

2022

YILINDAKİ ÖNEMLİ UZAY ÇALIŞMALARI VE KEŞİFLER

Doç. Dr. Selçuk Topal [Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü,
Yüksek Enerji ve Plazma Fiziği Anabilim Dalı

Uzay bilimleri ve uzay teknolojileri her geçen yıl daha fazla gelişmenin ve keşfin yaşandığı bir alan olarak ilerlemeye devam ediyor. Evrenin ilk anları hakkında bildiklerimizi sorgulamamıza neden olan yeni astronomik gözlemlerden asteroit tehdidine karşı gezegenimizi savunmamızı sağlayacak teknolojilere, ülkemiz astronomlarının ötegezegen keşfinden Türkiye'nin en büyük teleskobunun hazır hâle gelmesine uzanan birçok gelişmeyle dolu, çok yoğun bir yılı geride bıraktık. Bu yazıda 2022 yılının öne çıkan uzay çalışmaları ve keşiflerinden bir derleme bulacaksınız.

KEŞİFLER

EVREN

En Uzak Yıldız Earendel

Hubble Uzay Teleskobu (HST: Hubble Space Telescope) bugüne kadar gözlenmiş en uzak yıldızın ışığını belirledi. Earendel adlı yıldızın ışığı 12,9 milyar yaşında. Yani evren henüz 900 milyon yaşında iken ışık saçan bir yıldız. Evren sürekli genişlediği için Earendel bugün bizden yaklaşık 28 milyar ışık yılı uzaklıkta bulunuyor. Yıldızın kütlesinin Güneş'ten 50 kat büyük olduğu ve ışınım gücünün de yıldızımızdan milyonlarca kat daha fazla olduğu hesaplandı.

Güneş'ten en az sekiz kat daha büyük kütleli yıldızların hayatı bir süpernova patlaması ile son bulur. Bu olay sonucunda yıldızdan geriye kalan şey bir kara delik olabilir. Ancak Güneş'ten en az otuz kat büyük kütleli yıldızlar bir süpernova patlaması olmaksızın içine çökerek bir kara delik oluşturabilir. Earendel'in hesaplanan kütlesi onun süpernova patlaması geçirmeden bir kara deliğe dönüşmüş olabileceğini gösteriyor.

Işık yılı ışığın bir yılda aldığı toplam mesafeyi ifade eder ve yaklaşık olarak 9,5 trilyon km'ye eşittir. Bu değer, ışığın boşlukta bir saniyede katettiği yaklaşık mesafe olan 300.000 km'nin bir yıldaki toplam saniye sayısı ile çarpımına eşittir.

Evrenin En Derin ve En Net Kızılötesi Görüntüsü Elde Edildi

Kızılötesi bölgeye duyarlı gözlem ve ölçüm cihazlarıyla donatılmış olan ve en büyük uzay teleskobu unvanının sahibi James Webb Uzay Teleskobu (JWST: James Webb Space Telescope) geçtiğimiz yılın başında görevine başladı. JWST'nin 6,5

metre çapındaki aynası berilyum elementinden yapılmış, altın kaplamalı ve altıgen şeklindeki 18 adet aynanın birleşmesinden oluşuyor. Dünya'dan yaklaşık 1,5 milyon km ötedeki Lagrange 2 noktasına gönderildikten sonra bilimsel çalışmalarına başlayan JWST; evrenin derinlerindeki gök adaları, ötegezegenlerin atmosferlerini, gök adamız Samanyolu içerisinde bulunan yıldız oluşum bölgelerini ve Güneş sisteminde yer alan cisimleri incelemeye devam ediyor.





JWST tarafından bugüne kadar elde edilmiş en derin ve en hassas kızılötesi uzay görüntüsü 12 Temmuz 2022 tarihinde yayınlandı. Elde edilen görüntü, sizden bir kol mesafesi uzakta bulunan bir kum tanesinin gökyüzünde kapladığı açısal alana eşit çok küçük bir alanın görüntüsüydü. Görüntünün merkezinde SMACS 0723 kodlu bir gök ada kümesi bulunuyor. Görüntü sadece gök ada kümesini değil, birçok başka gök cismini de kapsıyor. Kütle çekimsel mikromerçekleme nedeniyle ışığı bükülen uzaktaki gök adalar da görüntünün bir parçası. SMACS 0723 gök ada kümesinin devasa kütlesi, arkasında yer alan ve çok daha uzakta bulunan bazı gök adaların ışığına lens etkisi uyguluyor. Böylece daha uzaktaki gök adaların ışığı, hem bükülüyor hem de olduğundan daha parlak görünüyor.

Evrende oluşmuş ilk gök adaların ışığı da muhtemelen o görüntünün içinde yer alıyor. Görüntüdeki her bir parlak noktanın tayfı alındıkça daha çok bilgi elde edilecek ve geçmişin daha da derinlerindeki ışık analiz edilecek.

Yayınlanan ilk görüntünün bir diğer özelliği ise JWST'nin çok hızlı ve kaliteli veri alabildiğini kanıtlaması oldu. Çünkü söz konusu derin uzay görüntüsünün elde edilmesi sadece 12 saat sürdü. HST (Hubble Uzay Teleskobu) ile doğru alıcılara sahip olduğumuzu varsayarsak bile böyle bir görüntünün elde edilmesi haftalarca sürebilirdi.

Bir teleskobun çapı onun ne kadar sürede ne kadar ışık toplayabileceğini belirleyen en önemli parametrelerden biridir. JWST'nin ayna çapı HST'ninkinin yaklaşık 2,5 katıdır. JWST, HST'nin varisi olarak görülüyor. İki teleskop aynı açısal çözünürlüğe sahip olmasına rağmen JWST daha uzak ve da-

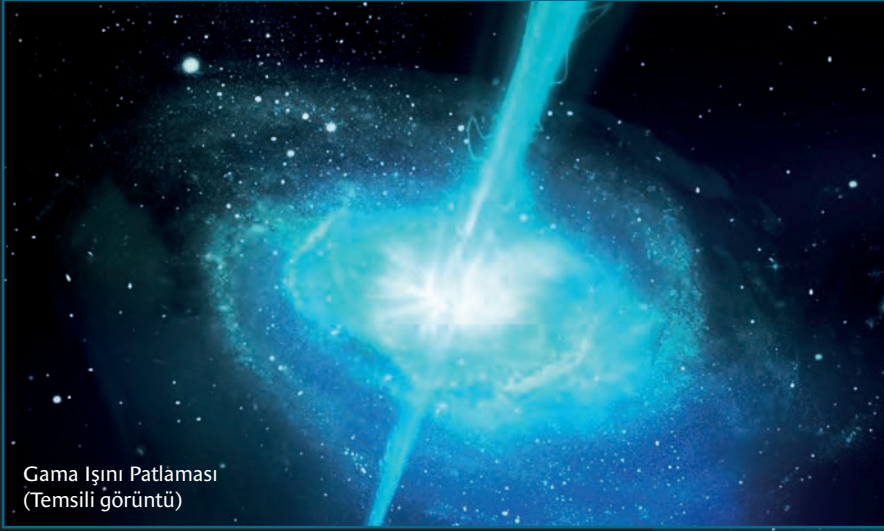
ha sönük cisimleri de gözlemlenebilir için tasarlandı. Bu nedenle, evrenin çok uzak köşelerinde yer alan ve HST ile görülemeyen birçok gök ada ve yıldızın ışığı JWST ile belirlenebilecek.

İki gök cisminin birbirlerine uyguladığı kütle çekimi etkilerinin eşitlendiği beş farklı bölge bulunur. Bu bölgelere "Lagrange noktaları" denir. Güneş ve Dünya çiftinin sahip olduğu Lagrange noktalarının ikisi Dünya'nın Güneş etrafındaki yörüngesi üzerinde Dünya'nın hareket yönünün önünde ve arkasında yer alırken diğer üçü Dünya-Güneş doğrultusu üzerinde bulunur.

