

Kepler-451

Çift Yıldızı Etrafında İki Yeni Gezegen Keşfi

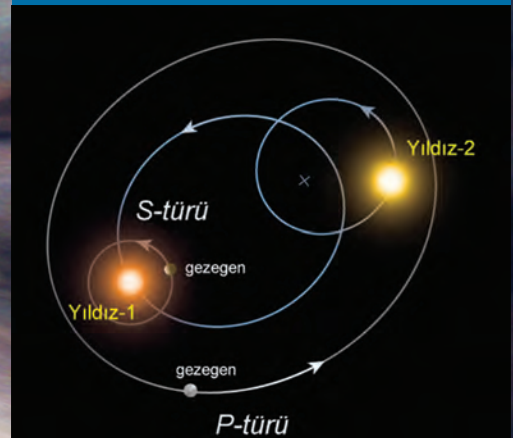
Ekrem Murat Esmer [*Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Astrofizik Anabilim Dalı*]

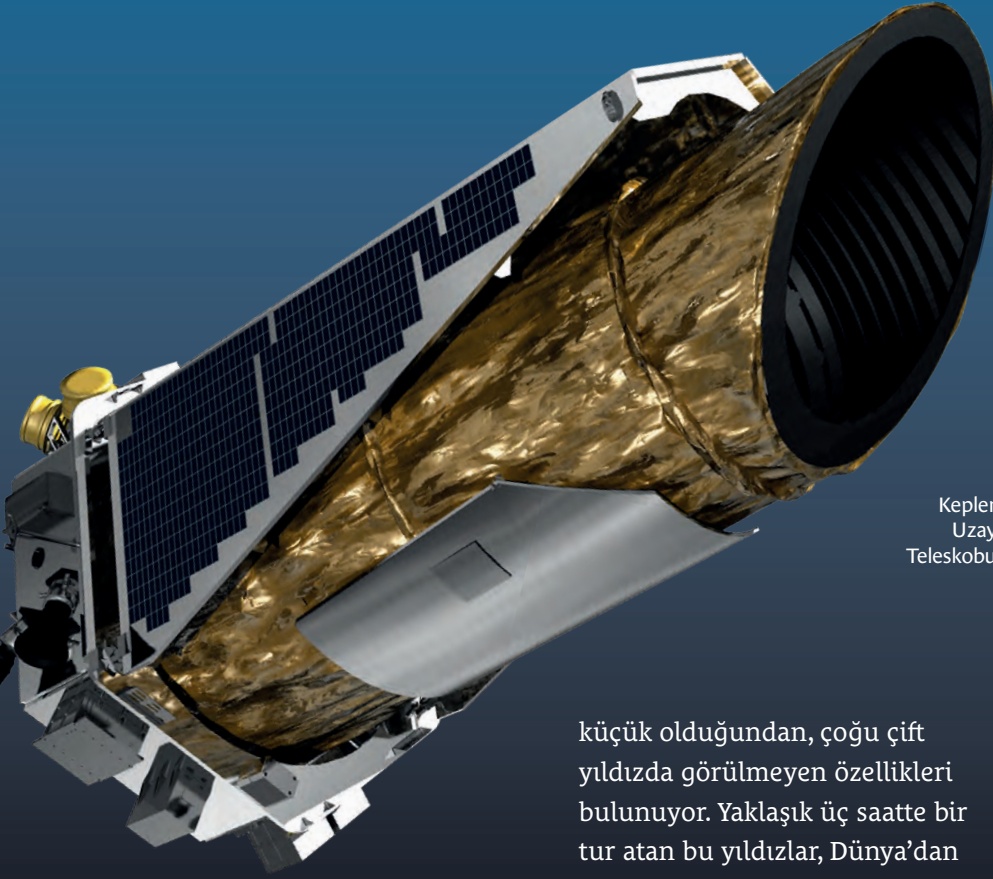


Kepler - 451 çift yıldız sisteminde iki yeni gaz devi gezegen keşfedildi. Bu keşiflerle birlikte toplam üç gezegen barındırdığı bilinen bu çift yıldız sistemi, sıra dışı özellikleri ile de dikkat çekici. Biri yaklaşık 29.000 °C, diğeri 2.900 °C yüzey sıcaklığına sahip bileşenleri ortak bir kütle merkezinin etrafında üç saatte bir tur atıyor. 1,5 ile 2,0 Jüpiter kütlesi arasındaki üç gezegen ise 43 gün, 406 gün ve 1.800 günlük sürelerde çift yıldızın etrafında dolanıyor. Ankara Üniversitesinden araştırmacılar olarak yaptığımız bu iki gezegen keşfi ile Kepler - 451 sistemi çift yıldızlar etrafında dolanan ve üç gezegen barındırdığı bilinen ikinci sistem oldu.

