

آزمایش پراش الکترون

بهار ۱۴۰۰

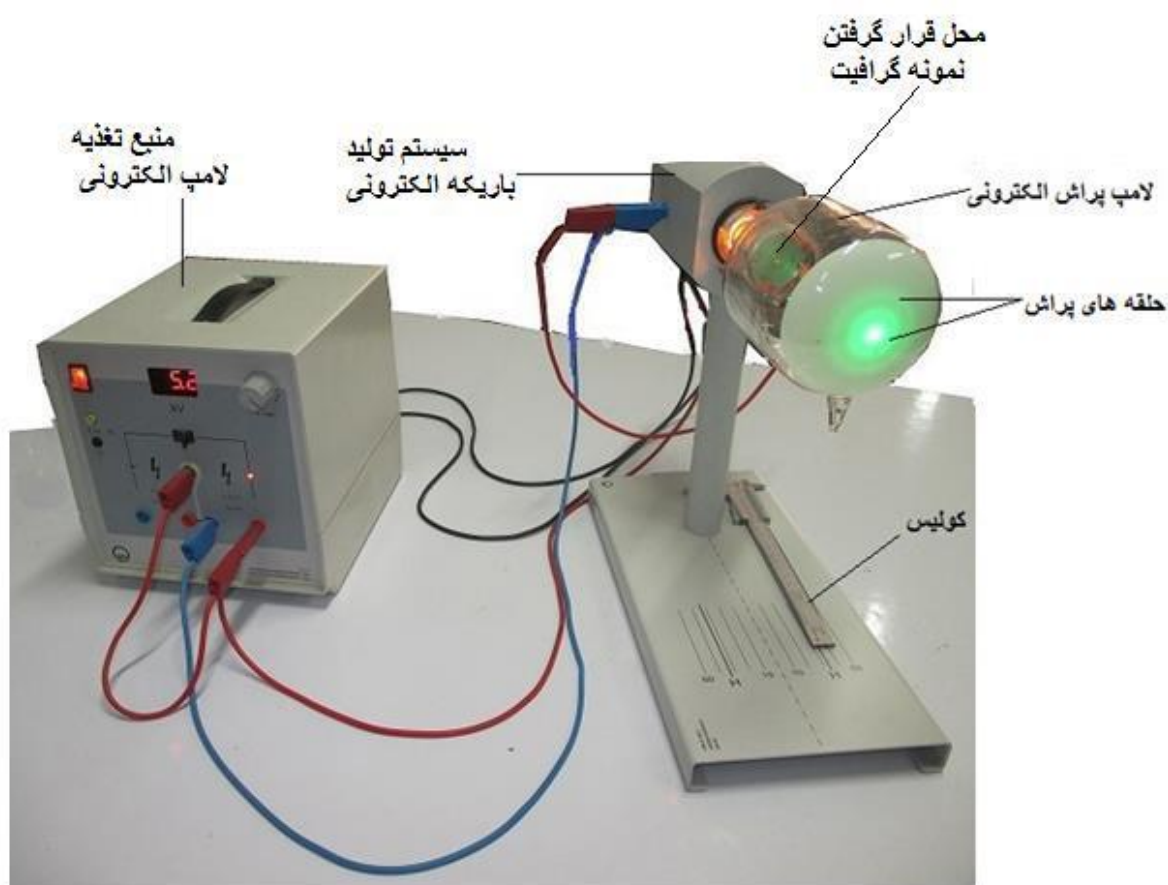
اعظم ایرجی زاد

هدف آزمایش:

مشاهده طرح پراش از نمونه گرافیت پلی کریستالی،

اندازه گیری طول موج وابسته به الکترونها

اندازه گیری ثابت شبکه گرافیت



سیوالات

- ۱- هدف آزمایش چیست ؟
- ۲- فرض دوبروی چیست؟
- ۳- چرا طبیعت موجی ماده در مشاهدات روزمره مشهود نیست؟
- ۴- ذره مورد آزمایش چیست و چه طول موجی دارد؟
- ۵- چگونه پرتو الکترون ساخته می شود و چرا پرتو را در خلا می سازیم؟
- ۶- نمونه مورد آزمایش برای مشاهده طرح پراش چیست و چه ساختاری دارد؟
- ۷- کاربردهای این آزمایش را ذکر کنید؟

خواص موجی ذره نظریه دوبروی

wavelength

↓

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

↑

momentum

Relates a particle-like property (p)
to a wave-like property (λ)



انتخاب ذرات ریز با ممنتوم مناسب و انتخاب عامل پراکندگی

For $\lambda = 0.12 \text{ nm}$,

$$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{1}{c} \frac{hc}{\lambda} = \frac{1}{c} \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{0.12 \text{ nm}} = 1.0 \times 10^4 \text{ eV}/c$$

$$K = \frac{p^2}{2m} = \frac{p^2 c^2}{2mc^2} = \frac{(1.0 \times 10^4 \text{ eV})^2}{2(511,000 \text{ eV})} = 100 \text{ eV}$$

$$\Delta V = -\Delta K / q = +100 \text{ V}$$

باید برای مشاهده آزمایشهای پراش
و تداخل انجام شود!
ذره و توری مناسب؟

ماده ای با طول موج آنگسترومی را
بیابیم؟ الکترون مناسبتر است چرا؟
بلور به عنوان توری با اتم ها به
عنوان مراکز پراکندگی مرتب چیده
شده مناسب اند.