Bugüne Kadar Belirlenmiş En Uzak Gök Adaların Uzaklığı Doğrulandı

JWST tarafından elde edilen birçok derin uzay görüntüsü bulunuyor. Bu görüntülerden bazılarında bugüne kadar gözlenmiş en uzak gök adalar olduğu düşünülüyor ve bu aday gök adaların uzaklığını doğrulayabilmek için tayf analiz işlemi devam ediyor. Bu görüntülerden biri de JWST tarafından yürütülen Advanced Deep Extragalactic Survey (Gelişmiş Derin Gök Ada Dışı Araştırması) isimli projede elde edildi. Bu proje kapsamında HST'nin derin uzay görüntüsü elde ettiği bölge ve oraya yakın başka bölgeler JWST ile daha duyarlı bir şekilde gözleniyor. Bu sayede HST ile görülemeyen gök adaların da görüntülenebilmesi hedefleniyor.

Bu gözlemlerden birinde evren henüz ortalama 350 milyon yaşında iken oluştuğu düşünülen bazı gök adalar belirlenmişti. İşte bu gök adaların tayf analizi yoluyla uzaklıkları ilk kez doğrulandı. O gök adalar içinde en uzak olan gök ada, Büyük Patlama'dan sadece 330 milyon yıl sonrasına tarihlendi. Evrenin genişlemesini dikkate alırsak şu an o gök adanın bizden uzaklığı yaklaşık 33,4 milyar ışık yılıdır.



Gama Işını Patlaması
(Temsili görüntü)

Harald Ritsch / SPL

olay içinde enerjisi en yüksek olan patlama olarak nitelendiriliyor. Bu gama ışını patlaması milyarlarca ışık yılı uzaklıkta gerçekleşmesine rağmen patlamanın Dünya'nın iyonosfer tabakasında bazı düzensizliklere neden olduğu belirlendi. Bu da gama ışını patlamasının çok şiddetli olduğunu doğruluyor.

Süpernova patlamalarıyla ilişkili bu türden olayların gözlem ve analizi ağır elementlerin nasıl oluştuğunun daha iyi anlaşılması için son derece önemli. Çünkü periyodik tabloda demire kadar olan elementler yıldızların merkezinde oluşurken demirden daha ağır elementler süpernova patlamaları esnasında oluşuyor.

GÜNEŞ SİSTEMİ

Perseverance Mars'ta Neler Buldu?

18 Şubat 2021 tarihinde kızıl gezegen Mars'a başarılı bir şekilde iniş gerçekleştiren Perseverance yüzey aracı yaklaşık iki yıldır Mars'ta bulunuyor. Perseverance geçen yılın sonu itibarıyla Mars yüzeyinde toplam 13 km yol katetti. En önemli hedeflerinden biri Mars'ta yaşam izi aramak olan yüzey aracı 45 km çapındaki Jezero kraterinde incelemelere

Erken evrende oluştuğu düşünülen ve ileri analizlerle uzaklığı doğrulanan gök adaların keşfini önemli yapan bazı bulgular var. Bu gök adaların ışığı incelendiğinde beklenenden çok daha parlak oldukları anlaşıldı. Ayrıca bazı gök adaların evrenin bu kadar erken zamanlarında bile disk yapısına sahip olabileceği de kanıtlandı. Diğer yandan, gök adaların milyarlarca yıldızdan oluşan sistemler olduğu düşünülürse elde edilen gök ada görüntüleri aynı zamanda evrenin ilk yıldızlarının ışığını da içeriyor. Evrende oluşan ilk yıldızların neredeyse tamamen hidrojenle oluştuğu, yani neredeyse hiç ağır element içermediği düşünülüyor.

Büyük Patlama teorisine göre evren henüz 250-300 milyon yaşında iken ilk gök adaların oluştuğu tahmin ediliyor. Bu teoriye göre "evrenin ilk ışığı" diye adlandırılan Kozmik Mikrodalga Arka Alan Işınımı ile ilk yıldızların ve gök adaların oluştuğu zaman arasında geçen bir dönem bulunuyor. Karanlık Çağ

denilen bu dönemde henüz hiçbir yıldız veya gök ada oluşmamıştı. Büyük Patlama kozmolojisine göre Karanlık Çağ birkaç yüz milyon yıl sürmüş olabilir. Ancak JWST ile görüntülenen en uzak gök adaların gelişimine ve fiziksel özelliklerine bakıldığında ilk gök adaların evren henüz 100 milyon yaşında iken oluştuğu düşünülmeye başlandı. Bir başka deyişle, Karanlık Çağ daha önce tahmin edildiğinden çok daha kısa sürmüş olabilir. Evrenin geçmişinden bugüne nasıl değişip geliştiğini JWST sayesinde her geçen gün daha iyi anlıyoruz.

En Şiddetli Gama Işını Patlaması Belirlendi

Süpernova patlaması ile kara deliğe dönüşen bir dev yıldızın neden olduğu düşünülen bir gama ışını patlaması belirlendi. Dünya'dan 2,4 milyar ışık yılı uzaklıkta olduğu hesaplanan GRB221009A kodlu bu gama ışını patlaması bugüne kadar kaydedilen binlerce benzer

devam ediyor. Jezero kraterinde milyarlarca yıl önce bir göl olduğunu gösteren ciddi bilimsel deliller bulunuyor. Bölgede yer alan tortul kayalar ve o kayalar arasındaki katmanlarda bulunan sülfat minerali Jezero'nun bir zamanlar bir göle ev sahipliği yaptığı teorisini güçlendiriyor.

Perseverance geçen yıl Jezero krateri tabanında iki farklı kayaç içeren katman olduğunu bulmuştu. Daha derinde yer alan katmanın magma nedeniyle oluştuğu düşünülürken yüzeydeki kayaç yapısının ise volkanik aktivite nedeniyle meydana geldiği düşünülüyor. Bir zamanlar Jezero kraterinde bulunduğu düşünülen gölün kayalar oluştuktan sonra kraterde yer aldığı öngörülüyor.

Perseverance geçtiğimiz yıl önemli bir keşif daha yaptı. Mars'ta hiç olmadığı kadar yüksek bir konsantrasyona sahip organik bileşikler buldu. Organik maddelerin ana bileşeni karbondur ancak genellikle oksijen ve hidrojen atomları da içerirler. Diğer yandan

azot, fosfor ve sülfür gibi diğer elementleri de içerebilirler. Bununla birlikte, her organik madde bir canlılık olduğunu göstermez. Çünkü canlılık gerektirmeden organik madde oluşmasını sağlayan kimyasal süreçler de vardır. Ancak organik bileşiklerin bulunduğu Jezero kraterinin bir zamanlar canlı yaşamını destekleyebilecek koşullara sahip olduğunun düşünülmesi bu keşfi daha ilginç kılıyor. Bu da Mars'ın bir zamanlar mikrobik yaşam barındırmış olabileceği fikrini güçlendiriyor.

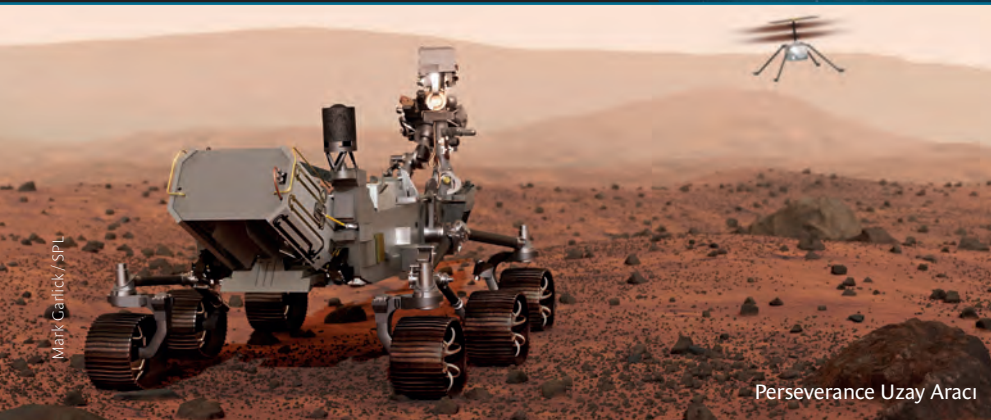
Bu bulgular, uzun bir süredir yanıt bekleyen bir soruyu tekrar gündeme getiriyor: Bir zamanlar sularla kaplı olan Mars yüzeyi hangi olaylar sonucunda bugün gördüğümüz gibi kurak ve soğuk bir yer hâline geldi? Bu soruya yakın bir zamanda daha net yanıtlar verebileceğiz. Çünkü Perseverance 2030'lu yıllarda Mars'a incek başka bir uzay aracı ile yapılacak örnek toplama ve Dünya'ya getirme görevi için Mars'ta veri toplamaya devam ediyor.