Çift Yıldız Ötegezegenleri

Çift yıldız sistemlerinde bulunan ötegezegenler yörünge özelliklerine göre iki gruba ayrılır. Her iki yıldızın da etrafında dolanan gezegen-türü (İngilizcesi "planet-type", kısaca p-türü) gezegenler olduğu gibi, çift yıldızdan sadece birinin etrafında dolanan uydu-türü (İngilizcesi "satellite-type", kısaca s-türü) gezegenler de bulunur. Kepler-451 sistemindeki gezegenler, iki yıldızın da etrafında dolandıkları için p-türü gezegenlerdir. Bugüne dek keşfedilen yaklaşık 5.000 gezegenin 200 kadarı çift yıldız sistemlerinde bulunuyor. Çift yıldızlar gök adamızda çoğunluğu oluşturmasına rağmen bu sistemlerde daha az gezegen keşfedilmesi ilginç bir durum. Dünya benzeri ve yaşam barındırabilecek bir gezegenin Güneş benzeri tek yıldızlar etrafında aranması, adına seçim etkisi denilen bir duruma yol açıyor olabilir. Ancak çift yıldızların oluşumları esnasında gezegenleri de oluşturacak malzemeyi ya kendi üzerlerine almaları ya da gezegen oluşumuna fırsat vermeden sistemden atmaları da söz konusu olabilir. Bunun sebebinin tam olarak anlaşılabilmesi için çift yıldızlarda gezegen keşiflerinin sayıca artması son derece önemli.





Kepler
Uzay
Teleskobu

Gezegen İsmlendirmeleri

Güneş sistemi dışındaki gezegenlerin isimlendirmeleri uluslararası standartlara bağlı olarak gerçekleştirilir. Tek, çift ya da çoklu yıldız sistemlerinin farklı kataloglarda çeşitli isimleri bulunur. İsimlendirmede bazen bir çeşit sıra numarası, bazen de koordinatlar temel alınır. Bir ötegezegen keşfi yapıldığında, gezegene ya da bulunduğu yıldız sistemine yeni bir özel isim verilmez. Yıldızın katalog isimleri olduğu hâliyle korunurken, o sistemde keşfedilen ilk gezegene “b”, ikincisine “c”, üçüncüye “d” şeklinde alfabetik sırada bir kod eklenir. Kepler-451 sisteminde 2015 yılında keşfedilen ilk gezegene “Kepler-451 b” kodu verilmişti. Araştırmacılarımızın keşfettiği gezegenlerden ilk buldukları dış yörüngedeki gezegene “Kepler-451 c”, daha içtekinine ise “Kepler-451 d” kodları verildi.

Güzel bir yaz gecesinde Kuğu Takımyıldızı'nı izlerken heyecanlanmamız için artık yeni bir sebep var. Gözümüzle göremeyeceğimiz kadar sönük olsalar da Kepler - 451 adlı çift yıldız sisteminin etrafında 2015 yılında keşfedilen gaz devi gezegenin iki komşusu daha olduğu anlaşıldı. Jüpiter'den daha büyük bu gezegenlerden biri çift yıldızın etrafındaki turunu 43 günde, diğeri ise yaklaşık 1.800 günde tamamlıyor.

Kepler - 451 çift yıldız sistemi, biri çok sıcak (29.300 °C), diğeri ise çok soğuk (2.900 °C) iki yıldızdan oluşuyor. Yıldızların boyutları ve aralarındaki mesafe

küçük olduğundan, çoğu çift yıldızda görülmeyen özellikleri bulunuyor. Yaklaşık üç saatte bir tur atan bu yıldızlar, Dünya'dan bakıldığında birbirlerinin önünden geçerek tutulmalar gösteriyor. Yaptığımız araştırmada bu tutulmaları hassas bir şekilde inceledik ve tutulma zamanlarında gerçekleşen düzenli değişimlerin etraflarında dolanan üç gezegenden kaynaklandığını anladık.

