

4. ATOM VE MOLEKÜL TAYFLARI

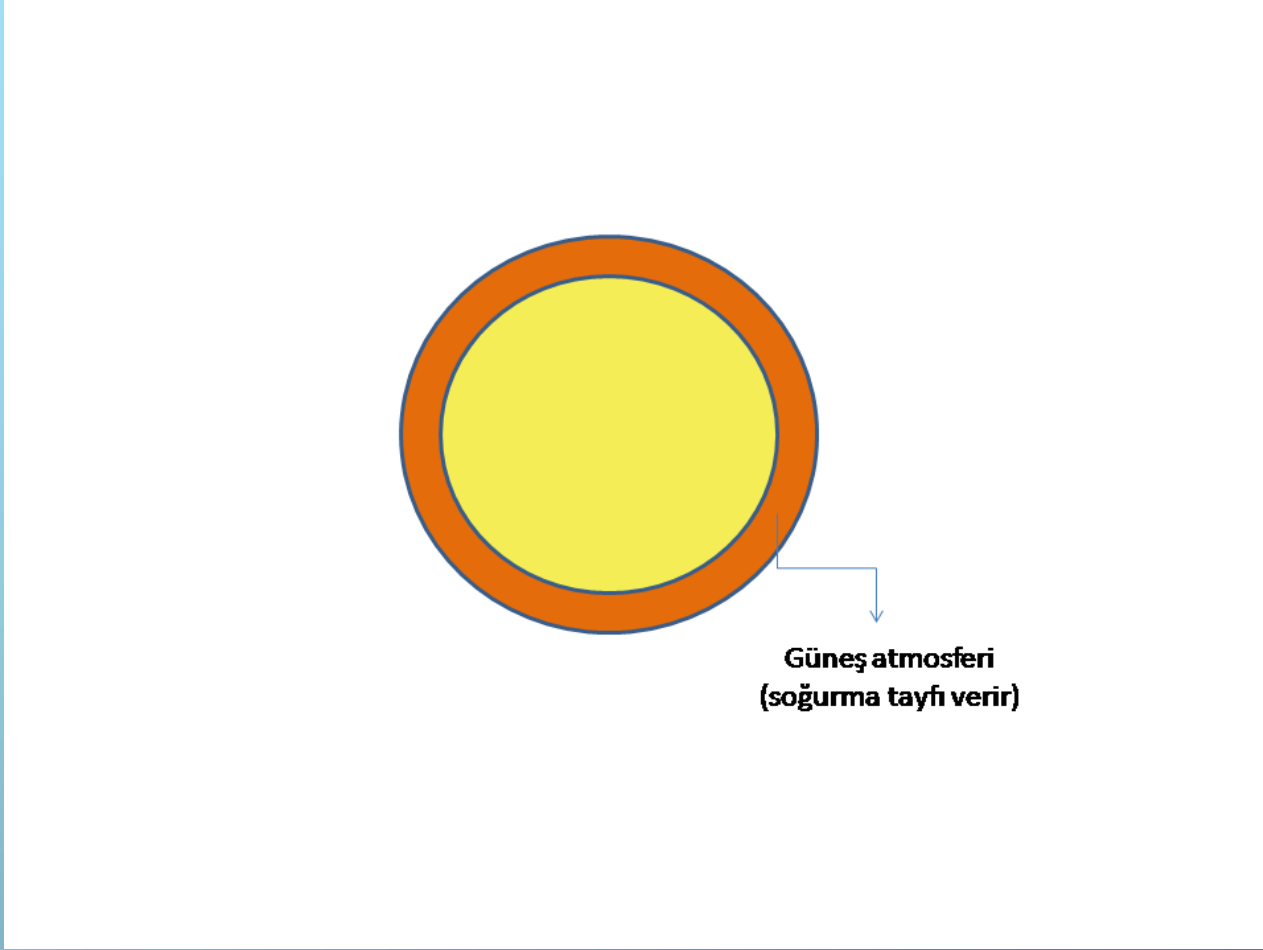
4.1 Giriş

Modern kuantum kuramı gelişmeden önce, tayfların açıklanması ancak temel düzeyin altında gelişti. Güneş benzeri yıldızların tayflarında görülen çoğu çizgilerin kimyasal kaynağı bulunmuştu. Kirchhoff'un üç yasası, kaynakların genel yapısıyla salınan tayf arasındaki ilişkiyi vermektedir. Örneğin,

- 1 – Katı, sıvı ya da basınç altındaki gazlar sürekli tayf verir,
- 2 – Alçak basınç altındaki sıcak gazlar, parlak çizgiler gösteren bir salma tayfı verir,
- 3 – Bir gaz, daha sıcak olan sürekli bir tayf veren bir kaynağın önüne bulunduğu karanlık çizgiler ya da sürekli tayf üzerine binmiş bir soğurma tayfı gösterir. Bu soğurma çizgilerinin dalgaboyları, gazın sürekli olarak salma yaptığı zamanki çizgilerle aynıdır.
(Bkz. Şekil 36 ve Şekil 37).