Sciapro / SPL / Getty Images

Mars'ta Sıvı Su Var mı?

Geçtiğimiz yıllarda yapılan bazı çalışmalar Mars'ta katı ve gaz formunda suyun olduğunu göstermişti. Mars'ın yüzeyinde buz hâlinde, atmosferinde ise çok düşük bir miktarda su buharı (ve buz kristalleri) hâlinde suyun bulunduğunu biliyoruz. Su buzu Mars'ın kuzey yarı küresinde gözle görülebilir şekilde yüzeyde veya yüzeye yakın bölgelerde bulunuyor. Gezegenin güney yarı küresinde ise karbondioksit buzunun altında su buzu olduğu belirlenmişti. Birkaç yıl önce yapılan bazı çalışma sonuçları ise milyarlarca yıl önce Mars'ın



Perseverance Uzay Aracı

yüzeyini kapladığı düşünülen su kütlelerinin sanılandan daha yakın bir geçmişte Mars yüzeyinde yer aldığına ve sanılandan daha uzun bir süre yüzeyde kaldığına işaret etmişti.

Mars yüzeyinin altında sıvı su olup olmadığı devam eden bir araştırma konusudur. Mars'ın güney kutbundaki buzulların 1,5 km altında çok derin olmayan ancak geniş bir alana yayılmış göletlerin olduğunu işaret eden çalışmalar yayınlanmıştı. Ancak geçen yıl yayınlanan başka bir çalışma yüzey altı gölleri olduğu iddia edilen o yapıların aslında volkanik kayalar olabileceğini önerdi. Bu da uzun yıllardır yanıt bekleyen, "Mars'ta sıvı su var mı?" sorusuna verilebilecek yanıtın şimdilik, "Emin değiliz." demek olduğunu gösteriyor.

Sonuç olarak, Mars'ta buz ve buhar hâlinde su bulunduğunu biliyoruz. Ancak yüzeyinde veya yüzey altında sıvı hâlde su henüz keşfedilmiş değil. Bazı uzay ajanslarının ve özel şirketlerin Mars'ta kalıcı yaşam alanları kurmayı amaçladığını da biliyoruz. Sıvı suyun varlığı bir gün Mars'ta yaşayacak insanlık için hiç şüphe yok ki hayati derecede önemli bir konu.

Kuyruklu yıldızlar aslında yıldız değildir. Buzla ve tozla kaplı dev kayaç parçalarıdır. Güneş'e yaklaştıkça maruz kaldıkları ısı arttığı için yüzeylerinde bulunan buz erir ve ana kütlelerin arkasında bir kuyruk oluşturur. Bu nedenle bu gök cisimlerine kuyruklu yıldız denir. Kuyruklu yıldızların büyük bir çoğunluğunun Güneş sistemini çevreleyen Oort Bulutu denilen bölgeden geldiği düşünülmüştür.

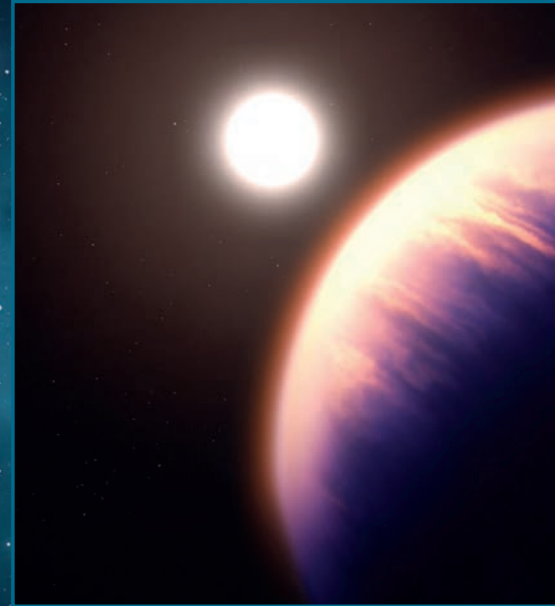
En Büyük ve En Uzak Kuyruklu Yıldız

İlk kez 2014 yılında 4 milyar km uzaklıkta iken keşfedilen Comet C/2014 UN271 kodlu kuyruklu yıldızın (diğer adı Bernardinelli-Bernstein) büyüklüğü geçen yıl HST ile yapılan gözlemlerle doğrulandı. 150 km genişliğe sahip bu dev kuyruklu yıldızın kütlesi, bilinen kuyruklu yıldızların çoğundan yüz bin kat daha büyük. Bugüne kadar belirlenmiş en büyük ve aynı zamanda en uzak kuyruklu yıldız olan Bernardinelli-Bernstein Güneş etrafındaki bir turunu üç milyon yılda tamamlıyor. Kuyruklu yıldız Dünya için herhangi bir tehdit oluşturmuyor ve Dünya'ya en yakın konuma geleceği 2031 yılında bile Dünya'dan yaklaşık 1,5 milyar km uzaklıkta olacak.

ÖTEGEZEĞENLER

Gök Adamızda Keşfedilen Ötegezegen Sayısı 5.000'i Aştı

İlk ötegezegenler 1992 yılında keşfedilmişti. Bir pulsar etrafında dolandığı tespit edilen söz konusu iki ötegezegenin tespit edilmesinden bugüne kadar geçen 30 yılda keşfedilen ötegezegen sayısı geçen yıl 5.000'i aştı. Birkaç yıl önce gözlemlere başlayan Transiting Exoplanet Survey Satellite veya kısa adıyla TESS olarak bilinen teleskobun yanı sıra makine öğrenmesine dayalı yeni ötegezegen belirleme yöntemlerinin de sayesinde yakın bir gelecekte belirlenen ötegezegen sayısının daha hızlı bir şekilde artması bekleniyor.



İlk Kez Bir Ötegezegen Atmosferinin Moleküler ve Kimyasal Tayf Profili Elde Edildi

Kızılötesi uzay teleskobu olan JWST'nin bilimsel amaçlarından biri de ötegezegen atmosferlerini incelemektir. JWST geçen yıl ilk kez bir ötegezegen atmosferinin moleküler ve kimyasal profilini, bir başka ifadeyle bir ötegezegenin en detaylı tayfını elde etti. WASP-39 b isimli ötegezegenden elde edilen tayf; ötegezegenin atmosferinde bulunan atomlar, moleküller, aktif fotokimyasal süreçler ve bulutların varlığını doğruluyor. WASP-39 b bizden yaklaşık 700 ışık yılı uzaklıkta bulunan "sıcak Satürn" türü bir ötegezegen. Bu tür ötegezegenlerin kütlesi Satürn gezegenine benzer olmasına

rağmen yıldızlarına uzaklıkları Merkür ile Güneş arasındaki mesafeden bile daha kısadır.

Astronomlarımız İki Yeni Ötegezegen Keşfetti

Astronomlarımız ilk kez 2017 yılında bir ötegezegen keşfetmişti. Geçen yıl ise Kepler 451 yıldız sistemi etrafında dolanan iki yeni ötegezegeni daha keşfetmeyi başardılar. Böylece bu yıldız etrafında keşfedilen ötegezegen sayısı üçe yükseldi. Her üç ötegezegen de Jüpiter ile kıyaslanabilecek kütlelere sahip. Çalışmanın gözlemleri ülkemizde bulunan üç adet yer tabanlı teleskop ile gerçekleştirildi. Ankara Üniversitesi'nin 80 cm çaplı, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nin 1 m çaplı ve son olarak Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ulupınar Gözlemevi'nde iki üniversitenin ortak kullanımında çalışan İstanbul Üniversitesi'nin 60 cm çaplı teleskopları kullanılarak gözlemler yapıldı. Ayrıca analiz işlemlerinde Kepler ve TESS uzay teleskoplarının verilerinden de faydalanıldı.

