



T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ

FEN EDEBİYAT FAKÜLTESİ

Fizik Bölümü

Modern Fizik Laboratuvarı

BALMER SERİSİ VE RYDBERG SABİTİNİN TESPİTİ

3. DENEY

1 Deneyin Amacı:

Hidrojen, Neon, Argon ve Helyum atomlarının spektrumlarının incelenmesi ile dalga boylarının bulunması, H2 spektrumundaki Balmer serisinin incelenmesi, Planck sabiti, C Balmer sabiti ve R Rydberg sabitinin belirlenmesi.

2 Araçlar

H, He, Ar ve Ne tüpleri; deşarj tüpü ve optik kırınım deney düzeneği.

3 Teorik Bilgi

Bir elementin uygun şartlar altında yaydığı ışık bir prizmadan geçirilirse o elemente özgü ve onun atom yapısı hakkında çok değerli bilgi veren belirli bir çizgili tayf elde edilir. Bu bilgi hazinesinin kapısı BALMER (1885) tarafından açılmıştır. Hidrojenin görünür bölgedeki çizgili tayfı hakkında Balmer'in ortaya koyduğu bağıntı, Rydberg ve Ritz (1908)' in çalışmaları ile

$$\lambda = C \frac{m^2}{m^2 - n^2} \quad \text{ve} \quad \frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \quad (1)$$

şeklinde genelleştirilmiştir. İlk eşitlikte λ , gözlenen tayf çizgilerinin dalgaboyu; C, Balmer sabiti ve Balmer serisi için $n=2$ ve $m=3,4,5,..$ dir. İkinci eşitlikte yine λ , gözlenen tayf çizgilerinin dalgaboyu; R, Rydberg sabiti; n_1 ve n_2 tamsayılarıdır. Balmer serisi adı verilen görünür bölgedeki hidrojen tayfı için $n_1=2$ ve $n_2=3,4,5,..$ dir.

Çizgili tayfların fiziksel bakımdan ilk açıklaması, Danimarkalı fizikçi Niels Bohr (1913)'un geliştirmiş olduğu atom teorisi ile yapılabilmektedir. Bohr modeli 1910'lu yıllarda ortaya atılmış ve 3 varsayım üzerine kurulmuştur.

1. Elektronlar, ışıma yapmadan çekirdek etrafında belirli yörüngelerde hareket edebilirler.
2. Kararlı seviyelerde açısal momentum kuantumludur. $mvr = n\hbar$ ($n=1,2,3,..$)
3. Elektronlar, ancak kararlı seviyeler arasında geçişler yaparken ışıma yaparlar. Bu ışımanın enerjisi, geçiş yapılan seviyeler arasındaki enerji farkına eşittir. Bohr'a göre atom numarası Z olan bir çekirdeğin n. tabakasında bulunan bir elektronun enerjisi CGS birimleri kullanıldığında,

$$E = - \frac{2\pi^2 m Z^2 e^4 k^2}{n^2 h^2} \quad (2)$$

olup, burada m , elektronun kütlesi; e , elektronun yükü; h , Planck sabiti; $k=1/4\pi\epsilon_0$ ve $n=1,2,3..$ tamsayı değerlerini alan başkuantum sayısıdır. Bu elektron herhangi bir şekilde yüksek enerjili bir düzeyden çekirdeğe daha yakın alçak enerjili bir düzeye geçerse iki enerji düzeyi arasındaki enerji farkı, hf enerjili bir ışık fotonu halinde yayılır ve spektrumda frekansı f olan çizgi belirir. $n = n_2$ yüksek ve $n = n_1$ düşük enerji düzeylerine karşılık gelen kuantum sayılarını göstermek üzere,

$$hf = E_{n_2} - E_{n_1} \quad (3)$$

yazabiliriz. $C = \lambda f$ olduğunu göz önüne alarak (2) ve (3) bağıntılarından,

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{2\pi^2 m Z^2 e^4 k^2}{h^3 c} \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \quad (4)$$

