

SELÇUK TOPAL

KAOSTAN
KOZMOSA
EVRENİN
HİKÂYESİ



DESTEK YAYINLARI: 1251
BİLİM: 1

DR. SELÇUK TOPAL / KAOSTAN KOZMOSA EVRENİN HİKÂYESİ

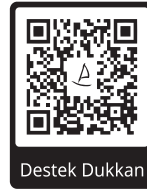
Her hakkı saklıdır. Bu eserin aynen ya da özet olarak hiçbir bölümü, yayınevinin yazılı izni alınmadan kullanılamaz.

İmtiyaz Sahibi: Yelda Cumalıoğlu
Genel Yayın Yönetmeni: Ertürk Akşun
Yayın Koordinatörü: Özlem Esmegül
Editör: Özlem Küskü
Son Okuma: Devrim Yalkut
Kapak Tasarım: İlknur Muştı
Sayfa Düzeni: Cansu Poroy
Sosyal Medya-Grafik: Tuğçe Budak - Mesud Topal

Destek Yayınları: Ağustos 2020
2. Baskı: Ocak 2021
3. Baskı: Mayıs 2021
Yayıncı Sertifika No. 13226

ISBN 978-605-311-788-9

© Destek Yayınları
Abdi İpekçi Caddesi No. 31/5 Nişantaşı/İstanbul
Tel. (0) 212 252 22 42
Faks: (0) 212 252 22 43
www.destekdukkani.com
info@destekyayinlari.com
facebook.com/DestekYayinevi
twitter.com/destekyayinlari
instagram.com/destekyayinlari
www.destekmedyagrubu.com



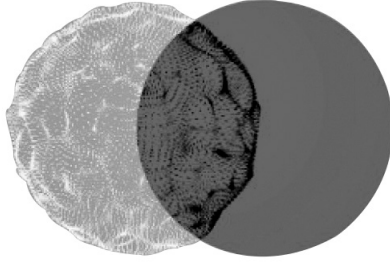
Destek Dukkan

Deniz Ofset – Çetin Koçak
Sertifika No. 48625
Maltepe Mahallesi
Hastane Yolu Sokak No. 1/6
Zeytinburnu / İstanbul



SELÇUK TOPAL

KAOSTAN
KOZMOSA



EVRENİN
HİKÂYESİ

*Hayatımdaki en değerli milyarlarca, milyarlarca ve
milyarlarca atom topluluđuna...
Ođlum Uzay ve kızım Venüs'e...*

İÇİNDEKİLER

Yazar Hakkında	9
Önsöz	11
Giriş.....	17
1. Bölüm - Mitoslardan Felsefeye ve Bilime	39
2. Bölüm - İz Bırakan Astronomlar	51
3. Bölüm - Evreni Yöneten 4 Kuvvet	81
4. Bölüm - Kozmik Mahallemiz Güneş Sistemi	89
5. Bölüm - İnsanlığın Uzay Serüveni	113
6. Bölüm - Yıldızların Hayat Çizgisi	129
7. Bölüm - Galaksiler	141
8. Bölüm - Evrene Kısa Bir Bakış	147
9. Bölüm - Nerede Bu Uzaçlılar?	173
10. Bölüm - Yıldızlararası Yolculuk	195

11. Bölüm - Astronomi-Astroloji	211
12. Bölüm - Ne Olur?	233
13. Bölüm - Güneş, Dünya ve Ay Üçlüsü	255
14. Bölüm - Göksel Efsanelere Bilimsel Açıklamalar	269
15. Bölüm - Birkaç Astronomi Sorusuna Yanıt	283
16. Bölüm - Nasıl Hesapladık?	295
17. Bölüm - Uzayzaman Dalgalanması	315
18. Bölüm - Gülümse Kara Delik! Fotoğrafımı Çekiyorum! ..	323
19. Bölüm - Genel Göreliliğin Testleri	331
20. Bölüm - Kozmik Aforizmalar	343