O güne kadar bir çift yıldız sistemi etrafında dolandığı bilinen 20 ötegezegen tespit edilmiş iken astronomlarımızın yaptığı keşifle bu sayı 22'ye yükseldi. Çift yıldız sistemindeki yıldızlardan biri yaşamının sonuna gelmiş ve üst katmanlarını uzaya saçmış

durumdayken diğer yıldız ise soğuk cüce sınıfından bir yıldız. Bu çalışma "ölü" yıldızlar etrafında da gezegenlerin oluşabileceğini göstermesi açısından literatüre önemli bir katkı sağlıyor. Bununla birlikte, Kepler 451 etrafında dolandığı belirlenen ilk ötegezegenin yörünge süresi ve kütle değeri de astronomlarımızın çalışmasında daha duyarlı bir şekilde hesaplandı.

Proxima Centauri Etrafında 3. Ötegezegen Keşfedildi

Güneş'e en yakın yıldızın adı Proxima Centauri'dir. Proxima Centauri etrafında dolandığı belirlenen ilk ötegezegen 2016 yılında keşfedilmişti. Proxima b isimli bu ötegezegen Dünya ile mukayese edilebilir bir kütleye sahip ve Proxima Centauri yıldızının yaşanabilir bölgesinde bulunuyor. 2019 yılında keşfedilen ve Proxima c ismini alan ikinci ötegezegen ise hâlâ bir aday kategorisinde ve varlığı henüz doğrulanmış değil. Geçen yıl da bu yıldız etrafında üçüncü bir ötegezegenin bulunduğunu söyleyen başka bir çalışma yayınlandı. Proxima d isimli bu ötegezegenin varlığı ilave gözlem ve analizler ile doğrulandı. Çalışmaya göre Proxima d Dünya'nın kütlesinin yaklaşık dörtte biri kütleye sahip ve bugüne kadar radyal hız yöntemiyle keşfedilmiş en düşük kütleli ötegezegen.

Bir ötegezegen temsili görüntüsü

NASA

KARA DELİKLER

Gök Adamızın Merkezindeki Süper Kütleli Kara Deliğin Görüntüsü Yayınlandı

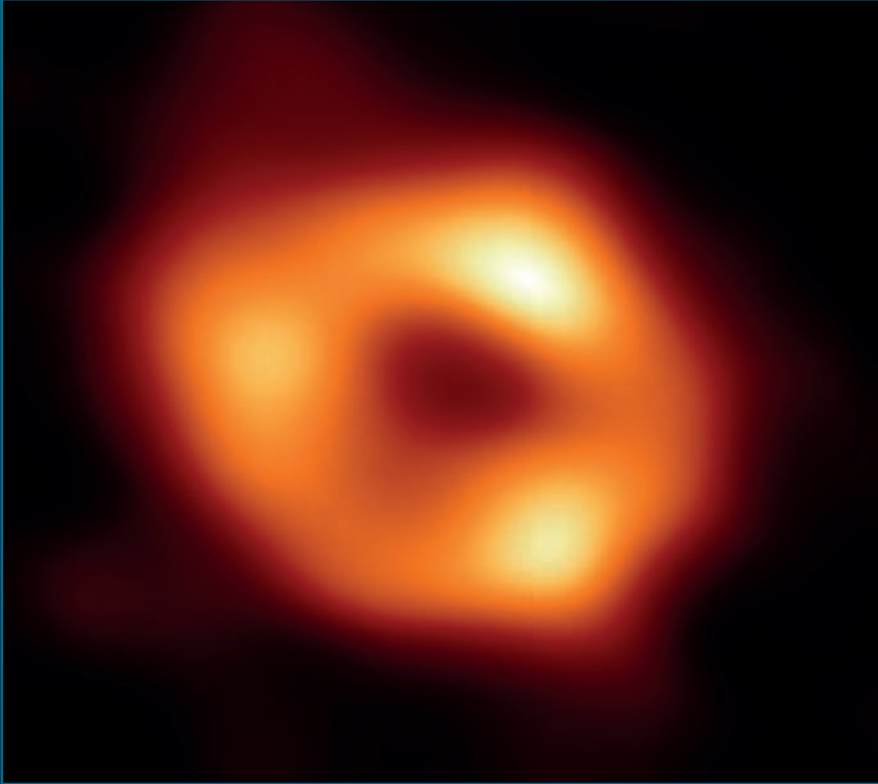
55 milyon ışık yılı uzaklıkta bulunan M87 isimli gök adanın merkezindeki süper kütleli kara deliğin görüntüsü 2019 yılında Olay Ufku Teleskobu (EHT: Event Horizon Telescope) ile elde edilmişti. Aynı teleskop geçen yıl Samanyolu'nun merkezinde, bizden 27.000 ışık yılı uzaklıkta bulunan Sagittarius A* adında, süper kütleli (4 milyon Güneş

kütlesine sahip) bir kara deliğin görüntüsünü elde etti. Sagittarius A*, Yay (Sagittarius) Takımyıldızı doğrultusunda bulunuyor.

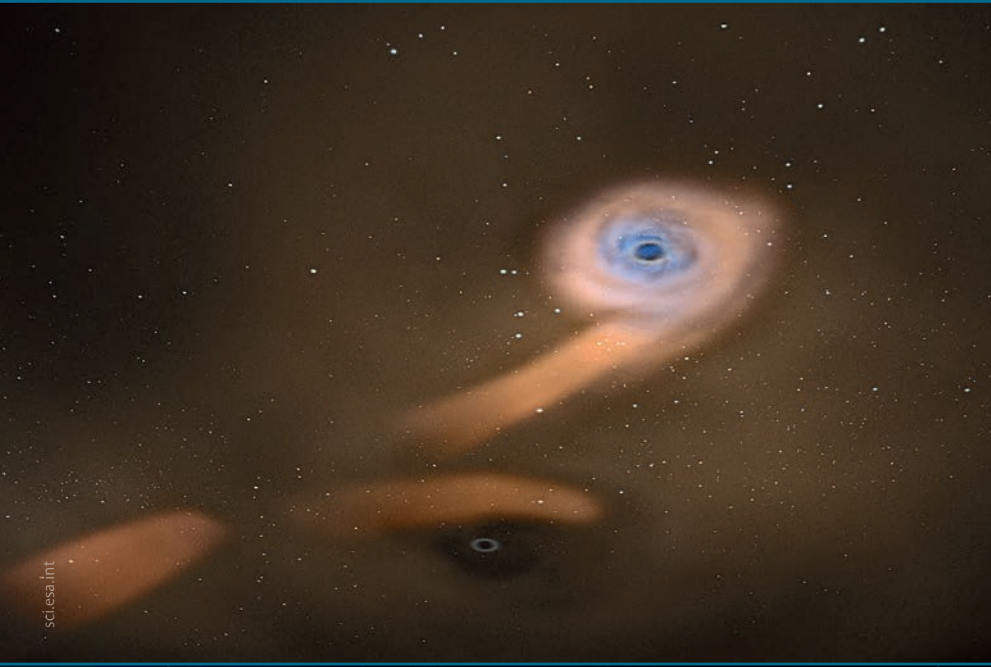
Kara delikler doğrudan gözlenemiyor ancak etraflarındaki gaz, yıldızlar arası toza veya yıldızlara yaptığı etkiler vasıtasıyla dolaylı yoldan belirlenebiliyor. Sagittarius A* etrafında yüksek hızlarda dolanan karbon monoksit gazının EHT ile bir görüntüsü elde edildi. Gözlem milimetre dalga boyunda yapıldı ve bir dizi görüntü işleme aşamasından sonra elde edilen görseller dalga boyunda bir görüntü hâline getirildi. Elde edilen görüntüye bakıldığında halka şeklindeki gaz yapısının ortasında yer alan ve kara deliğin "gölgesi" olarak adlandırılan

bölge kolaylıkla gözlenebiliyor. Bu çalışma sayesinde kara deliklerin genel göreliliğin önerdiği gibi bir fiziksel yapıya sahip olduğu bir kez daha kanıtlanmış oldu.