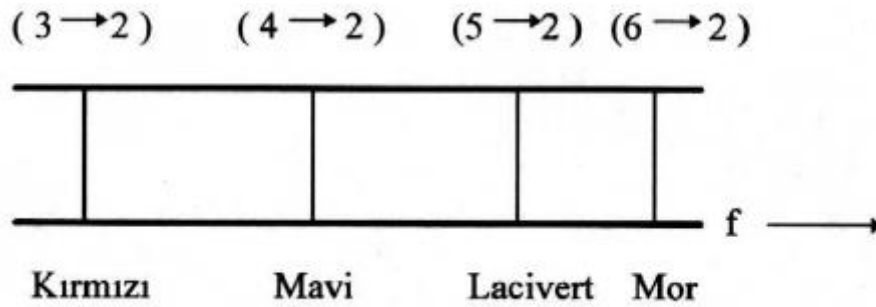
bulunur. Parantez dışındaki Rydberg sabitidir.

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \quad (5)$$

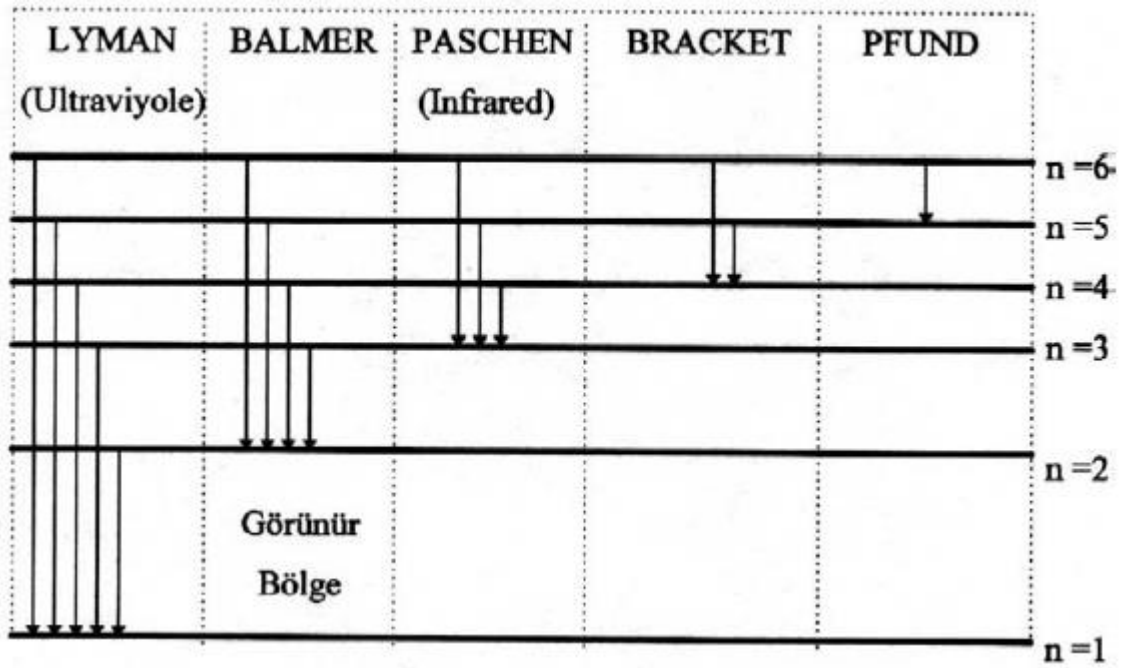
şeklinde yazabiliriz. Parantez dışındaki çarpanın hidrojen için değeri ($Z=1$)

$$R = \frac{2\pi^2 m e^4 k^2}{h^3 c} \quad (6)$$

olup, (1) bağıntısındaki Rydberg sabitine eşittir. Eşitlik (4)'de $n_1=2$ ve $n_2=3,4,5,..$ değerleri alınırsa (1) bağıntısı ile verilen Balmer serisi elde edilir. Şekil 1'de Hidrojen tayfının Balmer serisi çizgilerinin görünür bölgede olanları gösterilmiştir.