Tutulma gösteren çift yıldızlara “örtlen çift yıldızlar” denir. Örtlen çift yıldızların parlaklığı ölçülerek bize gelen ışık miktarındaki değişimin yapısı elde edilebilir. Çift yıldız bileşenlerinin kütleleri ve boyutları gibi fiziksel özelliklerinin yanı sıra dolandıkları yörüngenin şekli, büyüklüğü ve Dünya'dan bakıldığında görülen eğiklik miktarı bu ışık değişimi yapısı kullanılarak tespit edilebilir.

Çift yıldızların tutulma zamanlarındaki değişim astronomide uzun zamandır çalışılan bir konu. Yıldızların maddelerini birbirlerine aktarması ya da uzay boşluğuna kaybetmesi gibi durumlarda tutulma dönemleri sürekli olarak artabilir ya da azalabilir. Yıldızlardan birinin Güneş'te gördüğümüze benzer manyetik bir etkinliğe sahip

olması durumunda ya da çift yıldızın elips şekilli yörüngesinin uzaydaki yöneliminin değişmesiyle de tutulma dönemleri çevrimsel olarak değişebilir. Ayrıca çift yıldızın etrafında başka bir cismin varlığı söz konusu ise benzer şekilde tutulma zamanları çevrimsel olarak değişebilir. Bu durumda çift yıldız ve etraflarında dolanan diğer cisim(ler), ortak kütle merkezi etrafındaki hareketleri sırasında Dünya'ya yaklaşır uzaklaşır. Bize yaklaşmaları esnasında tutulma dönemleri kısalıyor gibi görünürken, uzaklaşmaları esnasında bu süreler uzar. Astronomide ışık-zaman etkisi olarak bilinen ve ışık hızının sonlu olması nedeniyle gerçekleşen bu olgu, ilk olarak Danimarkalı gök bilimci Ole Rømer tarafından Jüpiter'in uydularının tutulma gözlemleri sırasında fark edildi. Cisimden gelen ışığın gözlemciye göre daha uzak konumdayken aradaki mesafeyi de kat etmesi için ek bir süre geçmesi, farklı konumlarda gerçekleşen tutulmalarının farklı zamanlarda ölçülmesine neden olur. Kepler - 451 sistemindeki gezegenler de bu olgunun incelenmesiyle keşfedildi. Çevrimsel değişim kaynağı olabilecek diğer nedenler ise belirli gözlemsel sonuçlara dayanarak elendi.

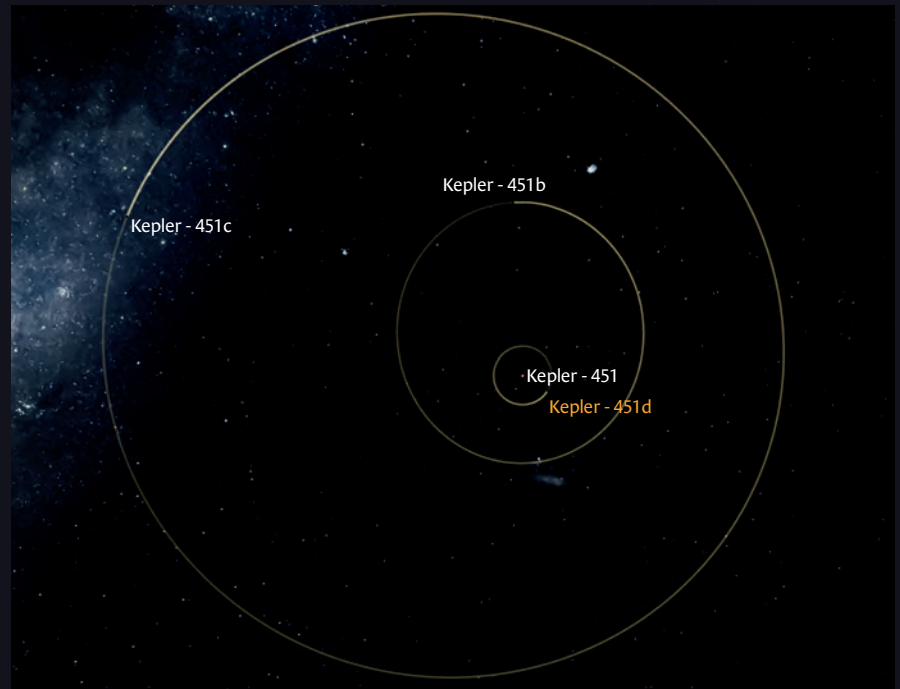
Kepler - 451 çift yıldızının sıcak olan bileşeninin, Güneş'in de geçirmesi beklenen ileri bir aşamadan geçtiği düşünülüyor.

