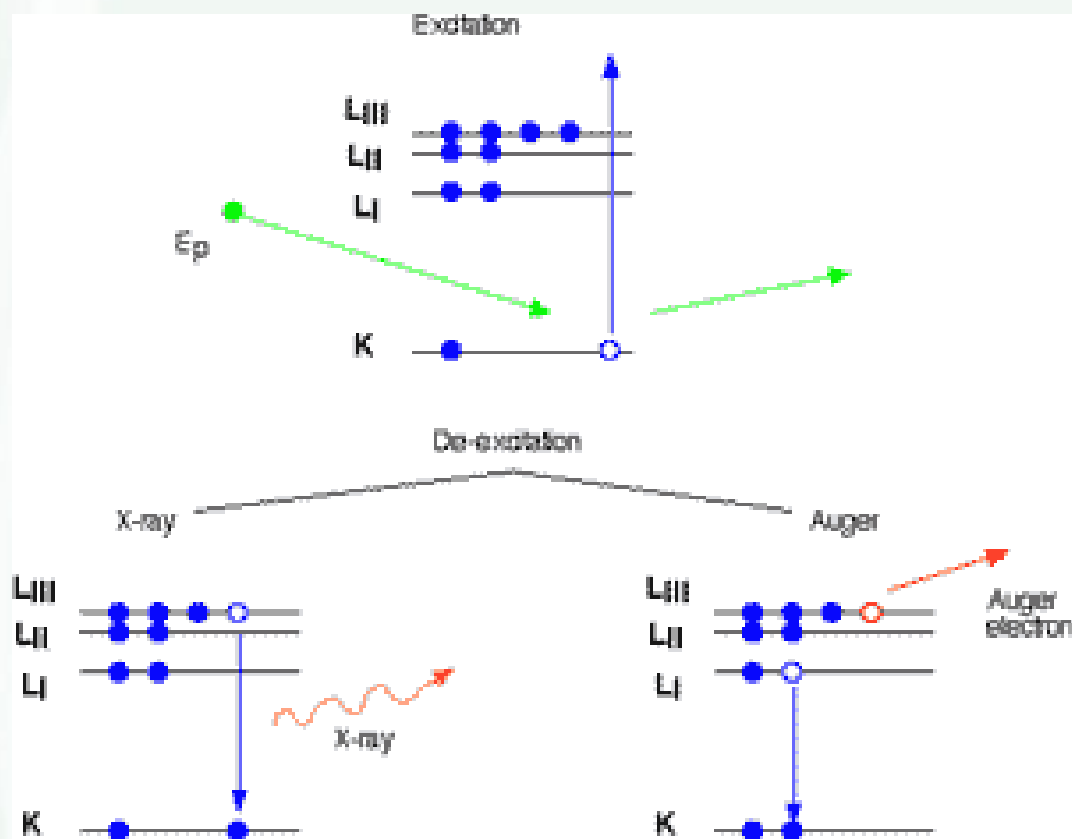


# برهم کنش پرتو X با نمونه



## الکترون

الکترون هایی که توسط پرتوهای ویژه X تولید شده در درون اتم به خارج پرتاب می شوند، الکترون های اوژه نام دارند.





## برهم کنش پرتو X با نمونه

### پراکندگی

### $\bar{n}$ پراکندگی همدوس

اگر الکترون های پیوندی محکم به نوسان در آیند و پرتوهای X با همان طول موج باریکه فرودی (تابشی) منتشر شوند، پراکندگی همدوس داریم.

### $\bar{n}$ پراکندگی ناهمدوس

اگر الکترون های پیوندی که از استحکام کمتری برخوردارند، بخشی از باریکه فرودی را پراکنده کرده و طول موج آن را به میزان کمی افزایش دهند (وابسته به زاویه پراکندگی)، پراکندگی ناهمدوس داریم.

این دو پراکندگی بطور همزمان و در تمامی جهات روی می دهند.