Şekil 1. Hidrojen tayfının Balmer serisi ($n_1=2$)



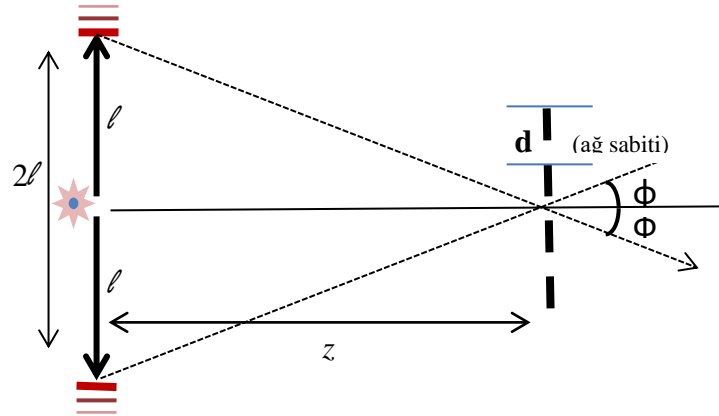
Şekil 2. Elektromanyetik spektrum çizgileri (H için)

Kırınım Ağı veya Optik Şebeke

Kırınım ağı veya Optik Şebeke adı verilen alet, genellikle saydam bir levha üzerine birbirine paralel ve eşit aralıklı olarak çizilmiş ince ve sık çizgilerden oluşmuştur. Çizgiler ışığı geçirmez fakat çizgiler arasında kalan saydam kısımlar ışığı geçirir.

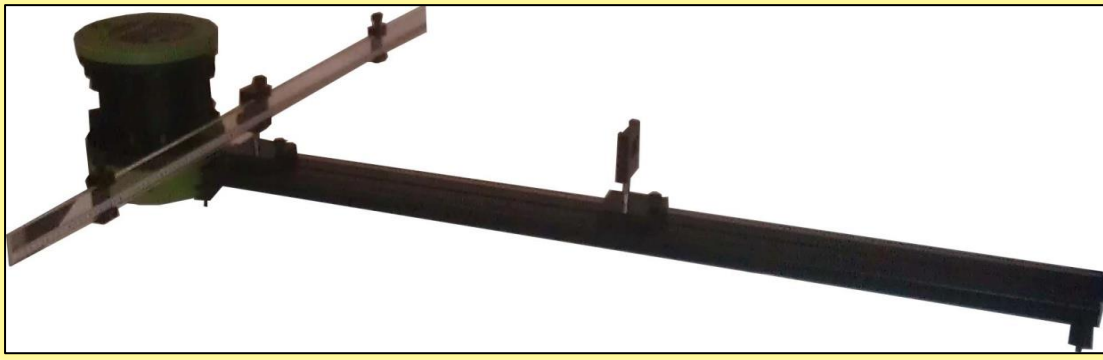
(λ) dalga boyundaki ışık, (d) kırınım sabitine sahip kırınım ağı üzerine düştüğünde sapma meydana gelir. Sapma açısının (θ) , eşitlik (7)'deki koşulu sağladığı durumlarda maximum yoğunluk oluşur:

$$d \sin \theta = m \lambda \quad (7)$$



Şekil.3

Burada d komşu iki yarığın merkezleri arasındaki uzaklık olup “ağ sabiti” adını alır, m ise “kırınım mertebesi ya da derecesi” adını alır.



Şekil 4 Balmer serisi deney düzeneği

4 Deneyin Yapılışı

1. Şekil 3’de görülen deney düzeneğini kurunuz.
2. Deney düzeneğimizde kırınım ağı yardımıyla elde edilen spektrum çizgilerine ait açılar, derece cinsinden doğrudan doğruya cetvelden ölçülebilir. Bölmeleri rahatlıkla görmek için odanın yeterince loşlukta olmasını sağlayınız.
3. Helyum tüpü güç kaynağı üzerinde seçilerek ön pozisyona getirilir.
4. Güç kaynağının güç düğmesi açılır. Spektrum tüpünün aydınlanması beklenir.
5. Optik ray üzerine yerleştirilmiş olan optik tutucuya “600 çizgili kırınım ağı” yerleştirilir. Şeffaf gözlem cetveli, Optik ray üzerindeki skalada 1 cm’ye (spektrum lambaya mümkün olan en yakın mesafeye) yerleştirilir. Şeffaf

gözlem cetveli ile kırınım ağı arasındaki mesafe yaklaşık 81 cm olarak ayarlanır.