Güneş gibi yıldızlar merkezlerinde hidrojen füzyonu sürecini tamamladıktan sonra genişlemeye başlar. Kepler - 451 sisteminin sıcak yıldızı da bu aşamaya gelmiş ancak genişlemesi karşısında bulunan soğuk yıldız tarafından sınırlandırıldığı için maddesini bu yıldıza aktarmış. Soğuk yıldızın kütlece küçük olması sebebiyle bu maddeyi üzerinde toparlayamadığı ve her iki yıldız da saran bir zarf yapısının oluşmasına sebep olduğu düşünülüyor. Bu zarf genişlerken çift yıldız da birbirlerine yaklaşmış ve bugün gördüğümüz hâline (Güneş'in yarıçapından daha küçük yörüngesine sıkışmış ve yörünge dönemleri üç saat olacak kadar kısalmış) gelmiş.

Kepler - 451 gezegenleri, bugün sıcak iç katmanlarına baktığımız yıldızın, yaşamının

ileri aşamalarında attığı ve bir kısmı çift sistemin etrafındaki zarf yapısını meydana getiren maddeden oluşmuş ikinci nesil gezegenler olabilir. Yaşamlarının ileri aşamalarındaki benzer sistemlerde keşfedilen az sayıda gezegen olması, Kepler - 451 sistemini bu tür gezegenlerin nasıl oluştuğu konusundaki teorileri test etmek bakımından da önemli hâle getiriyor.

“Bu tür sistemlerde daha önce de gezegenler var mıydı?”, “Yıldızlardan birinin yoğun kütle kaybı bu gezegenleri nasıl etkiledi?”, “Keşfettiğimiz gezegenler onların değişmiş birer hâli mi, yoksa sonradan oluşmuş gezegenler mi?” gibi sorulara ancak Kepler - 451 benzeri sistemlerin daha fazla araştırılmasıyla yanıtlar bulabileceğiz.



Merkezdeki Kepler - 451 çift yıldızı etrafındaki gezegenlerin yörünge illüstrasyonu

Ankara Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümünden araştırmacılar olarak, bu sistemi 2017 yılından itibaren inceliyoruz. Ankara Üniversitesi Kreiken Rasathanesi'nde bulunan 80 santimetre çapa sahip Prof. Dr. Berahitdin Albayrak teleskobu, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'ndeki 1 metre çaplı T100 teleskobu ve Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ulupınar Gözlemevi'nde iki üniversitenin birlikte kullandığı İstanbul Üniversitesi Gözlemevi 60 santimetre çaplı IST60 teleskobu ile yapılan ışık ölçüm gözlemlerini kullanarak öncelikle çift yıldızın fiziksel özelliklerini tespit ettik. Daha sonra bu özelliklerden hareketle, tutulma olaylarının zamanlarını hassas bir şekilde ölçtük. Ayrıca ötegezegen çalışmaları için önemli gözlemler yapan Kepler ve TESS uzay teleskoplarından elde edilen ışık ölçüm gözlemlerini de kullanarak dokuz buçuk yıllık bir zaman aralığına yayılmış gözlem veri grubu oluşturduk. Bu verilerde yer alan yaklaşık 18 bin tutulma olayının gerçekleştiği zamanları duyarlı bir şekilde hesapladık ve çift



TESS Uzay Teleskobu

Zamanlama Yöntemiyle İki Yeni Ötegezegen Keşfi

TÜBİTAK 1001 Programı desteği kapsamında, Ankara Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümünden Doç. Dr. Özgür BAŞTÜRK yürütücülüğündeki "Zamanlama Yöntemiyle Ötegezegen Keşfi" başlıklı projede **iki gezegen keşfedildi**. Türkiye'de ilk kez çift yıldızlar etrafında gezegen keşfi gerçekleşti.

