



T.C.  
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ

## FEN EDEBİYAT FAKÜLTESİ

### Fizik Bölümü

### Modern Fizik Laboratuvarı

### ELEKTRON KIRINIMI

### 6.DENEY

## 1 Deneyin Amacı:

Elektron kırınımının ve dalga- parçacık ikililiğinin gözlenmesi

## 2 Araçlar:

Elektron kırınım deney tüpü, maksimum 5' KV' luk güç kaynağı.

## 3 Teorik Bilgi:

deBroglie'nin parçacıkların dalga yapısı ile ilgili varsayımını ortaya attığı 1924 yıllarında elektromagnetik ışınımların dalga-parçacık olarak ikili görünümlü olduğu iyice anlaşılmış bulunuyordu. deBroglie bu ikililiğin maddeye de genişletilebileceğini ve parçacık denen varlıkların bazı durumlarda dalga gibi davranabileceğini ileri sürdü.deBroglie' ye göre bu dalganın belirgin  $\lambda$  dalgaboyu, p momentumuna, fotonlarda olduğu gibi,

$$\lambda = h/p \quad (1)$$

bağıntısıyla bağlı olmalıydı. ( $h=6.62 \times 10^{-34}$  j.sn)

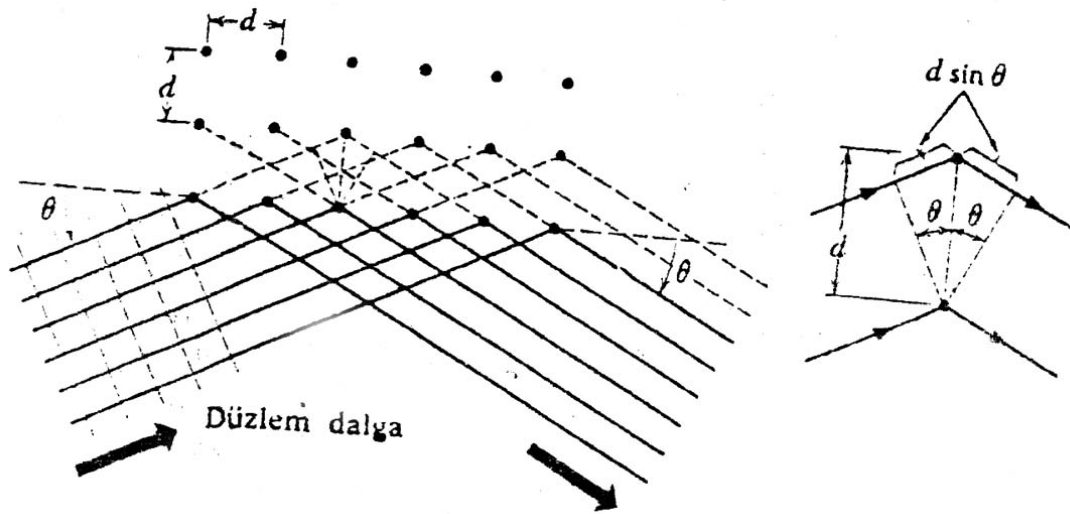
Parçacıkların dalga yapılı olduğunu gösteren ilk deneysel kanıtlama 1927'de Davisson ve Germer tarafından elde edildi. Bu deneyde bir yavaş elektron demetini nikelin tek kristalinden yansıtılar ve bulunan sonuçların, elektron dalgasının kristal örgüsünde kırınımına uğraması şeklinde anlaşılabilceğini gördüler. G.P.Thomson'un hızlı elektronlarla yaptığı deneylerle de Broglie'nin önerisinin doğruluğu bir kez daha kanıtlanmış oldu (1928).Thomson elektron demetini ince alimünyum, altın ve platin gibi madde yapraklarından geçirerek, bu çok kristalli hedeflerden halka biçimli kırınım desenlerini elde etti. Bu bilim adamı fluoresans perdede elektronların dalgaboyunun ne olması gerektiğini hesapladı. Aynı dalgaboyu, Broglie varsayımından gidilerekte bulunabilir. Bunun için elektronun momentumunu hızlandırıcı  $V_a$  geriliminden elde edebiliriz. Çünkü;

$$eV_a = \frac{1}{2} m V^2 \quad (2)$$

dir. Denk-1'den bulunan dalgaboyu ile kırınım değerinin %1 hata ile bağdaştığı görülmüştür.

