RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ



ASTRONOMİ

Prof. Dr. Murat Tomakin

1.Bölüm: Önümüzdeki Serüven

1.1 Dünyadan Görünüş

1.2 Gökküresi

1.3 Gökyüzünde Güneş'in Hareketi

1.4 Ay'ın Evreleri

1.5 Ay Tutulması

1.6 Güneş Tutulması

1.7 Gezegen Hareketlerinin Gözlemleri

1.8 Dönme

1.9 Astronomide Uzaklık Birimleri

1.10 Evrenin Ölçeği

1.11 Günümüzde Astronomi

1.1 Dünyadan Görünüş

Çağdaş Dünya'da sadece birkaçımız tertemiz gökyüzünün altında oturup görkeminin tadına varabilmek için şehir ışıklarından kaçabilir.

Neyse ki, atalarımızın bunu yapmak için zamanları da istekleri de vardı. Temiz karanlık bir gecede gökyüzünün seyrine doyum olmaz.

Elektrik ve televizyonun olmadığı eski zamanlarda gökyüzünü seyretmek her hâlde çok popüler bir etkinlikti.

Gözleriniz karanlığa alışır alışmaz belki de en etkileyici olay, sönükten parlağa, yalnız olanlardan çok sayıda yıldızdan oluşan kümelere kadar sayılamayacak kadar çok sayıda parıldayan **yıldız** görmenizdir.

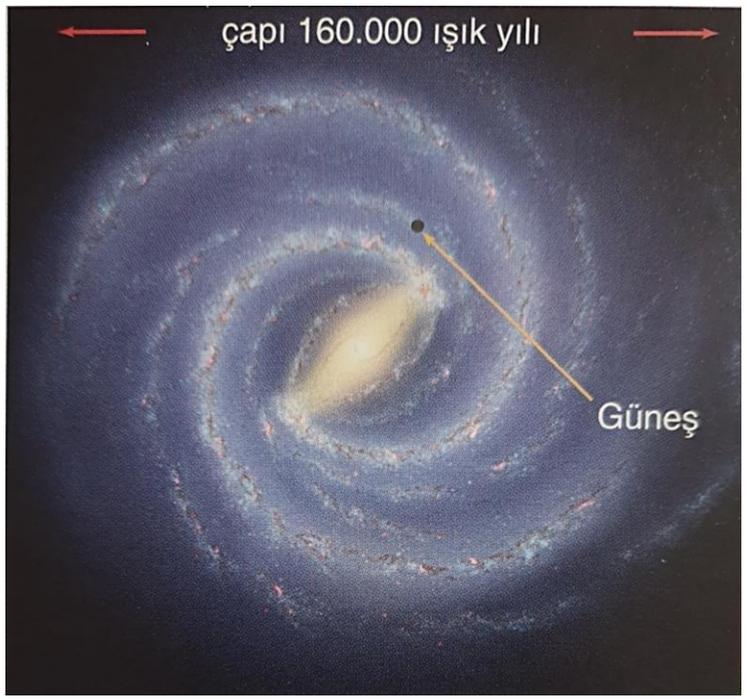
Parlayan her bir yıldız Güneşimizde süregelen aynı süreçlerle ışıldayan birer güneştir.

Güneş: hidrojen ve helyumdan oluşmuş, enerjisini çekirdeğindeki nükleer füzyondan sağlayan küre şeklinde bir gaz kütlesidir.



Gece gökyüzü bir köknar ağacını aydınlatıyor. Daha parlak yıldızlar daha büyük görünüyor, çünkü filme diğer yıldızlardan daha çok ışık veriyorlar. Yıldızların görünen büyüklükleri gerçek büyüklükleri ile orantılı değildir. Yıldızları ve takımyıldızları tanımakta deneyiminizi artırdıktan sonra bu resme tekrar dönüp bakın ve Carina'daki Güney Haçı'nı ve Alfa ve Beta Centauri yıldızlarını bulmaya çalışın. Bunlar en ilginç güney yarıküre gök cisimleridir.

- Kaç tane yıldız vardır?
- Dünyadan çıplak gözlegörünenlerin sayısı 5000.
- Telaskop ile gökadalarda yüzlerce milyar yıldız.
- Gökyüzünde boydan boya uzanmış puslu beyaz şerit **Samanyolu**
- Samanyolu ile birlikte gökyüzünde birkaç sönük bulut da (**Bulutsu**) görebiliriz.
- **Bulutsu:** içlerindeki yıldızlar tarafından aydınlatılan dev gaz bulutlarıdır. Gözle görülebilir.
- Bulutsular yıldızların hem doğumu hem de ölümü ile ilgilidir.
- İçlerindeki gaz son derece seyrektir. Laboratuvarlardaki vakumdan daha seyrektir.







- Eskiden «bulutsu» olarak bilinen bazı cisimlerin yüz milyarlarca yıldızdan oluşan **gökadalar** olduğu anlaşılmıştır.
- **Kayan yıldız** (kuyruklu yıldız): atmosferde yanan meteorlardır.
- Gökyüzünü birkaç saat izlerseniz yıldızların sabit olmadığını görürsünüz.
- Birçoğu doğudan doğup batıdan batmaktadır.
- Yılın farklı zamanlarında gökyüzünde farklı yıldızlar görünür.
- Yıldızların birbirine göre konumları genelde değişmez.
- Fakat bazı yıldızlar diğer yıldızlara göre yer değiştirir. Bunlar **gezegen**lerdir.
- **Gezegen** güneş etrafında dönen sekiz büyük cisimden biri veya diğer yıldızların etrafında dolanan benzer cisimler.

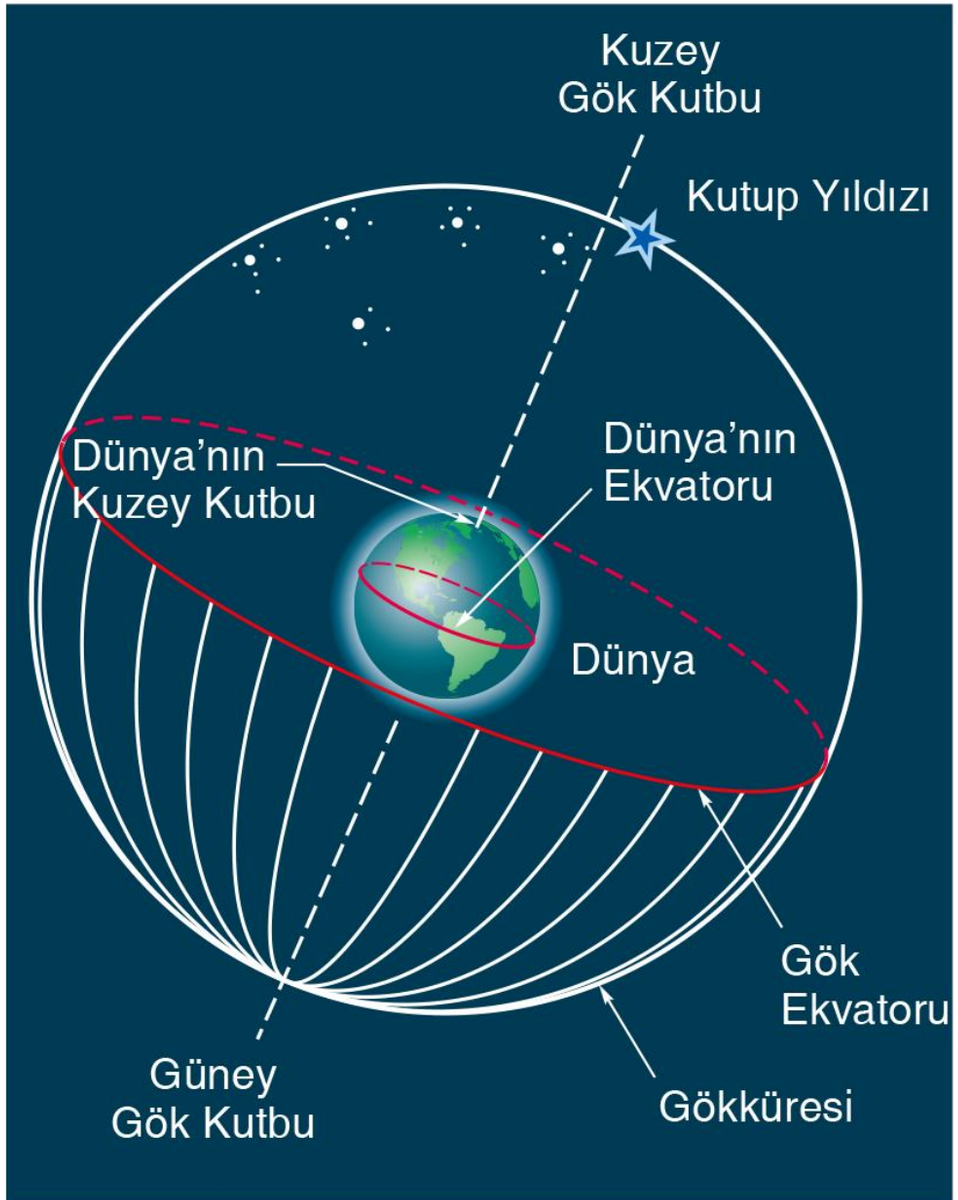


1.2 Gökküresi

- Dünya üzerinde orta enlemlerdeki bir yerden gece boyunca gökyüzüne bakarsak, bazı yıldızların doğudan doğup batıdan batmakta olduğunu görürüz.
- Dünya kutbunun üstündeki yıldızlar, gökyüzünde her bir kutbun üstündeki bir nokta etrafında iç içe geçmiş eşmerkezli daireler şeklinde hareket ederler.
- Günümüzde yıldızların konumlarının birbirine göre yavaş yavaş değiştiği bilinmektedir.

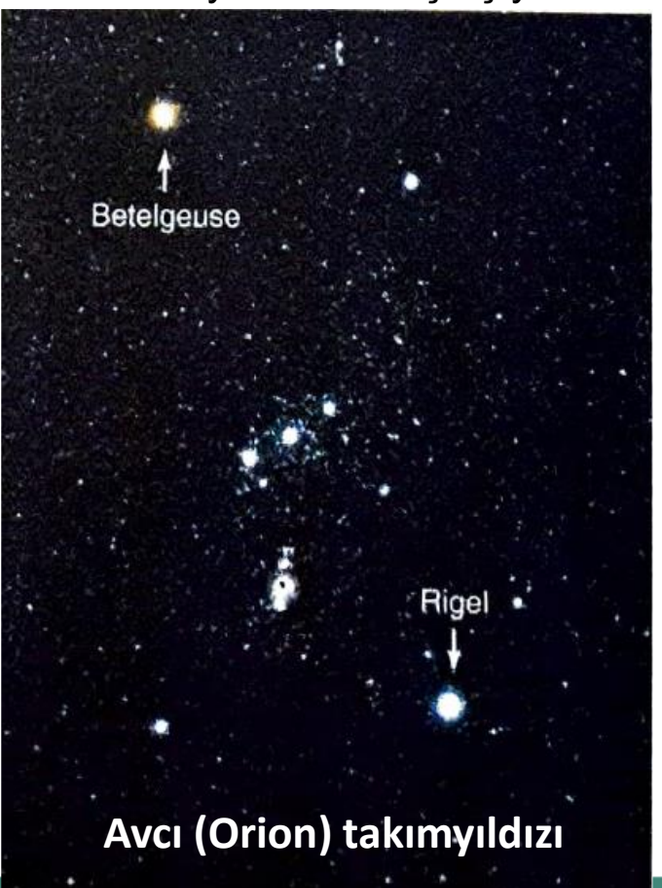


- **Gökküresi:** Günlük hareketleri sebebiyle, Gök cisimleri Dünya'yı çevreleyen bir küre üstündeymiş gibi görünür.
- Merkezinde gözlemci olan ve gök cisimlerini taşıyan bu hayali küreye gökküresi denir.
- Gökküresi Dünya'ya göre büyüklüğü resimdekinden çok daha fazladır.
- **Kuzey gök kutbu, güney gök kutbu;** yıldızların çizdiği dairelerin merkezindeki noktadır ve Dünya'nın coğrafi kutuplarının tam üstüne denk gelir.

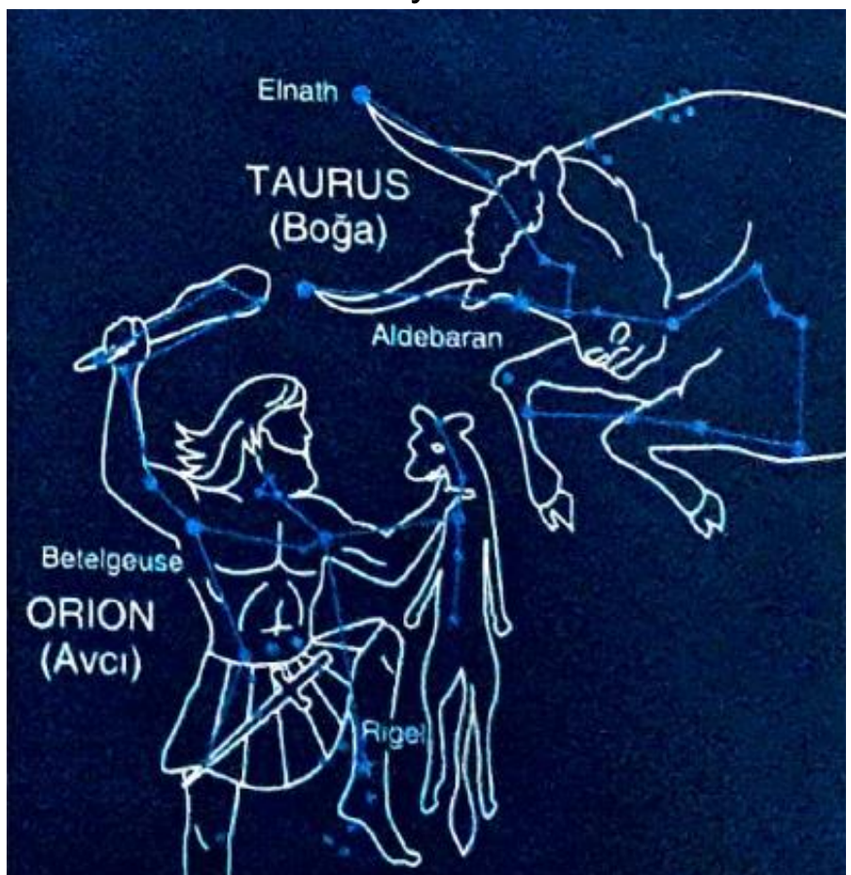


Takımyıldızları

- Gökyüzüne baktığımızda yıldızları belli bir şekle benzetebiliriz.
- Eski insanlar bunları kendi mitolojilerine uygun şekilde isimlendirdiler.
- Yan yana dizilmiş üç yıldız avcının kemeri olarak hayal edilir.



Avcı (Orion) takımyıldızı





Büyük ayı takımyıldızı

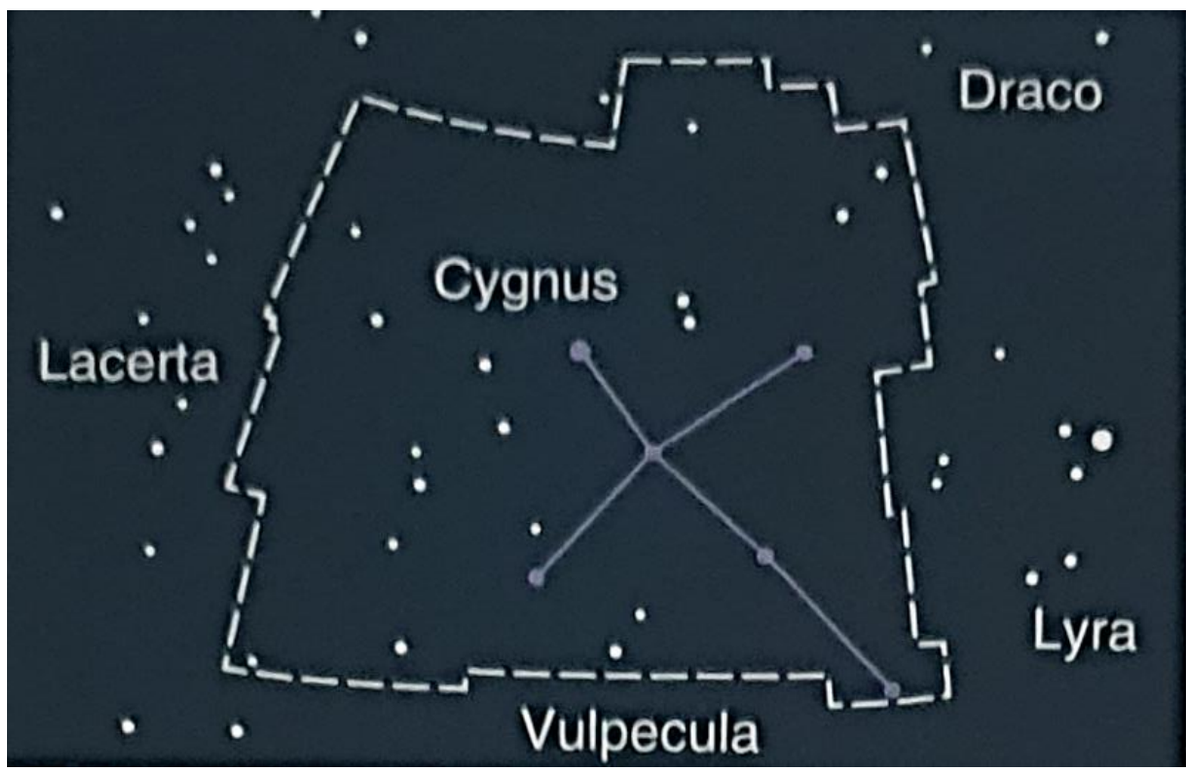
- Yeterli bir süre beklenirse her takım yıldızının şekli zamanla değişecektir.
- Fakat takımyıldızlardaki yıldızların uzaklıkları o kadar büyüktür ki, bu değişimler ancak binlerce yıl sonra fark edilir.



50.000 yıl önce | Bugün | 50.000 yıl sonra

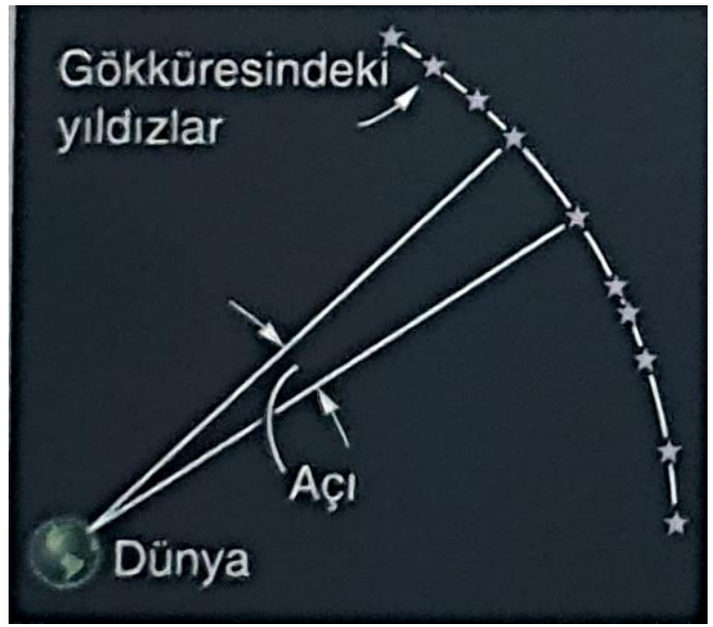
Merkezde Büyük Ayı bugün görüldüğü şekilde çizilmiştir; oklar yıldızların gökyüzünde bugün görülen hareket yönlerini göstermektedir. Bu hareketlere göre bu takımyıldızın bir zamanlar soldaki şekilde olduğu gibi göründüğü ve gelecekte de sağdaki gibi görüneceği sonucuna varırız.

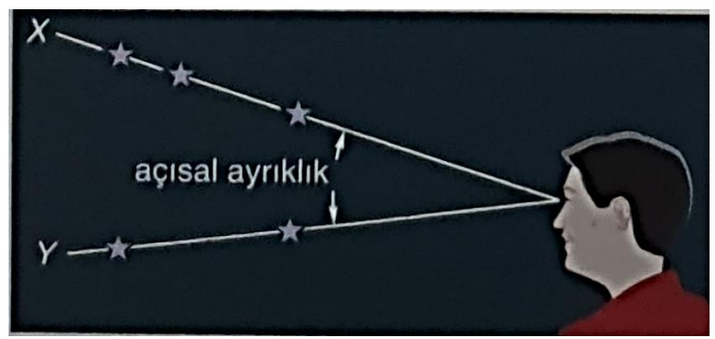
- Eski kültürlerde takımyıldızlarının sınırları iyi tanımlanmamıştır.
- Günümüzde Astronomların uluslararası anlaşmasına göre gökküresi tanımlı sınırları olan 88 bölgeye bölünmüştür.
- Bu bölgelerin hemen hemen yarısı eski Yunanları belirlediği takım yıldızlarıdır.
- Aşağıdaki şekil Kuğu takım yıldızını ve sınırlarını göstermektedir.



Gök Cisimlerinin Konumlarının Ölçülmesi

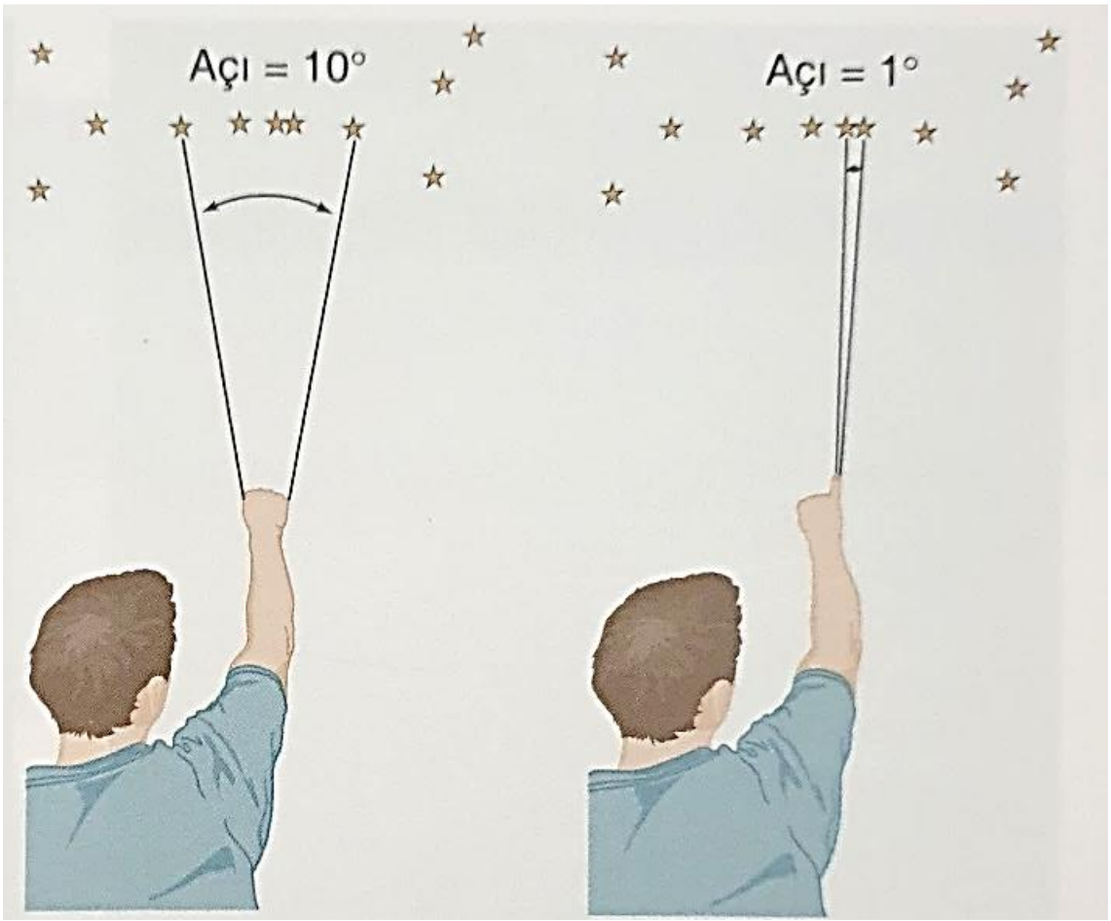
- **Açısal ayrılık**: Gözlemcinin gözünden iki cisme uzanan iki çizgi arasındaki açıdır.
- Açısal ayrılık bize iki yıldız arasındaki gerçek uzaklık hakkında hiçbir şey söylemez.
- Astronomide 1 dereceden küçük açıların tartışılması sıklıkla ortaya çıkar.
- **Yay dakikası:** Bir yay derecesinin altmışta biridir. Yai her bir derece 60 yay dakikasıdır. Zaman birimi değil açı birimidir.
- İnsan gözü 1 yay dakikası kadar yakın iki yıldızı iki ayrı yıldız olarak görebilir.
- **Yay saniyesi:** yay dakikasının altmışta biridir.
- Teleskoplar 1 yay saniyesi (1 dereceden 3600 kere küçük) kadar yakın yıldızların belirlenmesini sağlar.





Gökyüzünde açıların tahmin edilmesi:

- Elinizi yumruk yapın
- Kolunuzu uzatıp düz tutun.
- Yumruğunuzun sağı ve solu arasında kalan gökyüzü parçasının açısal genişliği 10 derecedir.
- Serçe parmağın gökyüzünde kapladığı aç ise yaklaşık 1 derecedir.



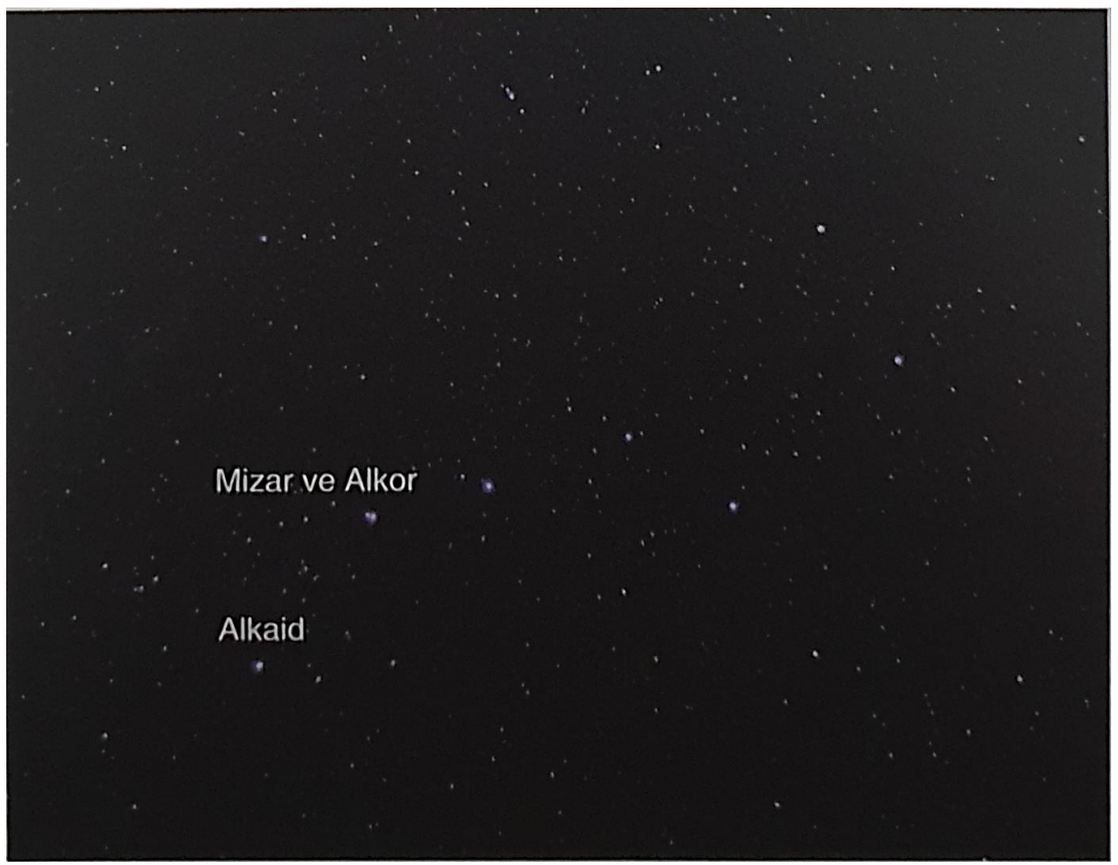
Örnek: Mizar ve alkor, Büyük Ayı takımyıldızında çıplak gözle ayırt edilebilecek iki yıldızdır. Biri diğerinden 12 yay dakikası uzaklıktadır. İki yıldızdan parlak olanı, Mizar, teleskopla kendini ayrıklığı 12 yay saniyesi olan bir çift yıldız olarak göserir. Buaçıları derce olarak ifade ediniz?

Çözüm:

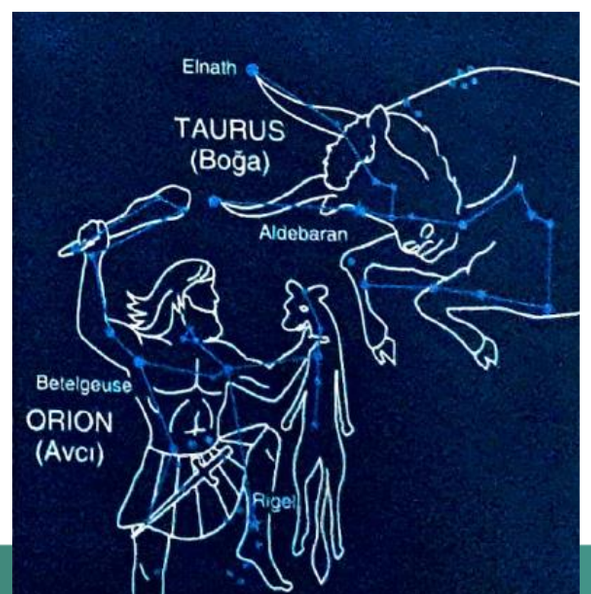
60 yay dakikası 1 dereceye eşittir.

12'*(1°/60') = 0,20°

12*(1°/360') =0,0033°

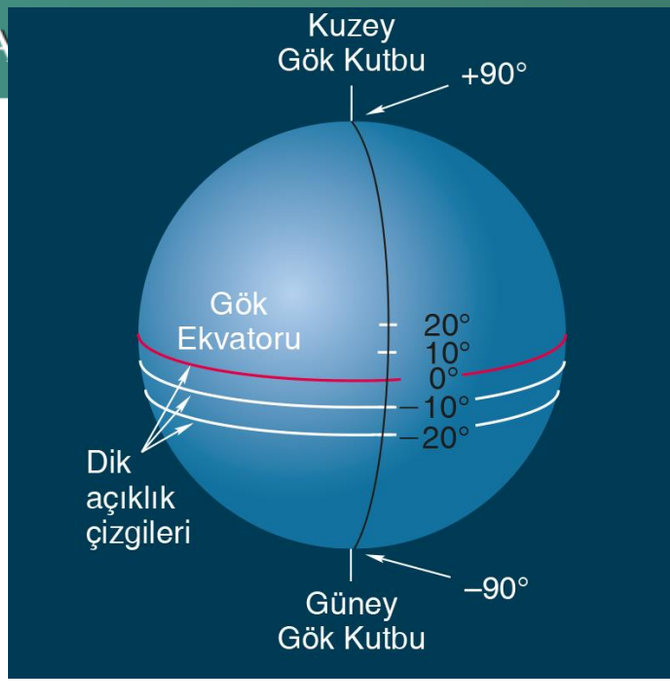


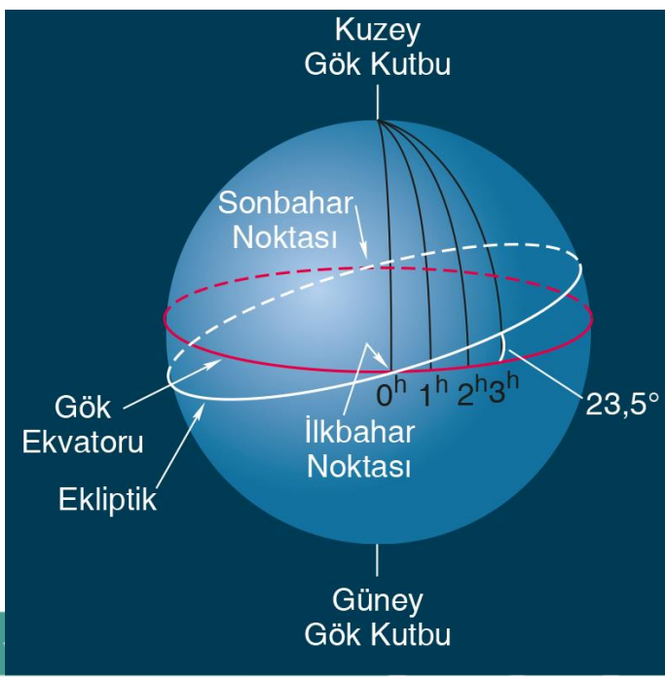
Ödev: Avcı'nın başının en üstündeki yıldız, ayrıklığı 4,5 yay saniyesi olan bir çift yıldızdır. Bu açıyı derece olarak ifade ediniz.



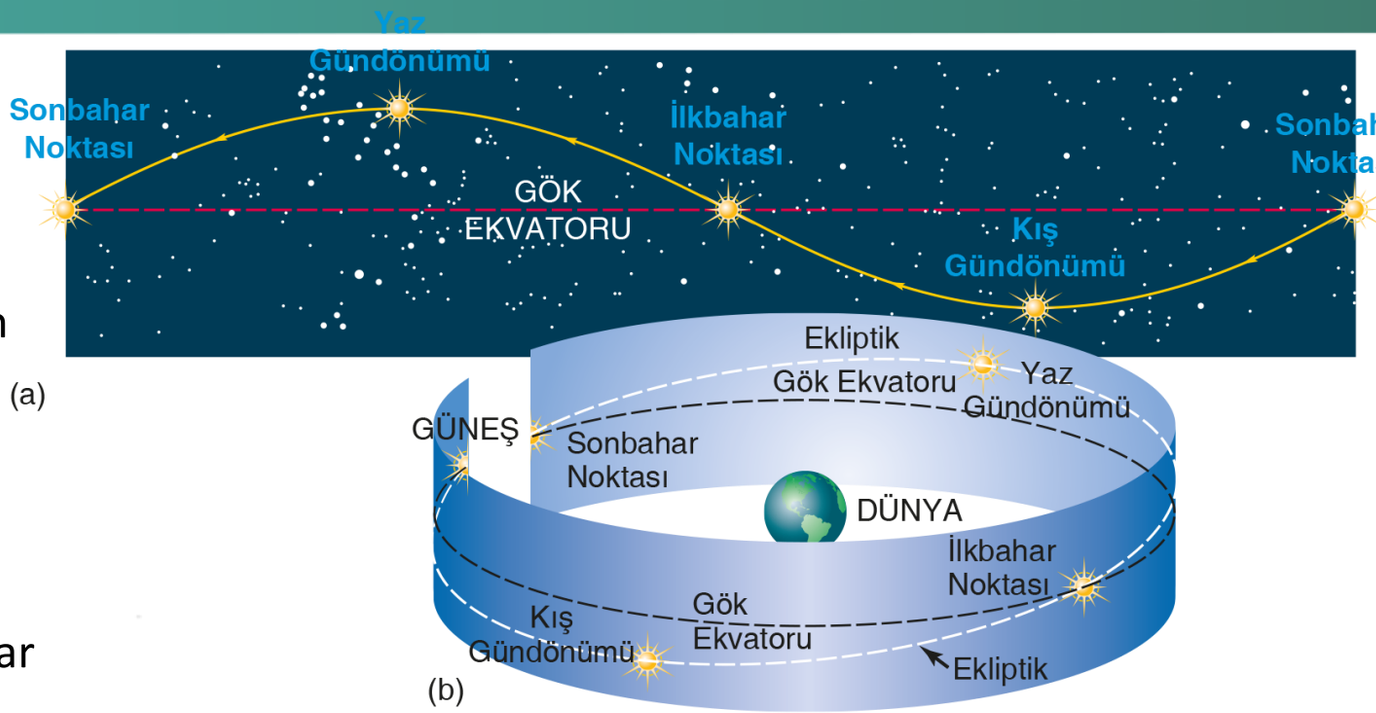
Göksel Koordinatlar

- Yeryüzünde bir cismin yerini belirleme için merkezi Dünya'nın merkezi olan enlem ve boylamlı koordinat sistemini kullanırız.
- Benzer şekilde, astronomlar da gökcisimlerinin yerlerini, gökküresi üzerine çizilmiş, merkezi Dünya olan hayali bir küresel koordinat sistemi kullanarak tayin ederler.
- **Ekvatoral koordinat sistemi** cisimlerin konumunu belirlemede **dik açıklık** (ya da *deklinasyon*) ve **sağ açıklık** (ya da *rektanasyon*) olarak adlandırılan iki koordinat kullanır.
- Dik açıklık: yıldızın gök ekvatorundan kuzeye yada güneye doğru açısal uzaklığıdır. Ekvatordan kuzeye doğru açılar pozitif güneye doğru negatif olarak ifade edilir. Ölçek +90, ile – 90 derece arasında değişir. Örneğin, Sirius'un dik açıklığı – 16° 43' dır.
- Sağ açıklık: yıldızın ekvatordaki iz düşümünün, ekvator üstünde ilkbahar noktasından açısal uzaklığıdır. İlkbahar noktasından doğuya doğru ölçülür. İlkbahar noktası, Güneş'in güney yarı küreden kuzey yarı küreyeekvatoru kesip geçtiği oktadır. Sağ açıklık saat, dakika ve saniye olarak ifade edilir. Sirius'un sağ açıklığı 6h 45m 9s





1.3 Gökyüzünde Güneş'in Hareketi

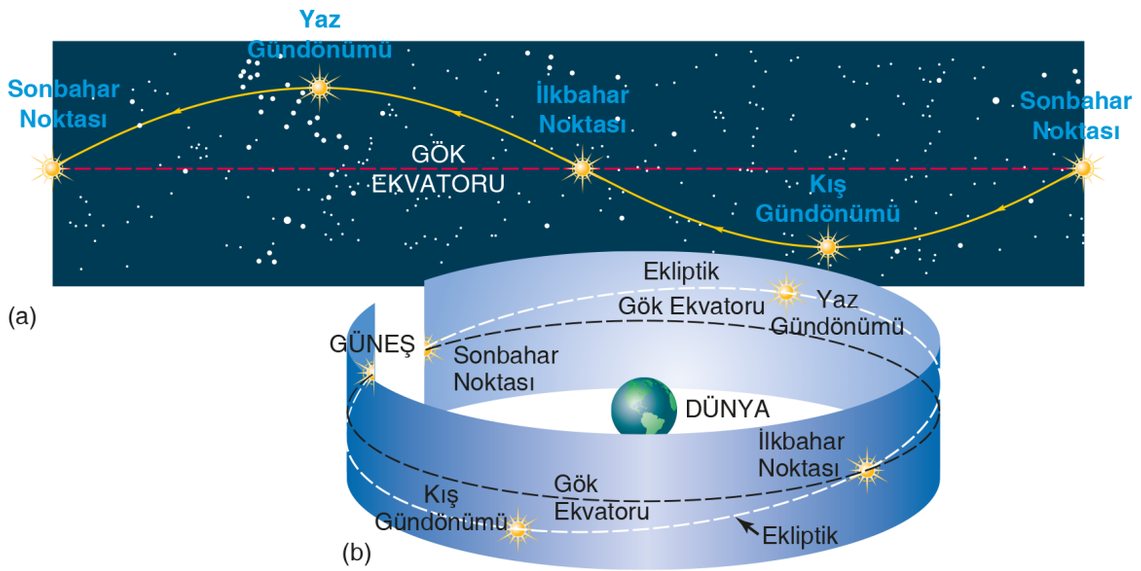


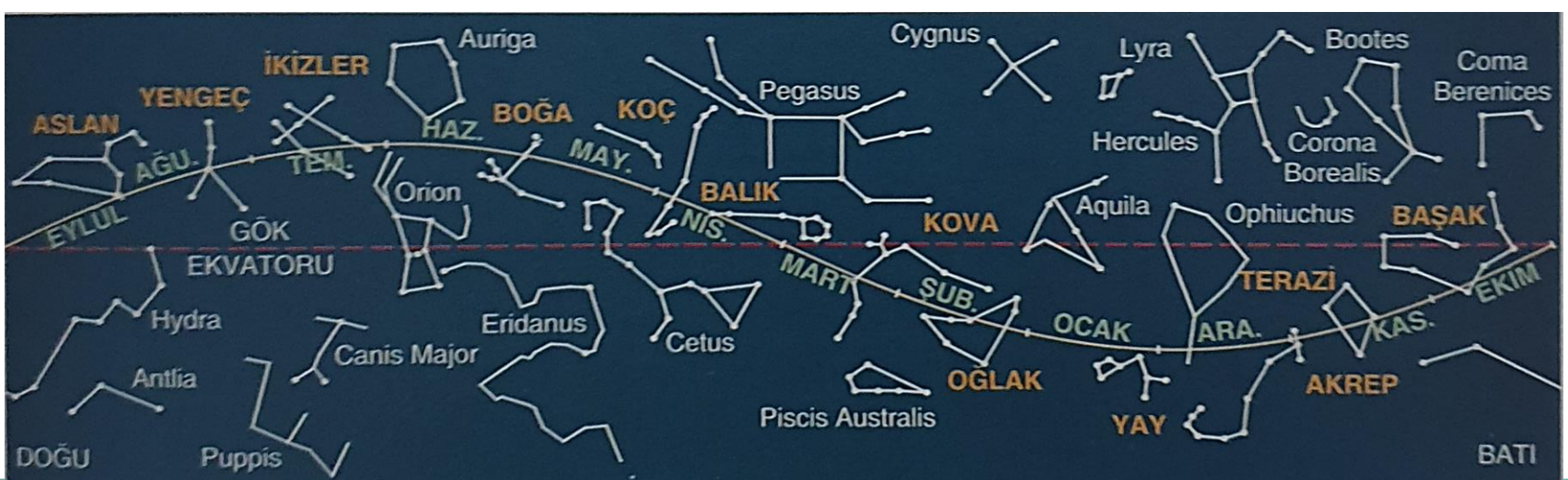
- Yıldızlar gibi, Güneş ve Ay'da doğudan doğup, batıdan batıyormuş gibi görünür.
- Güneş yıldızlar küresi kadar hızlı hareket etmez.
- Güneşin yıldızlara göre doğuya hareket ettiği görülür.
- Güneş yıldızlar küresi üstende tam dolanımını ne kadar zamanda tamalar?
- Güneş battıktan sonra batı ufkundaki yıldızların oluşturduğu şekilleri çizip, bunların değişimini her gün izleyip, ilk çizdiğimiz şekle gelene kadar geçen süreyi belirlemekle Güneş'in yıldızlar küresini ne kadar zamanda dolandığını kabaca belirleyebiliriz.
- Bu süre 365,25 gündür. Bu farkı gidermek için dört yılda bir gün ilave edilir.

- Eski zamanlarda, insanlar belli yıldız desenlerinin her sene yılın aynı zamanlarında gökyüzünün aynı bölgesinde göründüğünü fark etmişlerdir.
- Bu yıldız desenlerinin görülmeye başlaması: takvimin ortaya çıkması, mevsimlerin değişeceğinin işareti.
- Örneğin Aslan takımyıldızının akşamdan sonra görünmesi baharın müjdecisidir.

Ekliptik

- Yer tüzündeki bir gözlemciye göre güneş yıldızlar arasında hareket ederken her sene aynı yolu izler.
- Güneşin izlediği bu yola **ekliptik** denir (eclipse, tutulum).
- Ay bu daireye çok yakın ve üstünde oladuğu zamanlarda Ay ve Güneş tutulmaları gerçekleşir.
- Güneş'in ekliptik boyunca hareketi sırasında içinden geçtiği takımyıldızlara **Zodyak** takımyıldızları (burçlar) denir.

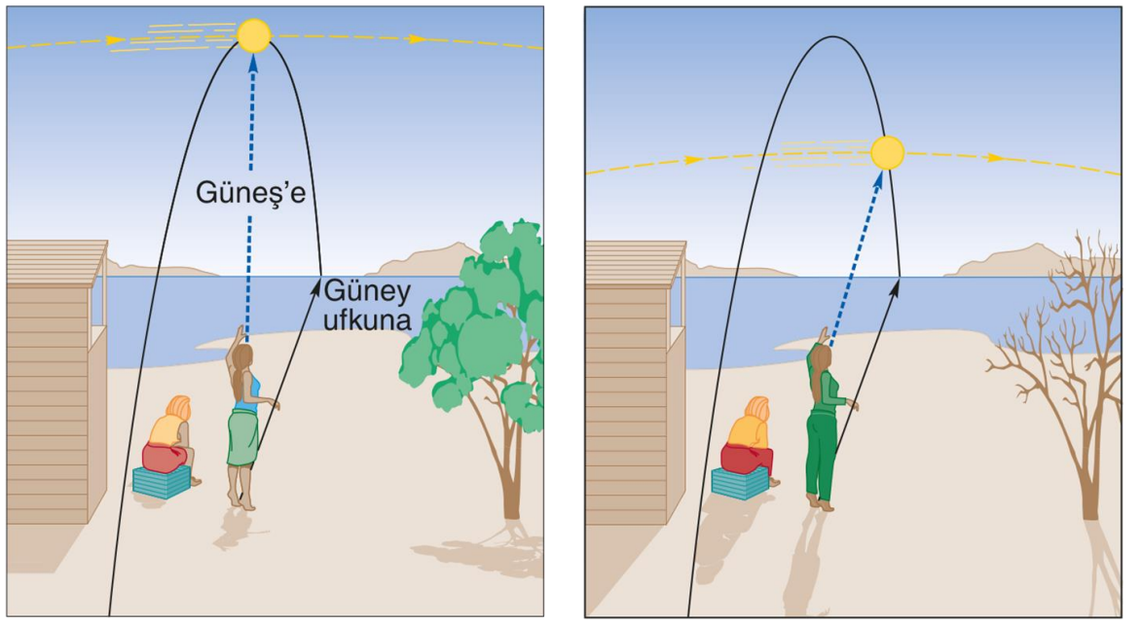




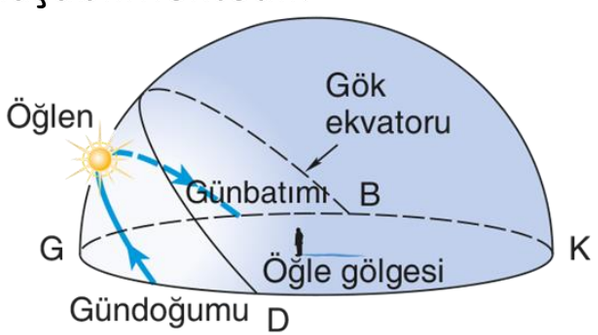
Güneş ve Mevsimler

- Güneş'in kış ve yaz mevsiminde gözlenen hareketlerinde kolaylıkla görülebilen üç farklılık vardır:
  - i. Kuzey yarım küredeki bir gözlemci için, Güneş yazın kışa göre daha kuzeyden doğar ve daha kuzeyden batar.
  - ii. Güneş'in yaz aylarında gökyüzünde kalma süresi kış aylarında gökyüzünde kalma süresinden daha uzundur.
  - iii. Güneş yaz aylarında gökyüzünde kış aylarına göre daha yüksek bir noktaya çıkar.

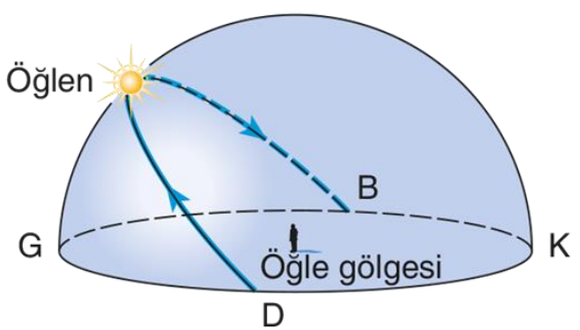
  Sonuç olarak, bu hareketler nedeniyle kış aylarında ışığın büyük bölümü atmosferde saçılmakta, soğrulmakta ve daha az bir kısmı yere ulaşabilmektedir.



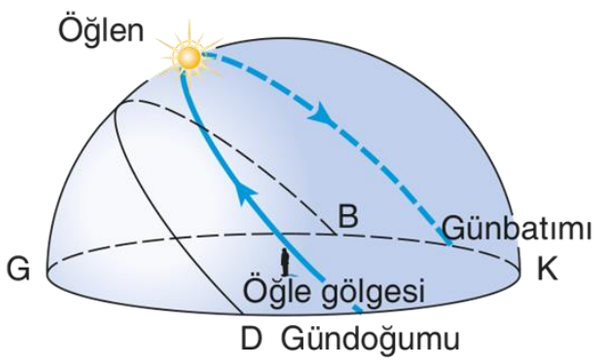
(a) Haziran (b) Aralık



(a) Aralık



(b) Mart ve Eylül

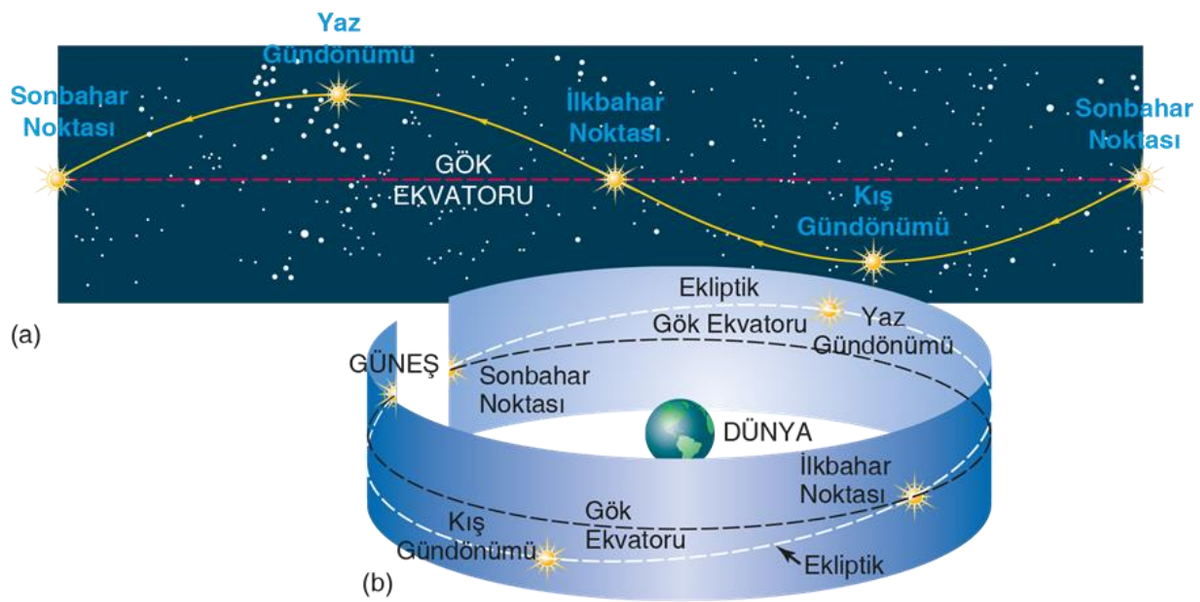


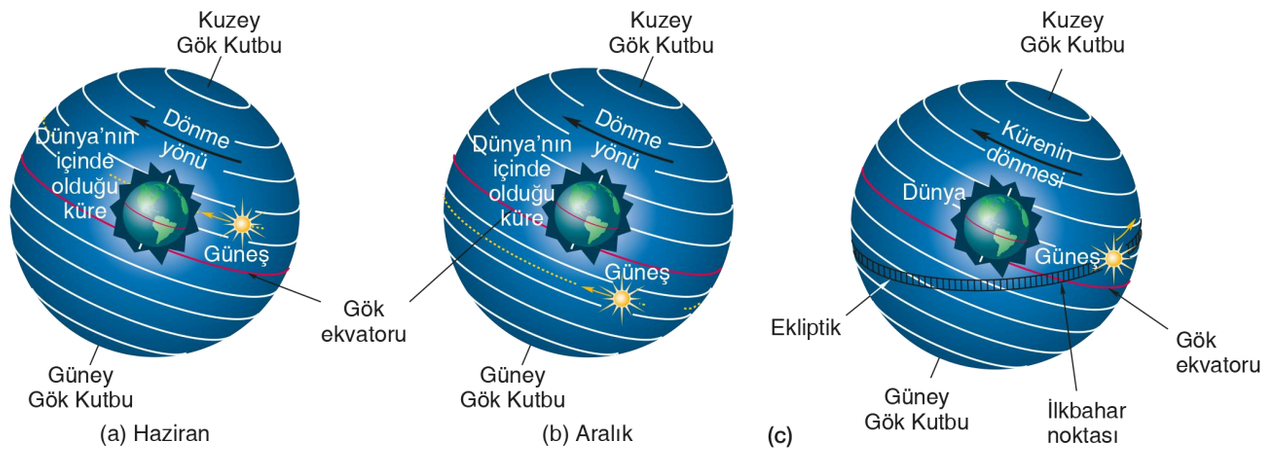
(c) Haziran

- Güneş'ten uzaklığımız mevsimlerin oluşumunda etkili bir sebep midir?
- Bu durum mevsimlerin tek sebebi olsa, Dünya'nın her iki yarı küresinde aynı anda iki farklı mevsimin yaşanması nasıl mümkün olurdu?
- Aslında, Dünyanın Güneş'ten uzaklığı yıl boyunca ortalama uzaklığın yüzdesi olarak pek azla değişmez.
- Üstelik, Dünya Güneş'e Ocak ayında en yakın, Haziran ayında ise en uzaktır.
- Bugünkü modele (Kopernik) göre Dünyanın yörünge düzlemine göre eğik oluşu (Dünya'nın Güneş'e yönelimi) mevsimleri açıklamaktadır.



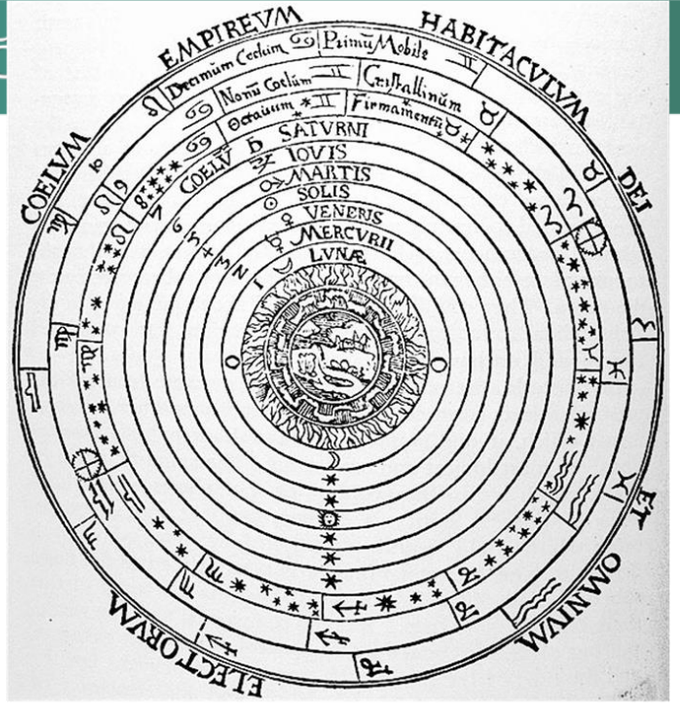
- **Yaz gündönümü:** 21 Haziran. Gökküresi üstünde Güneş'in ulaştığı en kuzey noktadır.
- **Kış gündönümü:** 21 Aralık. Gökküresi üstünde Güneş'in ulaştığı en güney noktadır.
- **İlkbahar noktası:** 21 Mart. Güneş'in gök ekvatorunu kuzeye doğru kesip geçtiği noktadır.
- **Sonbahar noktası:** 22 Eylül. Güneş'in gök ekvatorunu güneye doğru kesip geçtiği noktadır.



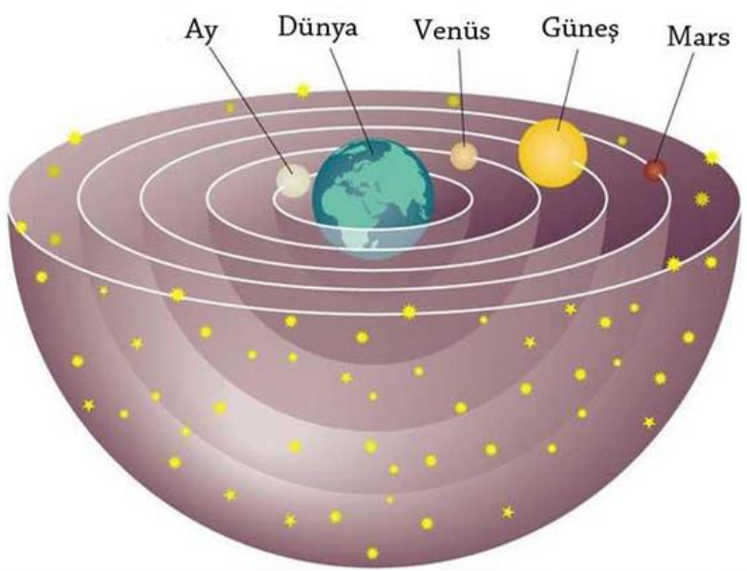


Bilimsel Bir Model

- **Bilimsel model:** Gözlemleri veya doğanın bir kısmını nasıl işlediğini açıklamamıza imkan veren mantıksal bir çerçeve veya fikirdir.
- Örneğin yıldızların dev bir gökküresi üstünde oturması, sabitolması ile ilgili düşünce yıldızların gözlenen günlük hareketini açıklayan bir bilimsel modeldir.
- Örneğin gökyüzünde Güneş'in değişen konumu da mevsimlerin değişimini açıklar.
- Bu modelde Güneş, güneş ekvatorun kuzeyinden güneyine doğru sonra tekrar geri hareket eder.
- Modelimiz Güneş'in neden böyle hareket ettiini açıklamaz fakat «tamam, şimdi mantıklı» dememize yardım eden bir mekanizma ortaya koyar.
- Oluşturduğumuz bu model **yer merkezli** bir modeldir.
- **Yer merkezli model**, Dünya'yı merkeze koyan bir evren modelidir. (Bu model değişti).
- **Dönme:** Bir cismin merkezinden geçen bir eksen etrafındaki dönüş hareketi
- **Dolanma:** Bir cismin başka bir cisim etrafında yörünge hareketi

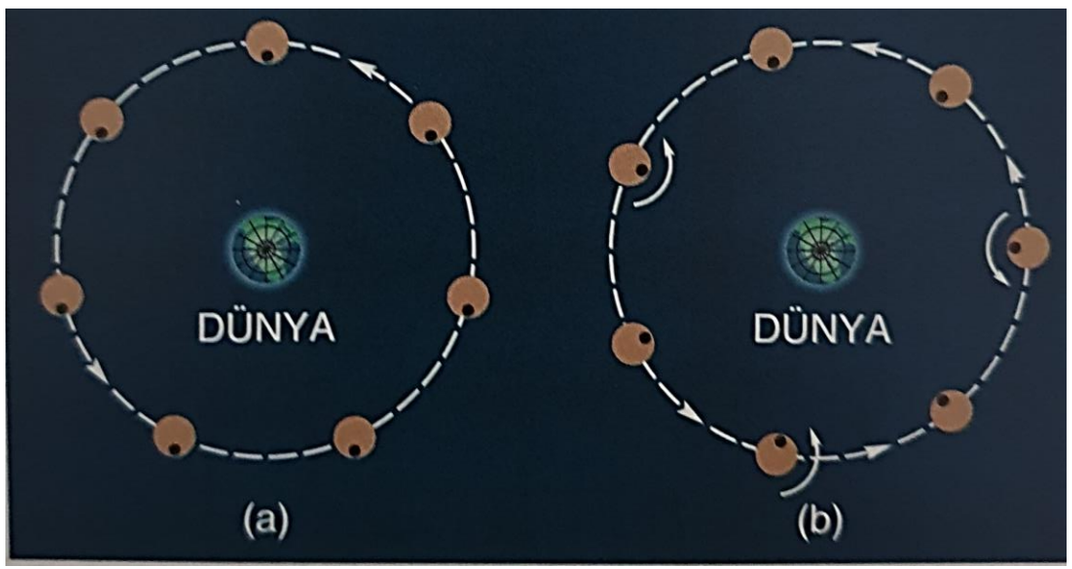


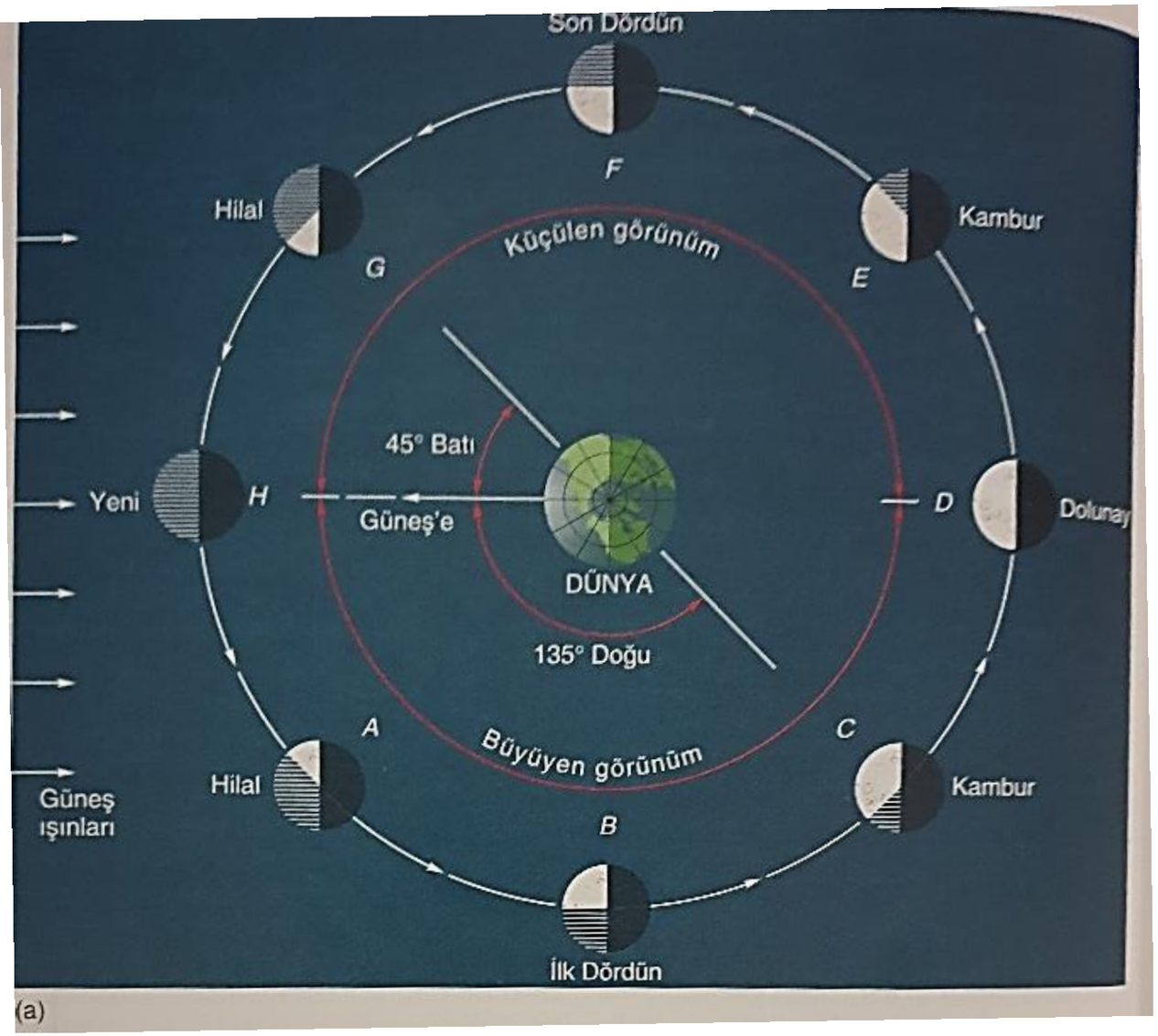
Yermerkezli Evren

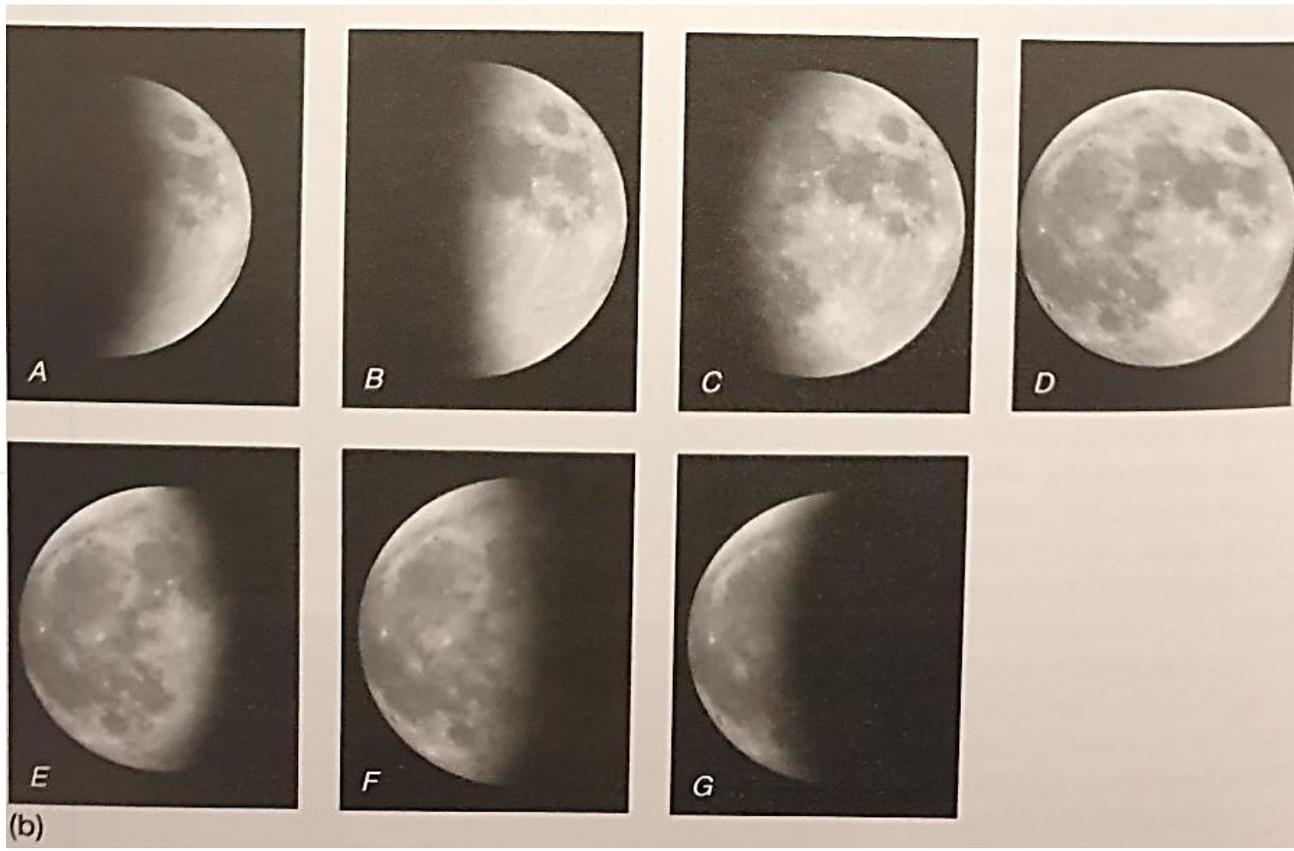


1.4 Ay'ın Evreleri

- Yıldızlar ve Güneş gibi Ay'ın da Dünya'nın etrafında dolandığı görülür.
- Ancak Ay'ın her zaman aynı yüzü Dünya'ya dönüktür.
- Ay'ın dönme ve dolanma periyodunun tam eşit olması olağanüstü bir durumdur ve basit bir tesadüfle açıklanamaz.
- **Ay'ın Evreleri:** Dünya etrafındadolanırken Ay'ın değişengörünüşüdür.
- Sebebi **Dünya, Ay ve Güneş** üçlüsünün birbirlerine göre konumlarının değişmesidir.