مواد بلوری و صفحات براگ . بس بلور و مواد بی شکل

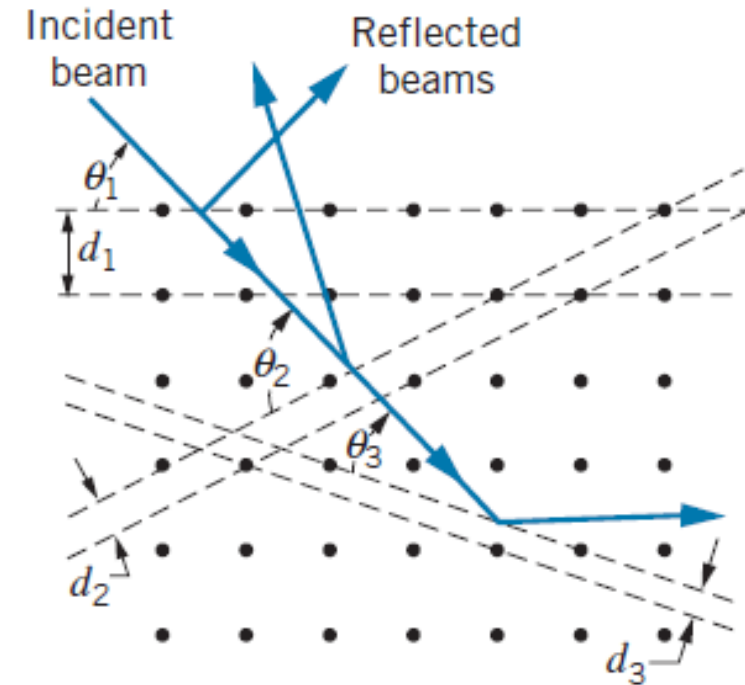
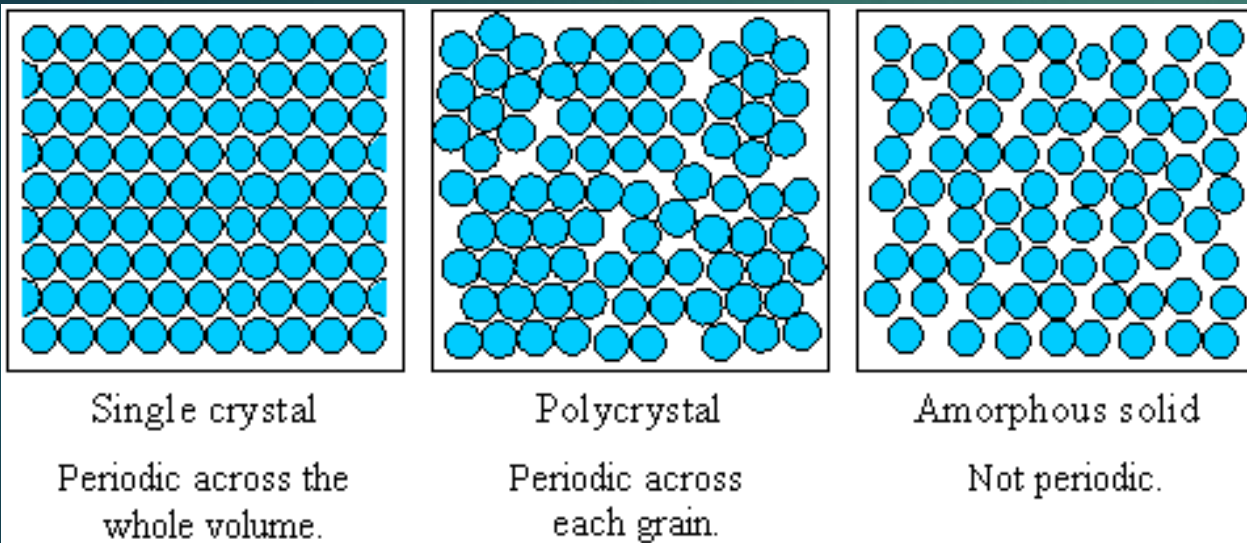


FIGURE 3.6 An incident beam of X rays can be reflected from many different crystal planes.