YAZAR HAKKINDA

Lisans ve yüksek lisans öğrenimini Ankara Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü'nde tamamlayan Topal, doktora derecesini 2016 yılında Oxford Üniversitesi Astrofizik Bölümü'nden aldı. Doktora süresince bir yıl Japonya Nagoya Üniversitesi Astrofizik Bölümü'nde ziyaretçi araştırmacı olarak bulundu. Ülkesine dönen Topal uzmanlık alanı olan galaksilerde moleküler gaz ve galaksi evrimi konularında çalışmalarına devam etmektedir. Felsefeye ilgi duyan Topal, 2017 yılında felsefe lisans eğitimine başlamıştır. Uzaya ve bilime ilgi duyan herkes için 2013 yılından bu yana bazen online bazen de şehirleri bizzat ziyaret ederek popüler astronomi seminerleri vermektedir. #gelecekuzayda ismiyle sürdürdüğü bu proje uluslararası ödüllü, marka patentli, kâr amacı gütmeyen ve alanında ülkemizdeki en büyük gönüllü bilim-toplum ve astronomi projesi olma özelliğini koruyor. Vermekte olduğu seminerler, birçok dergi ve gazetede yayımlanan popüler bilim ve astronomi makaleleri, hazırladığı eğitici astronomi videoları ve katıldığı TV/radyo programları vasıtasıyla temel ve güncel astronomi bilgilerini ilgi çekici ve en doğru şekilde halkımızla paylaşmaya gayret göstermektedir. Elinizde tuttuğunuz bu kitap bu gayretin bir başka ürünüdür. Dr. Selçuk Topal evli ve iki çocuk babasıdır.

www.astronomselcuk.com

Twitter/astronomTurk

ÖNSÖZ

Çocukluğumu hatırlıyorum. İlk kez meteor yağmuruna şahit olduğum o anı. Elbette o günlerde ona “meteor yağmuru” demiyor, halk arasındaki ismiyle “yıldız kayması” diyordum. Gökyüzünde herkesin bir yıldızı olduğu söylenir. Bir yıldız sönmünce Dünyada da bir hayat sönermiş. Tabii evrenin büyüklüğünü daha iyi anladıkça, evrendeki toplam yıldız sayısının bugüne kadar yaşamış ve ölmüş insan sayısından çok daha fazla olduğunun farkına varınca, her kişiye bir yıldız düştüğüne inanmak saçma gelmeye başlıyor. Böyle bir iddianın bilimsel hiçbir geçerliliği yok, sayı bile tutmuyor. İşte evren bu kadar büyük bir yer. İnsanın kendini birer yıldız gibi görüp, bir yıldız sönmünce onun hayatının da söndüğünü düşünmesi, sanırım insanın o bilindik kendini beğenmişliğinin, benmerkezciliğinin bir sonucu. O nedenle uzunca bir süre Yer merkezli evren modeli hüküm sürdü. İnsan kibri uzunca bir süredir ve ne yazık ki hâlâ, bilimin önündeki en büyük engel.

Ancak modern bilim bize bir yıldız değil de ancak bir yıldız tozu olabileceğimizi gösterdi. Yıldızlarla ortak yanımız paylaştığımız ağır elementlerdir. Demir, kalsiyum, altın... Bu nedenle “Hepimiz yıldız tozuyuz” deriz. Fakat hep toz olarak mı kalacağız? Yoksa biz de birer yıldız olup parlayabilecek miyiz? Karanlığı aydınlatabilecek miyiz?

Toplumda ışık saçan yıldızlar olmak elimizde! Belki bu kitap yıldız olarak parlamaya bir nebze katkı sağlar...

Yaklaşık 13.000 km çapa sahip, bildiğimiz anlamda yaşam barındıran tek ve eşsiz gezegen Dünya'nın birkaç milyar sakinini olarak evrenin büyüklüğünü idrak etmekte zorlanmamız normaldir. Çünkü, günlük hayatta büyüklüğü anlatmak için kullandığımız hiçbir sıfat evrenin büyüklüğünü tasvir etmeye yetmez. Evren adeta bizim sonsuz büyüklükteki oyun bahçemiz gibidir. Hiçbir zaman tam anlamıyla evrenin tüm bilgisine sahip olamayabiliriz ancak, evrene kıyasla önemsenmeyecek boyutlardaki yaşam süremiz içerisinde evren hakkında minicik de olsa yeni bir bilgi edinebiliyorsak, evrenin birer parçası olarak görevimizi layıkıyla yerine getirmiş oluruz. Yeni doğan bir çocuğun annesini tanımaya çalışması gibi biz de bizi var eden evreni tanımaya çalışıyoruz. Tanıdıkça onu daha iyi anlıyoruz. Bu da aslında kendimizi ve varoluş nedenimizi daha iyi anlamamıza neden oluyor.