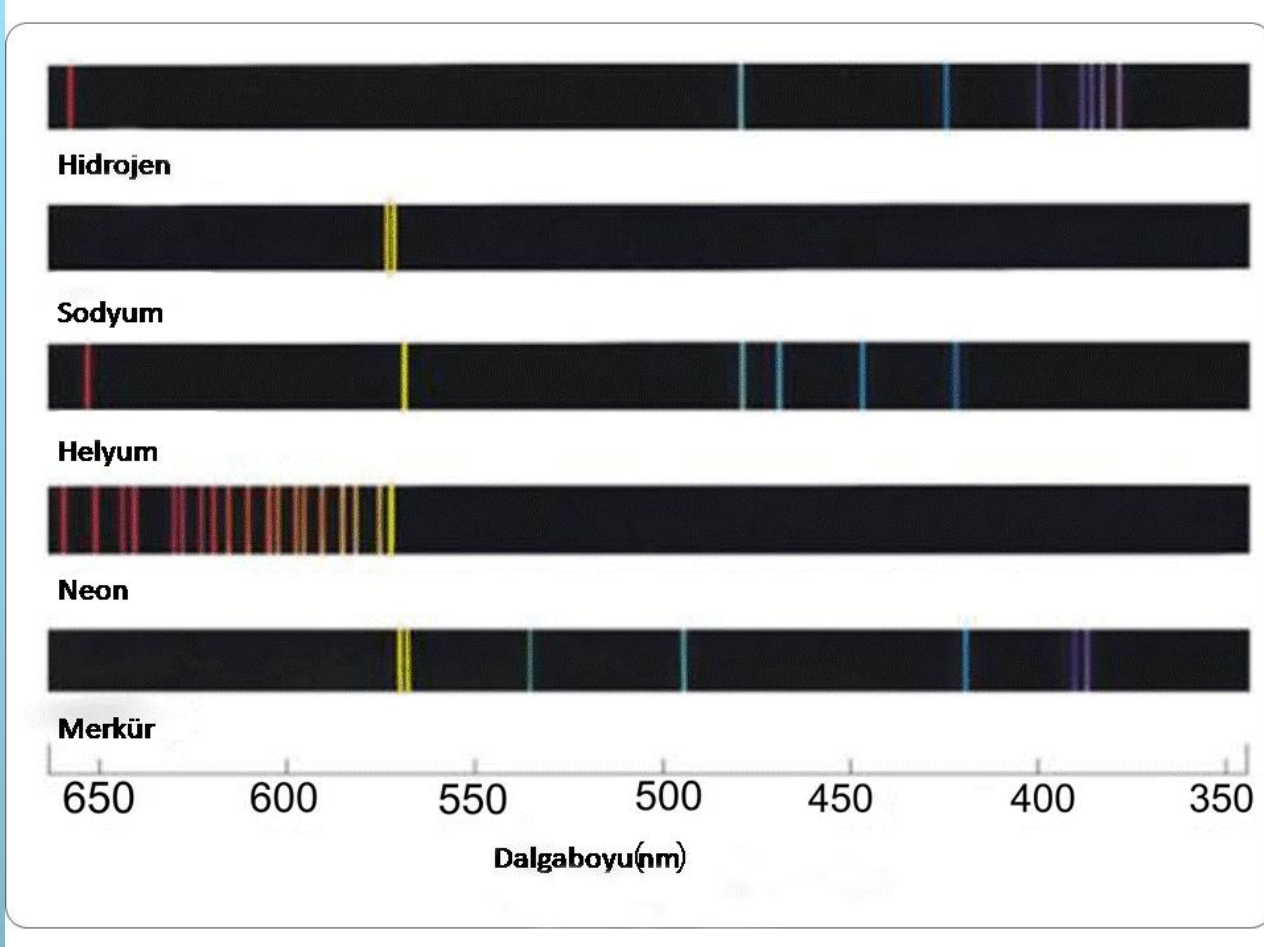
Parlak ve karanlık çizgili atom tayflarına ek olarak, moleküllerin karışık "band" tayfları da bilinmektedir. 1874 te Young bir tayf görürle(=spektroskop) bir güneş tutulmasını inceleyerek 2. ve 3. yasaların şaşırtıcı bir gösterimini elde etti. Tam tutulmadan önce karanlık çizgi ya da Fraunhofer tayfı (her zaman elde edilen sürekli zemin üzerinde soğurma çizgileri) belirgindi.