Fiziksel optikte’de gözleendiği gibi, dalgaların varlığını kanıtlayan girişim ve kırınım olayları basit bir kırınım ağı yardımı ile elde edilebilir. En iyi el yapımı bir kırınım ağı mm’de 2000 yarığa sahip olan kırınım ağıdır. Aynı zamanda, mm’de 2000 yarık bulunan bir kırınım ağına 0.02 mm’lik dalga boyuna sahip bir dalga gönderildiğinde kırınım ağından 10 m uzaklıkta 0.05mm sapacak şekilde kırılır. 1912’de Loue, X-ışını çalışmalarında maddenin tanecikli yapısından dolayı çok ince bir kırınım ağı yapılamadığından, belki maddenin granürlü yapısını kullanarak uygun bir kırınım ağı yapılabileceğini önerdi. Daha sonraları Bragg atomlar arası uzaklığı hesaplamak için NaCl kübik sistemini kullanarak X- ışınları için yukarıdaki önermeyi doğrulamıştır.

Kırınım deseninde keskin bir maksimum gözlenebilmesi koşulu, çeşitli kristal örgü düzlemleri takımına basit bir şekilde bağlanmaktadır. Gelme ve yansıma açılarının eşit olması ve komşu düzlemlere göre yol farkının, dalgaboyunun bir tam katı olması halinde verilen bir düzlem takımından yapıcı bir girişim gözlenecektir. Bu koşul Şekil-1’ e göre,



Şekil 1

$$2d \sin \theta = n\lambda \quad (3)$$

için sağlanır. Burada  $\lambda$  dalgaboyu,  $d$  kristalin komşu örgü düzlemleri arasındaki uzaklık,  $n$  ise yansıma derecesi denilen bir tamsayıdır. Denk-3’e **Bragg yasası** denir.

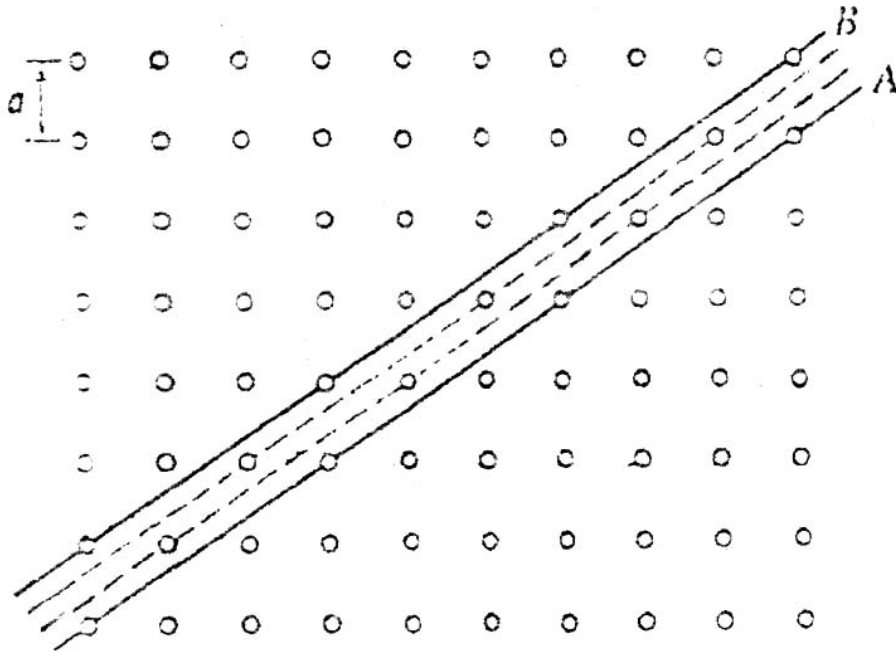
Bu ifade X- ışınlarının bir kristal örgüsünde kırınım ile yapıcı girişim vermesi koşuluna eşdeğerdir.