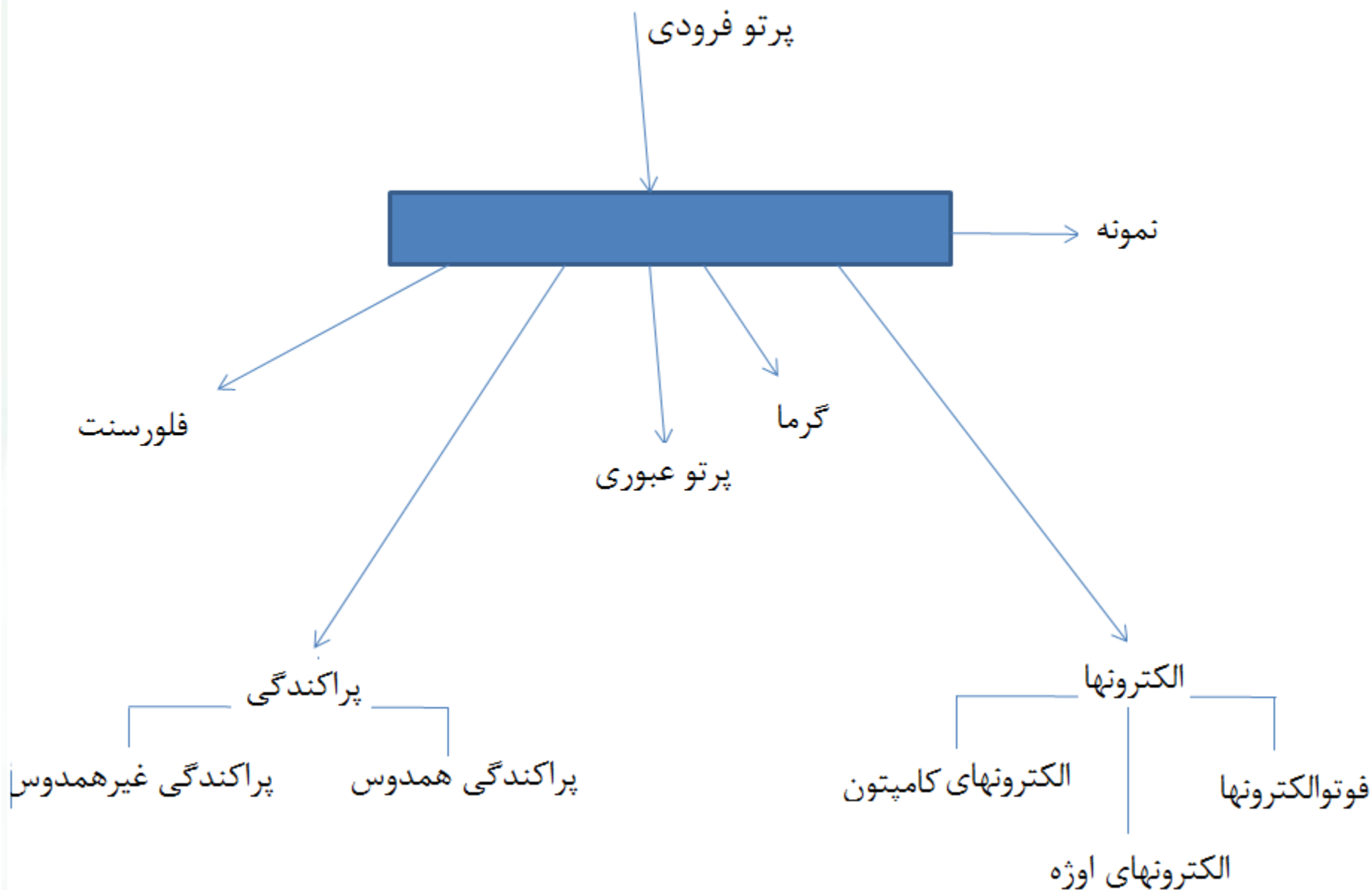
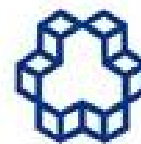


## برهم کنش پرتو X با نمونه

علاوه بر الکترون ها، فلورسنت و پراکندگی اشعه X، بخشی از اشعه X جذب ماده شده، بخشی عبور کرده و علاوه بر این گرما نیز تولید می شود.

در این میان، **پرتوهای فلورسانس و همدوس** بیشترین کاربرد را در شناسایی مواد دارند. پرتو فلورسانس جهت آنالیز عنصری مواد و پرتوهای همدوس برای شناسایی نوع فازها و ساختار بلوری مواد بکار می روند.

# برهم کنش پرتو X با نمونه







## برهم کنش پرتو X با نمونه

### جذب اشعه X (Absorption)

بخشی از اشعه X تابیده شده به نمونه یا اشعه X ایجاد شده در اثر نقل و انتقالات الکترونی می تواند توسط سایر اتم ها جذب شوند.

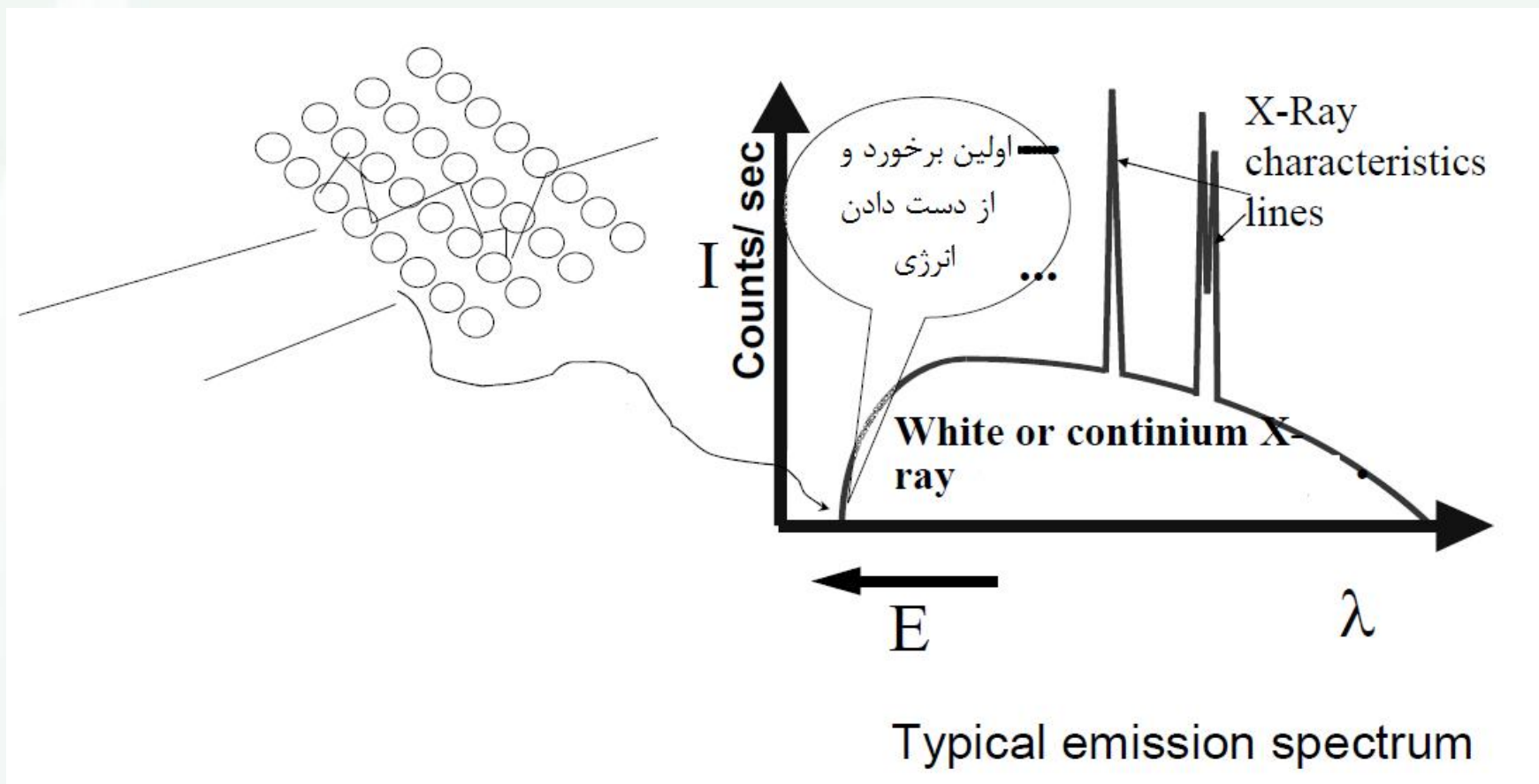
**جذب واقعی:** ناشی از نقل و انتقالات الکترونی (اشعه مشخصه)