4. ATOM VE MOLEKÜL TAYFLARI



Şekil 36. Tayfta soğurma çizgileri ve sürekliliğe katkı sağlayan Güneş atmosferinin şematik gösterimi

4. ATOM VE MOLEKÜL TAYFLARI



Şekil 37. Çeşitli elementlerin tayflarından örnekler

4. ATOM VE MOLEKÜL TAYFLARI (Devamı)

Güneş'in **ışık küresinin (fotosfer)** **Ay**'la kaplandığı anda, yani **tam tutulma** esnasında (üst atmosfer katmanından gelen ışınım) **karanlık çizgiler** yok oldu ve aynı yerlerde **parlak çizgiler** görüldü. Soğurma çizgileri yerine parlak salma çizgilerini yani "**salma tayfını**" elde ediyor. **Kirchhoff** yasasıyla uygunluk vardır.

Tutulmadan önce gözlemciye varan ışınım Güneş atmosferinin daha soğuk olan **gazlarından** geçmişti ve alışılmış şekilde **karanlık çizgi tayfı** oluşturmuştu. Işık kürenin **görünümü** örtüldüğünde gözlemci yalnızca yüksek atmosfer katmanlarından ışınım alır ve böylece **sıcak** bir **gazın** belirgin **parlak çizgili tayfı** elde edilir. Güneş'in **sürekli tayfının kaynağı** yıllarca bir sorun idi. **Atom ve moleküllerin**, belirli **çizgi tayfları** kadar **sürekliliği de soğurdukları ve saldıkları** bilinmektedir. Fakat Güneş atmosferindeki sürekli soğurma **başlıca negatif hidrojen atomunca** meydana getirilir.

4. ATOM VE MOLEKÜL TAYFLARI (Devamı)

19. yüzyılın sonlarında, fizikçiler ve astronomlar yıldız ve bulutsuların nicel kimyasal çözümlemesini yapabildiler. Bu çalışmaların öncüsü olan Kirchhoff **Güneş tayfındaki** çizgileri **Hidrojen, Demir, Nikel, Kalsiyum, Titan, Sodyum, Magnezyum** gibi elementlerin çizgileriyle eşleştirebildi. **Huggins, Lockyer** ve **diğerleri** tarafından yapılan benzer çalışmalarda yıldızların ve yerin kimyasal yapısı anlaşıldı. **Yerdeki element bollukları Güneş ve yıldızlardaki ile aynı idi. Fakat nadir elementler çoğu kez yoktu. Evrenin her yerinde maddenin aynı oluşunun bulunuşu, astrofizikçilerin ilk büyük buluşudur. Fakat bazı element bollukları, Güneş'e benzeyen yıldızların tayflarında az görülürler.**

Gaz bulutsuları, **gerçek güçlükler** çıkarırlar. Onların tayfları **Hidrojen ve Helyum'un benzer salmalarını** gösterir, fakat çok güçlü **bulutsu ışınımları** yeryüzünde **hiçbir zaman elde edilememiştir**. Daha sonra bu ışınımların yer atmosferine benzer **Oksijen, Azot, Neon ve Argon'dan oluştuğu** anlaşılmıştır.

4. ATOM VE MOLEKÜL TAYFLARI (Devamı)

Orion bulutsusunda salma tayfı elde ediliyor ve bu yine Kirchhoff yasasıyla açıklanabiliyor. Acaba bu gerçekten böylece doğru olarak açıklanabiliyor mu? Daha sonra yapılan hesaplar ile Güneş'in renk küresinde sürekli zeminin oluşmasını gerektiren basıncın oldukça düşük olduğu bulunuyor. O zaman bu açıklama (Kirchhoff yasası ile) **doğru değildir**.

Her katmanın hem soğurma hem de salma yaptığı bulunmuştur.

Güneş ve yıldızların her hangi bir nicesel çözümlemesi, büyük güçlükler göstermiştir.

4. ATOM VE MOLEKÜL TAYFLARI (Devamı)

- Bir çizginin yeğlinliğinin, onu üreten **elementin bolluğuna bağlılığı** nedir? Bir yıldızın **atmosferinin sıcaklığı**, onun **tayfindan hesaplanabilir mi?** **Yıldızların ve Güneş'in tayfindan** onlardaki **madde bolluğunu saptamak mümkün müdür?** Mümkündür. **Bu gibi sorular, ancak atomun yapısı anlaşıldığı ve erkenin salma ve soğurma işlemleri nicesel olarak hesaplanabildiği zaman yanıtlandırılabilir.** Böylece **atomların yapısıyla** onların **tayfları** arasındaki ilişki, astrofiziğin can alıcı önemini gösterir ve bizim temel ilkeleri incelememiz, bu soruna doğru kısaca değinmemizle başlayabilir.

