

# UZAYDA YAPAY KUYRUKLU YILDIZLAR



## Serhat ÇAKIR\*

**K**uyruklu yıldızlar (kometler), Güneş'e yaklaştıklarında, parlak başları ve kuyruklarıyla, bir süre görünüp kaybolmalarıyla, uzun yıllar insanların ilgisini çekmiştir.

Kometler, yörüngeleri üzerinde nerede olursa olsun, başlarını sürekli Güneş'e çevirirler ve kuyrukları Güneş'i görmeyen taraflarında oluşur. Alman fizikçi Ludwig Biermann, kometlerin bu önemli özelliğini gözleyip nedenlerini büyük bir oranda açıkladı. Biermann'a göre, kometlerin dolaştıkları ortam boş değildir ve Güneş'e yaklaştıklarında bir cins akıntıyla karşılaşmakta ve ondan etkilenmekteydiler. Bu akıntının kaynağı, en yakın aktif gök cismi Güneş olmalıydı. Biermann(1), 1951 yılında yayınladığı **Komet Kuyrukları ve Güneş'in Parçacık Radyasyonu** başlıklı çalışmasında, Güneş'ten atılan yüksek hızlı parçacıklar olduğunu ve bunların bir rüzgâr meydana getirdiğini ileri sürdü ki, buna daha sonra güneş rüzgârı adı verildi. Aynı çalışmada güneş rüzgârının kometlerle etkileştiği ve bunun sonucunda komet kuyruklarının oluştuğu varsayıldı. Biermann'a göre, parçacık rüzgârının esme yönünü ise, Güneş merkez olmak üzere uzaklaşan doğrultuda her yönde küresel olarak kabul etti. Bu varsayımlar, kometlerin davranışlarını büyük bir oranda açıklamaktadır. Gerçekten de kometler, güneş rüzgârının etkili olduğu bölgeye girdiklerinde, hava alanlarındaki rüzgâr torbaları gibi, başlarını rüzgârın estiği yöne çevirip kuyruklarını rüzgârın doğrultusunda oluştururlar.

Yaklaşık 50 AU (1AU = 50 milyar km) çapında bir bölgeyi etkilemesine rağmen, güneş rüzgârının varlığını kanıtlayacak gözle görülebilir olay çok azdır. Bunun nedeni, kozmik plazmaların (plazmayı,

elektronlarının bir bölümünü veya tamamını atarak iyonize duruma geçen, atom çekirdekleri ve elektronların karışımı olarak düşünebiliriz) büyük bir bölümünde olduğu gibi, güneş rüzgârının da iyonize olmuş hidrojen, helyum, bazı ağır atom çekirdekleri ve serbest elektronlardan oluşmasıdır. Bu sayılan parçacıkların yoğunlukları düşük olduğundan, görünür ışık ile etkileşimleri çok azdır; diğer bir deyişle etkileşim kesitleri küçüktür. Dolayısıyla ancak plazma yoğunluğunun yüksek olduğu bölgelerde (güneş kronası, uzaya roket ve uydularla salınan plazmalarda, komet baş ve kuyrukları gibi), güneş rüzgârı plazma veya nötral gazla etkileşime yeteri kadar girer ve insan gözünün algılayabileceği ışık saçılımına neden olur.

Güneş rüzgârının neden olduğu ve yer yüzünden gözlenebilen en önemli doğal olaylardan biri de, kutup ışıkları, auroradır. Güneş'ten kopan parçacıklar, dünyanın manyetik alanını izleyerek kutup bölgelerinden atmosfere girmektedirler. Bu sırada atmosferin nötral atom ve molekülleriyle çarpışır



Şekil 1: Kutup Işıması (Aurora).

\* Doç.Dr., TÜBİTAK-ODTÜ Fizik Bölümü.

enerjilerini kaybederek gözle görülebilir ışımalara neden olurlar. Bunlara kutup ışmaları veya aurora denir. Şekil 1, tipik bir kutup ışmasını göstermektedir. Kilometrelerce uzunluktaki ince ışımaların hareket halindeki görüntüleri, izleyenleri fazlasıyla etkileyecek güzelliğindedir. Ancak olay oldukça karışık ve henüz aktif bir fizik araştırma konusudur.

