

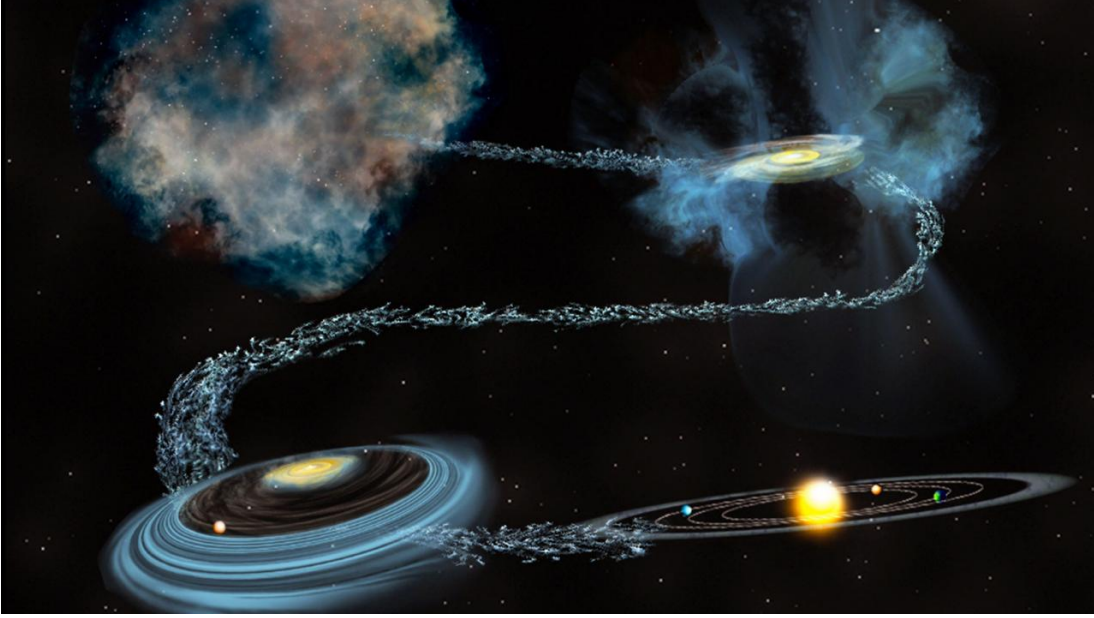
ASTRONOMİ II

6. KONU

Hazırlayan: Doç. Dr. Tolgahan KILIÇOĞLU

6. BİR YILDIZ OLARAK GÜNEŞ

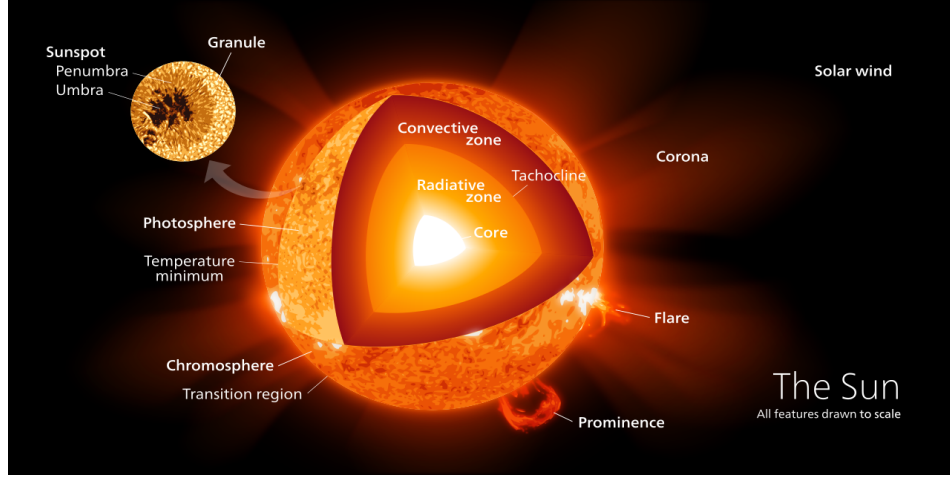
6.1 Güneş'in Oluşumu



Şekil 6.1 Güneş ve Güneş sistemi'nin oluşumu (Telif hakkı: BILL SAXTON/NSF/AUI/NRAO)