آزمایش داویسون ژرمر: پراش الکترون از بلور

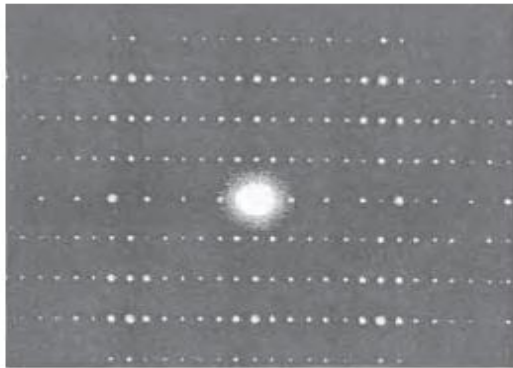
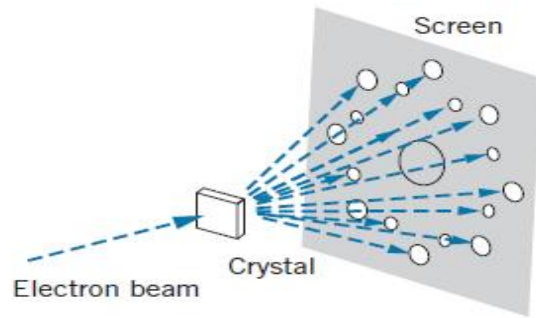


FIGURE 4.2 (Top) Electron diffraction apparatus. (Bottom) Electron diffraction pattern. Each bright dot is a region of constructive interference, as in the X-ray diffraction patterns of Figure 3.7. The target is a crystal of $\text{Ti}_2\text{Nb}_{10}\text{O}_{29}$.

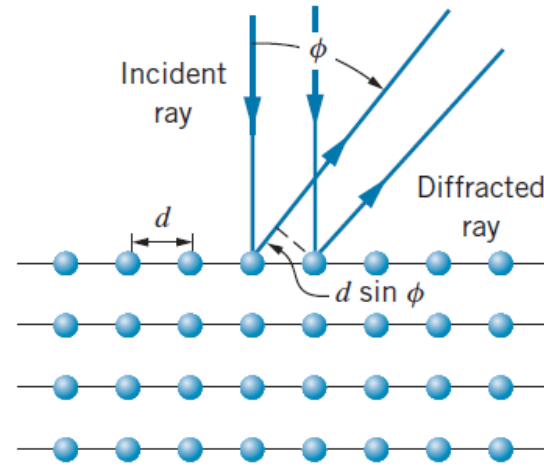
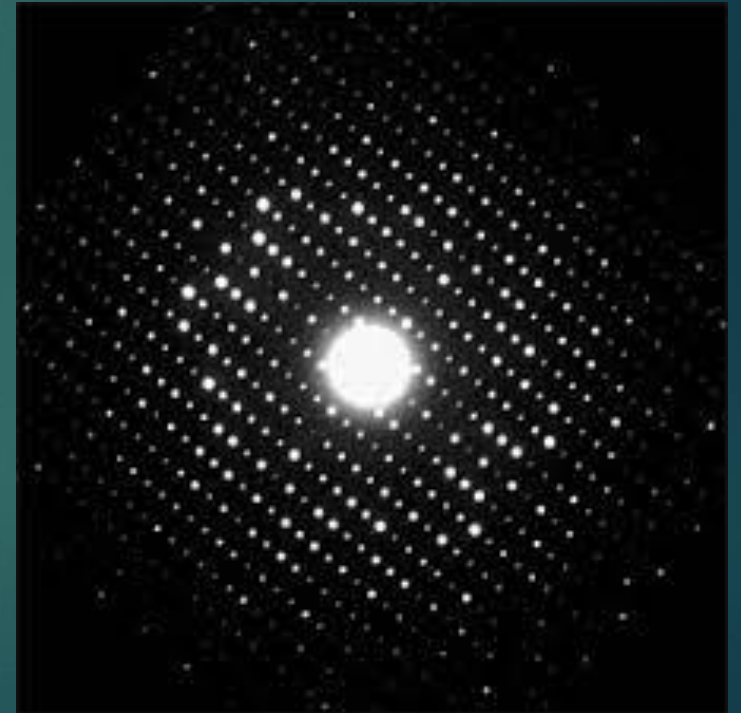


FIGURE 4.6 The crystal surface acts like a diffraction grating with spacing d .