Denk-3'ün her iki tarafını  $n$ 'ye bölünerek yeni bir anlam kazandırılabilir:

$$2.(d / n). \sin \theta = \lambda \quad (4)$$

Demek ki  $d$  aralıklı örgü düzlemlerinden gelen  $n$ 'inci basamaktan yansıma ile, aralıkları  $d/n$  olan düzlemlerdeki birinci basamaktan yansıma eşdeğerdir. Bu ise gerçek örgü düzlemleri arasında  $n-1$  tane ek düzlemin bulunduğu duruma uyar. Verilmiş bir sıra yansıma düzlemi için Bragg koşuluna uyan bir tek açı vardır. Uygun yönelmiş bir kristal, gelen demet doğrultusu çevresinde döndürülürse kırınım demeti de döndürülecektir. Sonuç olarak, bir kristal tozu için veya mikro kristal yönelmeleri gelişigüzel olan çok kristalli bir örnek için en fazla  $2\theta$  yan açılı halkalardan oluşmuş bir kırınım deseni elde edilecektir.

Kristal yapısı biliniyorsa komşu kristal düzlemleri arasındaki  $d$  uzaklığını bulmak için elimizde düzenli bir yol var demektir. Bunu ilk önce iki boyutlu örgü için etraflıca inceleyerek ve daha sonra ilgili bağıntıları üç boyutlu örgülere genişleteceğiz. Şekil 2'de  $a$  aralıklı karesel bir örgü görülüyor,  $A$  sırası için örgü noktalarının özelliği, her bir noktanın bir öncekine göre 3 birim sağda ve 2 birim yukarıda olmasıdır.  $B$  ile gösterilen sıra, ilkinde paralel kalacak biçimde düşey doğrultuda yer değiştirmiştir.



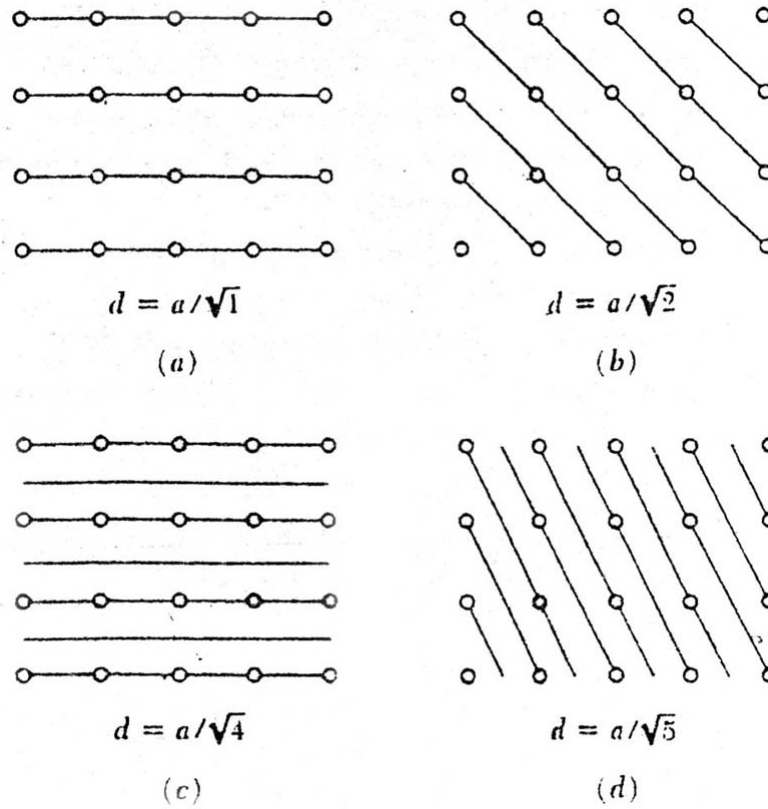
Şekil 2

Söz konusu iki sıra arasında ayrıca, şekilde noktalı çizgilerle gösterilen eşit aralıklı iki paralel sıra daha bulunmaktadır. Bunların aralığı ise;

$$\frac{a}{(2^2 + 3^2)^{1/2}} \quad (5)$$

olacaktır. Bu sonucun kolay bir genellemesini kısaca verelim. Verilen bir sırada, her nokta bir öncekinden h birim sağda ve k birim yukarıda ise, h ve k birer tam sayı olduğuna göre düşey doğrultuda bir birim kaymış olan sıra ilk sıradan

$$d = \frac{ha}{(h^2 + k^2)^{1/2}} \quad (6)$$



**Şekil 3**

ile verilen bir d uzaklığında bulunacaktır. Bu iki sıra arasında ayrıca eşit aralıklı h-1 tane ara sıra bulunmaktadır. Bunların aralığı da