6. Kırınım ağının arka tarafından gözünüz ile mümkün olduğunca yakın mesafeden bakarak, şeffaf cetvel üzerine düşen spektrum çizgileri gözlemlenir.
7. Helyum spektrumundaki karakteristik çizgiler ve dalga boyları Tablo 6.1 de verilmiştir. Her bir çizgi için açıları cetveldен okuyarak kaydediniz.
8. Cetvel üzerinde kürsör ile sağ ve sol tarafta aynı renkteki spektrum çizgileri işaretlenir. Bu çizgilerin arasındaki mesafe ($2l$) ölçülür kaydedilir. Şeffaf cetvel ile kırınım ağı arasındaki mesafe (z) ölçülür, kaydedilir.

Ölçülmesi gereken çizgiler birinci dereceden (ilk sırada gözlemlenen) çizgiler olmalıdır.

5 Hesaplamalar

Tablo 1 He spektrumu

Çizginin rengi	λ (Å°)	Θ (°)	$\sin\theta$
Mor	4471		
Mavi	4713		
Koyu Yeşil	4921		
Yeşil	5015		
Sarı	5875		
Koyu Kırmızı	6678		
Açık Kırmızı	7065		

1. Tablo 1’deki veriler ile λ - $\sin\theta$ grafiğini çiziniz. Bu grafiğe “*ayar eğrisi*” denir.

$$\sin \theta = \frac{l}{\sqrt{l^2 + z^2}}$$

2. Grafikten yararlanarak kırınım ağındaki iki çizgi arasındaki mesafe, d (ağ sabiti) ve santimetredeki çizgi sayısını, $1/d$, bulunuz. ($d_{\text{teorik}} = 1\text{mm}/600 = 1,667\mu\text{m}$).

3. He tüpünü çıkarıp yerine sırasıyla Hidrojen, Neon ve Argon tüpünü takınız ve tayf çizgilerine ait açıları ölçünüz ve ilgili tabloya kaydediniz.
4. Açılarının sinüs değerlerini bulup, dalga boyu ayar eğrisinden elde edilen parametreler ve denklem 7'den faydalanarak her bir çizginin dalga boylarını hesaplayınız.
5. Elde edilen bu bilgiler ile H_2 için bulunan dalga boyları kullanılarak her biri için denklem (1)'den C, Balmer sabitini ve R, Rydberg sabitini hesaplayınız.
6. Bulduğunuz Rydberg sabitinin ortalamasını alarak denklem (6)'dan Planck sabitini bulunuz.

Tablo 2 Hidrojen spektrumu

Çizginin rengi	$\Theta(^{\circ})$	$\sin\theta$	$\lambda (A^{\circ})$
Mor			
Yeşil			
Kırmızı			

Tablo 3 Neon spektrumu

Çizginin rengi	$\Theta(^{\circ})$	$\sin\theta$	$\lambda (A^{\circ})$
Mor			
Yeşil			
Sarı			
Kırmızı			

Tablo 4 Argon spektrumu

Çizginin rengi	$\Theta(^{\circ})$	$\sin\theta$	$\lambda(A^{\circ})$
Mor			
Yeşil			
Turuncu			
Kırmızı			

Tablo 1’de He spektrumuna ait renkler karşılık gelen dalga boyları verilmektedir. Esasında renklerin dalga boylarının uzunluğundan daha çok band genişlikleri daha kullanışlı olmaktadır. Band genişlikleri Tablo 5’de verilmektedir.

Tablo 5. Renklerin Dalga boyu ve Frekans aralıkları

Renk	Dalga boyu aralığı	Frekans aralığı
Kırmızı	700-635 nm	430-480 THz
Turuncu	635-590 nm	480-510 THz
Sarı	590-560 nm	51-540 THz
Yeşil	560-520 nm	540-580 THz
Açık Mavi	520-490 nm	580-610 THz
Mavi	490-450 nm	610-670 THz
Mor	450-400 nm	670-750 THz

Sorular

1. Ölçülen dalga boylarından frekanslar hesaplanarak Hidrojen atomu için enerji düzeyleri arasındaki farkları bulunuz. Enerji düzeyleri diyagramını çizerek Balmer serisini gösteriniz.
2. Hidrojen atomunun Balmer serisinde yayınlanan en düşük enerjili fotonun dalga boyunu ve enerjisini bulunuz.
3. Denklemler (2) ve (4) ile verilen bağıntıları türetiniz.
4. Bohr modelini kullanarak He atomunun görünür bölge spektrumundaki çizgilerin dalga boylarını Å cinsinden hesaplayınız.