M87 isimli gök adanın merkezindeki kara delik ile kıyaslandığında Sagittarius A* bize çok daha yakın olduğu için onu gözlemenin daha kolay olacağı düşünülebilir. Ancak bizden sadece 27.000 ışık yılı ötedeki bir kara deliği gözlemek, bazı gözlem zorlukları nedeniyle, 55 milyon ışık uzaklıktaki kara deliği gözlemekten daha zordur. Öncelikle Sagittarius A* daha küçük bir kütleyle sahip ve daha sönük. Diğer yandan, Güneş Samanyolu'nun sarmal kollarından birinde yer aldığından dolayı Sagittarius A* ile bakış doğrultumuz arasında yıldızların yanı sıra gaz ve tozla dolu başka sarmal kollar bulunmaktadır. Ayrıca, Sagittarius A* etrafındaki gaz birkaç dakika içerisinde kara deliğin gölgesi etrafındaki turunu tamamlıyor. Yani gaz çok yüksek bir dolanma hızına sahip. Bu da gözlem verisini daha da karmaşıktırıyor. Yayımlanan Sagittarius A* görüntüsünün puslu olmasının nedeni budur. Ancak M87'nin merkezindeki süper kütleli kara deliğin kütlesi ve kara deliğin gölgesinin çapı çok daha büyük. Bununla birlikte, M87'deki kara deliğin etrafındaki gaz çok daha düşük bir dolanma hızına sahip. Kendi gök adamızın merkezindeki kara deliği gözlemek işte bu nedenle çok daha zor oldu.



eventhorizontelescope.org



Birleşmek Üzere Olan Birbirine En Yakın Süper Kütleli Kara Delik Çifti Keşfedildi

Bizden 80 milyon ışık yılı uzaklıkta bulunan NGC 7727 kodlu gök adanın merkezinde iki adet süper kütleli kara delik bulunuyor. Kara delikler birbirine çok yakın. Aralarında yaklaşık 1.600 ışık yıllık bir mesafe bulunuyor. Kıyaslama yapmak gerekirse keşfedilen çift kara delik arasındaki mesafe Güneş ile Samanyolu'nun merkezi arasındaki mesafenin yaklaşık on yedide biri kadar. Bu miktar fazla gibi gelse de aslında gök ada ölçeklerinde gerçekten küçük bir mesafedir. Bu çift kara

delik sisteminin bugüne kadar gözlenmiş birbirine en yakın süper kütleli kara delikler olduğu belirlendi. Kara deliklerden büyük kütleli olan yaklaşık 150 milyon Güneş kütesine sahipken diğeri ise 6 milyon Güneş kütesinde. Bu kara deliklerin yörüngesini inceleyen bilim insanları kara deliklerin çarpışma rotasında olduğunu ve yaklaşık 250 milyon yıl sonra çarpışacaklarını öngörüyor.

Gök Adamızda Başboş Dolaşan Bir Kara Delik Keşfedildi

Gök adamızda saatte 162.000 km hızla hareket eden başboş bir kara delik keşfedildi. Kara deliğin kütlesi, Güneş'in kütesinin

yedi katı; olay ufkunun çapı ise yaklaşık 40 km olarak hesaplandı. Bu kara delik bizden yaklaşık 5.000 ışık yılı uzaklıkta bulunuyor. Yıldız ve kara delikten oluşan çift sistem üyesi bir kara deliği gözleyebilmek, bileşeni olmayan tek bir kara deliği gözlemeye kıyasla daha kolay olacaktır. Çünkü çift sistem üyesi olan kara delik, bileşen yıldıza ölçülebilecek bir etki uygulayacak ve bu sayede kara deliğin dolaylı olarak belirlenmesi kolaylaşacaktır. Ancak keşfedilen bu başboş kara delik Samanyolu içinde tek başına hareket ettiğinden dolayı onu belirlemek için başka bir yöntem kullanıldı. Keşif kütle çekimsel mikromerceklemeye yöntemi ile yapıldı. Eğer bir yıldız gözlerken bakış doğrultusundan başka bir yıldız, beyaz cüce, nötron yıldızı veya kara delik gibi yoğun bir gök cismi geçerse gözlenen asıl yıldızın ışığının hem parlaklığı artar hem de yıldızın gerçek doğrultusunda bir sapma olur. Meydana gelen bu olaya kütle çekimsel mikromerceklemeye denir. Keşfedilen kara delik, fondaki bir yıldızın ışığına aynı etkiyi yaptığı için belirlenebildi. Birkaç yıl önce yapılan başka bir çalışma gök adamız içinde başboş dolaşan milyonlarca kara delik olabileceği fikrini ortaya atmıştı. Geçen yıl yapılan bu keşifle birlikte bu çeşit kara deliklerin var olduğu kanıtlanmış oldu.

JWST İLK KEZ BAZI GÜNEŞ SİSTEMİ GEZEĞENLERİNİ GÖRÜNTÜLEDİ

Mars

Mars atmosferinin tüm katmanlarını görebilecek kapasitesi olan JWST, kırmızı gezegenin atmosferinde su, metan ve diğer bazı kimyasal bileşiklerin varlığını araştırabilecek teknik donanıma da sahip. Dünya dışı yaşam araştırmalarında sıkça incelenen önemli bir gaz olan metanın Mars'ta bulunup bulunmadığı JWST ile doğrulanabilir.