Kometler, güneş rüzgârının etkili olduğu bölgelerde çok sık rastlanan cisimler değildir. Dolayısıyla bilim adamlarının doğal yollardan çalışmaları ve gözlem yapabilmeleri o kadar kolay değildir. Biermann ve arkadaşları, yapay yoğun plazma ortamının, bir anlamda yapay kometlerin, uzayda oluşturulabileceğini düşündüler. Bu amaca en uygun olarak da alkali toprak metalleri (kalsiyum, stronsiyum, baryum gibi) uygun buldular. Bu seçimin nedeni, alkali toprak metallerin düşük iyonizasyon potansiyellerinden dolayı güneş radyasyonu ile kolayca etkileşebilmeleri ve görünür dalga boyunda ışık saçabilmeleridir. Güneş'in UV radyasyonu alkali metallerin elektronlarının kolayca yörünge değiştirmelerine ya da tamamen kopmalarına neden olabilir. Diğer taraftan alkali metaller nötral veya iyon durumunda elektromanyetik spektrumun gözle görünür bölgesinde ışımaya kapabilmektedir. Biermann ve arkadaşlarına göre, uzaya bırakılacak alkali metaller, Güneş'in UV radyasyonu ile plazma haline dönüşecek ve aynı zamanda optik olarak gözlenebilecekti.

1961 yılında Reimar Lüst ve arkadaşları, Max-Planck Fizik ve Astrofizik Enstitüsü'nde (Garching, Almanya) Biermann'ın önerilerini gerçekleştirmek amacıyla küçük bir grup kurdular. Bu grup, 1964 yılının son aylarında Sahra Çölü'nden gönderilen bir roket ile atmosferin üst bölümlerine baryum enjekte etti. Güneş UV radyasyonunun etkisi ile uzaya salınan nötral baryum iyonize olup, lokal yoğun plazma bulutu oluşturdu. Bu, uzayda yapılan ilk başarılı yapay plazma deneyi oldu. Deney sırasında plazma bölgesi gözle izlenebildi; bazı veriler alınabildi ve değerlendirildi. Bu tür deneylerde önemli bir sorun, uzaya bırakılan nötral baryumun iyonizasyon süresiydi;



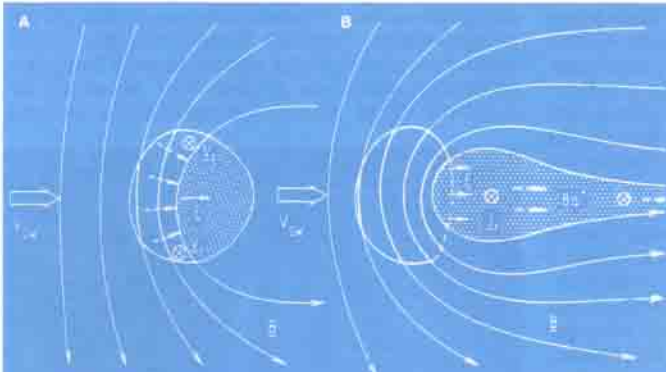
Şekil 2a: Baryum bulutunun uzaya salınmasından hemen sonraki durumu.



Şekil 2b: Baryum plazma bulutunun UV fotoiyonizasyonu sonunda oluşması ve manyetik alan boyunca dağılımı.