- Uzayda yoğunlaşmış yaygın madde kütleçekim etkisi altında bir merkeze doğru çökmeye başlar.
- Madde donuklaşır ve ısı içeriye doğru hapsedilmeye başlar.
- Madde yığılmaya devam ederken merkezde bir ön-yıldız oluşur.
- Güneş'in etrafında oluşan diskin belirli bölgelerinde madde birikmeye başlar ve gezegenler oluşur.
- Çekirdek yeterince ısındığında nükleer tepkimlere başlar ve kütleçekimiyle Güneş'in iç basıncı birbirlerini dengeler.
- Böylece Güneş ve Güneş sistemi doğmuş olur.

6.2 Güneş'in İç Katmanları



Şekil 6.2 Güneş'in iç katmanlarının ölçekli olarak gösterimi

6.2.1 Güneş'in Çekirdeği ve Enerji Kaynağı

Güneş'in Toplam Işınım Gücü (yani saniyede yaydığı enerji miktarı):

$$L_{\odot} = 4 \times 10^{26} \text{ W} = 4 \times 10^{33} \text{ erg s}^{-1}$$

kadardır. Yer kayalarındaki radyoaktif elementlerin ve onların çözünme ürünlerinin incelenmesi ile kayaların ne zamandan beri katı olduğunu kabaca hesaplamak mümkündür. Ayrıca kayalardaki fosillere ilişkin çalışmalar yer üzerinde canlıların ne zamandan beri var olduğunu ortaya koyar. Bu çalışmalar Güneş'in ışınım gücünün son birkaç milyar yılda değişmediğini göstermektedir.

Einstein'in $E = mc^2$ ifadesine E yerine Güneş'in toplam ışınım gücü (L) koyulur ve kütle değeri çekilirse Güneş'in bir saniyede kaybettiği kütlenin miktarı $4 \times 10^9 \text{ kg s}^{-1}$ olarak elde edilir. Eğer birkaç milyar yıldır (şimdilik buna 2 milyar diyelim) Güneş'in aynı şekilde ışınım yaptığını biliyorsak Güneş'in şimdiye kadar kaybettiği kütle miktarı:

$$4 \times 10^9 \text{ kg s}^{-1} \times 2 \times 10^9 \text{ yıl} \times 365.25 \text{ gün} \times 24 \text{ saat} \times 60 \text{ dakika} \times 60 \text{ saniye} \approx 10^{26} \text{ kg}$$

olarak elde edilir. Güneş'in kütlesi $M_{\odot} = 2 \times 10^{30} \text{ kg}$ olduğuna göre bu birkaç milyar yılda Güneş kütlesinin kabaca 20 000'de birini kaybetmiştir.

Buna göre Güneş'in enerji kaynağı ne olabilir? Bu öyle bir kaynak olmalıdır ki kütlesinin en az 20 000'de birini enerjiye dönüştürmelidir.

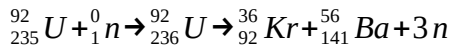
Kömür, Doğalgaz, Petrol, vb.: Bu yakıtlar kütlelerinin 5×10^{10} da birini (yani 50 milyarda birini) enerjiye dönüştürebildiğinden bu yakıtların Güneş'in enerji kaynağı olması imkansızdır. Bu diğer fosil yakıtların hepsi için de geçerlidir.

Ağır Çekirdek Parçalanması (Fizyon tepkimesi): Kütlenin yaklaşık 2000'de biri enerjiye dönüştürülür. Bu nedenle Güneş'in enerji kaynağı fizyon tepkimeleri olabilir.

Hafif Çekirdeklerin Birleşmesi (Füzyon Tepkimesi): Kütlenin yaklaşık 100'de biri enerjiye dönüştürülür. Buna göre Güneş'in enerji kaynağı füzyon tepkimeleri de olabilir.