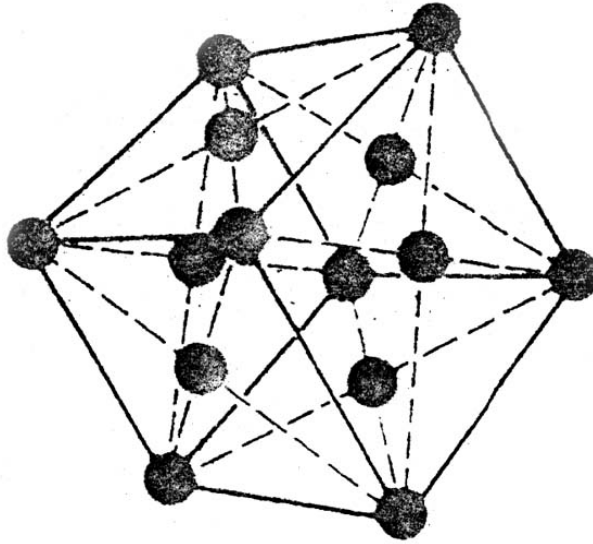
$$d = \frac{a}{(h^2 + k^2)^{1/2}} \quad (7)$$

ile verilecektir.  $(h,k)$  sayılar tümcesine Miller indisleri denir; böyle bir tümce bir tek düzlem takımı belirtir ve her hal için düzlemler arasındaki uzaklık Denk-7 ile verilir. Şekil-3' de çeşitli örnekler görülmektedir.

Burada,  $(h,k)=(2,0)$  düzlemlerindeki birinci basamak yansımanın  $(h,k)=(1,0)$  düzlemlerinden olan ikinci basamak yansıma eşdeğer olduğunu belirtelim. Bir takım gerçek olmayan ara düzlemlerdense, birinci basamaktan yansımalarla uğraştığımızı düşünmek her zaman daha basittir.

Şekil 1.3' de görülen karelerin her birinin ortasına ek bir atom yerleştirmiş olalım; böyle bir örgüye "kare merkezli örgü" denebilir.

Sonradan konan bu atomlar Şek-3a ve 3d' de görülen düzlemlerin arasında tam ortada bulunacağından bunlar düzlemlerden gelen yansımaları söndürecekler. Fakat bunlar Şek-3b ve 3 c' deki gibi düzlemlerin tam üstünde bulunurlar ve yansımayı desteklerler. Bu sonuç şöyle genelleştirilebilir; kare merkezli bir örgüde yansımalar,  $h$  ve  $k$ ' nın her ikisinin birden çift (üçüncü düzlem tümcesinde olduğu gibi) veya tek (ikinci tümcede olduğu gibi) olması koşulu ile  $d$ 'nin Denk-7 'ye göre alacağı değerlere karşılıktır. Bunun dışında yapıcı girişim görülmeyecektir.