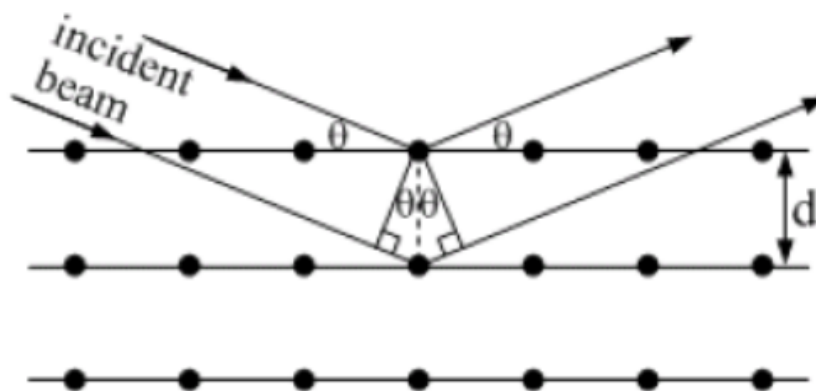


پراش پرتو الکترونی از بلور

شکل ۱ امواج بازتابیده از صفحات بلور را نشان می دهد. پرتوی ورودی با زاویه θ به سطح نمونه تابیده می شود. شرط تداخل سازنده دو پرتوی بازتابیده از صفحات متوالی این است که اختلاف راه دو پرتو، مضرب صحیحی از طول موج باشد. به این ترتیب رابطه براگ به دست می آید:

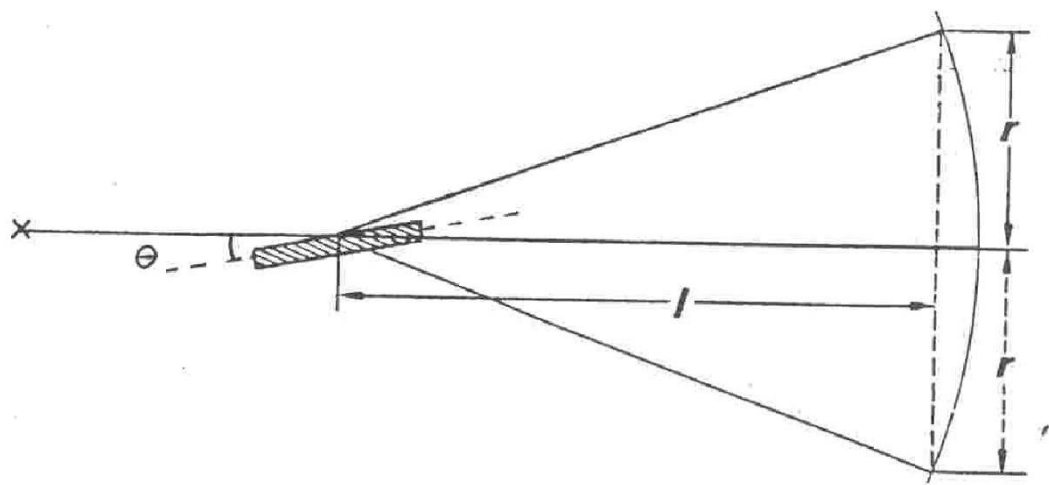
$$2d\sin\theta = n\lambda \quad (1)$$

در این رابطه d ثابت شبکه کریستال و n مرتبه پراش می باشد.