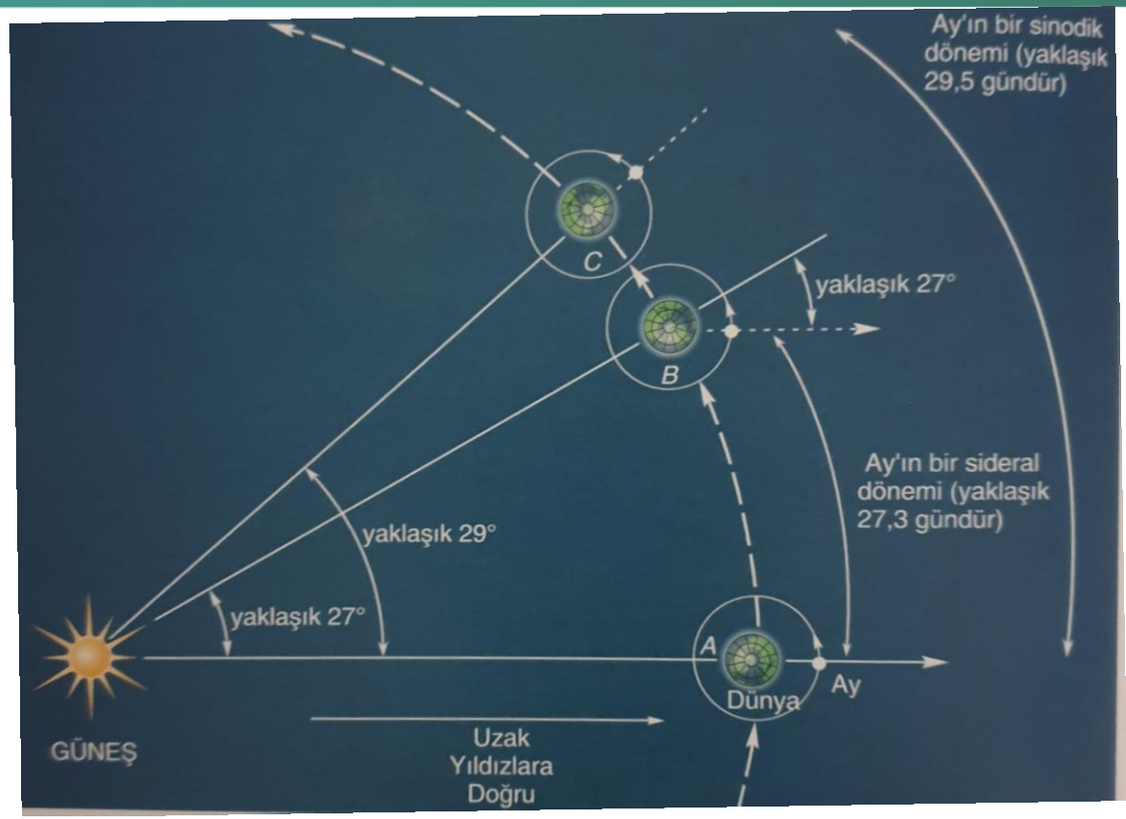
- Ay'ın evrelerinin açıklaması antik çağdan beri bilinmektedir.

- **Elongasyon:** Ay'ın (veya gezegen) gökyüzünde Güneş'ten açısal ayrıklığıdır.
- **Çeyrek veya Dördün (evre):** Bir gök cisminin aydınlanmış yarıküresinin tam yarısının gözlenebildiği evredir (B, F).
- **Kambur (evre):** Bir gök cisminin aydınlanmış yarıküresinin yarısı ve tamamının görülebildiği evreleri arasında kalan evrelerdir (C, E).
- **Dolunay (evre):** Bir gök cisminin aydınlanmış yarıküresinin tamamının görülebildiği evredir (D).
- **Hilal (evre):** Bir gök cisminin aydınlanmış yarıküresinin yarısından azının görülebildiği evrelerdir (A, G).
- **Yeni (evre):** Bir gök cisminin aydınlanmış yarıküresinin görülemediği evredir (H).
- Güneş tutulması her zaman Yeni Ay evresinde olur.
- Buna göre güneş tutulmasının her ay olması gerekmez miydi?

Ay Evreleri ile İlgili Terimler

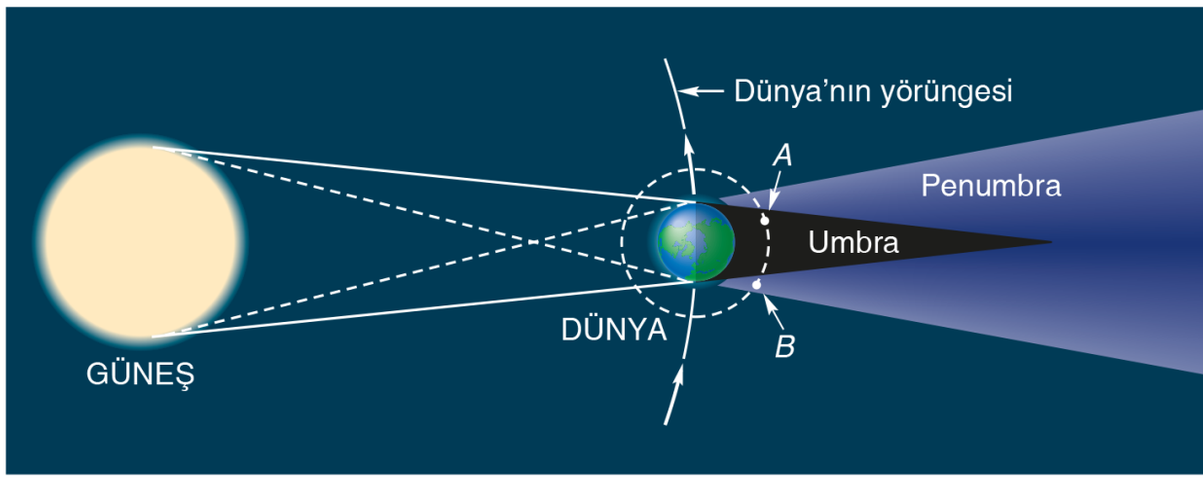
Evre	Elongasyon (derece)
Büyüyen	0–180° doğu
Küçülen	0–180° batı
Hilal	0–90° doğu veya batı
Kambur	90°–180° doğu veya batı
Yeni	0°
İlk çeyrek	90° doğu
Dolunay	180°
Üçüncü çeyrek	90° batı

- Ay Dünya etrafında dolanırken, Dünya da Güneş'in çevresindeki yörüngesel hareketini sürdürmektedir.
- Bu nedenle Ay'ın iki dolanım periyodu arasındaki farkı fark etmeliyiz.
- **Sideral periyot:** Bir gök cisminin uzaktaki yıldızlara göre dolanma (veya) dönme periyodudur.
- Yıldızlara göre Dünya ve Ay'ın arka arkaya iki kere benzer şekilde konum alması arasındaki zaman farkına Ay'ın **sideral pariyodu** denir (A ve B konumları). Yaklaşık 27,3 gündür.
- **Sinodik periyot:** Bir gök cisminin Güneş'e göre arka arkaya iki aynı şekilde hizalanması arasında kalan süredir.
- Arka arkaya iki defa Güneş-Dünya-Ay sıralaması arasındaki zaman farkına Ay'ın sinodik periyodu denir (A ve C konumları). Yaklaşık 29,5 gündür.
- Ay ayı 29 gün 12 saat 44 dakika 2, saniyedir.

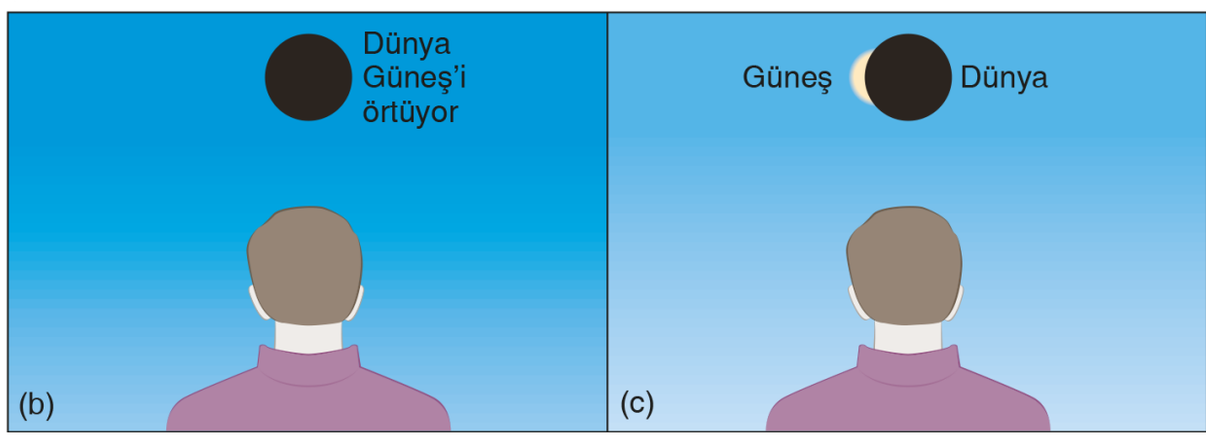


1.5 Ay Tutulması

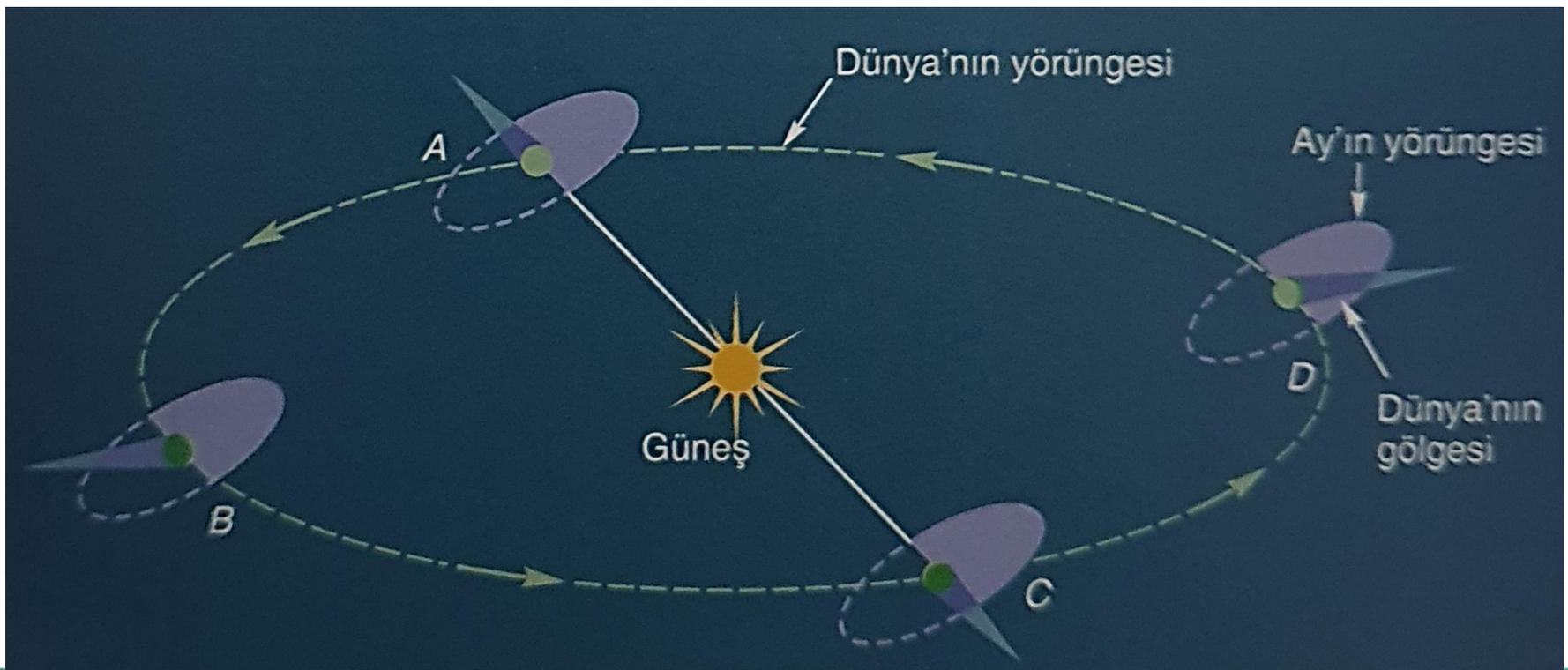
- **Ay tutulması:** Ay Dünya'nın gölgesinden geçtiği sırada gözlenen tutulma türüdür.
- **Umbra:** Işık kaynağından doğrudan ışık almayan gölge parçasıdır.
- **Penumbra:** ışık kaynağının sadece vir parçasından doğrudan ışık alabilen gölge parçasıdır.
- **Tutulma mevsimi:** Yıl içinde bir Güneş ve Ay tutulmasının mümkün olduğu zaman aralığıdır.



(a)



- Her dolunay evresinde ay tutulması olmamasının birkaç sebebi var:
  i. Dünya ve Ay arasındaki mesafeye oranla Ay çok küçüktür. Ay 30 Dünya çapı uzaklıktadır (Bir greyfurt ve ondan 3,66 metre uzakta bir üzüm tanesini hizalamak).
  ii. Dünya'nın umbrası Dünya'dan küçüktür. Ay uzaklığında umbranın genişliği Dünya çapının dörtte üçü kadardır.
  iii. Ay'ın Dünya etrafındaki yörünge düzleminin Dünya'nın Güneş etrafındaki yörünge düzlemine göre eğik olmasıdır.
- A ve C noktalarında Ay tutulması olabilir.
- Yılda iki kere.



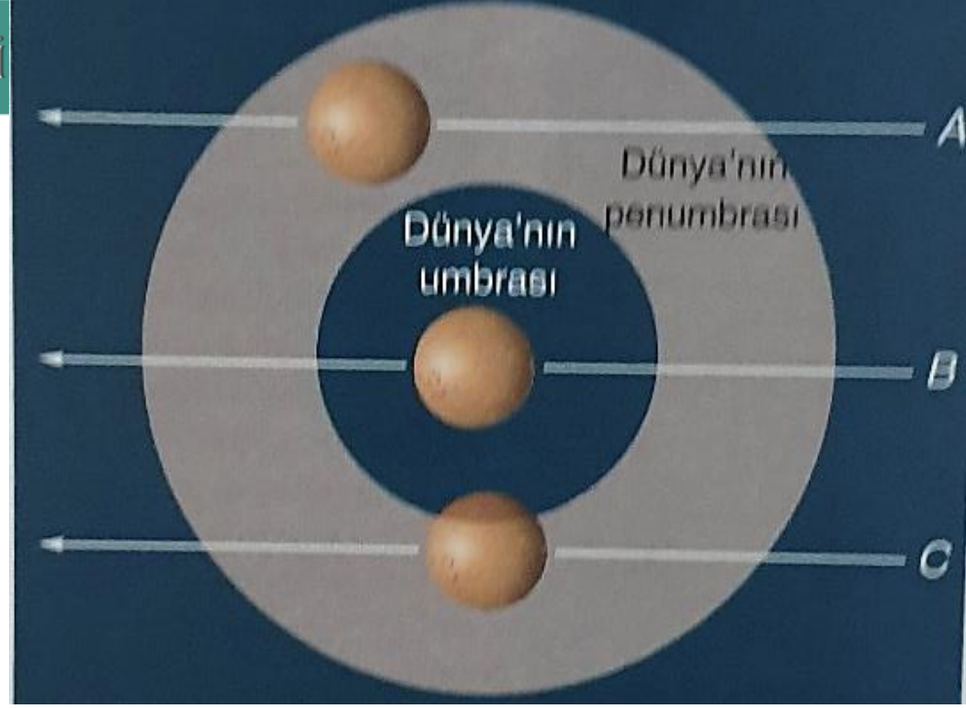
Ay Tutulması Çeşitleri

- Ortalama Ay uzaklığında, umbranın çapı yaklaşık 9200 km'dir.
- Ay'ın çapı 3500 km'den daha küçük olduğu için, Ay umbra içine kolaylıkla girebilir.
- Ancak tam içinden geçmeyebilir.
- Bunun için üç muhtemel yol var:

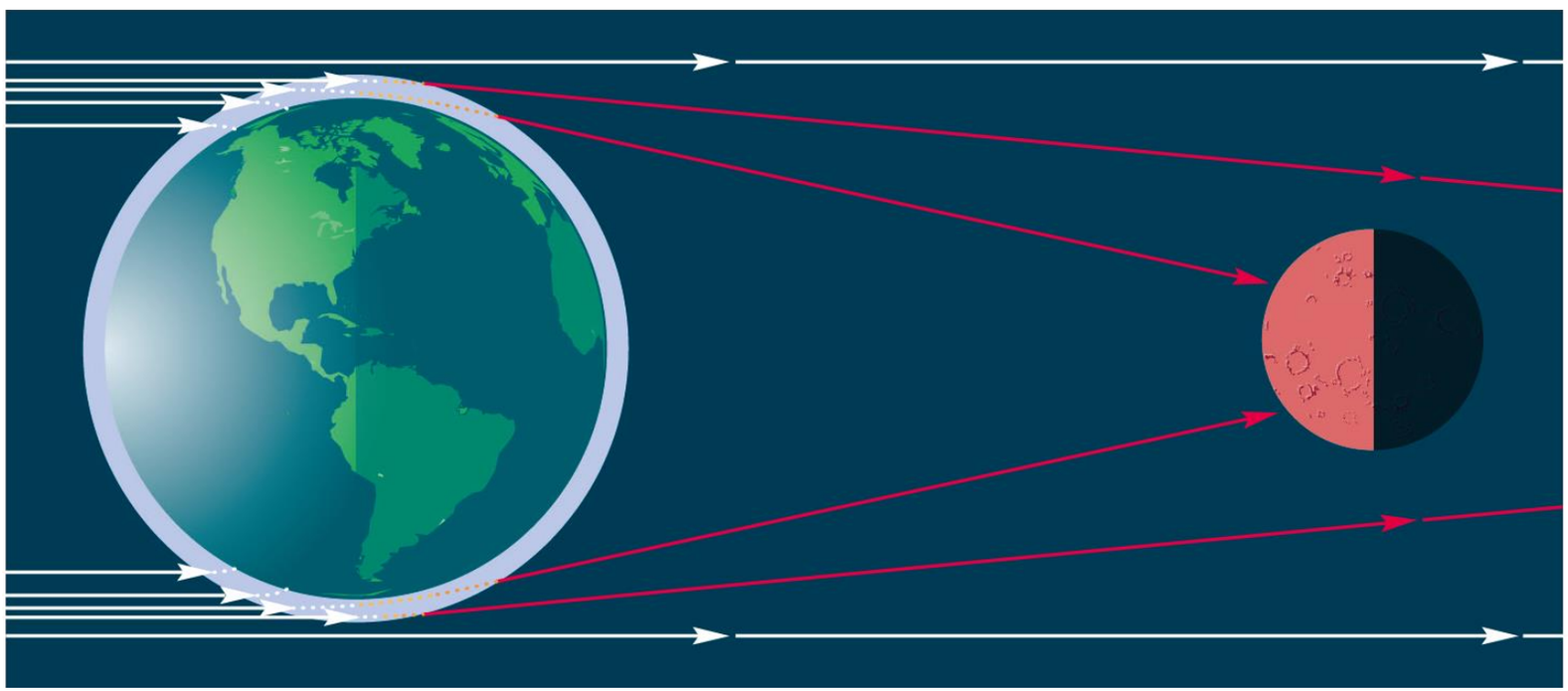
  i. **Penumbralı Ay tutulması (Yarı gölgeli Ay tutulması):** Ay'ın Dünya'nın penumbrası içinden geçmesi sebebiyle meydana gelen Ay tutulmasıdır (A yolu). Ay biraz parlaklığını kaybeder.

  ii. **Tam Ay tutulması**: Ay'ın tam olarak Dünya gölgesinin umbrası içinde olduğu durumda gerçekleşen tutulmadır (B youlu). Ay gölge içinde yaklaşık 1,5 saat kalabilir.

  iii. **Parçalı Ay tutulması:** Ay'ın sadece bir parçasının Dünya gölgesinin umbrası içinden geçmesiyle meydana gellen Ay tutulmasıdır (C yolu).



- Tam tutulmuş Ay tamamen karanlık değildir.
- Dünyanın atmosferinden geçip kırılan ışık Ay'ın koyu kırmızı görünecek şekilde aydınlatır.
- Neden koyu kırmızı?



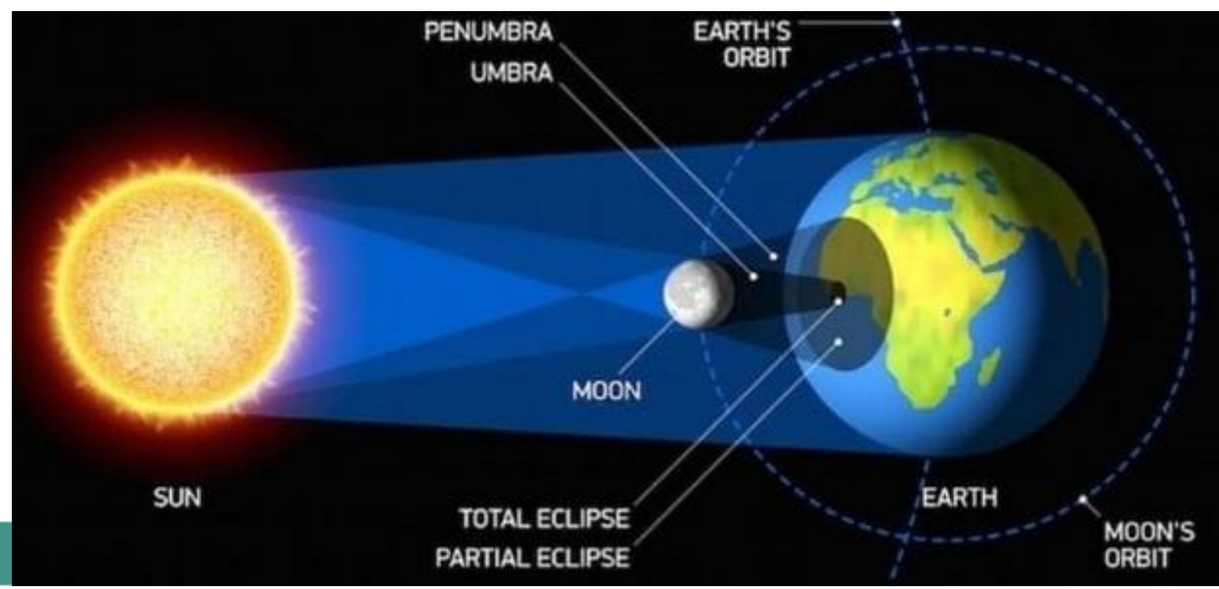
TABLO 1-2

Tam/Parçalı Ay Tutulması Tarihleri (2016-2019)

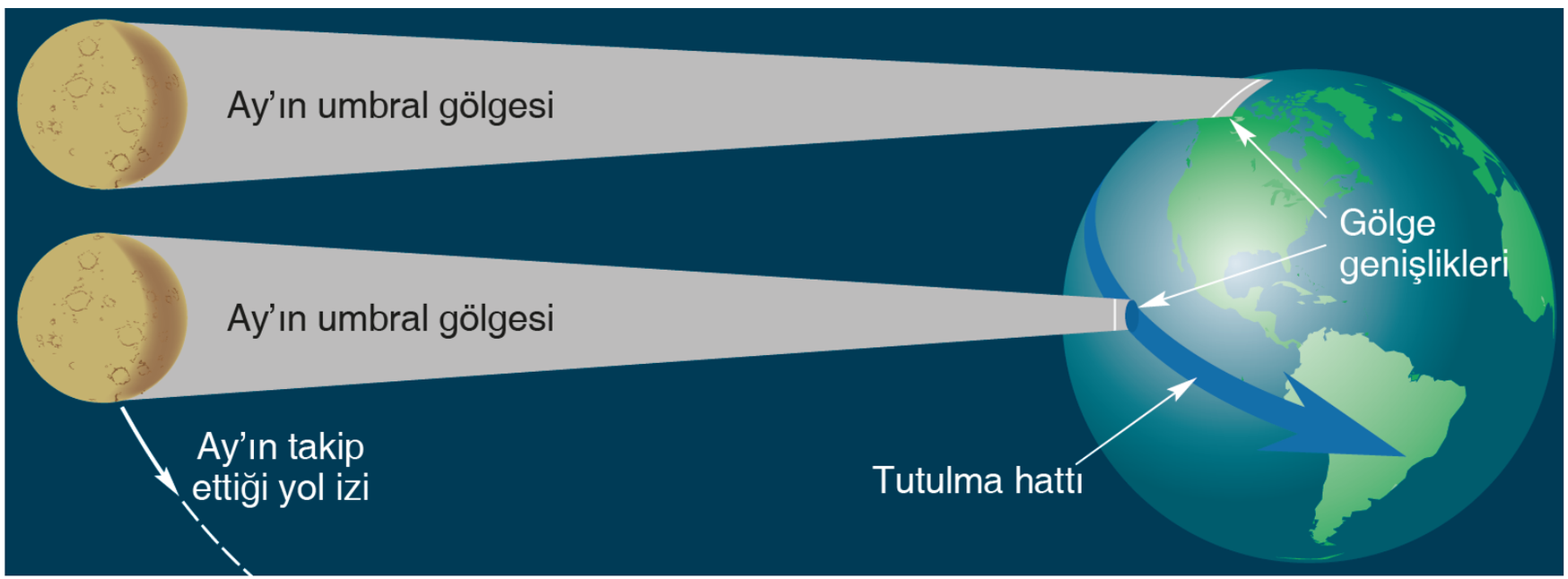
Tarih	Tür	Görülebileceği Yerler
23 Mart 2016	Parçalı	Asya, Avustralya, Amerika
16-17 Eylül 2016	Parçalı	Avrupa, Asya, Avustralya, Afrika, G. Amerika
10-11 Şubat 2017	Parçalı	Avrupa, Asya, Afrika, Amerika
7-8 Ağustos 2017	Parçalı	Avrupa, Asya, Avustralya, Afrika
31 Ocak 2018	Tam	K.D. Avrupa, Asya, K.D. Afrika, D. G. Amerika
27-28 Temmuz 2018	Tam	Avrupa, Asya, Afrika, Avustralya
20-21 Ocak 2019	Tam	Avrupa, Asya, Afrika, Amerika
16-17 Temmuz 2019	Parçalı	Avrupa, Asya, Avustralya, Afrika, G. Amerika

1.6 Güneş Tutulması

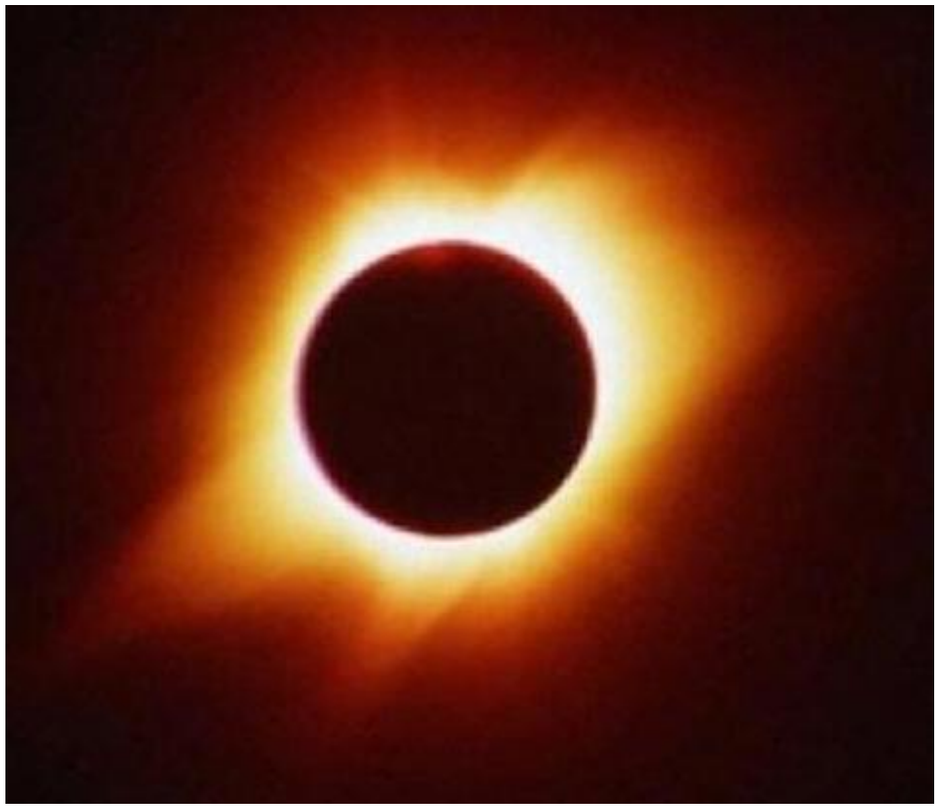
- **Güneş tutulması:** Yeni Ay evresinde Ay, Dünya ile Güneş arasından geçtiği esnada Ay'ın gölgesinin doğrudan Dünya'ya düşmesiyle olur.
- Ay tutulması ile Güneş tutulması arasında önemli bir farklılık vardır.
- Dünya'nın boyutu, umbra gölgesi bir buçuk milyon kilometre uzaklığa erişilebilecek kadar büyüktür ve Ay uzaklığında bu gölge rahatlıkla Ay'ı içine alabilecek kadar geniştir.
- Ay'ın umbra gölgesi ise sadece 377.000 km'ye kadar uzanabilir. Bunu 384.000 km olan ortalama Dünya-Ay uzaklığı ile karşılaştırın.
- Tutulma sırasında Ay bu ortalama uzaklıkta kalırsa, koyu gölgesi (umbra) asla Dünya'nın yüzeyine ulaşamaz.
- Ay Dünya'ya 363.000 km yaklaşabilen eliptik bir yörüngede dolanmaktadır.



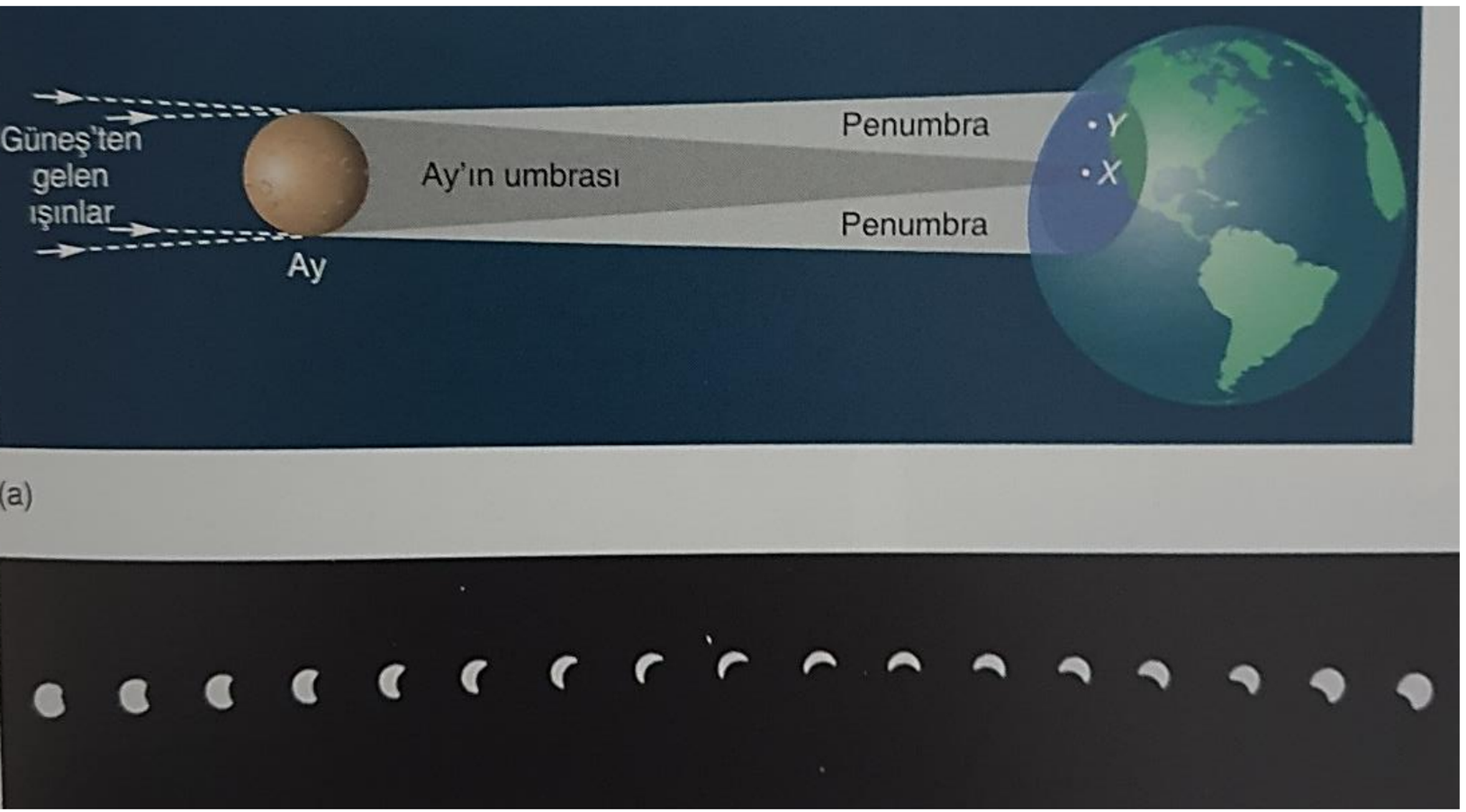
- **Tam Güneş tutulması:** Güneşin normalde görünen yüzünün (fotosfer) Ay tarafından bütünüyle örtülmesi sonucu ortaya çıkan Güneş tutulmasıdır.
- Görme imkanı düşüktür.



- **Korona:** Ay'ın Güneş'i bloke ettiği karanlık diskin etrafında gördüğümüz yapıya denir.
- Bu, normal olarak Güneş yüzeyinin milyonlarca dışına yayılmış bir gaz tabakasıdır.
- Gaz sıcak olmasından dolayı parlar.
- Bu parlama güneş'in normal parlaklığı yanında çok sönüktür.
- Bugün Güneş'in dış katmanlarını gözlemlemek için Güneş'i yapay olarak bloke edebiliyorlar.
- Ancak koronayı yerde doğrudan gözlemleyebilme imkanı tutulma ile oluşur.



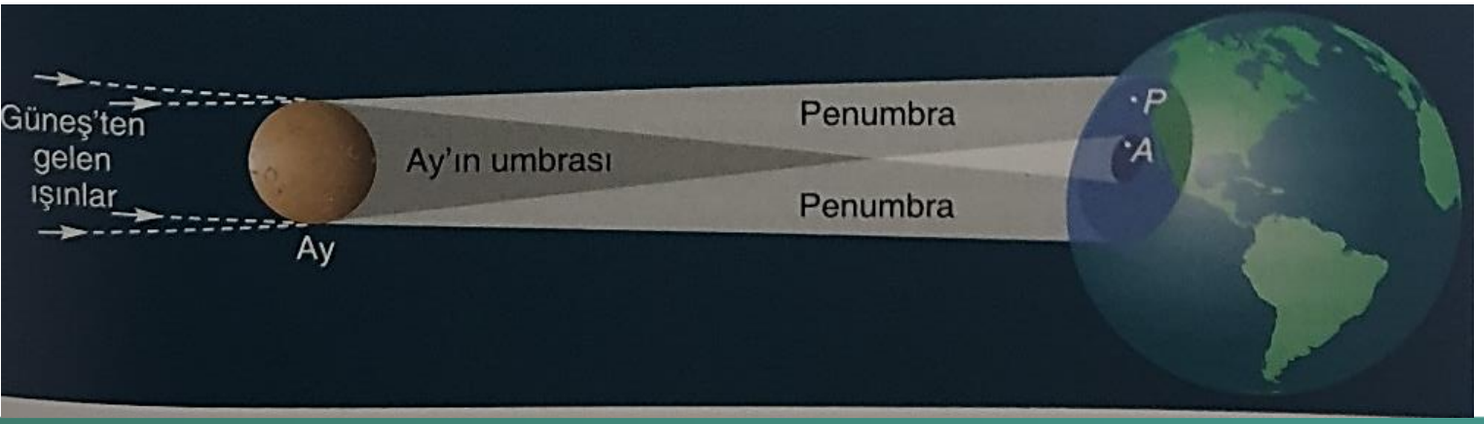
- **Parçalı Güneş tutulması:** Güneşin yüzünün sadece bir parçasını Ay'ın örtmesi ile oluşur (Y noktası).
- Hepimizin hayatında birkaç sefer parçalı güneş tutulması görme imkanı vardır.

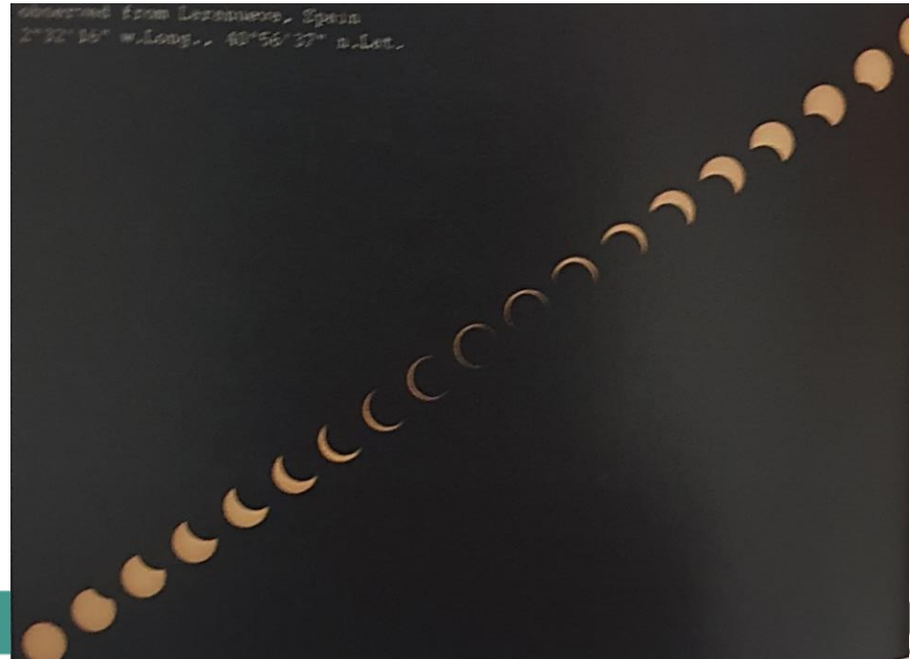






- Halkalı Güneş tutulması: Ay Dünya'dan yeterince uzak olursa Güneş'in yüzünü tam olarak örtemez ve güneş bir halka gibi görünür.
- A noktasındaki kişi halkalı Güneş tutulması P noktasındaki kişi parçalı Güneş tutulması görür.
- Güneş tutulmalarının yarıdan biraz daha azı tam tutulma, yarıdan biraz fazlası halkalı tutulmadır.





- Tam ve halkalı güeş tutulmalarını sayısı tam Ay tutumalarının sayısından yaklaşık iki misli kadar fazladır.
- Ama yeryüzündeki gölge izinin dar olması nedeniyle Güneş tutulması görme ihtimalimiz çok daha azdır.

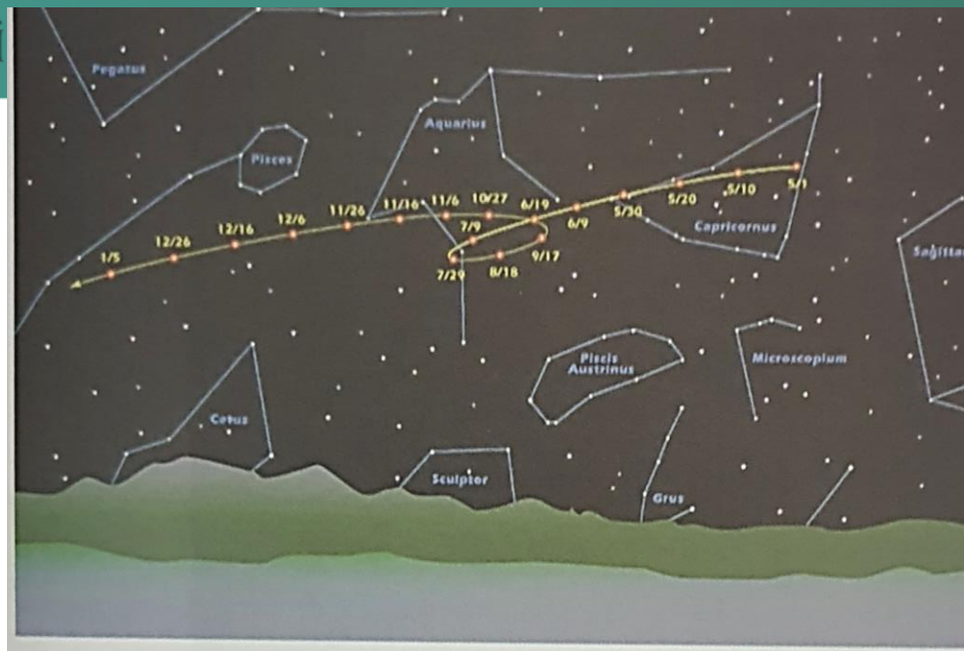
TABLO 1-3

Tam/parçalı Güneş Tutulması Tarihleri (2016-2019)

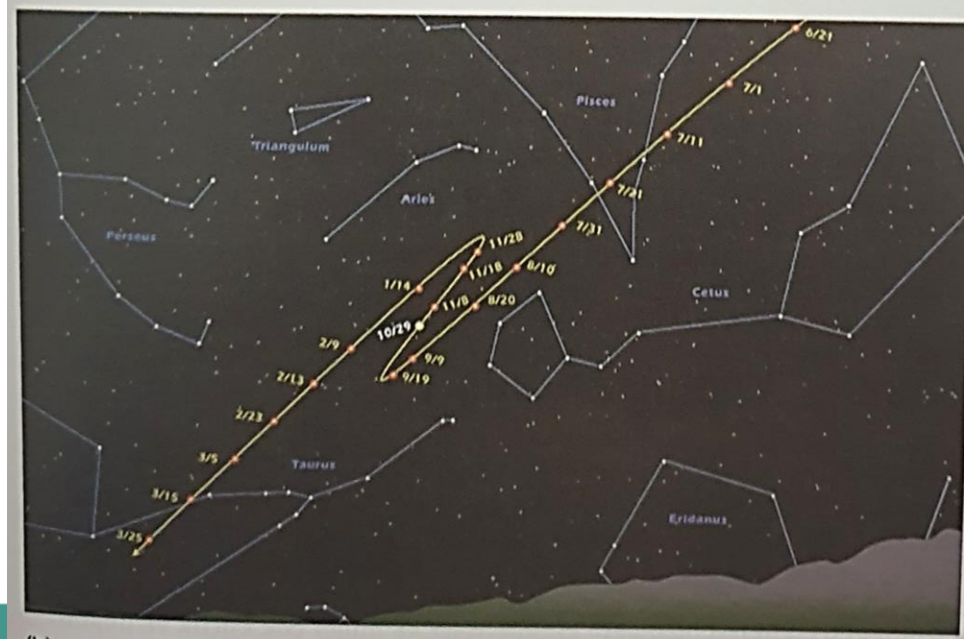
Tarih	Tür	Görülebileceği Yerler
1 Eylül 2016	Halkalı	G. Asya, B. Avustralya
26 Şubat 2017	Halkalı	G. B. Afrika, G. Amerika
21 Ağustos 2017	Tam	B. Avrupa, K.D. Asya, K.B. Afrika, K. Amerika
15 Şubat 2018	Parçalı	G. Amerika
13 Temmuz 2018	Parçalı	G. Avustralya
11 Ağustos 2018	Parçalı	K.D. Avrupa, K.B. Asya
5-6 Ocak 2019	Parçalı	D. Asya
2 Temmuz 2019	Tam	G. Amerika
26 Aralık 2019	Halkalı	D. Avrupa, Asya, K.B. Avustralya D. Afrika

1.7 Gezegen Hareketlerinin Gözlemleri

- Planet (Yunanca'da Gezgin) – Gezegen
- Yıldızların arasında gezerler.
- Teleskopsuz çıplak gözle beş gezegen görebiliriz: Merür, Venüs, Mars, Satürn ve Jüpiter.
- Güneş ve Ay her zaman doğuya doğru kayar.
- Fakat gezegenler bazen doğuya doğru hareketlerini durdururlar ve bir müddet batıya doğru hareket ederler.
- Şekil a Mars'ın 2003 Mayıs-Kasım arası takip ettiği yol.
- Şekil b Mars'ın 2005 takip ettiği yol.
- Bu ter yönde gerçekleşen harekete **Tersinir Hareket** denir.
- Gezegenlerin hareketi ekliptikten birkaç derece uzaklaşabilir.
- Merkür ve Venüs, Güneş hemen battıktan sonra batı ufkunda veya Güneş henüz doğmadan önce doğu ufku üzerinde görülür.



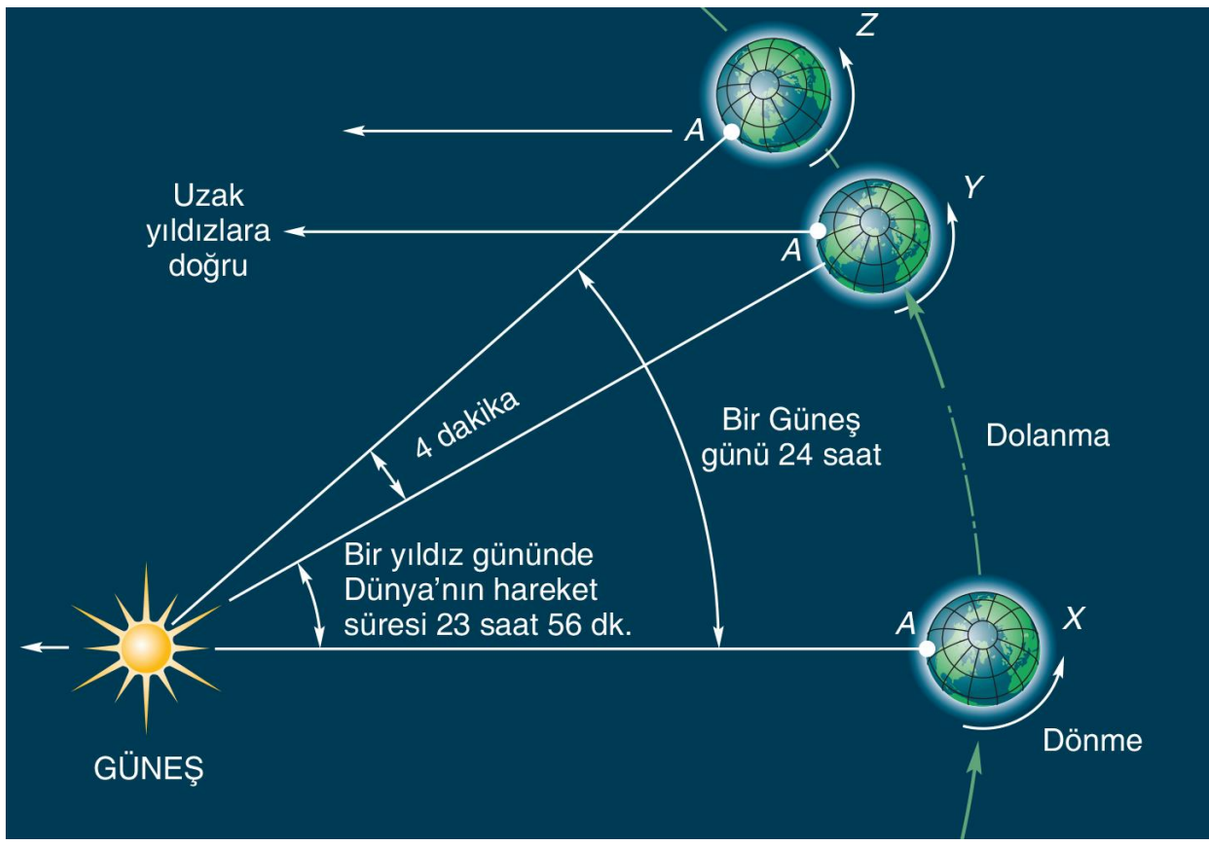
(a)



(b)

1.8 Dönme

- Bir gezegen Güneş'in etrafında dolanırken, aynı zamanda kendi ekseni etrafında da döner.
- Gezegenlerin dönme dönemlerini tartışırken, bir Güneş günü ile bir yıldız gününü birbirinden ayırt etmeliyiz.
- **Güneş günü:** Güneş'in bir gözlemcinin meridyeninden arka arkaya iki kere geçmesi arasındaki zaman olarak tarif edilir. Dünya'da bir **Güneş gününün uzunluğu 24 saattir**; Ancak, bu süre Dünya'nın bir tam tur dönme zamanı değildir.
- Yıldızlar referans alındığında Dünya bir tam turunu **23 saat 56 dakikada** tamamlar.
- **Yıldız günü:** herhangi bir yıldızın, gözlemcinin meridyeninden arka arkaya iki sefer geçmesi için gerekli süredir.
- **Meridyen:** Kuzeyden güneye uzanan ve gözlemcinin zenitinden geçen hayali bir çizgidir.
- Bu nedenle bir yıldız önceki geceye göre 4 dakika önce doğar.



1.9 Astronomide Uzaklık Birimleri

- **Astronomik birim (AB):** ortalama Dünya-Güneş uzaklığına eşit bir uzunluktur. Yaklaşık 150 milyon km.
- Mars Güneş'ten 1,5 AB uzaktadır.
- Yıldızlararası uzaklık için ışık yılı kullanılır.
- Işık yılı: ışığın bir yılda aldığı mesafedir.
- Işık hızı – 300.000 kilometre/saniye
- 365 gün*24 saat/gün*60 dakika/saat*60 saniye/dakika = $3{,}2\times10^{7}$ saniye
- 300.000 km/s * $3{,}2\times10^{7}$ s = $9{,}6\times10^{12}$ km – 9,6 trilyon km – 63.000 AB

On'un Kuvvetleri

Bilimde kullanılan sayılar – ve özellikle astronomide – bazen aşırı derecede küçük veya büyüktür. Örneğin, bir atomun çapı yaklaşık 0,0000000002 metredir ve Gökada'nın çapı yaklaşık 1.000.000.000.000.000.000.000 metredir. Her iki rakam da hantal ve kullanışsızdır. Güneş Sistemi'nde astronomik birim, yıldızlar arasında ışık yılı gibi çeşitli birimler kullanarak bu yakışıksız sayılardan kurtulabiliriz. Fakat bazen, bu da küçük bir birimden büyük birime geçerken yetersiz ve hantal kalır. Bunun yerine bilim insanları *on'un katları* notasyonunu kullanırlar. Bu *bilimsel* notasyon veya *üstel notasyon* olarak da bilinir (üst yükseltilmek istenen sayının katıdır).

Bilimsel notasyon basittir çünkü 10 sayısı pozitif kat olarak çoğaltılmak istendiğinde, üst kaç tane sıfır olacağını gösterir. Örneğin:

$$10^1 = 10,$$

$$10^2 = 100,$$

$$10^3 = 1000.$$

Metre biriminde yazılırsa, Gökada'nın çapında 21 tane sıfır vardır, bu yüzden 10^{21} olarak yazılır.

Eğer bir sayı sadece 10'un katı değilse, şöyle yazılır:

$$2100 = 2{,}1 \times 1000 = 2{,}1 \times 10^3,$$

$$305.000 = 3{,}05 \times 100.000 = 3{,}05 \times 10^5.$$

Bir sayıyı bilimsel notasyondan normal notasyona çevirmek için yapmanız gereken, virgülü (ondalık noktasını) üst olarak ifade edilen sayı kadar sağ tarafa ötelemektir. Öteleme mümkün değilse sıfır eklenir.

Negatif üstü açıklamaktan çok, bazı örnekler vereceğiz ve anlamayı size bırakacağız.

$$10^0 = 1$$

$$10^{-1} = 1/10^1 = 0{,}1$$

$$10^{-2} = 1/10^2 = 0{,}01$$

$$10^{-3} = 1/10^3 = 0{,}001$$

$$2 \times 10^{-8} = 2/10^8 = 0{,}00000002$$

$$4{,}67 \times 10^{-5} = 4{,}67/10^5 = 0{,}0000467$$

Bu durumda da aynı kural geçerlidir. Virgül, üst negatif ise üstün belirttiği sayı kadar kaydırılır ama bu sefer sağa değil sol tarafa. Gerektiğinde sıfırlar eklenir.

Bilimsel notasyonla yazılmış iki sayı çarpıldığında, sonucu bulmak için öndeki katsayılar çarpılır, üstler toplanır. Örneğin;

$$(3{,}2 \times 10^5) \times (2 \times 10^2) = (3{,}2 \times 2) \times 10^{(5+2)} = 6{,}4 \times 10^7$$

ve

$$(4{,}2 \times 10^5) \times (3 \times 10^{-2}) = (4{,}2 \times 3) \times 10^{[5+(-2)]}$$

$$= 12{,}6 \times 10^3 = 1{,}26 \times 10^4.$$

Bölme işlemi yapılırken, on'un önündeki katsayıları böler ve üstleri çıkarırsınız. Örneğin:

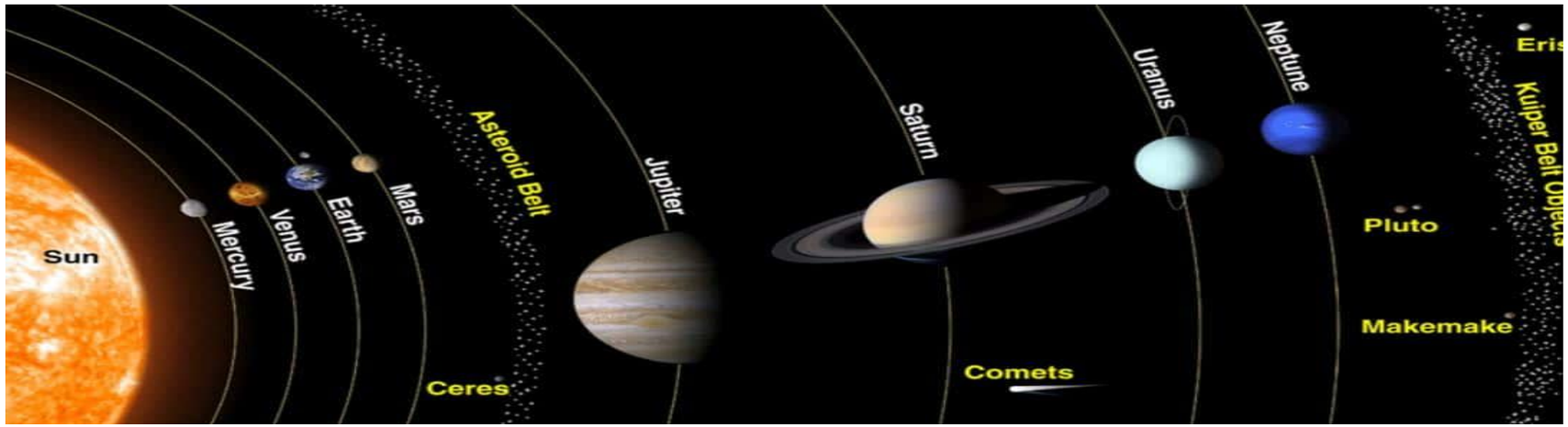
$$\frac{3{,}2 \times 10^5}{2 \times 10^2} = \frac{3{,}2}{2} \times 10^{5-2} = 1{,}6 \times 10^3$$

ve

$$\frac{4{,}2 \times 10^5}{3 \times 10^{-2}} = \frac{4{,}2}{3} \times 10^{[5-(-2)]} = 1{,}4 \times 10^7.$$

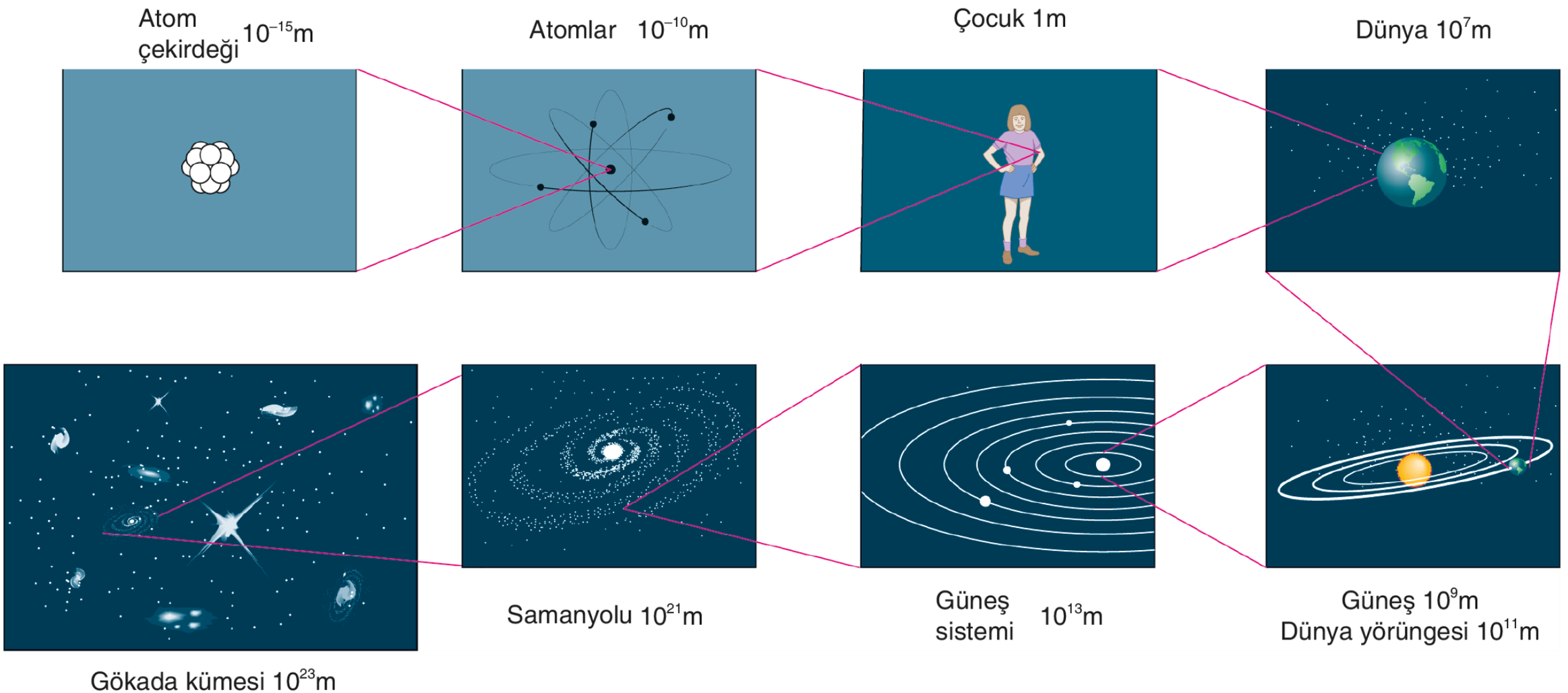
1.10 Evrenin Ölçeği

- Evrendeki cisimlerin büyüklüğünü ve aralarındaki uzaklığı kavramak zordur.
- **Hayali bir model:** Güneş basketbol topu kadar olsun – yaklaşık 24 cm,
- Bu durumda Dünya 25,6 m ötede bir toplu iğne başı kadardır.
- Ay nokta kadardır ve Dünya'dan 6,6 cm uzaktadır.
- Jüpiter 133,5 m uzakta (yaklaşık 1,5 futbol sahası) bir üzüm tanesi kadardır.
- Plüton 965 m uzakta bir kum tanesi kadardır.
- Güneş sistemi yarıçapı 1,93 km olan bir alan kaplar.
- En yakın yıldız 7177 km uzaktadır.
- Gökadanın çapı 263.932.416 km kadardır.





- **Astrofizik:** Dünya dışı cisimlere uygulanan fiziktir.
- Fiziğin astronomideki uygulaması o kadar fazladır ki astrofizik genellikle astronomi anlamında kullanılmaktadır.



Doğanın Basitliği ve Birliği

- Gökyüzünde korkunç çeşitlilikte olaylar ve cisimler görürüz.
- Astronomi bu karmaşa içinde düzeni görme yöntemi sağlar.
- Doğa bilimlerinin her biri evrenin farklı yanlarını araştırır.
- Astronomide zaman zaman alanlar ayırt edilemeyecek kadar fiziğe yakındır.