İnsanoğlu özellikle 16 ve 17. yüzyıllardaki çabalarıyla gerçek anlamda bilim yapabilmenin ilk adımlarını atmış oldu. Bu öyle kolay bir süreç değildi. İnsanlık öyle karanlık çağlardan geçti ki çoğu zaman doğruları söylemek uğruna ölümü göze aldı. Bu durum günümüzde de hâlâ geçerli. Doğrular hâlâ nadir bulunuyor ve onları söylemek süpernova gibi bir yürek istiyor! Bilim bize gözümüzle gördüğümüz şeylere hemen inanmamamızı ve bilimsel bir yöntem kullanarak olayları analiz etmemiz gerektiğini gösteriyor. Eğer gözümüzün gördüğü her şeyi koşulsuz bir gerçek olarak kabul etseydik, halen Güneş'in Dünya'nın etrafında dolanıyor olduğunu düşünürdük ya da Mars'ın yörüngesinde bazen geriye doğru gittiğini.

Bilimin en büyük itici gücü meraktır. Ancak bu merakınızı bilimsel yöntemler kullanarak süzgeçten geçirmeniz gerekir. Merakınız nedeniyle kafanızda oluşan sorulara yanıtlar ararken bilimin standart adımlarını takip etmeniz gerekir. İşte insanoğlunun o adımları bulabilmesi için en azından 200 bin yıl geç-

mesi gerekti. Türümüzün Afrika'da ortalama 200 bin yıl önce başlayan hayat yolculuğu MS 16. yüzyıla gelindiğinde, bilimin işte o adımlarını keşfetmesiyle, inanılmaz bir sıçrama yaşadı ve sadece son 400 yılda insanlık tarihi boyunca gerçekleştirememiş inanılmaz başarılarla imza attı. Bunu 200 bin yıllık tarihinde sadece 400 yıl önce bilimsel yöntemi keşfetmiş bir tür gerçekleştirdi. Bu sizce de inanılmaz değil mi!

Özellikle son yüz yıldaki bilimsel ve teknolojik ilerleme göz kamaştırıcı. Yirminci yüzyılın başlarında evrenin sadece kendi galaksimizden ibaret olma olasılığı tartışılırken, bugün evrende en az iki trilyon başka galaksinin olduğunu tahmin ediyoruz. Durağan olduğu varsayılan evrenin, sürekli genişlediği ve hatta bu genişlemenin son beş milyar yıldır ivmelenerek devam ettiği yönünde ciddi kanıtlara ulaştık.

Bundan dört yüz yıl önce optik teleskopları kullanmaya başlayan insanoglu (böylece bir nevi daha büyük bir insan gözü yapmış oldu) 20. yüzyılın sonuna gelindiğinde ise her dalga boyuna duyarlı teleskoplar geliştirmeyi ve evreni hiç olmadığı kadar detaylı incelemeyi başardı. 21. yüzyılın başına geldiğimizde Einstein'ın bir kez daha haklı olduğu anlaşıldı ve Dünya adını verdiğimiz evimizden evrene yeni bir pencere açılmış oldu. Einstein'ın 20. yüzyılın başlarında önerdiği uzayzaman dalgalanmasının 100 yıl sonra 2015 yılında varlığı kanıtlandı. Artık evreni sadece elektromanyetik ışınımı analiz ederek değil, uzayzaman dalgalanması ile de inceleyebiliyoruz.

İnsanlık sadece daha iyi teleskoplar ve alıcılar yapmıyor, aynı zamanda roket teknolojisi de çok hızlı ilerliyor. 21. yüzyılın başlarında sadece uzay ajanslarının değil özel şirketlerin de uzay yarışına katıldığını görüyoruz. Bu sayede teknolojiler daha hızlı gelişmekle kalmıyor aynı zamanda daha da ucuz mal edilebiliyor. 1977 yılında gönderildikten sadece 35 yıl

sonra Güneş Sistemi'nin dışına çıkan Voyager 1'den sonra, yine benzer sürelerde 40 trilyon km ötedeki komşu yıldız sistemine hiç olmadığı kadar hızlı bir şekilde minik uzay araçları göndermeyi planlıyoruz. Voyager'ın 35 yılda gittiği mesafenin 2000 katı mesafeye aynı sürede ulaşmayı amaçlıyoruz!

