

12.YILDIZLARIN SÜREKLİ TAYFI(DEVAM)

- **12.4. H⁻ Soğurması:**
- Yıldız yüzeylerinde **iyonlaşma** dışlanabilecek kadar az olduğundan **soğurmada nötr atomlar ve moleküller hesaba katılmalıdır**. Nötr H'de en bol atom olduğundan önce bunu gözönüne almak gerekir.
- **Sıcak yıldızlarda (O, B, A türü)** nötr H'in soğurması sürekli soğurmayı açıklamaktadır. Başka bir deyişle kuramsal olarak hesaplanan sürekli tayf, gözlemlerle uyuşmaktadır. Fakat **daha soğuk yıldızlarda (Güneş gibi)** teori ile gözlemler birbirine **uymamaktadır**: Hesaplar oldukça belirgin bir **Balmer süreksizliği gösterirken**, gözlemler $\kappa_{\nu} \approx \text{sabit}$ alındığında daha iyi açıklanmaktadır.

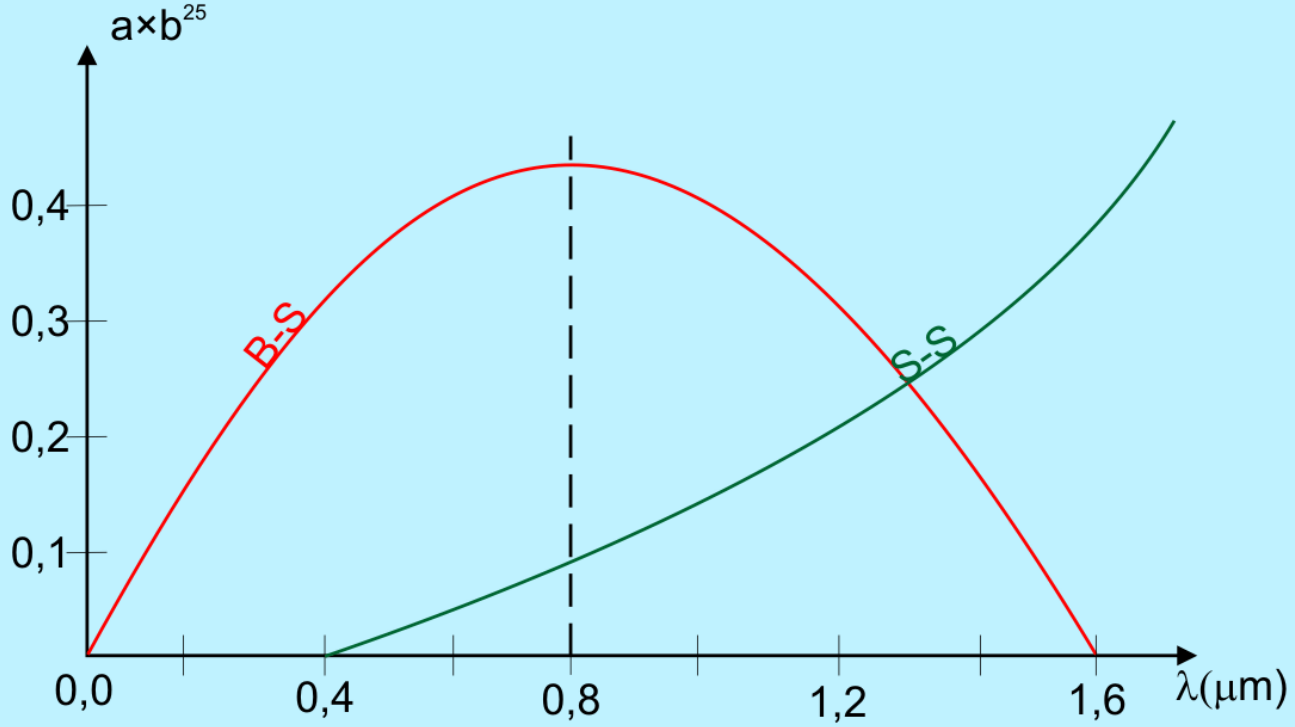
12.YILDIZLARIN SÜREKLİ TAYFI(DEVAM)