➤ 1) Atom Fiziği :

- Elektron yükü : $\epsilon = 4.8 \times 10^{-10} \text{ e.s.b} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ Coul}$ (- yük taşır)
- Elektron kütlesi : $m_{\epsilon} = 9.1 \times 10^{-28} \text{ gr}$
- Proton kütlesi : $m_p = 1.67 \times 10^{-24} \text{ gr}$
 $m_p \approx 1637 m_{\epsilon}$
- **Hidrojen çekirdeği** olan **proton**, **elektron** gibi doğanın bir temel parçasıdır. **Diğer bütün atomlar** daha **karışıktırlar** ve çekirdeklerindeki **proton** sayısı kadar da **nötron** kapsarlar.

4. ATOM VE MOLEKÜL TAYFLARI (Devamı)

➤ 2) Tayf Serileri :

- Atomun dış ya da elektron yapısı atomun yayınlayacağı tayf çizgilerini belirler. Kuantum kuramının temel kabulüne göre belli bir enerji düzeyinde bulunan bir atom ω_2 gibi bir enerji düzeyinden daha aşağıdaki ω_1 gibi bir enerji düzeyine atarsa,

$$\omega_2 - \omega_1 = h\nu \dots\dots(1)$$

- Yasasına uygun olarak ışınım yayınlar. Ya da, $\omega_2 - \omega_1$ farkı E ile gösterilirse,

- $E = h\nu \dots\dots(2)$

- Yazılabilir. Burada h : Planck sabitidir.

- 1885'te Balmer, $\bar{\nu}$ = Dalga sayısı olmak üzere, Hidrojen atomu için,

$$\bar{\nu} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad \text{Balmer Serisi}$$

- Burada; $R = \frac{2\pi^2 \mu \epsilon^4}{ch^3} \quad n=3,4,5,\dots$

4. ATOM VE MOLEKÜL TAYFLARI (Devamı)

Lyman Serisi: $\bar{\nu} = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad n=2,3,4,\dots$

Paschen Serisi: $\bar{\nu} = R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad n=4,5,6,\dots$

gibi bağıntıları vermiştir.

Alkali metallerde çizgi serilerini veren formül, $\bar{\nu} = T' - \frac{R}{(n + \delta)^2}$

gibi iki terim farklı olarak verilmektedir. Burada,

T' ; Serinin üst sınırının dalga sayısına bağlı bir sabit,

δ ; Seri için karakteristik sabittir.

Genel olarak her türlü atoma ilişkin çizgi serileri için formül,

$\bar{\nu} = T' - T''$ gibi iki terimin farkı olarak yazılabilir.

4. ATOM VE MOLEKÜL TAYFLARI (Devamı)

➤3) Bohr Modeli:

N. Bohr, Hidrojen tayfını açıklayabilmek için, **pozitif yüklü protonun** etrafında **elektronun** dairesel bir yörünge üzerinde hareket ettiğini varsaydığı düşüncesini öne sürdü. Bu sırada **elektron ışınımında** bulunmaz; **yalnızca bir yörüngeden diğerine atladığında enerji alır**. Elektronun dolanabileceği **yörüngelerin** yarıçapları;

$$a = \frac{h^2}{4\pi^2 m \epsilon^2 z} n^2$$

Bağıntısıyla verilir. Burada n=Baş kuantum sayısıdır.

$a=0.52916 \times 10^{-8} n^2$ (cm)=Yörünge yarıçapı

4. ATOM VE MOLEKÜL TAYFLARI (Devamı)

n'inci yörüngedeki erke ω_n ;

$$\omega_n = \underbrace{\frac{2\pi^2 m z^2 \varepsilon^4}{h^2}}_{sabit} \cdot \frac{1}{n^2} \quad (\text{erg})$$

ile bellidir. Bu bağıntıda $n \rightarrow \infty$ ise $\omega=0$ olur. Burada $\omega=0$ durumu, elektronun atomdan tamamen kopması demektir. En alt erke düzeyinde iyonizasyon erkesi ise ;