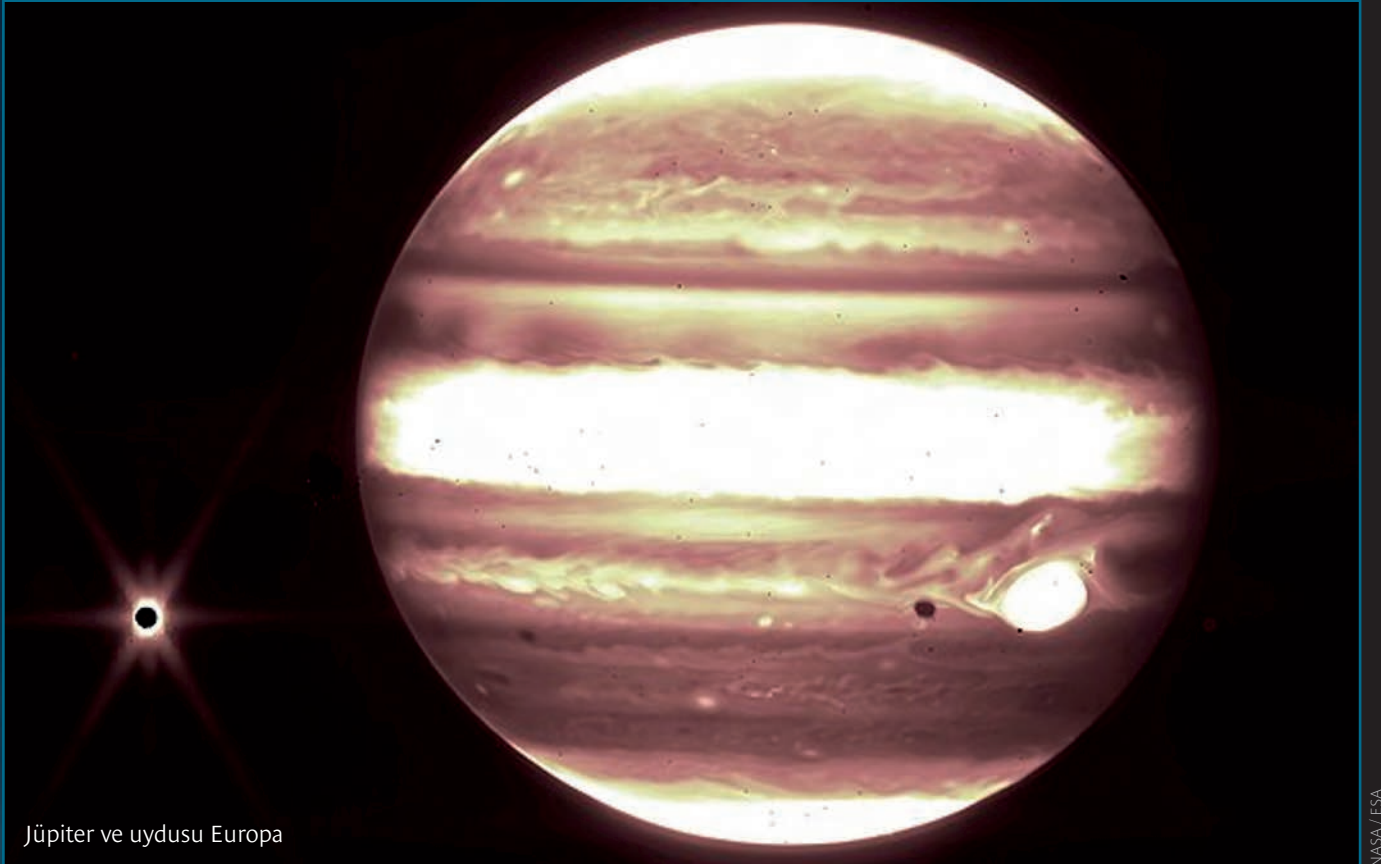
Ayrıca, JWST sayesinde Mars atmosferinde gerçekleşen toz fırtınaları ve mevsimsel değişimler gibi kısa dönemli olgular da detaylıca incelenebilir. Mars'ı iki farklı kızılötesi dalga boyunda ilk kez gözlemleyen JWST, kırmızı gezegenin âdeta bir sıcaklık haritasını elde etmiş oldu. JWST ilk kez Mars'ın kızılötesi bölgedeki tayfını da elde etti. Mars atmosferinde bolca bulunduğu bilinen karbon dioksit gazı ve suyun varlığı tayfta da görülebiliyor. Tayf verileri analiz edilerek Mars genelinde bölgesel bir fark olup olmadığı araştırılacak. JWST sadece evrenin derinliklerindeki olguları değil, aynı zamanda içinde bulunduğumuz Güneş sistemini de incelemeye devam ediyor.

Neptün

Sekiz gezegen içinde Güneş'e en uzak olan Neptün'dür. En büyük ve belirgin halkalar Satürn'de bulunur ancak Jüpiter, Uranüs ve Neptün gezegenleri de, sönük de olsa halkalara sahiptir. Neptün'ün sönük halkalarını yer tabanlı bir teleskopla gözlemek çok zor iken uygun kameralara



flickr.com



Jüpiter ve uydusu Europa

NASA / ESA

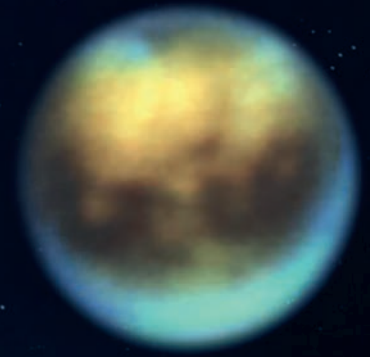
sahip bir uzay teleskobu ile Neptün'ü ve halkalarını gözlemek çok daha kolay olacaktır. JWST kızılötesi bölgede Neptün'ün bir görüntüsünü elde etti. 1846 yılında keşfedilen Neptün hiç bu kadar detaylı görüntülenmemiştir. Görüntüde Neptün ve halkaları net bir şekilde görülebiliyor. Görüntüdeki parlak bölgeler, Neptün atmosferinin üst kısımlarında bulunan metan buzundan oluşmuş bulutların yoğunlaştığı kısımları gösteriyor. Görüntüde ayrıca Neptün'ün en büyük uydusu Triton ve birçok küçük uydusu da net bir şekilde görülebiliyor.

HST ve Neptün'ü ziyaret eden tek uzay aracı olan Voyager 2 ile elde edilmiş Neptün fotoğraflarında gezegen mavi renkte görünür. Bunun nedeni Neptün'ün atmosferindeki metan gazıdır. Metan gazı Güneş'ten gelen ışığın mavi renkteki kısmını yansıtırken diğer renkleri soğurur. JWST'nin gözlem yaptığı kızılötesi bölgede ise Neptün gezegeni aslında karanlık görünür. Çünkü metan gazı kızılötesi dalga boyunu da yansıtmaz. Ancak metan gazından daha yüksek irtifada, Neptün atmosferinin üst kısımlarında bulunan metan buzu içeren bulutlar güneş ışığını yansıtabilir. JWST ile elde edilen görüntülerde Neptün gezegeninin parlak görünmesinin nedeni budur.

Jüpiter

Güneş sisteminin en büyük gezegeni Jüpiter'in karmaşık atmosferi, kutup bölgelerindeki Aurora yapıları, sönük halkaları ve irili ufaklı doğal uyduları JWST ile elde edilen görüntüde detaylı bir şekilde görülebiliyor. Jüpiter üzerinde bulunan ve son 400 yıldır nedeni bilinmeyen bir şekilde küçülmeye devam eden "Büyük Kırmızı Leke" de elde edilen görüntüdeki bir diğer ayrıntı. Büyük Kırmızı Leke; Dünya'dan büyük, dev atmosferik bir hortumdur. JWST'nin elde ettiği Jüpiter görüntüsünün arka planında evrenin uzak köşelerinde yer alan bazı gök adalar da açıkça görülebiliyor.

Güneş'ten gelen yüklü parçacıklar gezegenin manyetik alanı tarafından engellenir. Ancak bazı parçacıklar manyetik alan çizgileri boyunca ilerleyip gezegenin kutup bölgelerinden gezegen atmosferine giriş yapabilir. Atmosferin üst katmanlarındaki moleküllerle etkileşen bu parçacıklar farklı renklerde yapılar ortaya çıkarır. Bulunduğu yarı küreye bağlı olarak, bu yapılar kuzey veya güney ışıkları, ya da kısaca Aurora denir. Dünya üzerinde 70 derece ve üzeri kuzey ve güney enlemlerinde Aurora yapıları gözlemlenebilir.



flickr.com

Satürn'ün uydusu Titan

Hawaii Adaları'nda bulunan ve sönmüş bir yanardağ olan Mauna Kea dağının tepesine inşa edilmiş Keck teleskopları ile JWST, Satürn'ün en büyük uydusu Titan'ı gözledi. Titan sahip olduğu alışılmadık derecede yoğun atmosferi ile Güneş sisteminin belki de en ilginç doğal uydusudur.

Yapılan gözlemler sayesinde yüzeyinde metandan oluşmuş göller, nehirler ve denizler olduğu düşünülen Titan'ın atmosferindeki bulutlar net bir şekilde görüntülendi. Elde edilen veriler Titan'ın atmosferinde mevsimsel bir değişimin olduğuna da işaret ediyor. Bu yıl içerisinde JWST Titan'ı tekrar gözlemleyecek ve atmosferi daha duyarlı bir şekilde incelenecek.



GEZEĞEN SAVUNMA SİSTEMİ TEST EDİLDİ: DART

Double Asteroid Redirection Test veya kısa adıyla DART isimli proje başarılı oldu. Bir uzay aracı asteroide çarptığında asteroidin yörüngesini hangi miktarda değiştirebileceğini araştırmak için geliştirilen DART projesi ile aynı ismi taşıyan uzay aracı 24 Kasım 2021 tarihinde uzaya fırlatıldı. DART uzay aracının hedefindeki asteroit sistemi iki asteroitten oluşuyor. Sistemin en büyüğü olan Didymos A asteroidine kısaca Didymos denilirken, sistemin küçük üyesi Didymos B'nin ise özel bir adı var: Dimorphos. Didymos 780 metre çapında iken Dimorphos yaklaşık 150 metrelik bir çapa sahip. İki asteroidin birbirleri arasındaki

mesafe ise yaklaşık 1 km kadar. Bu asteroit çifti Dünya için bir tehdit oluşturmuyor.