**پراکندگی:** ناشی از پراکندگی اشعه در مسیرهای مختلف در اثر برخورد با الکترون ها (اشعه پیوسته یا سفید).

# برهم کنش پرتو X با نمونه



## طیف نشری





## Diffractometer Measurements

روش دیفرکتومتری روشی دیگر برای محاسبه فواصل صفحات کریستالی است.

در این روش از نوعی شمارنده برای تشخیص امتدادهای تفرق استفاده می شود.

شمارنده ممکن است براساس یونیزه شدن گاز و یا خاصیت فلورسانس یک ماده بر اثر برخورد اشعه X به آن کار کند.

شمارنده مرسوم نوع گازی، شمارنده گایگر (Geiger Counter) است که براساس یونیزه شدن گاز داخل آن بر اثر برخورد اشعه با گاز کار می کند.

## روش تفرق سنجی یا دیفرکتومتری



گاز، یونیزه شده و یون ها بین الکترودها حرکت می کنند. الکترون های آزاد شده به طرف آند و یون های گاز به طرف کاتد جذب می شوند.

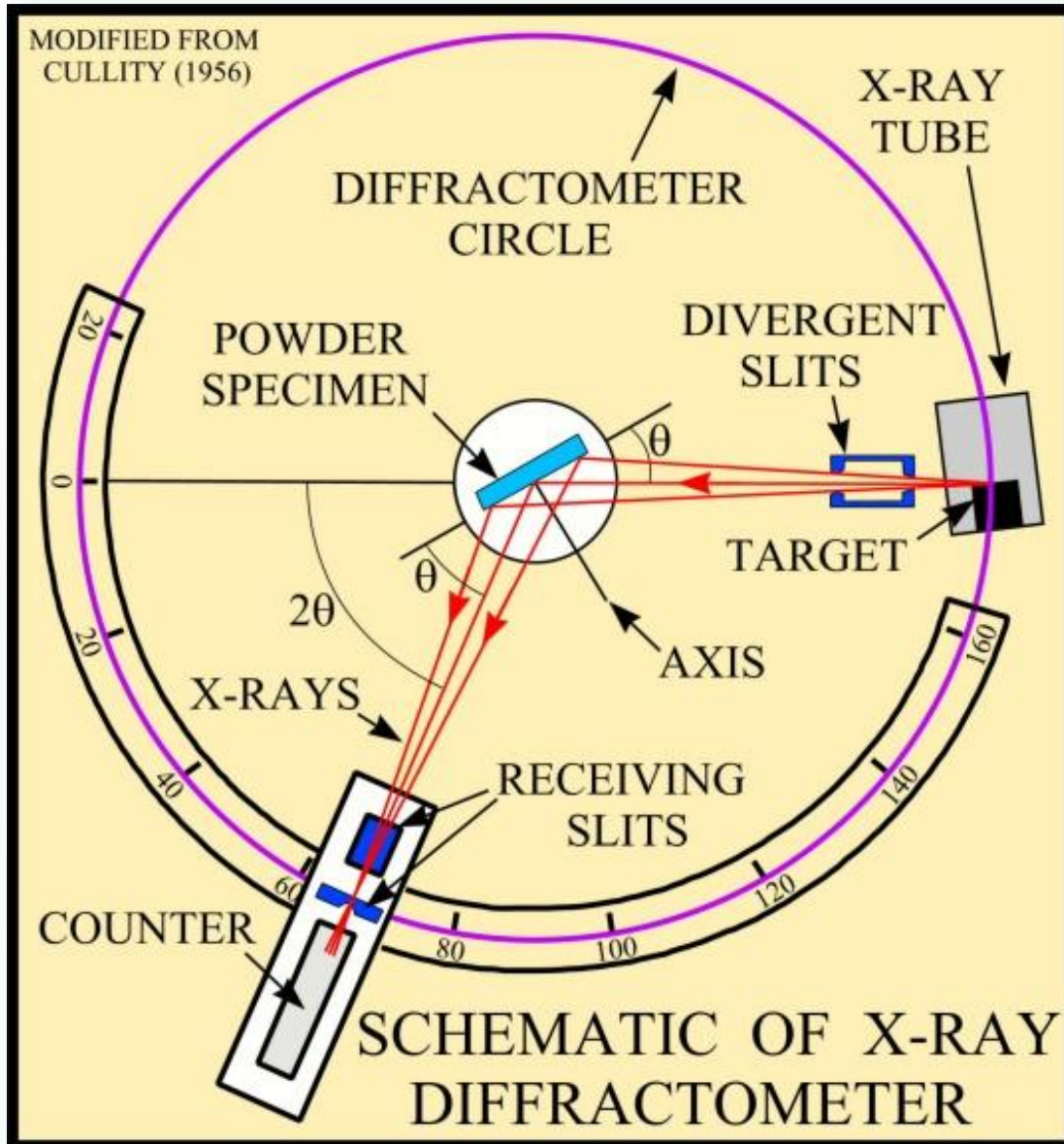
با اتصال آند و کاتد به جریان خارجی در صورت یونیزه شدن گاز که لحظه برخورد اشعه با شمارنده است، جریان بیشتری از آند و کاتد عبور خواهد کرد.