17. yüzyıldaki bilimsel devrimleri 20. yüzyılın isabetli bilimsel çalışmaları takip etti ve bugün yüz yıl öncesinden çok daha fazla şey biliyor, bin yıl öncesine kıyasla ise inanılmayacak derecede ilerlemiş bulunuyoruz. 2019 yılında kara deliğin (olay ufkunun hemen dışındaki gazın) görüntüsünü elde ettik! Bilim soluksuz ilerliyor. İlerlediği yolda eksiklerini tamamlayıp, evreni her geçen gün daha iyi anlamamızı sağlıyor. Bu kozmik manzarayı, adına Dünya dediğimiz balkondan seyre dalan insanoglu gözünün görmediği, kulağının duymadığı şeyleri bile algılar hale geldi. Çünkü gözünden çok daha iyi gözler ve kulağından çok daha duyarlı kulaklar yapıp evreni hiç olmadığı kadar detaylı incelemeye ve ölüm sessizliğine bürünmüş gibi görünen kozmik karanlığın aslında ne kadar gürültülü bir yer olduğunun farkına varmaya başladı.

Peki bunlarla yetinecek miyiz? Belki de en net yanıtı sahip olan soru bu: Kesinlikle hayır! İnsanoglu diğer canlılardan ayıran en önemli özellik, bitmek tükenmek bilmeyen merakıdır. Bu merak uzaya ilk yapay uydu gönderdiğimiz 1950'li yılların sonundan bugüne, Güneş Sistemi'nin dışına taşı ve yıldızlararası ortama ulaştı. Acaba önümüzdeki 50 yılda, 100 yılda veya 200 yılda neler olacak? Hayal etmek size kalmış. Ancak, insan kendi tarihi boyunca ona adeta yapışmış bir lanet ile bu yolda ilerlemek zorunda: Ölümüne cahillik ve bilime karşı sergilenen umursamazlık. Hangi çağda olursanız olun, insanlığın yakasından düşmeyen bu iki soruna rağmen, bilim durmaksızın ilerliyor. Ve umarım ilerlemeye de devam eder...

Evrenin büyüklüğü karşısında “âciz” kalan biz insanoğlunun, sınırlarını tam anlamıyla bilmediğimiz bu sonsuzluk denizini anlamak için ortaya koyduğu çaba, evrenin kendisi kadar görkemlidir. Bilgimiz çoktan evrenin başlangıcına ve muhtemel sonuna ulaştı bile. Bilgimizi her gün revize ediyor, hatalarımızı düzeltiyor ve ilave bilgileri bilgi havuzumuza eklemeye devam ediyoruz. İşte bu nedenle aslında bizler evrenin kendisine meydan okuyoruz. Bu öyle büyük bir meydan okuyuş ki bu devasa evren bir çocuğun avucundaki misket kadar küçülüyor gözümüzde. Minik bir yer halini alıveriyor. Bu dev kozmos birden bizim minik oyun bahçemiz, minik uzayımız oluveriyor.

Bu kitabı yazmamdaki maksat, üzerinde yaşadığımız minik gezegen Dünya'dan evrenin derinliklerine uzanan bilgimizin temel ve ilginç kısımlarını sizlere aktarmaktır. Elbette uzayın tüm gizemlerini ne bu kitapta ne de yazacağımız milyonlarca kitaptan oluşan bir sette toplamak mümkün. Ancak, evrenin bir parçası olarak bilmemiz gereken temel ve ilginç konuların birçoğunu bu kitapta bulacaksınız. Bu kitap evrenin hikâyesinin belli zaman dilimlerindeki kesitlerini içeriyor. Yani daha söylenecek çok şey, anlatacak daha çok kozmik olgu var. Bu kitap sayesinde sonsuz evrende kapladığımız önemsiz gibi görünen o minicik hacmin, aynı zamanda ne kadar görkemli olduğunu daha iyi anlayacağınızı umuyorum. Umarım bu kitap bu amaca bir nebze olsun hizmet eder.

Dr. Selçuk TOPAL
Ağustos 2020

GİRİŞ

Birkaç Önemli Tanım

Bu kitabın daha iyi anlaşılabilmesi için öncelikle bazı astronomik terimlerin açıklamasını yapmak yararlı olacaktır. Aşağıda listelenen astronomik terimlerle bu kitap içerisinde bolca karşılaşacaksınız. O nedenle yolun başındayken onları sizlere tanıtmak istiyorum.