1.11 Günümüzde Astronomi

- 1969 – 1972 : Altı apollo uzay uçuşu, A üstünde yürüdü ve araç sürüldü.
- 1997: robot araç Mars yüzeyinden resim gönderdi.
- 2004: Mars'ın iki farklı yerinde iki araç araştırma yapmaya başladı.
- 2008: Mars'a başka bir araç daha gönderildi.
- 2012: Mars'a nükleer güçle çalışan gezici laboratuvar gönderildi.
- Jüpiter'e 2016 da varması planlanlanan araç gönderildi.
- 2004: Satürn'e araç ulaştı.
- 2015: plütona araç ulaştı.
- Hubble uzay teleskobu ……..



- **Sonuç:** Dünyamız sıradan bir yıldızın etrafında dolanan küçücük ve önemsiz bir kaya olmasına rağmen, biz insanlar evrende önemliyiz.
- Önem boyutlarımızda değil küçücük beyinlerimizin bu koca evreni anlayabilme kabiliyetindedir.

Kaynak:

Evreni Anlama Serüveni, Çeviri editörü: Doç. Dr. Tolga Güver, Nobel Akademik Yayıncılık, 2017,

RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ

ASTRONOMİ

Prof. Dr. Murat Tomakin

2.Bölüm: Yer Merkezli Sistemden Güneş Merkezli Sisteme

2.1 Bilim ve Onun Bilme Yöntemleri

2.2 Yer Merkezli Sistemden Güneş Merkezli Sisteme

2.3 Antik Yunan Yer Merkezli Sistemi

2.4 Aristarkus'un Güneş Merkezli Modeli

2.5 Hristiyanlık ile Aristo'nun Evliliği

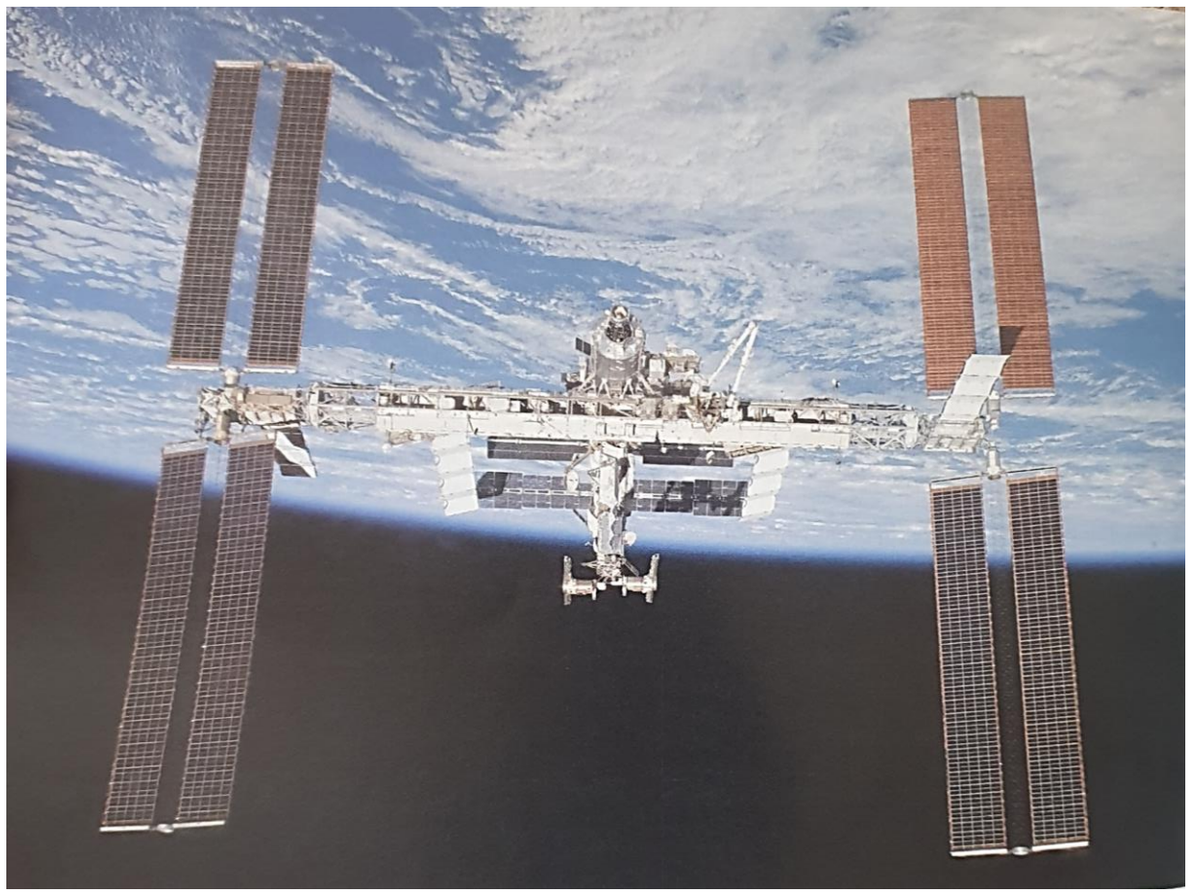
2.6 Nikolas Kopernik ve Güneş Merkezli Model

2.7 Modellerin Karşılaştırılması

2.8 Tycho Brahe: Duyarlı Gözlemlerin Önemi

2.9 Johannes Kepler ve Gezegenlerin Hareket Yasaları

2.10 Kepler'in Katkısı



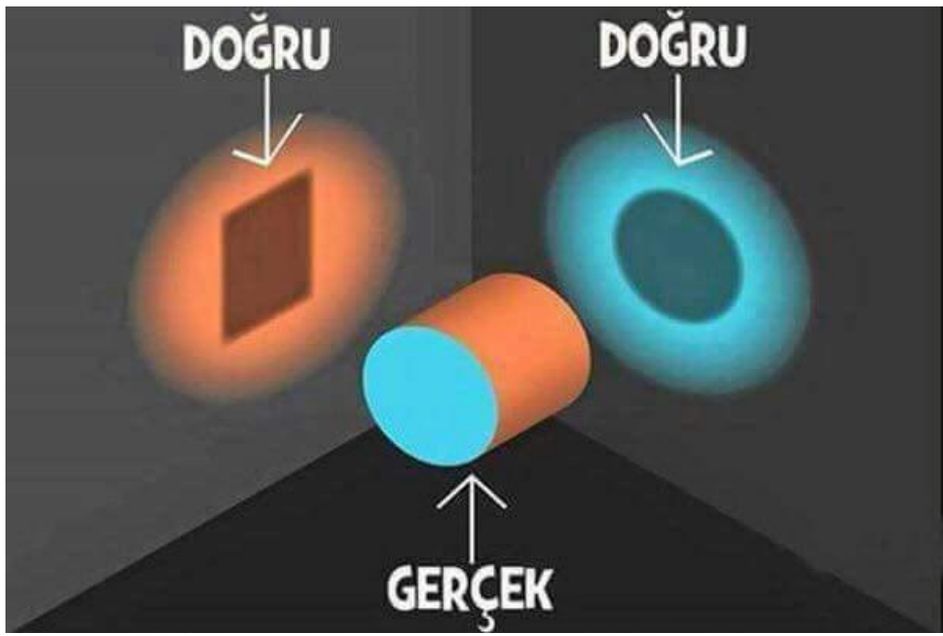
2.1 Bilim ve Onun Bilme Yöntemleri

- Bilim doğadaki düzenin ve bu düzenle ilgili kuralların keşfedilmesi hakkında bir faaliyettir.
- Bilim, gözlem ve deneyin teoriyle etkileşimi sayesinde gelişir.
- **Bilimsel Yöntem:** Hipotez, öngörü, veri toplama ve doğrulamadan oluşan sonu olmayan bir döngüdür.
- Bilimsel yöntem adımları hayatta her zaman kullanılmaz.
- Bilimdeki bazı önemli buluşlar tesadüfen olmuştur.
- **Hipotez:** Bir deneyi veya gözlem sonuçlarını açıklamak için yapılan bir akıllı tahmindir.
- Bir hipotez çok spekkülatif olabilir ancak en azından test edilebilir olmalıdır.

Bilimsel yöntem adımları:

1. Problemi tanımlamak
2. Bilgiye dayalı tahmin yapmak (**hipotez**)
3. Hipotez ile ilgili sonuçlar öngörmek
4. Öngörüleri test edecek deneyler yapak
5. Hipotezi, öngörüyü ve deneysel sonucu orgnize eden en basit bir genelleme bulup, bir **teori** üretmek.

- Hipotez deneyler ile doğrulandığında bir **gerçek** olarak kabul edilebilir.
- Ancak geçmişte gerçek olarak tanımlanan bir şey, bugün yanlış olabilir.
- Örneğin, geçmişte durağan kabul edilen evrenin bugün genişlediği kabul edilmektedir.
- Bir hipotez tekrar tekrar test edildiğinde yanlışlanamıyorsa **yasa** veya **prensip** haline gelir.
- **Bilimsel model:** Doğanın bir parçası ile ilgili bir gözlem setini veya açıklama üretmemize yardım eden bir fikir çerçevesidir.



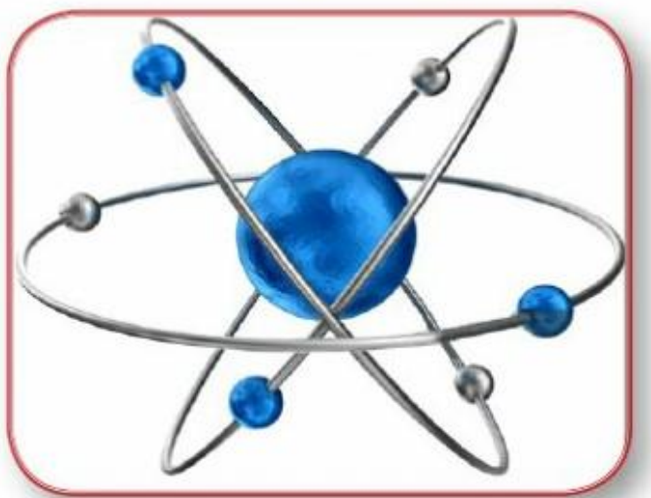
Bilimsel Modeller İçin Ölçütler

Günümüzde bilimsel modele uygulanan üç ölçüt vardır:

i. Model veriler ve gözlemler ile uyumlu olmalı.

ii. Model test edilebilir olmalı. Bir modeli çürütebiliriz ancak mutlak anlamda ıspat edemeyiz.

iii. Model estetik ve hoş olmalı. Yarışan iki veya daha çok teori arasınd en iyi teori en az sayıda varsayım içeren teoridir.



Atom modeli



Güneş sistemi modeli

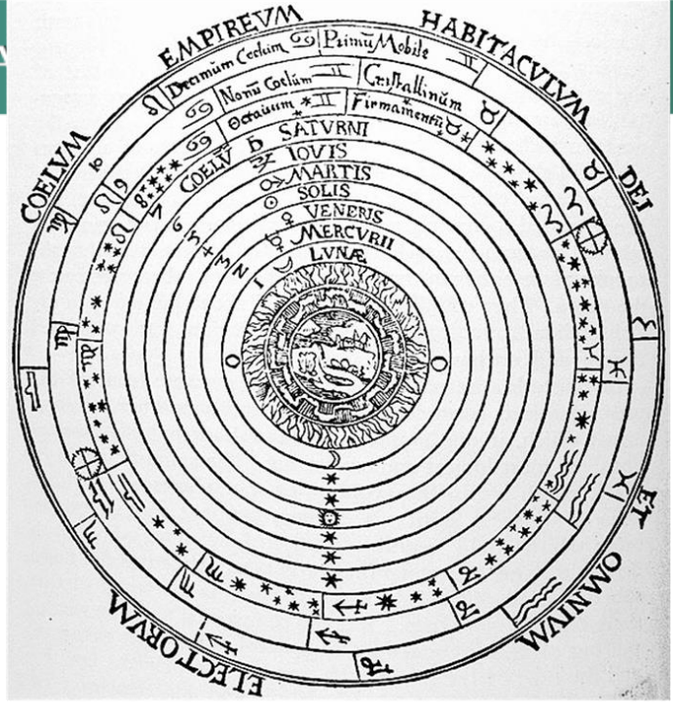
https://www.eokultv.com/fizikte-modelleme-nedir/5688

2.2 Yer Merkezli Sistemden Güneş Merkezli Sisteme

- Yıldızlar ve gezegenlerin görünen hareketlerinin anlaşılmasında çok sayıda medeniyetin katkısı olmuştur.
- İki ana teori vardır:

i) Yer merkezli sistem: 2000 yıl kadar eskidir.

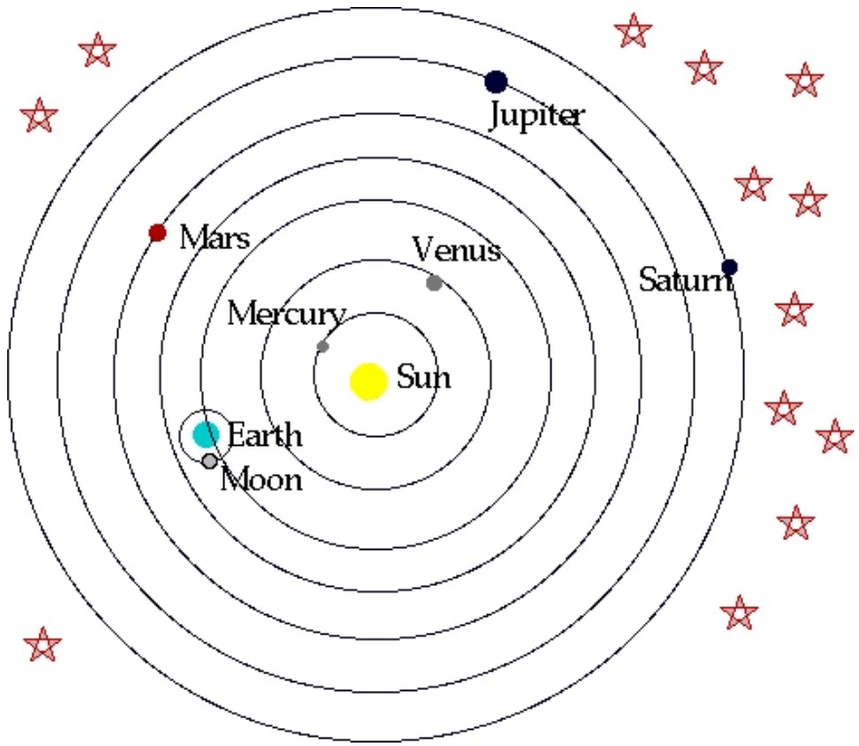
- Eudoksos (MÖ 408-355), Dünya merkezli sistemin ilk geometrik modellemesini yapmıştır.
- Aristoteles (MÖ 384-322), Evrenin merkezi dünyadır ve evren sonludur.
- Batlamyus (Ptolemaios) (MS 85-165), Aristoteles fiziğini temel almıştır. Evren küreseldir. Yer bu evrenin merkezinde hareketsizdir.
- Ortaçağ Avrupası, Aristoteles'in ve Batlamyus'un Evren anlayışı benimsenmiş, Aristoteles ve Batlamyus'a yönelik en küçük eleştiri bile hoş görülmemiştir.



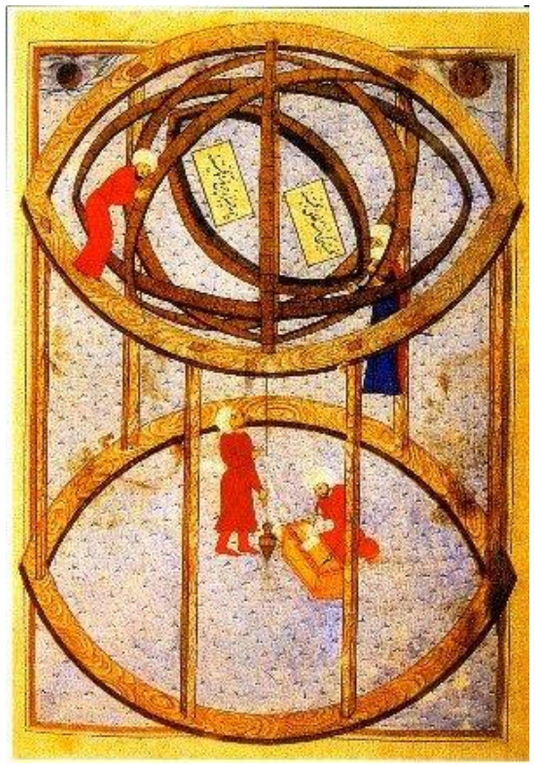
Yermerkezli Evren

ii) Güneş merkezli sistem:

- Herakleides (388-310), Yer kendi ekseni etrafında ve güneş etrafında döner (ilk defa).
- Aristarkhos (MÖ 310-230), Güneş evrenin merkezindedir. Yer ve diğer gezegenler güneşin etrafında dairesel yörüngelerde dolanmaktadır.

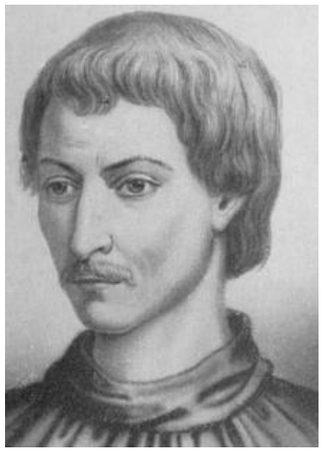


- İlk gözlemevleri Orta Çağ İslam Dünyası'nda ortaya çıkmıştır.
- Abbasi halifesi el-Memûn (813-833) Bağdad'da ilk gözlemevini kurdu (828, Şemmâsiye).
- Mevlâna Celâleddin Rûmî (1207-1273); bir atomu kesersen içinde bir güneş ve güneş çevresinde dönen gezegenler bulursun.
- Ali Kuşçu (1403-1474); İstanbul'un enlem ve boylamını ölçmüştür. Çeşitli güneş saatleri yapmıştır.
- Takiyuddin (1521-1585); III. Murat İstanbul'da 1575 yılında bir gözlemevi kurdurmuştur. Döneminin en mükemmel gözlem araçları ile donatılmıştır.
- El-Fezari (ö. 190/806); İslam dünyasında kullanılan ilk usturlabı yapmıştır.
- Harezmi (780-850); Ay, Güneş ve gezegenlerin konumlarını hesaplamak üzerine çalışmalar yapmıştır.
- Ömer Hayyam (1048-1131); ise bir yıldaki gün sayısını hesaplamış ve Sultan Melikşah için bir takvim hazırlamıştı.



Nicolas Copernicus (1473- 1543),

- Güneş merkezli gök sisteminin kurucusudur.

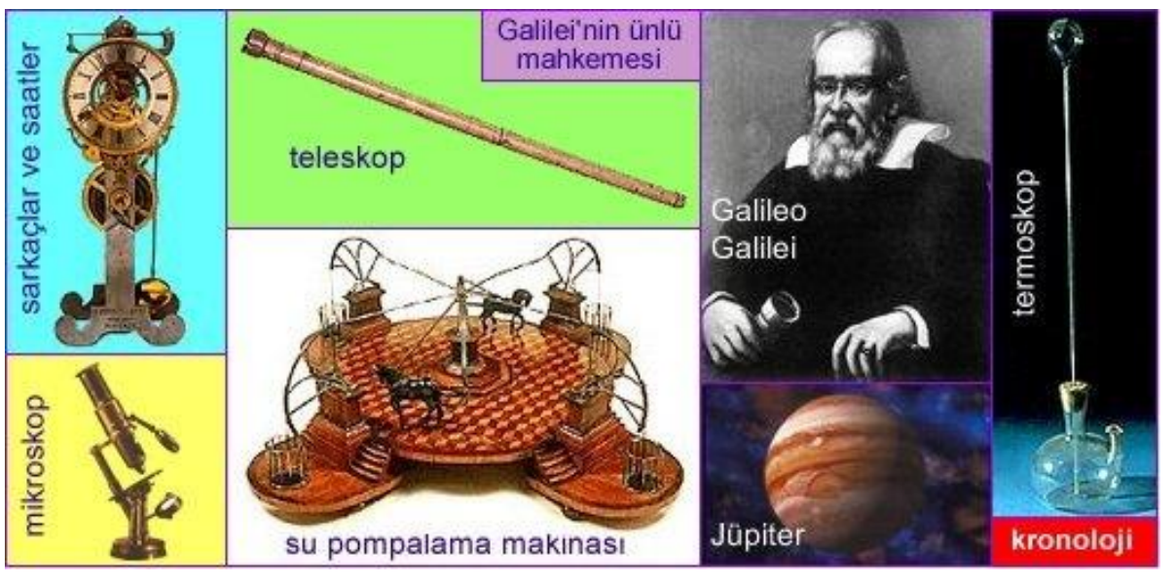


Giordano Bruno (1548-1600)

- Güneş'in rotasyon hareketi yaptığını
- Kutuplarda basık olduğunu
- Sabit yıldızların birer Güneş olabileceğini
- Evren'in sonsuz olduğunu ileri sürmüştür.
- Görüşlerinden dolayı yakılarak öldürüldü.

Galileo Galilei (1564-1642)

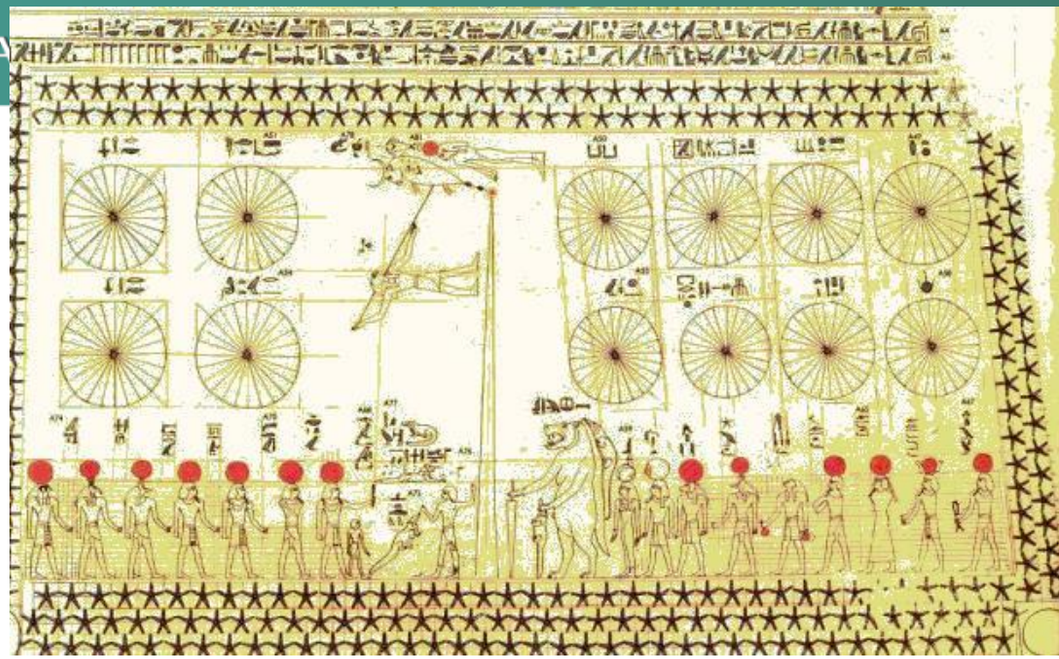
- Güneş merkezli gök sisteminin fiziğini geliştirmiştir.
- Teleskobu astronomik amaçla kullanan ilk bilim adamıdır.
- Ay'da kraterleri, dağları, vadileri gözlemlemiştir.
- Güneşte bulunan gölgelerin Güneş lekeleri olduğunu kanıtlamıştır.
- Görüşleri nedeniyle Kilise tarafından yargılandı. Görüşlerinin yanlış olduğunu açıklayarak canını zor kurtardı.



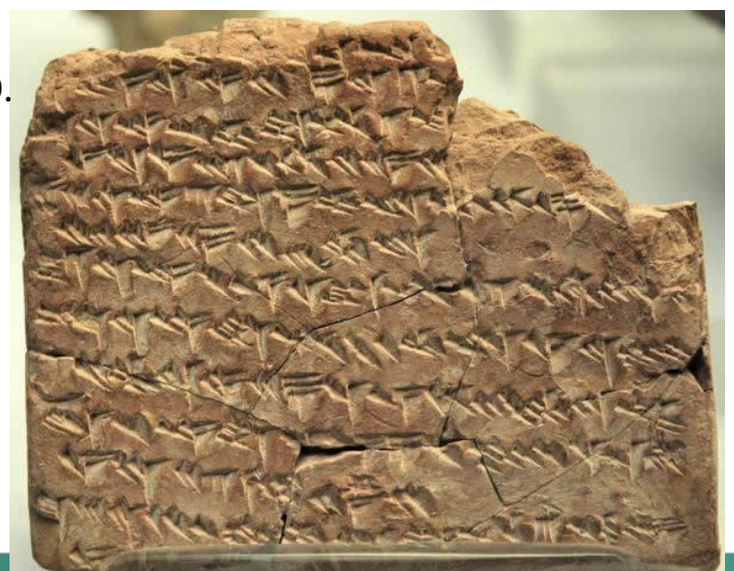
2.3 Antik Yunan Yer Merkezli Sistemi

- Babilliler; günlük gök olaylarını açıklamak için
- Antik Mısırlılar; tarım amaçlı öngörüde bulunmak için.
- Antik Çinliler; gök olaylarının yerdeki olayları etkilediğine dair bir çeşit astrolojiye inandıkları için
- Antik Yunanlılar; felsefi düşünceye dayalı olarak evrenin işleyişini anlamak amacıyla

Astronomi ile ilgilenmişlerdir.



Bilinen ilk kayıtlı gözlemler M.Ö. 2000 yıllarında çok sayıda yıldızın konum bilgilerini kaydeden Babiller tarafından yapılmıştır.

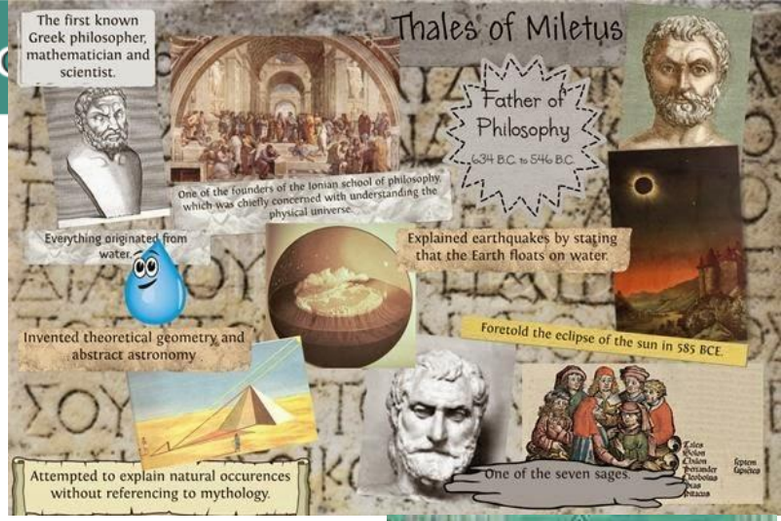




- **MÖ 600 – MS 200 ileri antik Yunan kültürü.**

Miletli Thales (MÖ 624-548):

- Rasyonel düşünce evreni anlamaya yol açar.
- O zamanlar düşünülenin aksine Güneş ve yıldızların tanrılar olmadığı, ateş topu oldukları



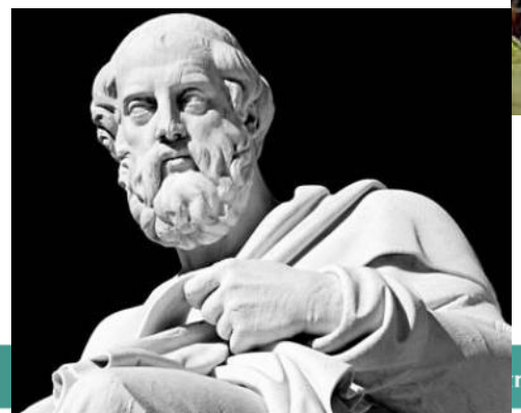
Pythagoras: (MÖ 580-500):

- Doğa sayılarla ifade edilebilir.
- Dünyanın yuvarlak olduğunu söyleyen ilk kişi.
- Evren küreseldir.
- Dünya, Ay, Güneş, beş gezegen ve yıldızlar bir ateş etrafında döner.

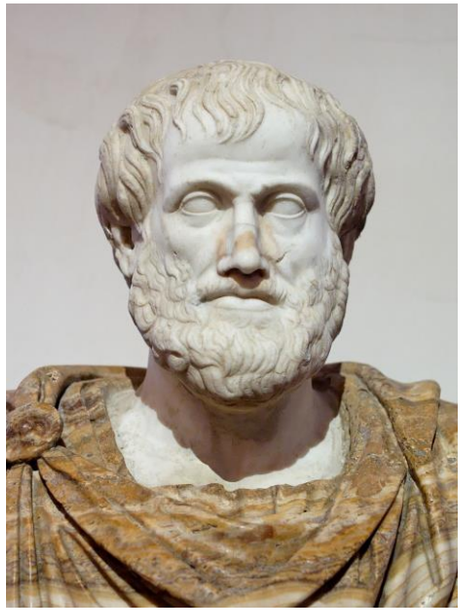


Platon (MÖ 428-347):

- Yer küreseldir ve hareketsizidir.
- Gezegenler dairesel yörüngelerde dolanan kürelerdir.
- Gezegenlerin düzgün dolanımları bir Tanrı'nın var olduğunu ilham eder.

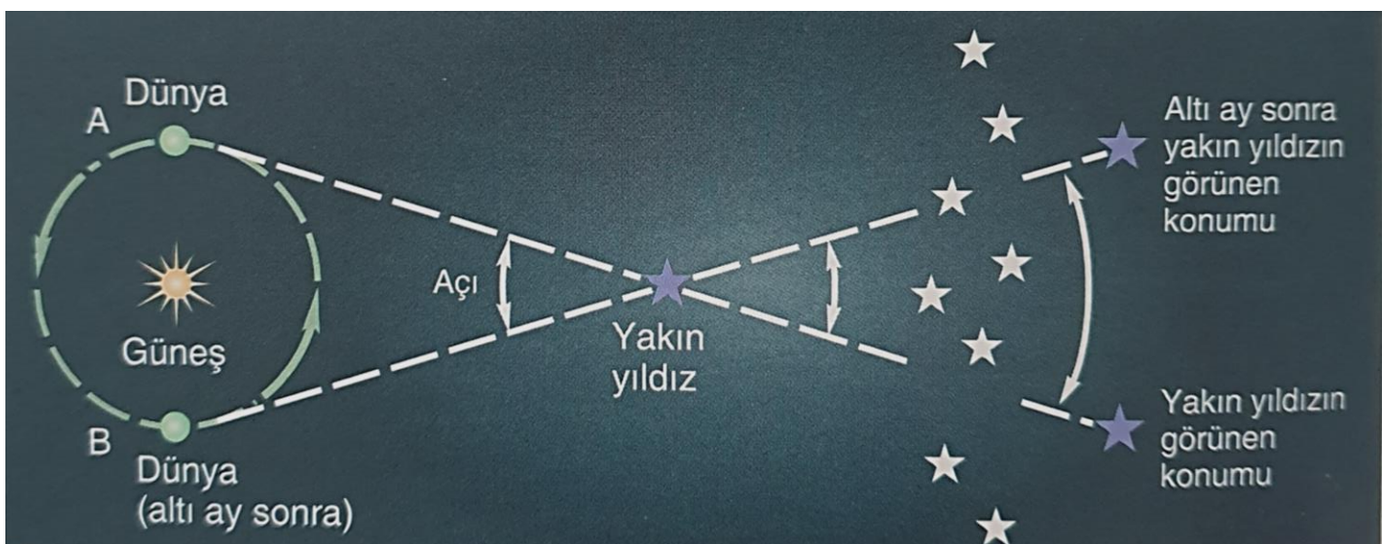


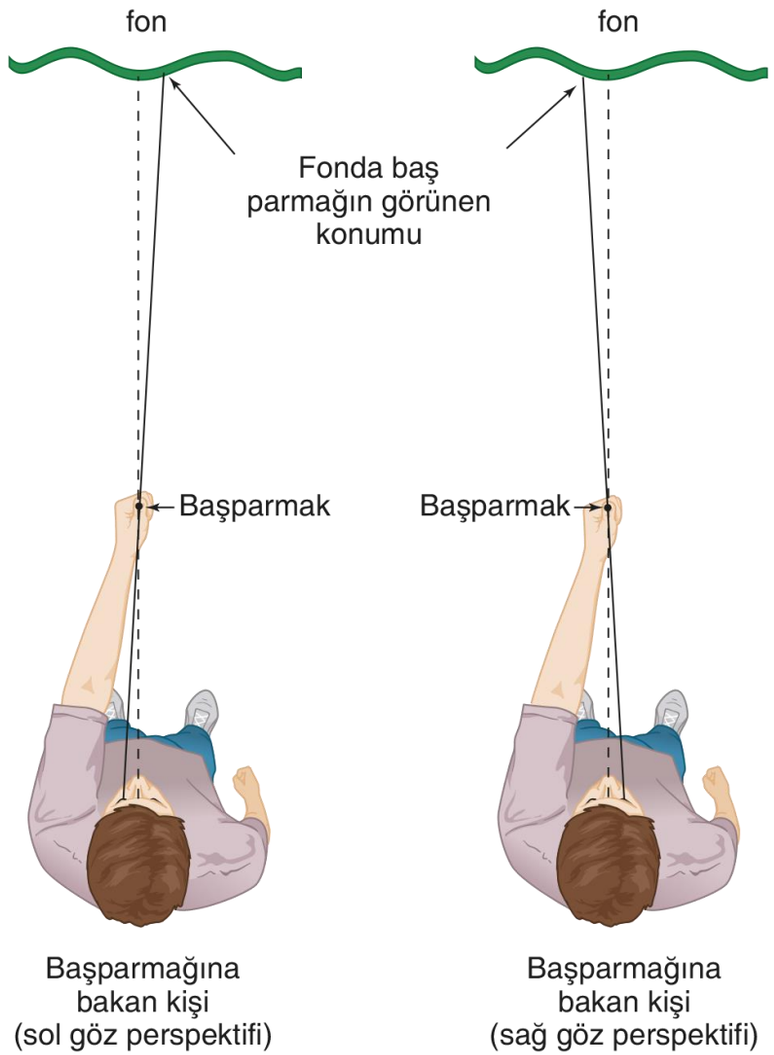
Aristoteles (MÖ 384-322):



- Lise (Lyceios) okulunu kurdu.
- Gök cisimlerinin tanrısal bir doğaya sahip olduğunu ve onların canlı varlıklar olduğunu kabul etmiştir.
- Evrenin merkezi dünyadır ve evren sonludur.
- Evren Ayaltı (Yer'den Ay'a kadar olan kısım) ve Ayüstü Evren (Ay'dan Yıldızlar küresine kadar olan kısım) olmak üzere ikiye ayrılır.
- Ayaltı evren: toprak, su, hava ve ateş'ten oluşur.
- Ayüstü evren: Eter'den oluşur.
- Bu iki everende farklı fizik yasaları geçerlidir:
- Ayüstü evren'de gökcisimleri düzgün dairesel hareket yaparlar.
- Ayaltı evren'de iki farklı hareket vardır: Zorunlu hareket, Doğal hareket (cisimlerinaşağı doğru hareketi)
- Aristoteles'e göre kuvvet yoksa hareket yoktur.
- Aristoteles fiziği uzun yıllar egemen olmuş ve Galileo'nun yaptığı çalışmalar ile geçersiz hale getirilmiştir.

- Aristoya göre eğer dünya hareket ediyor olsaydı, gökyüzündeki farklı yıldızların göreli olarak gökküresi üstünde yer değiştirdiklerinin görülmesi gerekirdi. Hareket sebebiyle ortaya çıkan bu tür değişime **paralaks** denir.
- **Paralaks:** gözlemcinin konumunun değişmesiyle uzaktaki cisimlere göre yakındakilerin görünen kaymasıdır.
- **Yıldız paralaksı:** Kayma açısı olarak ölçülen yakın yıdızların fon yıldızlarına göre görünen yıllık kayma miktarıdır.
- İlk defa 1838 yılında gözlendi, 1,5 yay saniyesi





- Aristo'ya göre Ay küreseldir.
- Güneş Ay'dan daha uzaktadır.
- Dünya küreseldir:

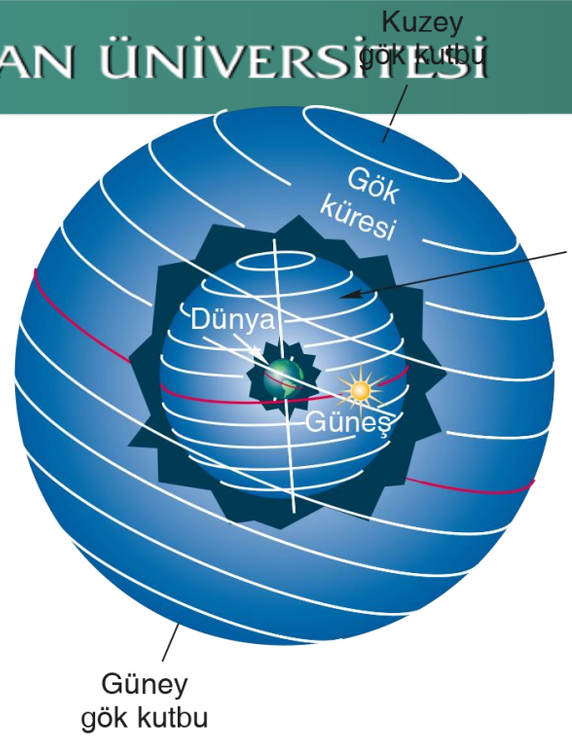
i. Sadece küre şekilli bir Dünya'da cisimler merkeze doğru düşme eğilimi gösterir.

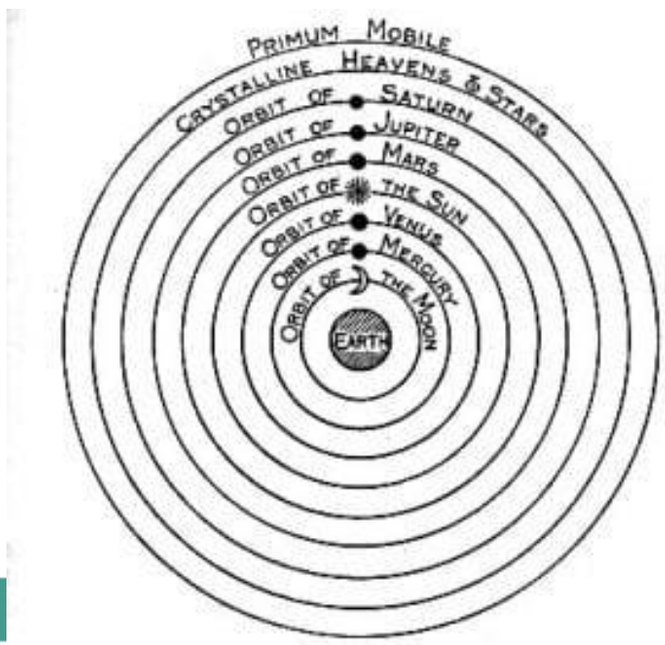
ii. Kuzeye doğru giden yolcu için kuzey gökküresinin görünen yüzeyi artar ve güney yıldızları güney ufkunda kaybolmaya başlar.

iii. Ay tutulması sırsında Dünya'nın Ay'ın üstünde görünen gölgesinin kenarı daireseldir.

- Aristo'nun evren modelinde, her bir gök cismi Dünya'nın etrafında farklı hızlarda dönen, merkezinde Dünya bulunan 55 kristal küreden birinin üstündedir.

Aristo öncesi Yunan düşünürlerinin geliştirdiği gökyüzü modeli





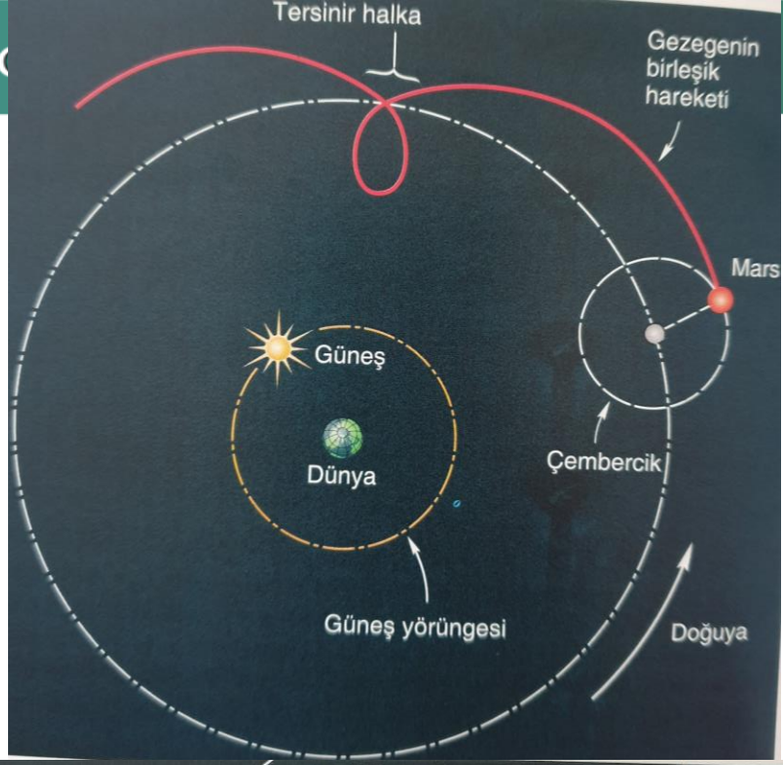
Batlamyus (Ptolemaios): (MS 85-165)

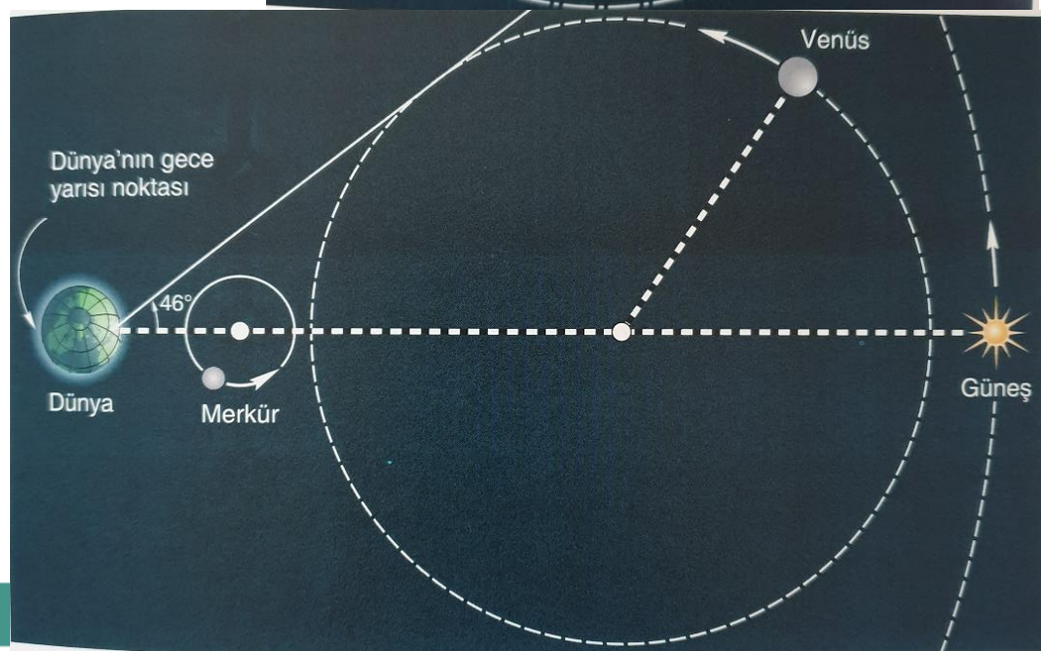
- Aristoteles fiziğini temel almıştır.
- Evren küreseldir.
- Yer bu evrenin merkezinde hareketsizdir.
- Eğer yer hareketli olsaydı her şey uzaya saçılırdı.
- Ay, Merkür, Venüs, Güneş, Mars, Jüpiter, Satürn ve sabit yıldızlar Yer'in çevresinde dairesel hareketler yaparlar.
- Daha önceki Yunan modellerindeki gerçek fiziksel küreler düşüncesini terk etmiştir.
- Ancak yine de yıldızların gök küresi üstünde olduğundan söz eder ve sabit yıldızlar küresi evrenin sonudur.
- Yunanlılar Güneş ve Ay'ı gezegen olarak listeledi.
- O gün bilinen 5 gezegenle birlikte gezegen sayısı 7'dir.
- Bir haftada 7 gün olmasının kökeni budur.



Gezegen Hareketleri İçin Bir Model: Çembercikler

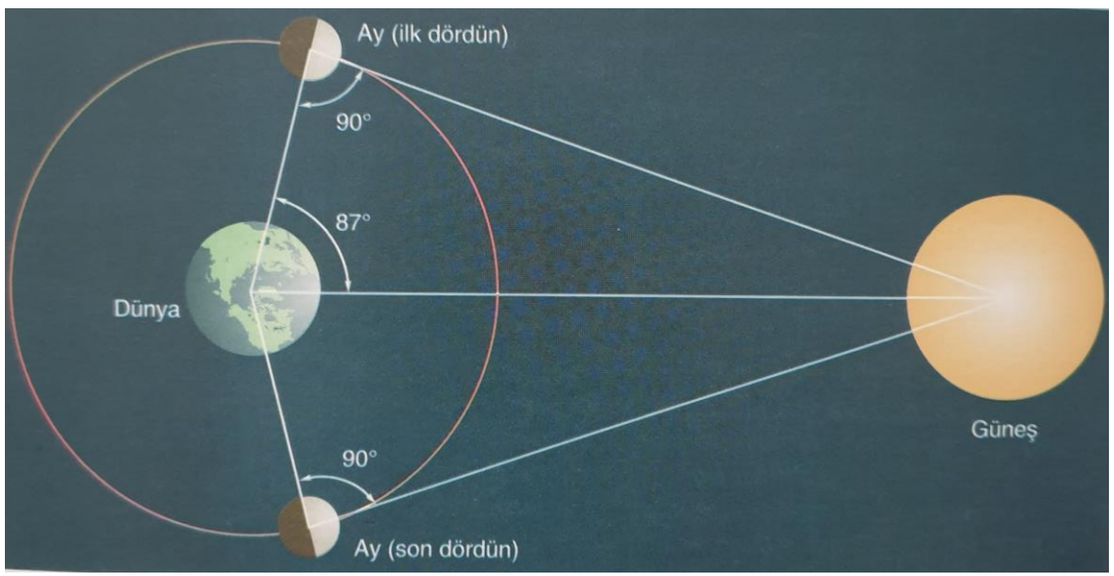
- **Çembercik (epicycle):** Batlamyus modeline göre, merkezi Dünya olan büyük bir çemberin üzerindeki küçük çemberdir.
- Gezegen bu çembercik üzerinde hareket ederken, çemberciğin merkezi de büyük çember üzerinde dolanır.
- Çember ve çembercik üstündeki dolanma hızlarının doğru seçilmesi şartıyla Mars'ın görünen hareketi modellenebilir.
- Merkür ve Venüs'ün farklı davranışı çembercik merkezinin Güneş ile Dünya arasındaki hat üstünde olmasıyla açıklanabilir.
- Ortaçağ İslam astronomları Batlamyus modeline alternatif modeller geliştirmiştir.
- Bu modellerde aynı gözlem üretebilmek için daha küçük çemdecikler eklenmesi tercih edilmiştir.



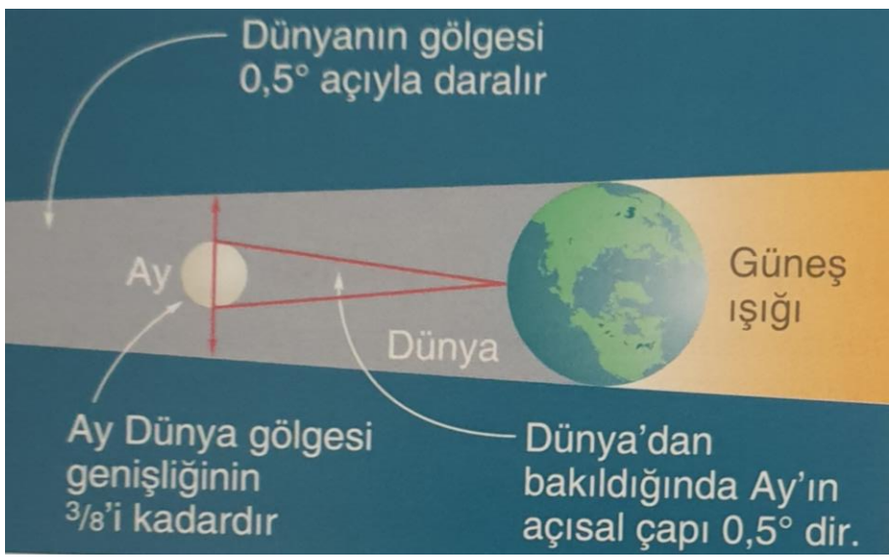


2.4 Aristarkus'un Güneş Merkezli Modeli

- Batlamyus'tan 400 yıl önce MÖ 280 yılında Aristarkus hareketli-Dünya modelini önermiştir.
- Batlamyus Dünya'nın kendi ekseni etrafında döndüğünü kabul etmedi.
- Çünkü bu durumda korkunç bir rüzgar esmesi gerekiyordu.
- Aristarkus Ay'ın küresel Dünya etrafında ve Dünya'nın da Güneş'in etrafında yörüngede olduğunu tasavvur etmişti.
- Aristarkus bu düşüncesiyle dinsizlik ile suçlandı.



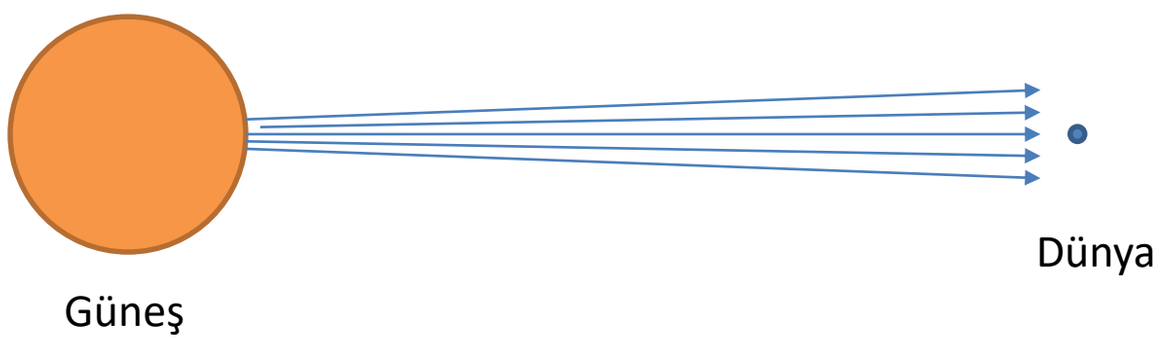
Aristarkus'un Ay ve Güneş'in göreli uzaklıklarını bulmak için kullandığı geometri

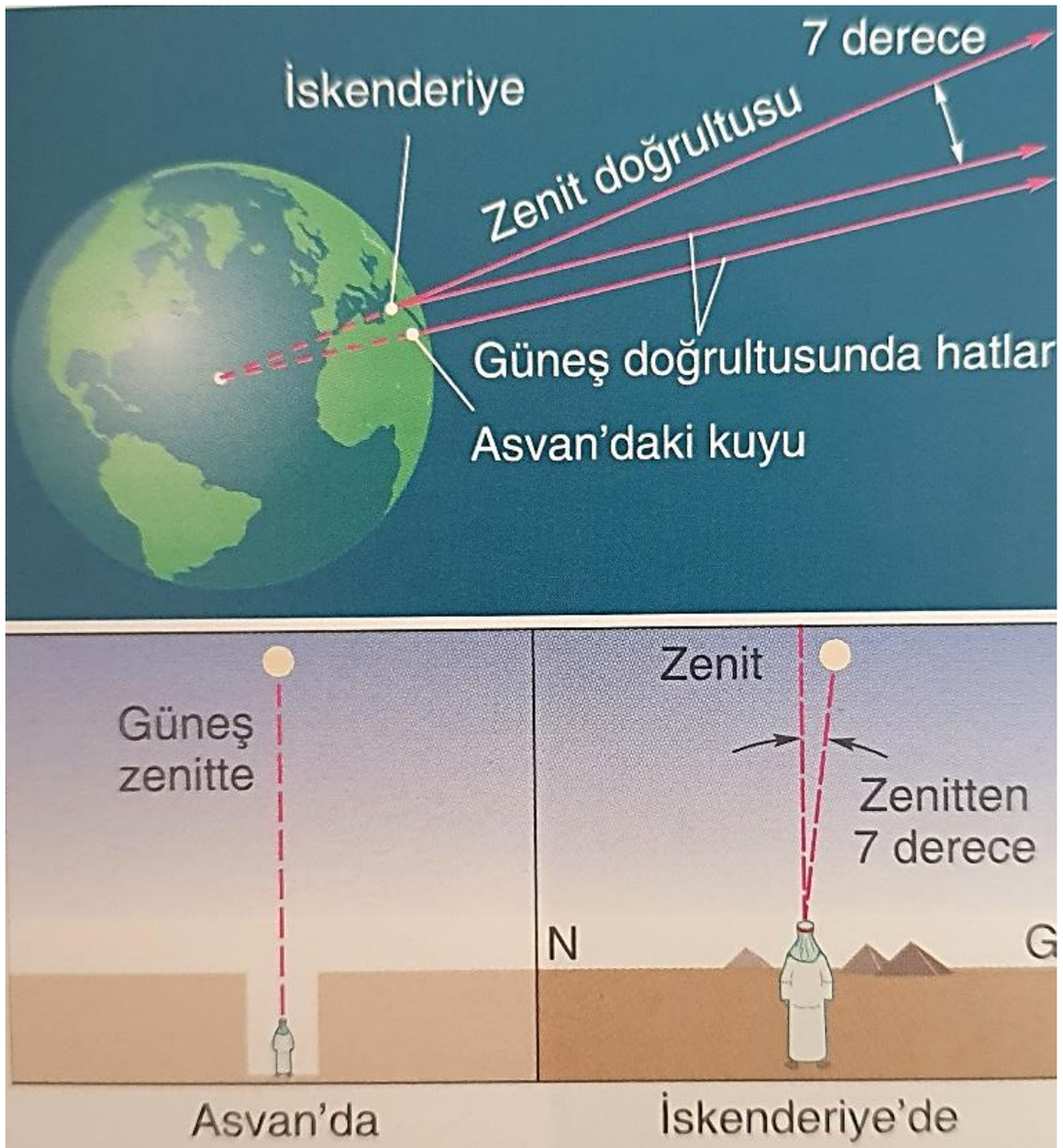


Aristarkus'un Dünya ve Ay'ın göreli büyüklüklerini bulmak için kullandığı geometri

Dünya'nın Büyüklüğünün Ölçülmesi

- **Eratosthenes (MÖ 276-195):** Dünyanın şekli ve yaklaşık büyüklüğünü anlayan ilk insan
- **Zenit:** Gözlemcinin tam başının üstünde gökyüzünde konumlanmış nokta
- Eratosthenes Dünya'nın çapını 6600 km buldu. Gerçek değer 6378 km.
- İki farklı noktada gözlenen 7 derecelik fark Dünya'nın yuvarlak olduğunu gösteriyor.



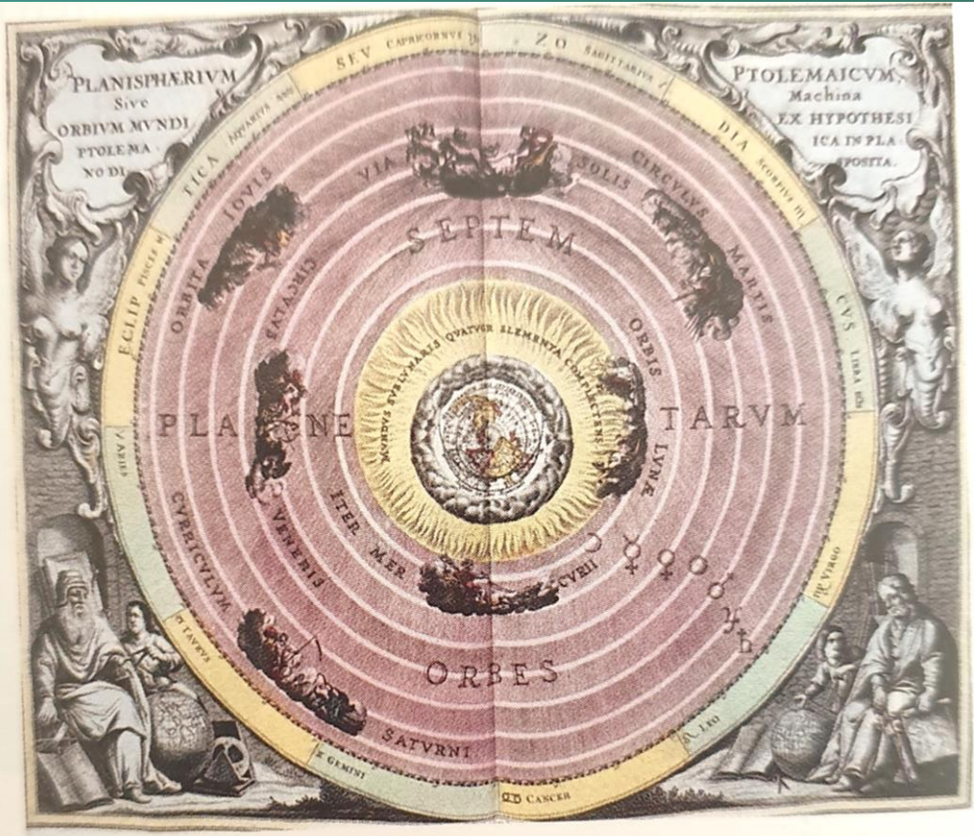


2.5 Hristiyanlık ile Aristo'nun Evliliği

Erken Orta Çağ: (4.-10. yy)

- Romalıların dini çok tanrılı, ilkel bir dindi ve Romalılar, bir kimsenin birden fazla dine girmesine izin veriyordu.
- Hristiyanlık'ta ise başka bir dine girmek yasaktı.
- Bu durum Roma imparatorluğunun birlik ve beraberliğini bozuyordu.
- İmparator Konstantin 312 yılında Hristiyanlığı Roma'nın resmi dini olarak kabul etti.
- 326 yılında başkenti Roma'dan Byzantion'a (Konstantinopolis=İstanbul) taşıdı.
- Bu tarihten sonra Kilise genişledi ve güçlendi.
- Ancak tevhid ve teslis inançlarıyla ilgili farklı görüşler ortaya çıkmıştı.
- Mezhepler arasında çıkan çekişmeler nedeniyle birçok düşünür öldürülmüş veya sürgüne gönderilmişti.
- Bu sürgünler neticesinde Yunan uygarlığının İslam dünyasın ile karşılaşmasına yardımcı olmuştur.
- Sonuçta bilim meşalesi Hristiyan Dünyası'ndan İslam Dünyası'na devredilmiş oldu.
- Hristiyan din adamları kendi inançlarını bilim ve felsefe karşısında savunmak güç olduğu için Yunan kalıntılarını silmeye çalıştılar.
- Mesela Yunan astronomlarının yüzyıllar boyunca oluşturdukları bilimsel bilgi birikimini bir yana iterek, Yeryüzünün bir tepsi gibi düz olduğuna ve yarım küre biçiminde bir Evren ile çevrelendiğine inanmaya başladılar.
- Bilimsel tedavi unutulmuş yerini dini tedavi almıştı.
- İskenderiye Kütüphanesi'ni yaktılar ve Akademi'yi kapattılar.

- **Aziz Thomas Aquinas (MS 1225-1274):** Hristiyan kilisesinin büyük ilahiyatçılarından ve filozoflarından biri.
- Aristo ve Batlamyus'un çalışmalarını Hristiyanlık düşüncesine dahil etmiştir.
- Hristiyanlığın ilkeleri ile bağdaşabilen veya bağdaşmasa da bağdaşırmış gibi gösterilebilen Platon ve Aristoteles felsefeleri kısmen alınmış, diğerleri ise atılmıştır.
- Aristo bilimi ve Batlamyus modeli Hristiyanlık düşüncesi ve dinsel dogma olmuştu.
- Giordano Bruno (1548-1600), Görüşlerinden dolayı yakılarak öldürüldü.
- Galileo Galilei (1564-1642), Görüşleri nedeniyle Kilise tarafından yargılandı. Görüşlerinin yanlış olduğunu açıklayarak canını zor kurtardı.

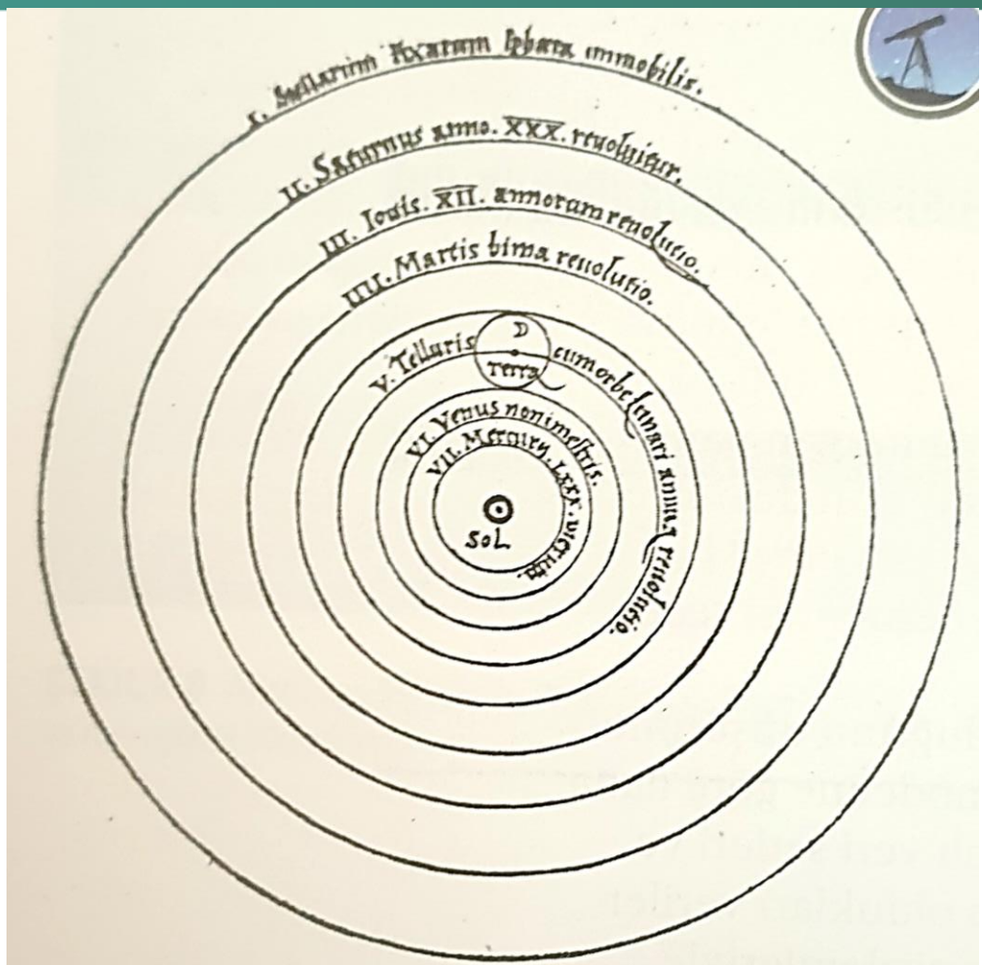


ŞEKİL 2-10 Merkezinde Dünya ile, evren modelini gösteren MS 1661 yıllarındaki bir haritanın ortaçağa özgü gösterimi. Bu modele karşı gelen herkesi cezalandırma yetkisi olan Katolik Kilisesinin onayladığı bir modeldir. Her gezegen kanatlı atların çektiği araba ile temsil edilmiştir.