شمارنده معمولاً روی سکویی نصب شده و در محیط دایره ای مطابق شکل حرکت می کند.

# روش تفرق سنجی یا دیفرکتومتری



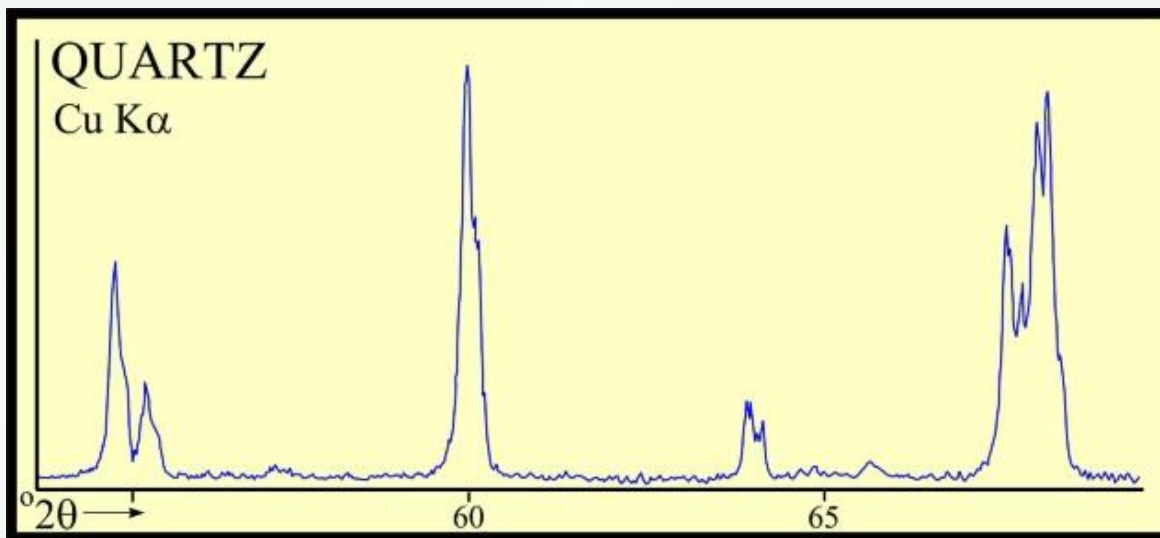
طرز کار دیفرکتومتر



# روش تفرق سنجی یا دیفرکتومتری



هرگاه تغییرات زاویه ای شمارنده را بر حسب جریان آند و کاتد آن رسم کنیم منحنی زیر بدست می آید.