Kepler - 451 sistemi

Kepler - 451c
1.336 Işık Yılı
Uzaklıkta
1 yörünge yılı
43 gün

Kepler - 451d
1.336 Işık Yılı
Uzaklıkta
1 yörünge yılı
1.800 gün

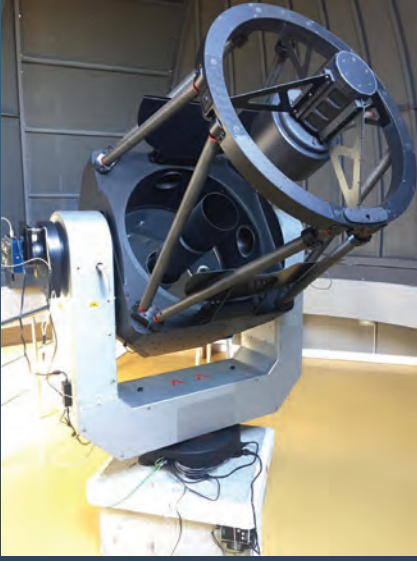
Bu keşifte Kepler-451 sisteminde daha önce keşfedilmiş olan bir gezegene ilave olarak Jüpiter boyutlarında iki dev gezegen daha keşfedilmiş oldu.

Keşifte TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nin 1 m çaplı T100 teleskobu da gözlem amaçlı kullanıldı.

tubitak.gov.tr



T100 Teleskobu



T80 Teleskobu

yıldızın tutulma dönemlerinin değişmesini algılayıp olası sebeplerini inceledik.

Öncelikle, sistemin doğası gereği tutulma zamanlarındaki çevrimsel değişimin potansiyel sebebi olarak çift yıldız etrafında daha önce keşfedilmiş gezegenin dışında daha uzun dönemli başka bir gezegenin varlığını tespit ettik. Daha önce keşfedilmiş olan gezegen ile birlikte toplam iki gezegenli bir model oluşturarak gözlemlerden elde edilen sonuçların farkını frekans analizi denilen bir yöntem ile inceledik ve 43 gün dönemli başka bir sinyalin daha varlığını tespit ettik. Çift yıldız yakın başka bir gezegenden kaynaklanan bu sinyal ile birlikte üç gezegenli bir tutulma zamanlaması modeli oluşturduk. Çift yıldız en yakın yörüngede bulunan gezegenin ürettiği sinyal,

ancak tespit edilebilirlik sınırlarında olduğundan, bu gezegenin yörünge şeklinin nasıl olduğunu belirlemek henüz mümkün değil. Bu sebeple, keşif çalışmasında bu gezegenin yörüngesinin çembersel olduğunu kabul ettik. Diğer iki gezegenin yörüngeleri ise belirgin olarak elips şeklinde.

Birbirine yakın kütleli ve en az ikisinin yörüngesi elips şeklinde olan üç gezegenli bir sistemin gerçekten de kararlı yörüngelerde hareket edip etmediği sorusunu cevaplamak için geniş kapsamlı

bir yörünge simülasyonu analizi yaptık. Bunun için en dış yörüngedeki cismin yörüngesinin büyüklüğünü ve şeklini değiştirdik ve tüm sistem için yaptığımız simülasyonlar boyunca yörüngelerinden çıkmadan ya da birbirlerine çarpmadan dolanıp dolanmadıklarını anlamaya çalıştık. Toplamda yaklaşık yirmi dört bin farklı başlangıç yörüngesi belirleyerek her bir başlangıç durumu için 2.700 yıllık yörünge simülasyonu

Doğu Anadolu Gözlemevi (DAG)

DAG 4 metrelik kızılötesi teleskobu, çalışmaya başladığında ülkemizin en büyük teleskobu olacak ve pek çok farklı alanın yanında ötegezegen araştırmalarına da önemli katkılar sunacak. Bu teleskop, odak düzlemindeki koronografi sayesinde çalıştığımız cisimlere benzer çift yıldızların ilave bileşenlerinin doğrudan görüntülenmesine olanak sağlayabileceği gibi tek yıldızların etrafındaki ötegezegenleri bulmamıza da yardımcı olabilecek. Ayrıca gözümüzle göremediğimiz kızılötesi dalga boylarında da gözlem yapacak olması, gezegenlerin atmosferlerini ve gezegen barınağı yıldızları daha detaylı incelememize de imkân sağlayabilir.