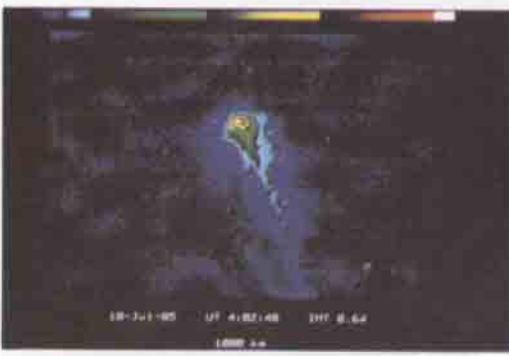
yani ne kadar sonra baryum plazma haline dönüşebileceğiydi. İlk deneyde, bu sürenin 30 saniye mertebesinde olması, bilim adamlarını oldukça umutlandırdı ve gelecek için yeni deneylerin planları yapılmaya başlandı. Garching'teki grup, 30 yıl içinde birçok roket ve birkaç uydu deneyi planlayıp gerçekleştirdi. Bunlardan bazılarının çekilmiş optik fotoğrafları resimlerde görülmektedir.

Garching'teki grup tarafından geliştirilen Baryum tekniği, aslında oldukça basit temellere dayanıyor. Baryum metal parçaları ve CuO tozu uzaya gönderilecek kabinin ayrı odalarına yan yana dolduruluyor. Daha sonra kap uzaya bırakılınca, yer yüzünden uzaktan algılanmalı sistemle odalar arasındaki duvar kaldırılıyor. Bu duvar genellikle alüminyumdan oluyor ve bir elektrik boşalımı ile imha ediliyor. Baryum ve CuO birbirleri ile karışarak aşağıdaki reaksiyonu başlatır:



Şekil 3a: Diamanyetik plazma bulutuna manyetik alanın nüfuz etmesi (ilk faz). Burada,  $E$  elektrik alanı,  $B$  manyetik alanı,  $V_{SW}$  güneş rüzgârının hızı,  $V_L$  plazma hızını göstermektedir.

Şekil 3b: Manyetik alanın plazmaya nüfuz etmesi (son faz).



Şekil 3c: Yapay kuyruklu yıldız plazma yoğunluk ve-rilerinin bilgisayarla renklendirilmiş resmi.



Reaksiyon sırasında oluşan ısı, Ba metal parçalarını buharlaştırıp kaptaki basıncın artmasına neden olur. Basınç altındaki baryum, kap sibobundan uzaya belli bir kinetik enerjiyle atılır. Dışarı çıkan BaO ve Cu oranı, baryuma göre oldukça düşüktür; dolayısıyla uzayda saf sayılabilecek bir Ba bulutu oluşur.

Şekil 2 a ve b'de uzaya salınmış baryum bulutlarının güneş UV ışığı ile fotoiyonizasyonunu, renk ve şekil değişimini görmekteyiz. İlk aşamada çok renkli nötral bulutlar küresel biçimde oluşuyor. Daha sonra iyonize olan baryum atomları çevresi ile etkileşiyor. İyonlar ve elektronlar, manyetik alanı hissetmeye başladıkları andan sonra manyetik alan çizgileri boyunca dağılıyor. Bu deneylerle kuramsal olarak bilinen birçok olay gözle görülür hale geliyor. Fizikçilerin iyi bildiği yüklü parçacıkların elektrik ve manyetik alan içindeki davranışları çevre koşullarından artılmış bir şekilde renklendiriliyor.

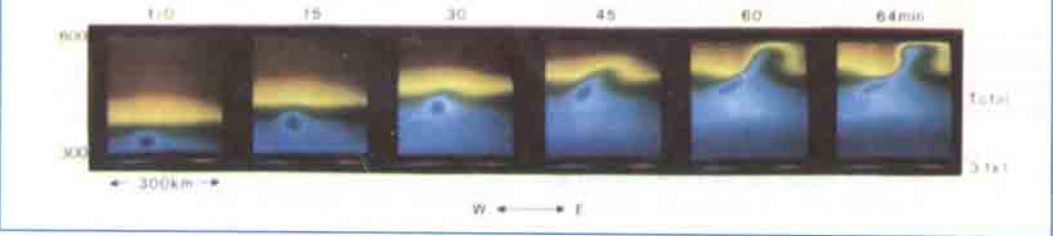
güneş rüzgârı ile etkileşimi incelendi. Salınan plazma öncelikle bir manyetik delik açtı; daha sonra fon manyetik alan basıncı ve plazma bulutunun kinetik basıncı dengeye ulaşıp bulutun son halini olan 90 km çaplı büyüklüğe 60 saniye sonra ulaştı.