**Şekil 4**

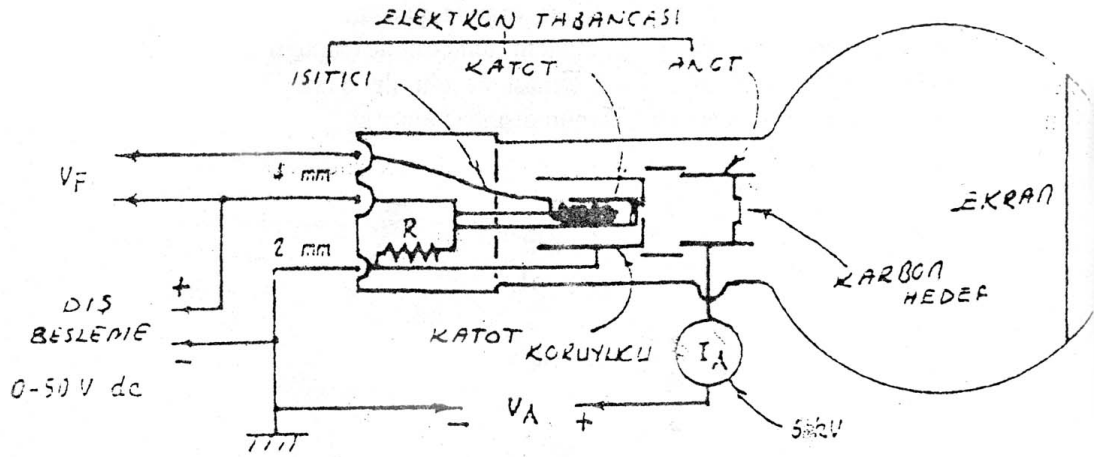
Buradan doğrudan üç boyuta genellemeye gidilecek fakat bu ayrıntılı olarak tartışılmayacaktır. Miller indisleriyle  $(h, k, l)$  belirlenen komşu kristal düzlemleri arasındaki uzaklık

$$d = \frac{a}{(h^2 + k^2 + l^2)^{1/2}} \quad (8)$$

ile verilir. Burada h, k, ve l birer tam sayıdır. Bir kübün yüzey merkezlerine Şek.4'de görüldüğü gibi birer atom yerleştirerek bulacağımız örgüye yüzey merkezli küp denir ve kısaca fcc olarak gösterilir. Son olarak, kırınım açıları Miller indisleri cinsinden Denk (4) ve (8) bir araya getirilerek,

$$\sin \theta = \frac{\lambda}{2dn} = \frac{\lambda / 2a}{(h^2 + k^2 + l^2)^{1/2}} \quad (9)$$

şeklinde ifade edilebilir.



Şekil 5

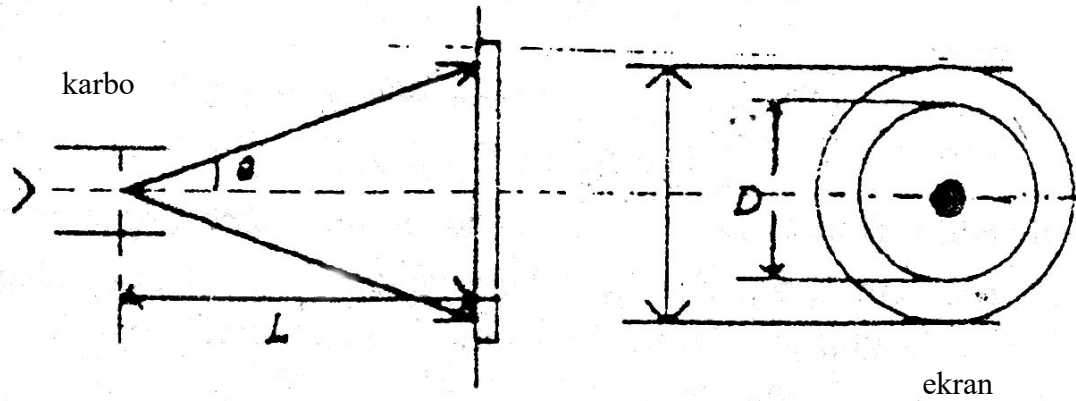
### Deneyin Yapılışı

Yapacağımız bu deney, Thomson'un gelişigüzel dizilmiş kristallerden oluşmuş ince bir yapraktan elektron demetinin geçirilmesi yöntemine dayanır. Bu deneyde elektron kırınımının yanı sıra, katot ışınlarının ve yüklü parçacıklardan çıkan ışınların benzer özellikte olduğu görülecektir.

Kullanılan deney düzeneği Şekil-5'den de görüleceği üzere genel hatlarıyla bir elektron kırınım tüpü ve güç kaynağından oluşmaktadır. Elektron kırınım tüpü elektronların ince bir demet halinde şeffaf cam bir tüpün iç yüzeyindeki lüminesans

ekrana yayılmasını sağlayan elektron tabancasından oluşur. Tabancanın çıkış ucunda bulunan Nikel ızgara üzerine ince bir tabaka halinde grafit karbon buharlaştırılmıştır.