- Gözlemler ve hesaplar arasındaki bu uyumsuzluk, Wildt tarafından 1938'de yıldız atmosferlerinde negatif H iyonunun var olduğunu ileri sürmesiyle açıklandı. H^- iyonunu laboratuvarında elde etmek henüz mümkün olmamıştı ama, kuantum mekaniği hesapları ile onun varolacağı fizikçiler tarafından öngörülmüştü. Daha sonra 1950-1955'te laboratuvarında da H^- iyonunun sürekliliği gözlemlendi. Bu iyon H çekirdeği etrafında dolanan iki elektrondan meydana gelmiştir ve iyonlaşma potansiyeli **0.754 eV**'tur tek bir kararlı enerji düzeyi vardır. $\lambda = hc/E = (hc/0.754 \text{ eV})$ eşitliğinden $\lambda = 16450 \text{ \AA}$ bulunur. O halde H^- iyonu bu λ 'dan daha küçük dalgaboyundaki ışınımı soğurarak iyonlaşır; yani nötr H ve serbest elektrona çözülür. H^- nin soğurma tayfı sürekli bir soğurmadır; kenar **16450 \AA**'a düşer, sonra düzgün olarak artar ve **8500 \AA** civarında maksimum olur ve sonra küçük dalgaboylarına doğru azalır. H^- iyonu tarafından bu bağlı-serbest soğurmaya ek olarak serbest-serbest geçişler de vardır. Bu H^- iyonunun kuantumlanmamış geçişleridir. Yani nötr H atomunun yakınından geçen bir serbest elektronun kinetik enerjisinin değişimine karşılık gelir.

12.YILDIZLARIN SÜREKLİ TAYFI(DEVAM)

- H^- nin **soğurma katsayısının hesabı** çok zordur, özellikle de **serbest-serbest** geçişler için. Çeşitli araştırmacılar tarafından yapılan hesapların sonuçları şekil **12.6**'da gösterilmektedir.
- Şekil **12.6**. da H^- **iyonunun** ($T=6300$ °K ve $P_e=1$ dyn/cm² olan atmosfer için) **soğurma katsayısına** ilişkin grafik gösterilmektedir.
- Görüleceği gibi **serbest-serbest geçişlerin** katkısı **kısa dalgalarda azdır**. λ **artıkça artar** ve **kırmızıötede boşlanamayacak hale** gelir.

H⁻ iyonunun soğurma katsayısı
(T=6300°K ve P_e=1dyn/cm⁻² olan atmosfer için)



Şekil 12.6. H⁻ iyonunun soğurma katsayısı.

12.YILDIZLARIN SÜREKLİ TAYFI(DEVAM)

- H^- soğurmasını hesaplamak için, nötr H atomlarına nazaran H^- iyonlarının sayısını hesaplamak gerekir. Bunun için Saha formülünü kullanabiliriz. H^- nin temel seviyesi bir tekli (**singlet**) S durumu olduğuna göre onun istatistik ağırlığı 1'dir. Nötr H atomunun temel seviyesinin istatistik ağırlığı 2 'dir. $n>1$ düzeyleri için uyarılma enerjileri büyük olduğundan bu düzeylerdeki atomların sayısı temel düzeydekiyle karşılaştırıldığında boşlanabilir. Bu nedenle $u(H)=2$ 'dir.