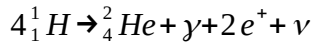
Anlaşılabileceği üzere Güneş'in enerji kaynağı sadece fizyon ve füzyon tepkimeleri ile karşılanabilmektedir. Peki bunlardan hangisi olduğu nasıl anlayacağız?

Yapılan astrofiziksel çalışmalar Güneş'in (ve Güneş gibi cüce yıldızların çoğunun) kütlece kabaca %73'ünün Hidrojen, %25'inin Helyum ve %2'sinin ise diğer elementlerden oluştuğunu göstermektedir. Bu durumda ağır çekirdek parçalanmasının Güneş'e enerji sağlaması (Fizyon) pek olası değildir. Aşağıda örnek bir fizyon reaksiyonu verilmektedir:



(Uranyum miktarı çok az olduğundan Güneş'in temel enerji kaynağı olamaz!)

Sonuç olarak Güneş'in temel enerji kaynağının çekirdek birleşmesi yani füzyon tepkimeleri olduğu anlaşılmaktadır. En bol element hidrojen olduğuna göre hidrojen füzyonu aktif olmalıdır:



Denkleme dikkat edilirse 4 hidrojen atomu 1 helyum atomuna dönüşmektedir. 4 hidrojen atomunun kütlesi $6.69 \times 10^{-24} \text{g}$, bir helyum atomunun kütlesi ise $6.65 \times 10^{-24} \text{g}$ kadardır. Aradaki kayıp kütle enerjiye dönüştürülmektedir.

Özetle Güneş'in çekirdeği füzyon tepkimeleri ile hidrojeni helyuma çevirmekte ve enerji üretmektedir.

Güneş'in çekirdeğinin çapı Güneş'in çapının kabaca %25'ine kadar uzanır. Sıcaklığı 15 milyon K, yoğunluğu ise 150g cm^{-3} kadardır.

6.2.2 Radyatif Katman

Bu katmanda enerji parçacıklar tarafından sektirilen fotonlar tarafından taşınır. Bu sektirmeler sonucunda fotonun enerjisi bir miktar azaltılır. Çekirdekten çıkan bir fotonun bu katmandan geçmesi yaklaşık 170 000 yıl almaktadır! Katman çekirdeğin bitiminden başlar ve Güneş'in yarıçapının %70'ini kadar uzanır. Katmanın alt kısmında (çekirdeğin sınırında) sıcaklık $T = 10$

milyon K, yoğunluk ise $\rho=20 \text{ g cm}^{-3}$ iken katmanın en üst sınırına gelindiğinde $T = 2$ milyon K'e, $\rho=0.2 \text{ g cm}^{-3}$ 'e iner.

6.2.3 Ara Katman (Tachocline)

Yüklü parçacıklar bu katmanda yukarı katmana doğru ivmeli bir hareket yaparlar. Bu sayede Güneş'in manyetik alanının bu katmanda oluştuğu düşünülmektedir.

6.2.4 Konvektif Katman

Güneş'in iç katmanlarının en dışta olanıdır. Isı fotonlardan çok madde hareketleri ile taşınır. Bu hareketler yüzeyde granüller ve süper granüller olarak gözlenebilir. Konvektif katmanın en dış sınırında Güneş'in ilk dış katmanı olan fotosfere ulaşılır.