## روش تفرق سنجی یا دیفرکتومتری

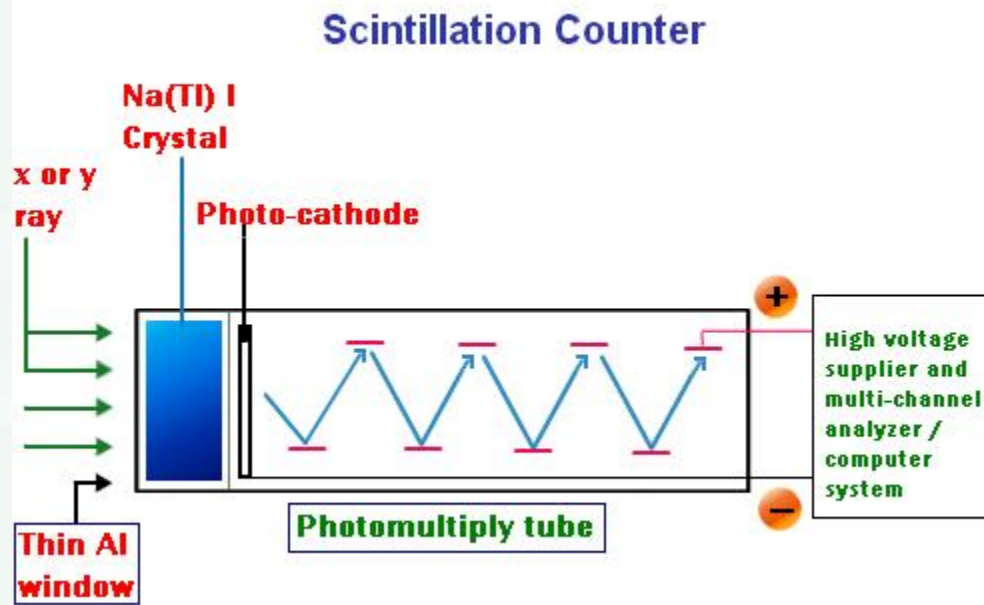
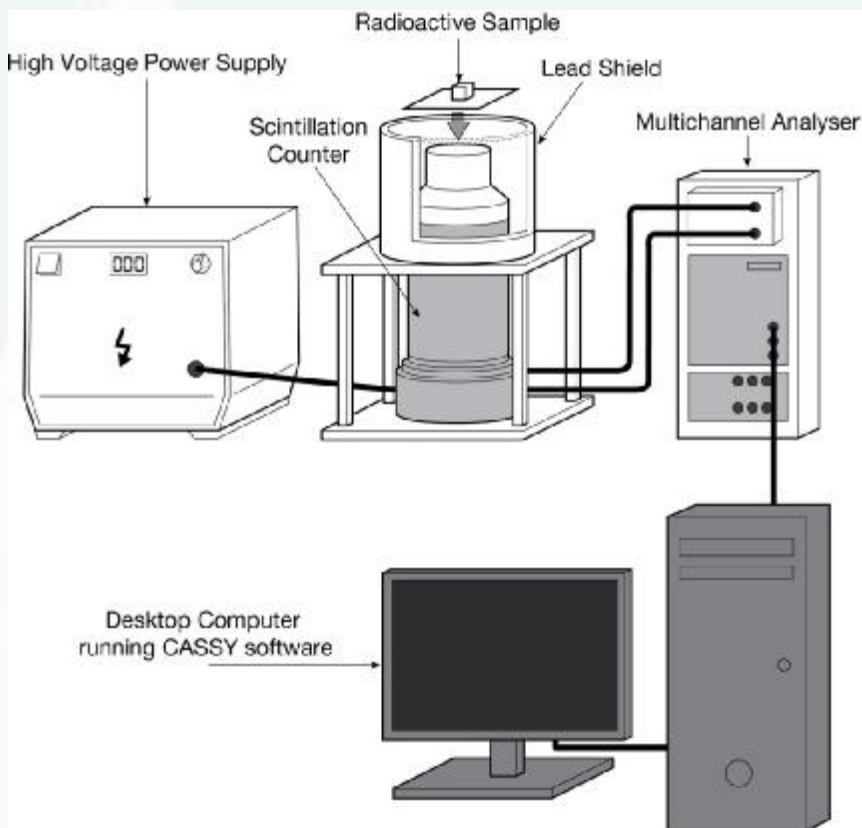


• در محل هایی که در منحنی پیک هایی وجود دارد امتداد تفرق وجود داشته و همان محل خط ها در فیلم دبی شرر هستند.

• با اندازه گیری  $2\theta$  از روی محل پیک ها می توان میزان  $d$  را با استفاده از قانون براگ محاسبه نمود.

• به جای شمارنده گایگر می توان از شمارنده سنتیلاتور (Scintillation Counter) که با مواد فلورسانس شونده بر اثر برخورد اشعه X کار می کنند، استفاده کرد و همین منحنی ها را بدست آورد.

# روش تفرق سنجی یا دیفرکتومتری







## روش تفرق سنجی یا دیفرکتومتری

۱) در روش دیفرکتومتر نیز نمونه به صورت پودر درآمده و قرصی از آن تهیه می شود.

۲) نمونه همزمان با چرخش شمارنده می چرخد و عموماً سرعت چرخش آن نصف سرعت چرخش شمارنده است.

۳) در این حالت همواره زاویه بین مسیر اصلی اشعه با سطح پودر برابر زاویه شعاع تفرق با سطح پودر است.

۴) دقت این روش در تعیین  $d$  به علت محاسبه دقیق  $2\theta$  بسیار بالاتر از روش دبی شرر است (دقت یک هزارم آنگستروم در برابر یک صدم).

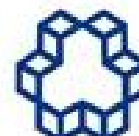


## روش هاناولت Hanawalt Method

$\bar{n}$  با اندازه گیری میزان  $2\theta$  می توان میزان  $d$  و همچنین نوع ماده مورد بررسی را تعیین کرد. برای این کار می توان از نمودارها و یا جداول از قبل محاسبه شده استفاده کرد که تغییرات  $2\theta$  برحسب  $d$  را بر مبنای قانون براگ ارائه می دهند.

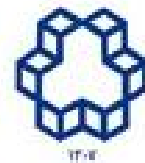
$\bar{n}$  از اعدادی که به عنوان  $d$  محاسبه می شوند لازم است ابتدا سه عدد مربوط به پررنگ ترین خطوط فیلم در روش دبی شرر یا بزرگترین سه پیک منحنی در روش دیفرکتومتری را انتخاب کرده و سپس به جداول از قبل آماده شده، رجوع کرد.