شکل ۱. امواج بازتابیده از صفحات اتمی

پراش الکترون از پلی کریستال



شکل ۱. دایره با زاویه 2θ نسبت به پرتو الکترونی عبوری

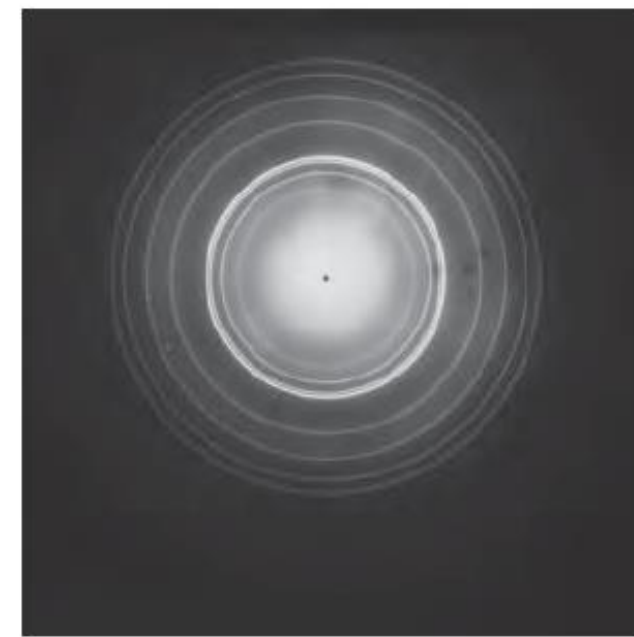


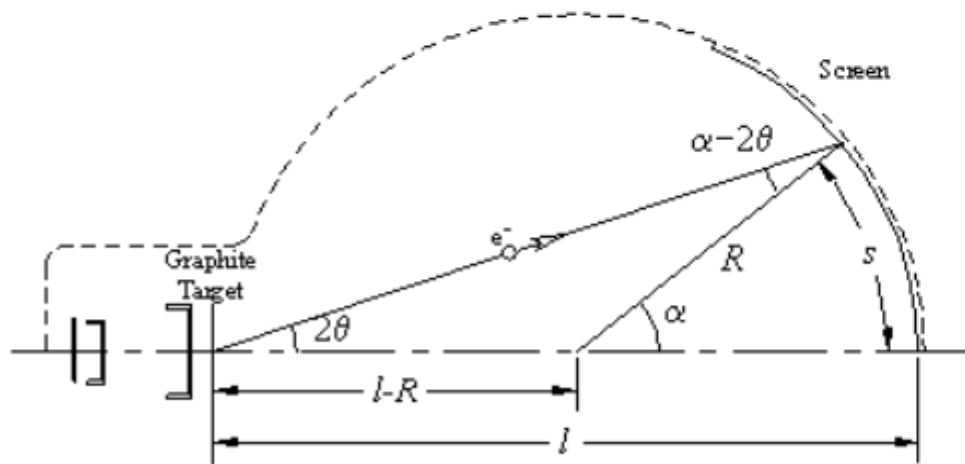
FIGURE 4.3 Electron diffraction of polycrystalline beryllium. Note the similarity between this pattern and the pattern for X-ray diffraction of a polycrystalline material (Figure 3.8b).

روابط مورد استفاده

از طرح پراش می توان تقارن های شبکه کریستالی و ثابت های شبکه را به دست آورد. با توجه به شکل ۲، با دانستن فاصله نمونه از صفحه فلئورسنت (L) و پتانسیل اعمال شده (V) و اندازه گیری R و همچنین شعاع دوایر روشن مربوط به بازتاب از نمونه پلی کریستال (r)، می توان زاویه θ و ثابت شبکه d را از روابط زیر به دست آورد.