2.6 Nikolas Kopernik ve Güneş Merkezli Model

Nicolaus Copernicus (1473- 1543)

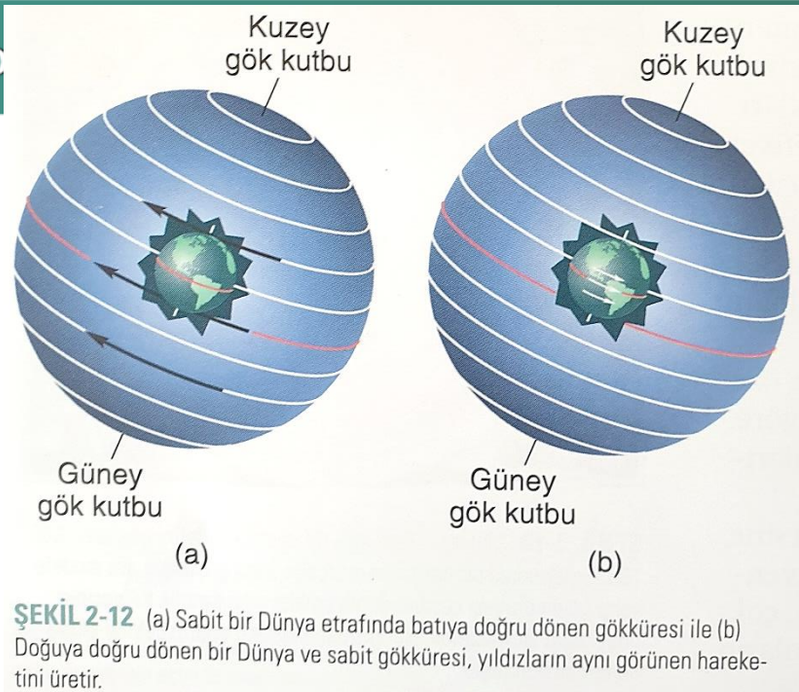
- Polonyalı parlak bir öğrencidir.
- Astronomi, matematik, tıp, iktisat, hukuk ve ilahiyat tahsil ediyordu.
- Güneş merkezli gök sisteminin kurucusudur (1543). Bu konu üzerine 40 yıl çalışmıştır.
- Copernicus sistemini konu alan kitaplar 1882 yılına kadar kilisenin yasakladığı kitaplar listesinde yer aldı.
- Batlamyus modeli gezegen konumlarını açıklamada birkaç yüzyıl sonrası için yeterince duyarlı değildi ve sürekli düzeltme ve güncelleme gerekiyordu.



ŞEKİL 2-11 Kopernik'in De Revolutionibus kitabından Güneş merkezli evren modeli. Basılan kitabın bir örneğini görebilmesi için Kopernik'e ölüm döşeğindeyken yetiştirildiği söylenir.
(c) Photos.com

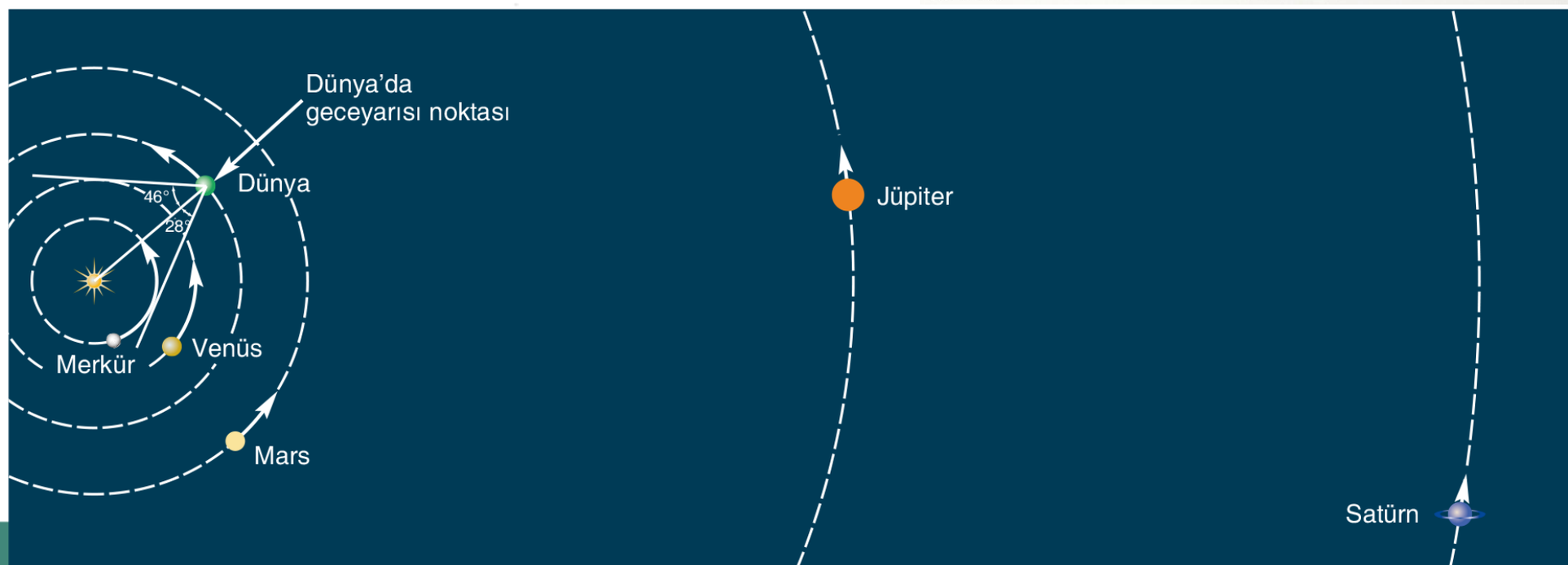
Kopernik Sistemi

- Batlamyus'un dönen bir Dünya çok güçlü rüzgarlara neden olur düşüncesine karşı, Dünya'nın etrafındaki havanın Dünya'yı takip ettiğini söyledi.
- Hava Ay'a kadar yükselemez.
- Aşağıdaki şekil neden Merkür ve Venüs'ün gece yarısı gözlenemeyeceğini açıklamaktadır.

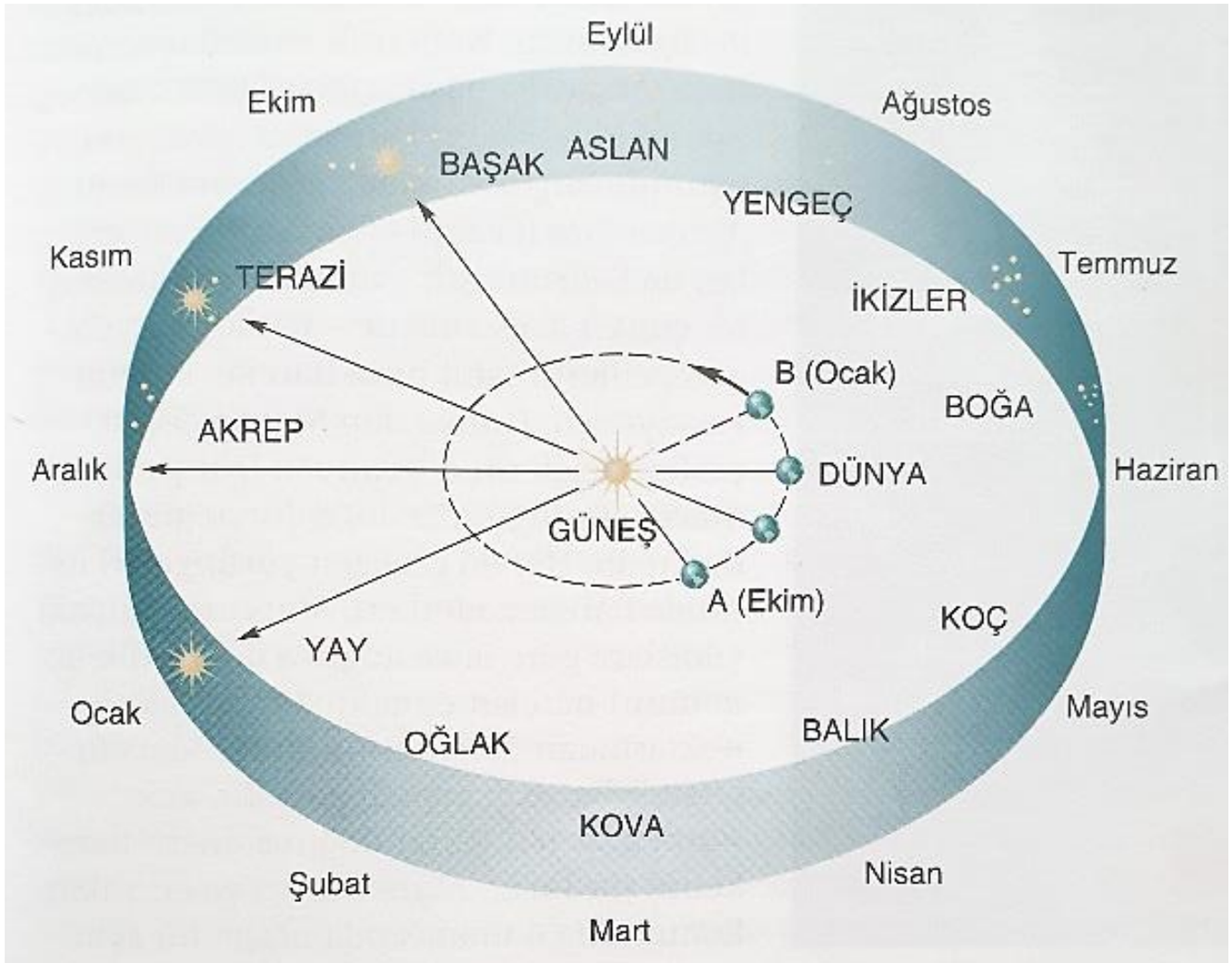


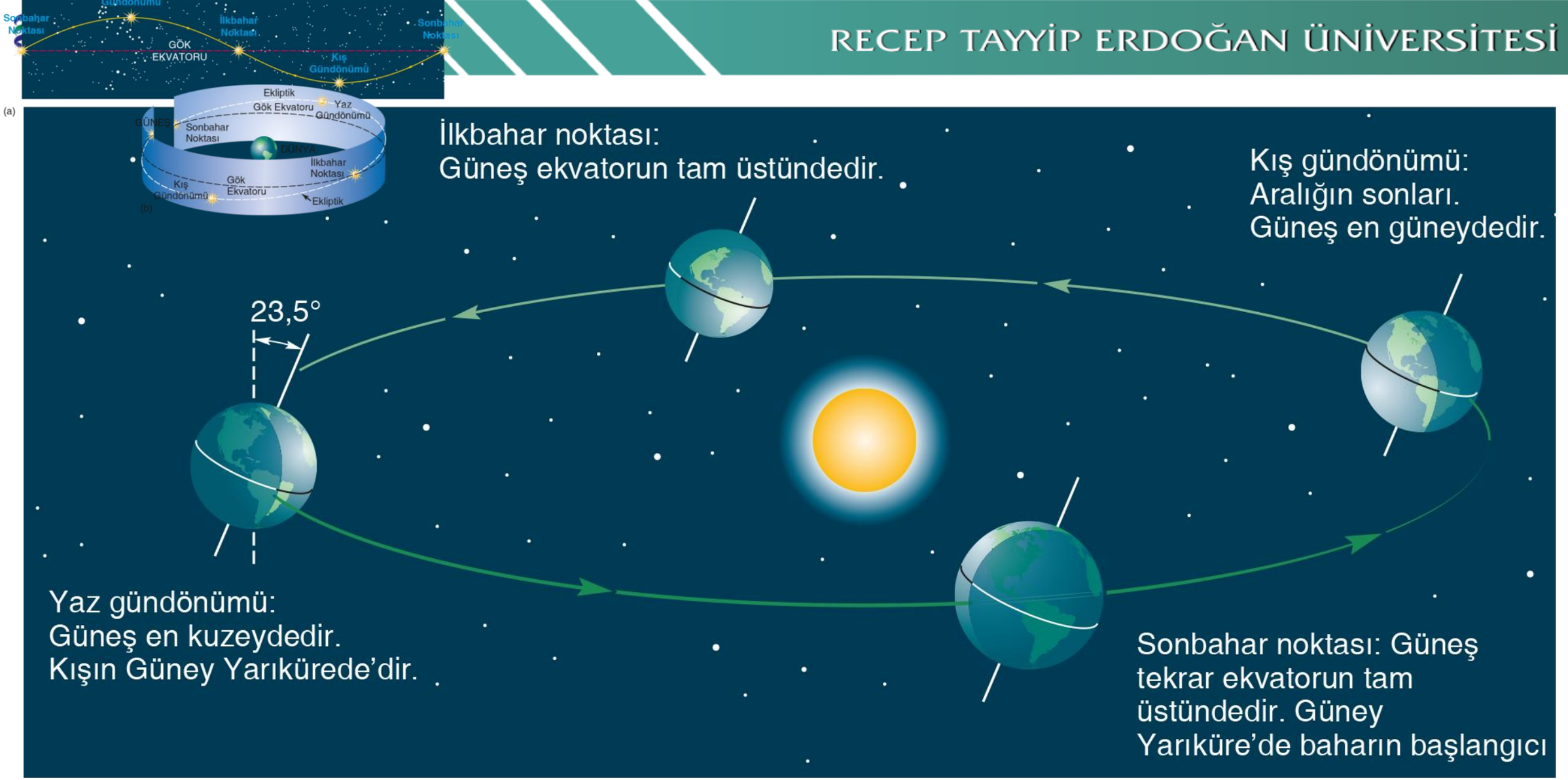
ŞEKİL 2-12 (a) Sabit bir Dünya etrafında batıya doğru dönen gökküresi ile (b) Doğuya doğru dönen bir Dünya ve sabit gökküresi, yıldızların aynı görünen hareketini üretir.

16.yy'da bilindiği şekli ile gezegenlerin sırası. Göreli hızlar okların büyüklükleriyle gösterilmiştir.



- Güneş etrafında dairesel yörüngede dolanan Dünya.
- Resme göre, Dünya'dan bakıldığında Güneş'in belli bir grup yıldız arasında olduğu düşünülebilir.
- Batlamyus bu gözlemi Güneş'in dünya etrafında dolanması ile,
- Kopernik ise Dünya'nın Güneş etrafında dolanması ile açıklamıştır.





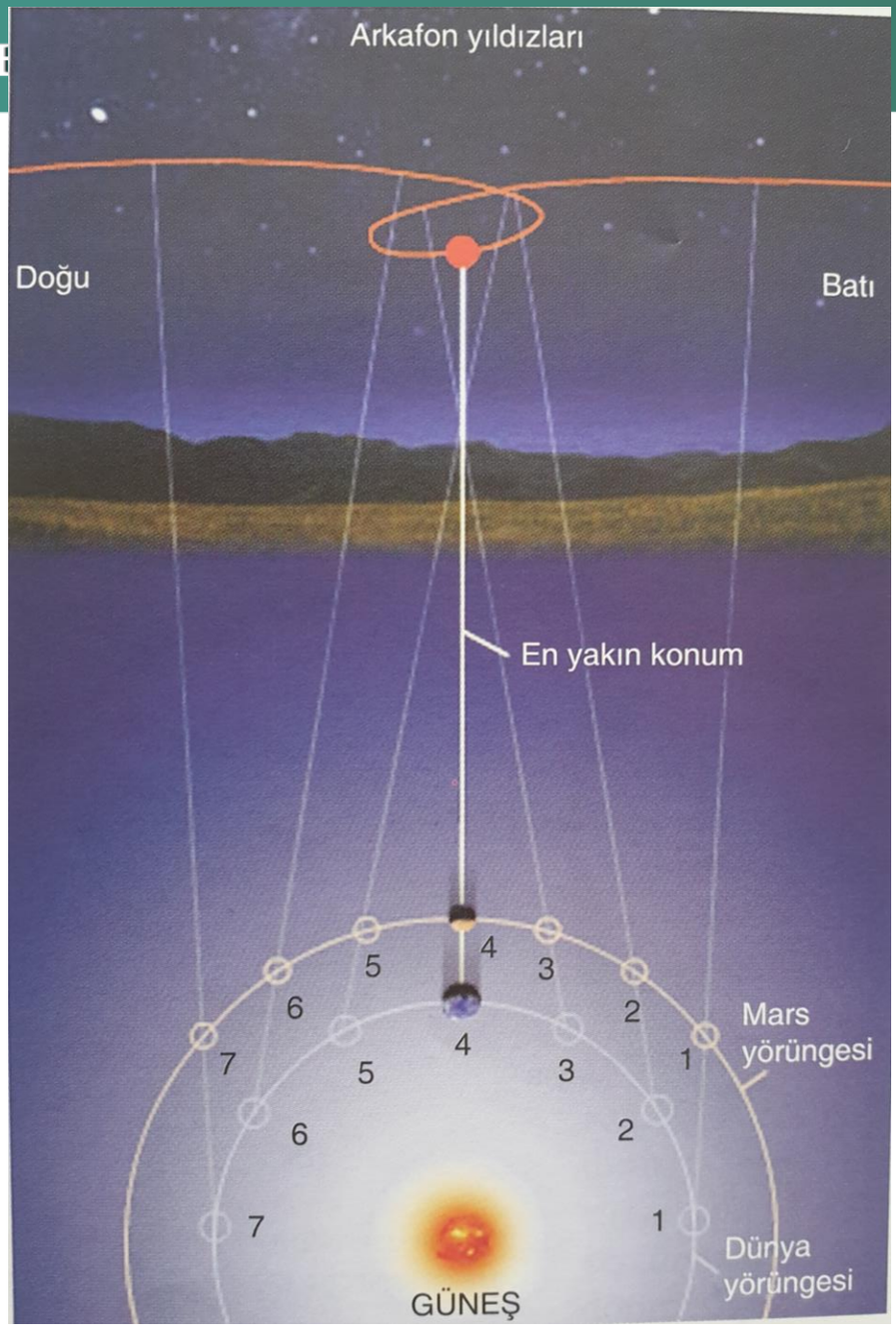
Kopernik modeli, Güneş'in gök ekvatorunun güneyinden kuzeye, kuzeyinden güneye geçmesini Dünya ekvatorunun Güneş etrafındaki yörünge düzlemine göre eğik olmasıyla açıklar.

- Kopernik'e göre Ay dışındaki her şey Güneş etrafıda, Ay ise dünya etrafında dolanmaktadır.
- Kopernik modeli tersinir hareketi nasıl açıklar?
- Kopernik'te Batlamyus gibi gezegenlerin sabit hızla hareket ettiğini varsaymıştı.
- Dünya Mars2a göre daha hızlı

TABLO 2-1

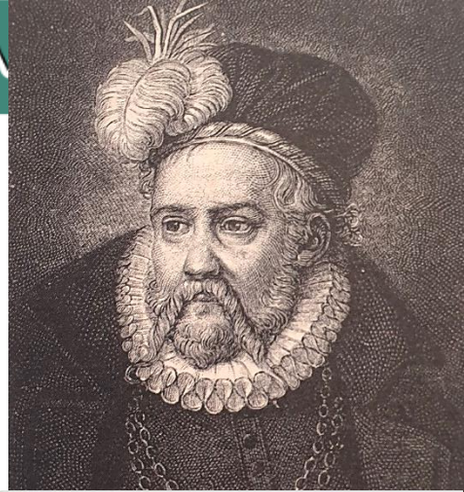
Gezegen Uzaklıkları: Kopernik'in Değerleri ve Bugünkü Değerler

	Güneş-Gezegen Uzaklıkları	
Gezegen	Kopernik'in Değerleri (AB)	Bugünkü Değerler (AB)
Merkür	0,38	0,387
Venüs	0,72	0,723
Dünya	1,00	1,000
Mars	1,52	1,524
Jüpiter	5,2	5,204
Satürn	9,2	9,582



2.7 Modellerin Karşılaştırılması

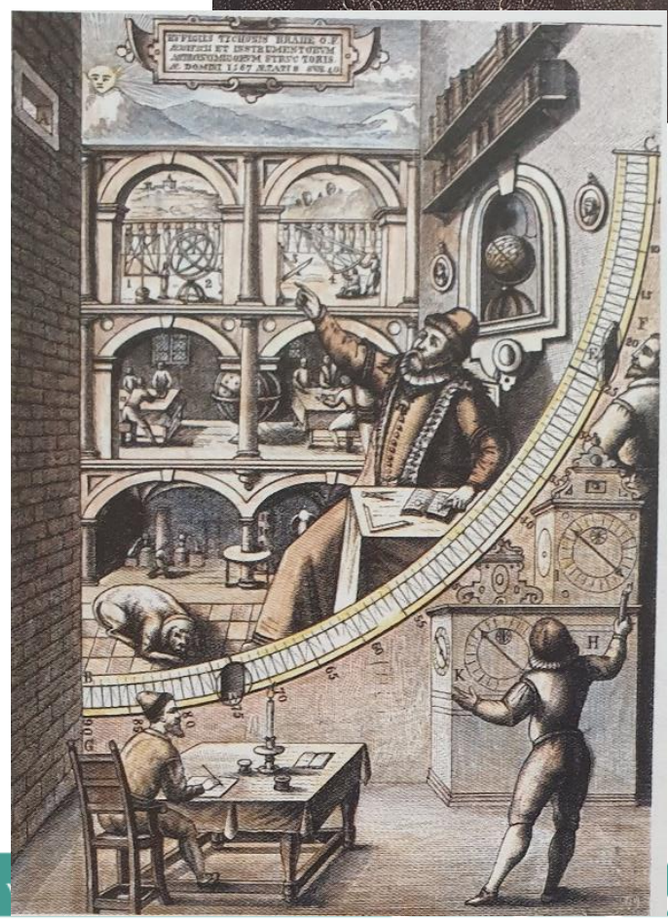
- Kopernik ve Batlamyus modellerinin karşılaştırılması:
- **1. Gözlemleri açıklamada duyarlılık:** 1500'lü yıllarda bu iki modelden birini seçmede etkili olabilecek bir gözlemi yapmak mümkün değildi.
- Bu nedenle duyarlılık ölçütüne göre en iyi modeli belirlemek yazı tura atmak gibi iki ihtimalden birini tercih etmektir.
- **2. Öngörü gücü:** Her iki modelin de test edilebilir öngörüleri vardır. Örneğin, Batlamyus modeli yıldız paralakslarının yokluğunu, Kopernik modeli yıldız paralaksının olması gerektiğini söyler.
- **3. Basitlik: Merkür ve Venüs.**
- Modellerin her ikisi de Merkür ve Venüs'ün diğer gezegenlere göre neden farklı hareket sergilediğini ve bu iki gezegenin neden gece ortasında gökte görülmediğini açıklayabilmektedir.
- Batlamyus modeli bu durum için özel bir kural öne sürer. Kopernik modelinde ise bu durum Merkür ve Venüs yörüngelerinin Dünya yörüngesinin içinde olmalarının doğal sonucudur.
- Batlamyus modeli tersinir hareketi açıklamak için çempercik kullanmıştır. Çembercik ve çember üztündeki hızlar için özel bir kural oktur.
- Kopernik modelinde ise hızlar için belli bir kural vardır, «Güneşten uzak gezegenler daha yavaş hareket ederler». Kopernik de çembercik kullanmıştır, ancak bu tersinir hareketi açıklamak için değil duyarlılığı arttırmak içindir.
- **Sonuç olarak Güneş merkezli modele göre gezegenlerin hareketlerini açıklamak daha basittir.**
- Kopernik tam «De Revolutionibus»'un yayınlandığı yıl vefat etti.



2.8 Tycho Brahe: Duyarlı Gözlemlerin Önemi

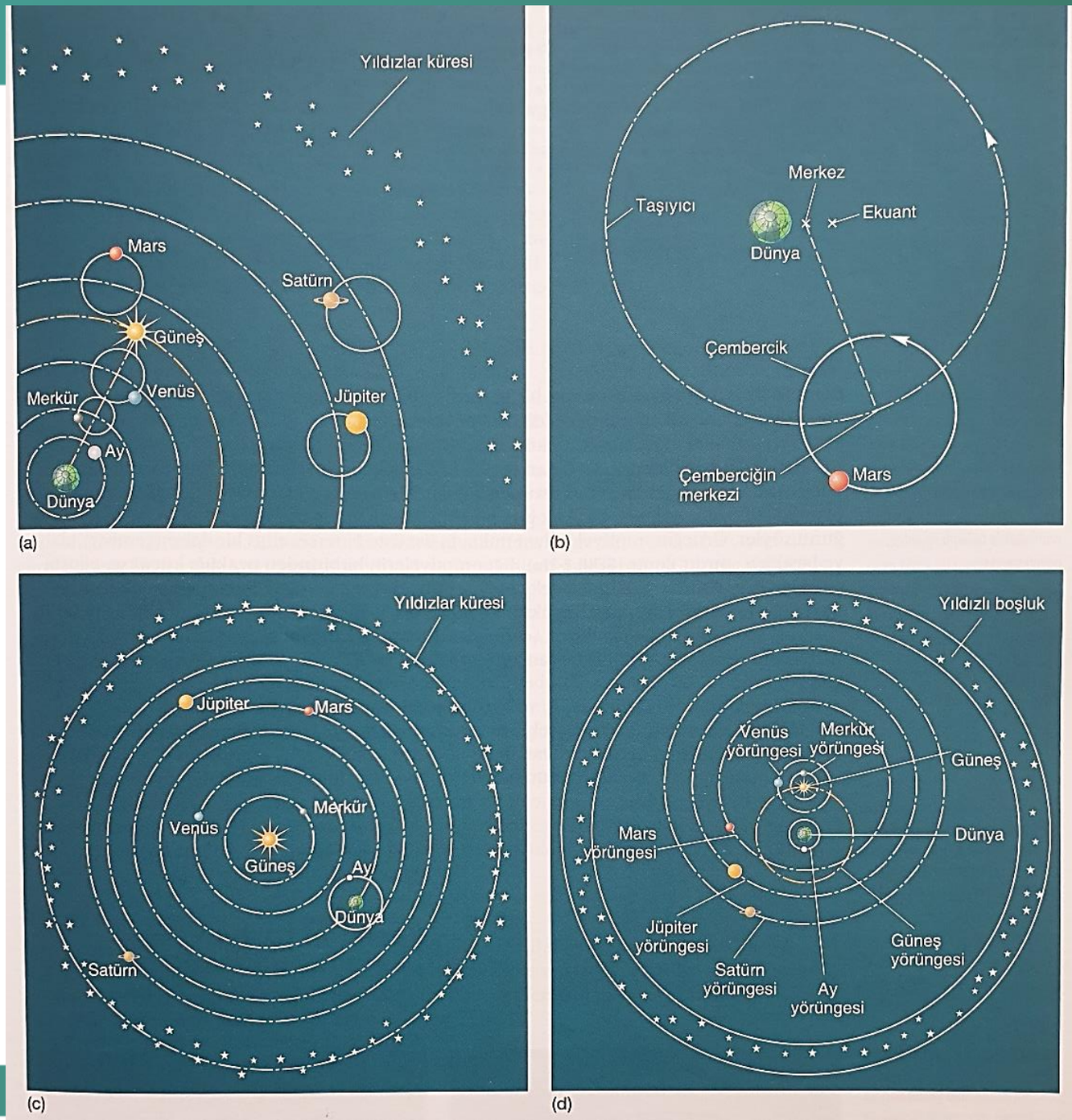
Tycho Brahe (1546- 1601)

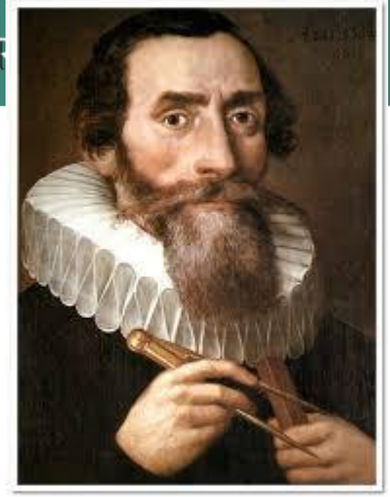
- Batlamyus ve Kopernik modellerinin kaba gezegen gözlemlerine dayandığını öğrendi.
- Gezegenlerin daha duyarlı konum gözlemlerine ihtiyaç olduğunu düşündü.
- Danimarka Kralı II. Frederick onun için bir gözlem evi yaptı.
- Burada çağının en büyük gözlem aletini inşa etti.
- Bu alet sayesinde açıları 0,1°'den daha hassas ölçebiliyordu.
- Ayrıca Tycho her bir ölçümdeki belirsizliğin miktarını da veriyordu.



Tycho'nun Modeli

- Gözlemlerin kalitesine dayanıp, Tycho'nun Kopernik modelinin doğruluğuna ikna olmasını bekleyebilirsiniz.
- Paralaks olayını gözlemleyemediği için gerçek tam tersi olarak ortaya çıktı.
- Tycho'nun modeli Batlamyus ve Kopernik modellerinin bir karışımıdır.
- Güneş etrafında dolanan gezegenlerin, Güneş ile birlikte, Güneş sistemi olarak Dünya etrafında döndüğünü iddia etti.
- Gezegen konumlarını 20 yıl boyunca kaydetti.
- Verilerin kıymeti Tycho ölmeden önce işe aldığı asistanı Johannes Kepler'in elinde ortaya çıktı.



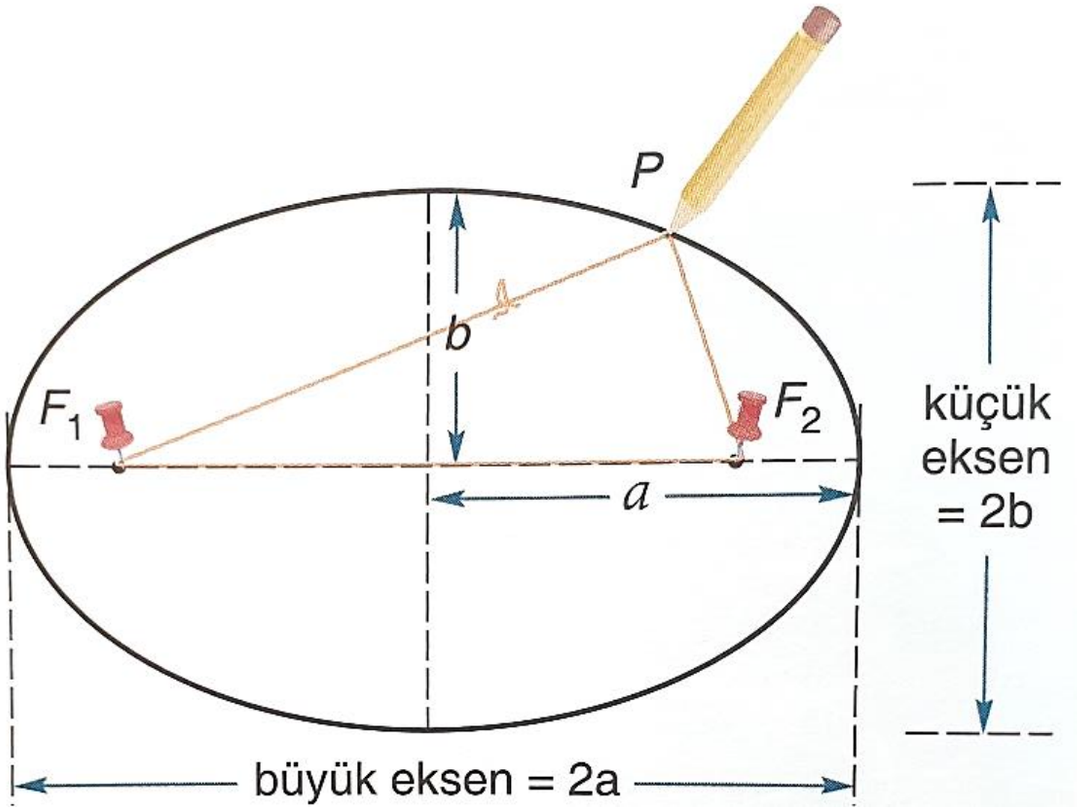


2.9 Johannes Kepler ve Gezegenlerin Hareket Yasaları

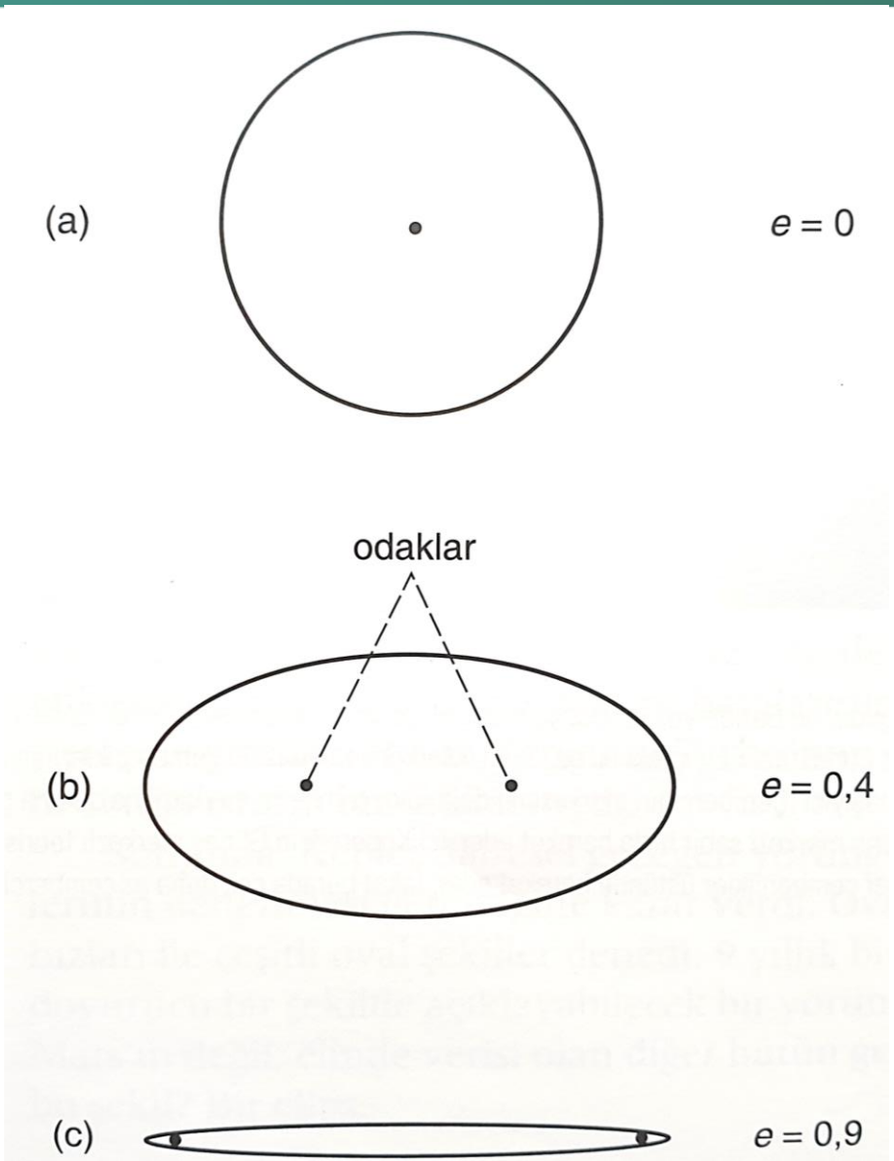
- **Johannes Kepler (1571-1630)**
- Kepler, Kopernik sistemini ilahiyat tahsili sırasında öğrendi ve en büyük savunucusu oldu.
- Tycho'nun asistanıydı.
- Tycko'nun ölümünden sonra kayıtlı verilerin çoğunu devraldı ve 4 yıl içinde 70'ten fazla çember ve çembercik kombinasyonu denedi.
- Nihayetinde Mars'ın konumunu 0,13° hata ile öngören bir kombinasyon ortaya koydu.
- 0,13° hata da çok büyük idi.
- Sonunda Kepler dairesel gezegen yörüngelerinin terk edilmesi ve farklı yörünge şekillerinin denenmesi gerektiğine karar verdi.
- 9 yıllık çalışma sonunda, Mars'ın görünen hareketini doyurucu bir şekilde açıklayabilecek bir yöründe şekli buldu. Bu temel şekil sadece Mars'ın değil, elinde verisi olan diğer bütün gezegenlerin hareketlerini de açıklıyordu.
- Nedir bu şekil?

Elips

- Elips ovalden başka bir şey değildir, onun özel bir durumudur.
- Her oval bir elips değildir.
- Yandaki şekil elipsin nasıl çizileceğini anlatır.
- Elipste iki tane odak vardır.
- **Elips çizmek:**
- İki raptiyeyi şekildeki gibi bir tahta üstünde biribirinden uzak farklı iki yere saplayın ve etrafından bir ip halkası geçirin
- İpi bir kalemle gergin tutarak kalemi hareket ettirin.



- **Bir elipsin basıklığı:** İki odak arasındaki uzaklığın, elips üstünde boydan boya en büyük uzaklığa oranı olarak tarif edilir.
- Raptiyeler aynı noktada ise elips daire olur vr basıklığı sıfırdır denir.
- Eğer raptiyelerin uaklığı küçükse elipsin basıklığı küçük olur.
- Raptiyeler birbirinden çok uzakta ise elipsin basıklığı büyük olur.

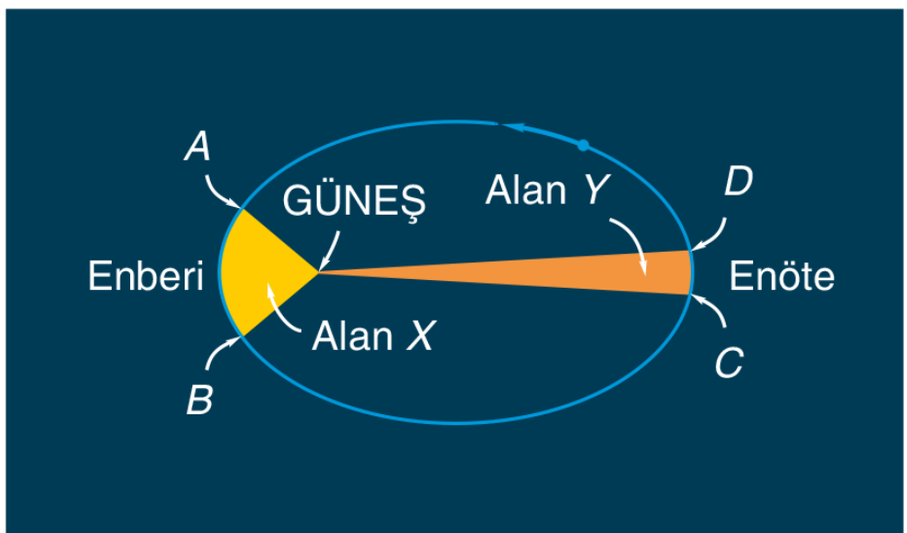


Kepler'in İlk İki Yasası (Gezegen Hareketleri)

- Kepler ilk gezegen hareket modelini 1609 yılında basılan *The New Astronomy* kitabında yayınlamıştır.
- **Birinci yasa:** Gezegenler güneş etrafında dolanırken odaklarından birinde Güneş olan bir elips çizerler.
- Güneş sistemindeki gezegenlerin çoğu çembere yakın yörüngelerde dolanır. Yani eliptik yörüngelerin basıklığı azdır.
- **İkinci yasa:** Bir gezegen Güneş etrafındaki eliptik yörüngesinde dolanırken Güneşten gezegene çizilen hayali hat eşit zaman aralıklarında eşit alanlar süpürür; yani yörüngesi üstünde gezegenin sürati sabit değil değişkendir.
- Kepler'in ikinci yasasına göre bir gezegen Güneş'e en yakın olduğu noktada (perihel ya da **günberi**) en hızlı, Güneş'e en uzak olduğu noktada (afel yada **günöte**) ise en yavaştır.

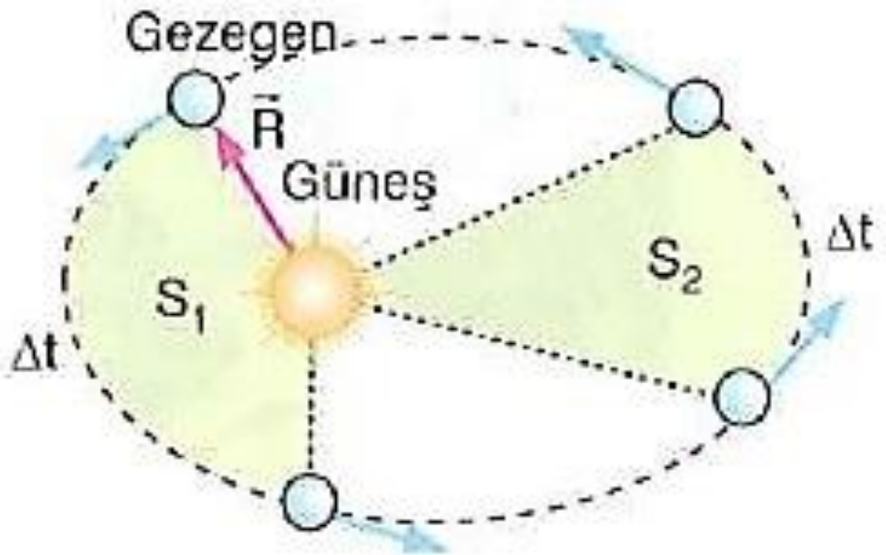


(a)



(b)

Kepler'in Üçüncü Yasası



- Gökteki hareketleri açıklamak için bir model araştırmada Kepler, Batlamyus ve Kopernik'ten daha ileri gitmiştir.
- Kepler aynı zamanda ***gezegenler neden böyle davranıyor*** sorusunu sormuştur.
- **Üçüncü yasa:** Bir gezegenin yörünge yarı büyük ekseninin kübünün Güneş etrafındaki yörünge periyodunun karesine oranı, her gezegen için aynıdır.
- T: gezegenin yörünge periyodu (**sideral peryot**)
- **Astronomik birim olarak K oranı 1'dir**.
- R = 1AB, T = 1 yıl

$$\frac{R^3}{T^2} = K = 3{,}4.10^{18}\ \ m^3/s^2 \text{ dir.}$$

- **Hatırlatma:**
- **El-Bîrûnî (973-1048):** ‘dünyanın döndüğü’ fikrini El-Biruni savundu.
- Yer çekimi kuramı üzerine ilk fikirleri El-Biruni ileri sürdü. Dünya dönüyorsa, ağaçlar ve taşların neden fırlamadığı sorusuna, merkezde bir çekicilik olduğu ve her şeyin dünyanın merkezine düştüğü cevabını verdi.
- The UNESCO Courier dergisi, 1974 yılında çıkardığı sayıyı El-Biruni’ye ayırdı. El-Biruni’yi “Bin yıl önce, Orta Asya’da yaşamış evrensel deha” olarak tanıttı.
- **El-Hâzinî (1100-1155):** “her cismi yer kürenin merkezine doğru çeken bir güç” olduğunu söylemiştir.





- Gözlemlerle kolay ölçülen periyot sideral değil sinodik periyottur.
- Kepler bir gezegenin sideral periyodunu nasıl bulmuştur.

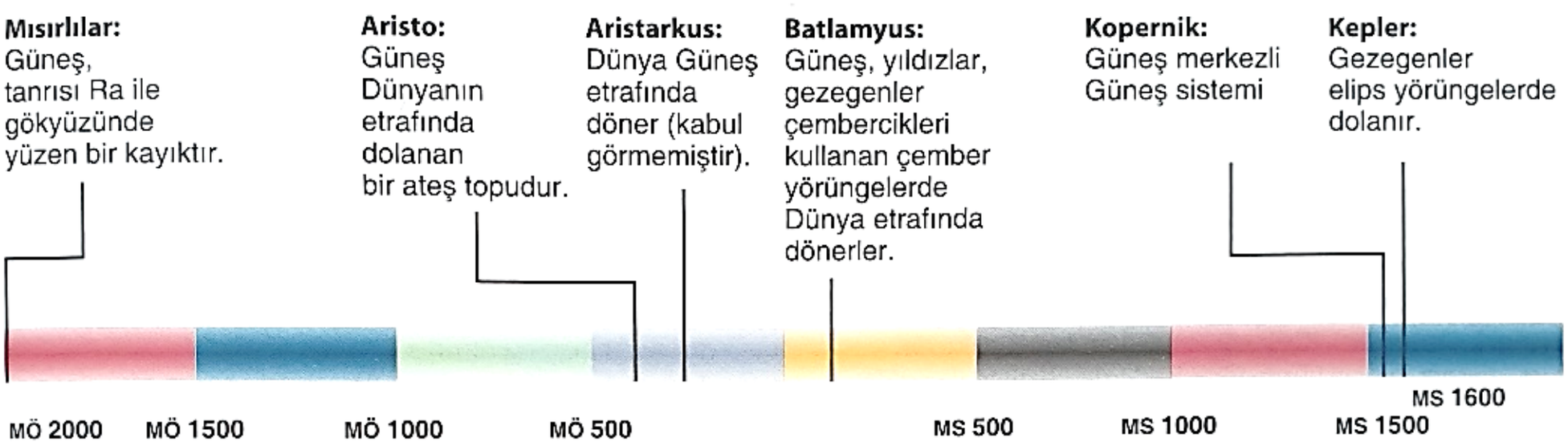
Kepler'in Üçüncü Yasasının Sınanması

Cisim	Güneş'ten uzaklık (AB)	Sideral periyot (yıl)	Uzaklığın kübü (AB^3)	Sideral periyodun karesi ($yıl^2$)
Merkür	0,387	0,241	0,0580	0,0581
Venüs	0,723	0,615	0,378	0,378
Dünya	1,000	1,000	1,000	1,000
Mars	1,524	1,881	3,540	3,538
Jüpiter	5,204	11,862	140,9	140,7
Satürn	9,582	29,457	879,8	867,7
Uranüs	19,201	84,011	7079,0	7057,8
Neptün	30,047	164,790	27.127	27.156
Plüton*	39,236	247,68	60.402	61.345

* Cüce gezegen

2.10 Kepler'in Katkısı

- Kepler'in Kopernik modelinde yaptığı değişiklik modelin veri ile uyumunu beraberinde getirdi.
- Sonuç olarak, Güneş merkezli teori Dünya merkezli teoriden daha iyi çalışmıştı.
- Eskiden beri güvenilen göklerdeki mükemmel daireler fikrini terk etmek gerkiyordu.
- Kepler'in gezegen hareketlerini açıklamak için elips önermesinin tek sebebi önerinin çalışıyor olmasıdır.
- Dolayısıyla Kepler modeli de bu bakımdan sıkıntılıdır.



ŞEKİL 2-24 Çoğu son 500 yılda olmak üzere Evren modelleri son 4000 yılda hep değişmiştir. Bu bölüm bizi MS 1600'e kadar getirir.

Kaynak:

Evreni Anlama Serüveni, Çeviri editörü: Doç. Dr. Tolga Güver, Nobel Akademik Yayıncılık, 2017,

RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ

ASTRONOMİ

Prof. Dr. Murat Tomakin

3.Bölüm: Kütleçekim Kanunu ve Modern Astronominin Yükselişi

3.1 Galileo Galilei ve Teleskop

3.2 Isaac Newton'un Büyük Sentezi

3.3 Dairesel Hareket

3.4 Evrensel Kütleçekim Yasası

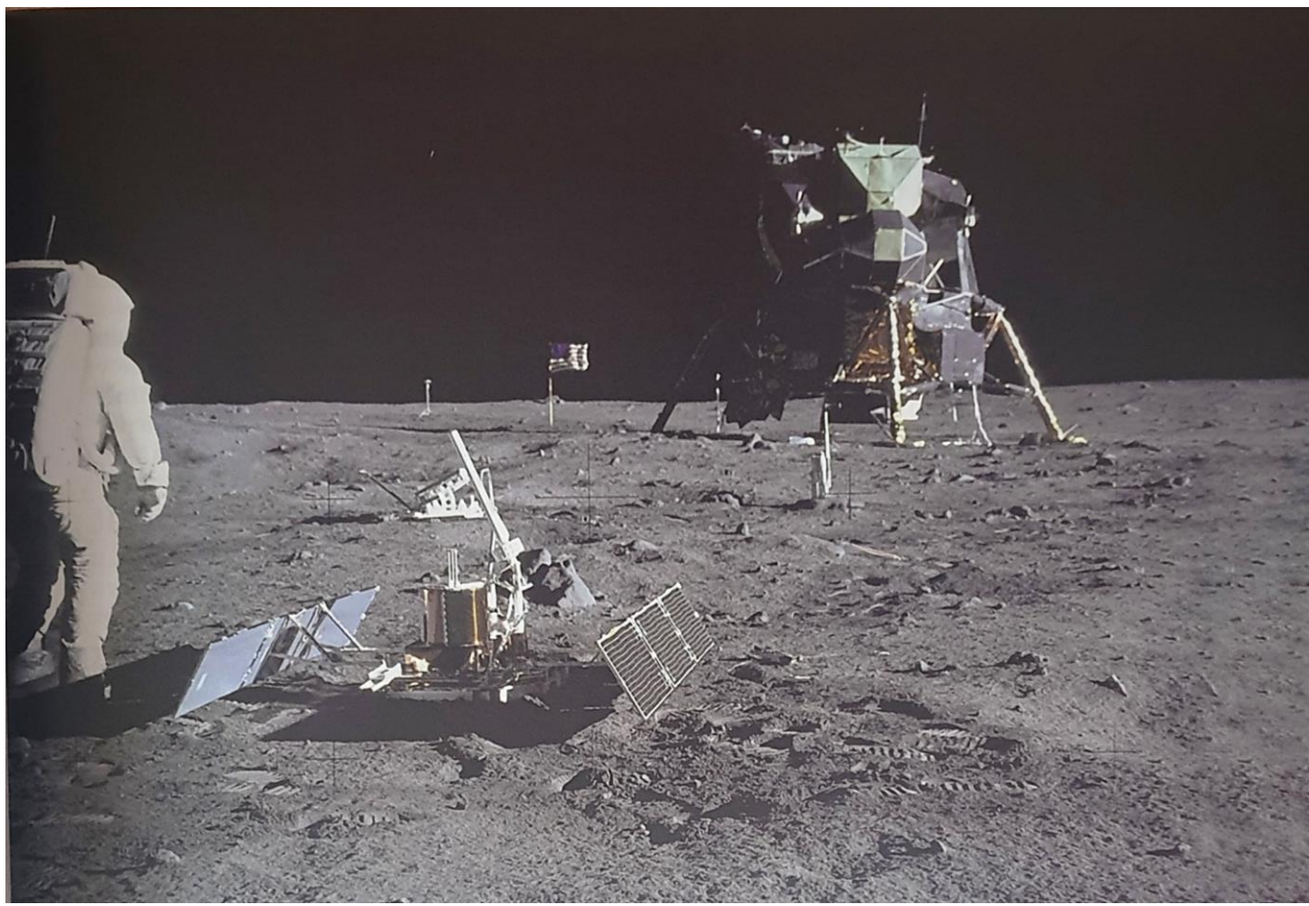
3.5 Newton Yasaları ve Kepler Yasaları

3.6 Yörüngeler ve Kütle Merkezi

3.7 Newton'un Ötesi

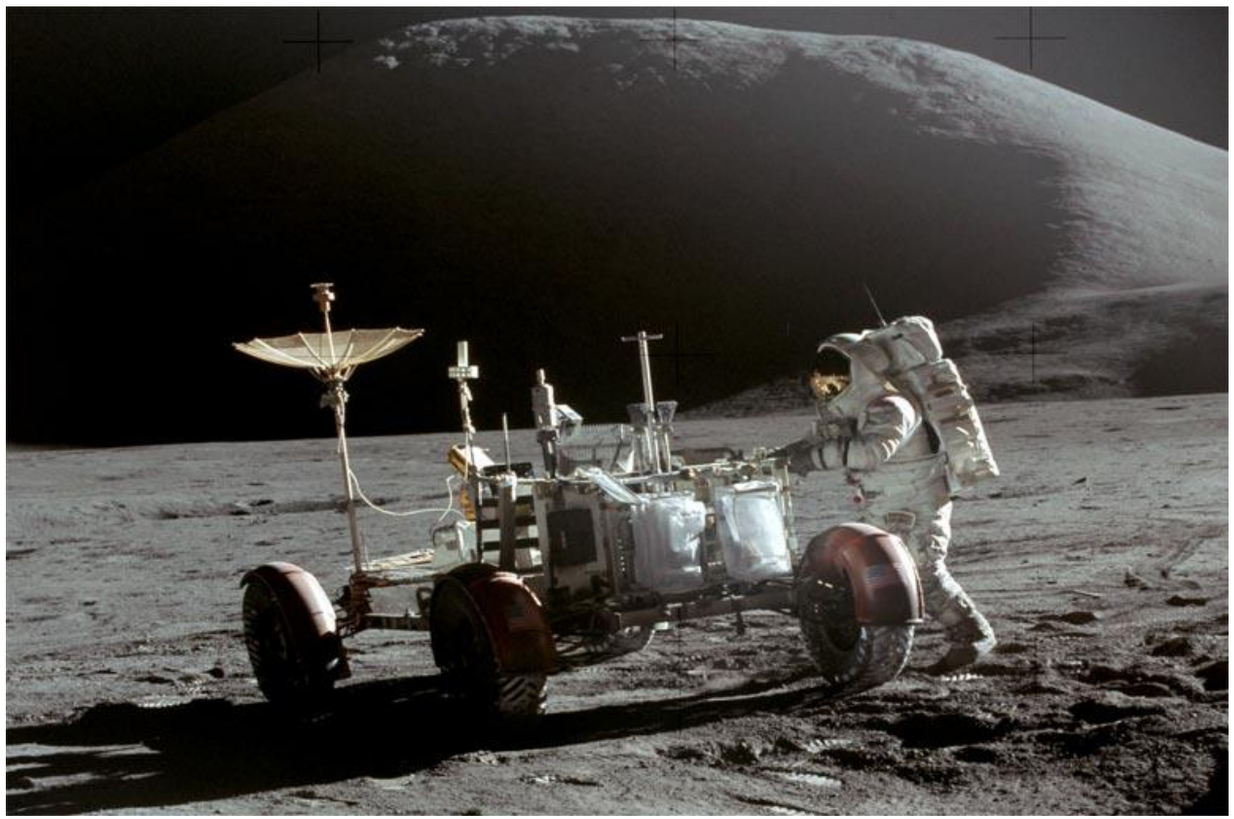
3.8 Genel Görelilik Teorisi

3.9 Kütle Çekim ve Einstein



Giriş

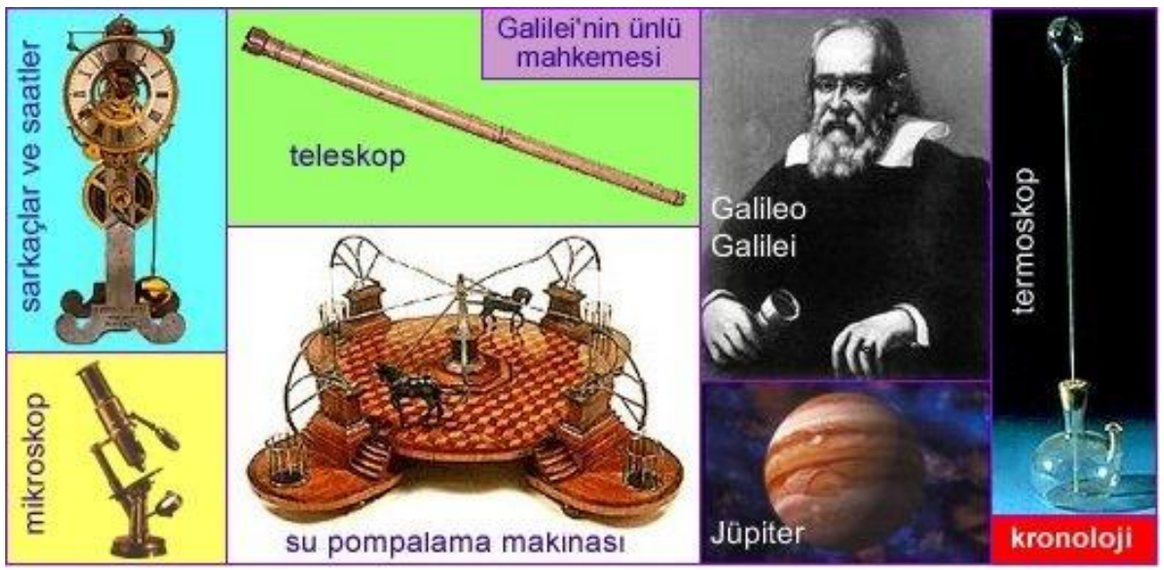
- 20 Temmuz 1969 tarihinde insanlık ilk defa astronomik bir cismin üzerine indi.
- «Bu bir insan için küçük, insanlık için dev bir adımdır».
- Ay'a seyahat bir çok kişi sayesinde gerçekleştirilmiştir ve çok sayıda keşif yapılmıştır.
- En büyük temel keşif yeryüzünde hareketi belirleyen temel fizik yasaları ile Ay'da hareketi belirleyen temel fizik yasalarının aynı olmasıdır.
- 1972 tarihli Apollo 17, Ay'a yapılan son yolculuktu.



https://www.milliyet.com.tr/tarih-boyunca-ay-yolculuklari-molatik-2702/?Sayfa=12

3.1 Galileo Galilei ve Teleskop

- Galileo Galilei (1564-1642), gökyüzünü incelmek üzere teleskop kullanan ilk kişidir.
- İlk teleskobunu 1609'da kendisi yapmıştır.



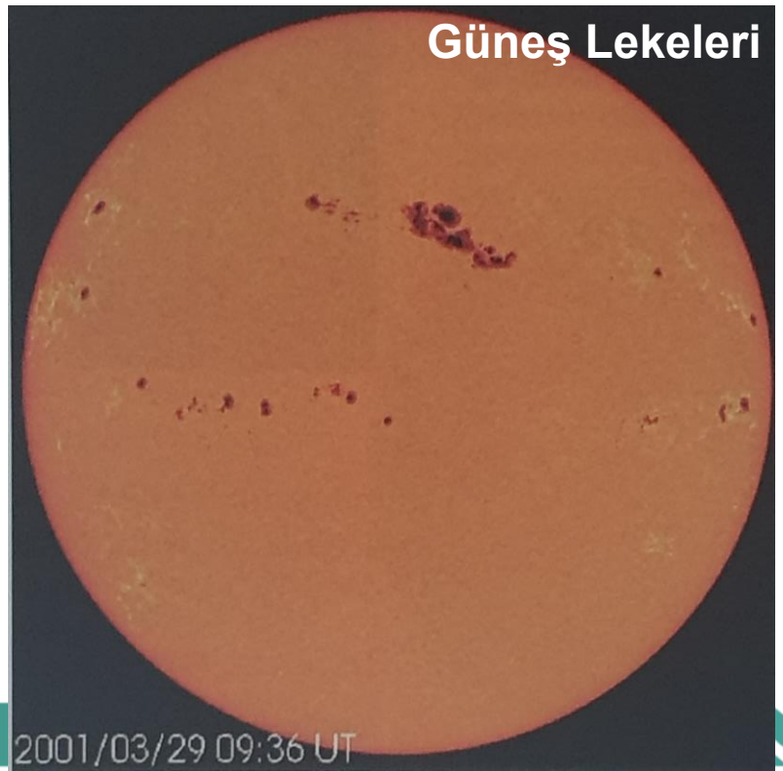
Galileo'nun teleskopla yaptığı gözlemler:

- Ay'ın yüzeyinde dağlar ve vadiler,
- Güneş lekeleri,
- Çıplak gözle görülene oranla çok sayıda yıldız,
- Jüpiter'in dört uydusu,
- Venüs gezegeninin ay gibi evreler göstermesi, evrelerin tam çevrimi.

Ay, Güneş ve Yıldızları Gözlemek

- İlk üç gözlem her iki evren modelini de tamamıyla dışlayacak hiçbir bilgi sunmaz.
- Ancak Yer merkezli teorinin temel varsayımları, «**Gök cisimleri ideal olmalı**», hakkında şüpheler üretir.
- Çıplak gözle görülemeyen çok sayıda yıldız olması Batlamyus modeline ve dolayısıyla İncil'e uymuyordu.
- İncil'e göre «Yıldızların gökyüzünde yerleştirilmesindeki yegane amaç yeryüzüne ışık tutmaktır».
- Bu nedenle Galileo zamanındaki bir çok insan teleskopla yıldızlara bakmayı reddetmiştir.

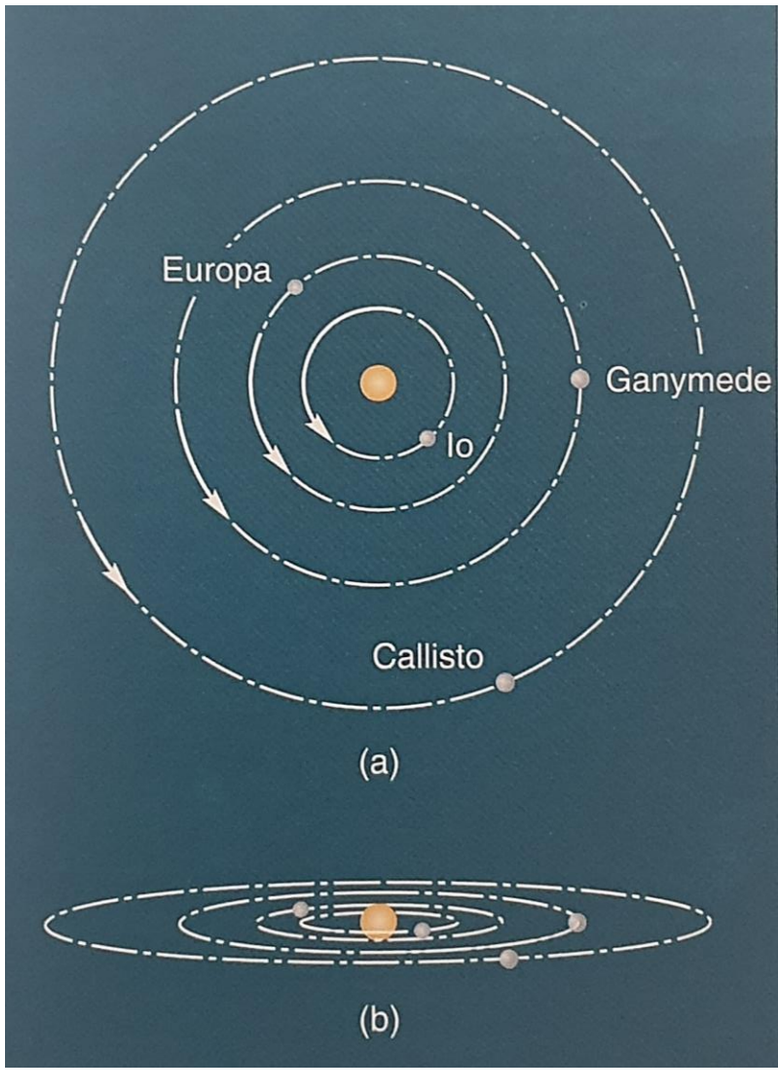




Jüpiter'in Uyduları

- Bugün bu dört uydu Jüpiter'in **Galileo ayları** olarak bilinmektedir.
- Batlamyus modeline göre, her şey, özel bir cisim olan Dünya'nın etrafında dolanmaktadır.
- Galileo'nun bu gözlemi durumun böyle olmadığını ima ediyordu.