Deneyin en ilginç sonuçlarından biri, yapay kuyruklu yıldızın baş kısmının beklendiği gibi güneş rüzgârı yönünde olmayıp buna dik yönde hareket etmedi. Bu da deney sırasında oluşan elektrik alan ve fon manyetik alanın, yüklü parçacıklardan meydana gelen plazmaya yaptığı etkidir.

Uzay plazma deneyleri, kuramsal çalışmalardan, bilgisayar model sonuçlarından ve daha önce yapılmış olan deney verilerinden yararlanılarak planlanır. Bilgisayarların gelişimine paralel olarak, planlanan uzay plazma deneyleri, önce bilgisayar ortamında modellenip simüle edilmektedir. Başka bir anlatımla bilgisayar simülasyonları, yapılacak deneylere yol göstermektedir. Şekil 4, bir deneyin bilgisayar ortamında gelişimini göstermektedir. Her resim, ardışık zamanlardaki plazma yoğunluk dağılımını göstermektedir. Bu simülasyon, CRAY süper bilgisayarından faydalanarak gerçekleştirilmiştir. Max-Planck Fizik Enstitüsü ve ODTÜ Fizik Bölümü, uzay plazma deneylerinin bilgisayarda modellenmesi konusunda ortak çalışmayı sürdürmektedir(3).

Fizikçiler açısından uzay plazma deneylerinin, yer yüzünde yapılan laboratuvar deneylerine göre önemi sınır koşullarının olmamasıdır. Laboratuvarlarda kullanılan ve plazmanın oluşturulduğu deney kabının büyüklüğü sınırlı olması ve plazma ile oldukça karışık etkileşimlere girmesi, plazmanın davranışını anlamak açısından problemler yaratmaktadır. Temel plazma fiziği araştırmalarına önemli katkılarda bulunan uzay deneylerinin sonuçları evrensel olup, kullanılabilir. Ayrıca plazma fiziğinde çözülmeye çalışılan problemlerin doğaları, temel meka-

Şekil 4: Bir uzay plazma deneyinin bilgisayar simülasyonu.



1985 yılının ortalarında Max-Planck Fizik Enstitüsü'nden Gerhard Haerndel(2) ve arkadaşları, Ludwig Biermann'ın 25 yıllık hayalini gerçekleştirdiler ve ilk insan yapısı kuyruklu yıldız uzayda oluşturdular. Almanya, İngiltere ve ABD'nin ortaklaşa hazırladığı AMTE (Active Magnetospheric Particle Tracer Explorers) uydusu misyonunda, Garching'teki grup iki baryum deneyini gerçekleştirdi. Şekil 3 a, b ve c yapay kuyruklu yıldızın şematik ve deney sonucunda alınan verilerle hazırlanmış bilgisayar resmini göstermektedir. 2 kg baryum, dünya manyetik alanının dışına güneş rüzgârının etkili olduğu bölgeye salındı ve oluşan yapay kuyruklu yıldızın manyetik alan ve

nizmaları her ortam için geçerlidir diyebiliriz. Fizikçiler, uzayı doğal laboratuvar olarak kullanmaya, gelişen uzay teknolojisinin de yardımıyla devam etmektedirler.

#### KAYNAKLAR

- 1) Biermann, L., 1951 Kometenschweife und Solare Korpuskularstrahlung. Zeitschrift für Astrophysik Vol 29. 274-286.
- 2) Haerndel G., 1987 Active Plasma Experiments, The Solar Wind and the Earth, by S.-I. Akasofu and Y. Kamide, Geophysics and Astrophysics Monographs, Terra Scientific Publication Company and D. Reidel Publishing Company, pages 213-242.
- 3) Çakır, S., G.Haerndel, J.V. Eccles, 1992 Modelling the Artificially Produced Plasma Density Enhancement in Space, J.Geophys. Res. 99, 1192.