# طرز یافتن ترکیب مواد



## 3.39 – 3.32 (± .02)

									File No.	I/c	
i	3.38 <sub>p</sub>	8.58 <sub>x</sub>	3.04 <sub>p</sub>	4.11 <sub>g</sub>	3.18 <sub>g</sub>	1.69 <sub>7</sub>	2.65 <sub>g</sub>	1.88 <sub>5</sub>	(Mg, Fe) <sub>2</sub> Al <sub>4</sub> Si <sub>5</sub> O <sub>18</sub> /Cordierite, ferroan	9– 472	
	3.33 <sub>x</sub>	6.72 <sub>g</sub>	3.19 <sub>g</sub>	8.09 <sub>7</sub>	3.28 <sub>7</sub>	5.18 <sub>4</sub>	3.10 <sub>4</sub>	4.30 <sub>4</sub>	C <sub>19</sub> H <sub>19</sub> N <sub>7</sub> O <sub>6</sub>	29–1716	0.20
i	3.31 <sub>g</sub>	6.40 <sub>x</sub>	6.10 <sub>g</sub>	3.85 <sub>5</sub>	2.77 <sub>5</sub>	6.70 <sub>4</sub>	3.48 <sub>4</sub>	2.64 <sub>4</sub>	C <sub>12</sub> H <sub>8</sub> Cl <sub>6</sub>	17–1054	
	3.38 <sub>p</sub>	6.13 <sub>x</sub>	8.66 <sub>p</sub>	3.20 <sub>p</sub>	3.29 <sub>5</sub>	9.70 <sub>3</sub>	4.57 <sub>3</sub>	3.46 <sub>3</sub>	C <sub>11</sub> H <sub>11</sub> N <sub>5</sub> ·HCl	28–1749	
i	3.34 <sub>x</sub>	5.93 <sub>2</sub>	5.19 <sub>1</sub>	3.77 <sub>1</sub>	3.65 <sub>1</sub>	3.51 <sub>1</sub>	2.94 <sub>1</sub>	1.67 <sub>1</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	26–1863	3.30
	3.37 <sub>x</sub>	5.85 <sub>g</sub>	3.86 <sub>g</sub>	3.72 <sub>7</sub>	3.52 <sub>7</sub>	3.03 <sub>7</sub>	2.70 <sub>7</sub>	7.72 <sub>6</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>9</sub> N <sub>3</sub> O <sub>2</sub> ·HCl	5– 459	
*	3.31 <sub>g</sub>	5.73 <sub>x</sub>	3.43 <sub>7</sub>	3.59 <sub>6</sub>	3.19 <sub>5</sub>	4.36 <sub>4</sub>	4.19 <sub>3</sub>	3.27 <sub>2</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	30–1845	1.00
	3.30 <sub>x</sub>	5.44 <sub>7</sub>	5.63 <sub>5</sub>	3.24 <sub>4</sub>	4.97 <sub>3</sub>	6.58 <sub>3</sub>	4.58 <sub>2</sub>	3.15 <sub>2</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	20– 102	
	3.38 <sub>x</sub>	5.30 <sub>x</sub>	3.49 <sub>x</sub>	5.90 <sub>5</sub>	3.67 <sub>5</sub>	3.26 <sub>5</sub>	3.18 <sub>5</sub>	2.99 <sub>5</sub>	KH <sub>3</sub> P <sub>3</sub> O <sub>7</sub>	15– 509	
	3.35 <sub>x</sub>	5.21 <sub>g</sub>	4.86 <sub>g</sub>	4.33 <sub>g</sub>	4.04 <sub>g</sub>	3.90 <sub>g</sub>	3.55 <sub>g</sub>	2.73 <sub>g</sub>	β-C <sub>9</sub> H <sub>11</sub> NO <sub>2</sub>	22–1874	
i	3.40 <sub>x</sub>	5.01 <sub>p</sub>	3.09 <sub>7</sub>	4.10 <sub>4</sub>	3.00 <sub>4</sub>	4.03 <sub>3</sub>	6.74 <sub>2</sub>	3.45 <sub>2</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> N <sub>6</sub>	24–1654	1.10
*	3.30 <sub>x</sub>	4.76 <sub>g</sub>	4.18 <sub>g</sub>	5.73 <sub>5</sub>	2.92 <sub>3</sub>	3.98 <sub>3</sub>	2.38 <sub>2</sub>	3.35 <sub>2</sub>	C <sub>8</sub> H <sub>6</sub> O <sub>4</sub>	37–1919	
	3.31 <sub>x</sub>	4.71 <sub>g</sub>	3.50 <sub>5</sub>	5.56 <sub>3</sub>	3.84 <sub>3</sub>	3.03 <sub>3</sub>	7.02 <sub>2</sub>	2.30 <sub>2</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub> ·HCl	29–1827	
*	3.39 <sub>x</sub>	4.48 <sub>5</sub>	3.43 <sub>5</sub>	3.01 <sub>5</sub>	4.09 <sub>4</sub>	2.98 <sub>4</sub>	2.78 <sub>4</sub>	3.18 <sub>3</sub>	NaHSO <sub>4</sub>	25– 833	
	3.34 <sub>p</sub>	4.42 <sub>x</sub>	10.1 <sub>g</sub>	1.48 <sub>p</sub>	2.56 <sub>g</sub>	1.68 <sub>g</sub>	1.28 <sub>7</sub>	1.23 <sub>7</sub>	Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O/Halloysite-10A	9– 451	
i	3.40 <sub>p</sub>	4.38 <sub>x</sub>	2.88 <sub>7</sub>	5.76 <sub>4</sub>	2.61 <sub>4</sub>	4.09 <sub>4</sub>	2.76 <sub>4</sub>	1.76 <sub>3</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /Shcherbinaite, syn	9– 387	1.60
*	3.33 <sub>x</sub>	4.30 <sub>5</sub>	2.82 <sub>5</sub>	6.08 <sub>2</sub>	4.72 <sub>2</sub>	1.71 <sub>1</sub>	3.52 <sub>1</sub>	2.15 <sub>1</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> Ca <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	22–1037	2.30
i	3.37 <sub>x</sub>	4.28 <sub>3</sub>	1.84 <sub>2</sub>	1.55 <sub>1</sub>	2.47 <sub>1</sub>	2.31 <sub>1</sub>	1.39 <sub>1</sub>	2.14 <sub>1</sub>	AlPO <sub>4</sub> /Berlinite, syn	10– 423	
*	3.34 <sub>x</sub>	4.26 <sub>2</sub>	1.82 <sub>1</sub>	1.54 <sub>1</sub>	2.46 <sub>1</sub>	2.28 <sub>1</sub>	1.37 <sub>1</sub>	1.38 <sub>1</sub>	SiO <sub>2</sub> /Quartz, low, syn	33–1161	3.60
o	3.36 <sub>x</sub>	4.23 <sub>x</sub>	3.57 <sub>7</sub>	5.27 <sub>4</sub>	3.72 <sub>4</sub>	4.04 <sub>4</sub>	3.97 <sub>3</sub>	7.19 <sub>2</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub> S	30–1944	