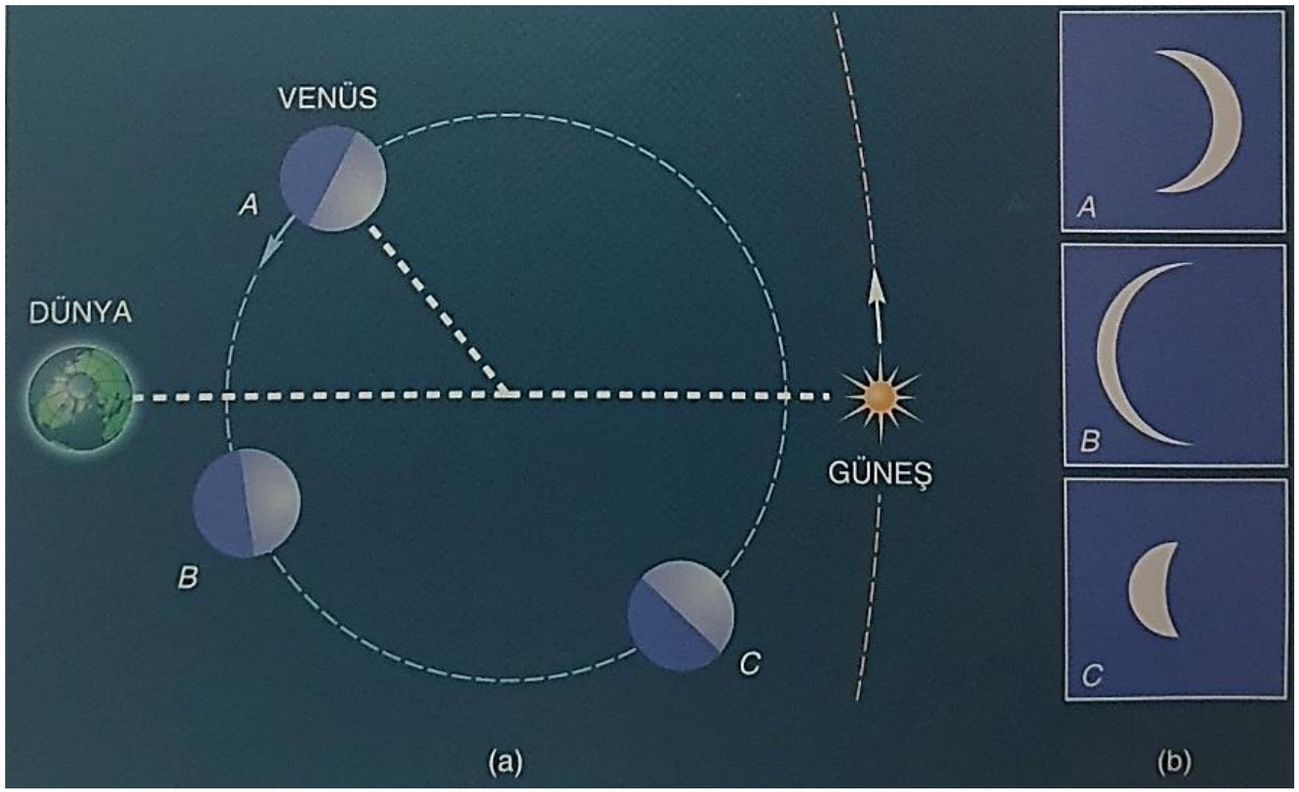
- Güneş merkezli sistemde ise her şey Güneş etrafında dolanmaktadır.
- Dünya'nın özel bir durumu yoktur.
- Ayrıca, Jüpiter'in uzayda uydularını geride bırakmadan hareket ediyor olması yer merkezli sisteme terstir.
- Yer merkezli sisteme göre, eğer Dünya uzayda hareket ediyor olsaydı Ay'ı geride bırakırdı.

Venüs'ün Evreleri

- Venüs çıplak gözle bir nokta olarak gözlenmektedir fakat Galileo'unun teleskobuyla evrelerin varlığı ortaya çıkmıştır.
- **Tam evre:** Bir gök cisminin aydınlanmış yüzünün tamamının görülebildiği evredir. (Ay'ın Dolunay evresi gibi)
- **Kambur evre:** Bir gök cisminin aydınlanmış yüzünün yarısından çoğunun görülebildiği evredir.
- **Hilal evre:** Bir gök cisminin aydınlanmış yüzünün yarısından azının görülebildiği evredir.

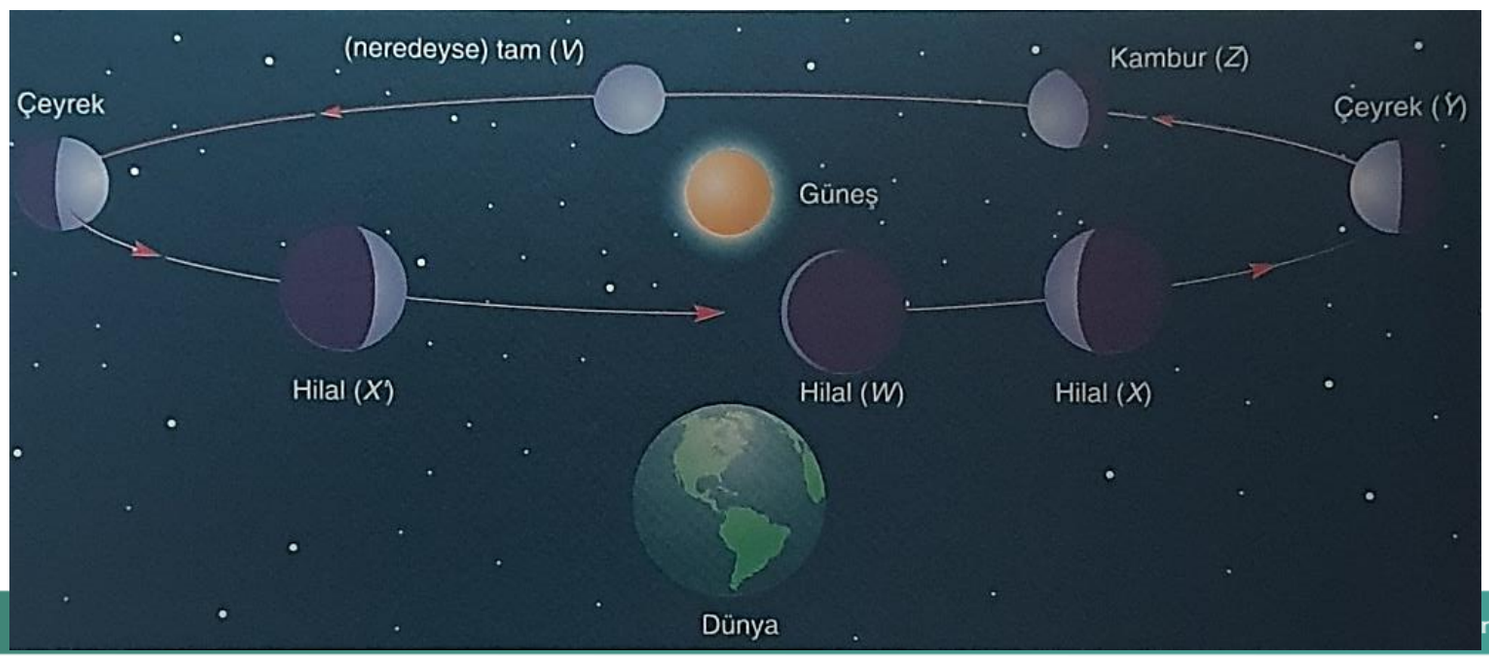


- Gözlemlere göre;
- Venüs her zaman ya sabah Güneş doğmadan önce doğu ufkunun üstünde ya da Güneş battıktan hemen sonra batı ufkunun üstünde görülebilir.
- Venüs hiçbir zaman ilerlemiş gece vakti başucuna yakın yüksekliklerde görülmez
- Batlamyus bu durumu Venüs yörüngesindeki çemberciğin merkezinin Güneş ile Dünya'yı birleştiren hat üstünde olmasıyla açıklamıştı.
- Batlamyus modeline göre Venüs'ün sadece hilal evresi görülebilir.

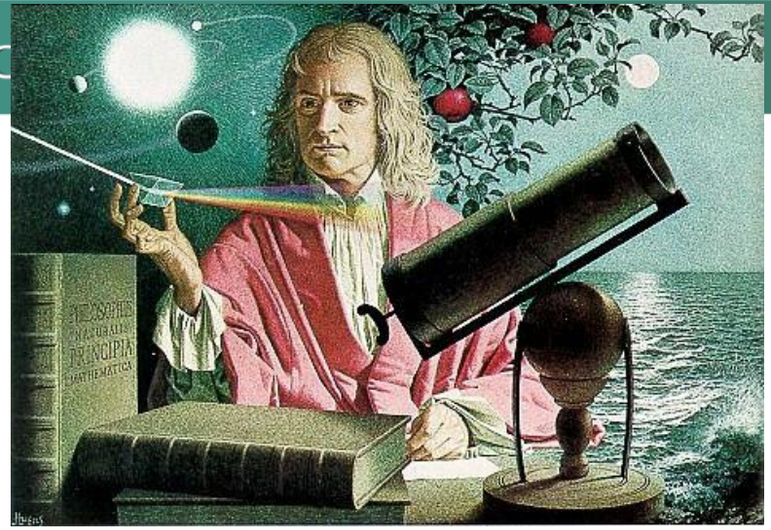


Batlamyus modeline göre Venüs'ün hareketi

- Kopernik'in güneş merkezli modeli görülen evrelerin hepsini açıklamaktadır.
- Nihayet Güneş merkezli sistemi Yer merkezli sisteme tercih ettirecek bir gözlemimiz var.
- Üstelik Venüs'ün gözlenen evrelerdeki büyüklüğünü ve evreler arasındaki korelasyonu da açıklamaktadır.
- Galileo ve Kepler doğa yasalarını ifade etmekte kullanılan yöntemlere yeni bir yön vermişlerdi. «Matematik yöntemler ile ölçülüp test etmek»
- Bugün, otorite yerine gözlem ve deneye bağımlı bilimin başlatılması ile ilgili övgü genellikle Galileo'ya verilir.
- Görüşleri nedeniyle Kilise tarafından yargılandı. Görüşlerinin yanlış olduğunu açıklayarak canını zor kurtardı.

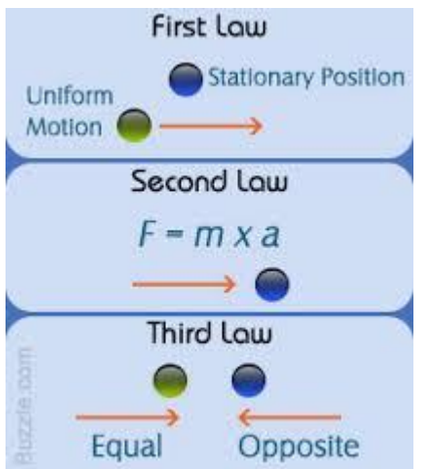


3.2 Isaac Newton'un Büyük Sentezi

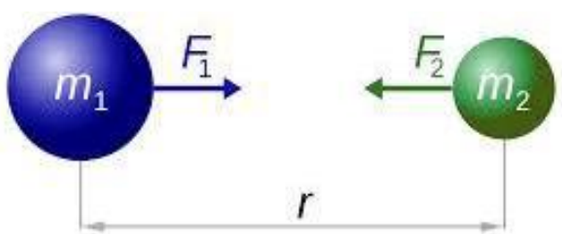


- **Isaac Newton (1642-1727):**
- Newton'un hareket yasaları

Newton'un İlk İki Hareket Yasası



- **Newton'un Birinci Yasası (Atalet Kanunu):** Bir cisme net bir dış kuvvet uygulanmadığı sürece, bu cisim duruyorsa durmaya hareketli ise sabit hızla hareketine devam edecektir.
- **Atalet (Eylemsizlik):** Cisimlerin hareket değişimlerine karşı koyma eğilimi.
- **İvme:** hızının yönünün ve büyüklüğünün değişiminin bir ölçüsüdür.
- **Kütle:** Bir cismin, ataletinin bir ölçüsüdür. Değişmez.
- **Ağırlık:** Dünya ile kütleçekimsel etkileşim sonucu hissedilen aşağı doğru bir kuvvettir.
- Kütle ve ağırlık aynı şey değildir.
- **Kuvvet:** Değişime sebep olan etkidir.



$$F_1 = F_2 = G\frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

- **Newton'un İkinci Yasası:** Bir cisme dışardan uygulanan kuvvet, cismi, cismin kütlesiyle ters ve uygulanan kuvvetle doğru orantılı olarak ivmelendirir.

Kuvvet = kütle × ivme **$F = ma$**

- Kuvvet ve ivme aynı yöndedir. Vektörel büyüklükler.
- Birimler: M K S (metre-kilogram-saniye), C G S (santimetre-gram-saniye)
- Hız: m/s
- İvme: m/s^2
- Kuvvet: Newton ($N = kg \times m/s^2$)

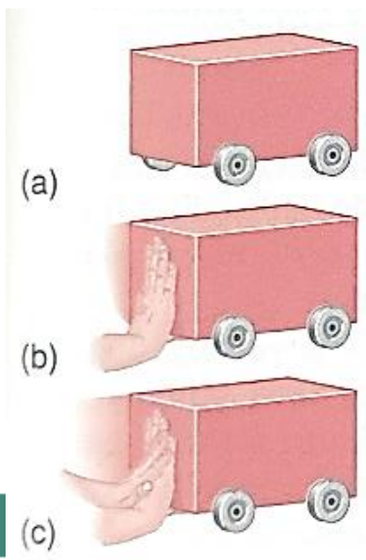
Ortaçağ 13-14 yy:

Aristoteles: hız = kuvvet / direnç, direnç sıfır olduğunda hız sonsuz olur.

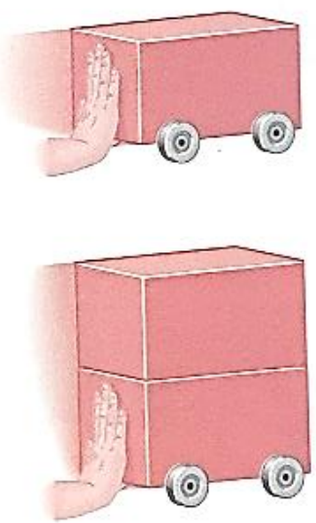
İbn Bâcce: hız = kuvvet – direnç

Bradwardine: hız = log (kuvvet / direnç) eğer kuvvet dirence eşitse hız sıfır olmalıdır.

- Oxford Üniversitesi'ndeki Merton Grubu ivme kavramına açıklık kazandırmıştır.
- Paris okulu Merton Grubu'nun sayı ile ifade etmeye çalıştığı değişme (ivme) olgusunu geometri ile ifade etmeye çalışmıştır.



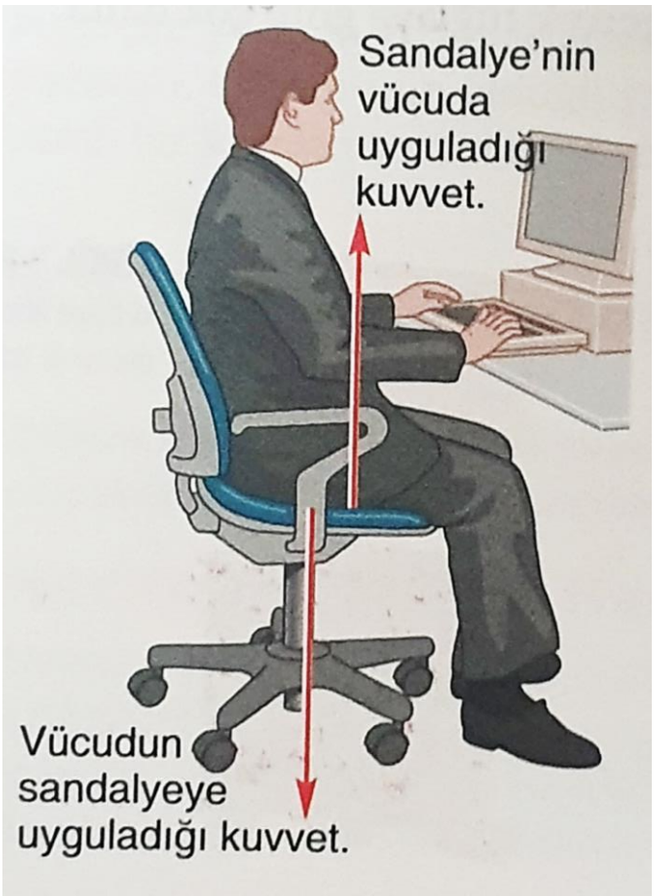
ŞEKİL 3-7 (a) Tekerlekli tuğla (b) ona kuvvet etki ederse ivmelenecektir. (c) İki misli kuvvet etki ederse, ivme de iki misli olacaktır.



ŞEKİL 3-8 Aynı miktardaki kuvvet, iki misli kütleye ancak bir kütlenin ivmesinin yarısı kadar ivme kazandırır.

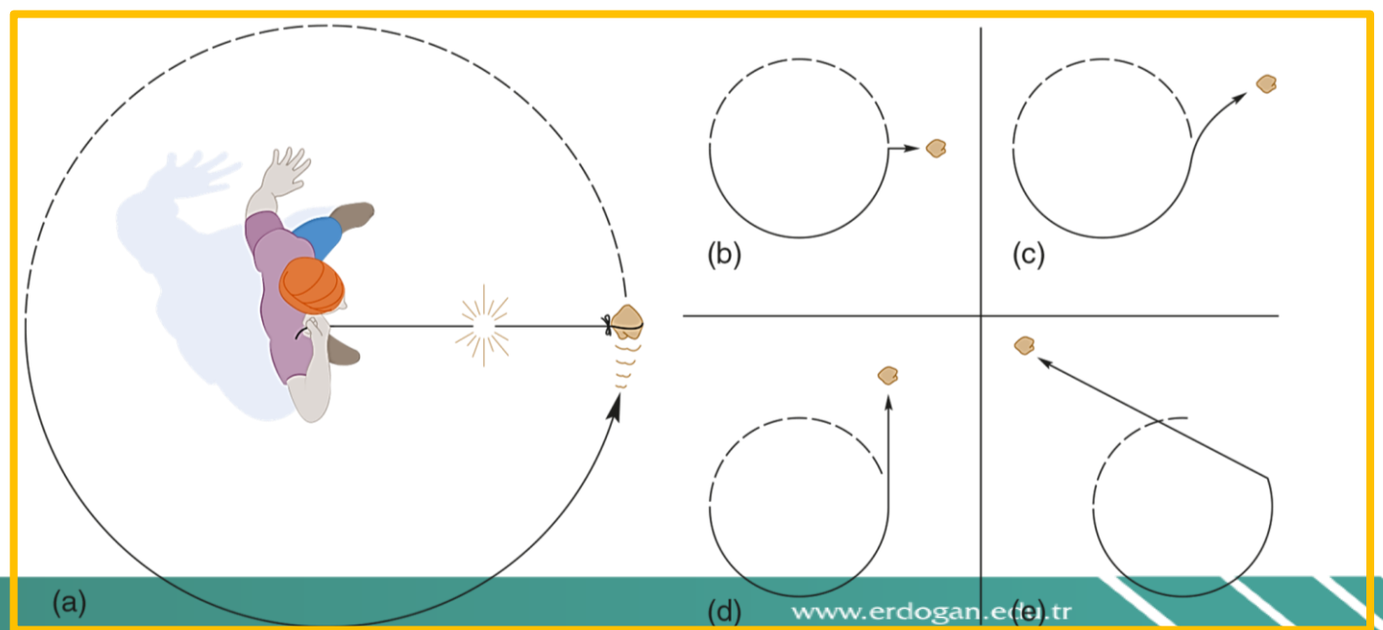
Newton’un Üçüncü Yasası

- **Newton’un Üçüncü Yasası:** X cismi Y cismine kuvvet uygularsa Y cismi de X cismine eşit ama ters yönde bir kuvvet uygular.
- Tek ve izole edilmiş bir kuvvet yoktur.
- Kuvvetler her zaman çift olarak ortaya çıkar.
- Bu kuvvetler birbirini yok etmez.
- Çünkü ikisi de farklı cisimler uygulanmaktadır.



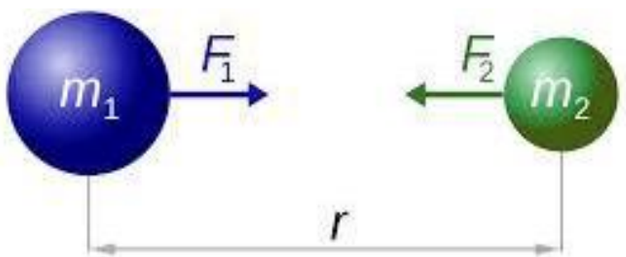
3.3 Dairesel Hareket

- Ucunda taş bağlı bir ipi döndürdüğümüzde taşa merkeze doğru bir kuvvet uygularız.
- **Merkezcil kuvvet:** Bir cismi eğrisel hareket ettirmek için merkeze doğru uygulanan kuvvettir.
- Bu bir çeşit yeni bir kuvvet değildir. İpteki gerilme kuvveti, virajlı yolda tekerleğe uygulanan sürtünme kuvveti, coulomb kuvveti…
- Dönme hızı sabit ise kuvvetin oluşturduğu ivme nerededir?
- Hızın büyüklüğü sabit yönü değişir. Yön değişimi ivme oluşturur.
- Bu ivme merkeze doğrudur.
- İp koptuktan sonra taş hangi yönde ilerler?



3.4 Evrensel Kütleçekim Yasası

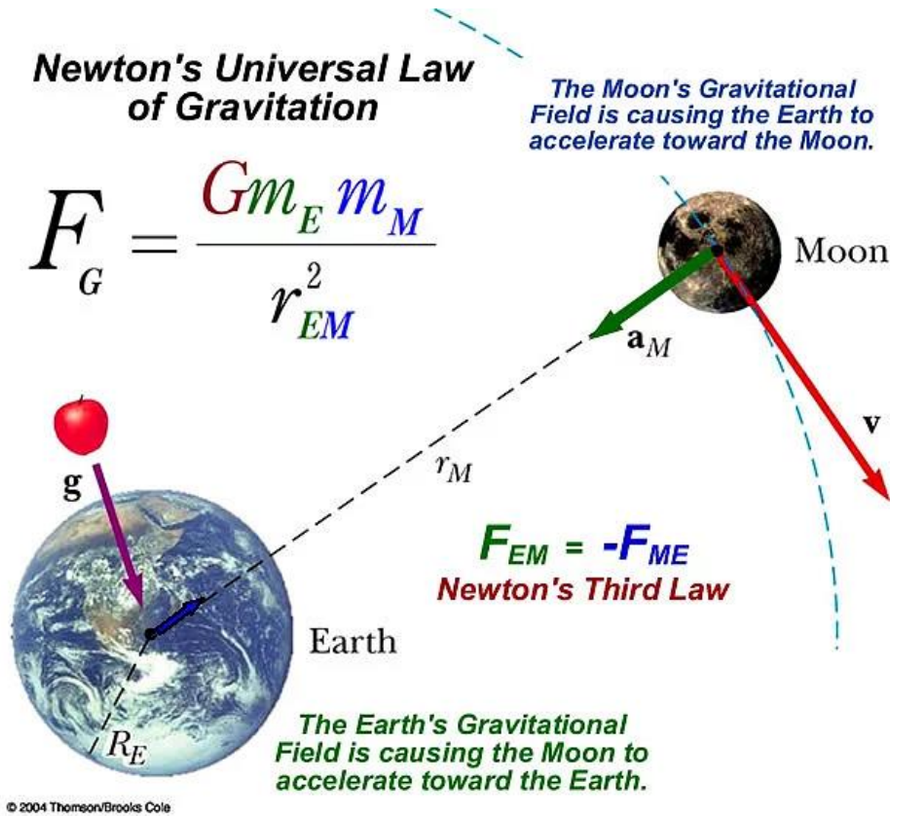
- Newton'un üç hareket yasasının astronomideki önemi Newton'un evrensel «çekim yasası» ile birleştiğinde ortaya çıkar.
- **Evrensel Kütleçekim Yasası:** İki cisim arasında bir çekim kuvveti vardır. Bu kuvvetin büyüklüğü, her bir nesnenin kütlesi ile doğru, nesnelerin merkezleri arasındaki mesafenin karesi ile ters orantılıdır.
- Newton yasaları yayınlandıktan 100 yıl sonra Henry Cavendish laboratuvarda sıradan iki cisim arasındaki kütle çekim kuvvetini ölçmeyi başardı.
- Kütle çekim sabitini, $G = 6{,}67\times10^{-11}\ N\ m^2/kg^2$ olarak belirledi.



$$F_1 = F_2 = G\frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

- Aristo'ya göre Dünya'ya ait yasalar gök cisimlerine uygulanamaz.
- Newton Dünya'ya ait yasaların gök cisimlerine de uygulanabileceğini ispatladı.
- Newton'a göre cisimlerin yere düşmesini, gezegenlerin dairesel yörüngelerde durabilmesini sağlayan bu kuvvettir.
- Bu sonuçlar Kepler yasalarının da neden işlevsel olduğunu açıklar.
- **Ağırlık:** Cismin konumlandığı noktada cisim ile gezegen arasındaki kütleçekimsel kuvvettir.

- Bir cismin kütlesi bir konumdan diğer konuma değişmez fakat ağırlığı değişir.
- Yeryüzünde 5,5 kg olan bir cisim Ay yüzeyinde 900 gram olur.



https://onedio.com/haber/mutlaka-bilmeniz-gereken-12-bilimsel-teori-ve-kanun-625351

Örnek: Dünya'yı güneş etrafında yörüngede tutmak için gerekli olan kuvvet (F_{DG}), Ay'ı dünya etrafındaki yörüngesinde tutmak için gerekli kvvet (F_{AD}) ile karşılaştırabilmek için Newton yasasını uygulayalım.

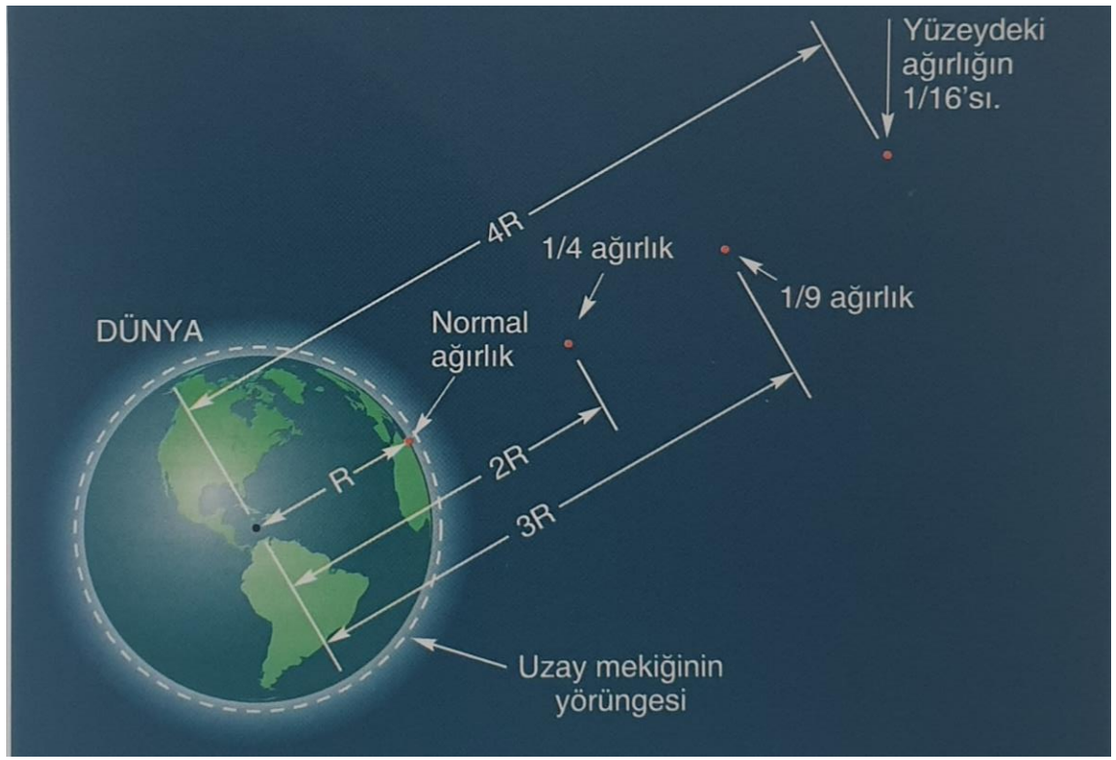
- $F_{DG} = G\frac{m_D m_G}{d_{DG}} = 6{,}67 \times 10^{-11}\frac{N\cdot m^2}{kg^2}\cdot\frac{5{,}97\times10^{24}\ kg\ \times 1{,}99\times10^{30}\ kg}{(1{,}50\times10^{11}\ m)^2} = 3{,}52\times10^{22}\ N$
- $F_{AD} = G\frac{m_A m_D}{d_{AD}} = 6{,}67 \times 10^{-11}\frac{N\cdot m^2}{kg^2}\cdot\frac{7{,}35\times10^{24}\ kg\times 5{,}97\times10^{24}\ kg}{(3{,}84\times10^{8}\ m)^2} = 1{,}98\times10^{20}\ N$
- $\frac{F_{DG}}{F_{AD}} = 180$

Bir de siz deneyin:

Dünya üzerindeki bir noktanın merkezden uzaklığı yaklaşık 6400 km'dir. Bir astronotun ağırlığı 73 k'dır. bu, Dünya tarafından astronota uygulanan çekim kuvvetidir. Dünya yüzeyinden 300 km daha yükseğe çıksaydı, astronota uygulanan çekim kuvveti ne olurdu? Bulduğunuz cevabı göz önünde bulundurup, Dünya yüzeyinden 300 km yüksekteki bir yörüngede dolanan uzay mekiği içindeki astronotların kendilerini ağırlıksız hissetmelerini nasıl açıklarsınız?

Evrensel Kütleçekim Yasasına Ulaşmak

- **Newton evrensel çekim yasasına nasıl ulaştı?**
- Uzaydaki iki cismin birbirini çekeceğini ilk defa 1609'da Kepler önermişti
- Bu kolaylıkla test edilebilir:
- «10 kg'lık cismin kütlesi 5 kg'lık cismin kütlesinin iki katıdır, Ağırlığı da aynı şekilde iki katıdır. Newton'un üçüncü yasasını da dikkate aldığımızda kütle çekim kuvvetinin etkileşen iki cismin kütleleri ile orantılı olması beklenen bir sonuçtur.»
- **Kütleçekim kuvvetinin uzaklıkla ilişkisini test etmek:**
- Newton'un zamanında konum ile ağırlık değişimini ölçebilecek yeterince hassas aletler yoktu. Cisimleri çok yukarı çıkarma imkanı da yoktu.
- Newton bu iş için Ay'ı kullandı, doğrudan kuvvetleri ölçmek yerine kuvvetlerin ürettiği ivmeleri karşılaştırdı.
- Ay'ın Dünyadan uzaklığı: 60 dünya yarıçapı
- Ay'ın sideral periyodu: 27,3 gün
- Ay'ın merkezcil ivmesi: 0,0027 m/s^2 (yer yüzündekiçekim ivmesi 9,8 m/s^2), ikisinin oranı $1/60^2$



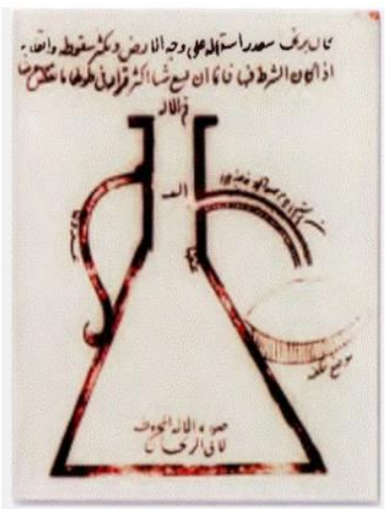
El-Bîrûnî (973-1048)

- Ölçü ve tartı aletleri (Denge)
- 'dünyanın döndüğü' fikrini El-Biruni savundu.
- Yer çekimi kuramı üzerine ilk fikirleri El-Biruni ileri sürdü. Dünya dönüyorsa, ağaçlar ve taşların neden fırlamadığı sorusuna, merkezde bir çekicilik olduğu ve her şeyin dünyanın merkezine düştüğü cevabını verdi.
- The UNESCO Courier dergisi, 1974 yılında çıkardığı sayıyı El-Biruni'ye ayırdı. El-Biruni'yi "Bin yıl önce, Orta Asya'da yaşamış evrensel deha" olarak tanıttı.

• Bîrûnî, bazı cisimlerin yoğunluklarını aşağıdaki şekilde tespit etmiştir. Bu tespit edilen değerlerle, bugün tespit edilen değerlerin aşağı yukarı aynı olduğu görülmektedir.

Maddenin cinsi	Birûnî ye göre	Bugünkü değere göre
Altın	19.26	19.26
Civa	13.74	13.59
Kurşun	11.40	11.35
Bakır	8.92	8.85
Pirinç	8.67	8.40
Demir	7.82	7.79
Kalay	7.22	7.29

• Çağdaş laboratuvarlardaki pikometrenin ilk örneği sayılabilecek aygıtı kendisi tasarlayıp yapmıştır.Bu aygıt boyun kısmında musluğa benzer bir taşma borusu bulunan konik bir kaptır.Su doldurulmuş bu kaba atılan cismin taşırdığı su borunun altındaki daha küçük bir kaba doluyor ve hassas bir teraziyle ölçüldüğünde cismin özgül ağırlığı kolayca hesaplanabiliyordu .



Birûnî'nin icat ettiği ve "mahtuti" adını verdiği pikometrenin model çizimi



3.5 Newton Yasaları ve Kepler Yasaları

- Kepler yasaları doğanın temel yasalarından türetilmemiştir; bu yasalar, işlerlikleri görüldüğü için kabul edilmiştir.
- Newton, Kepler yasalarını ispatlamakla kalmamış, onları daha da genişletmiştir.
- Tablo hareket çeşitlerini Newton tarafından analiz edildikleri gibi özetlemektedir.

TABLO 3-1

Hareket Tipleri (Özet)

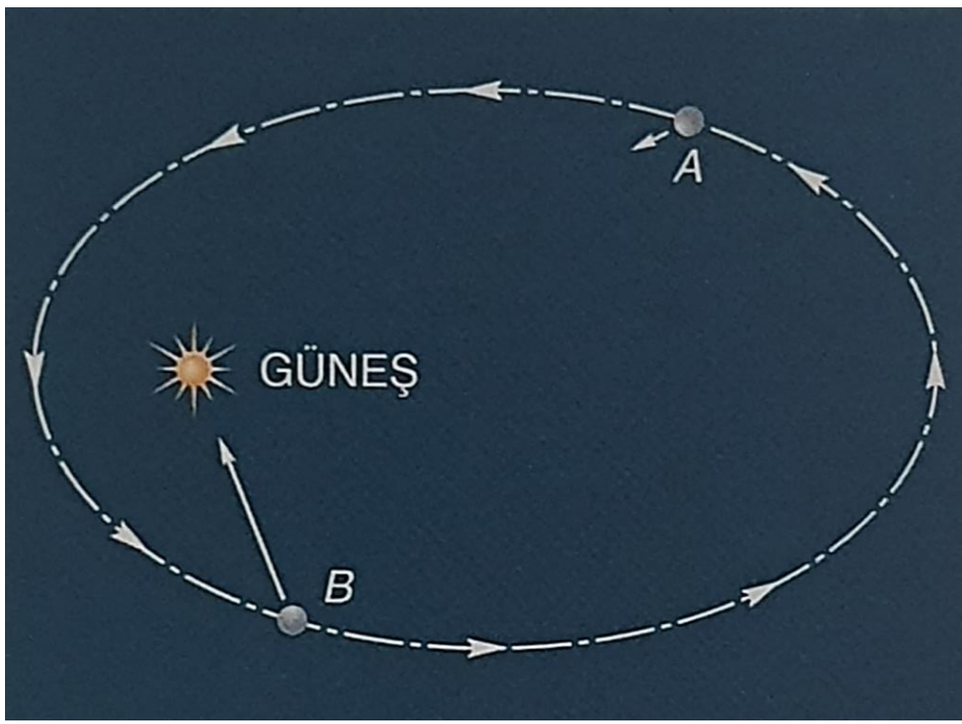
Hareket	İvme Tipi	Kuvvet ve İvme Yönü
Doğrusal	Sürat değişimi	Öne doğru (süratlenme) Geriye doğru (yavaşlama)
Dairesel	Yön değişimi	Daire merkezine doğru
Yörüngesel	Hız ve sürat değişimi	Yörünge hareketine sebep olan cisme doğru

- Newton'un büyük ilham kaynağı: Kütleçekimin yerde ve gökte aynı şekilde çalıştığı fikri.
- Dünya üzerinde bulunan Doğa kanunlarını evrenin başka yerlerinde de aynen uygulayabileceğimiz düşüncesi bugün astrofiziğin temel bir varsayımıdır.
- Newton diferansiyel ve integral hesap kullanarak, bir gezegenin yörüngesinin odaklarından birinde Güneş bulunan bir elips olacağını göstermiştir. Kepler'in birinci yasasının ispatı.
- Newton aynı zamanda aralarında çekim kuvveti varsa, hareketsiz bir nesne (yıldız gibi) ve herhangi hareketli bir cisim (kuyrukluyıldız gibi) söz konusu olduğu zaman, cismin yörüngesinin eliptik, parabolik veya hiperbolik olabileceğini göstermiştir.



http://fenbilgiyuvasi.blogspot.com/2015/11/kepler-yasalar-ve-diger-yasalar.html

- Newton, Kepler'in ikinci yasasının da, yörüngesi Güneş'in etrafında olan bir cisim üzerindeki kütleçekimsel kuvvetin yönünün her zaman Güneş'e doğru olması gerçeğinden kaynaklandığını göstermiştir.
- Gezegen A noktasında olduğu zaman, hareketi Güneş'e yaklaşma olarak ifade edilebilir.
- Çekim kuvveti gezegen yörüngesine dik değildir.
- Yani bu kuvveti merkezcil kuvvet olarak tanımlamak doğru olmaz.
- Ayrıca merkezcil kuvvetin tek bir etkisi vardır: cismi yörüngede tutmak.
- Oysa çekim kuvvetinin iki etkisi vardır: gezegenin hareketinin eğri olmasına ve hızlanmasına sebep olmak.
- B noktasında gezegen Güneş'ten uzaklaşmaktadır.
- Bu noktada çekim kuvveti gezegeni hem geriye hem de yana doğru çekmekte, böylece onu yavaşlattığı gibi yörüngesini de eğmektedir.
- Böylece görüyoruz ki çekim kuvveti, gezegen Güneş'e yaklaşırken onu hızlandırmakta, uzaklaşırken yavaşlatmaktadır.



- Son olarak, Newton, hareket ve kütleçekim yasalarını kullanarak Kepler'in üçüncü yasasını, birbiri etrafında yörüngesi olan herhangi iki cisim için genelleştirmiştir.
- **Çift sistem:** Karşılıklı çekim kuvvetleri sayesinde birbiri etrafında yörüngelerde dolanan iki cisimli bir sistem.
- yörüngesi Güneş'in etrafında olan bir cisim üzerindeki kütleçekimsel kuvvetin yönünün her zaman Güneş'e doğru olması gerçeğinden kaynaklandığını göstermiştir.

$$\frac{a^3}{P^2} = \frac{G}{4\pi^2} \cdot (m_1 + m_2)$$

- P: yörüngenin periyodu
- a: yörüngenin yarı büyük ekseni
- Bir başka versiyon:

$$\frac{a^3(AB)}{P^2(yıl)} = \frac{m_1 + m_2}{m_{Güneş}}$$

- Güneşin kütlesi çok büyük olduğundan sağ taraf yaklaşık 1'e eşit olur. Bu da Kepler'in orijinal versiyonudur.

Örnek: şimdi gelin birbiri etrafında dolanan iki yıldızı inceleyelim. Gözlemlere göre bu sistemin yörünge periyodunun 4 yıl ve iki yıldız arasındaki ortalama uzaklığın da 8 AB olduğunu farz edelim. Bu sayıları Kepler'in üçüncü yasasında yerine koyarsak,

$$\frac{8^3(AB)}{4^2(yıl)} = 32 = \frac{m_1 + m_2}{m_{Güneş}}$$

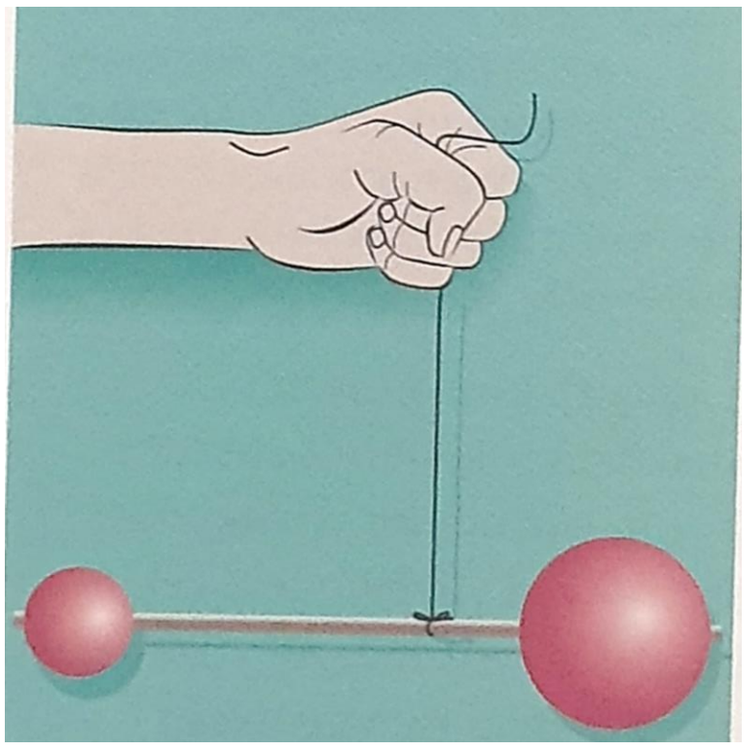
İki yıldızın toplam kütlesi Güneş'in kütlesinin 32 katıdır.

Bir de siz deneyin:

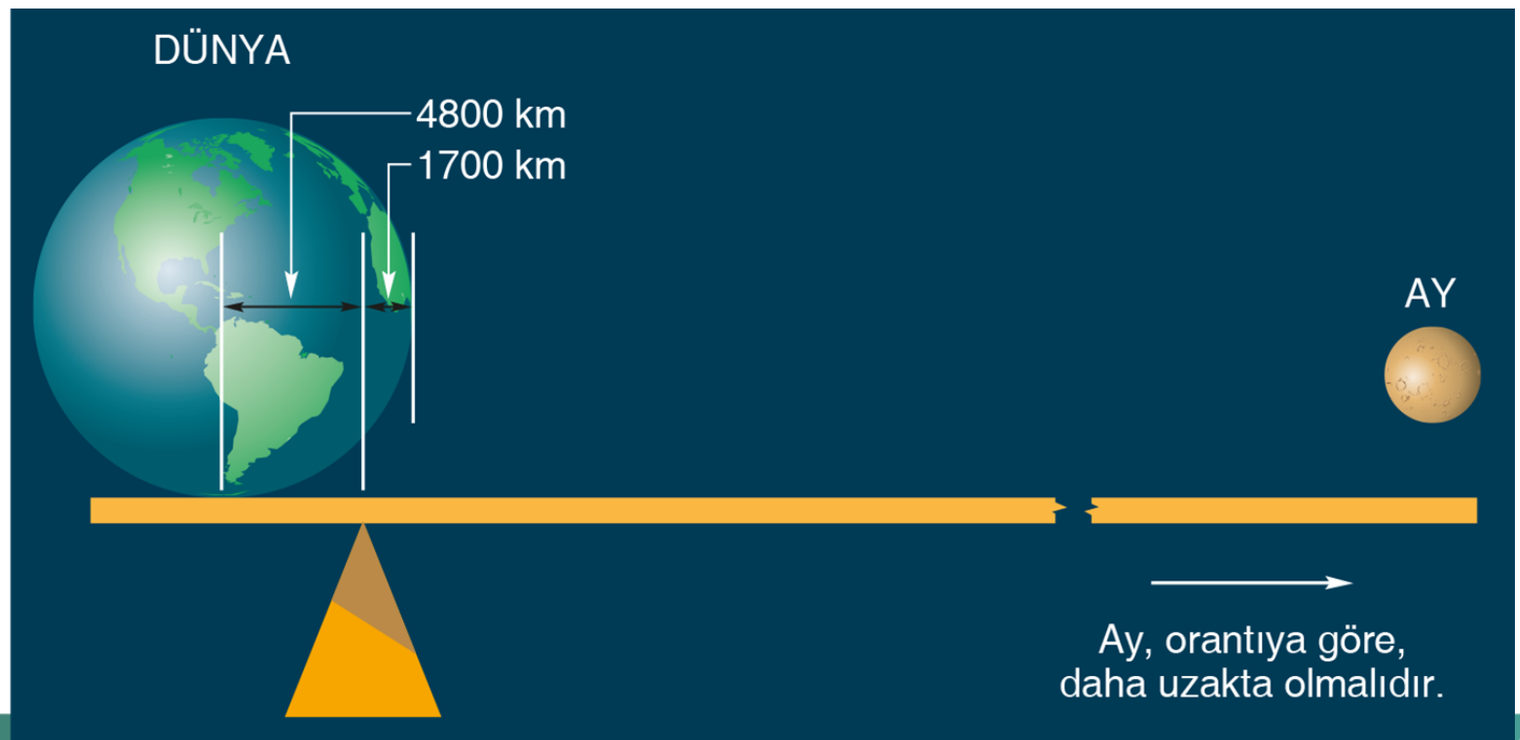
Bir yapay uydu Ay etrafında yörüngededir. Periyodu P = 11,5 saat (veya $1{,}3 \times 10^{-3}$ yıl) ve Ay merkezinden ortalama uzaklığı 5960 km'dir (veya 4×10^{-5} AB). Ay'ın kütlesi nedir?

3.6 Yörüngeler ve Kütle Merkezi

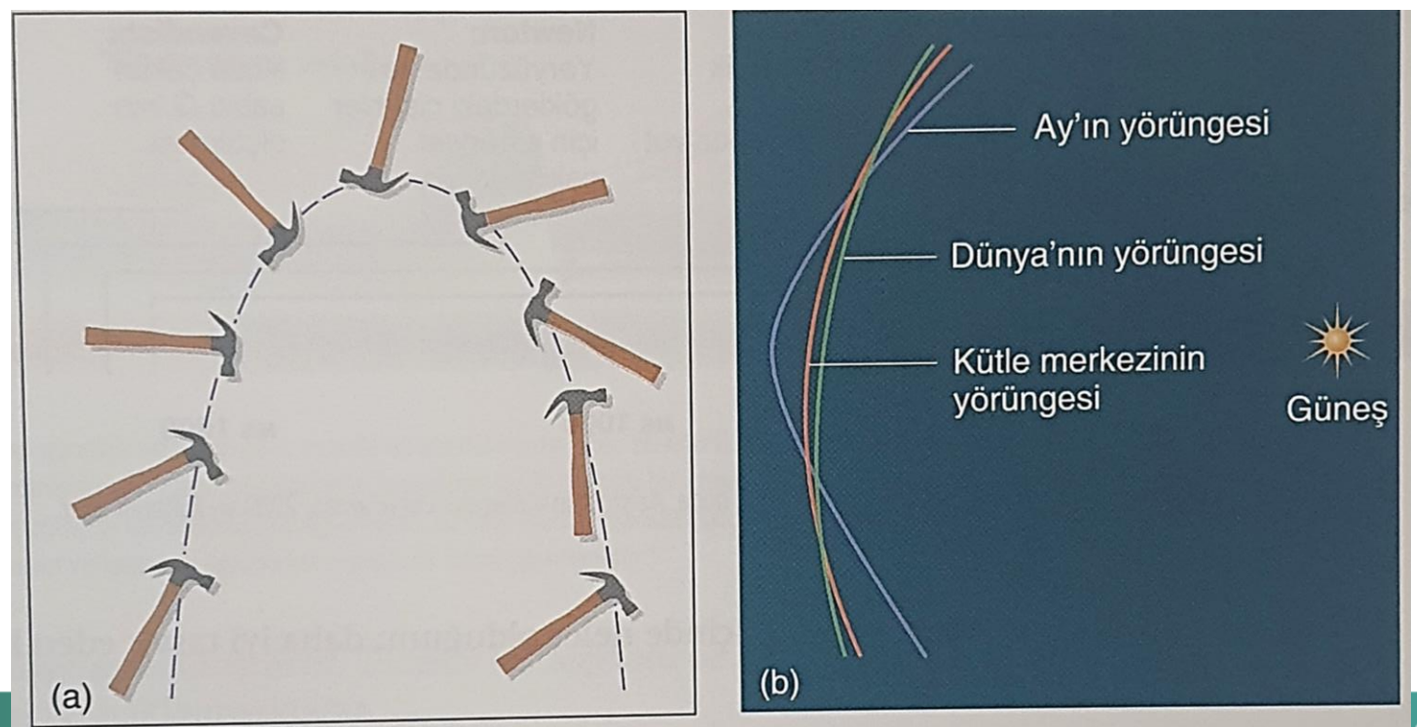
- **Kütle merkezi:** Bir sistemdeki kütlelerin, bu noktadan uzaklıklarına göre ağırlıklı olarak belirlenmiş orta noktası.
- Yörünge hareketlerinde, cisimlerden birinin yerinin sabit olduğu, diğerinin de onun etrafında döndüğü beklentisi içine girmeyelim.
- Her iki cisim de kütle merkezi etrafında dolanırlar.
- Kütle merkezi büyük olan cisme daha yakındır.
- Kütle merkezinin konumu cisimleri kütleleri ile ters orantılıdır.
- Örneğin A cisminin ağırlığı 50 kg B cisminin ağırlığı 150 kg olsun.
- Bu iki cisim arasındaki kütle merkezinin A'ya göre konumu B'ye olan uzaklığın 3 katı olacak şekildedir.



- Gezegen ve Güneş, bir bakıma, çubukla birbirine bağlanmış toplar gibidir.
- Onları birbirine bağlayan kütleçekim kuvvetidir.
- **Güneş-Dünya:** Güneş'in kütlesi Dünya'nın kütlesinin 330 000 katıdır. Bu nedenle sistemin kütle merkezi neredeyse Güneş merkezindedir denilebilir.
- **Dünya-Ay:** Dünya kütlesi Ay kütlesinden 81 kat büyüktür. Bu durumda kütle merkezi (Aydan 380 000 km) dünyanın merkezinden 4800 km uzaklıktadır. Veya Dünya yüzeyinin 1700 km altındadır.



- Dünya-Ay sisteminin kütle merkezi bilgisinden faydalanarak Ay'ın kütlesi hesaplanabiliyordu.
- Günümüzde Ay'ın kütlesi yakınından geçirilen uzay araçlarına yaptığı çekim etkisi ölçülerek daha duyarlı bir şekilde hesaplanabilmiştir.
- Kütle merkezi yöntemi yıldız kütlelerini bulmamızı mümkün kılar.
- Sonuç olarak dış kuvvet etkisindeki sistem, tüm kütlesi kütle merkezinde toplanmış gibi hareket eder.
- Örneğin, Dünya-Ay sisteminin kütle merkezi Güneş etrafında dolanırken eliptik bir yol izler.



Örnek:

Önceki örnekte, çift yıldız sisteminin toplam kütlesinin 32 Güneş kütlesi olduğunu bulmuştuk.

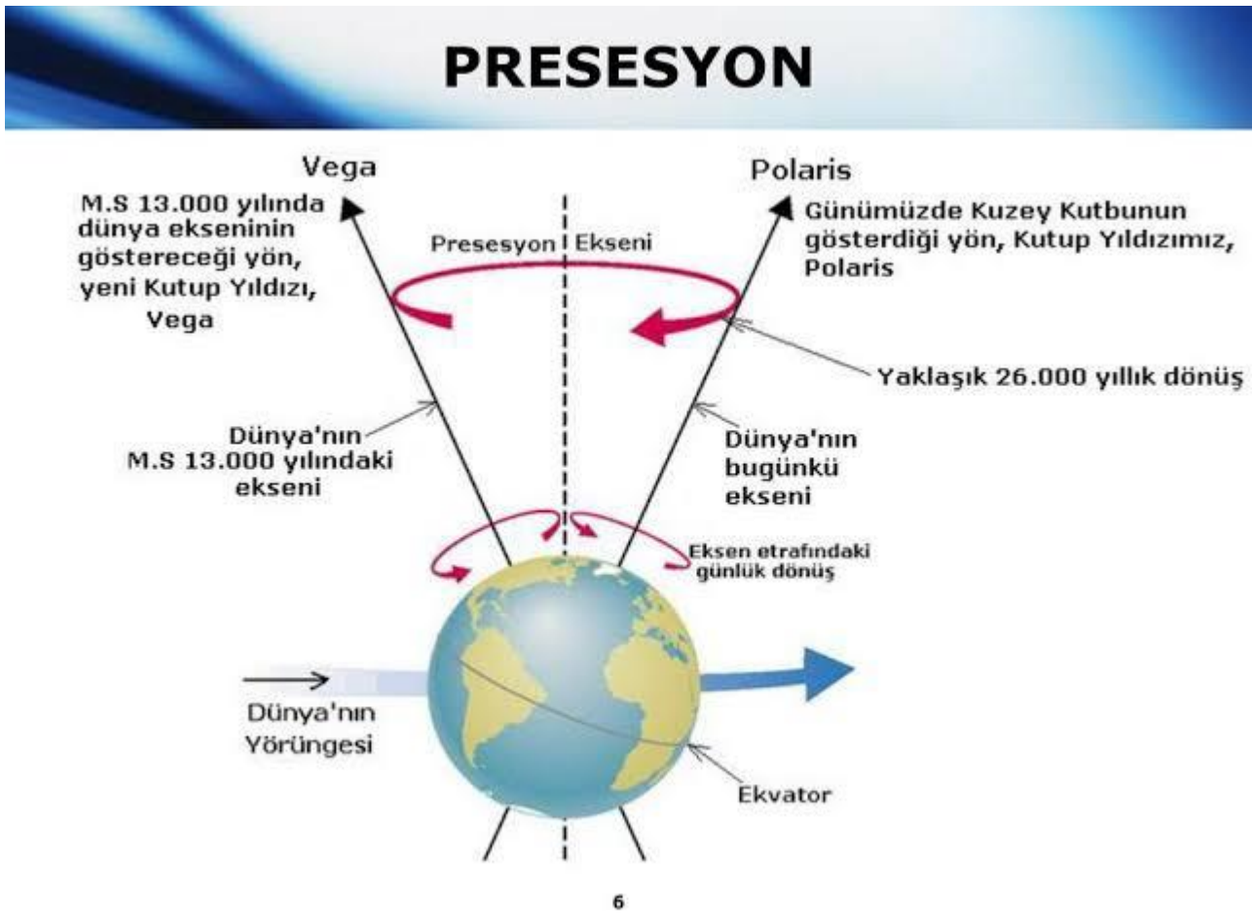
Farz edelim ki gözlemler yıldızlardan birinin (X yıldızı) sistemin kütle merkezinden diğer yıldıza göre (Y yıldızı) üç defa daha uzakta olduğunu göstersin.

Bu nedenle, Y yıldızı X yıldızına göre üç defa daha büyük kütleye sahiptir.

Sonuç olarak biz de X yıldızının kütlesinin 8, Y yıldızının kütlesinin de 24 Güneş kütlesi olduğunu buluruz.

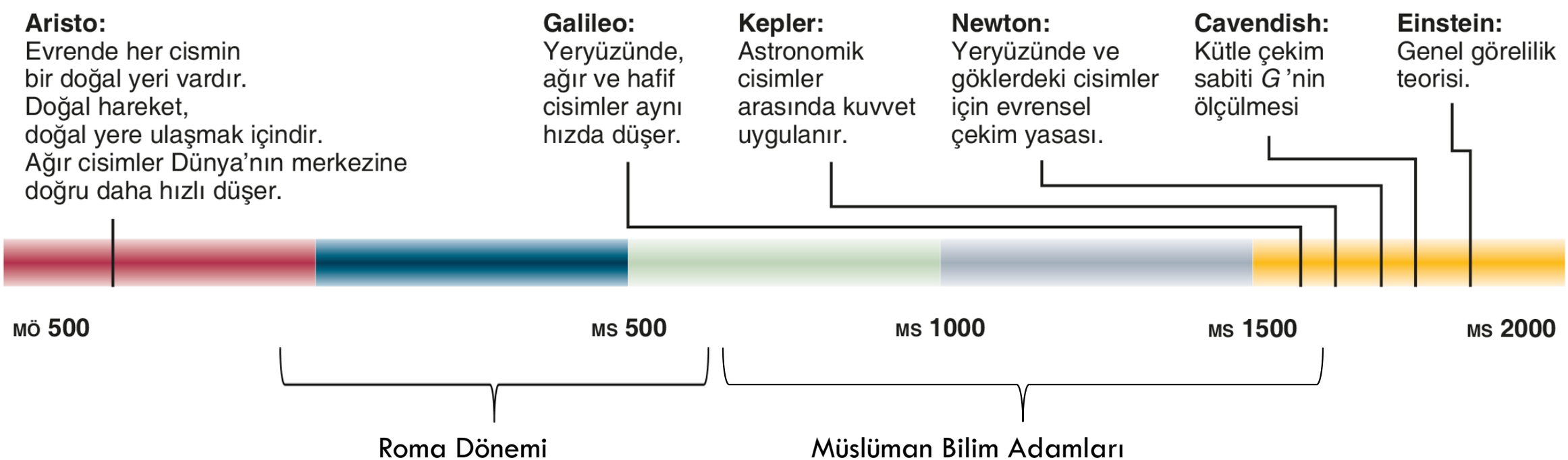
3.7 Newton'un Ötesi

- Newton düşüncesi daha birçok gözlemi açıklamıştır:
  - Dünyanın presesyon hareketi,
  - Gelgit olayları
  - Neptün gezegeninin varlığı
  - Halley kuyruklu yıldızının geri geleceğini öngörmede kullanılmıştır.

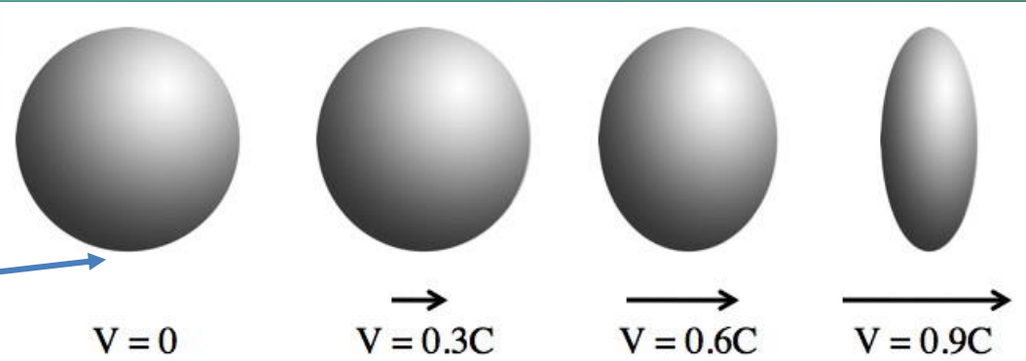


3.7 Newton'un Ötesi

- Ancak, 20. yüzyılda Newton yasaları da (Newton mekaniği veya klasik mekanik) her durumda uygulanabilir değildir.
- **Einstein'in özel ve genel görelilik teorileri:** yüksek hızlarda ve kütle çekim kuvvetinin çok yüksek olduğu yerlerde.
- **Kuantum mekaniği:** Atomun içinde neler oluyor.

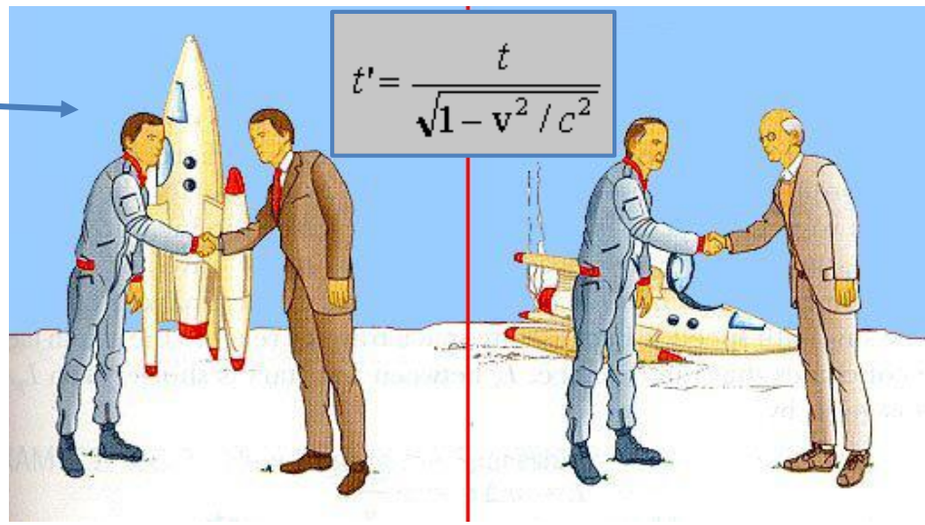


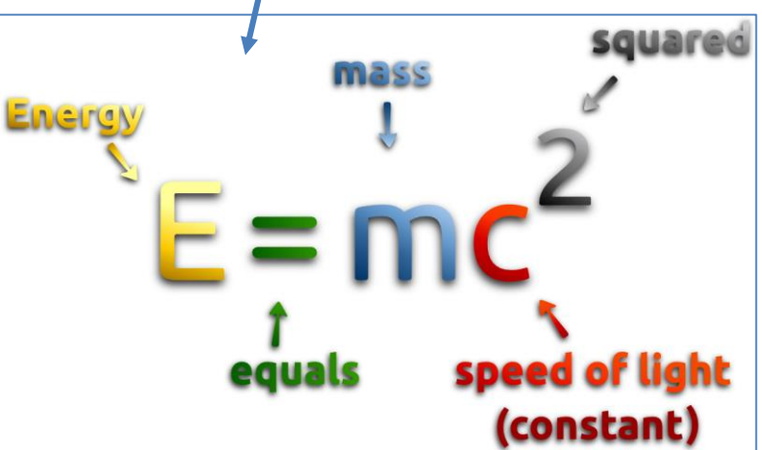
3.8 Genel Görelilik Teorisi

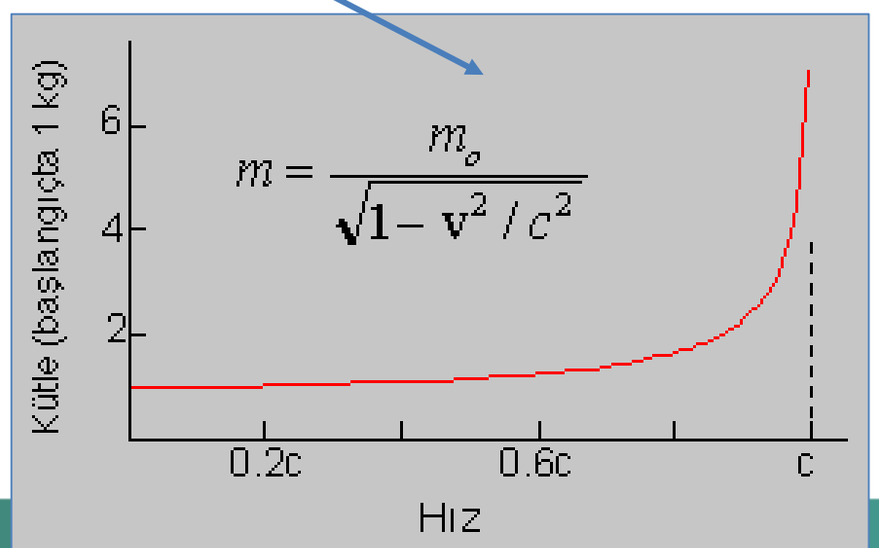


Özel Görelilik Kuramı: 1905 Einstein. Işık hızına yakın hızlarda:

- Uzunluk kısalır.
- Zaman uzar.
- Kütle artar.
- Madde enerjiye enerji de maddeye dönüşebilir.