$$|\omega_1| = \frac{2\pi^2 m z^2 \varepsilon^4}{h^2}$$

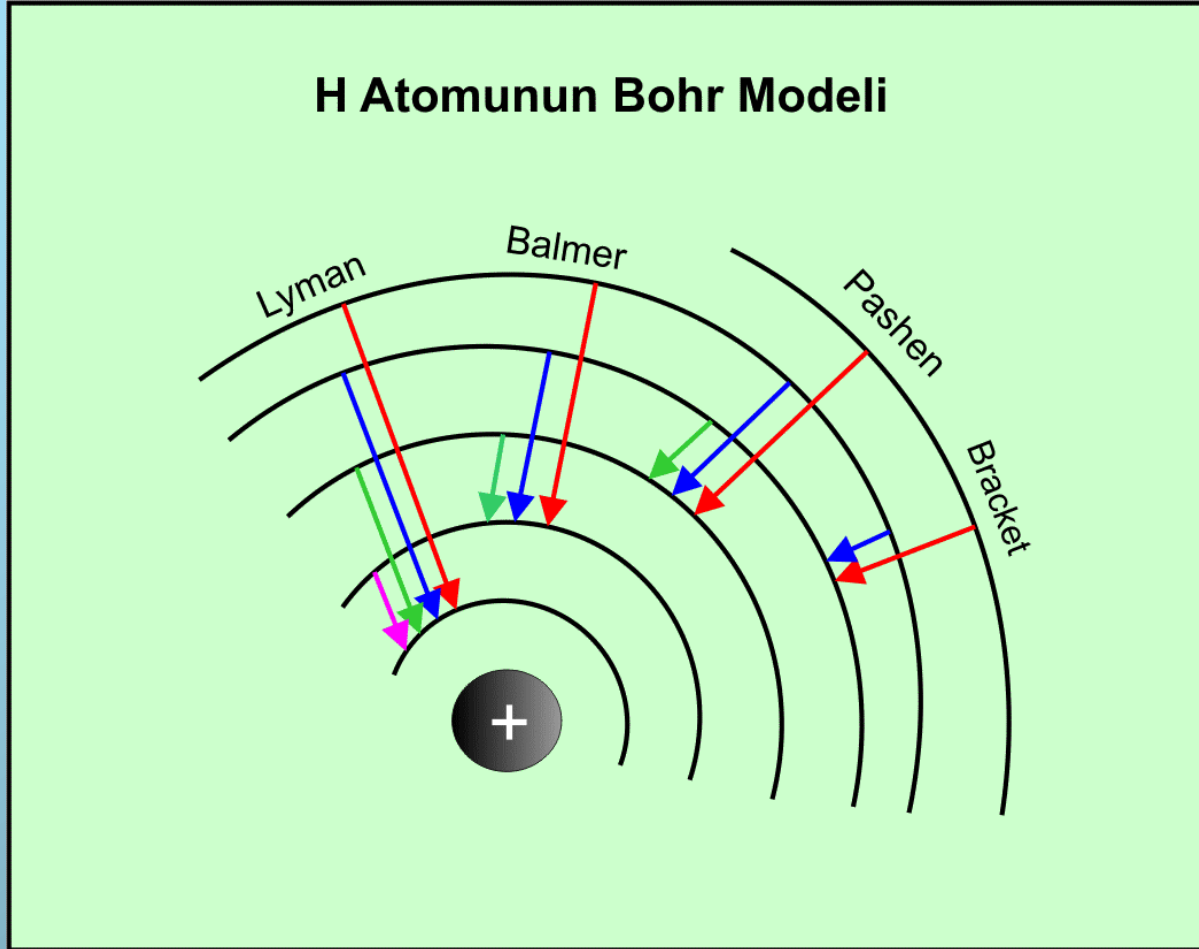
dir. $n \rightarrow n'$ geçişinde yayınlanan ışınım ise;

$$\omega_n - \omega_{n'} = \frac{2\pi^2 m z^2 \varepsilon^4}{h^2} \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad \text{dir. Her yörüngeye bir erke düzeyi karşılık gelir.}$$