6.3 Güneş'in Dış Katmanları

6.3.1 Fotosfer

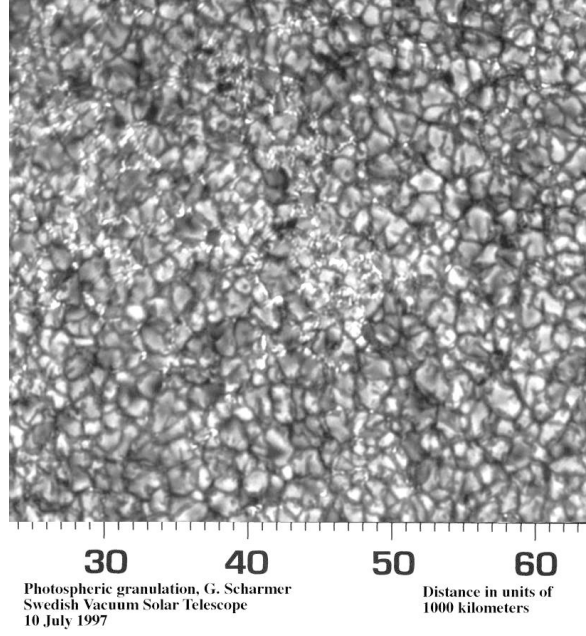
Yıldız ışığının yarısından fazlasının saçılmadan uzaya kaçabildiği ince katmana fotosfer denir. Güneş'in fotosferinin sıcaklığı 4500 ile 6000 K arasında olup etkin sıcaklığı 5780 K dir. Fotosferin kalınlığı yaklaşık 100 km kadardır. Yoğunluğu $\rho=2 \times 10^{-7} \text{ g cm}^{-3}$ olup yer atmosferinin 10 000'de biri kadardır.

6.3.1.1 Granüller

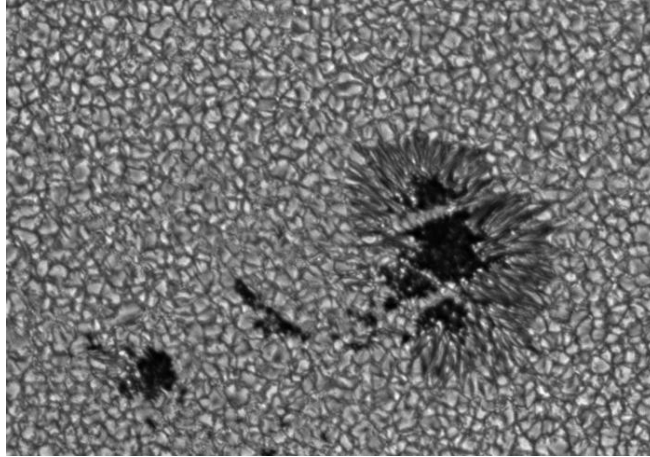
Güneş'in konvektif dış katmanının üst kısmının Güneş yüzeyindeki görüntüsüdür. Konvektif hareketler Şekil 6.3 de görülen yaklaşık 1000 km kalınlığındaki hücrelerin oluşmasına neden olur. Bu hücrelerin parlak olan bölgelerinde iç kısımlardan sıcak madde bulunmaktadır. Karanlık çizgiler ise soğuyan maddenin içe doğru alçaldığı bölgelerdir.

6.3.1.2 Güneş Lekeleri

Güneş'in yüzeyine gözümüze zarar vermesini engelleyici filtreler kullanarak bir teleskop ile bakıldığında bazı zamanlarda üzerinde karanlık lekelerin olduğu görülür (Şekil 6.4). Bu lekeler "Güneş Lekeleri" olarak adlandırılırlar. Lekeler gerçekte karanlık olmayıp çevrelerinden kabaca 2000 K daha soğukturlar (başka bir deyişle Güneş için 3800 K sıcaklığa sahiptir.). Bilindiği gibi karacisim ışması sıcaklığın 4. kuvveti ile orantılıdır. Bu nedenle lekeler etraflarına nazaran çok karanlık gözükmedirler.



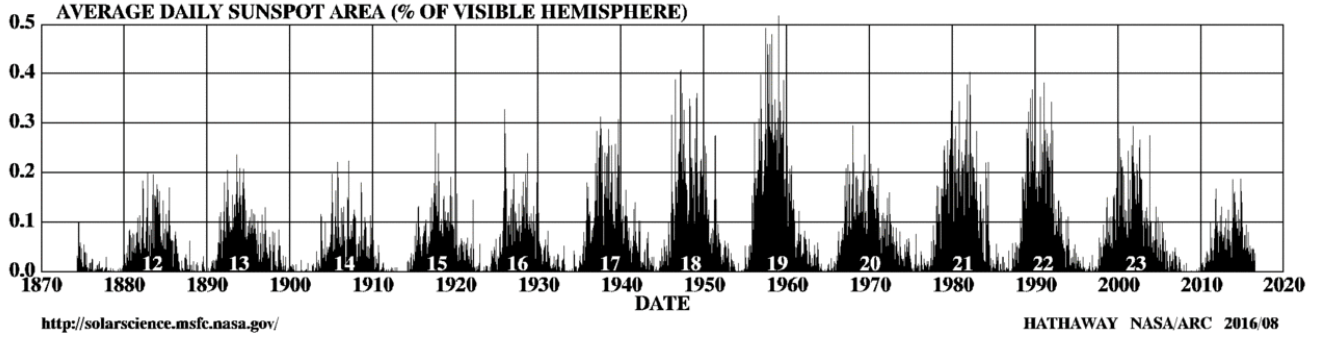
Şekil 6.3 Güneş yüzeyinde Granüller (Telif hakkı: NASA)