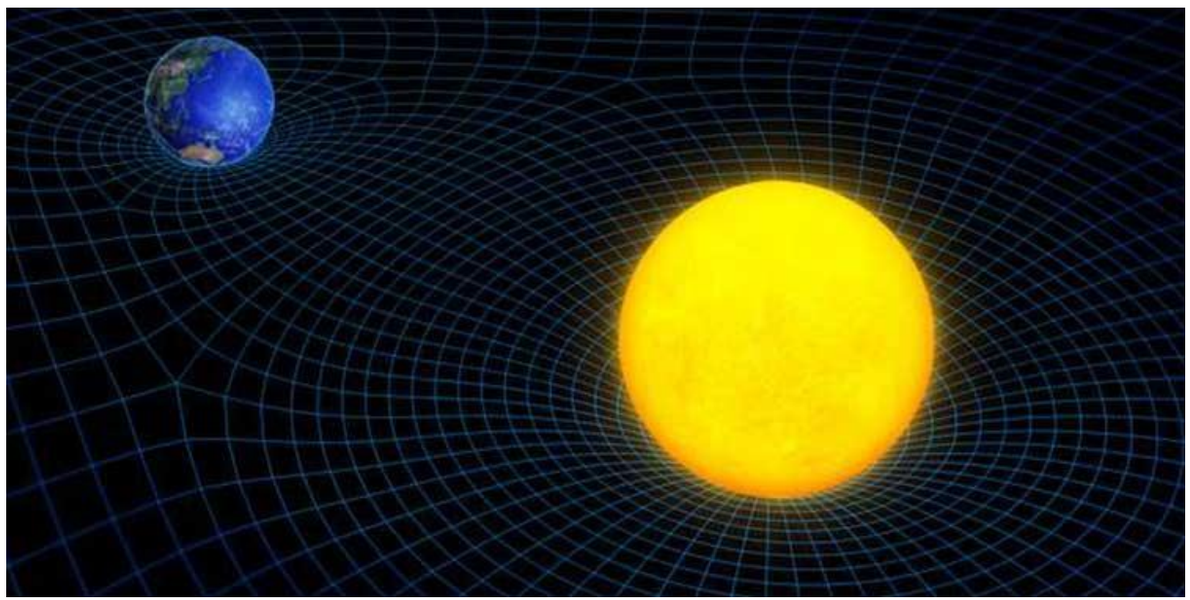


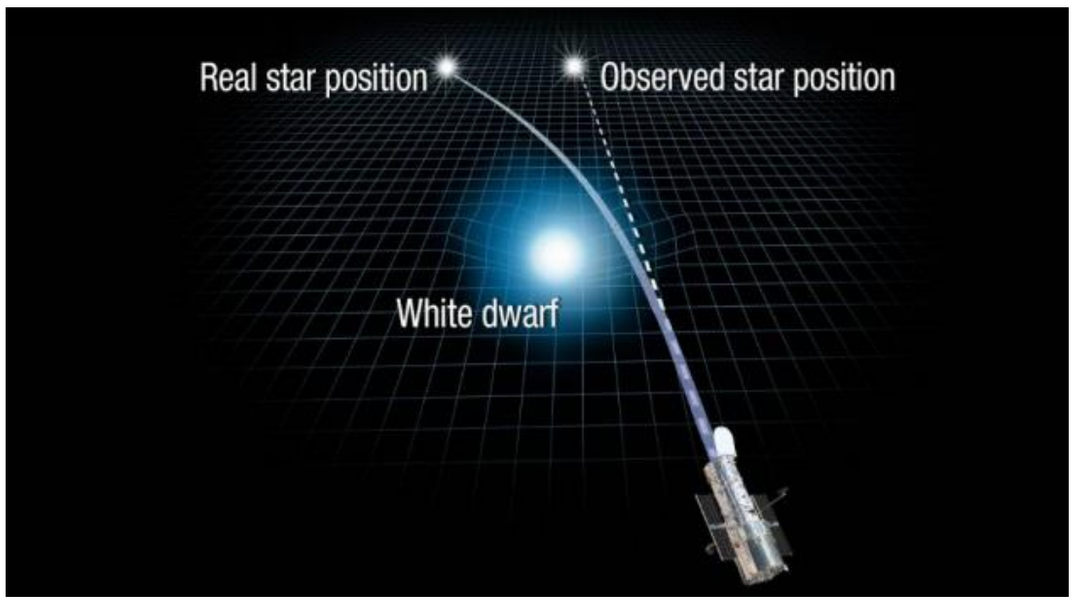




Genel Görelilik Kuramı: 1915 Einstein. İvmeli hareket eden sistemler için geliştirilmiştir. Bu kurama göre:

- Yerçekimi uzayın geometrik yapısının bir özelliğidir.
- Büyük bir kütlenin bulunduğu yerde uzayın yapısı düzgünlüğünü kaybeder ve bir çekim alanı meydana gelir.





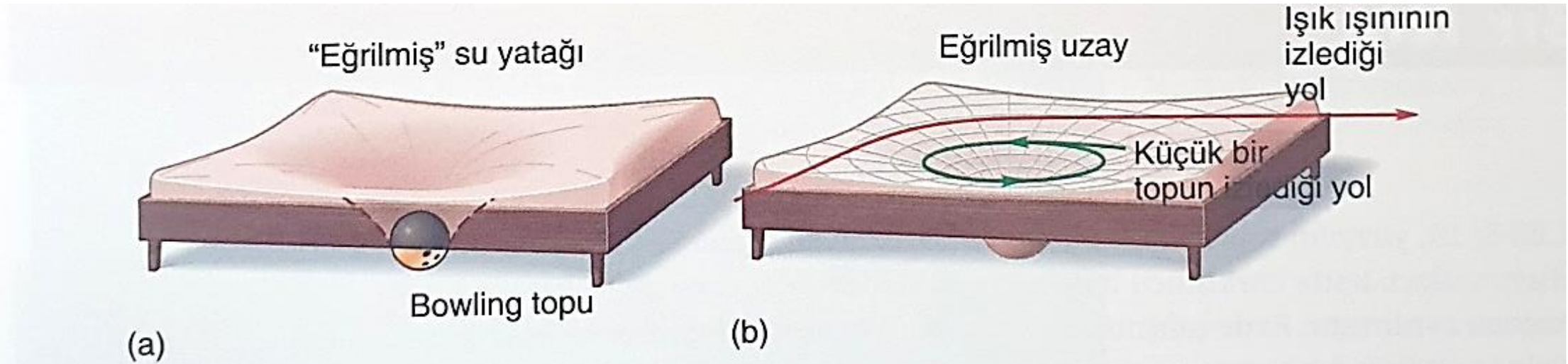
- Genel görelilik teorisi kütleçekim ve ivmenin eşdeğer olduğuna dair bir ifadeyle başlar ve kütleçekim olayına bakışımızda köklü bir değişiklik yapar.
- Uzay gemisinin hızlanmasının sebep olduğu düşme ile kütle çekim sebebiyle düşme arasında bir fark hissedilmez.
- **Eşdeğerlik ilkesi:** İvmelenme etkisinin kütleçekimsel etkiden ayırt edilemez olduğunu ifade eder.

Dünya'da veya Dünya'dan çok uzakta bir uzay gemisi içinde ve kütleçekim etkisi altında, kütleçekimsel ivme ile hızlanma, kitabın düşmesi ile aynıdır.





- Teoride kütleçekim ve ivmelenme etkilerinin benzerliği uzayın eğrilmesi ile açıklanmaktadır.



ŞEKİL 3-19 Genel görelilik teorisine göre, madde etrafındaki uzayı eğer. Bu eğrilik, karşılık olarak, yakınlardaki cisimlerin hareketini etkiler. Üç boyutlu uzayın eğrilmesini hayal edebilmek için, bu şekilde (a) iki boyutlu bir uzayın (su yatağının yüzeyi) bir kütleli cisim etrafında (ağır bir bowling topu) nasıl eğrildiği ve (b) sonuçtaki eğrilmenin, karşılık olarak, yakından geçen ışık ve diğer bir cismin hareket yolunun nasıl etkilendiği gösterilmiştir. (Hareket yollarındaki eğrilmeler anlaşılırlık adına abartılmıştır.)

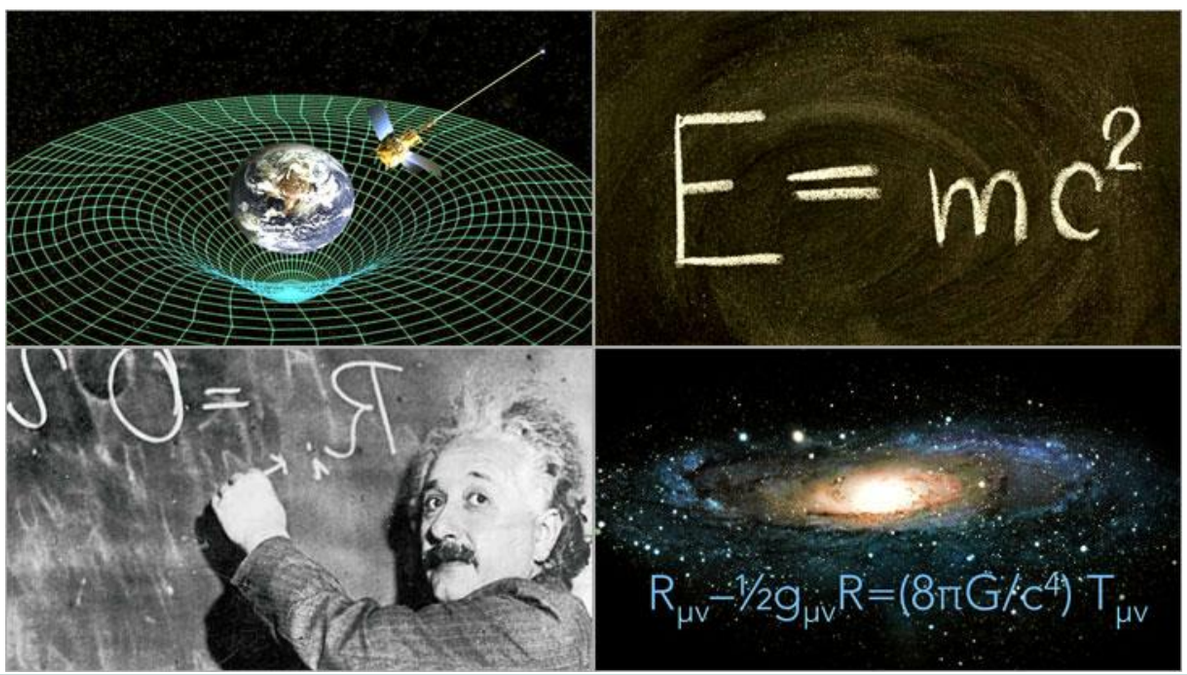
El-Kindi'nin İzafiyet Teorisi (800-873)

- El-Kindî'ye göre, bütün varlıklar ve varlığın fiziki olayları izafidir.
- Zaman, mekan, hareket ayrı ayrı birbirlerinden bağımsız şeyler değildir.
- Hepsi birbirine bağlı izafi olaylardır.
- Cisim, zaman, mekan, hareket hepsi birbiriyle vardır.
- Bunlardan hiç biri mutlak şeyler değildir.



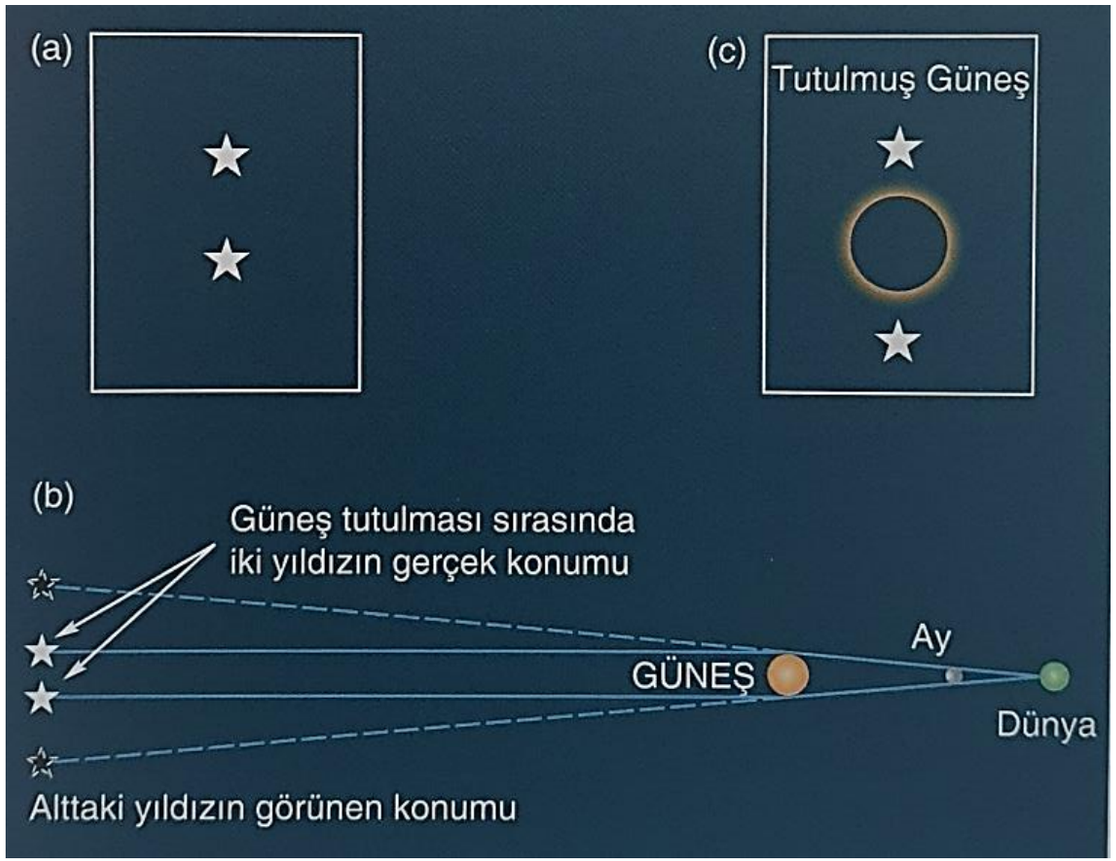
3.9 Kütleçekim ve Einstein

- Newton’un kütle çekim görüşüne göre, etkileşencisimler uzaktan etkileşir:bir cisim diğer cisme aradaki boşluğa rağmen etki eder.
- Düşen bir cisim Dünya’nın kendi üstündeki etkisinin ne kadar olduğunu ve ne zaman düşmeye başlayacağını nasıl bilir?
- Einstein kütleçekim kuvvetini var olan kütle sebebiyle eğrilmiş uzay olarak düşünmemizi önermektedir.
- Böylece, cisimler kuvvet etkisiyle değil uzayın eğriliği sebebiyle hareket edecektir.



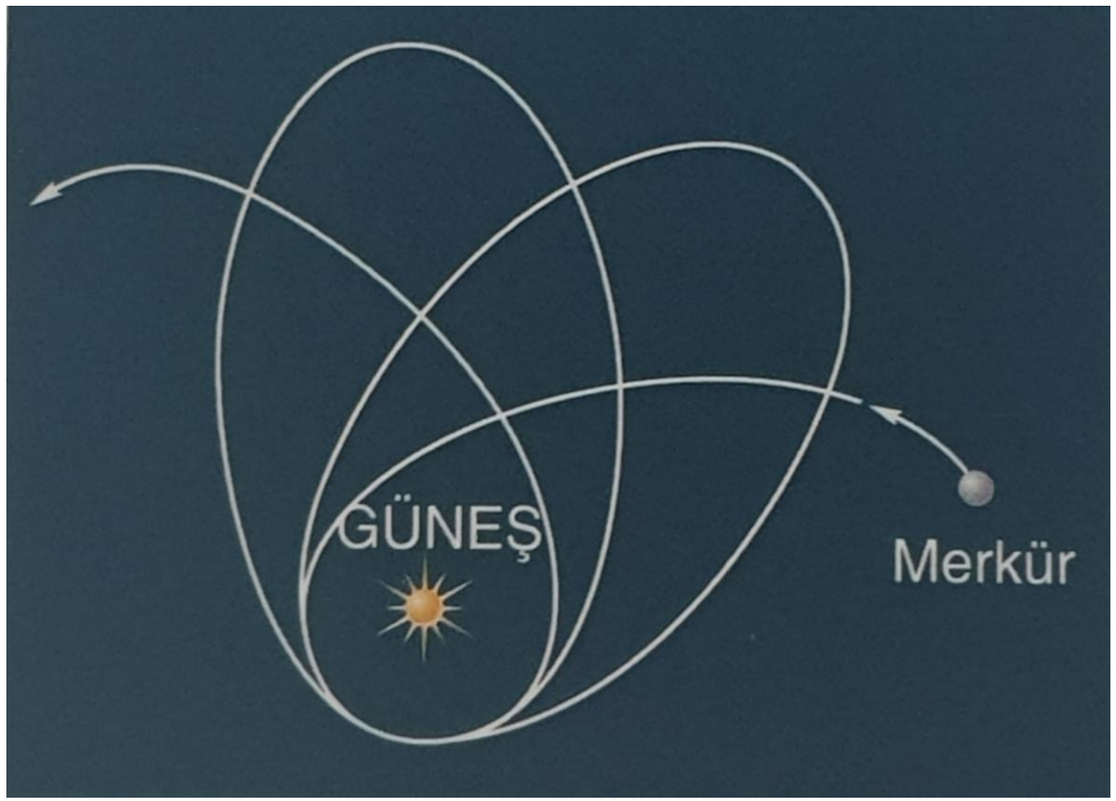
Test 1: Işığın Çekim Alanında Bükülmesi

- Genel görelilik teorisine göre kütleli bir cismin yakınından geçen bir ışık ışını orijinal düzgün yolundan sapar.
- 1915 yılında Einstein tarafından önerilmiştir.
- 1919 yılındaki Güneş tutulması sırasında yapılan gözlemler ile doğrulanmıştır.
- En büyük bükülme 1,75 yay saniyesidir.
- Newton mekaniği ile de benzer bir sonuç düşük hassasiyetle bulunabilirdi.
- Ancak Newton mekaniği ışığı ele alış biçimi açısından böylesi bir durum test edilmedi.



Test 2: Merkür'ün Yörüngesi

- Neptün'ün varlığının öngörülemsinden 14 yıl sonra, 1859 yılında Urbain LeVerrier Merkür'ün eliptikyörüngesinin presesyon yaptığını rapor etmiştir.
- Merkür'ün yörüngesi yılda 574 yay saniye presesyon yapar.
- Bu etki Newton teorisine göre yüzyılda 531 yay saniyesi kadardır.
- Yüzyılda 43 yay saniyelik farkı açıklamak için Merkür'ün yörüngesi içinde başka gezegenin olduğu hipotezi ortaya atılmıştı.
- Bu gezegene Vulkan adı verilmişti.



İlave Testler

- Einstein'ın kütleçekim teorisine göre kütleli cisimler sadece etraflarındaki uzayı değil, **zamanı da büker**.
- Kütleçekimin olduğu yerde zaman yavaşlar.
- 1960 yılında deneysel olarak test edildi.
- Sonuçların genel görelilik teorisiyle tam bir uyum içinde olduğu görüldü.

- Genel görelilik teorisi **kütlçekimsel dalgaların** varlığını da öngörmektedir.
- **Kütleçekimsel dalga:** Madde dağılımındaki değişmelerin ürettiği uzay eğriliği dalgaları.
- 29 ve 36 Güneş kütleli iki kara deliğin birleşmesi sonucu oluşan kütleçekimsel dalgalar, 2015 yılının son aylarında Lazer İnterferometre Kütleçekimsel Dalga Gözlemevi tarafından gözlenmiştir.

Sonuç

- Einstein'ın görelilik teorisindeki bütün testler onu doğrulamıştır.
- Bu teori modern astronominin temelini oluşturur.
- Ancak günlük deneyimler için Newton teorisi hala iyi çalışmaktadır ve bu teoriyi anlamak daha kolaydır.
- Benzer şekilde, günlük hayatta kullanılan Güneş'in «doğuşu» ve «batışı» sözü Yer merkezli Dünya görüşü için geçerlidir.
- Bilimde eski teorileri yenileri ile değiştirme konusunda bir ilke vardır: **Karşılıklılık ilkesi**
- **Karşılıklılık ilkesi:** Eski teorinin doğru sonuç verdiği yerlerde, yeni teorilerin öngörüleri eski teorinin öngörülerini doğrulamaktadır.
- Gelecekte başka bir yeni teorinin Einstein'in teorilerinin yerini alması da mümkündür.

Kaynak:

Evreni Anlama Serüveni, Çeviri editörü: Doç. Dr. Tolga Güver, Nobel Akademik Yayıncılık, 2017,

RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ



ASTRONOMİ

Prof. Dr. Murat Tomakin

4.Bölüm: Işık ve Elektromanyetik Tayf

4.1 Kelvin Sucaklık Ölçeği

4.2 Işığın Dalga Doğası

4.3 Elektromanyetik Tayf

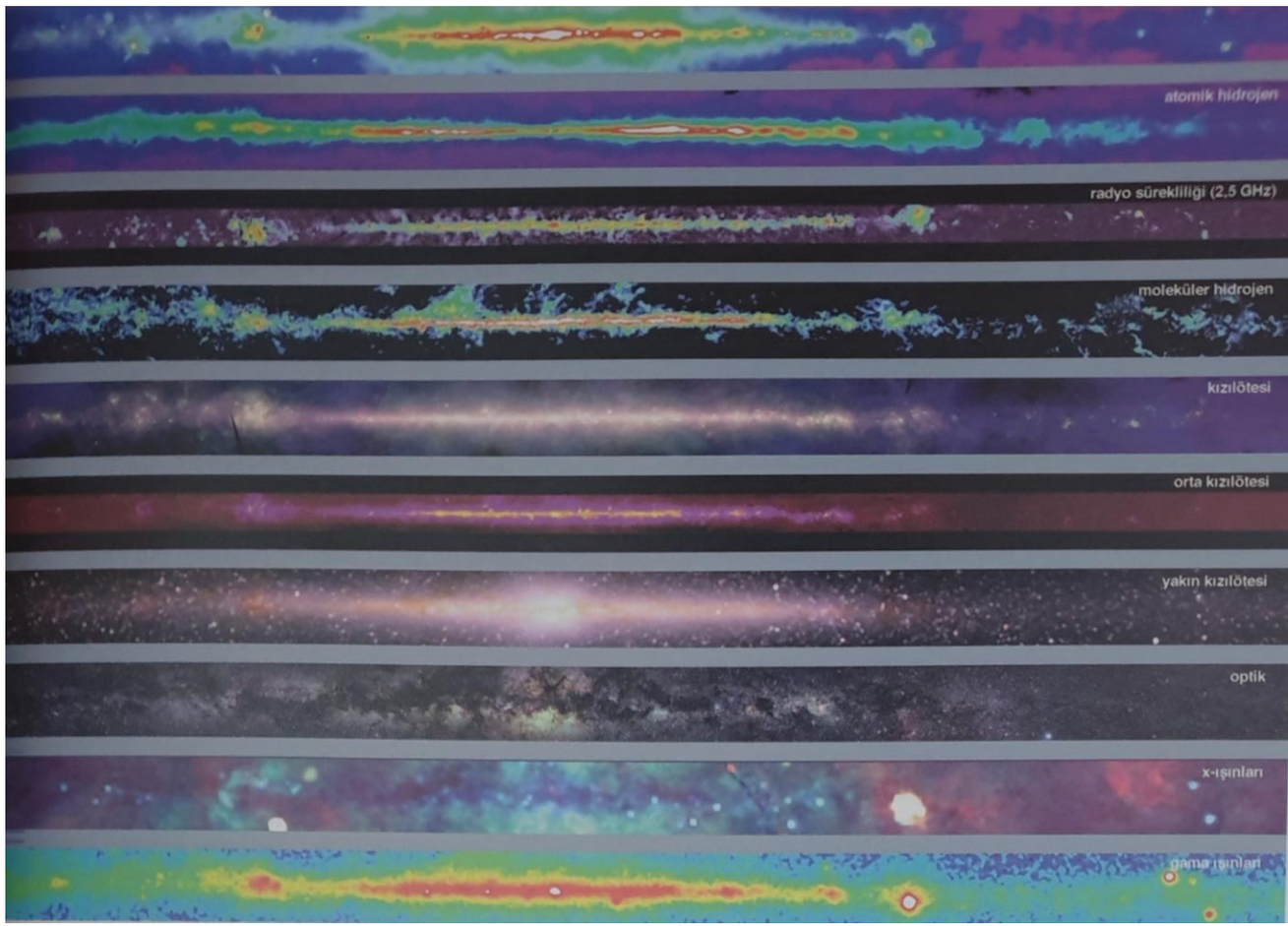
4.4 Gezegenlerin ve Yıldızların Rengi

4.5 Tayf Türleri

4.6 Bohr Atom Modeli

4.7 Doppler Etkisi

4.8 Işınımın Ter Kare Yasası



10 dalgaboyunda Samanyolu'nun görüntüsü

Giriş

- Evrenimizdeki nesneler hakkında nasıl bilgi sahibi oluruz?
- Evrenimizdeki nesnelerden alabileceğimiz tek şey yaydıkları **ışınımdır**.
- Işınım ile yıldızların **Sıcaklığı, içerikleri** ve Dünya'ya göre **süratleri** belirlenir.
- Yıldızlar hakkında bilgi veren başka araçlar da vardır.
- Örneğin Keppler'in üçüncü yasası ile bir çift yıldız sisteminin toplam kütlesini bulabiliriz



http://ecuip.lib.uchicago.edu/multiwavelength-astronomy/astrophysics/05.html

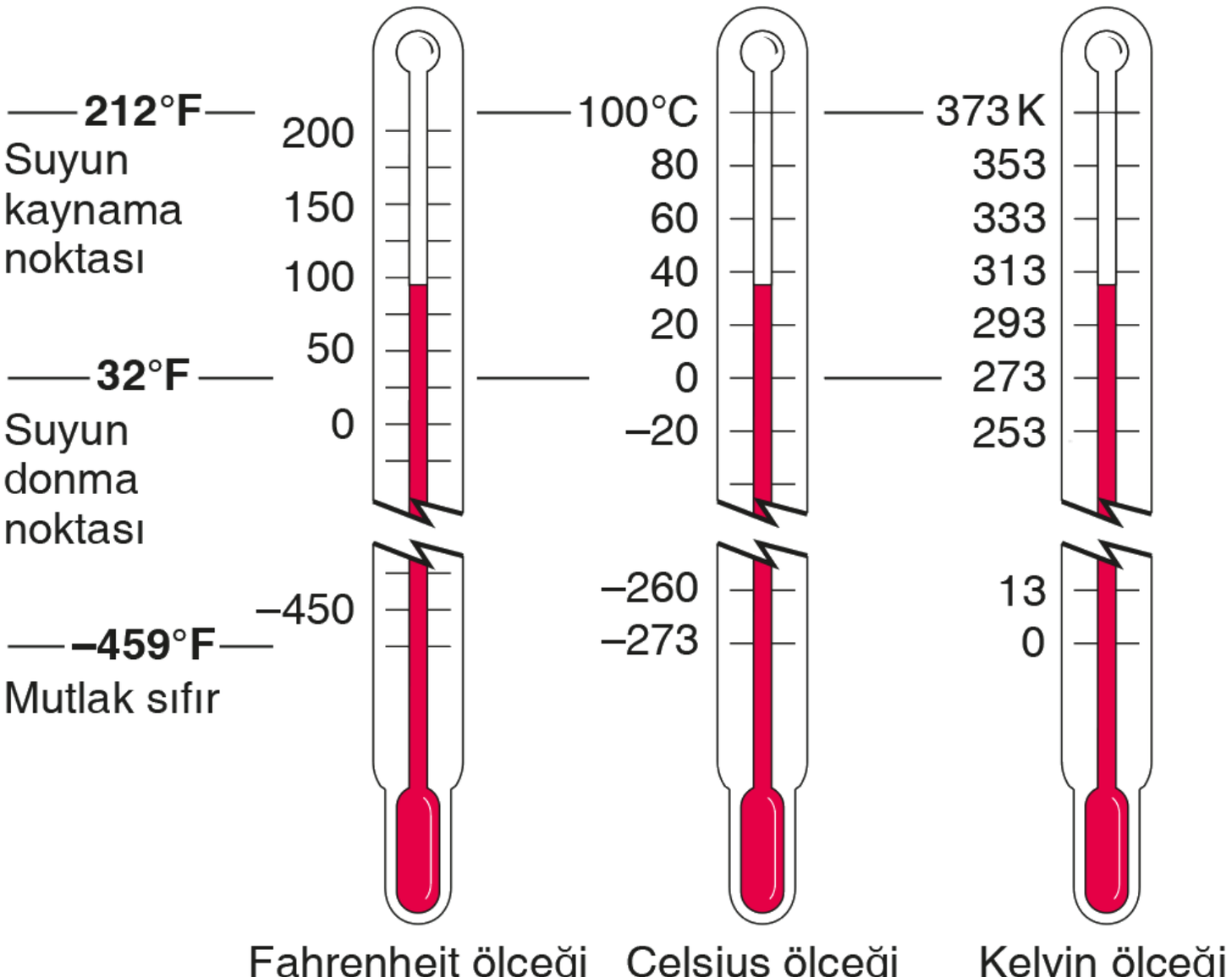
4.1 Kelvin Sıcaklık Ölçeği

- **Isı (Q)**, bir enerji miktarı terimidir.
- **Kalori:** 1 gram suyun sıcaklığını 1 derece arttırmak için gerekli olan ısı miktarıdır.
- 1 cal = 4,186 joule
- **Sıcaklık (T)**, ısı enerjisinin miktarını değil seviyesini gösterir.
- ***c*, öz ısı:** Belirli bir maddenin 1 gramının sıcaklığını 1 °C yükseltmek için gereken enerji miktarı olarak tanımlanır.
- ***m*:** kütle
- **Sıcaklık Birimi;** Santigrat (°C), Fahrenheit (°F), Kelvin (K)
- **Mutlak Sıcaklık:** Maddenin moleküllerinin durduğu, doğada teorik olarak ulaşılabilecek en düşük sıcaklık değeridir. 0 Kelvin veya -273 °C'ye karşılık gelir. Daha düşük sıcaklık değeri yoktur.

$$Q = mc\Delta T$$

$$T_F = \frac{9}{5}T_C + 32$$

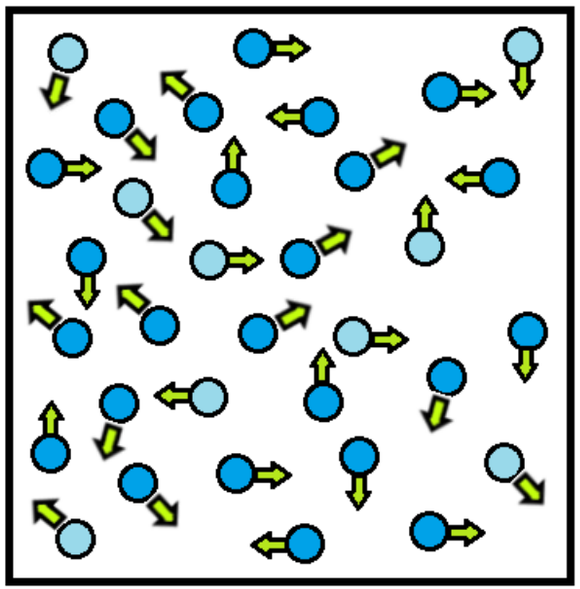
$$T_K = T_C + 273$$

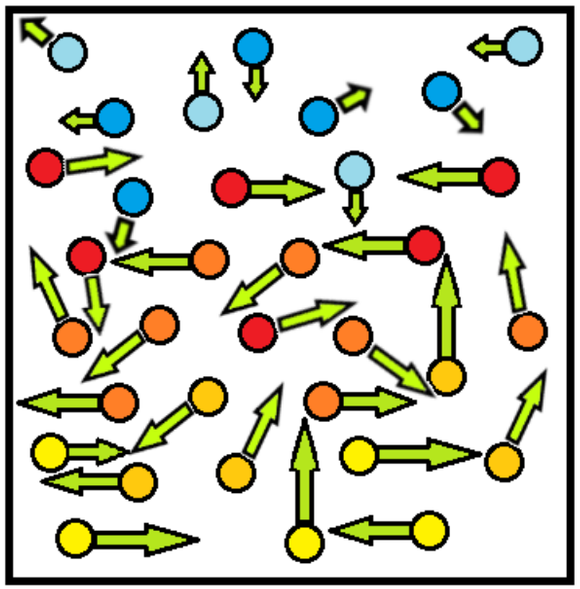


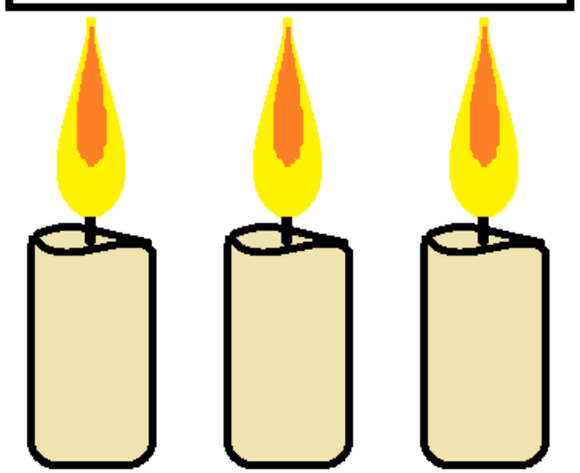
$$T_F = \frac{9}{5} T_C + 32$$

$$T_K = T_C + 273$$

- Sıcaklık, Kütle ve zaman gibi temel bir niceliktir.
- Başka niceliklere dayanılarak ifade edilemez.
- Bir cismin sıcaklığı artarsa onu oluşturan tanecikler daha hızlı hareket eder.
- Sıcaklık bu taneciklerin ortalama kinetik enerjisinin bir ölçüsüdür.
- **Kinetik Enerji:** bir nesnenin hareketi sebebiyle sahip olduğu enerjidir.







- **Örnek:** Bir yıldızın yüzey sıcaklığı 6000 K'dir. Sıcaklık Celcius vebFahrenheit derecesi olarak ne kadardır?
- Yıldızın Celcius derecesi cinsinden sıcaklığı 6000 – 273 = 5727 °C.
- Fahrenheit derecesindeki sıcaklığı $\frac{9}{5} \cdot 5727 + 32 = 10\,341\ ^\circ\text{F}$
- Yeterince büyük bir Kelvin sıcaklığı için, bunun Celcius karşılığını aynı sayıya eşit sayabiliriz ama Fahrenheit eşdeğeri sayıca yaklaşık iki katıdır.

3.2 Işığın Dalga Doğası

- Antik Yunanlardan 18 yy'a kadar ışığın niteliği konusunda iki kuram vardı:
  i) Tanecik kuramı: Işık son derece küçük, hızlı hareket eden taneciklerdir. Görme olayı gözlerimizin bu tanecik akımı ile etkileşimin sonucunda ortaya çıkar.
  ii) Eterle ilgili hareket: Aristo eteri doğanın beşinci elementi (ateş, hava, toprak, su) olarak ilave etmiş tüm uzayı doldurduğunu düşünmüştür. Bu fikre göre görme, eterin algıladığımız nesne tarafından hareket ettirilmesinin sonucudur.

- **Newton'a** göre ışığın tane olması gerekmekteydi.
- Aksi takdirde ışığın engelleri aşması, gölgelerde aydınlık yerlerin oluşması gerekirdi.
- Güneş ışığının gerçekte pek çok rengin bileşiminden (Tayf) oluştuğunu deneysel olarak kanıtlamıştır.
- Tayf: Işık renklerine ayrıldığında ortaya çıkan renk yada dalgaboyu dizisi.

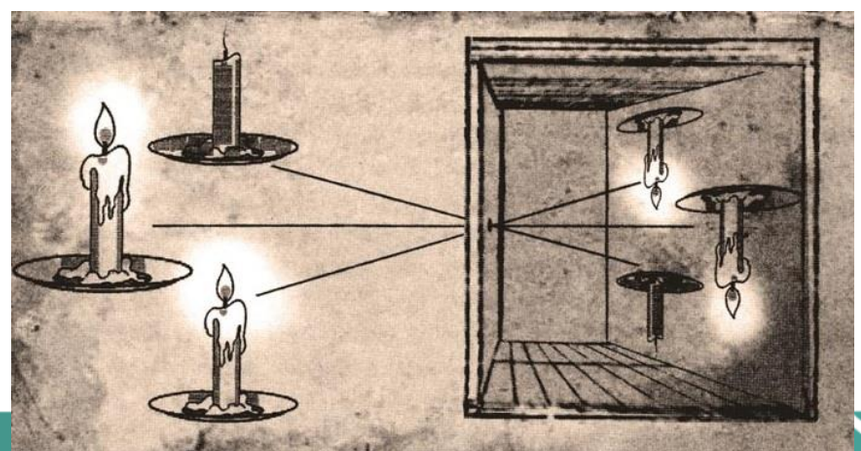


İbn Heysem (965-1040)



- Latin skolastikleri «Alhazen» diye adlandırırlar.
- Ayrıca «ikinci Batlamyus» lakabı verilmiştir.
- Gözün anotomisi ve fizyolojisi: Beyinden çıkan optik sinirden başlayarak gözün kendisine kadar iris, kornea ve mercek gibi kısımlardan her birinin görme olayındaki rolünü ustaca açıklamıştır.
- Kitab el-Menâzır eseri Batı Dünyası'nı 600 yıl boyunca etkilemiştir.
- Görme olayı: Heysem'e kadar geçerli olan kuram; görme olayı gözün görülecek nesneye yolladığı ışınlarla gerçekleşir (Eukleides, Batlamyus). Heysem'e göre olay tam tersi şeklindedir.
- **Karanlık odayı icat etmiştir.**
- **Tüm zamanların en büyük fizikçilerinden biri olarak kabul edilir.**





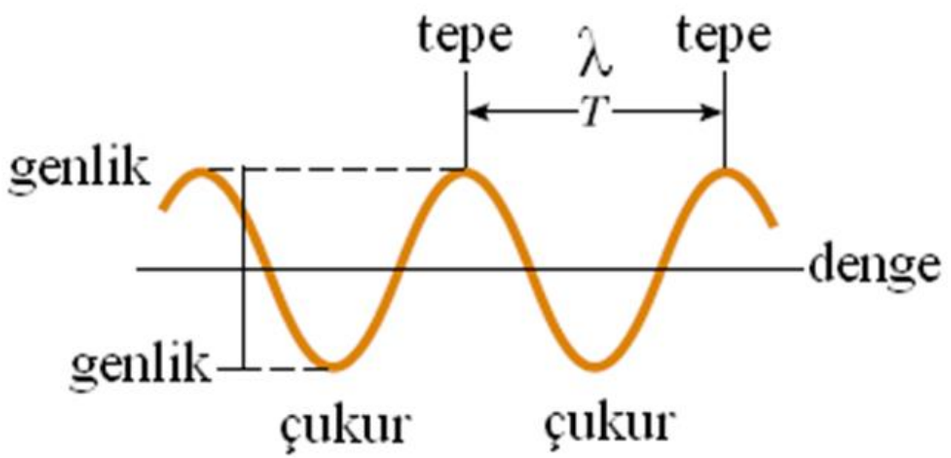
Dalga Hareketinin Özelliği

- Işık bir dalga gibi davranır.
- Dalgaboyu (λ = *lambda*): Bir dalganın üzerindeki tepe gibi belli bir noktanın sonraki aynı noktaya mesafesi (metre=m)
- Elinizi bir yüzme havuzuna daldırarak yapabileceğiniz dalgaların yaklaşık 5,72 cm dalgaboyu olabilir.
- Dalgalar hareketlidir.
- Frekans (f): Birim amandaki tekrar sayısı denir (1/s =Hertz =Hz).
- Periyot (T): Bir tam dalganın oluşması için geçen süreye (s), ***T= 1/f***
- Genlik: dalga tepesinin ya da dalga çukurunun dalganın denge konumuna olan dik uzaklığıdır (m).

Dalga sürati = dalgaboyu × frekans

$$\upsilon = \lambda \times f$$

- Bu denklem tüm dalga türleri için geçerlidir.



- **Örnek:** Ses oda sıcaklığındaki havada yaklaşık 344 m/s süratle yol alır. Frekansı 262 Hz olan bir ses dalgasının dalgaboyu ne kadardır?
- $\upsilon = \lambda \times f$
- 344 m/s = $\lambda \times$ 262 çevrim/s
- λ = 344/262 = 1,31 m

- **Siz deneyin:** Frekansı 4000 Hz olan bir ses dalgasının dalgaboyu ne kadardır? Ses hızı 344 m/s

Bir Dalga Olarak Işık

- Beyaz ışık farklı dalgaboylarına sahip ışıklardan oluşur ve bu ışıkların vakumdaki sürati hepsi için aynıdır.
- c = 300 000 km/s
- Bir ışık ışını Dünya'nın etrafını 1 s'de 7 kere dolanır.
- Işığın güneşten bize ulaşması 8,3 dakika sürer.
- Daha uzak nesneler için, onların milyonlarca hatta milyarlarca yıl önceki hallerini görürüz.
- Işık hızı evrende mümkün en yüksek sürattir.
- Dalgaboyu farklı olan ışıklar farklı renkte algılanır.
- **Nanometre (nm): 10^{-9} m**
- Gördüğümüz renk sadece ışığın kendisinin bir özelliği değil, onu algılayan sistemin bir bildirimidir.

TABLO 4-1

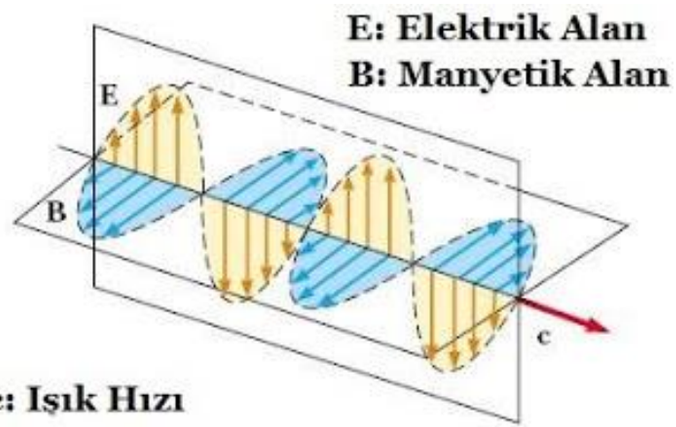
Değişik Renkler İçin Vakumdaki Yaklaşık Dalgaboyu* Aralıkları

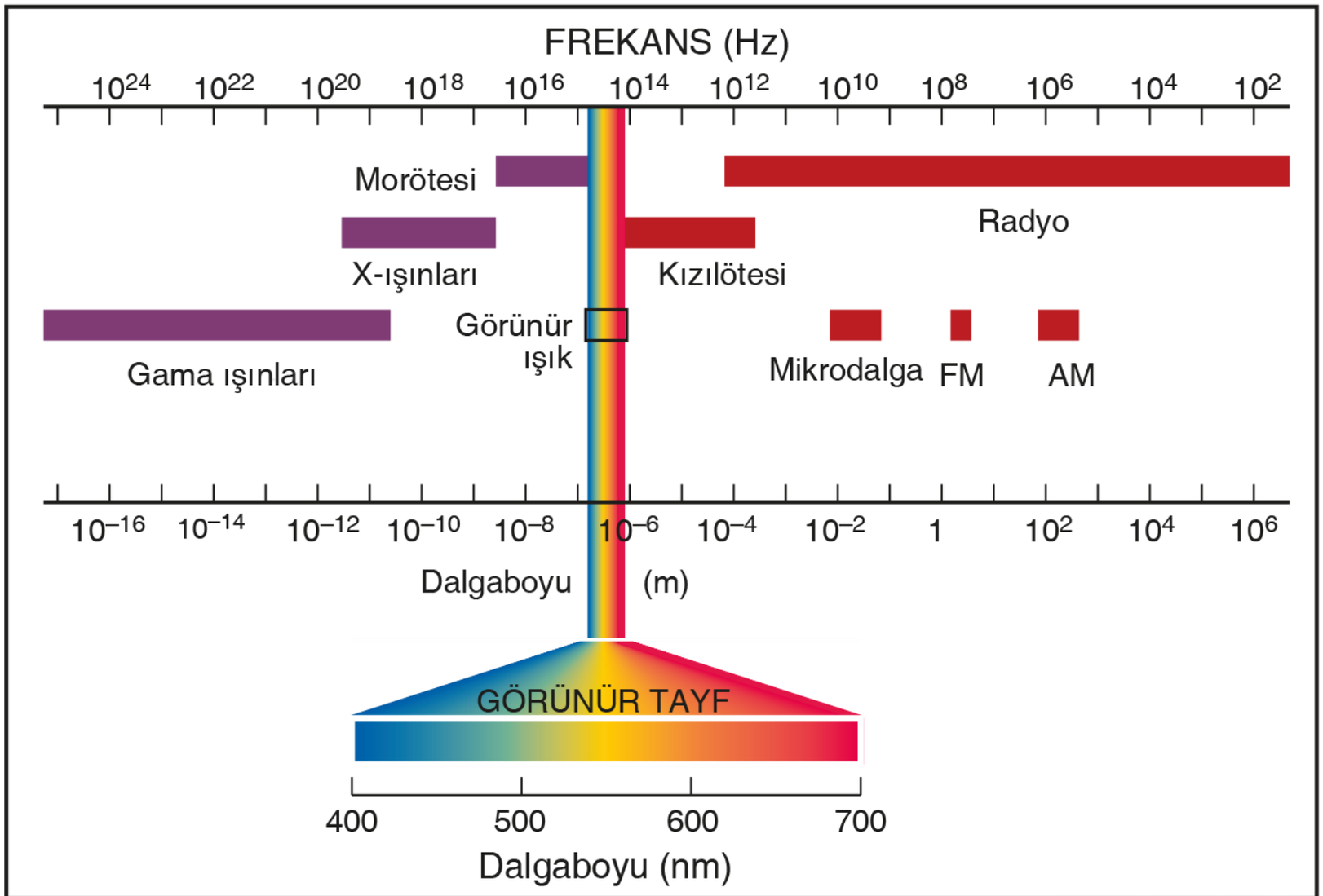
Renk	λ (nm)
Mor	380–455
Mavi	455–492
Yeşil	492–577
Sarı	577–597
Turuncu	597–622
Kırmızı	622–720

*Bundan sonra ne zaman ışığın dalgaboyundan bahsetsek, vakumdaki dalgaboyunu kastediyoruz demektir. Işık bir ortamdan diğerine geçerken sürati ve dalgaboyu değişir ama frekansı sabit kalır.

4.3 Elektromanyetik Tayf

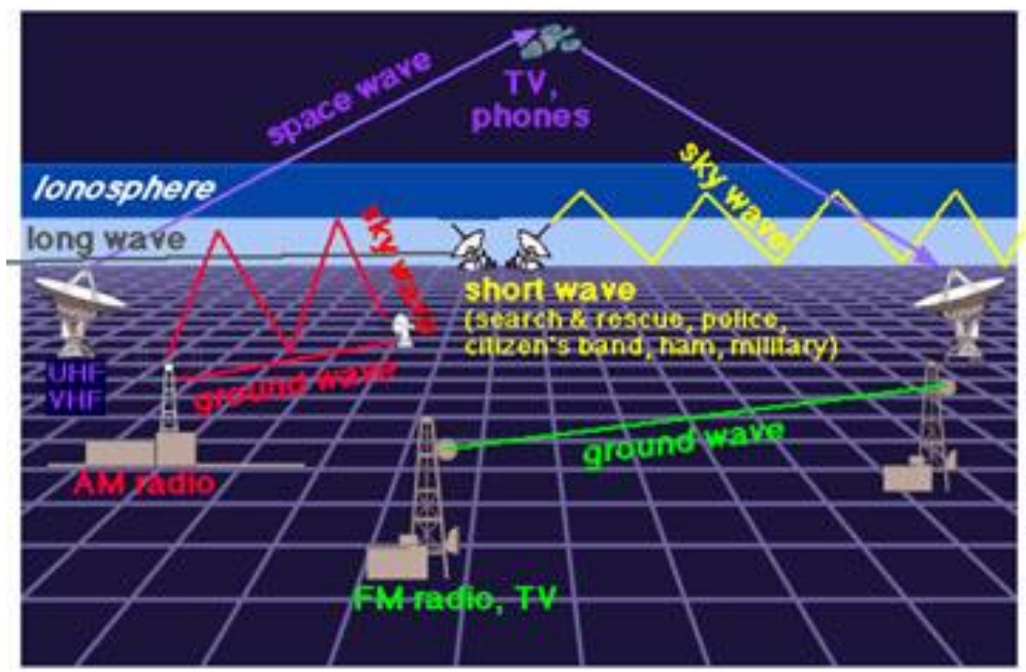
- Görünür ışık elektromanyetik tayfın çok küçük bir kısmıdır.
- **400 – 700 nm**
- Elektromanyetik dalga denmesinin nedeni yüklü parçacığın ivmeli hareketi ile ortaya çıkan birleşik ve birbirine dik olarak salınım yapan elektrik ve manyetik alanlardan meydana gelmesidir.





a) Radyo Dalgaları

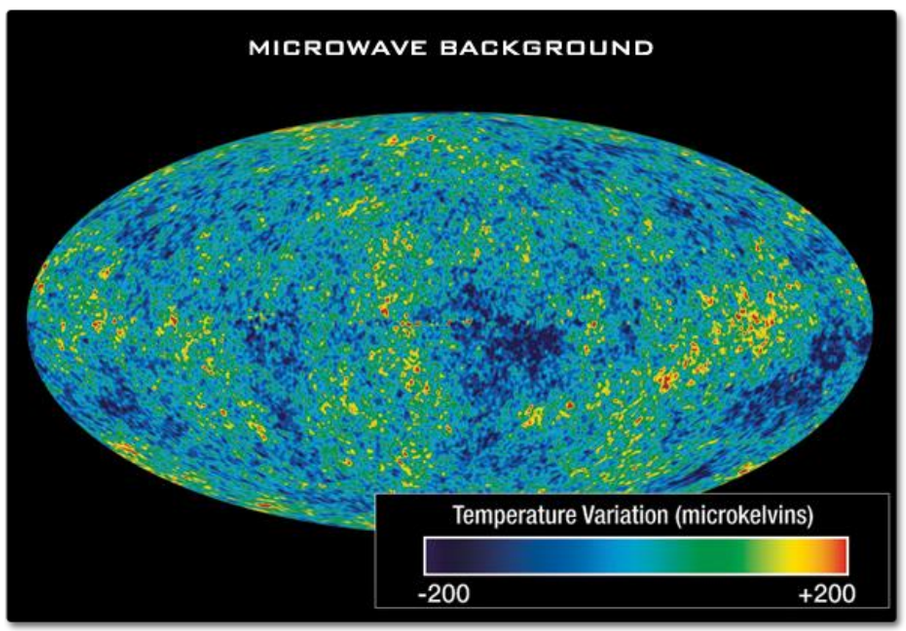
- İletken anten üzerinde ivmelendirilen yükler tarafından meydana getirilir.
- Dalga boyu en büyük olan elektromanyetik dalgalardır: 30 cm ve üzeri
- Radyo, televizyon, telsiz ve cep telefonu iletişim sisteminde kullanılırlar.
- Tuğla ve betondan rahatlıkla geçerler.



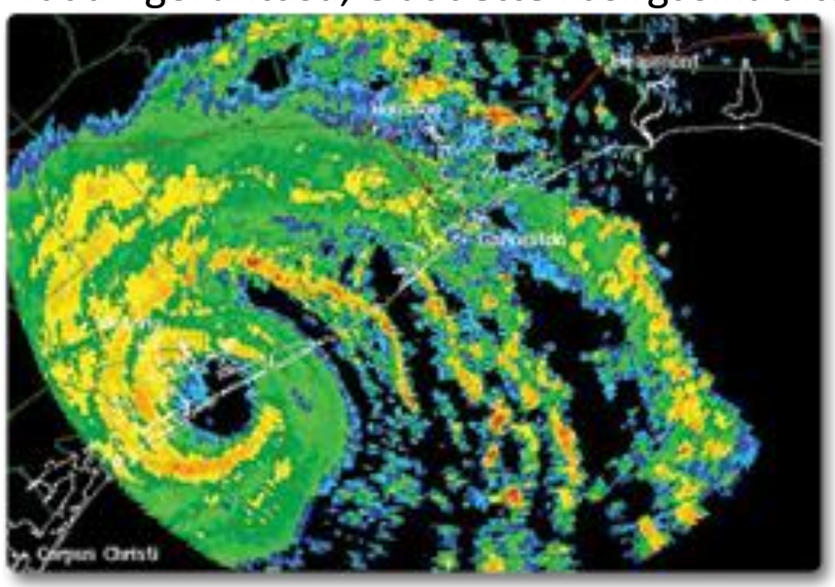


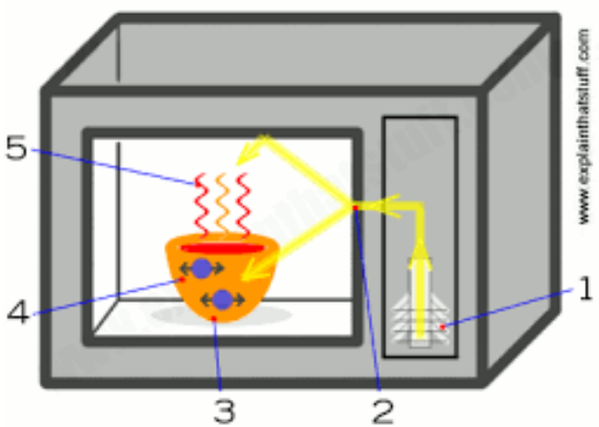
b) Mikro Dalgalar

- Dalgaboyları: 10^{-4} m – 0,3 m
- Radar sistemleri, mikrodalga fırınlar.
- Temelde mikrodalgalar bulut, yağmur, kar ve dumandan etkilenmez,
- uydu iletişimi ve Dünya'nın uzaydan incelenebilmesinde büyük fayda sağlar.



TV'de hava durumunda görülen bu Doppler-radarı görüntüsü, Claudette kasırgasına aittir



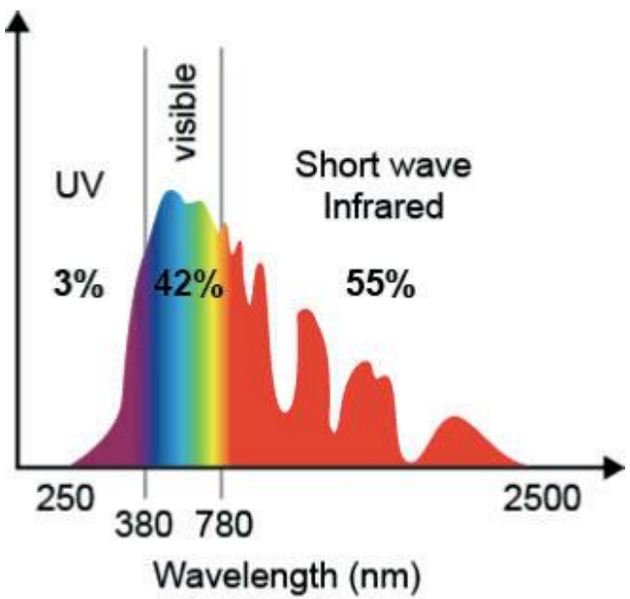


c) Kızılötesi (Infrared) Dalgalar

- Dalgaboyları: $7{,}5\times10^{-7}$ m (750 nm) – 1 mm
- Güneş ışını (%55) içerisinde bulunduğu gibi yapay olarak da meydana getirilebilir.
- Güneş ışınlarındaki ısı kızılötesi ışınlardan kaynaklanır.
- Bu ışınlar vücuda kolayca girer ve ısı verirler.
- Bu ışınların şiddetine maruziyet süresine ve ışına maruz kalan vücut bölgesine bağlı olarak;
- Fizik tedavi, kızılötesi fotorafçılığı,

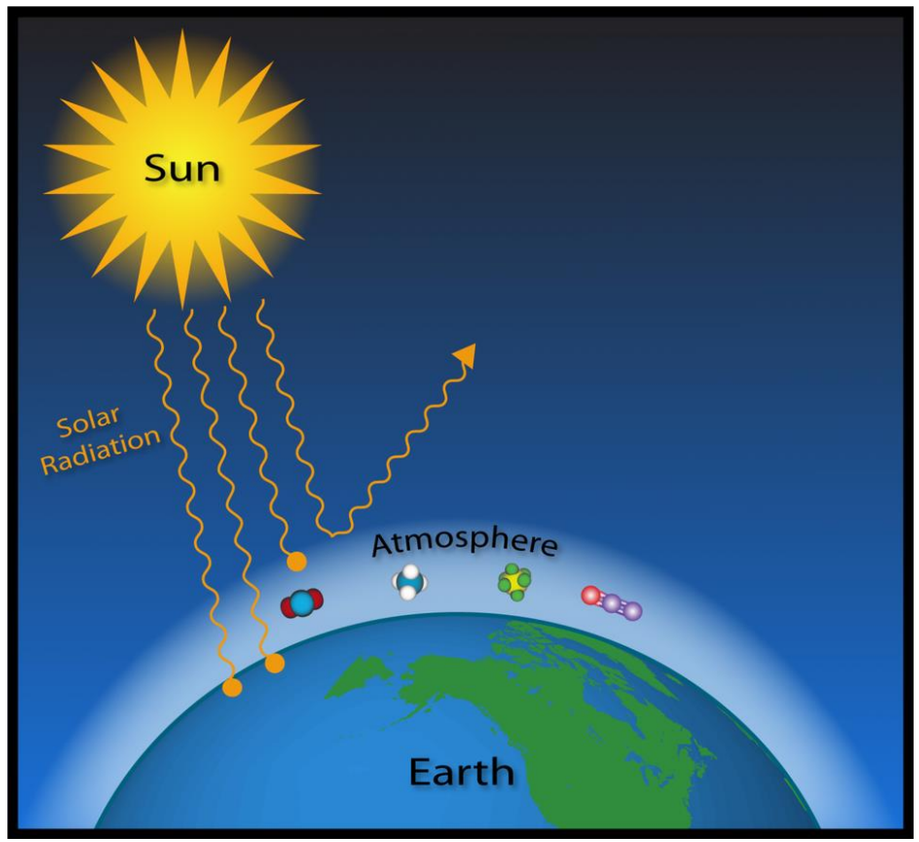
d) Görünür Işık

- Güneş ışığı içerisinde bulunduğu gibi yapay olarak da meydana getirilebilir.
- Dalga boyu: 400 – 700 nm
- İnsan gözü 550 nm'ye (yeşil) daha duyarlıdır.



e) Morötesi (Ultraviole) Dalgalar

- Güneş ışını içerisinde bulunduğu gibi yapay olarak da meydana getirilebilir.
- Dalga boyları: 1 – 400 nm
- Morötesi ışınlar (UV); derinin yüzey hücreleri ve gözün kornea tabakası üzerine etki yapar.
- Deride; güneş yanığına benzer yanıklar, pigmentasyon, ekzema, sivilce, deri kanserleri
- Gözlerde; sulanma-yanma, kaşıntı, ağrı, konjonktivit, iritis, kornea ülseri ve kalıcı körlük
- Güneş'ten gelen UV ışınlarının çoğu stratosfer (üst atmosfer) tabakasnda bulunan O_3 molekülleri tarafından yutulur.
- Bu ozon perdesi öldürücü yüksek enerjili UV radyasyonunu kızılötesi (IR) radyasyonuna dönüştürür, ki oda atmosferi ısıtır.



https://www.forbes.com/sites/marshallshepherd/2016/06/20/water-vapor-vs-carbon-dioxide-which-wins-in-climate-warming/#68552a343238

f) X-ışınları

- X-ışınları; röntgen cihazlarında meydana gelen ışınlardır.
- X-ışınlarının dalga boyları 0,01 nm – 100 nm
- 10–50 keV arasındaki enerjilere sahiptir.
- X-ışınları, vücuda derinlemesine kolayca girebilir ve dokulara nüfuz ederek tahrip edici etki gösterir.
- X-ışını, tıpta iç organların ve kemik yapının izlenmesinde çok sık kullanılır.



Radyografi



Floroskopi



Mamografi



Anjiografi

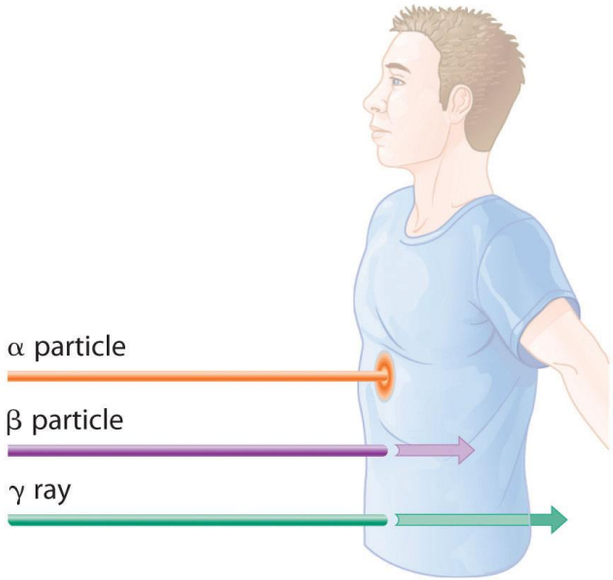


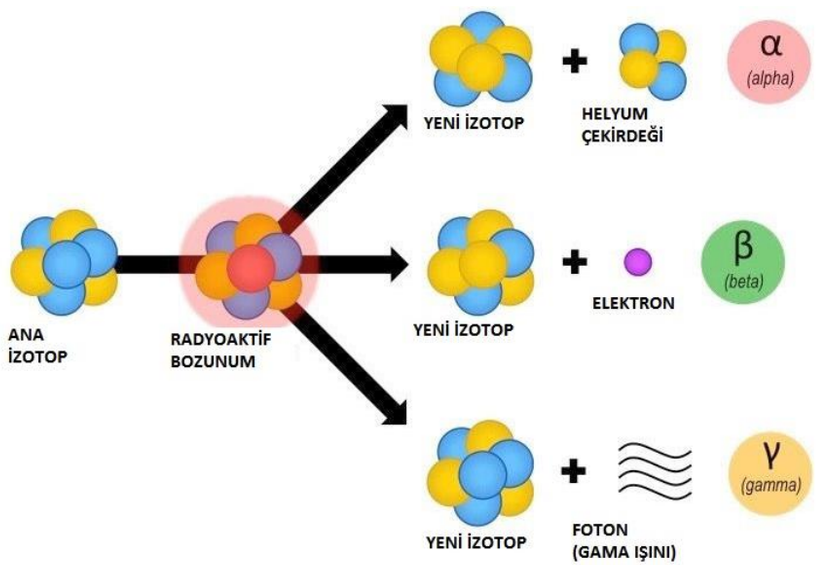
https://www.futurity.org/x-rays-perovskite-nanocrystals-1869732/

g) Gama ışınları

- Radyoaktif çekirdeklerin (^{60}Co, ^{137}Cs vb) parçalanmaları sırasında yayılan elektromanyetik dalgalardır.
- Bu ışınlar canlılar için zararlıdır.
- Dokulara derinliğine girerler ve dokuları tahrip ederler.
- Tıpta kanserli hücreleri yok etmede, araç ve gereçlerin mikroplardan arındırılması gibi yararlı işlerde de kullanılır.
- Dalgaboyu: 0,00001 – 0,1 nm
- Enerjisi: 0,01 – 100 MeV

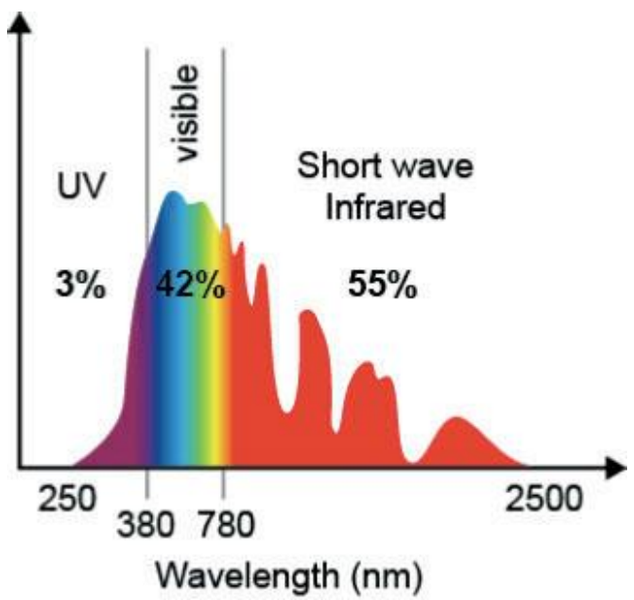
https://chem.libretexts.org/Bookshelves/General_Chemistry/Map%3A_Chemistry_(Zumdahl_and_Decoste)/20%3A_The_Nucleus_A_Chemists_View/20.7%3A_Effects_of_Radiation_on_Matter



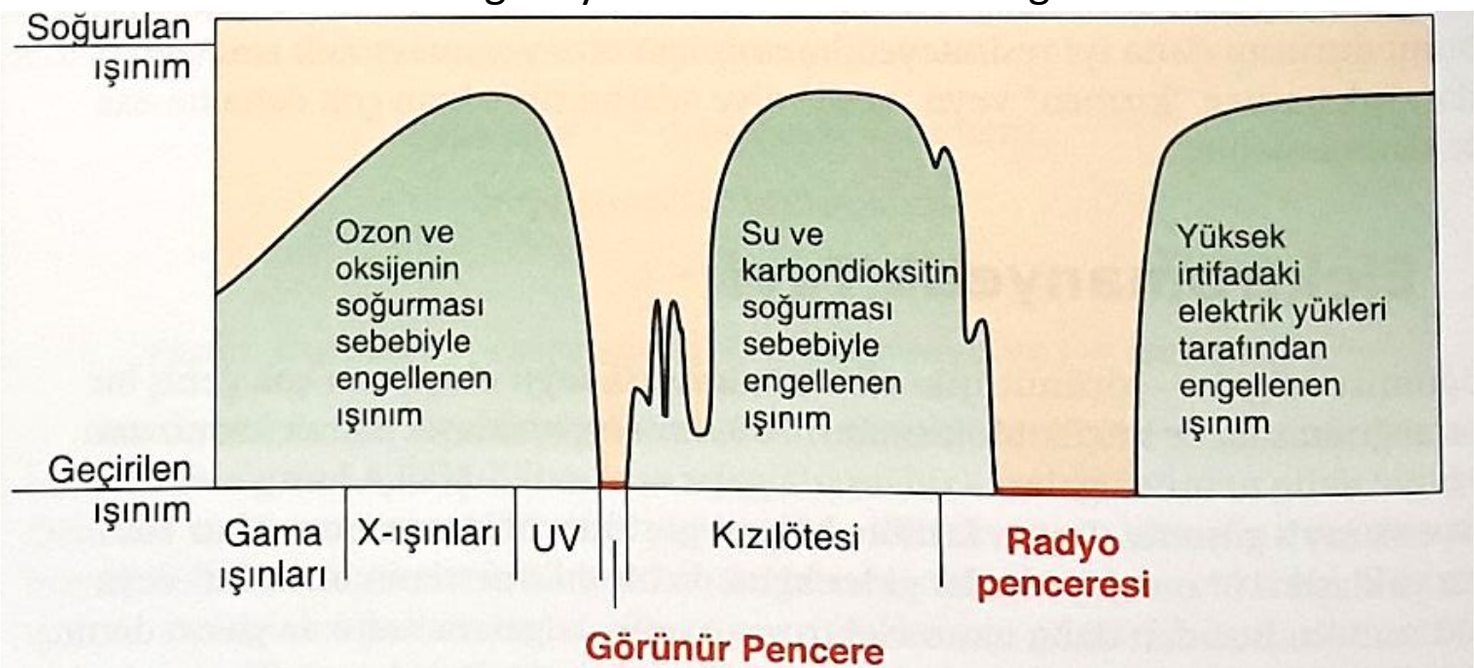


https://khosann.com/radyoaktif-atiklar-lazerle-temizlenecek/

- Gök cisimleri tayfın tüm farklı bölgelerinde dalgalar yaydıklarından elektromanyetik tayf astronomlar için önemlidir.
- Görünür ışık çok küçük bir kesimdedir ve sınırlı bir bilgi verir.
- Görünmeyen ışınımdan pek çok şey öğrenilir.
- Ancak görünmeyen ışınımlar havadan iyi geçemez.
- Bu ışınımları tespit etmek için balon ve uydular kullanılır.