*	3.35 <sub>x</sub>	4.22 <sub>p</sub>	3.25 <sub>7</sub>	4.43 <sub>6</sub>	3.67 <sub>5</sub>	6.22 <sub>4</sub>	2.89 <sub>4</sub>	3.55 <sub>3</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	37–1915	
i	3.32 <sub>x</sub>	4.22 <sub>x</sub>	5.28 <sub>g</sub>	4.97 <sub>g</sub>	3.52 <sub>g</sub>	3.48 <sub>g</sub>	2.65 <sub>g</sub>	2.41 <sub>g</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> N <sub>4</sub> O <sub>2</sub> ·HCl	25–1541	
i	3.35 <sub>g</sub>	3.88 <sub>x</sub>	3.73 <sub>g</sub>	3.54 <sub>g</sub>	2.91 <sub>7</sub>	2.52 <sub>7</sub>	2.32 <sub>7</sub>	1.92 <sub>5</sub>	C <sub>5</sub> H <sub>9</sub> NO <sub>4</sub> ·HCl	25–1925	
*	3.39 <sub>p</sub>	3.87 <sub>p</sub>	3.29 <sub>g</sub>	2.36 <sub>6</sub>	3.01 <sub>5</sub>	2.04 <sub>4</sub>	1.99 <sub>4</sub>	2.41 <sub>3</sub>	HgSO <sub>4</sub>	31– 867	
*	3.41 <sub>p</sub>	3.84 <sub>x</sub>	3.52 <sub>p</sub>	3.26 <sub>p</sub>	3.87 <sub>7</sub>	3.03 <sub>7</sub>	2.74 <sub>3</sub>	2.37 <sub>3</sub>	KHSO <sub>4</sub> /Mercurite, syn	11– 649	
*	3.31 <sub>x</sub>	3.77 <sub>g</sub>	4.22 <sub>7</sub>	3.24 <sub>7</sub>	3.29 <sub>6</sub>	2.99 <sub>5</sub>	3.47 <sub>5</sub>	2.90 <sub>3</sub>	KAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> /Orthoclase	31– 966	
*	3.36 <sub>g</sub>	3.52 <sub>x</sub>	7.69 <sub>x</sub>	6.16 <sub>5</sub>	3.84 <sub>4</sub>	3.14 <sub>1</sub>	3.79 <sub>1</sub>	3.09 <sub>1</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CO) <sub>2</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> /Hoelite, syn	28–2002	
*	3.35 <sub>x</sub>	3.50 <sub>7</sub>	5.04 <sub>g</sub>	3.56 <sub>6</sub>	4.00 <sub>5</sub>	3.15 <sub>5</sub>	5.58 <sub>4</sub>	2.48 <sub>3</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	31– 69	
*	3.36 <sub>x</sub>	3.47 <sub>7</sub>	6.52 <sub>g</sub>	2.59 <sub>6</sub>	3.02 <sub>6</sub>	3.28 <sub>5</sub>	3.56 <sub>5</sub>	2.61 <sub>4</sub>	BaAl <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub> /Celsian, syn	38–1450	
*	3.36 <sub>x</sub>	3.47 <sub>7</sub>	6.52 <sub>g</sub>	2.59 <sub>6</sub>	3.02 <sub>6</sub>	3.28 <sub>5</sub>	3.56 <sub>5</sub>	2.61 <sub>4</sub>	BaAl <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub> /Celsian, syn	38–1450	
*	3.30 <sub>x</sub>	3.47 <sub>p</sub>	3.66 <sub>p</sub>	4.87 <sub>5</sub>	3.06 <sub>3</sub>	3.03 <sub>3</sub>	2.88 <sub>3</sub>	2.86 <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> /Lopezite, syn	27– 380	0.63
	3.33 <sub>x</sub>	3.46 <sub>g</sub>	3.79 <sub>5</sub>	3.26 <sub>5</sub>	3.01 <sub>5</sub>	2.58 <sub>5</sub>	2.91 <sub>3</sub>	2.77 <sub>3</sub>	(K, Ba)(Si, Al) <sub>4</sub> O <sub>8</sub> /Orthoclase, barian	19– 3	
*	3.38 <sub>x</sub>	3.45 <sub>7</sub>	3.44 <sub>7</sub>	2.28 <sub>6</sub>	6.30 <sub>4</sub>	2.22 <sub>3</sub>	2.75 <sub>3</sub>	5.07 <sub>3</sub>	KPO <sub>3</sub> /Potassium metaphosphate	35– 819	
i	3.39 <sub>x</sub>	3.43 <sub>x</sub>	2.21 <sub>6</sub>	5.39 <sub>5</sub>	2.54 <sub>5</sub>	2.69 <sub>4</sub>	1.52 <sub>4</sub>	2.12 <sub>3</sub>	Al <sub>6</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>13</sub> /Mullite, syn	15– 776	
	3.39 <sub>x</sub>	3.41 <sub>p</sub>	2.31 <sub>4</sub>	2.84 <sub>3</sub>	3.82 <sub>2</sub>	2.14 <sub>2</sub>	2.03 <sub>2</sub>	2.00 <sub>2</sub>	NaBF <sub>4</sub> /Ferruccite, syn	11– 671	
	3.41 <sub>p</sub>	3.39 <sub>x</sub>	2.31 <sub>4</sub>	2.84 <sub>3</sub>	3.82 <sub>2</sub>	2.14 <sub>2</sub>	2.03 <sub>2</sub>	2.00 <sub>2</sub>	NaBF <sub>4</sub> /Ferruccite, syn	11– 671	
i	3.38 <sub>x</sub>	3.39 <sub>g</sub>	2.53 <sub>g</sub>	3.11 <sub>7</sub>	2.29 <sub>6</sub>	3.57 <sub>4</sub>	2.41 <sub>4</sub>	2.37 <sub>4</sub>	Gd <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	20–1056	
i	3.39 <sub>g</sub>	3.38 <sub>x</sub>	2.53 <sub>g</sub>	3.11 <sub>7</sub>	2.29 <sub>6</sub>	3.57 <sub>4</sub>	2.41 <sub>4</sub>	2.37 <sub>4</sub>	Gd <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	20–1056	
*	3.30 <sub>x</sub>	3.29 <sub>x</sub>	4.76 <sub>g</sub>	4.18 <sub>6</sub>	5.73 <sub>5</sub>	2.92 <sub>3</sub>	3.98 <sub>3</sub>	2.38 <sub>2</sub>	C <sub>8</sub> H <sub>6</sub> O <sub>4</sub>	37–1919	
*	3.33 <sub>x</sub>	3.28 <sub>g</sub>	2.97 <sub>7</sub>	3.83 <sub>4</sub>	2.36 <sub>4</sub>	2.34 <sub>4</sub>	2.35 <sub>3</sub>	2.21 <sub>3</sub>	CdSO <sub>4</sub>	14– 352	