4. ATOM VE MOLEKÜL TAYFLARI (Devamı)

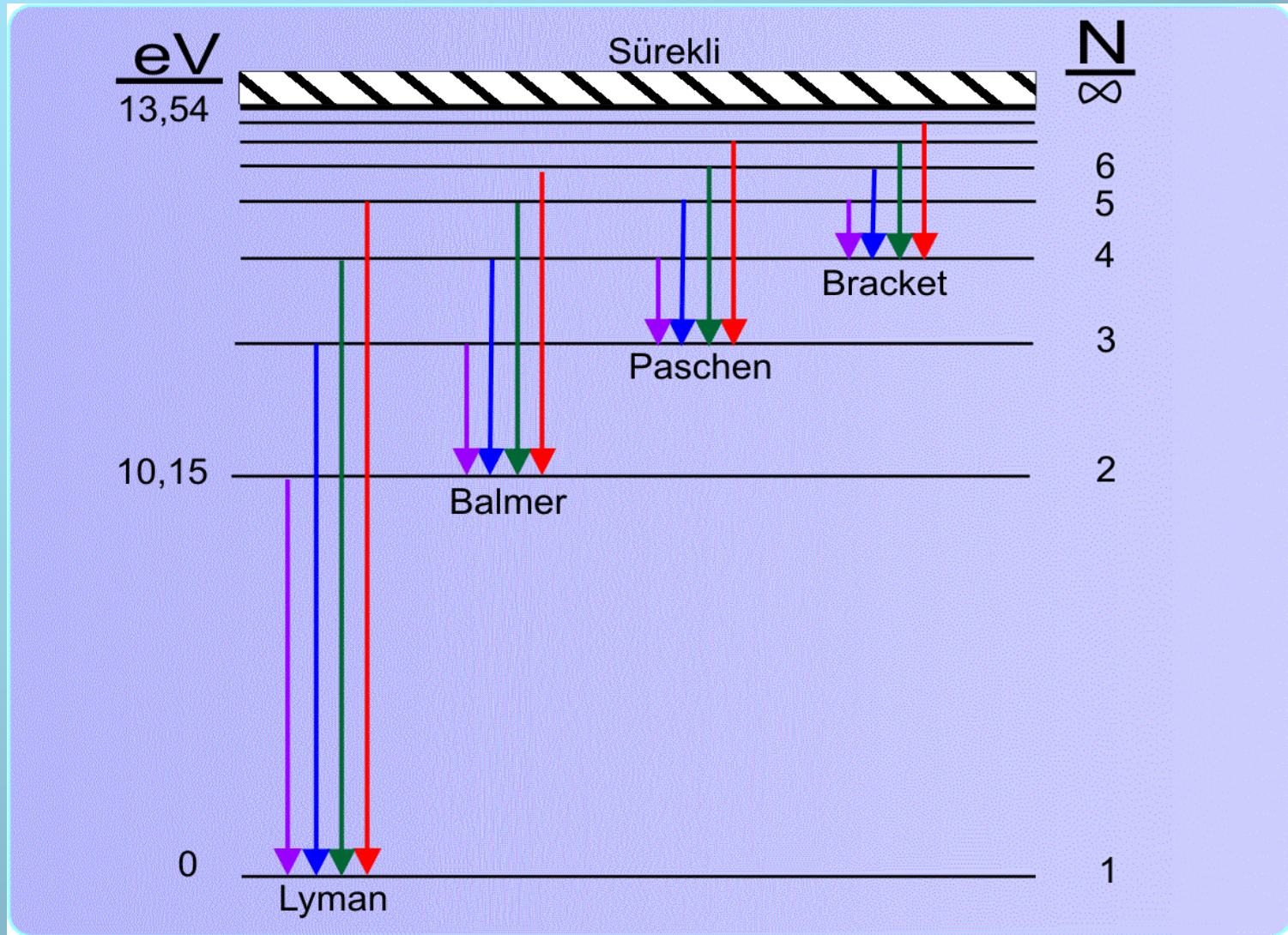
- Bohr kuramı, **hidrojen tayfının çizgilerinin frekanslarını** doğru bir şekilde vermiştir. Hidrojen atomundaki Bohr yörüngelerinin enerjilerini bir enerji düzeyi diyagramında (yukarıdaki şekilde olduğu gibi) gösterebiliriz.
- Birinci düzeyde son bulan çizgiler Lyman serisi ışınımı, ikinci düzeyde son bulanlar Balmer serisini v.b. temsil eder. Aşağı doğru geçişler ise **salma** yapmasını temsil eder.

4. ATOM VE MOLEKÜL TAYFLARI (Devamı)



Şekil 38 : Hidrojen atomunun Bohr modeli

4. ATOM VE MOLEKÜL TAYFLARI (Devamı)



Şekil 39. Hidrojen için erke düzeyi diyagramı

4. ATOM VE MOLEKÜL TAYFLARI (Devamı)

- Elektron voltla belirtilen erkelerin dalga sayısı ile belirtilen erkelerle şu bağıntıyla bağlıdır:

- $eV = 1.234 \times 10^{-4} \bar{\nu}$ veya $V = 1.234 \times 10^{-4} \bar{\nu}$

- Burada V , λ dalgaboyunun (ν çizgisine ilişkin) çıkışını sağlayan erke miktarı ve ν , dalga sayısıdır (geçişten çıkar). Atomun iki belirli düzeyi arasındaki geçişte atom belli ve kesin bir erke miktarını soğurur ya da salar. Bunun sonucu olarak bir çizgi soğurulur ya da salınır.
- Bir elektron fırlatabilmek için atomun ilk düzeyinden $w=0$ ile belirtilen düzeye geçiş için gerekli erkeye eşit ya da daha büyük erke soğurması gerekir. Verilen $h\nu$ erkesi, iyonlaşma erkesi ile elektronun kazandığı kinetik erkenin toplamı olacaktır;