Farklı dalgaboylarındaki atmosferik soğurma

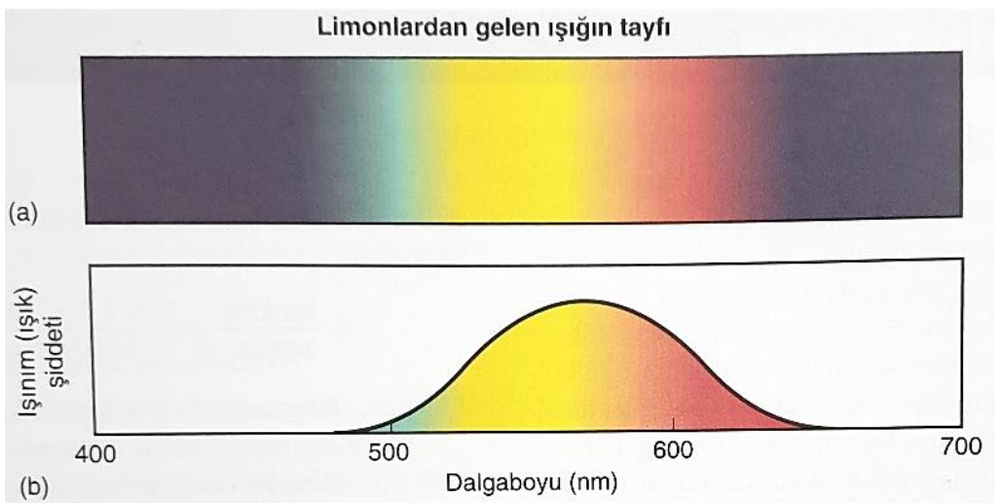


4.4 Gezegenlerin ve Yıldızların Renkleri

- Bir gök cisminden gelen ışık tayfını cismin özelliklerini belirlemek için iki şekilde analiz ederiz:
- i) Tüm tayfa bakarız.
- ii) Tayfın belirli bölgesinin incelenmesi

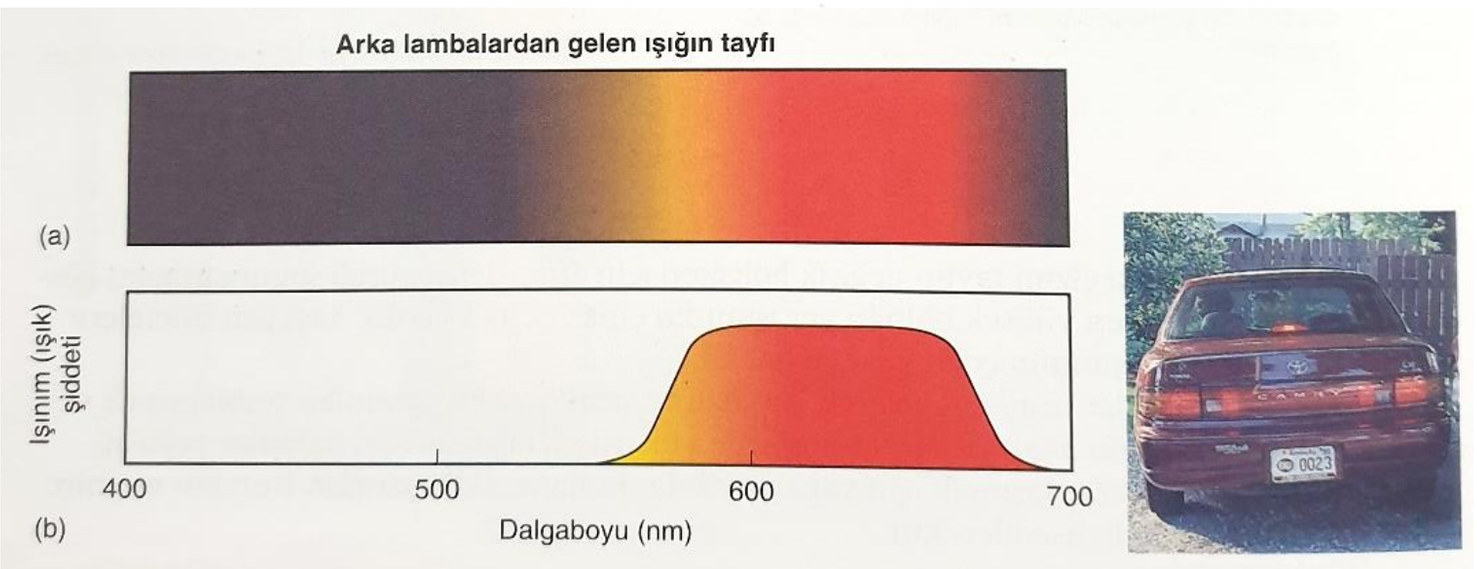
Yansımayla Oluşan Renk: Gezegenlerin Renkleri

- Çoğu nesnede gördüğümüz renk tek bir dalgaboyuna karşılık gelmez.
- Beyaz ışık limona geldiğinde mavi ve mor ışık soğurulur bu nedenle tafta yoktur.
- Sadece limon tarafından yansıtılan ışınlar tayfta gözlenir.
- Benzer şekilde gezegenlerin de Güneş ışığının bazılarını soğurduğu ve bazılarını da yansıttığı için kendine özgü renkleri vardır.
- Öreğin Mars paslı kırmızı renginde dir.





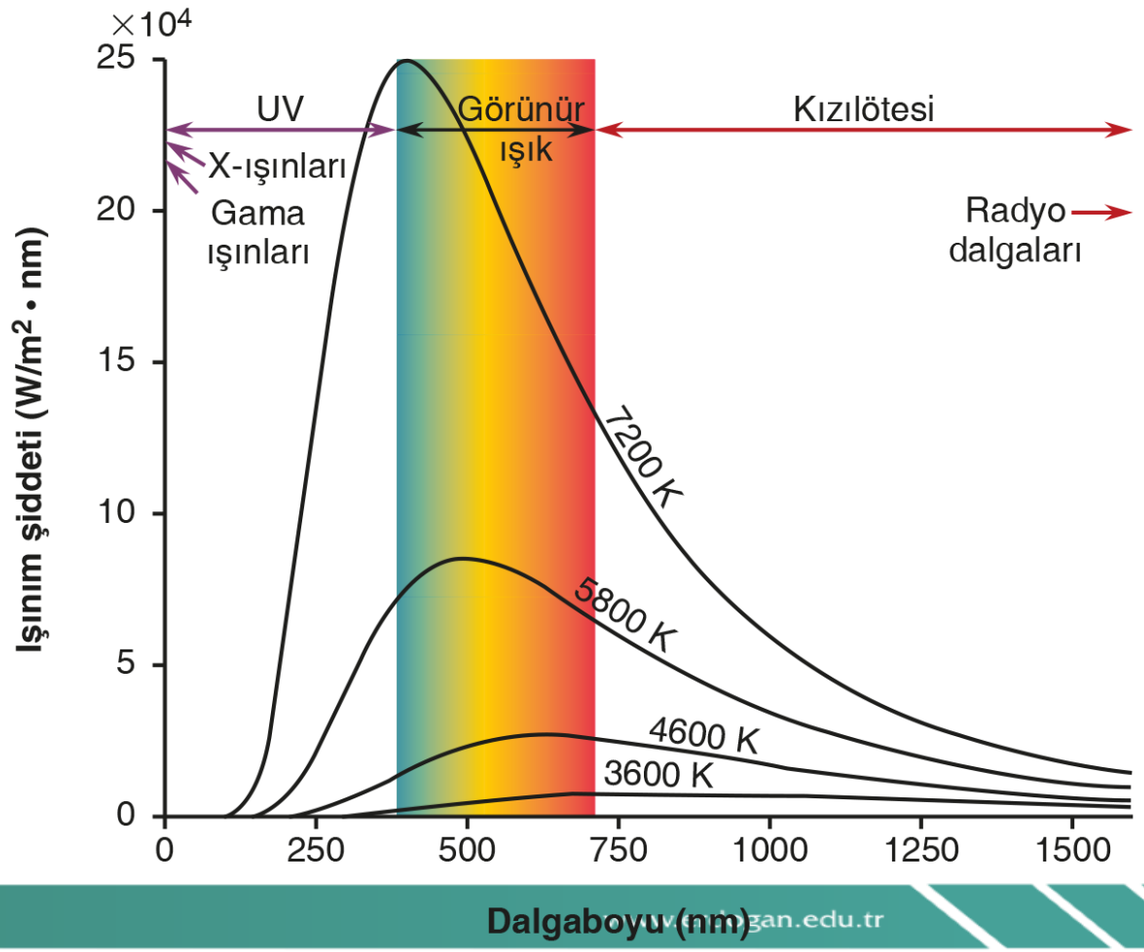
- Bir arabanın arka lambasındaki beyaz ışık ampulü plastik kapak nedeniyle kırmız görünür.
- Kapağın soğurduğu ışık değil kapaktan geçebilen ışık görünür.
- Güneş ve diğer yıldızlardan çıkan ışınların bir kısmı yıldızın dış tabakasından geçerken soğurulur.
- Ancak soğurulma etkisi çok azdır.



Bir Sıcaklık Ölçüsü Olarak Renk

- Nesnelerin sıcaklığı arttıkça yaydığı ışık tayfının merkezi kırmızıdan mora doğru kayar.
- **Wien Yasası:** Alman Fizikçi Wilhelm Wien tarafından 1893'te bir nesnenin sıcaklığı ile yaydığı ışınımın maksimum olduğu dalgaboyu arasındaki ilişki keşfedildi.
- $$\lambda_{maks\ (nm)} = \frac{2{,}9\times10^{6}}{T_{(K)}}$$





- Yandaki şekil şimdiye kadar bulunmuş en soğuk yıldızlardan birinin resmidir.
- Yıldız sıcaklığını belirtmenin hızlı yolu renklerlerdir.
- Örneğin Beyaz bir yıldız kırmızı yıldızdan daha sıcaktır.
- Ancak çıplak gözle bu renk farkı gözlenmez.

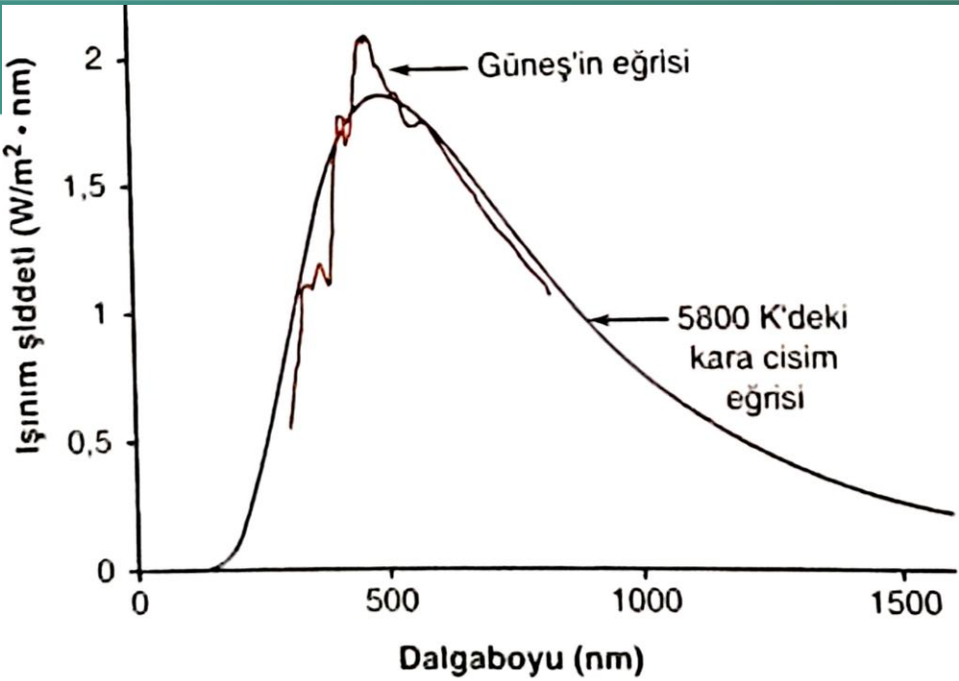


Sonuç olarak;

- Bir yıldızın dalgaboyuna karşılık şiddet eğrisini biliyorsanız Wien yasası ile yanına gitmeden sıcaklığını belirleyebilirsiniz.

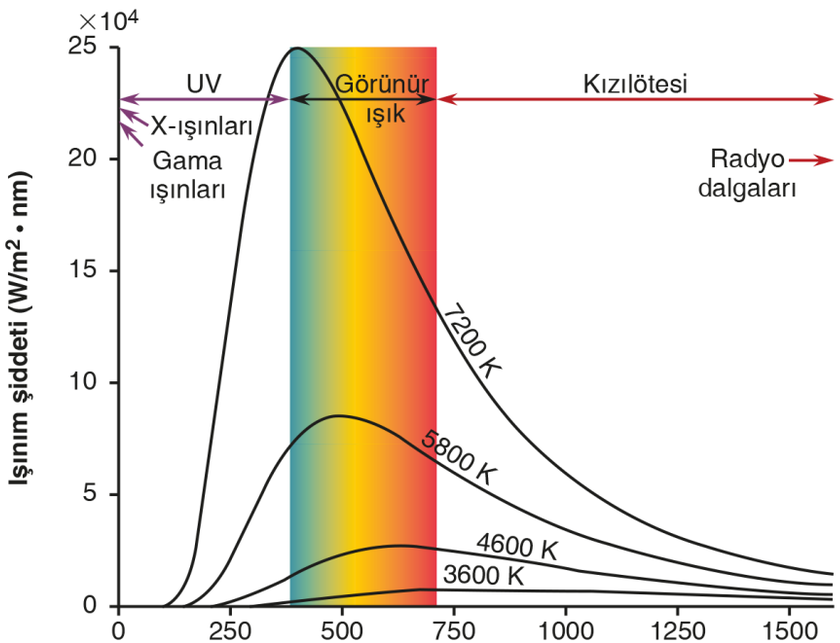
Kara Cisim Işınımı

- Kara cisim: Işınımın tüm dalgaboylarını soğuran ve yayınlayan, bu sebeple mükemmel bir ışınım soğurucu ve yayınlayıcısı olan kuramsal bir nesnedir.
- Yayınladığı ışınıma kara cisim ışınımı denir.
- Mükemmel bir kara cisim yoktur ancak bu teorinin yıldızlara çok yakından uygulanabildiği bulunmuştur.

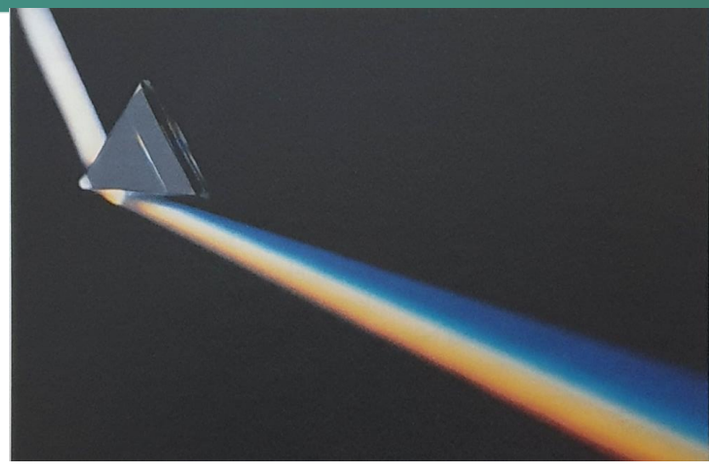


Stefan-Boltzmann Yasası

- Daha sıcak nesneler daha fazla ışınım yayar.
- Avusturyalı fizikçi 1879'da sıcaklık ile salınan enerji arasındaki matematiksel ilişkiyi keşfetti.
- Başka bir Avusturyalı fizikçi Ludwig Boltzmann da bu ilişkinin neden meydana geldiğini kuramsal olarak gösterdi.
- $F = \sigma T^4$ F: birim zamanda birim alandan sağlanan enerji
- Bu yasa ile bir yıldızın yarıçapını bulabiliriz (daha sonra).



4.5 Tayf Türleri

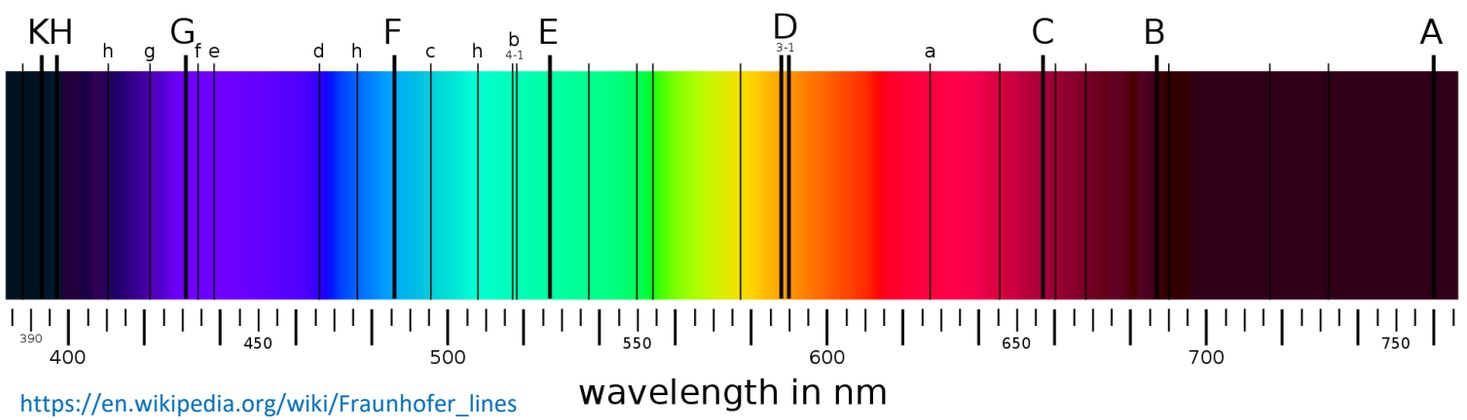


- Yandaki şekilde gösterilen görünür ışık tayfı sürekli bir tayftır.
- Tüm tayflar bu şekilde sürekli değildir.

Kirchhoff Yasaları

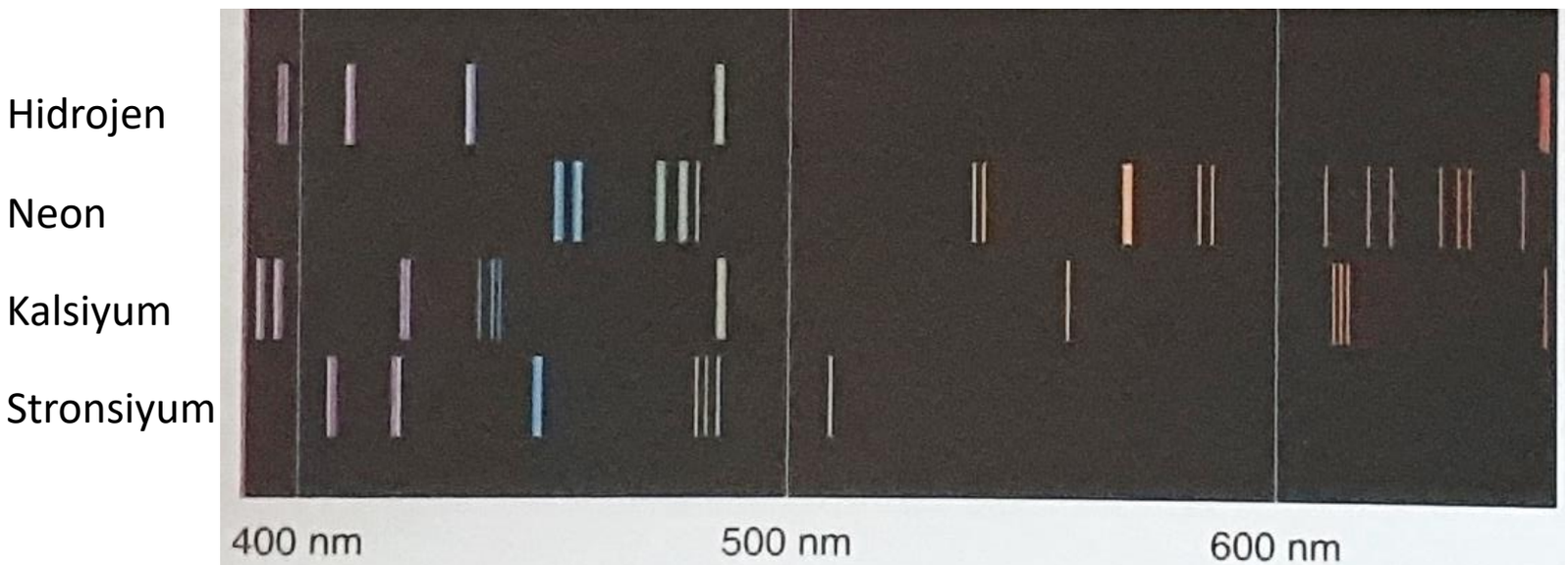
- Alman optikçi Joseph von Fraunhofer 1814 yılında Güneş tayfının sürekli olmadığını, çok sayıda karanlık çizgi içerdiğini fark etti.
- Daha sonra bunların Güneş'in ve Dünya'nın atmosferindeki soğuk gazlarda geçen Güneş ışığının soğurulması sonucu olduğu keşfedildi.



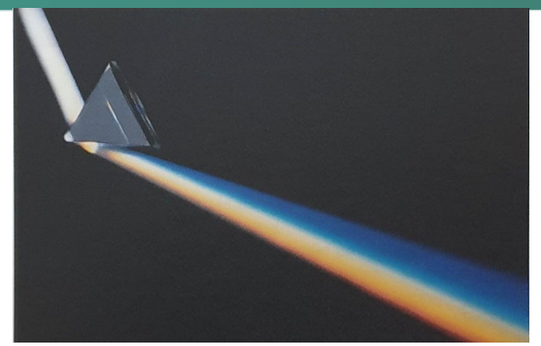


https://en.wikipedia.org/wiki/Fraunhofer_lines

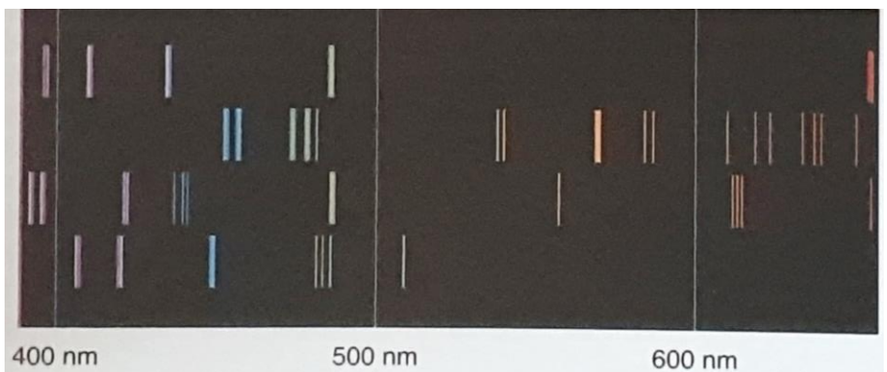
- 1800'lerin ortalarında eğer gazlar ışık salacak kadar ısıtılırsa ne sürekli ne de karanlık çizgili bir tayfın üretildiğini, bunun yerine parlak çizgilerden oluşmuş bir tayfın göründüğü keşfedildi.
- Üstelik her kimyasal elementin kendine özgü çizgi deseni olduğu keşfedildi.
- Bu bilinmeyen bir materyalin kimyasal bileşiminin tanımlanması için çok önemlidir, ve artık standart bir tekniktir.



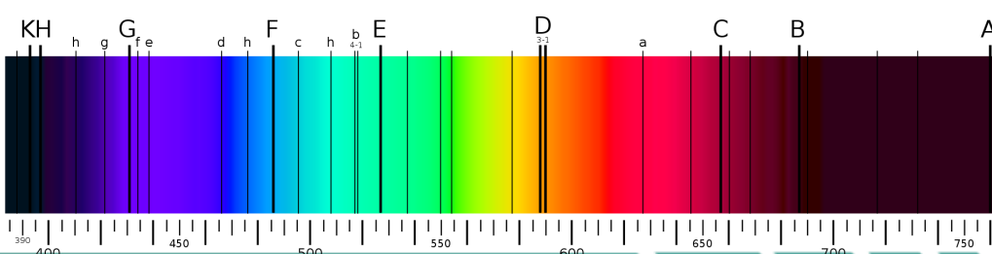
- Kirchhoff yasaları: 1860'ta



1. Sıcak ve ışıyan yoğun bir nesne (bir katı veya yğun gaz) sürekli bir tayf yayınlar.

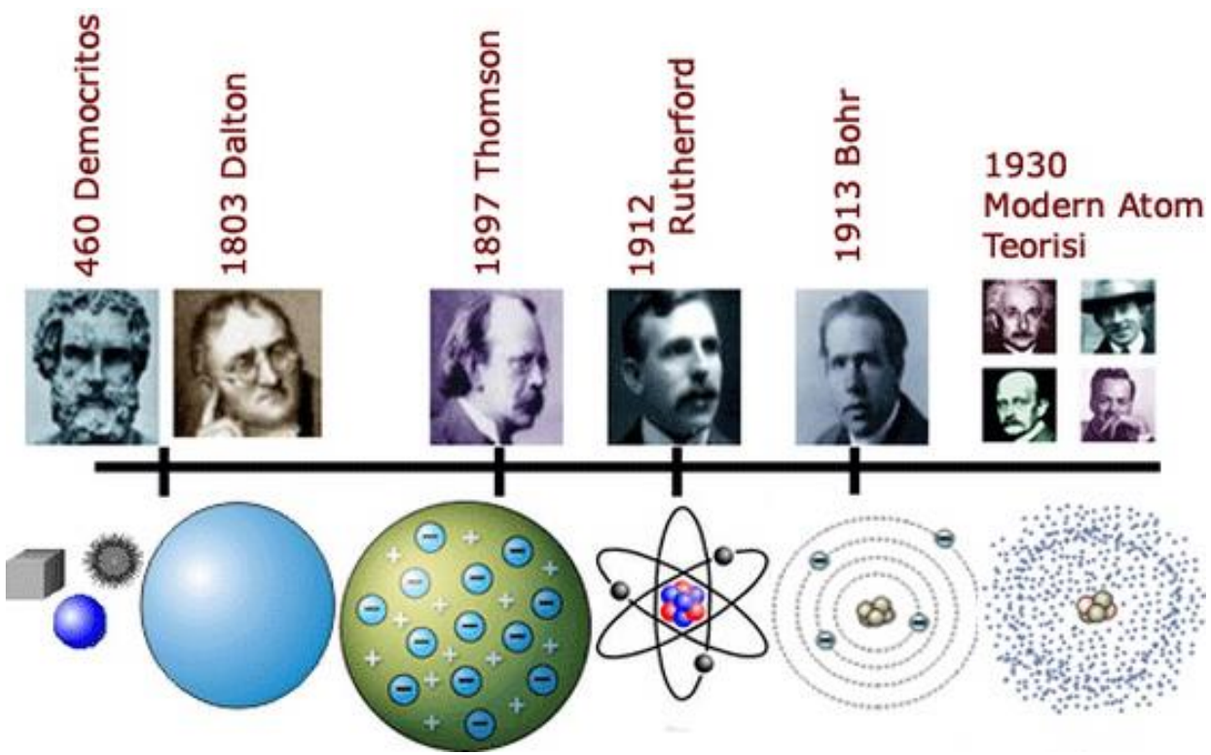


2. Sıcak ve düşük yoğunluklu bir gaz sadece belli dalgaboylarında ışık yayınlar.



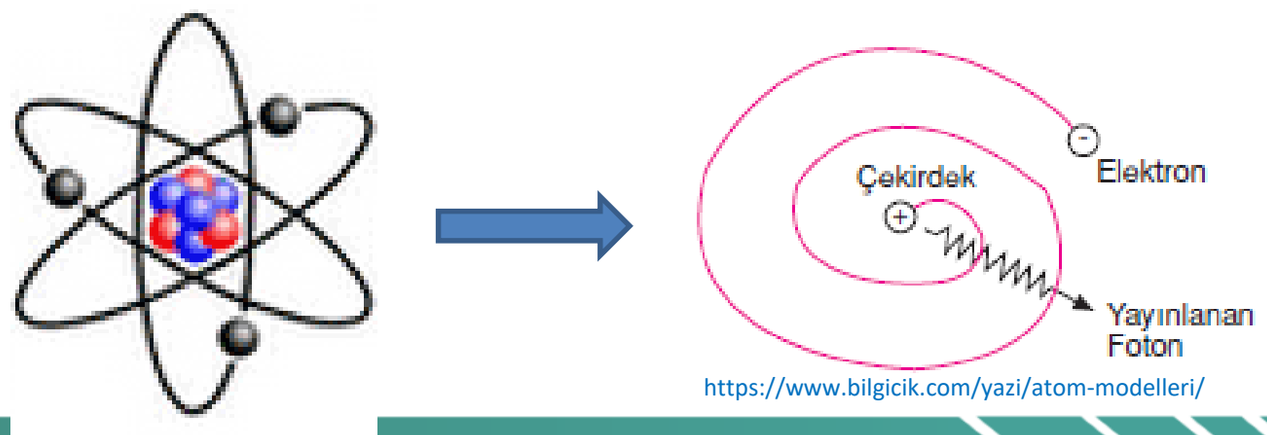
3. Sürekli tayfa sahip bir ışık, soğuk bir gazdan geçtiği zaman sürekli tayfta karanlık çizgiler görünür.

- Işık soğuk bir gazdan geçtiği zaman ortaya çıkan siyah çizgilerin dalgaboyları, aynı gaz ısıtıldığında yayınlanan parlak çizgilerinkilerle aynıdır.
- Kirchhoff yasalarının arkasındaki bilim nedir? 1900' lere kadar bilinmiyordu.
- 1913'te Danimarkalı fizikçi Niels Bohr tarafından yeni bir atom modeli önerildiğinde bilimsel bağlantı kurulabildi.



4.6 Bohr Atom Modeli

- O zamanlar kabul edilen atom modeli esas olarak Yeni Zelandalı fizikçi Ernest Rutherford'un modeliydi.
- Rutherford'un modeli atomu, etrafında negatif elektrik yüklü **elektronların** döndüğü pozitif elektrik yüklü bir **çekirdeğe** sahip olarak tanımlıyordu.
- Pozitif ve negatif elektrik yükleri birbirini çeker ve bu elektriksel kuvvet elektronları çekirdeğin etrafında yörüngede tutar.
- Bir elektron çekirdeğin etrafında dolanırken doğrultusunu sürekli değiştirir ve bundan dolayı ivmelenir; hâlbuki klasik kurama göre eğrisel bir yörüngede hareket eden ya da düz bir hat boyunca ivmelenen herhangi bir yüklü tanecik elektromanyetik ışınım yayar ve böylece enerji kaybeder.
- Öyleyse elektronların çekirdeğe doğru spirallenerek atomun çökmesine yol açmalarını engelleyen nedir?
- Bohr'un modeli bu soruya cevap vermeye çalıştı.



https://www.bilgicik.com/yazi/atom-modelleri/

- Bohr atom modeli üç varsayıma dayanır: (Bugün daha iyi bir model mevcuttur. Ancak bohr atom modeli atomun yapısını anlamak için daha basittir.)

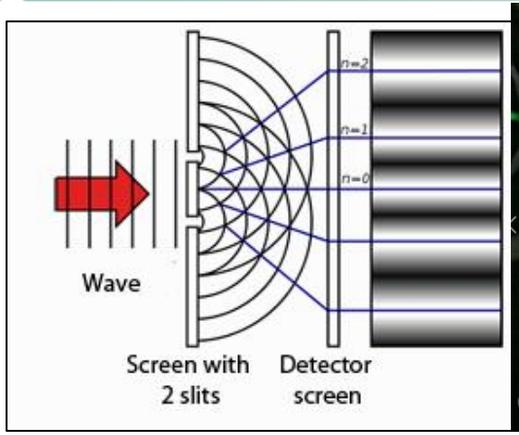
1. Bir çekirdeğin etrafındaki yörüngelerde bulunan elektronların yalnızca belirli özgül enerjileri olabilir:

- Sadece belirli enerjiler mümkün olduğundan elektronlar için izinli yörüngelerden bahsederiz.
- Bohr, atomdaki izinli dairesel ve kararlı yörüngelerde bulunan elektronların herhangi bir enerji yayınlamadığını varsaydı.
- **Kuantum mekaniği bakış açısına göre:** İzinli dairesel yörüngenin çevresi elektron dalgaboyunun tam katıdır. Elektron belli yörüngelerde belli olasılıklarla bulunabilir. Bohr yörüngesi en muhtemel yörüngedir.

2. Bir elektron, atomun enerjisinin değişmesiyle bir enerji seviyesinden diğerine geçebilir.

- Bir atoma enerji eklendiğinde elektron çekirdekten uzağa gider.
- Bir elektron dştaki bir yörüngeden içteki bir yörüngeye gittiğinde atom elektromanyetik ışınım formunda enerji kaybeder.
- Bohr modelinde ışık sürekli dalgalar olarak değil, küçücük enerji patlamalarıyla yayınlanır.
- Bu küçük elektromanyetik enerji patlamalarına **foton** adı verilir.
- **Foton:** Belirli bir dalgaboyundaki elektromanyetik enerjinin en küçük miktarıdır.

Işığın Dalga-Tanecik (Parçacık) İkilemi





Dalga kuramı

Thomas Young'ın (1773-1829) yaptığı deneyler ışığın dalga özelliğine sahip olduğunu gösterdi.

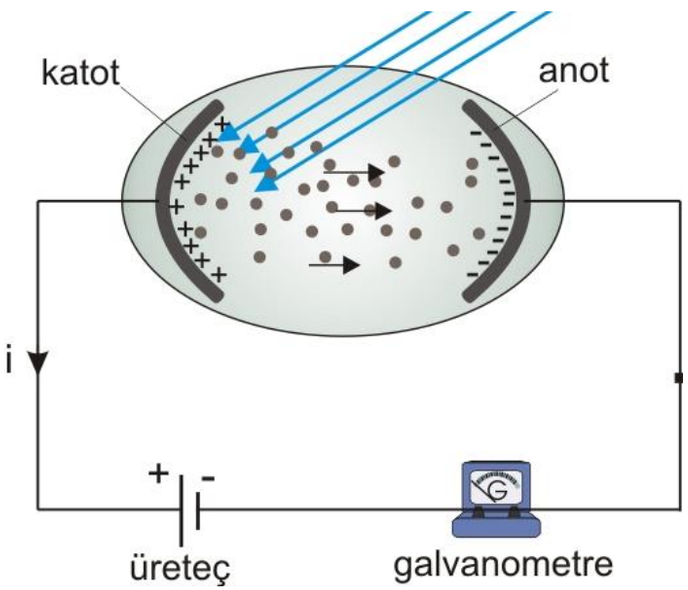
Ancak açıklanamayan noktalar hala vardı:

- Eğer ışık dalga ise yayılması için bir ortam (eter) gerekli idi ve bu ortamın varlığı kanıtlanamamıştı.
- Fotoelektrik etki dalga kuramı ile açıklanamamıştı.

Tanecik Kuramı

Newton'a göre ışıkla yapılan gözlemlere göre ışığın tane olması gerekmekteydi. Aksi takdirde ışığın engelleri aşması, gölgelerde aydınlık yerlerin oluşması gerekirdi.

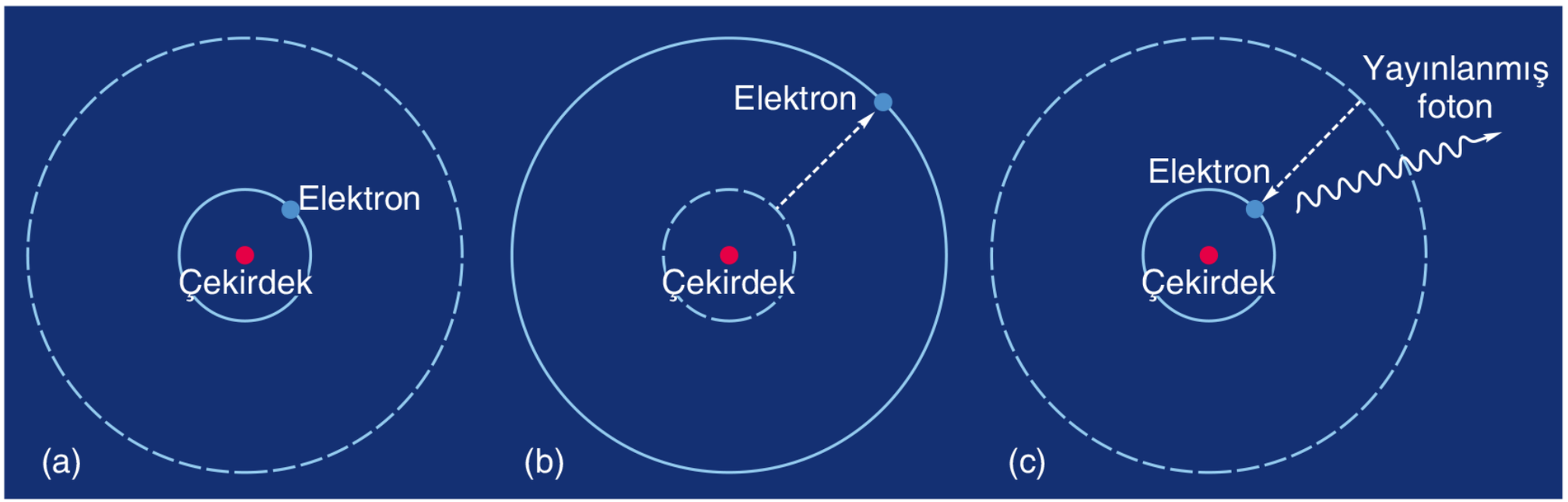
- Einstein (1879-1955); Dalga–Parçacık ikilemeni çözdü. «Işık bazı durumlarda dalga bazı durumlarda da parçacık gibi davranır». **(Işığın foton kuramı)**



3. Bir fotonun enerjisi fotonla ilişkili ışığın frekansını belirler:

- Fotonun enerjisi arttıkça ışığın frekansı da artar.

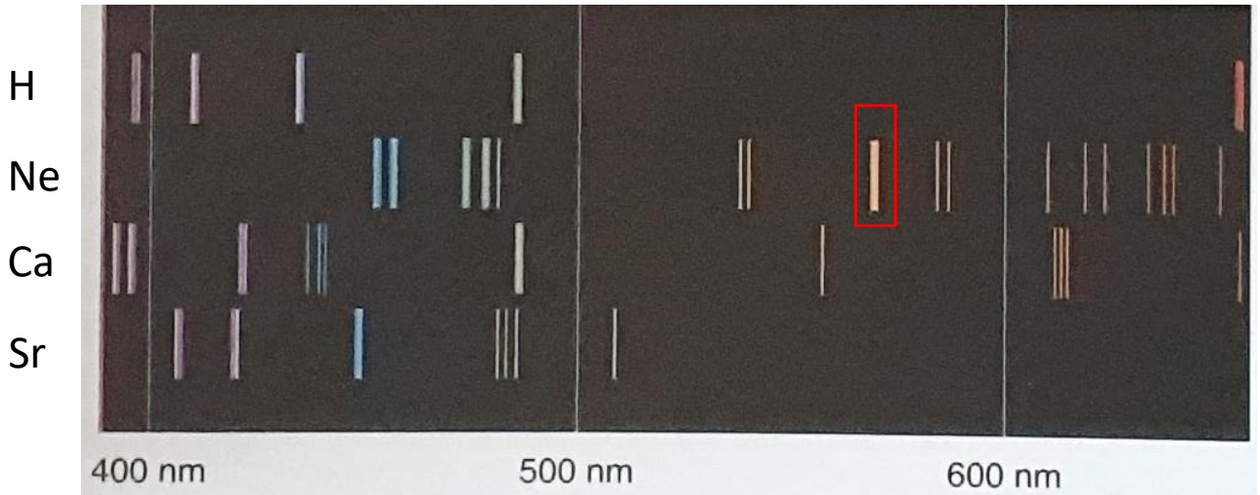
$$E = hf$$



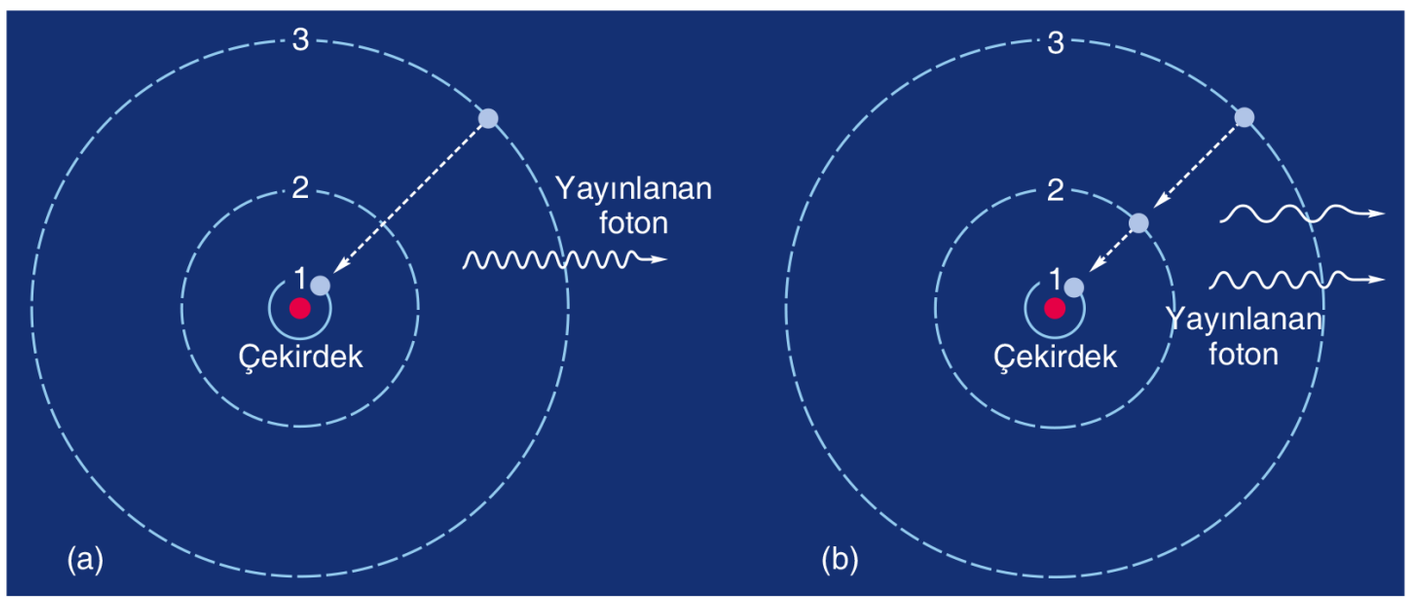
(a) Elektron en düşük muhtemel enerji seviyesindedir: Temel seviye. (b) Atom (belki başka bir atomla çarpışarak) enerji kazandığı zaman, elektron daha yüksek bir yörüngeye sıçrar. (c) Sonra elektron çabucak başlangıçdaki yörüngesine düşer ve bir elektromanyetik ışınım fotonu yapısında enerji yayınlar. Yörüngeler ölçekli çizilmemiştir.

Salma Tayfları

- **Salma Tayfı:** Belirli bir sıcaklıktaki düşük yoğunluklu bir gaz tarafından yayılan ışıma desenine denir.
- Belli dalgaboylarında parlaklık görülür.
- Bu tayflar parmak izi gibidir.



- Elektronlar daha yüksek yörüngelere uyarıldığında «*temel hal*»e farklı yollarla düşebilir.
- Bir atomun en düşük enerjili durumuna temel hal denir.
- Her bir farklı geçiş adımı farklı frekanslı ışınım yayacaktır.
- Yayılan ışınımın enerjisi tam olarak iki yörünge arasındaki enerji farkına eşittir.



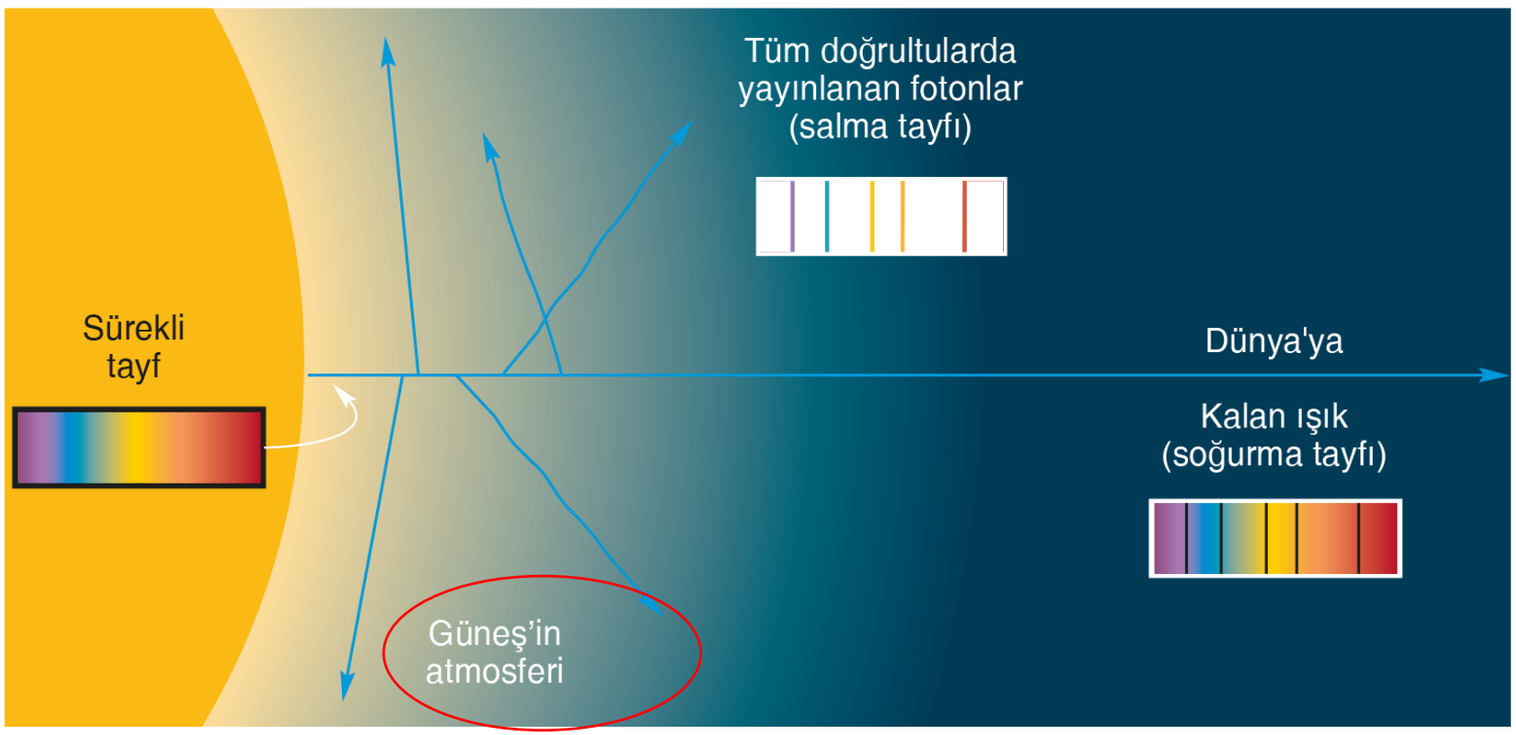
Yıldızların Sürekli ve Soğurma Tayfları

- Güneş'in görünen yüzeyi (fotosfer) sürekli bir tayf yayınlar.
- Gaz olmasına rağmen sürekli tayf gözlenmesinin nedeni atomların birbirlerini itmesi yüzünden enerji seviyelerinin genişlemesidir.
- Atomlar daha fazla sıkıştırıldığında, enerji seviyeleri geniş enerji aralığına dönüşür.
- Güneşten yayınlanan ışık bize gelmeden önce Güneş'in kısmen daha soğuk atmosferinden ve Dünya atmosferinden geçer.
- Burada bulunan gazların atomları ışığın bir kısmını soğurur.
- Bu durumda gelen ışın deseninde aydınlık alan üzerinde karanlık çizgiler oluşur.
- Bu tür tayfa **soğurma tayfı** denir.
- Aynı elementin salma ve soğurma tayflarındaki parlak ve karanlık çizgiler çakışır.

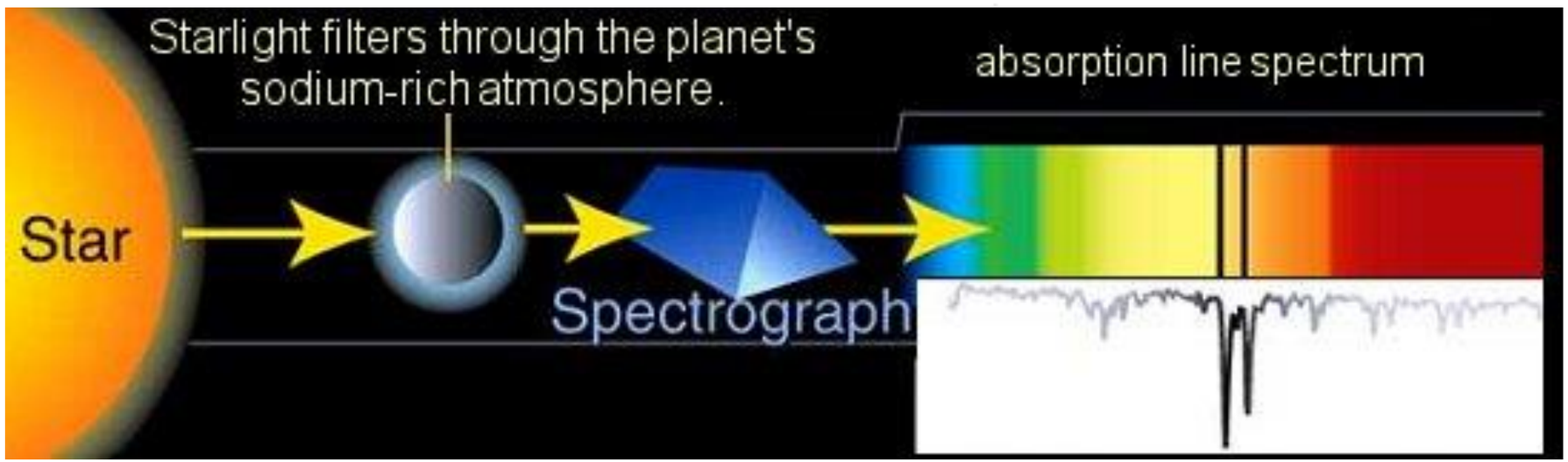


- Enerji soğuran soğuk gaz bu enerjiyi aslında tekrar salar.
- Bu durumda bir dengelenme söz konusu mudur?
- Yeniden salınan ışık tüm doğrultularda gönderilir.
- Bu nedenle başlangıçta Dünya'ya doğru gelen ışığın belli frekanslarda daha azı bize ulaşır.

Güneş'in üzerindeki bir noktadan çıkarak Dünya'ya doğru gelen bir ışık hüzmesini düşünün. Işın Güneş'in atmosferini geçerken bazı dalgaboyları soğurulacak ve rastgele doğrultularda yeniden yayınlanacaktır. Bu durum Güneş tayfının bir soğurma tayfı olmasına yol açar. Güneş'in atmosferinden gelen ışık bir salma tayfıdır.



- Tam Güneş tutulması sırasında Güneş'in ana gövdesinden gelen ışık engellenir.
- Bu durumda astronomlar Güneş'in atmosferinden yayınlana ışığı görebilir.
- Böylece Güneş atmosferinin salma tayfı incelenebilir.
- Astronomlar bu tayftan helyum atomunu keşfetmişlerdir.
- Yıldızların atmosferinde hangi elementlerin olduğu bu şekilde soğurma tayfları incelenerek belirlenebilir.
- Dünya atmosferinde de soğurma olur ancak Dünya atmosferinde hangi elementlerin olduğu bilinir.



https://en.wikipedia.org/wiki/Absorption_spectroscopy

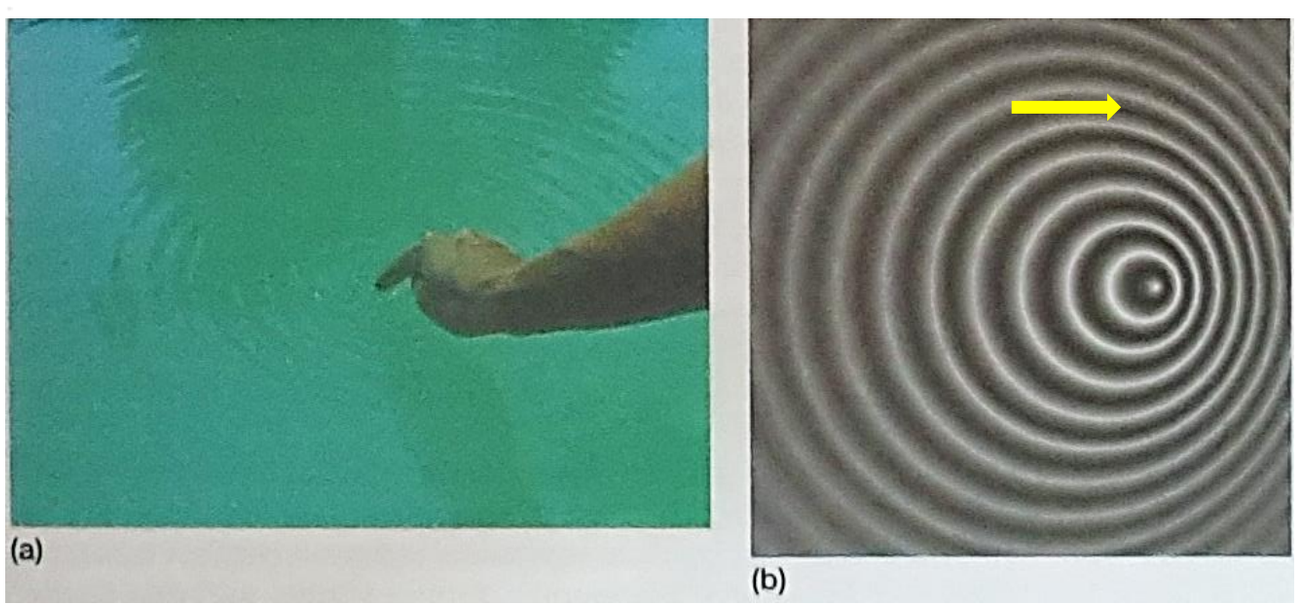
4.7 Doppler Etkisi

- Avusturyalı fizikçi Christian Doppler (1803-1853), etkiyi ilk açıklayan kişi.
- Su yüzeyinde sağa doğru hareket eden bir titreşen kaynağın oluşturduğu dalga desenini göz önüne alalım. Dört tespit var:

1. Kaynak hareket etse de, dalgalar yine tüm doğrultularda aynı süratle hareket eder.

2. Hareketli kaynağın önündeki dalgaların dalgaboyları hareketsiz durumdan daha kısa, hareketli kaynağın arkasındaki dalgaboyları ise hareketsiz durumdan daha uzundur.

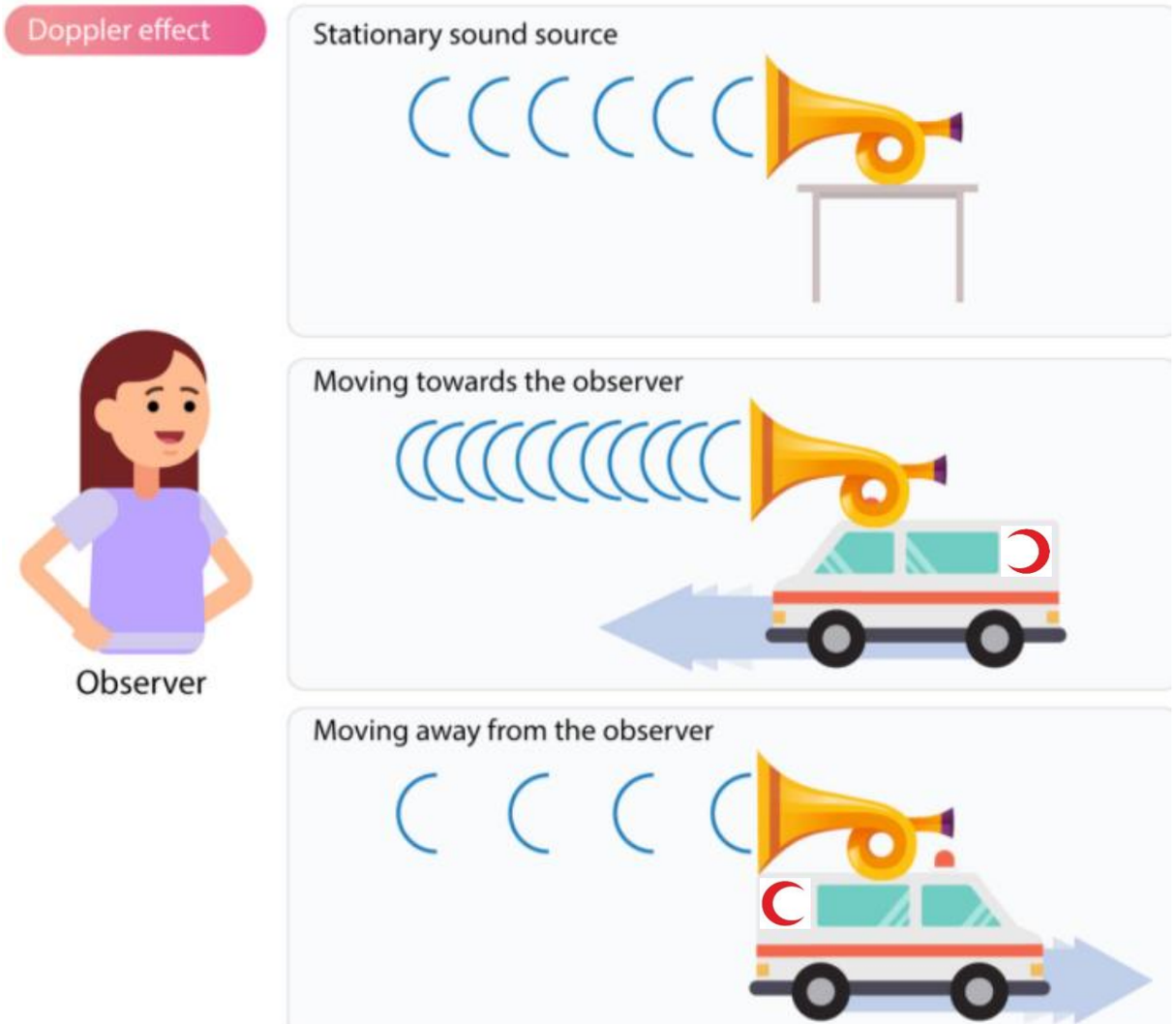
- Dalgaların sürati sabit idi. Dolayısıyla dalgaboyu frekansla ters orantılı olduğundan öndeki dalgaların frekansı artacak arkadaki dalgaların frekansı azalacaktır.
- $V = \lambda \times f$
- Benzer durum ses dalgaları ve elektromanyetik dalgalar için de söz konusudur.



Doppler Etkisi: Gözlemciden zaklaşan ya da gözlemciye yaklaşan bir kaynaktan gelen dalgaların dalgaboylarında gözlenen değişimdir.

3. Siren yaklaştıkça ses daha şiddetli gelir. Bu Doppler etkisi ile ilgili değildir. Doppler etkisi sadece dalgaboyundaki değişimle ilgilidir.

4. Kaynak sabit süratle yaklaşırken frekans zamanla artmaz. Ancak kaynak yaklaşırkan kaynağınkinden daha yüksek bir frekans, kaynak uzaklaşırken kaynağınkinden daha düşük bir frekans gözlenir.



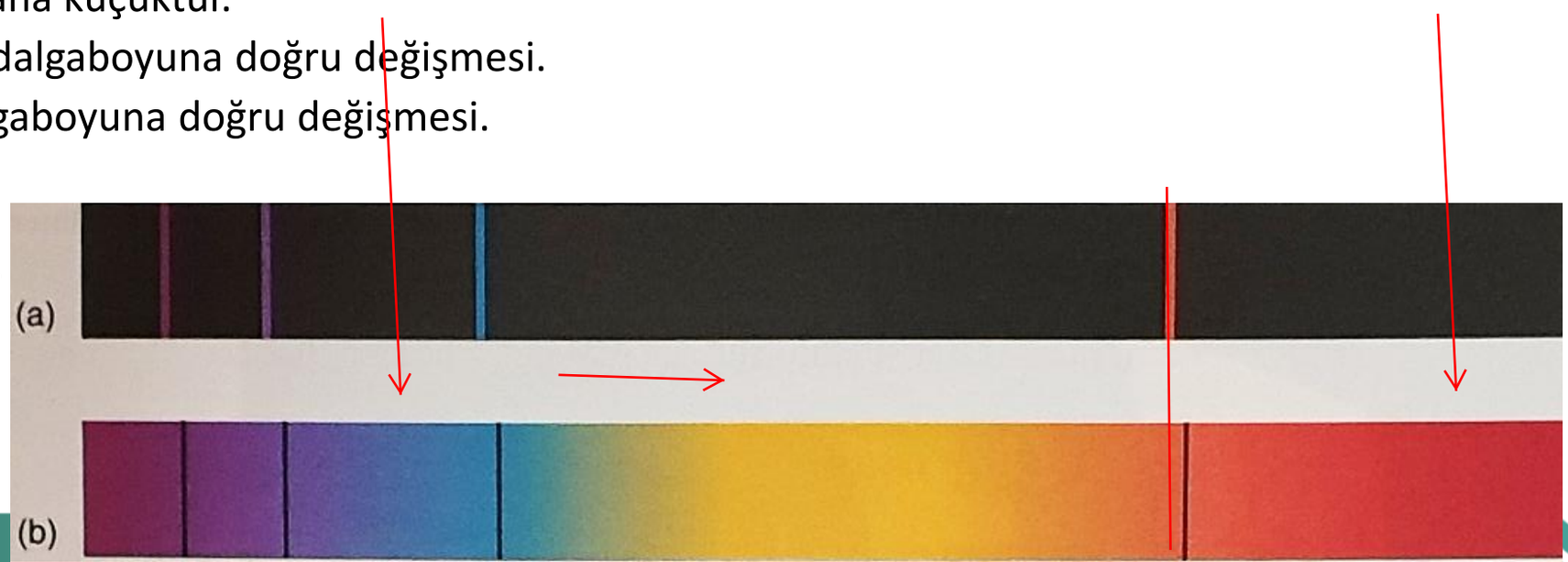
https://ecgwaves.com/topic/doppler-effect-and-doppler-studies-in-echocardiography/

Astronomide Doppler Etkisi

- Yıldızlardan aldığımız elektromanyetik dalgalar için de Doppler etkisi meydana gelir.
- Bu yıldızların hareket ettiği anlamına gelir.
- Doppler etkisi dalganın sürati ile nesne süratinin oranına bağlıdır.
- Bu nedenle yıldızlarda gözlenen Doppler etkisi yıldızların çok yüksek hızda hareket ettiğini gösterir.
- Elektromanyetik dalgalar ışık hızı ile hareket eder.
- Eğer yıldızın hızı ışık hızının (3×10^8 m/s) yanında çok çok küçük olursa Doppler etkisi gözlenmez.
- Bu nedenle su dalgalarında Doppler etkisi yavaş hareket eden nesneler için bile gözenebilir.
- Ses dalgalarında, ses hızı (340 m/s) daha fazla olduğundan kısmen daha yüksek hızlarda Doppler etkisi gözlenir.
- Gerçek yıldızda Doppler kayması çok daha küçüktür.
- **Kırmızıya kayma:** Dalgaboyunun uzun dalgaboyuna doğru değişmesi.
- **Maviye kayma:** dalgaboyunun kısa dalgaboyuna doğru değişmesi.