Şekil 6.4 Güneş Lekeleri (Telif hakkı: NASA)

Güneş lekeleri, diferansiyel dönme ile tedirgin edilen manyetik alanın Güneş üzerindeki belirli bölgelerde yoğunlaşmasından ileri gelir. Bu yoğunlaşma nedeniyle Güneş yüzeyindeki konvektif akımlar durdurulmaya zorlanır. Bunun bir sonucu olarak içerideki sıcak madde yüzeye kolayca taşınmaz ve manyetik akının yoğun olduğu bölge soğur. Manyetik alanın kutupları olduğundan lekeler genellikle Güney ve Kuzey kutuplu olacak şekilde çift halde görülürler.

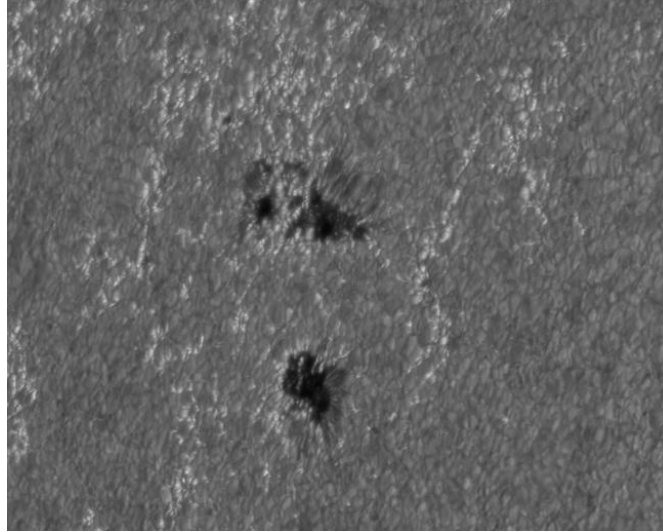
Güneş lekelerinin sayısı yaklaşık 11 yıllık dönemlerde artıp azalmaktadır. Bu döneme “Leke Çevrim Dönemi” adı verilir (Şekil 6.5).



Şekil 6.5 Güneş lekelerinin Güneş üzerinde kapladığı alanın yıllara göre değişimi (Telif hakkı: NASA)

6.3.1.3 Fakülalar (Parlak Lekeler/Çizgiler)

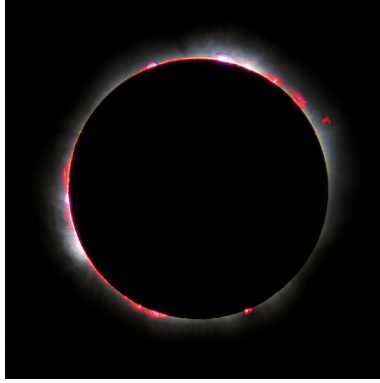
Özellikle Güneş diskinin dış kısımlarında gözlenen fakülalar Güneş yüzeyinden daha parlak görülen yapılardır (Şekil 6.6). Özellikle manyetik aktivitenin arttığı (Güneş lekelerinin yoğun olduğu) zamanlarda sayıları artar. Bu artış o denli fazla olur ki, Güneş lekelerinin yoğun olduğu tarihlerde Güneş’in ışığının azalması beklenirken fakülalar nedeniyle arttığı görülür.