Dimorphos, Didymos etrafındaki turunu 11 saat 55 dakikada tamamlıyor. DART uzay aracı 26 Eylül 2022 tarihinde Dimorphos'a saatte 23.000 km hızla çarptı. Uzay aracı yaklaşık bir buzdolabı büyüklüğünde ve 600 kilogramlık bir kütleye sahipken çarptığı Dimorphos'un kütlesi 5 milyon ton idi. Başarı ile sonuçlanan çarpma girişimi sonucunda Dimorphos'un Didymos etrafındaki turunu tamamlama süresi 32 dakika kıaldı ve 11 saat 23 dakikaya geriledi. Yörünge süresindeki bu değişim, çarpışma öncesi umulan değerden yaklaşık 25 kat daha yüksekti.

Çarpma esnasında Dimorphos'un parlaklığı arttı ve Dimorphos'tan dağılan materyal asteroidin arkasında 10.000 km uzunluğunda bir toz kuyruğu oluşturdu. Çarpma Dünya'daki birçok teleskop ile

anbean gözlemlendi. Bu teleskoplardan biri de TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde (TUG) bulunuyor. TUG tarafından elde edilen görüntüler çarpışma anını o kadar iyi gösteriyordu ki proje yürütücüsü Amerikan Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) TUG ile iletişime geçip Dimorphos'u 10 gün daha gözlemlerini talep etti. Böylece TUG gözlem verisi sağlayarak DART projesine dâhil oldu.

DART projesinin ana hedefi bir asteroide çarpıp onun yörüngesini değiştirmek olsa da aynı zamanda taşıdığı iyon itki sistemine sahip motoru da test ediyordu. Standart roket motorlarında itki sağlamak için yakıt olarak hidrojen kullanılırken iyon motorları bir çeşit elektrikli itki sistemine sahiptir. Diğer yandan DART uzay aracının üzerinde İtalya Uzay Ajansına ait LICIACube isimli bir de minik küp uydusu bulunuyordu. LICIACube' çarpışmaya iki hafta kala DART uzay aracını terk etti ve belli bir mesafeden çarpışmayı izleyerek veriler elde etti. Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından geliştirme aşamasında olan bir diğer gezegen savunma projesi olan HERA 2024'te uzaya fırlatılacak ve Dimorphos'a 2026 yılında ulaşarak çarpışma hakkında daha detaylı bilgiler elde edecek. Bu ve buna benzer çalışmalar sayesinde gezegenimizi olası bir asteroit tehdidinden koruyacak teknoloji ve yöntemlere yakın bir gelecekte sahip olacağız.

AY'A DÖNÜŞ PROJESİ ARTEMİS BAŞLADI

1969 - 1972 yılları arasında altı Apollo görevi başarılı olmuş ve toplamda 12 kişi Ay yüzeyinde yürümüştü. 50 yıl aradan sonra insanlık tekrar Ay'a gitmeyi amaçlıyor. İnsanlı Ay yolculuğu ve kalıcı Ay yerleşimi amaçlayan Artemis projesinin ilk adımı olan Artemis I görevi 16 Kasım 2022 tarihinde başarılı bir şekilde uzaya fırlatıldı. ESA servis modülü tarafından taşınan Orion kapsülü Ay'a iki yakın geçiş yaptıktan sonra Dünya'ya döndü.

Artemis projesinin bu ilk görevinde Orion kapsülü mürettebat olmadan Ay seyahati gerçekleştirdi. Artemis I ile amaçlanan şey Orion kapsülünü uzaya taşıyan Space Launch System (SLS) roketinin ve Orion kapsülünün test edilmesi idi. Projenin ilk aşaması başarılı bir şekilde sonuçlandı ve Orion kapsülü 11 Aralık 2022 tarihinde yeryüzüne sorunsuz bir şekilde inmeyi başardı. Projenin sıradaki aşaması olan Artemis II görevinde ise Orion kapsülü bu kez dört astronot ile Ay etrafında bir yörünge turu gerçekleştirecek. Sonraki aşama olan Artemis III görevinde ise 1972 yılından sonra ilk kez insanların tekrar Ay yüzeyinde yürüdüğüne şahit olacağız. Artemis II ve III görevlerinin 2030 yılına kadar gerçekleştirilmesi planlanıyor.

MERKÜR'E ÜÇÜNCÜ ZİYARET

Güneş'e en yakın dört gezegen içinde en az incelenen gezegen olan Merkür'e yeni bir uzay aracı gidiyor. Merkür'ü ziyaret eden ilk uzay aracı 1973 yılında gönderilen Mariner 10 isimli uzay aracıydı. Messenger ise gezegeni ziyaret eden ikinci uzay aracı olmuştu. 2011'de Merkür yörüngesine girmiş, önemli veriler toplamış ve 2015'te Merkür'ün yüzeyine düşmüştü.

Merkür'ü ziyaret edecek üçüncü uzay aracı ise ESA ve Japonya Uzay Ajansının (JAXA) ortak geliştirdiği BepiColombo olacak. BepiColombo 2018 yılında fırlatıldı. Geçtiğimiz yılın haziran ayında ise Merkür'e ikinci yakın geçişini yapan BepiColombo 2025 yılında Merkür etrafında kararlı bir yörüngeye oturtulacak ve bilimsel çalışmalara 2026 yılında başlayacak. BepiColombo Merkür etrafında yörünge hareketine başladığında onu oluşturan iki uzay aracı ayrılıp her bir araç Merkür'ün farklı özelliklerini minimum bir yıl boyunca incelemeye başlayacak.



Merkür gözlemleri ile genel görelilik teorisini de test edecek olan BepiColombo. Merkür hakkında daha birçok soruya yanıt arayacak. BepiColombo sayesinde Merkür'ün çekirdeğinde sıvı bir bölgenin olup olmadığı, gezegenin manyetik alanının nasıl oluştuğu, daha önce gözlenememiş yüzeyinin yapısı, Merkür'ün bu kadar yoğun olmasının nedeni ve gezegende depremlerin olup olmadığı gibi konular detaylıca araştırılacak.

BepiColombo uzay aracı adını, günümüzde derin uzaya gönderilen uzay araçlarında kullanılan çekim etkili manevrayı (gravity assist) öneren ilk kişi olan İtalyan bilim insanı, matematikçi ve mühendis Giuseppe Colombo'dan alıyor.

UZAY İSTASYONLARI ÇAĞI BAŞLADI

Geride bıraktığımız 2022 yılı yeni uzay istasyonu projelerinin duyurulduğu ve tamamlandığı bir yıl oldu. Sadece uzay ajanslarının değil, özel şirketlerin de uzay istasyonu yapmayı planladığı bir çağa girmiş bulunuyoruz. Uluslararası Uzay İstasyonu (ISS) 2030'lu yıllarda kontrollü bir şekilde okyanusa düşürülecek. Yakın bir gelecekte ise uzay istasyonları sadece Dünya etrafında değil, Ay'ın etrafında da dolanacak.

Tiangong

Çin'e ait Tiangong isimli uzay istasyonu üç ana modülden oluşuyor. Uzay istasyonunun son modülü geçen yıl uzaya gönderildi ve uzay istasyonu tüm bileşenleri ile hazır hâle getirildi. ISS'den biraz daha küçük olan Tiangong yerden 350-450 km irtifada Dünya etrafında bir yörüngede hareket ediyor. Geçen yıl ilk kez mürettebat değişiminin de gerçekleştirildiği Tiangong, Dünya etrafında bir yörüngede dolanan ve insan barındırabilen ikinci uzay istasyonu oldu.