$$R=67.5 \text{ mm}$$

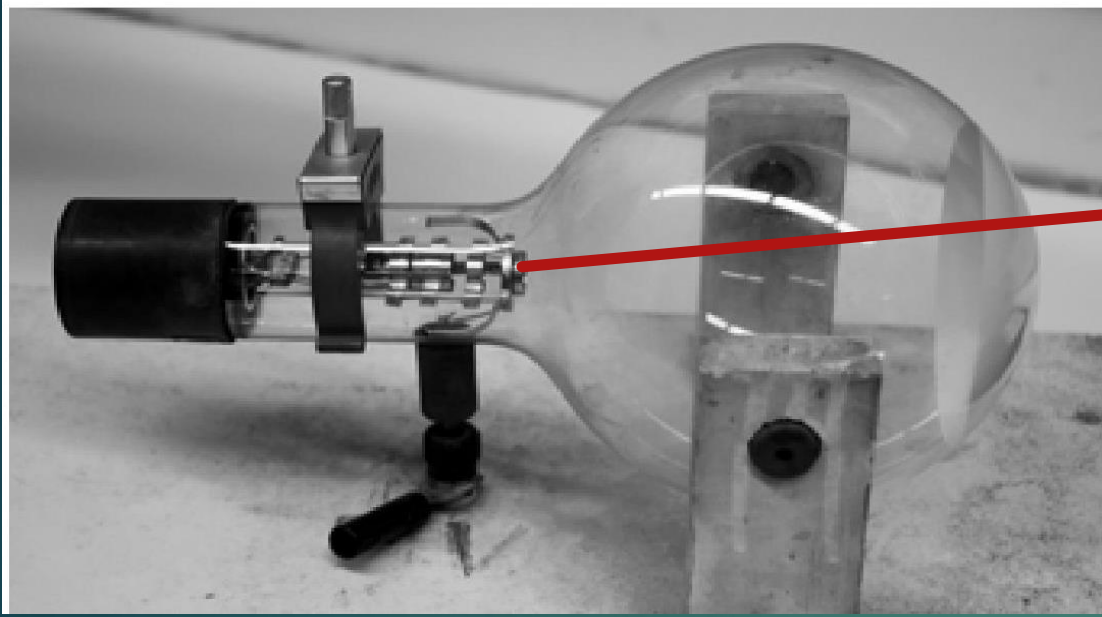
$$L=135 \text{ mm}$$



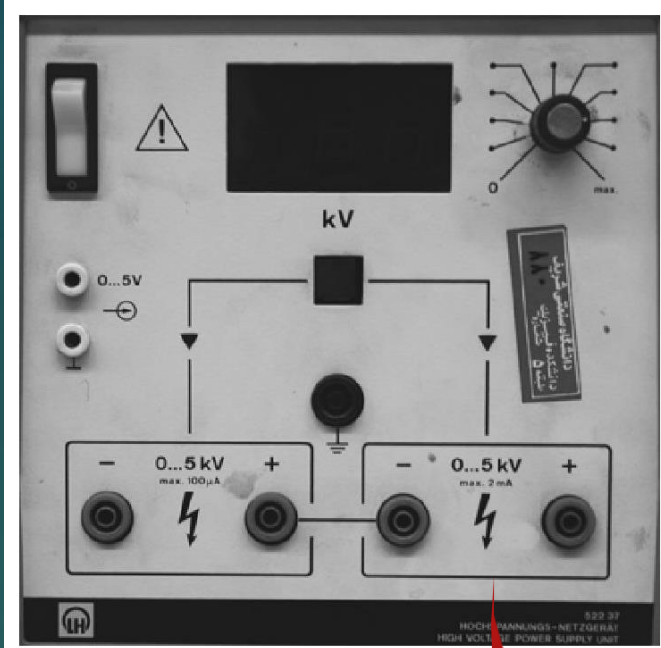
شکل ۲. طرح شماتیک برای تعیین زاویه پراش

$$\tan 2\theta = \frac{\sin \alpha}{\frac{L}{R} + \cos \alpha - 1} \quad (2)$$

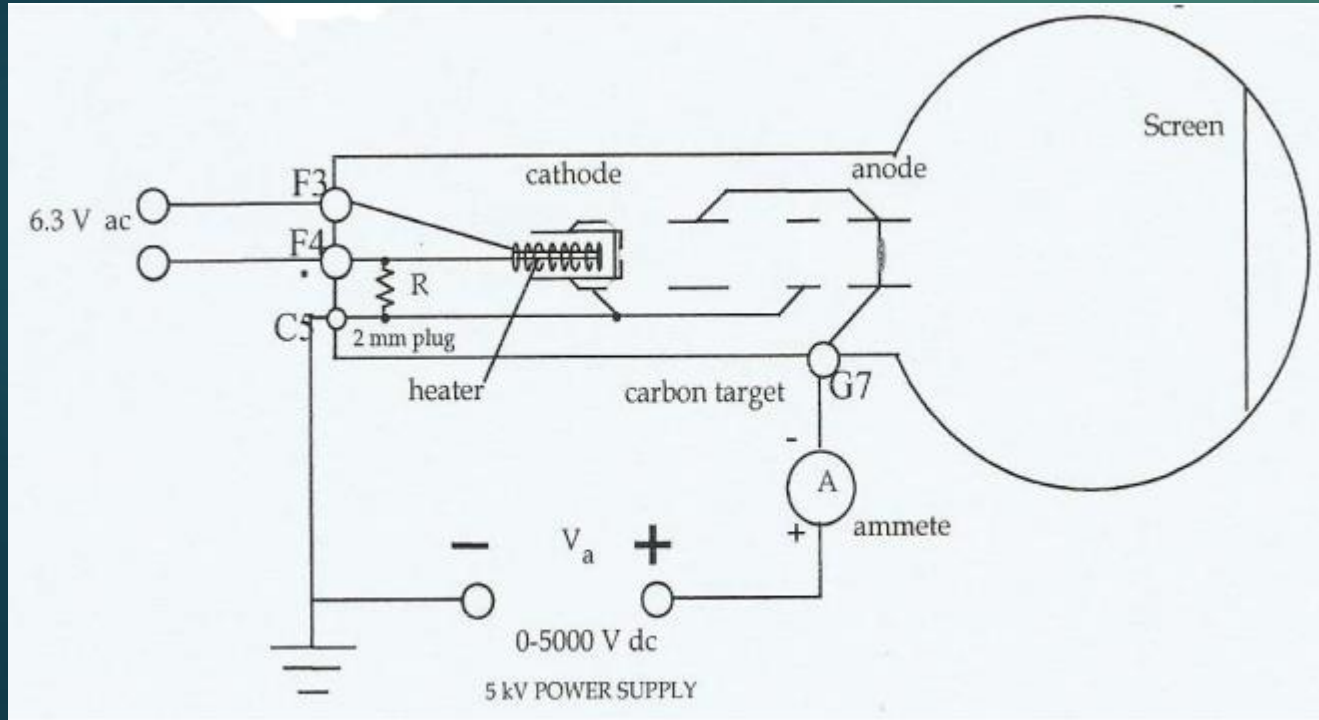
$$\sin \theta = \frac{h}{\sqrt{8me} d} \frac{1}{\sqrt{V}} \quad (3)$$