Hedef karbon kullanılmasının nedeni karbonun vakuma karşı kararlı olması ve farklı yolla şekillenebilir olmasındandır. Elektron demeti karbon hedeften geçerken 0.123 ve 0.213 mm'lik karbon atomlarının uzaklığına uygun olarak iki halka oluşturacak şekilde kırımına uğrar. Elektron demetinin kaynağı dolaylı yoldan ısıtılan oksit kaplı katottur. Grafit karbondan geçen elektron sadece birkaç moleküler tabaka kalınlığından geçer ve bu yüzden akımın çok yükselmesiyle karbon hedefin delinmesine dikkat edilmelidir. Sistemde hedef karbon atoma gelebilecek bu tarzdaki zararları en az olasılığa inmesini ters otomatik besleme sağlar. Aynı zamanda, anot akımı asla 0.2 mA'in üzerine çıkmamalıdır.

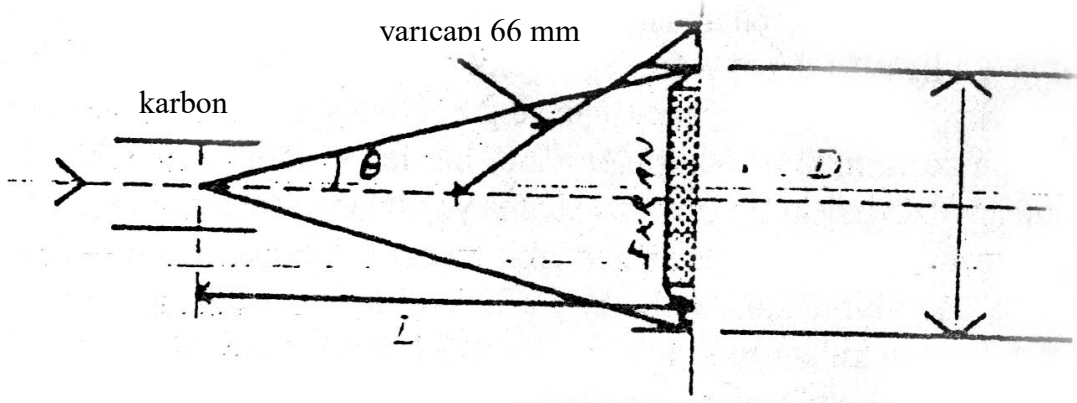


Şekil 6

Düzeneğe akım verildiğinde katotun ısısal olarak kararlı hale geçmesi için yaklaşık 1 dakika beklenir ve E.H.T 4 kV a ayarlanır. Böylece Şekil 6 da görülen merkezi bir nokta etrafında iki halka elde edilir.

Anot voltajının değişiminden dolayı halkaların çapıda değişecektir. Dolayısıyla voltajdaki azalma çaptaki bir artış olarak gözlenir. Bir başka ifadeyle; gözlenen momentum'daki azalma ile dalgaboyu artış arasındaki ilişki de Broglie'nin öne sürdüğü fikirden başka bir şey değildir. Bu, aynı zamanda elektronun çift doğasını da açıklamaktadır.





Şekil 7

Denklem (2) denkleminde  $V\alpha$  çözülerek, denklem (1)'deki yerine konulursa;

$$\lambda = h/mv = h / (2emV\alpha)^{1/2} = 1.23 (V\alpha)^{-1/2} \text{ nm} \quad (10)$$

elde edilir. Küçük açılar için kırınım şartı;

$$\lambda = d \cdot \theta \quad (11)$$

dir. Burada  $\theta$  Şekil-7'deki geometrik ilişkiden hesaplanabilir.