Ticari Uzay İstasyonları

NASA ile Blue Origin ve Sierra Space firmaları arasında Orbital Reef isimli ticari uzay istasyonu yapılması için bir anlaşma

imzalanmıştı. Yapılan uzay istasyonu tasarımı geçen yıl NASA tarafından kontrol edildi ve başarılı bulundu. Ticari uzay istasyonunun 2027-2030 yılları arasında çalışır durumda olması planlanıyor. Bir diğer uzay firması olan Axiom Space ise kendi uzay istasyonunu tasarlıyor. 2030'lu yıllarda gezegenimizin etrafında farklı yörüngelerde dolanan birçok ticari uzay istasyonu görebiliriz.

Uluslararası Ay İstasyonu

Artemis projesinin ileri aşamalarında Ay etrafında dolanan küçük bir uzay istasyonu yapılması planlanıyor. Bu öncül uzay istasyonu çok daha büyük bir kapasiteye sahip olacak çok uluslu Ay istasyonunun ilk adımı olacak.



TÜRKİYE VE UZAY

Doğu Anadolu Gözlemevi

Türkiye'nin en büyük teleskobuna ev sahipliği yapan Doğu Anadolu Gözlemevi (DAG) yakında gözlemlere başlayacak. DAG hem görsel hem de kızılötesi dalga boyunda gözlem yapabiliyor. Teleskobun 4 metrelik dev aynasının montajı geçtiğimiz yıl tamamlandı. Son kontrolleri yapılan teleskobun bu yılın ortalarında ilk ışığı alması bekleniyor.



Temsili bir uydu görev kontrol merkezi görüntüsü

Ülkemizin İlk Uydu Görev Kontrol Merkezi Kuruldu

Yer tabanlı uydu gözlem istasyonları uzayda bulunan gözlem uyduları ile iletişimi sağlayan istasyonlardır. Ülkemizde ilk kez, TÜBİTAK

UZAY çatısı altında yerli ve millî uydu görev kontrol merkezi kuruldu. 2015 yılında başlayan proje, sadece bir reflektör antenin yapımını değil; aynı zamanda gerekli yazılımların geliştirilmesini de kapsıyordu. 7,3 metre çapında antene sahip gözlem istasyonu geçen yıl faaliyete geçti. S ve X bantlarında çalışan uzaydaki tüm yer gözlem uyduları ile iletişimi sağlayabilecek kapasiteye sahip istasyon, ayrıca uyduların takibi ve uydular tarafından elde edilen görüntülerin transferi işlemlerini de gerçekleştirebiliyor. Uydu görev kontrol merkezi 400 km ile 1,5 milyon km mesafedeki uydu ve uzay araçları ile iletişim kurabiliyor. Proje kapsamında inşa edilen bu anten, ülkemizde üretilen en büyük anten olma özelliğine sahip.





İlk Türk Astronot Projesi

2022 yılında başvuruların alındığı ilk insanlı uzay misyonunda sona gelindi. Belirlenecek bir asil ve bir yedek aday Amerika Birleşik Devletleri'nde yaklaşık altı ay sürecek bir eğitim alacak. Uzaya gidecek ilk insanımızın eğitimi ve uzay istasyonuna ulaşımının sağlanması için Axiom Space firması ile anlaşıldı. 2023 yılının son aylarında uzaya gönderilmesi planlanan ve ülkemizi uzayda temsil edecek ilk kişi yaklaşık bir hafta boyunca ISS'de kalacak ve belirli bilimsel deneyleri gerçekleştirecek.

Ay'a Sert İniş Denemesi

Ülkemizin uzay hedeflerinden biri de 2023-2025 yılları arasında Ay'a sert iniş yapabilmek. Bu amaçla geliştirilen ve yerli bir itki sistemine sahip olacak roketin testleri devam ediyor. Geliştirilen roket daha büyük bir roket ile uzaya fırlatıldıktan sonra kendi itki sistemini kullanarak Ay'ın yüzeyini hedef almayı deneyecek.



Ulusal Gökyüzü Gözlem Etkinlikleri

Geçtiğimiz yıl ülkemizin Diyarbakır, Van, Erzurum ve Antalya şehirlerinde gökyüzü gözlem etkinlikleri düzenlenmişti. Etkinliklerde sadece uzay temasında değil; aynı zamanda robotik, kodlama, temel bilimler, havacılık ve mühendislik alanlarında da birçok atölye çalışması yapıldı. TÜBİTAK Gökyüzü Gözlem Etkinlikleri'nin her geçen yıl daha çok sayıda şehrimizde düzenlenmesi planlanıyor.

İMECE ve TURKSAT 6A 2023'te Fırlatılıyor

Ülkemizin ilk yerli ve millî metre altı çözünürlüğe sahip yer gözlem uydusu İMECE ile ülkemizin ilk yerli ve millî haberleşme uydusu olan TÜRKSAT 6A'nın yapımında sona yaklaşıldı. İki uydunun da bu sene uzaya fırlatılması planlanıyor.

Geride bıraktığımız yıl uzayda birçok ilki yaşadık. Ülkemiz için de önemli uzay gelişmelerine şahit olduk. Tüm temel bilimlere kapsayan, mühendislik ve günümüzün gelişmiş teknolojileri ile yakından ilişkili olan uzay araştırmaları; insanlığın ilerleyişindeki önemli basamaklardan biri olmaya devam ediyor. ■



Kaynaklar

- <https://www.nature.com/articles/s41586-022-04449-y>
- <https://blogs.nasa.gov/webb/2022/12/09/nasas-webb-reaches-new-milestone-in-quest-for-distant-galaxies/>
- https://hubblesite.org/contents/media/images/2022/003/01_FWRZTQFDGPG05KM1PRCCNZ1E?news=true
- <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2022/nasa-s-webb-draws-back-curtain-on-universe-s-early-galaxies>
- <https://phys.org/news/2022-10-record-breaking-gamma-ray-possibly-powerful-explosion.html>
- <https://mars.nasa.gov/news/9252/nasas-perseverance-makes-new-discoveries-in-mars-jezero-crater/>
- <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-s-perseverance-rover-investigates-geologically-rich-mars-terrain>
- <https://mars.nasa.gov/mars2020/mission/science/landing-site/>
- <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-confirms-evidence-that-liquid-water-flows-on-today-s-mars>
- <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2021AV000534>
- <https://www.nature.com/articles/s41550-020-1200-6>
- <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1029/2021GL096518>
- <https://phys.org/news/2022-04-astronomers-size-largest-comet-bigger.html>
- <https://www.nasa.gov/feature/jpl/cosmic-milestone-nasa-confirms-5000-exoplanets>
- <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2022/nasa-s-webb-reveals-an-exoplanet-atmosphere-as-never-seen-before>
- <https://academic.oup.com/mnras/article-abstract/511/4/5207/6526331?redirectedFrom=fulltext>
- <https://www.eso.org/public/archives/releases/sciencepapers/eso2202/eso2202a.pdf>
- <https://www.eso.org/public/news/eso2202/>
- <https://eventhorizontelescope.org/blog/astronomers-reveal-first-image-black-hole-heart-our-galaxy>
- <https://www.aanda.org/component/article?access=doi&doi=10.1051/0004-6361/202140827>
- <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/ac739e>
- <https://blogs.nasa.gov/webb/2022/09/19/mars-is-mighty-in-first-webb-observations-of-red-planet/>
- <https://www.smithsonianmag.com/smart-news/james-webb-captures-its-first-images-of-mars-180980801/>
- <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2022/new-webb-image-captures-clearer-view-of-neptune-s-rings-in-decades>
- <https://blogs.nasa.gov/webb/2022/08/22/webbs-jupiter-images-showcase-auroras-hazes/>
- <https://blogs.nasa.gov/webb/2022/12/01/webb-keck-telescopes-team-up-to-track-clouds-on-saturns-moon-titan/>
- <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-confirms-dart-mission-impact-changed-asteroid-s-motion-in-space>
- https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/BepiColombo
- <https://spacenews.com/orbital-reef-passes-nasa-review/>
- <https://atasam.atauni.edu.tr/>