Şekil 6.6 Güneş yüzeyinde fakülalar: beyaz çizgi ve noktalar (Telif hakkı: NASA)

6.3.2 Kromosfer

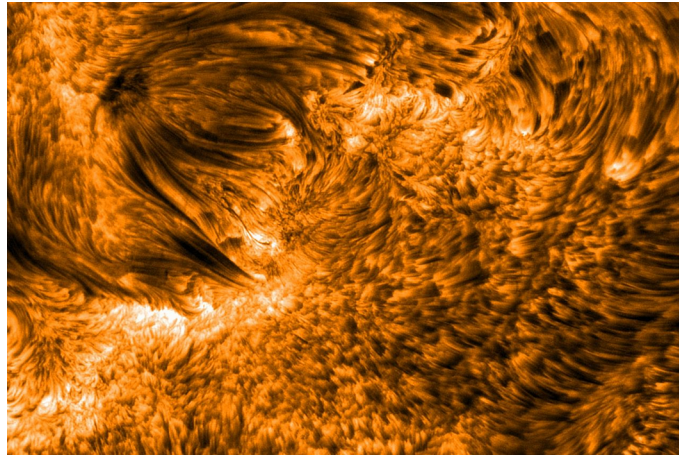
Renk küre olarak da bilinen kromosferin kalınlığı yaklaşık 4000 km olup fotosferin hemen üzerinde yer alır. Yoğunluğu fotosferin yaklaşık 10000'de biri kadardır. Bu değer Yer'in deniz seviyesindeki atmosfer yoğunluğunun 100 milyonda 1'i dir. Bu nedenle kromosfer normal şartlar altında parlak Güneş diskinin yanında gözlenemez ve ancak bir Güneş tutulması esnasında doğrudan gözlenebilir. Kromosferde kırmızı renk çok baskın olup bu renk hidrojen gazından gelmektedir.



Şekil 6.7 1999 yılı tam Güneş tutulması sırasında Güneş'in kromosferinin bir görünümü

6.3.2.1 Spiküller

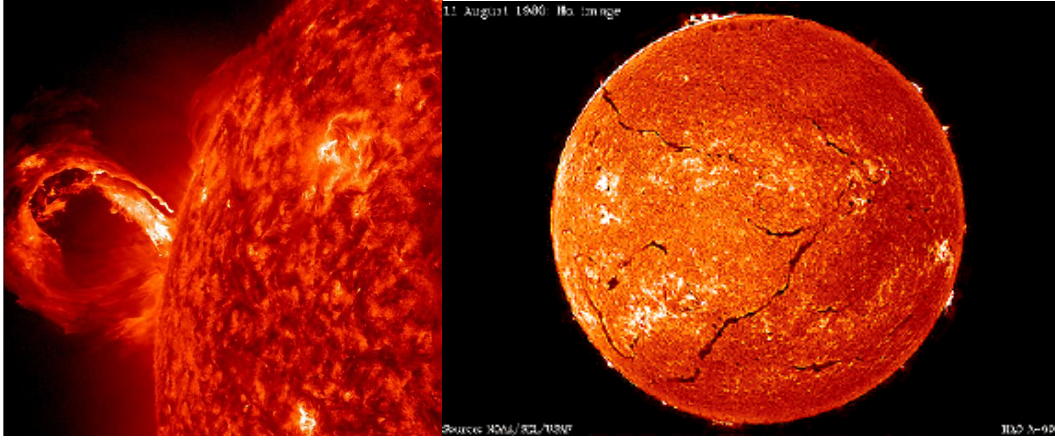
Kromosferde görülen tüy benzeri yapılardır. Bu yapılar 500 km çapa sahip jet akıntılarıdır. Fotosferden yaklaşık 20 km/s hızla kromosfere doğru birkaç bin kilometreye kadar yükselirler. Ömürleri yaklaşık 15 dakika kadardır. Belirli bir anda Güneş üzerinde kabaca 300 000 tane spikül bulunur ve bu spiküller Güneş'in yaklaşık %1'ini kaplar. Spiküllerin ses dalgalarının tetiklemesiyle oluştuğu ve manyetik akı tüpleri tarafından yönlendirildiği düşünülmektedir.