uyguladık. Bu simülasyonlar, çift yıldız sistemindeki her bir cismin birbirlerine uyguladıkları kütle çekimi kuvvetlerinin hesaplanması ve 12 saat sonraki konumlarının bulunmasına dayanıyor. Simülasyon süresince yörünge turlarını sorunsuz (çarpışma ya da sistemden atılma olmadan) tamamlayanlar tespit edilip yörünge hareketlerindeki değişim oranı bulunuyor ve daha uzun sürelerde kararlı kalıp kalamayacakları hesaplanıyor. Yaptığımız çalışmada, bu

Çift Yıldızlar

Galaksimizdeki yıldızların büyük bir çoğunluğu çift ya da çoklu yıldız sistemlerinde yer alıyor. Çift yıldız sistemleri, bileşen yıldızlar arasındaki uzaklıklar ve bu yıldızların etkileşimlerine bağlı olarak farklılık gösterebiliyor. Bazı durumlarda yıldızlar birbirlerine madde aktarabiliyor, hatta bu sebeple patlamalar bile gösterebiliyor. Dünya'dan bakıldığında, çift yıldızların bir bölümü düzenli olarak birbirlerinin önünden geçip tutulma gösterir. Bu tutulmalar, çift yıldız sistemlerindeki yıldızların kütle ve yarıçap gibi temel özelliklerinin anlaşılması yolunda önemli gözlemsel bilgiler sağlar. Bu bilgilerin büyük bir kısmını tek yıldız gözlemlerinden elde etmek mümkün olmayabilir.

Ankara'nın haziran ayı gece ortasında gökyüzünde Kepler - 451 bölgesinin konumu.

Kepler - 451 sistemi, en uygun yaz mevsiminde gözlenen Kuğu Takımyıldızının kuzey kanadında Vega ve Deneb yıldızlarını birleştiren doğrultuda bulunur.



kararlılık analizi sonrasında, en dış yörüngedeki cismin yörünge süresinin 1.800 gün civarında olması gerektiği anlaşıldı ve tutulma zamanlaması çalışmasının sonuçlarının gerçekten de kararlı yörüngelere karşılık geldiği belirlendi.

Ankara Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü öğretim üyesi Doç. Dr. Özgür Baştürk'ün yürütücülüğünü yaptığı bir TÜBİTAK 1001 projesinin ve Arş. Gör. Ekrem Murat Esmer'in doktora tez çalışmasının bir



Kepler - 451 Sistemi

Çift yıldızlar
Türleri: B türü altcüce ve M türü cüce yıldızlar
Sıcaklıkları: 29.300 °C ve 2.580 °C
Yörünge dönemi: 3 saat
Uzaklıkları: 1.336 ışık yılı

Kepler - 451b
Yörünge Dönemi: 406 gün
Min. Kütle: 1,86 Jüpiter kütlesi
Yıldızına uzaklığı: 0,9 astronomi birimi

Kepler - 451c
Yörünge Dönemi: 1.800 gün
Min. Kütle: 1,61 Jüpiter kütlesi
Yıldızına uzaklığı: 2,1 astronomi birimi

Kepler - 451d
Yörünge Dönemi: 43 gün
Min. Kütle: 1,76 Jüpiter kütlesi
Yıldızına uzaklığı: 0,2 astronomi birimi

parçası olan bu araştırma, yine aynı bölümde öğretim üyesi olan Prof. Dr. Selim Osman Selam ve İstanbul Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü öğretim üyesi Dr. Öğr. Üyesi Sinan Aliş ile birlikte hazırlanıp *Monthly Notices of the Royal Astronomical*

Society dergisinin Nisan 2022 sayısında yayımlandı. 118F042 proje numarası ve “Zamanlama Yöntemiyle Ötegezegen Keşfi” başlığı ile desteklenen projemiz için TÜBİTAK’a teşekkür ederiz. ■

Kaynaklar

DOI: <https://doi.org/10.1093/mnras/stac357>
arXiv: <https://arxiv.org/abs/2202.02118>