12.YILDIZLARIN SÜREKLİ TAYFI(DEVAM)

- Saha kanunu kullanılarak $\frac{N(H)}{N(H^-)}$ bulunabilir.

$$\log \frac{N(H)}{N(H^-)} = 2,5 \log T + \log \frac{4}{1} - 0,754\theta - \log P_e - 0,48$$

- Eğer $N(H^-)$ yi, bağlı-serbest geçiş için bir iyonun soğurması ile çarparsak bağlı-serbest H^- soğurma katsayısını elde ederiz.
- Geç tip yıldızlarda nötr H'in soğurması azdır. Çünkü temel seviyededir. Lyman serisi limitinden başlar, yani $\lambda \leq 912 \text{ \AA}$ dadır. Bu morötesi bölgede bu yıldızların ışınımı zayıftır. Görsel bölgede sürekli soğurma için $n=3$ düzeyine uyarılmış H atomları gerekir. Bunun uyarılma potansiyeli büyüktür ($\sim 12.1 \text{ eV}$). O halde Güneş gibi geç tür yıldızların atmosferlerinde böyle uyarılmış H atomlarının sayısı da azdır. Nötr H'in bol olmasına karşın soğurmadaki rolü küçüktür. Çünkü soğurma katsayısı, ışınım şiddetinin az olduğu frekanslarda büyüktür. Bu nedenle F'den daha geç tür yıldızlarda nötr H'in soğurması önemsizdir.

12.YILDIZLARIN SÜREKLİ TAYFI(DEVAM)

- H^- in soğurma katsayısı, K, M, N yıldızlarının ışınımının yüksek olduğu dalgaboyu bölgesinde bir maksimuma sahiptir. O halde H^- iyonu bu yıldızların atmosferindeki sürekli soğurmada önemli bir rol oynayabilir. Yalnız H^- iyonunun toplam sürekli soğurmaya katkısı, H^- nin bolluğuna, yani cm^3 teki sayısına bağlıdır. Bu ise nötr H'nin bolluğuna ve elektron yoğunluğuna (N_e) bağlıdır. Bu yıldızlarda nötr H boldur. Çünkü bu sıcaklıklarda hemen hemen hiç iyonlaşmaz, ancak aynı nedenle serbest elektron sayısı da azdır. Dolayısıyla M ve N yıldızlarında H^- nin hemen hiç rolü yoktur. K yıldızlarında N_e yükseldiği için H^- kendini hissettirir. Güneş gibi yıldızlarda negatif H iyonunun soğurması baskındır, ancak burada metallerin de soğurmaya katkısı vardır. Na($\chi=5.15$ eV), Mg($\chi=7.61$ eV) ve Ca($\chi=6.09$ eV) gibi nötr metallerin iyonlaşması sürekli soğurmaya katkıda bulunur. Böylece serbest elektronların sayısının artması H^- nin oluşumunu da sağlar. Yalnız, bu metallerin temel seviyelerinden iyonlaşmanın sürekli soğurmaya katkısı, tayfın mavi bölgesine düşer, o halde $\lambda > 3000$ Å dalgaboyundaki ışınım bu iyonlaşmada etkisizdir. O halde optik bölgede metallerin sürekli soğurmaya katkıları uyarılmış seviyelerdeki metallere Boltzmann formülü uygulanırsa görülür ki bu atomların önemli bir kısmı uyarılmış seviyededir ; ancak görsel bölgede soğurmaya katkıları H^- nin yanında önemli değildir.

12.YILDIZLARIN SÜREKLİ TAYFI(DEVAM)

- **G'**den daha erken yıldızlara gidildikçe H^- iyonunun önemi azalır. Çünkü uyarılmış **H** atomlarının sayısı gittikçe artar ve H^- nin bolluğu fotoiyonizasyon nedeniyle azalır. Erken **F** ve geç **A** türlerinde nötr **H** soğurması baskındır.
- Daha da sıcak yıldızlarda nötr ve iyonlaşmış **He** da katkıda bulunmaya ve serbest elektronlar tarafından saçılma da önemli bir rol oynamaya başlar.
- Geç **K**, **M** yıldızları için, molekül soğurması önemlidir. Özellikle **M** yıldızlarının sürekli tayfı moleküllerin geniş bantları ile bozulmuştur. Molekül bantları için yeterli bir opasite kuramı olmadığından, doğrudan doğruya gözlemlere bakılır. Gözlemlere göre **M** yıldızlarının fotosferlerinden geçen ışınımın azalması ve bantların oluşumu, gerçek soğurmadan çok molekül saçılmasından ileri geldiği sanılmaktadır.