- $h\nu = E_i + \frac{1}{2}mv^2$ olur veya fazla erke serbest elektronun hızını

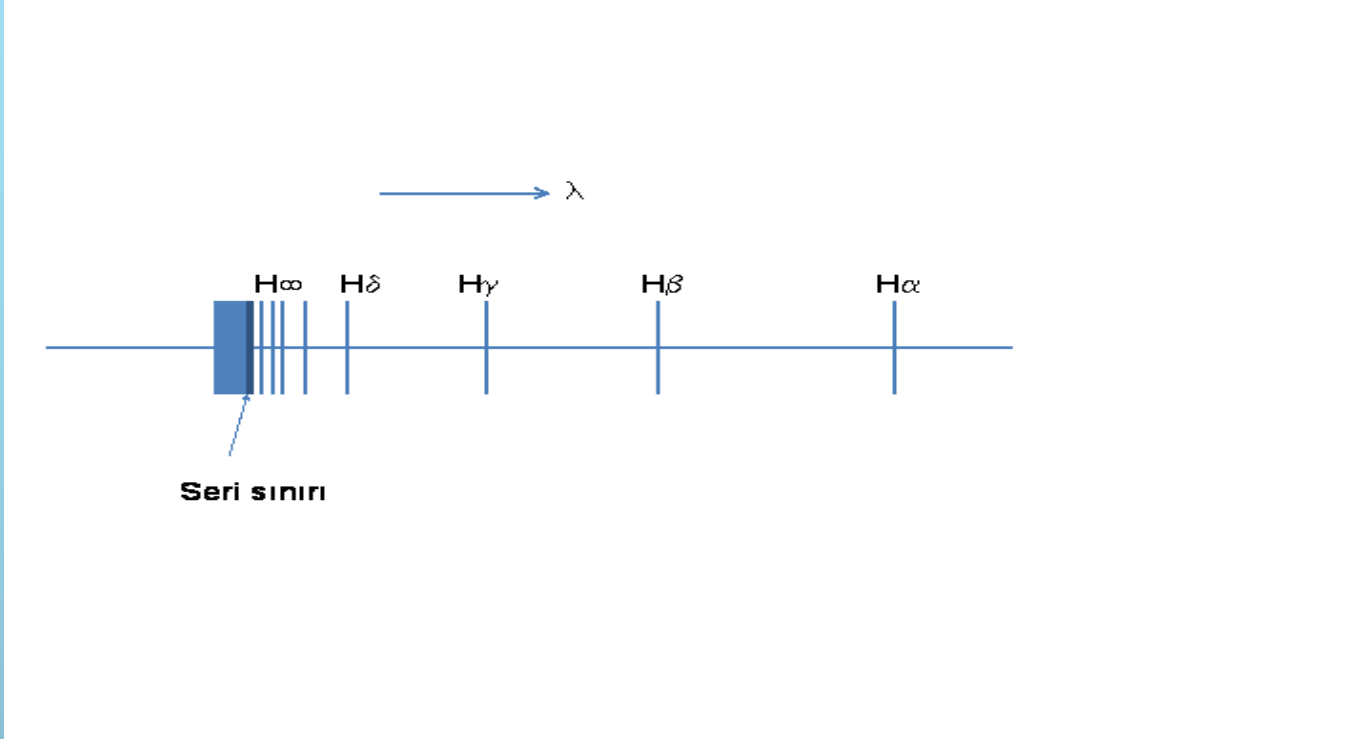
belirler. Yani,

- $h\nu - \omega_n = \frac{1}{2}mv^2$ olur.

4. ATOM VE MOLEKÜL TAYFLARI (Devamı)

- Serilerin Görünümü: **Balmer Serisi** (Bakınız **Şekil 40**)
- Seri sınırının ötesinde $h\nu = E_i + (1/2)mv^2$ ye göre E_i veya ω_n erkesi kuantumludur fakat $(1/2)mv^2$ erkesi kuantumlu değildir. $(1/2)mv^2$ nin büyüklüğü sürekli oluşundandır ve seri sınırı ötesinde sürekli çizgiler bileşkesi oluşur ki bu kısa dalgaboylarında olmaktadır. Sıcak yıldızlarda; Balmer serisinin sınırının ötesinde kuvvetli bir soğurma gözlenir. Bu süreklilik, ikinci düzeyden hidrojen atomlarının foto-iyonizasyonuna karşılık gelir.
- Tersine olarak, **gezegenimsi bulutsularda**, ikinci erke düzeyindeki protonlar tarafından farklı hızlardaki serbest elektronların yakalanması **Balmer sınırının ötesinde gözlenen parlak sürekli tayf verir.**
- İyonize olmuş olan Helyum(Hell) hidrojen benzeri bir tayf verir.

4. ATOM VE MOLEKÜL TAYFLARI (Devamı)



Şekil 40. Balmer serisinin tayftaki temsili görünümü

4. ATOM VE MOLEKÜL TAYFLARI (Devamı)

- **Helyumun (Hell) Tayfı:**

$z=2$ olduğundan,

Bir çizgi serisi:
$$\bar{\nu} = 4R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{n'^2} \right)$$

- Pickering serisi için ; $n=4$, $n'=5,6,7,\dots$ dir.