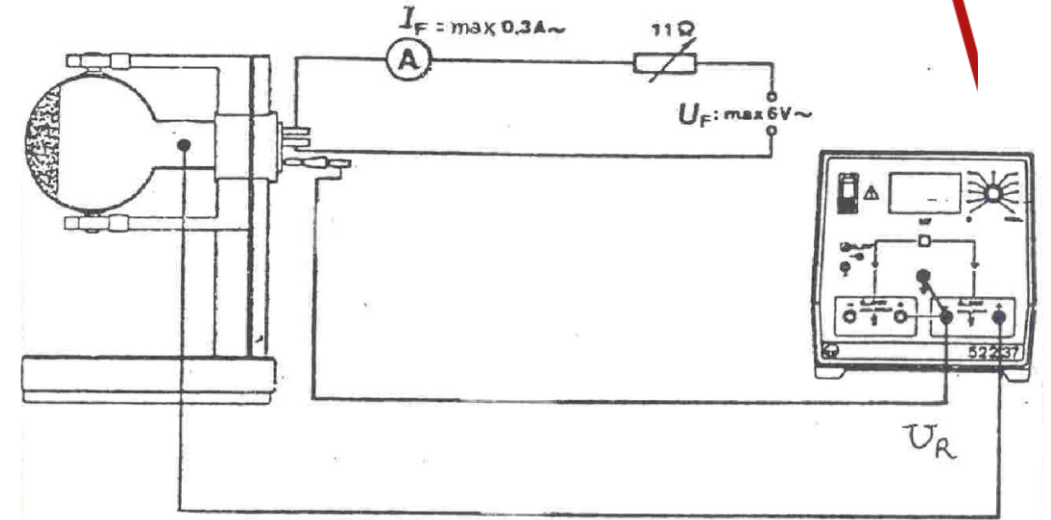
گرافیت طبیعی



شکل ۴. منبع ولتاژ لامپ



شکل ۵. اجزای محفظه لامپ الکترونی



شکل ۲. طرز اتصال دستگاهها

جدول و داده‌ها:

جدول ۱

ولتاژ آند (kV)	شعاع اولین دایره (mm)	شعاع دومین دایره (mm)	طول موج الکترون (A°)	d_1 فاصله براگ مربوط به دایره اول $n=1, (A^\circ)$	d_2 فاصله براگ مربوط به دایره دوم (A°), $n=1$
1.65	19	33			
2	18	30			
2.4	16	28			
2.8	15	26			
3.2	14	24			
3.6	13	23			
4	13	22			
4.5	12	21			
5	11	20			
5.6	11	18			

سوالات

در زمان انجام آزمایش به سؤالات زیر پاسخ دهید.

۱. برای به دست آوردن تکانه الکترون از روابط نسبیتی استفاده کردید یا کلاسیکی؟ چرا؟

۲. در مورد نتایجی که از آزمایش انتظار دارید بحث کنید.

۳. نقطه نورانی مرکز لامپ مربوط به چیست؟

پاسخ سؤالات زیر را در جلسه بعد تحویل دهید.

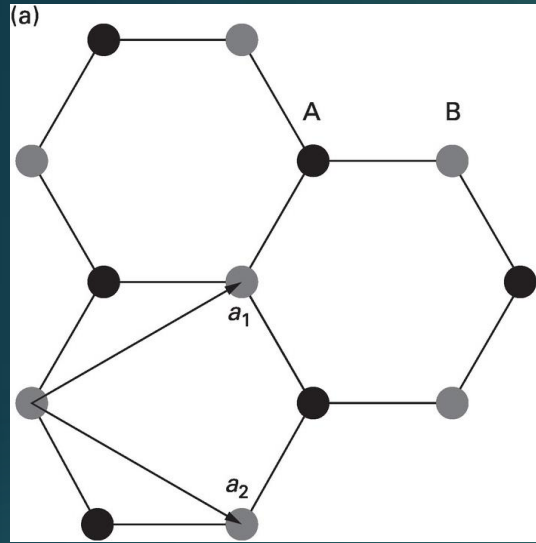
۱. با توجه به شکل ۲، رابطه ۲ را به دست آورید.

۲. با استفاده از انرژی الکترون و رابطه براگ، رابطه ۳ را به دست آورید.