## روش هاناوالت Hanawalt Method

- روش هاناوالت روشی برای یافتن نوع کریستال است.
- در این روش از کتابی به همین نام استفاده می شود.
- فرمول شیمیایی تمام کریستال های ممکن در این کتاب آمده و از هر کدام 8 خط (d) مهم آورده شده است.
- اساس آن نیز پررنگ ترین سه خط فیلم دبی شرر یا بلندترین سه پیک منحنی دیفرکتومتری است و سه ستون اول نیز پررنگ تر چاپ شده است.



## طرز یافتن ترکیب مواد

۱۱ اندیس های اعداد، شدت شعاع تفرق (پر رنگی) را نشان می دهند که  $\times (10)$  پر رنگ ترین و 1 کم رنگ ترین خطوط هستند و به صورت اندیس در کنار اعداد فواصل صفحات  $d$  قرار گرفته اند.

۱۱ برای شناسایی ترکیب ماده مورد آزمایش با داشتن فواصل صفحات کریستالی و سه خط پر رنگ یا بلندترین سه پیک منحنی ابتدا پر رنگ ترین خط را انتخاب و در کتاب قسمتی را پیدا می کنیم که این اعداد در محدوده آن قسمت (دو عدد نوشته شده در بالای صفحه) باشد که در حقیقت اعداد ستون اول جدول در همین محدوده هستند.



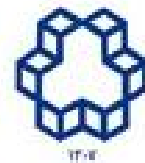
## طرز یافتن ترکیب مواد

۱۱ سپس در دومین ستون که به ترتیب نزولی است دومین خط پر رنگ، سپس سومین خط و در ادامه 5 خط باقیمانده را مطابقت می دهیم تا با انطباق 8 عدد ترکیب ماده مشخص شود.

۱۲ در مواردی اختلافی بین عدد محاسبه شده و کتاب وجود دارد که به روش آزمایش مرتبط است. عموماً خطا بین  $\pm 0/01$  تا  $\pm 0/001$  آنگستروم است.

در در  
در

## طرز یافتن ترکیب مواد



ü در سمت راست جدول ستونی به نام File No. وجود دارد که برای هر ترکیب عددی است که در حقیقت شماره کارت آن ترکیب است (کارت ASTM).

ü اطلاعات کامل هر ماده در این کارت آمده است:  
مقادیر d، شدت ها، نوع تشعشع (مس، آهن، کبالت و ...)، طول موج تشعشع، نوع فیلتر، ساختار بلوری، اندازه a، b و c، اندازه زوایا در بلور، صفحات مجاز، وزن مخصوص، نقطه ذوب و رنگ ماده



## طرز یافتن ترکیب مواد

ü در صورت وجود ترکیبات متعدد در نمونه، پس از شناسایی عنصر اول، خطوط اضافی در فهرست باقی می ماند که متعلق به ماده دیگری است. در این حالت روش قبلی برای ماده دوم نیز انجام می شود.

ü در صورت مشترک بودن یک خط برای دو یا چند عنصر یا مثلاً حالتی که سه خط پر رنگ متعلق به یک عنصر نبوده بلکه متعلق به دو یا چند عنصر باشند، باید با سعی و خطا مواد را مشخص کنیم که البته امروزه نرم افزارهای خاص و تجهیزات جانبی دستگاه های تفرق اشعه X این کار را انجام می دهند.