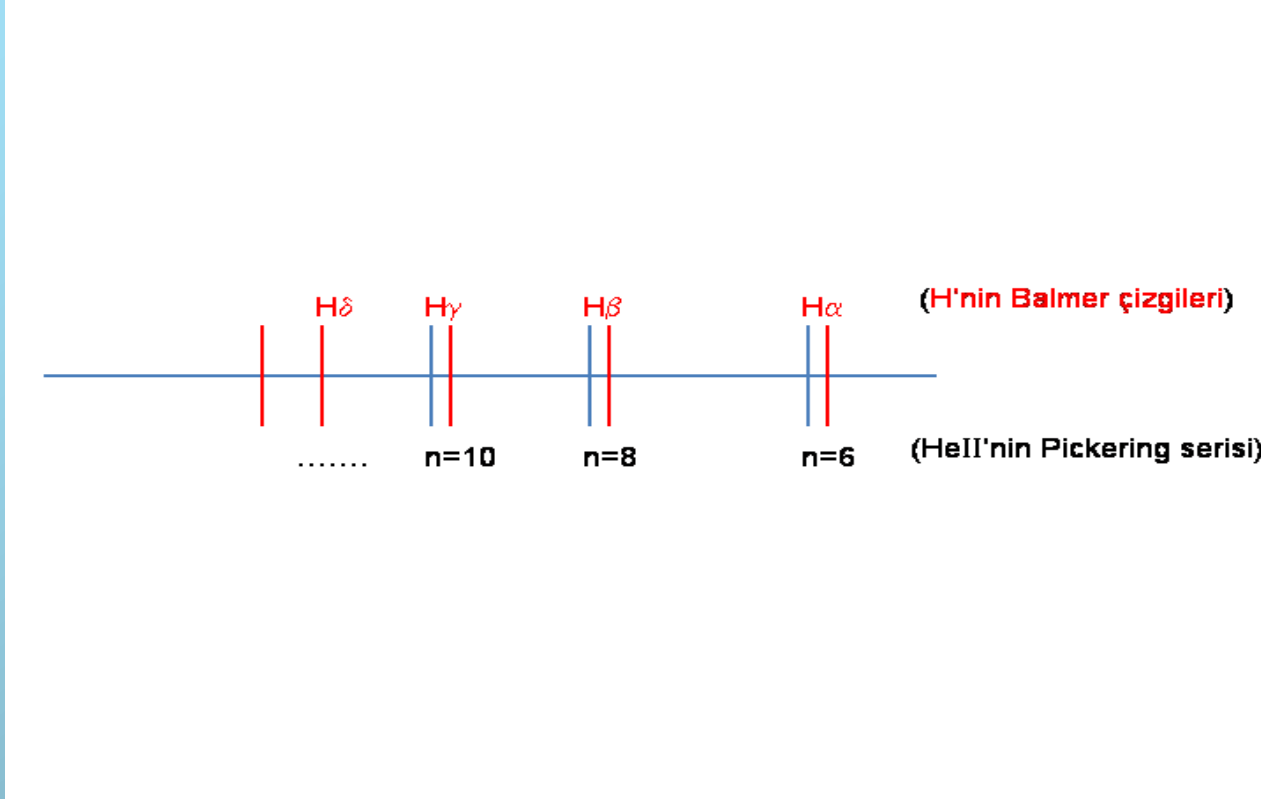
- Burada ilginç olan Hell nin Brackett serisinin ($n=4$, $n'=6,8,10,12,\dots$ olanları) çizgilerinin, Hidrojenin Balmer serisine karşılık gelmesidir.Bu seri ilk kez yıldızlarda bulunmuş ve buna **Pickering Serisi** adı verilmiştir. **(Bakınız şekil 41)**

- Bir kez iyonlaşmış herhangi bir atomun tayfının genel yapısı, periyodik cetvelde kendisinden hemen sonra gelen atomun tayfına benzer.Bir atomun çekirdeğindeki proton sayısı arttıkça Bohr modelinde gözlemsel ve hesaplanan sonuçları arasında bir fark görülür.Dolayısıyla elektronun dairesel yörüngeleri, çizgileri tam olarak vermemektedirler.Daha sonraları elektronların eliptik yörüngelerde dolanabilecekleri düşünülerek, Bohr modelini düzeltme yoluna gidilmiştir.

- **DALGA - ATOM:**

- Daha sonra dalga mekaniği yöntemi de gelişmiştir.Burada yörünge yerine elektronun kabuklarda bulunma olasılığından söz ediliyor ve hesaplar yürütülüyor.Bu yöntem sorunlara bir yanıt verebilmektedir.

4. ATOM VE MOLEKÜL TAYFLARI (Devamı)



Şekil 41. Balmer serisi ile Pickering serisi çizgilerinin karşılaştırılması