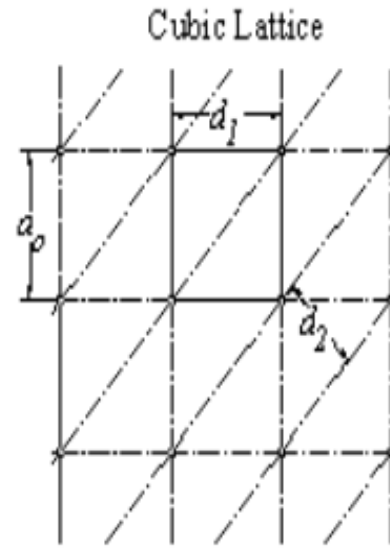
۳. برای هر دو حلقه، نمودار $\sin\theta$ بر حسب $1/\sqrt{V}$ را رسم کنید و با استفاده از آن ثابت های شبکه

d_1 و d_2 را محاسبه کنید. نسبت d_1 به d_2 چیست؟

۴. آنچه در سؤال قبل محاسبه کردید، فواصل دو مجموعه صفحات براگ پلی کریستال گرافیت بوده است. شکل های زیر مجموعه صفحات براگ دو شبکه اتمی مکعبی و شش ضلعی را نشان می دهد. در هریک نسبت d_1 به d_2 را حساب کنید.



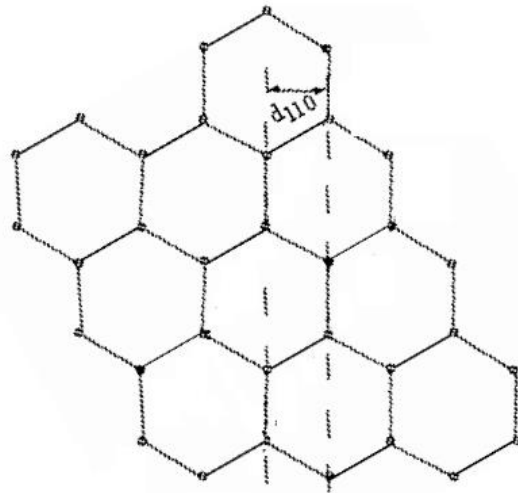
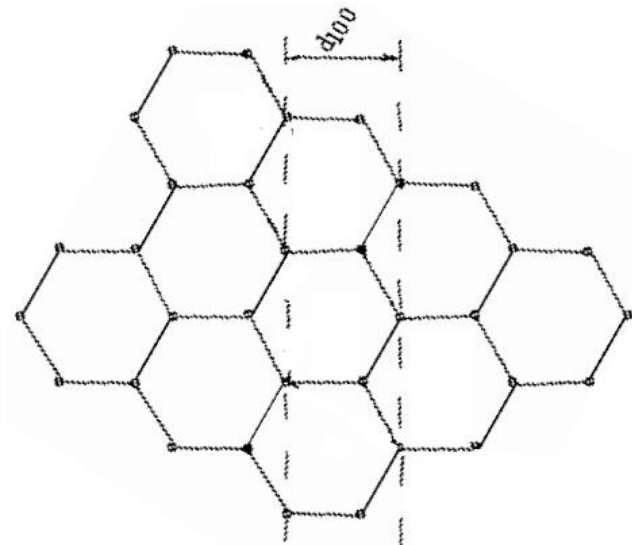
(a)



(b)

با توجه به سؤال قبل، حدس می زنید ساختار گرافیت مکعبی است یا شش ضلعی؟ با توجه به این ساختار، فاصله دو اتم کربن را به دست آورید و با مقدار واقعی آن ($1/42 \text{ \AA}$) مقایسه کنید.

۵. چطور می توان نشان داد که هر دو دایره مربوط به پراش در مرتبه اول است؟



۶. اگر به جای الکترون از پروتون استفاده شود و قطر دایره ها تغییر نکند، نسبت اختلاف پتانسیل برای دو آزمایش الکترون و پروتون چقدر است؟

۷. چرا طبیعت موجی ماده در مشاهدات روزمره مشهود نیست؟

۸. در آزمایش پراش با نور مرئی، توری پراش با ایجاد خطوط نازک نزدیک به هم روی شیشه ساخته می شود (آزمایش ریدبرگ). چرا این توری ها در آزمایش های پراش الکترون یا اشعه ایکس مناسب نیستند؟

۹. از پدیده پراش الکترون چگونه در میکروسکوپ های الکترونی استفاده می شود؟

۱۰. پرتوی الکترونی چگونه بر روی نمونه متمرکز می شود؟ در رابطه با عدسی مغناطیسی توضیح دهید.

۱۱. چرا نمونه گرافیت می بایست نازک باشد؟

۱۲. اگر گرافیت به فرم بلوری بود طرح پراش چگونه می توانست باشد؟

۱۳. خطاهای آزمایش را بنویسید. آیا میزان خطا برای دو دایره یکسان است؟

سوالات آزمایش میلکان

- ▶ 1- اهمیت آزمایش میلکان چیست؟
- ▶ 2- قطرات روغن چگونه باردار می شوند؟
- ▶ 3- درباره نیروهای وارد بر قطرات روغن باردار توضیح دهید.
- ▶ 4- به چه روش های دیگری می توان مقدار بار الکترون را مشخص کرد؟