Şekil 6.8 Güneş yüzeyinde spiküller

6.3.2 Prominensler ve Filamentler

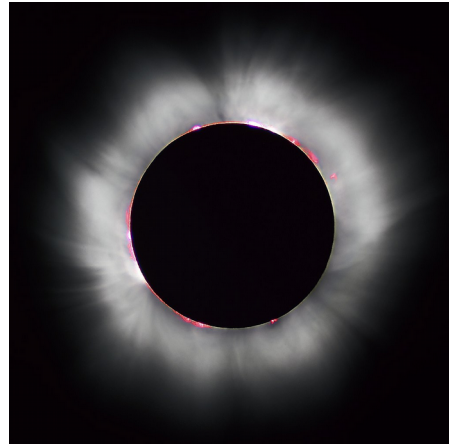
Prominensler Güneş'in fotosferinden koronaya kadar uzanan güçlü gaz yapılarıdır. Genellikle döngü şekindedirler. Maddenin hareket hızı kabaca 1000 km/s kadardır olup kabaca 200000 km kadar yükselebilirler. Şu ana kadar kaydedilmiş en güçlü prominensin tahmini yüksekliği 800000 km yi aşmaktadır. Eğer bir Prominens Güneş diskinin kenarında değil ortalarında görünürse karanlık bir çizgi gibi görülür ve filament adını alır. Prominenslerin fotosferle birleştiği bölgelerde genellikle leke bölgeleri yer almaktadır.



Şekil 6.9 Prominens (solda) ve Filamentler (sağda, siyah çizgiler)

6.3.3 Korona

Güneş'in en dış katmanı olup Güneş'ten milyonlarca km uzağa kadar uzanır. Korona'da temel olarak iki belirgin madde atımı olayı gözlenir. Bunlardan biri prominenslerin üst bölgelerinde birikmeye başlayan maddenin bir süre sonra basınçtan dolayı uzaya sürüklenmesi olayı yani "Koronal Kütle Atımı" dır. Madde atımına neden olan bir diğer önemli olgu ise "Güneş Rüzgarları" dır.



Şekil 6.10 1999 yılı tam Güneş tutulması sırasında Güneş'in koronasının (kırmızı renkte gözlenen kromosferin hemen üzerindeki beyaz renkli bölge) bir görünümü

6.4 Güneş Rüzgarları'nın Yer'e Etkisi

Güneş'in aktivitesi sonucu uzaya atılan parçacıkların büyük bölümü Yer'in manyetik alanı tarafından uzaklaştırılır ve bize ulaşması engellenir. Ancak bu parçacıkların küçük bir bölümü yine Yer'in manyetik alanı tarafından Yer'in manyetik kutuplarına doğru sürüklenir. Böylelikle Yer'in kutup bölgelerinde gece izlenebilen ve Yer'in manyetosferinde oluşan "Kutup Işıkları" veya "Aurora" adı verilen parlak desenler gözlenir.



Şekil 6.11 Güneş rüzgarlarının Yer'in atmosferinde oluşturduğu Kutup Işıkları

Güneş'ten gelen parçacıkların büyük bir bölümü elektronlar ve protonlardır. Bu parçacıklar atmosferdeki içeriği uyararak veya iyonlaştırarak renklerin oluşmasına neden olur. Yüksek irtifada atom olarak yer alan oksijen 630 nm'de kırmızı ışık yayar. Ancak miktarının az olması ve gözün bu dalgaboyuna çok duyarlı olmaması bu rengin gözlenmesini zorlaştırır. Daha düşük irtifada ise yine oksijenin 557.7 nm deki yeşi rengi baskınlaşır. Daha düşük irtifalarda moleküler azotun etkisi artar ve mavi renk baskın olmak üzere birçok farklı renkte ışımaya yapar. Ancak azota ilişkin geçişler oksijene nazaran çok daha hızlı olduğundan ancak çok şiddetli bir Güneş rüzgarı olması durumunda bu renkler gözlenebilir. Farklı renklerin bir araya gelmesiyle Sarı ve Pembe renkli kutup ışıklarının da görülebilmesi mümkündür.