Dolayısıyla;

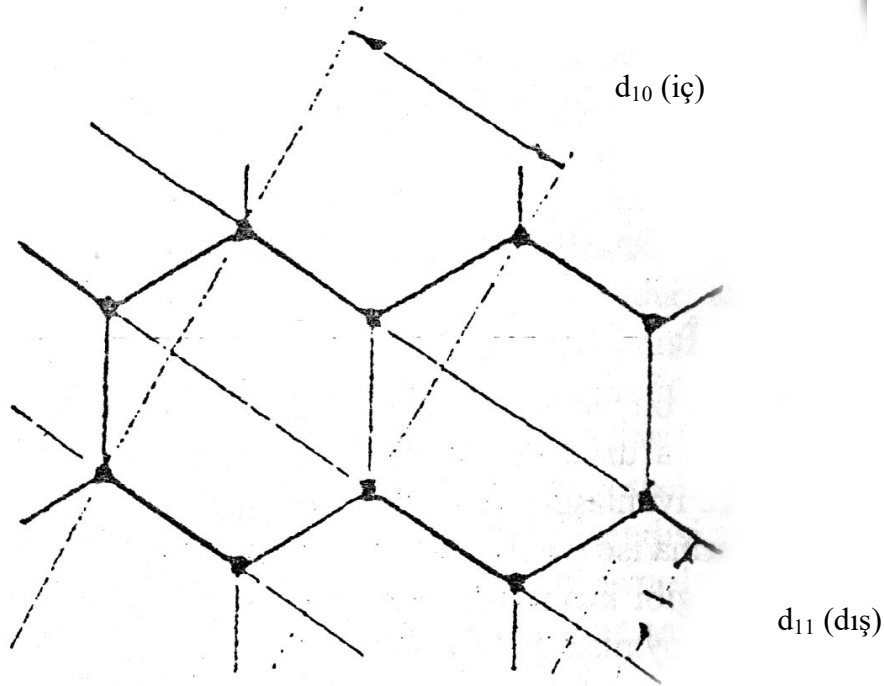
$$\theta = D / 2L \quad (12)$$

$$D \cdot d / 2 = 1.23 \cdot (V\alpha)^{-1/2} \quad (13)$$

Elde edilir. Burada D ve  $V\alpha$  değişkenlerdir. Farklı  $V\alpha$  (anot voltajı) değerleri için D değerleri hesaplanır ve tablolandır. Burdan hareketle  $V\alpha^{-1/2}$ - D grafiği çizilir. Denklem (13) kullanılarak iç ve dış halkalar için grafikler çizilerek grafiklerin eğimlerinden  $d_{10}$  ve  $d_{11}$  bulunur.

a)  $d_{10}$  ve  $d_{11}$  değerlerini yorumlayınız. (Karbonun hekzagonal yapıda olduğunu göz önüne alarak kabaca şekillendiriniz)

b) Bulduğunuz sonuçlar de Broglie hipotezini doğrular mı? Açıklayınız.



Şekil 8

### Sorular

- 1-)Dualite ilkesi, Miller indisleri ve Bragg kanununu nedir? Açıklayınız.
- 2-)Kristal düzlemi deyince ne anlıyorsunuz ? Açıklayınız.
- 3-) Bir elektron hangi potansiyel altında hızlandırılmalı ki de Broglie dalga boyu  $0.1 \text{ Å}$  olsun?
- 4-)Dalga boyu 100 eV enerjili bir elektronunkine eşit olan bir fotonun enerjisi ne kadardır? Böyle bir foton elektromagnetik spektrumun hangi bölgesinde yer alır?
- 5-)Kristal ile kırınım deneylerinde protonlardan yararlanılabilir mi? Bunun için yeterli proton enerjisi nedir? Burada, elektron kırımında görülmeyen ne gibi güçlükler çıkabilir?
- 6-) Bir elektron, hidrojen atomunun çapına eşit bir de Broglie dalga boyuna sahiptir. Elektronun kinetik enerjisi nedir? Bu enerji hidrojen atomunun taban durumu enerjisi ile nasıl karşılaştırılır?
- 7-) Bir V potansiyel farkı ile hareketsiz bir halden hızlandırılan elektronun de Broglie dalga boyunun  $\lambda = 1,226/\sqrt{V} \text{ nm}$  ile verildiğini gösteriniz. Burada V volt birimindedir.
- 8-) 150 g kütleli bir taş parçası 50 m/s lik bir hızla atılıyor. Taşın de Broglie dalga boyunu bularak sonucunuzu yorumlayınız.