Astronomi, astrofizik, astronom ve astrofizikçi: Hiç açık bir havada gece gökyüzüne bakıp yıldızların ışıltısına hayran kaldınız mı? Ya da bir gezegen, bulutsu veya galaksi fotoğrafı gördünüz mü? Vücudunuzu ısıtan Güneş'in aslında Dünya'daki yaşamın kaynağı olduğunu düşündünüz mü hiç? Görebildiğimiz ve göremediğimiz tüm şeylerle birlikte içinde bulunduğumuz evrenin nasıl oluştuğunu, geliştiğini ve nasıl yok olacağını hiç sorguladınız mı? Hiç, nereden geldik nereye gidiyoruz diye kendinize sordunuz mu? İşte astronomi size bu soruları soran ve bu sorulara yanıtlar arayan bilim dalıdır. Astronomi evrendeki cisimlerin hareketlerini ve evrimlerini inceleyen en eski doğa bilimidir. Atomların mikro dünyasından yüz binlerce ışık yılı çapa sahip galaksilere kadar tüm gök cisimlerini ve evreni oluşturan görüp göremediğimiz her şeyi inceler. Astrofizik ise astronominin anlaşılması için fizik biliminin uygulanmasıdır. Astronomlar elde ettikleri verileri anlayabilmek için fizik

de kullanırlar. Bu nedenle günümüzde astronomi ve astrofizik kelimeleri eşanlamlı olarak kullanılmaktadır. Astrofizikçi, astronomi, matematik ve fizik bilgisine sahip, bilgisayar programlama ve veri analizine hâkim bilim insanlarına denir. Astrofizikçiler uzayda inceledikleri cisimlerden gelen veriyi (ışık veya uzayzaman dalgalanması) analiz ederler.

Astronomi çalışma alanına göre iki ana gruba ayrılabilir: Gözlemsel ve teorik astronomi. Gözlemsel astronomi elektromanyetik tayfin tüm aralığını inceler. İnsan gözü aslında bu tayfin çok minik bir aralığını görebilir. Astronomlar insan gözünün göremediği dalga boylarını görebilen gözlem araçları kullanarak evreni daha ayrıntılı inceleyebiliyorlar. 100 yıl önce varlığı önerilen ve 2015 yılında keşfedilen (bazen bir şeyi keşfedebilmek için daha iyi cihazlara ihtiyacınız olur ve teknolojinin yeterince gelişmesini beklersiniz) uzayzaman dalgalanması sayesinde ise, artık evreni sadece elektromanyetik ışınımı analiz ederek değil uzayzaman dalgalanması vasıtasıyla da inceleyebiliyoruz. Teorik astronomi ise matematiksel modeller ve bilgisayar simülasyonları kullanarak insan ömrüne kıyasla çok uzun süren bir astronomik olayın kısa zaman aralığında alınmış gözlemsel verilerini temsil eden en olası fiziksel yapıyı ortaya koymaya çalışır. Diğer bir deyişle, bu tarz teorik çalışmalar gök cisimlerinin ve evrenin geçmişini ve geleceğini hızlıca tahmin etmemize yardımcı olur. Örneğin, Güneş'in ne zaman yok olacağına dair bir teorimiz var. Bunun 5 milyar yıl içinde olmasını bekliyoruz. Yani, henüz gerilmemiz için çok erken.

Kütle, Ağırlık ve Kütle Çekim İvmesi: Kütle ve ağırlık aynı şeyler değildir. Ağırlık, kütle çekim etkisinden dolayı cisme uygulanan kuvvettir. Yani, ağırlık kütle ile kütle çekim ivmesinin çarpımıdır. Birimi $\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$ 'dir. Bir diğer deyişle birimi

Newton'dur. Kütle ise bir hacim içerisinde ne kadar madde olduğunu tanımlar. Birimi gr, kg, ton vb. ile gösterilir. Başka bir gök cismine gittiğinizde kütle değişmez ama o gök cisminin uyguladığı kütle çekim ivmesine göre ağırlığınız değişir. Kütle çekim ivmesi g harfi ile gösterilir. Daha küçük kütleli cisimler daha düşük kütle çekim ivmesine sahip olacağından (kütle çekim ivmesi kütle ile doğru orantılıdır), eğer gittiğiniz o gök cismi Dünya'dan daha küçük kütleli ise o cisim üzerindeki ağırlığınız da daha düşük olacaktır. Örneğin, Dünya'da $100 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2$ ağırlığı olan birinin Ay'daki ağırlığı bu değer altıda biri olacaktır. Çünkü Ay'ın kütle çekim ivmesi Dünya'nın çekim ivmesinin altıda biri kadardır. Mars'ta ise ağırlığınız Dünya'dakinin yaklaşık üçte biri olacaktır. Çünkü Mars'ın kütle çekim ivmesi Dünya'nın çekim ivmesinin neredeyse üçte biridir. Evrende ekstrem derecede çekim ivmesine sahip cisimler vardır. Nötron yıldızları yüzey çekim ivmesinin çok yüksek olduğu cisimlerdir. Çünkü koca bir yıldızın kütlelerini birkaç km çapındaki bir hacme sığdırmanızla nötron yıldızı elde edersiniz. Yani kütle değişme de cismin yarıçapı azaldığından yüzeydeki çekim ivmesi inanılmaz derecede büyük olacaktır. O kadar büyüktür ki eğer bir nötron yıldızı üzerine piknik yapmaya giderseniz anında atom kalınlığında pestile dönersiniz!

Astronomi Birimi (AB): Güneş ile Dünya arasındaki mesafeye 1 Astronomi Birimi denir ve yaklaşık 150.000.000 km'ye eşittir. Astronomi Birimi kitap boyunca AB kısaltması ile gösterilecektir. Bu ortalama bir mesafedir. Dünya'nın Güneş etrafındaki yörüngesi bir elips (basık daire) olduğu için bazı zamanlar Güneşe çok yakınken bazı zamanlar ondan daha uzakta yer alır. En yakın konum ile en uzak konum arasındaki fark yaklaşık 5 milyon km'dir. Ve hayır! Bu mevsimlerde bir değişime neden olmaz!

Işık Yılı: Bir zaman birimi gibi görünse de aslında bu bir mesafe birimidir. Işığın bir yılda aldığı yoldur. Boşluktaki hızı saniyede yaklaşık 300.000 km olan ışık hızını, bir yıldaki saniye sayısı ($365,25 \times 24 \times 60 \times 60 = 31.557.600$ saniye) ile çarparsanız ışığın 1 yılda aldığı yolu bulursunuz. Bu değer yaklaşık 9.5 trilyon km'dir. Işık yılı kitap boyunca IY kısaltması ile gösterilecektir.

Derece, yay dakikası ve yay saniyesi: Derece, yay dakikası ve yay saniyesi birer açı birimidir. Bir çember 360 derecelik açıyı temsil eder. Yani etrafınızda bir tam tur attığınızda 360 derecelik bir açı taramış olursunuz. Nasıl ki 1 zaman dakikası 1 saatin 60'ta 1'i ise 1 yay dakikası da 1 derecenin 60'ta 1'idir. Benzer olarak, 1 yay saniyesi de 1 yay dakikasının 60'ta 1'idir. Çemberi 360 eşit parçaya bölerseniz 1'er derecelik dilimler elde edersiniz. Her bir dereceyi de 60'a bölerseniz 1'er yay dakikalık dilimler elde edersiniz. Her yay dakikasını da 60'a bölerseniz 1'er yay saniyelik dilimler elde edersiniz. Şimdi 1 yay saniyesinin ne kadar minik bir açıya denk geldiğini sanırım daha iyi anlamış oldunuz.

Paralaks: Bir cisme farklı açılardan bakıldığında, bakış doğrultusunda ve daha uzakta bulunan bir referans noktasına göre, o cismin konumundaki görelî yer değiştirme miktarıdır. Paralaks açısı, iki bakış doğrultusu arasındaki açının yarısına eşittir.¹ Bize nispeten yakın bir yıldız için paralaks açısı birbiri arasında 6 ay süre bulunan iki gözlemlerle gösterilebilir. İki ölçüm sonunda yıldızın, arkasında yer alan ondan çok daha uzaktaki yıldızlara göre, görelî yer değiştirmesi belirlenebilir. Paralaks yöntemi sadece yakın yıldızlar için kullanılabilir. Çünkü yıldız

1. Daha detaylı bilgiyi kitabın "Nasıl Hesapladık?" başlıklı bölümünde bulabilirsiniz.