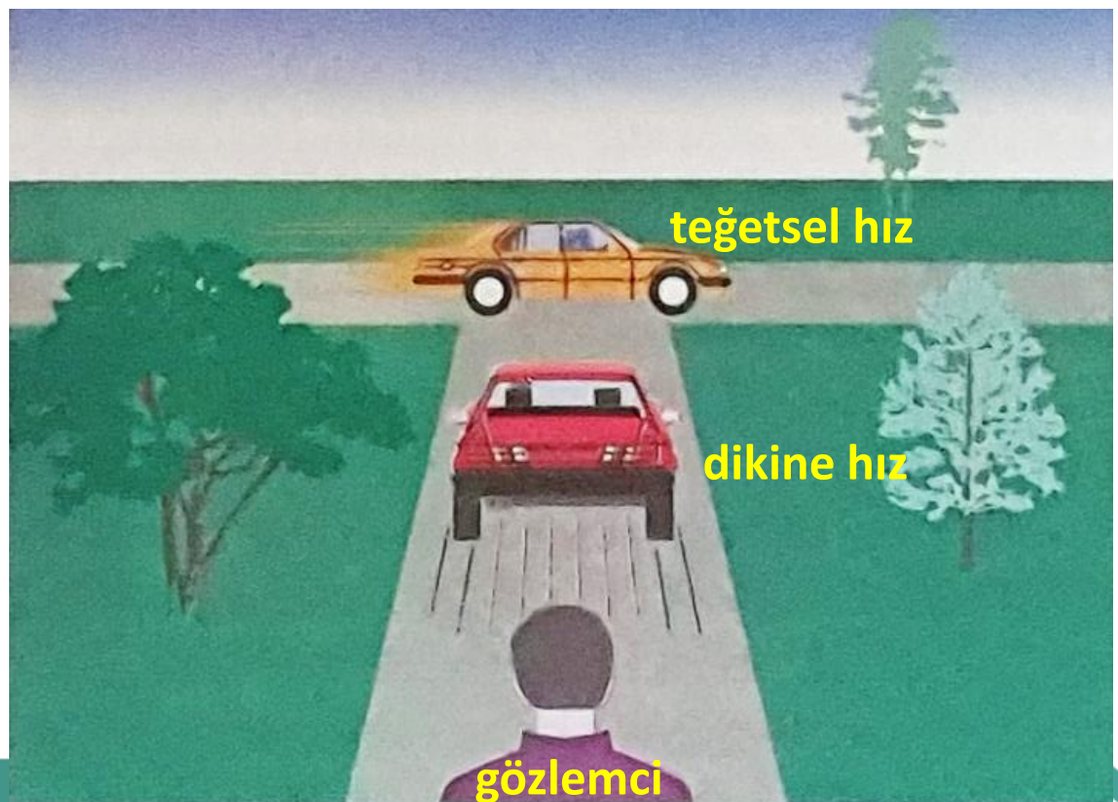
Laboratuvarda H gazı tayfı.

Atmosferinde sadece H bulunan yıldızın tayfı (gerçek değil).



Bir Ölçüm Tekniği Olarak Doppler Etkisi

- Doppler etkisi ile sadece yıldızların bize yaklaşıp yaklaşmadığını ya da uzaklaşıp uzaklaşmadığını değil aynı zamanda yıldızın Dünya'ya göre **dikine hızını** belirleyebiliriz.
- $\frac{\Delta\lambda}{\lambda_o} = \frac{v}{c}$ $\qquad v = c\left(\frac{\Delta\lambda}{\lambda_o}\right)$
- $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_o$



Örnek:

Hidrojenin en belirgin tayf çizgilerinden birinin dalgaboyu 656,285 nm'dir. Bu çizginin Regulus'un (Aslan takımyıldızındaki en parlak yıldız) tayfındaki dalgaboyunun 0,0077 nm daha fazla olduğu gözlenmiştir. Regulus'un Dünya'ya göre süratini hesaplayın ve bize doğru mu bizden uzağa doğru mu hareket ettiğini belirleyin.

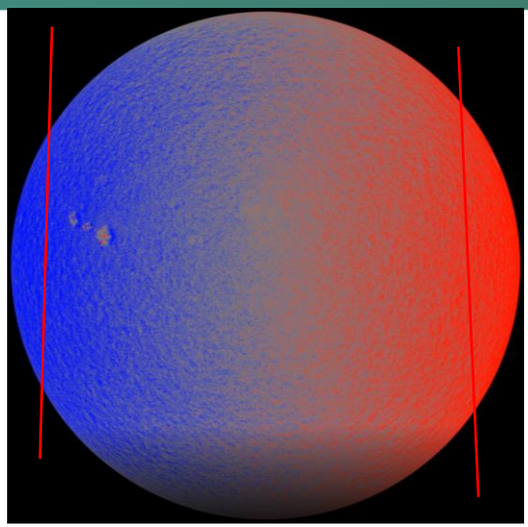
$$v = c\left(\frac{\Delta\lambda}{\lambda_o}\right) = 3 \times \frac{10^8 m}{s} \times \left(\frac{0{,}007\ nm}{656{,}285\ nm}\right) = 3500\frac{m}{s} = 3{,}5\ km/s$$

Bu yakın bir yıldız içi tipik bir sürattir. Dalgaboyunun 0,0077 nm fazla olması yıldızın bizden uzaklaştığı anlamına gelir. Dünya'nın Güneş çevresindeki yörünge sürati 30 km/s olduğu için ölçüm yaılırken Dünya'nın hareketi hesaba katılmalıydı.

Bir de siz deneyin:

Güneş'e en yakın yıldız Alpha Centauri'dir ve çıplak gözle görülür. Dünya'nın hareketi çıkarıldığında hidrojenin 656,285 nm çizgisinin Alpha Centauri'nin tayfında 65,237 nm dalgaboyu vardır. Bu yıldızın Güneş'e göre dikine hızını hesaplayınız. ve Güneş'e doğru ya da Güneş'ten uzağa doğru hareket edip etmediğini söyleyiniz.

Diğer Doppler Etkisi Ölçümleri



https://svs.gsfc.nasa.gov/3990

1. Güneş'in dönme hızının ölçümü:

- Galileo Güneş lekeleriniin Güneş'i boydan boya geçtiklerini gözleyen ve böylece Güneş'in dönme hızını bulan ilk kişiydi.
- Doppler etkisi ikinci bir yöntem sağlar.
- Güneş'inkarşıt kenarlarından gelen ışığınincelenmesiyle ölçüm yapılır.
- Bize doğru hareket eden kenardan gelen ışık maviye kayarken, diğer kenardan gelen ışık kırmızıya kayar.

2. Yıldızların, gökadaların, gezegenlerin ve Satürn'ün halkalarının dönme hızları ölçülebilir:

- Merkür ve Venüs'ün dönmeleri Radar dağlarının yansıtılmasıyla ortaya çıkarılmıştır.

3. Çoğu yıldız, birbiri etrafında dolanan iki veya daha çok yıldızdan oluşan bir sistemin parçasıdır.

- Eğer bu yıldızların yörüngeleri her biri sırayla bize yaklaşıp uzaklaşacak şekilde hizalanırsa, bu hareketi her yıldızın tayfındaki maviye ve kırmızıya kayma yoluyla belirleyebiliriz.
- **Çift yıldız:** Biribirinin etrafından dolanan, çekimsel olarak bağlı iki yıldız.



https://www.kozmikanafor.com/cift-yildiz-turleri/

- Yıldız tayflarında gözlenen Dopler kaymasındaki yıllık değişim, Dünya'nın Güneş etrafındaki hareketi için kanıt sağlar.
- Polis radarı sürücülerin süratlerini arabalarından gelen yansıyan dalgalardaki Doppler kaymasını tespit ederek ölçer.

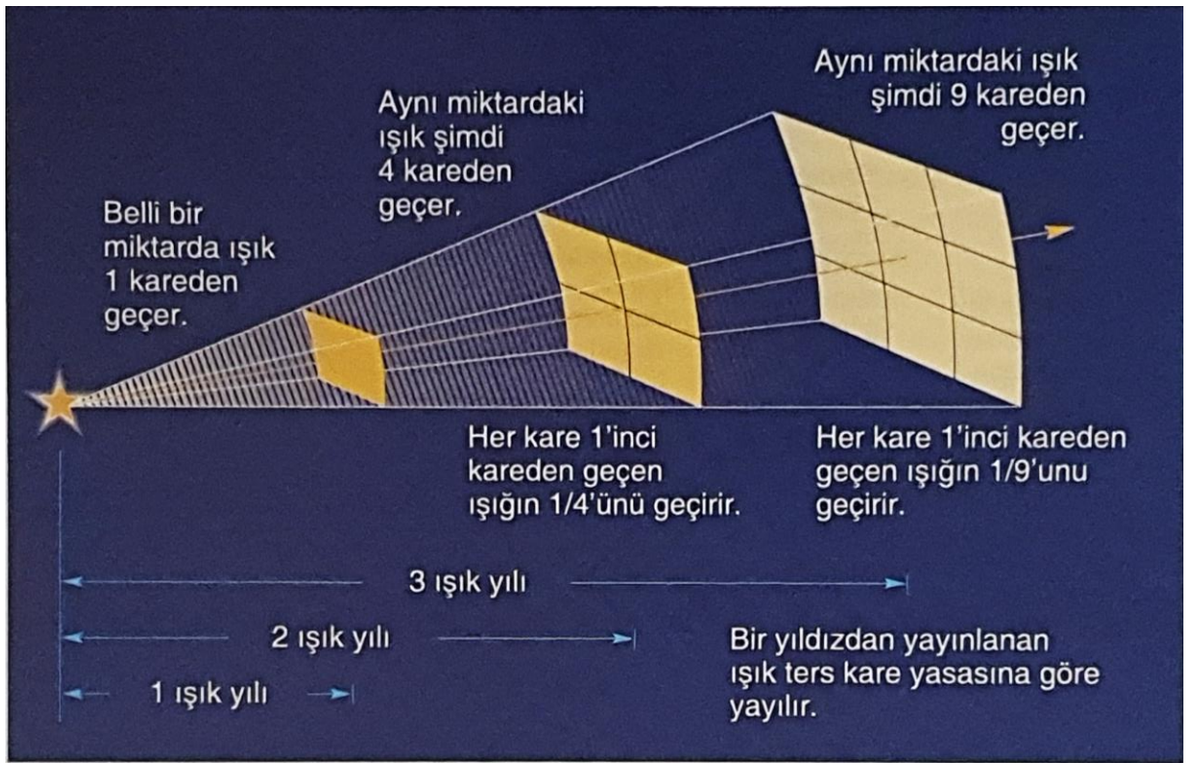
Göreli Sürat mi Gerçek sürat mi?

- Doppler etkisi yoluyla ölçülen sürat, nesnenin Dünya'nın süratine göre süratidir.
- Bu yüzden Doppler etkisi aracılığıyla yapılan herhangi bir hesapta Dünya'nın süratini hesaba katmak zorundayız, ama bu durumda bile sadece nesnenin Güneş'e göre süratini ölçeriz.
- Nesnenin gerçek sürati nedir
- Öyle bir şey yoktur, çünkü tüm süratler bir şeye göredir.
- Hareket halindeki bir uçağın koltukları arasında yüürken oturan yolculara göre, Dünya'ya göre ve Güneş'e göre süratiniz vardır ve hepsi birbirinden farklıdır.
- Her hareket görelidir.
- El-Kindi göreliliği, Galileo göreliliği, Einstein göreliliği

4.8 Işınımın Ters Kare Yasası

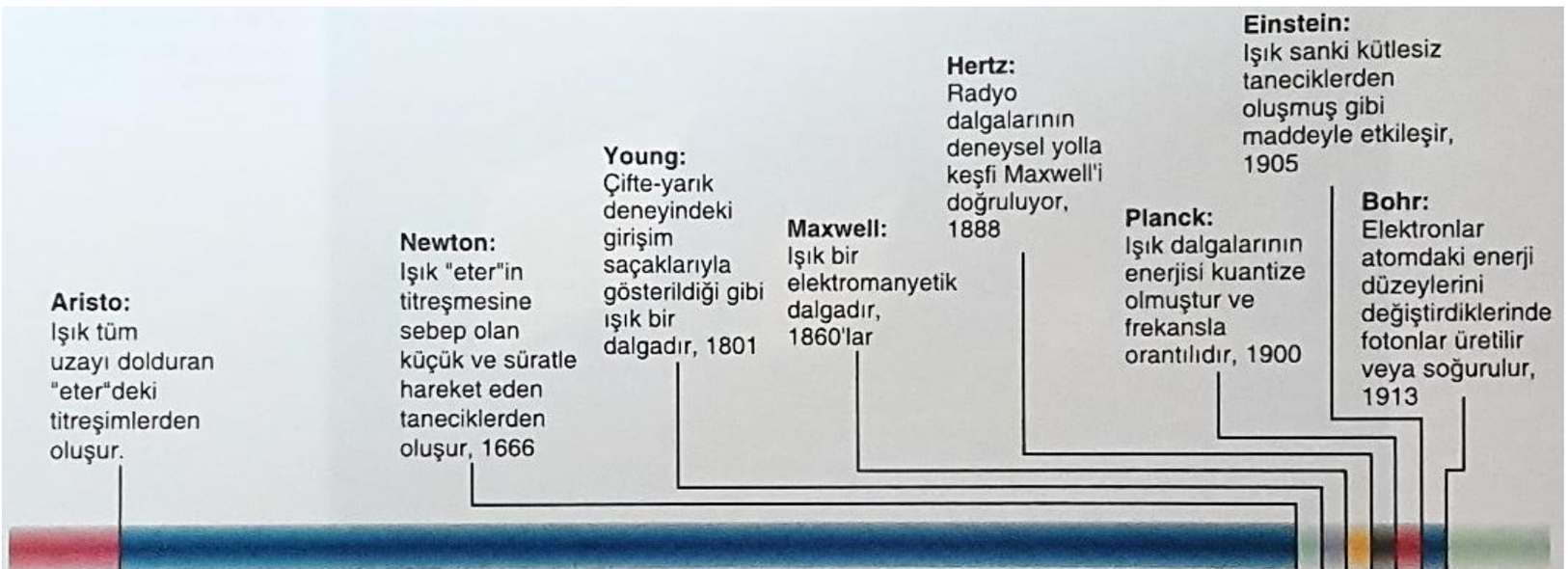
Işınımın ters kare yasası: Küçük bir kaynaktan yayılan ışınımın şiddetinin kaynaktan uzaklığın karesinin tersiyle ($1/d^2$) azaldığını ifade eder.

- Küçük kaynaktan çıkan ışık küresel olarak her yönde yayılır.
- Yayılma mesafesi arttıkça ışığın geçtiği yüzeyin alanı da artar, dolayısıyla birim yüzeye düşen ışık şiddeti azalır.
- Alan $4\pi d^2$ şeklinde arttığından şiddet d uzaklığının karesinin tersi ile azalır.
- Yıldızın ne kadar enerji yayınladığını bulmak için kullanılır.



Sonuç

- Astronomi ile diğer disiplinler arasındaki en büyük farklardan biri astronominin konusu olan evrenin kontrolümüz dışında olmasıdır.
- Bir nesneye baktığımız zaman ışığını yayınlamış olduğu zamanki halini görürüz.
- Evreni öğrenmenin yöntemlerinden biri topladığımız ışınımdaki bilginin kilidini açmaktır.



ŞEKİL 4-20 Işığın doğası için yapılan açıklamalar yıllar boyunca dalga modeliyle tanecik modeli arasında gidip geldi. İlgili Modeli Geliştirme bilgi kutusunda gördüğümüz gibi bugün ışığın dalga-tanecik ikiliğinden bahsediyoruz; ışık uzayda bir dalga gibi ilerler ama maddeyle tanecik akımı gibi etkileşir.

Kaynak:

Evreni Anlama Serüveni, Çeviri editörü: Doç. Dr. Tolga Güver, Nobel Akademik Yayıncılık, 2017,

RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ



ASTRONOMİ

Prof. Dr. Murat Tomakin

5.Bölüm: Teleskoplar: Evrene Açılan Pencereler

5.1 Kırılma ve Görüntü Oluşumu

5.2 Mercekli Teleskop

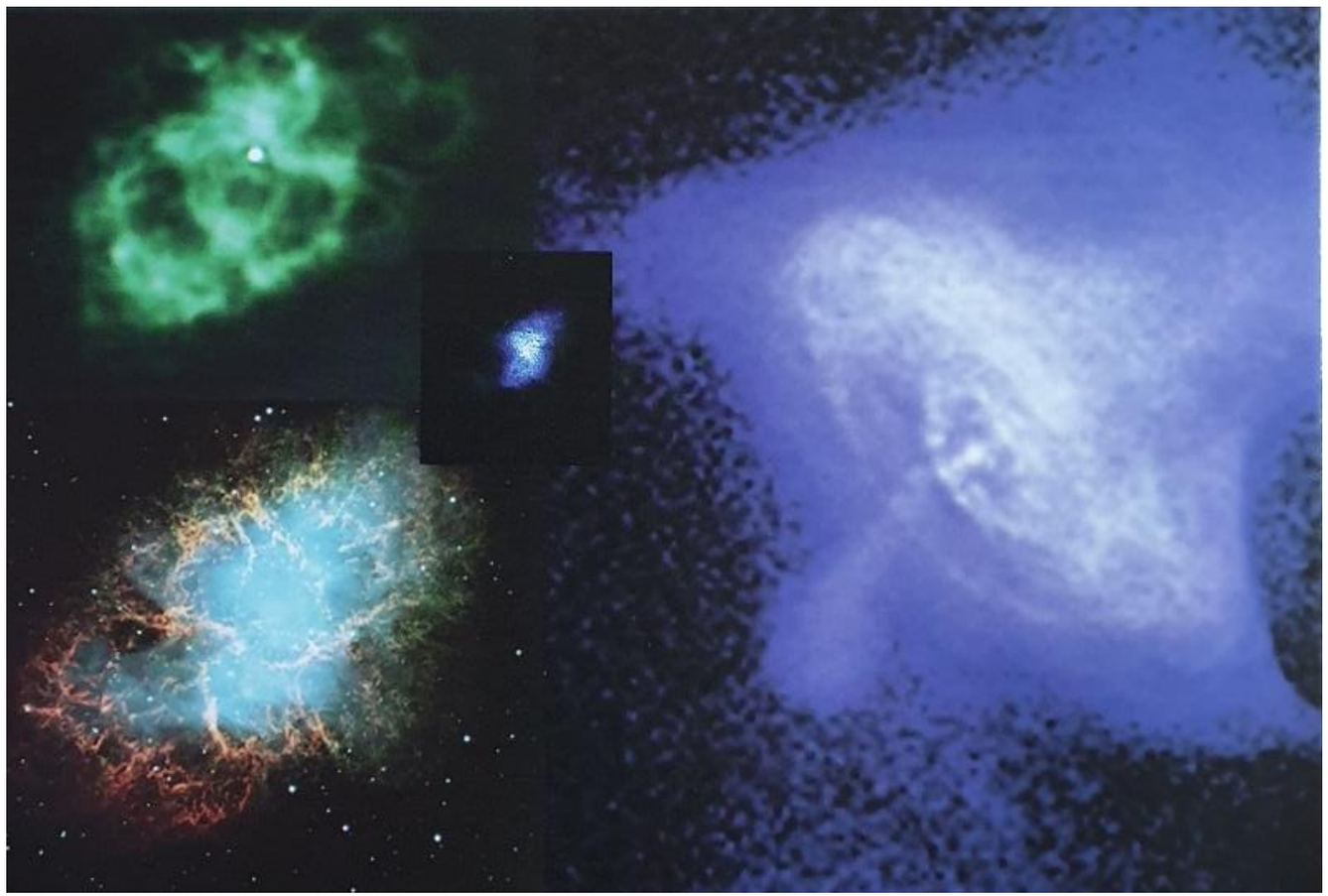
5.3 Bir Teleskobun Güçleri

5.4 Aynalı Teleskop

5.5 Radyo Teleskoplar

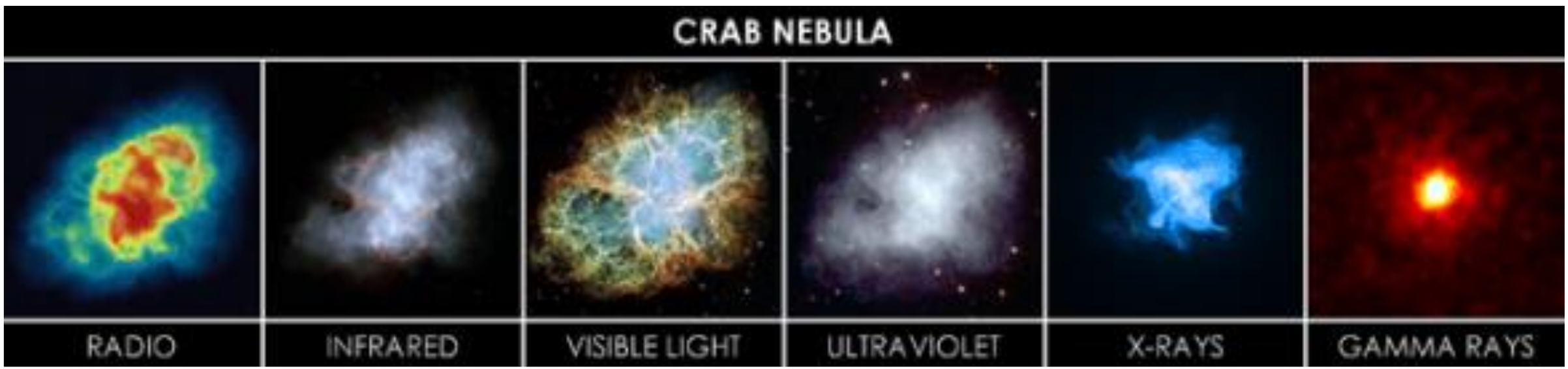
5.6 Girişimölçüm

5.7 Diğer Elektromanyetik Işınım Türlerinin Belirlenmesi



Giriş

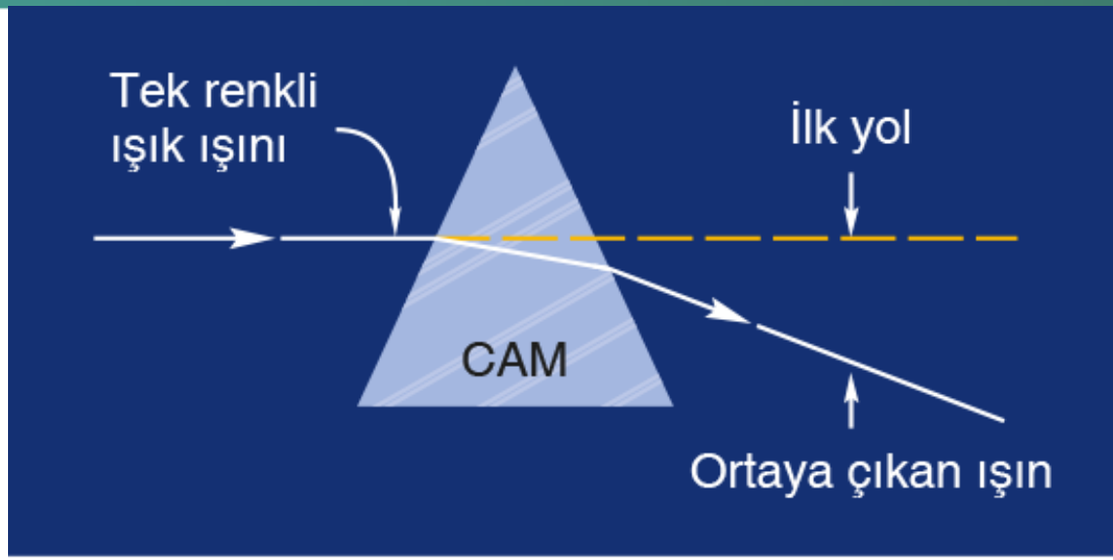
- Astronomi söz konusu olduğunda görebildiğimiz şey elde edebileceğimizin sadece bir kısmıdır.
- Yapabileceğimiz tek şey, bunesnelerden gelen ışınımı bir şekilde toplamaktır.
- Bu iş için en faydalı aletler teleskoplardır.
- Görsel, Yengeç bulutsusuna aittir. Yaklaşık 1000 yıl öncepatlamış bir yıldızın enkazı.

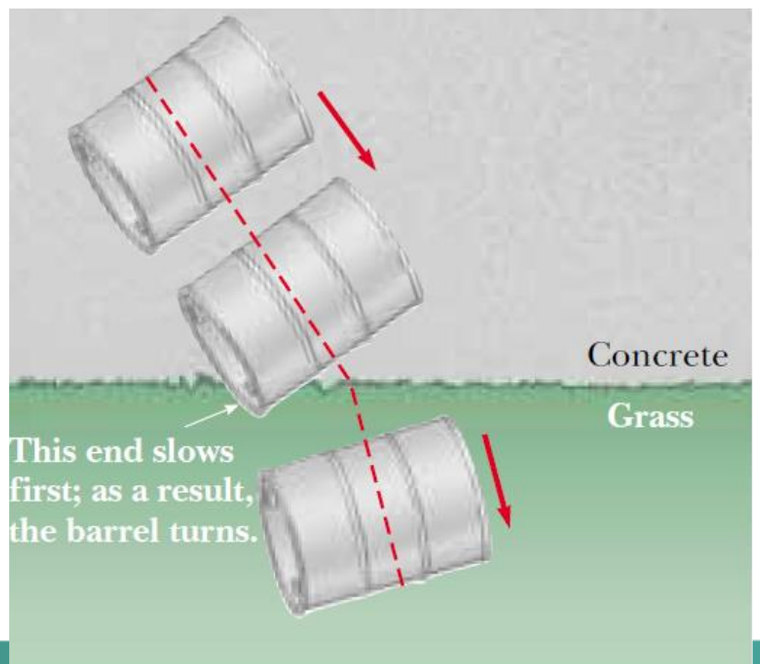


https://www.kozmikanafor.com/galeri-messier-1-ngc-1952-yengec-bulutsusu/

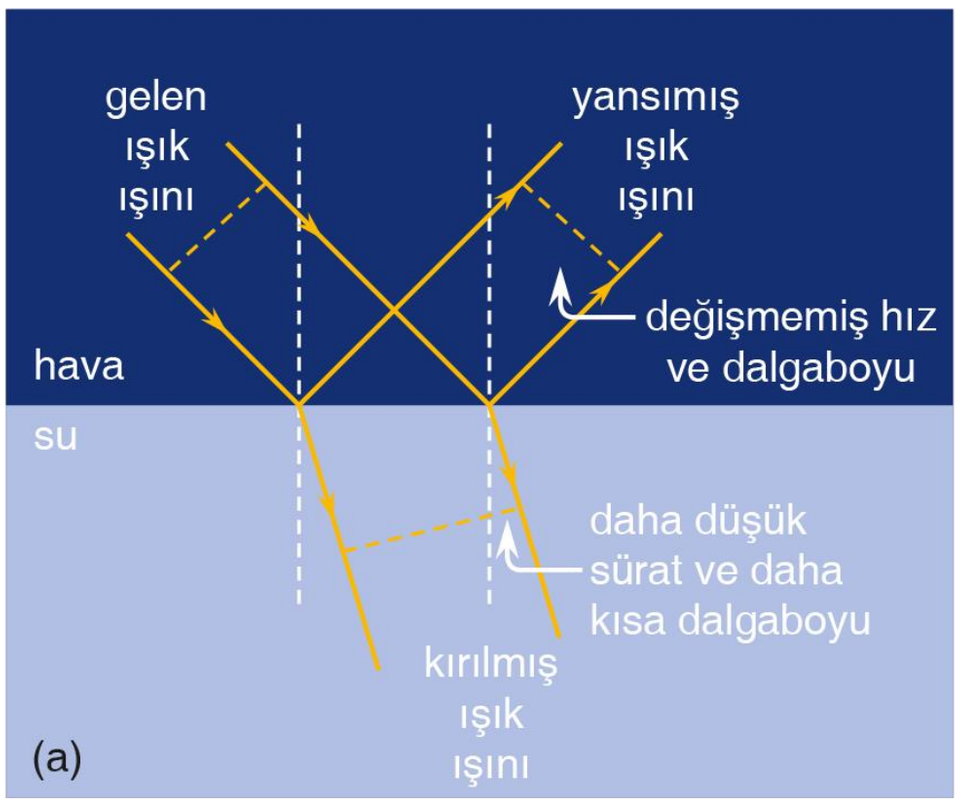
5.1 Kırılma ve Görüntü oluşumu

- Bu bölümde ışığın doğasını değil izlediği yolu göz önüne alacağız:
  - Işık aynı ortamda kaldığı sürece düz bir hatta yol alır.
  - Farklı bir ortama gelince doğrultu değiştirebilir.
- Bir dalganın bir ortamdan diğerine geçerken bükülmesine **kırılma** denir.
- Işık, içinde farklı hızlarla yol aldığı iki materyal arasındaki sınırı geçerken bükülür (ışığın kırılması).
- Yandaki görselde önce beton üzerinde sonra çim üzerinde yuvarlanan varil için kırılma olayı anlatılmaya çalışılmaktadır.
- Varilin betondaki hızı çimdekinden daha fazladır. Dolayısıyla varil çime geldiğinde yavaşlar. Varil çime açı ile geldiği için çime önce giren kenar yavaşlar diğer kenar daha hızlı kalır. Bu nedenle varil yön değiştirir.



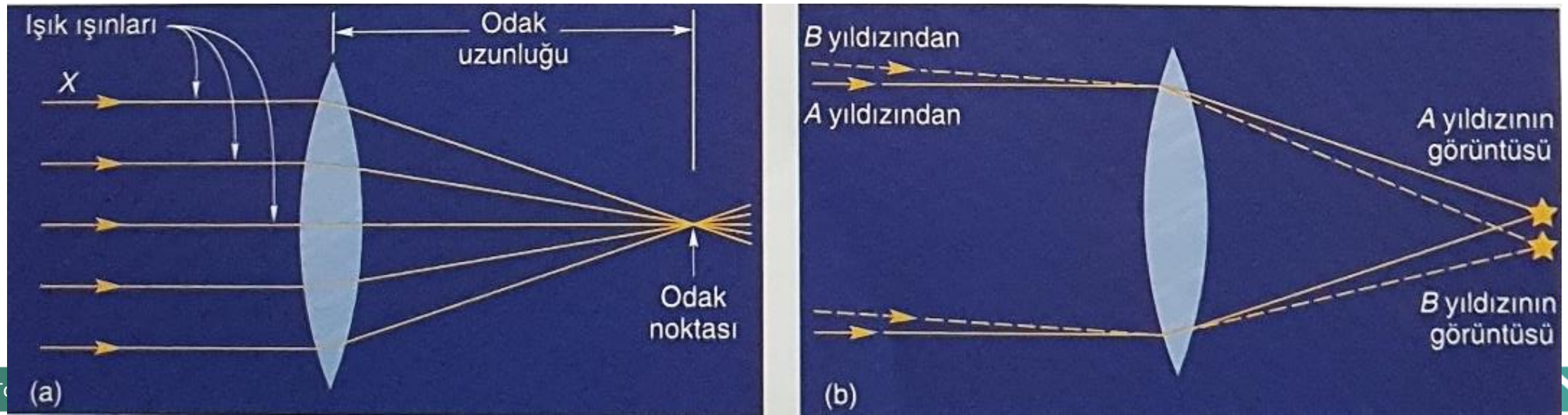


- İki ışık şekildeki gibi aynı ortam değişimine maruz kalırsa aralarındaki uzaklık ortamların türüne bağlı olarak bir miktar artar.





- ~~Cam merceğin yüzeyine dik olmayan açıla çarpan ışınlar dik çarpan~~
- **Görüntü:** bir nesnenin nesneden gelen ışığın kırlması veya yansıması yoluyla oluşmuş görsel karşılığı
- **Odak noktası:** Çok uzak bir nesneden gelen ışığın kırıldıktan veya yansıdıktan sonra yakınsadığı nokta.
- **Odak uzunluğu:** bir mercek veya aynanın merkezinden odak noktasında kadar olan mesafe.
- Yüzey eğriliğine bağlı olarak farklı merceklerin farklı odak uzunlukları vardır.
- Işığın yağmur damlalarındaki kırılması gökkuşağını oluşturur.



- Işık Dünya atmosferine girdiği zaman hava içinde yol alırken sürekli kırılır.
- Atmosferdeki her tabaka farklı koşullar altındadır ve farklı bir ortam gibi davranır.
- Bunun sonucu olarak nesneler gökyüzünde gerçekte olduklarından daha yüksekte görünürler.
- Kırılma miktarı nesnenin ufuktan yüksekliğine bağlıdır.
- Ufka yakın olan daha fazla kırınıma uğrar.
- Bu ufka yakın olduğunda Güneş'in neden yassı göründüğünü açıklar.



(a)

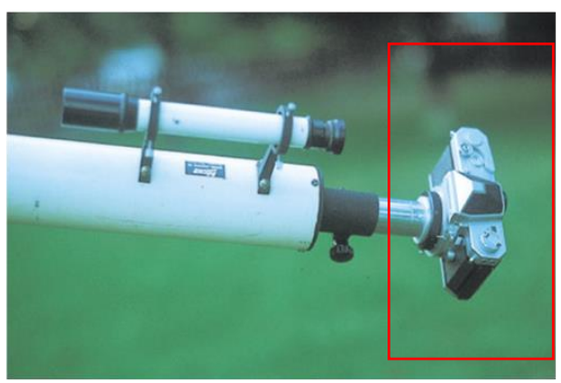


(b)

ŞEKİL 5-4 (a) Atmosferdeki kırılmanın basitleştirilmiş bir resmi. Gözlenen nesnenin konumu, gökyüzünde gerçekte olduğundan daha yüksekteymiş gibi görünür. (b) Günbatımında Güneş yassı görünür, çünkü alt kenarı üst kenarından daha fazla kırılır. (a) resminde gösterildiği gibi, kırılmanın miktarı ufkun üzerinde yüksekliğe bağlıdır. Sonuç olarak, Güneş ufka yaklaştıkça daha yassı görünür.

5.2 Mercekli Teleskop

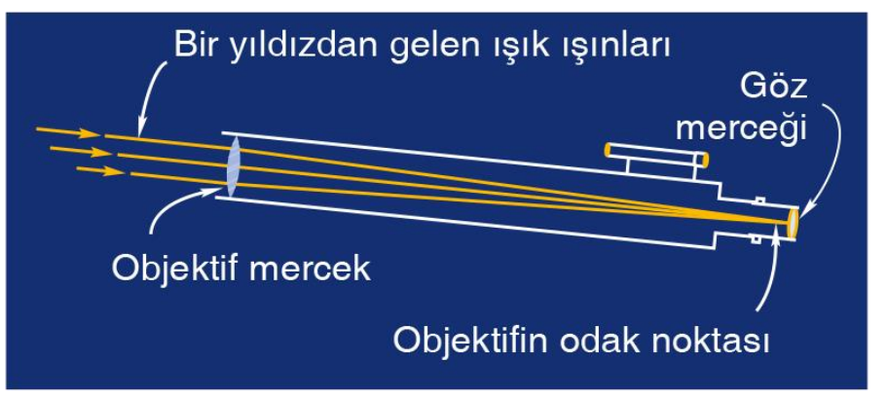
- Mercekler mercekli teleskobun kalbidir.
- Kameralarda teleskop merceği kullanılarak görüntü kaydedilir (Şekil a).
- Bu sayede uzun poz süreli çekimler yapılarak sönük nesnelerin görüntüsü alınabilir.
- Teleskop üzeride iki ana mercek var:
- Objektif mercek (veya objektif): Işığı toplar.
- Göz merceği: görüntüyü büyütür.



(a)



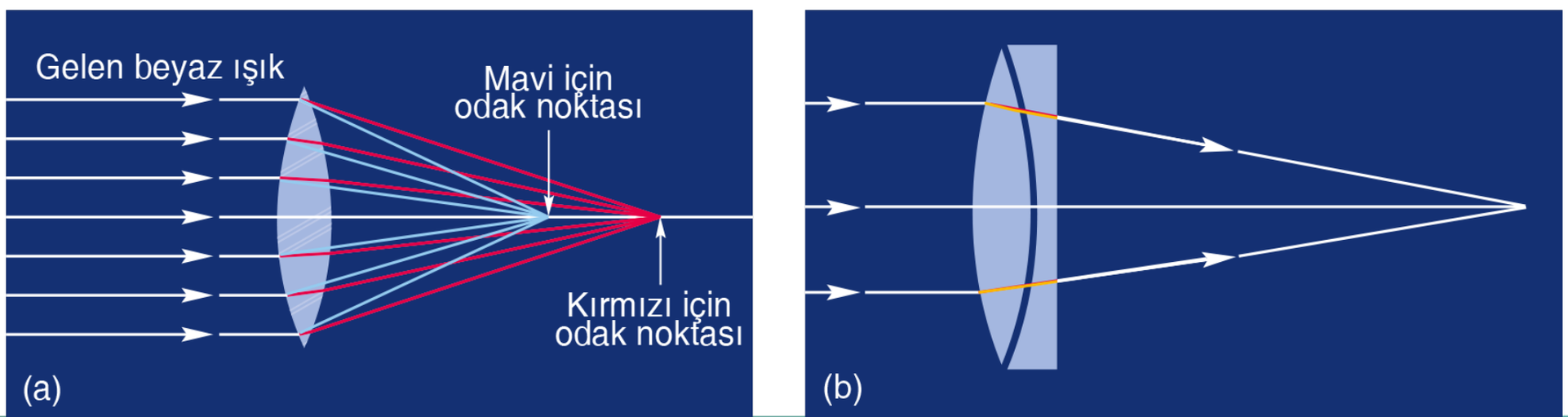
(b)



(c)

Renk Sapıncı

- Prizmada olduğu gibi bir mercekten geçen ışık renklerine ayrılır (merceğin merkezinden geçen ışık hariç).
- Bu durum merceği ışığın her dalgaboyu için hafifçe farklı odak uzunluklarına sahip olmasına yol açar.
- Renk sapıncı: Farklı renkteki ışıkların farklı yerlerde odaklanmasından kaynaklanan optik sistem kusurudur.
- Renk sapıncı sadece camın eğriliğine değil türüne de bağlıdır.
- Şekil b'deki gibi ters eğriliğe sahip ve farklı camdan yapılmış ikinci bir mercek kullanılarak renk sapıncı en aza indirilebilir.
- Bu şekilde yapılmış mercek bileşimine renksemez (akromat) mercek denir.



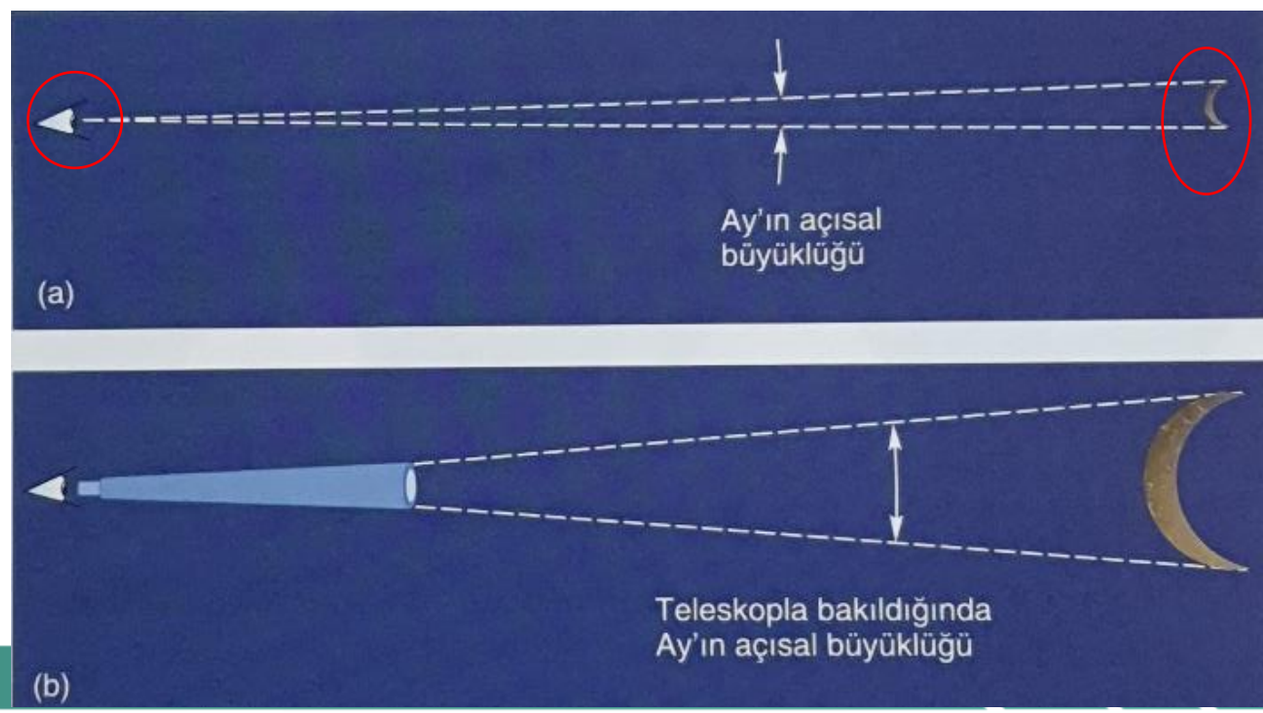
5.3 Bir Teleskobun Güçleri

- Bir teleskobun gücünü düşününce akla büyütme gelir.
- Halbuki büyütme teleskobun üç önemli gücü (toplama gücü, ayırma gücü, büyütme gücü) arasında en önemsiz olanıdır.

i) Açısal Büyüklük ve Büyütme Gücü

- Açısal büyüklük: Nesnenin iki karşıt kenarına gözlemciden çizilen iki çizgi arasındaki açı (Şekil a)
- Açısal büyüklük bir nesnenin görünen büyüklüğünün ölcüsüyken, açısal aralık iki nesne arasındaki görünen açısal mesafenin ölçüsüdür.
- Büyütme gücü veya büyütme: Bir nenenin bir aletle görüldüğü zamanki açısal büyüklüğünün, çıplak gözle görüldüğü zamanki açısal büyüklüğüne oranıdır.
- $$\textbf{Büyütme gücü} = \frac{\textbf{objektifin odak uzunluğu}}{\textbf{göz merceğinin odak uzunluğu}}$$

  veya
- $$M = \frac{f_{obj}}{f_{göz}}$$



Örnek:

Bir astronomiye giriş laboratuvarında kullanılan teleskopların 1250 mm odak uzunluklu objektifleri vardır. Göz merceğinin odak uzunluğu ise 25 mm'dir. Bu teleskopla elde edilen büyütme ne kadardır? Ay'ın bu teleskopla 25 mm'lik bir göz merceği kullanılarak görülen açısal büyüklüğü ne kadardır? (Ay'ın Dünyadan bakıldığında çıplak göz için açısal büyüklüğü yaklaşık 0,5°'dir.

Çözüm:

$$M = \frac{f_{obj}}{f_{göz}} = \frac{1250\ mm}{25\ mm} = 50$$

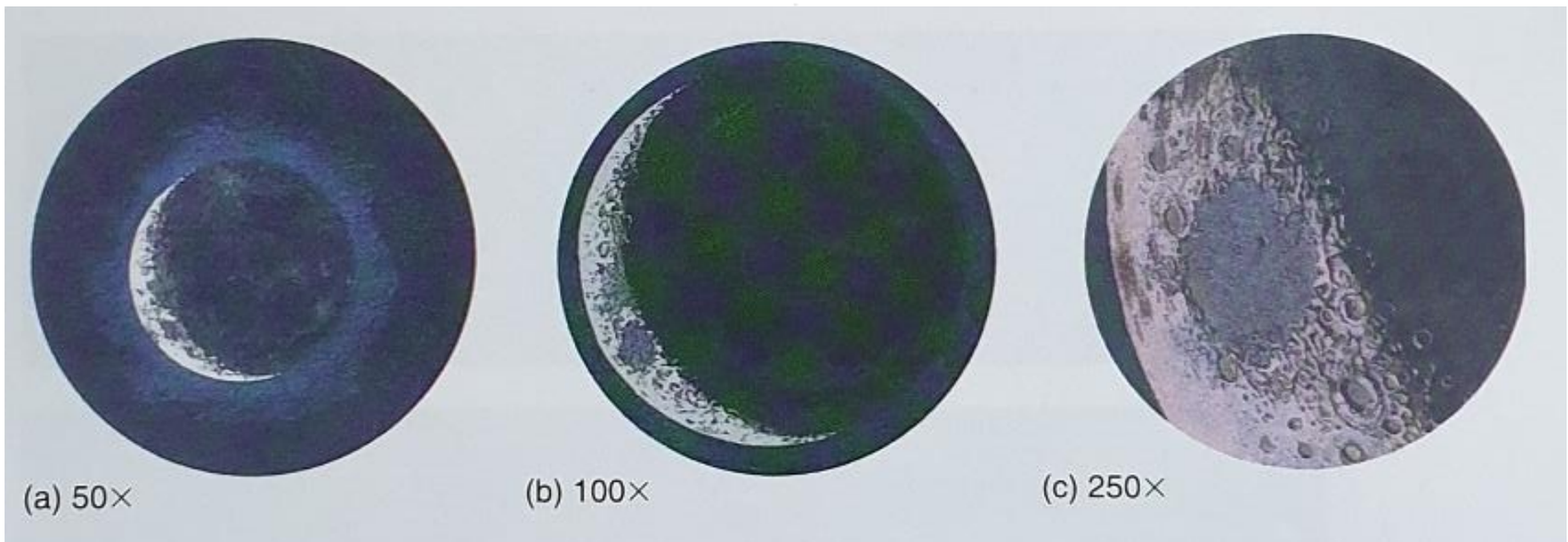
Büyütme gücü 50'dir. Büyütmenin 50 kat olduğunu veya 50× olduğunu söyleriz.

Ay'n telesoptaki açısal büyüklüğü $50 \times 0{,}5° = 25°$

Bir de siz deneyin:

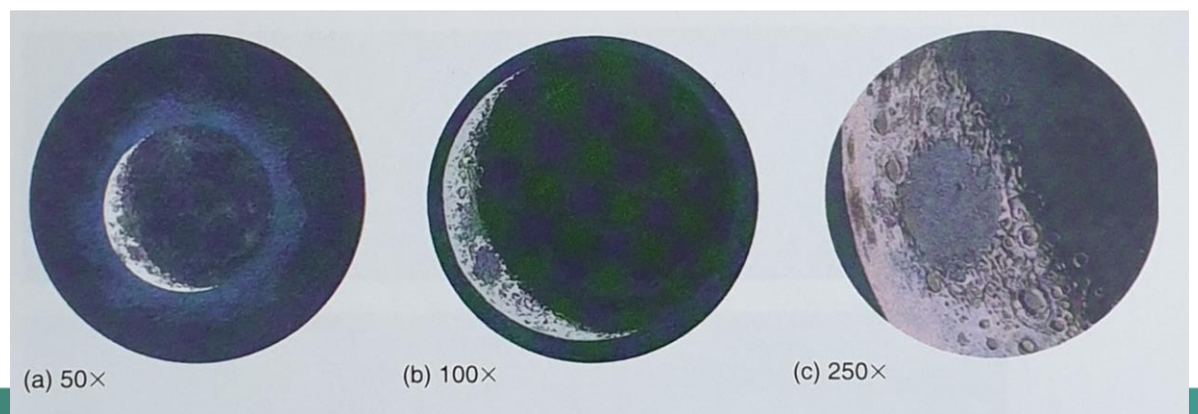
Objektifinin odak uzunluğu 1,5 m olan ve 12 mm odak uzunluklu bir göz merceği ile birlikte kullanılan bir teleskobun büyütmesi ne kadardır. (Not: uzunlukları aynı birimle ifade etmelisiniz)

- Görüş Alanı: bir optikaletle bakıldığında, görülen yerin açısal genişliğidir.
- Farklı büyütmeler elde etmek için farklı göz merceği kullanılabilir.
- Ancak her zaman en fazla büyütme kullanılmaz.
- Birinci neden: büyütme artarken görüş alanının küçülmesidir.
- Diğer sebepler teleskobun diğer güçleriyle ilişkilidir.



ii) Işık Toplama Gücü

- Görüntü daha fazla büyütüldükçe daha karanlık olur.
- Büyütmeyi korurken görüntüyü daha parlak yapmanın (daha fazla ışık toplamanın) iki yolu vardır:
  - Daha uzun poz süresi kullanmak.
  - Daha büyük teleskop kullanmak.
- **Işık toplama gücü:** Bir optik alet tarafından toplanan ışık miktarının bir ölçüsüdür.
- Objektife çarpan ışığın miktarı objektifin alanına bağlıdır.
- Bir objektif alırken objektifin çapının açıkça belertilmesinin nedeni budur.
- Uzayda gittikçe daha sönük nesneleri görebilme arzusu bizi gittikçe daha büyük teleskoplar yapmaya yönlendirmiştir.



Örnek:

15 cm'lik objektif merceği olan bir teleskobun ışık toplama gücü ile 23 cm'lik bir objektifi olan teleskobun ışık toplama gücü nasıl karşılaştırılır.

Çözüm:

Bir dairenin alanı çapının karesine bağlıdır. Bu nedenle ışık toplamam güçlerini karşılaştırmak için teleskopların çaplarının kareleri karşılaştırılmalıdır.

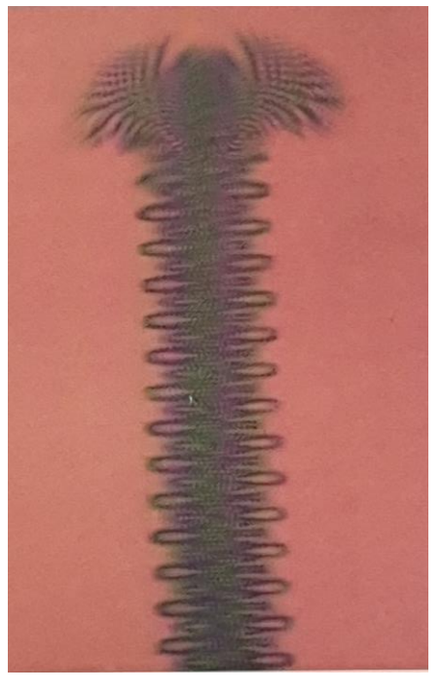
$$\frac{23^2}{15^2} = \frac{529}{225} = 2{,}35$$

Bir de siz deneyin:

Objektif merceğinin çapı 10 cm olan küçük bir teleskobun ışık toplama gücünü, gözbebeğinin 5 mm olan karanlığa tam uyum sağlamış bir insan gözününkü ile karşılaştırınız.

iii) Ayırma Gücü

- Işık her zaman düz hatlar boyunca yol almaz.
- Nesnenin kenarına yakın geçen ışık hafifçe yayılır.
- Bu etki çok küçüktür ve günlük yaşamda görülmesi zordur.
- **Kırınım:** Bir nesnenin kenarından geçe dalganın bükülmesidir.
- Kırınım miktarı ışığın dalgaboyuna ve ışığın geçtiği açıklığın büyülüğüne bağlıdır.
- Dalgaboyu büyükse kırınım fazla, açıklık büyükse kırınım az olur.
- Bir teleskopta objektifin kendisi ışığın geçtiği açıklığı oluşturur.
- Teleskopta bu etki küçüktür ama vardır.
- Kırınım etkisi görüntüyü bulanıklaştırır.

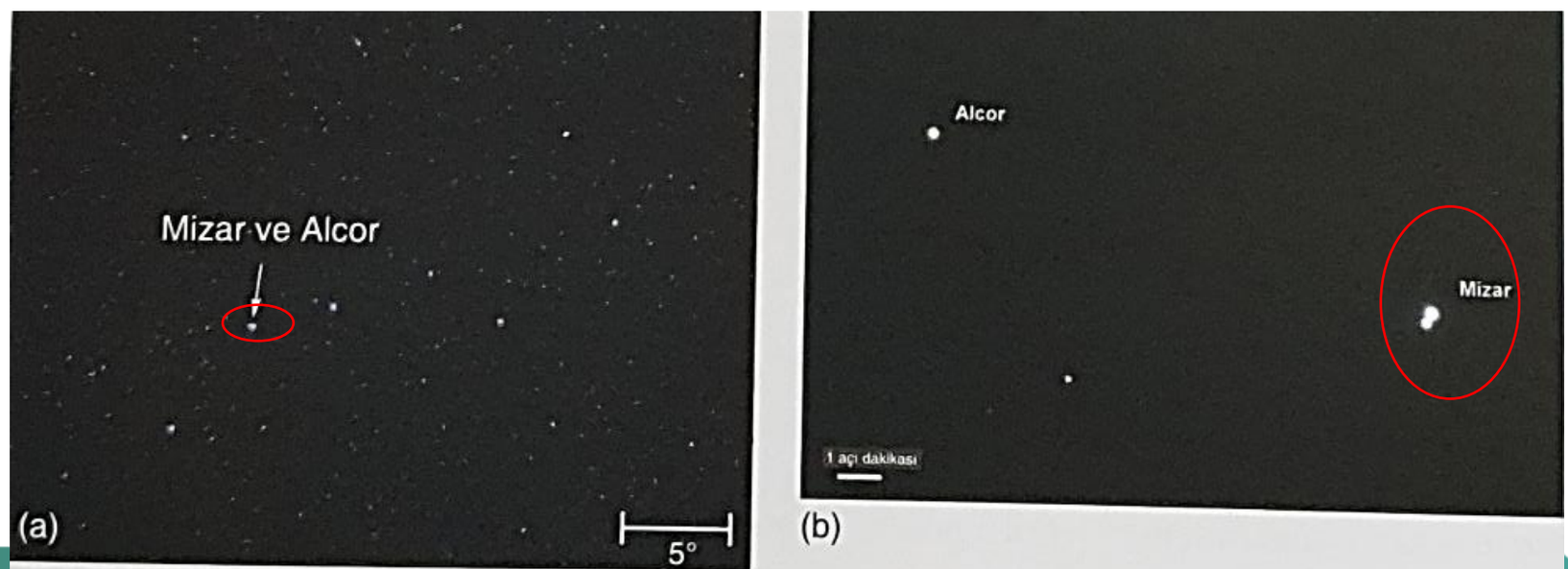


Sıradan vir vidanın gölgesi.

Gölgenin kenarları belirgin dep-ğildir.

Kenarlarda karanlık ve aydınlık saçaklar oluşur.

- Şekil a gözle görülen Büyük Ayı fotoğrafıdır.
- Gözleri iyi gören bir kişi açık karanlık bir gökyüzünde bu iki yıldızı görebilir.
- Küçük bir teleskop ile bakılırsa kısmen daha yüksek ayırma gücü nedniyle Şekil b deki gibi üç yıldız görülür.
- Ayırma gücü: Bir aletle belirlenebilen en küçük açısal ayrılıktır. Aletin ayrıntıları görme yeteneğinin bir ölçüsüdür.
- Bir teleskobun ayırmagücü mercelerin niteliğine bağlıdır.
- Kırınım ise ayırma gücünü sınırlayan enönemli faktördür.
- Büyük çaplı bir objektifle daha az kırınım olur.
- $\boldsymbol{\theta = 2,5 \times 10^5 \times \frac{\lambda}{D}}$
- $\boldsymbol{\theta}$: ayırma gücü, birimi yay saniyesi
- $\boldsymbol{\lambda}$: kullanılan ışığın dalgaboyu, metre
- D: teleskobun objektifinin çapı, metre



Örnek:

Bir insan gözünün ayırma gücü nedir?

Çözüm:

İnsan gözünün çapının 5 milimetre olduğunu ve ışığın dalgaboyunun 600 nm olduğunu varsayalım

$$\theta = 2{,}5 \times 10^{5} \times \frac{6 \times 10^{-7}}{5 \times 10^{-3}} = 30'' = 1/120 \text{ derece}$$

Bir de siz deneyin:

Hubble Uzay Teleskobu'nun 2,4 m'lik bir birincil aynası vardır. Teleskobun ayırma gücü için verilen ifade hem mercekli, hem de aynalı teleskoplar için aynıdır. 600 nm'lik görünür ışık için bu teleskobun ayırma gücünün yaklaşık 0,06'' veya bir derecenin 1/60 000'i olduğunu gösteriniz. Bu 80 km uzaklıkta bir liranın karşılık geldiği açının yaklaşık edeğeridir.

- Ayırma gücünü etkileyen bir diğer faktör Dünya'nın atmosferidir.
- **Astronomik görüş:** Dünya atmosferi yüzünden astronomik bir ışık kaynağının görüntüsünün bulanıklaşması ve kırpışması.
- **Görüş:** Ulaşılabilecek muhtemel en iyi açısal ayırma gücü.
- Dünya'daki en büyük teleskopların uygulamada 0,5 yay saniyesi civarında bir ayırma gücü vardır ve en iyi gecelerde bu değer 0,25 yay saniyesi civarında bir ayırma gücü verir.
- Dünya atmosferinin koyduğu sınırı genişletmek için teleskoplar uzaya yerleştirilir.

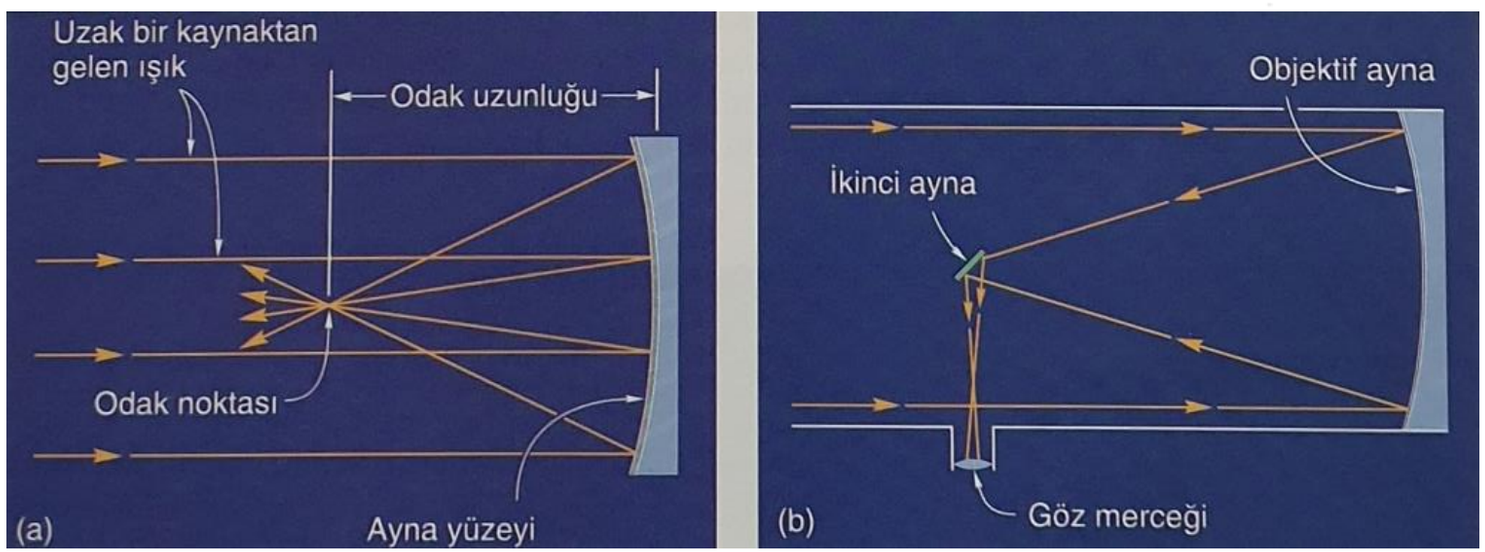
- Çıplak gözle bakıldığında yıldızların kırpışmasına sebep olan şey atmosferdeki çalkantıdır.
- Çoğu gezegen kırpışmazmış gibi görünür, çünkü açısal büyüklükleri atmosferdeki çalkantının ölçeğinden büyüktür ve bozulmalar görüntü boyunca ortalama bir değer alır.

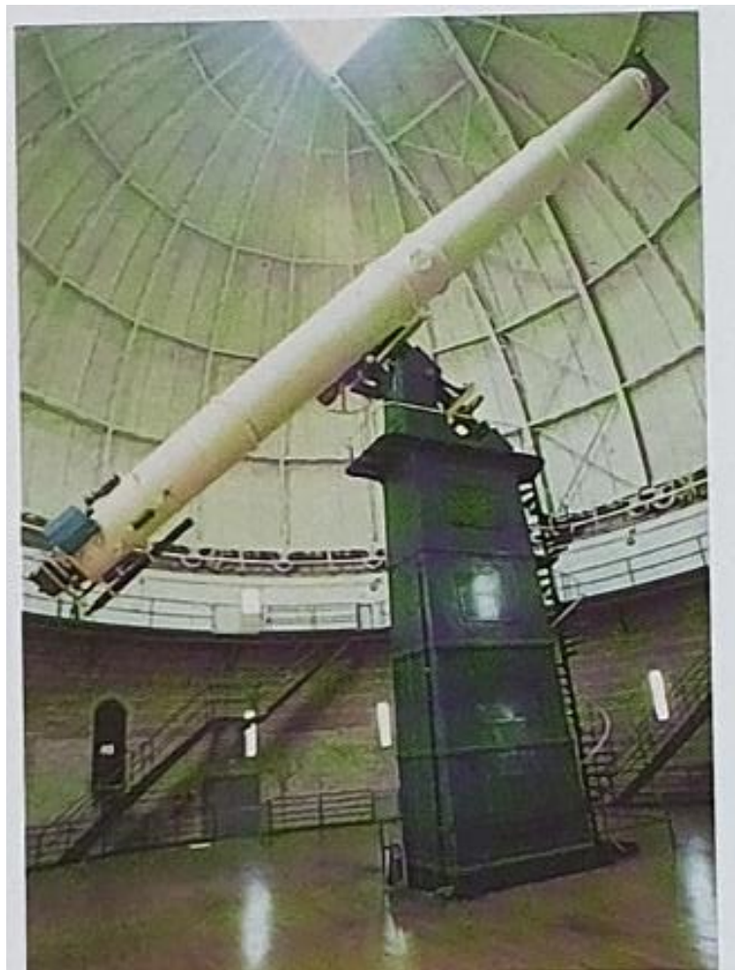


ŞEKİL 5-11 M13, Gökadamızın merkezi etrafında dolanan, yaklaşık 23.000 ışık yılı uzaklıkta, 100.000'den fazla yıldız içeren bir kümedir. Sağ üstteki görüntü uyarlamalı optik kullanılarak elde edilirken (yaklaşık 0,06 yay saniyelik ayırma gücü), aynı alanın sağ alttaki görüntüsü uyarlamalı optik olmaksızın, sıra dışı derecede iyi koşullar altında (yaklaşık 0,26 yay saniyelik görüş) elde edilmiştir. Görüş alanı yaklaşık 20 yay saniyesidir. Gemini Observatory ve Canada-France-Hawaii Telescope/ Coelum/Jean-Charles Cuillandre izniyle.

5.4 Aynalı Teleskop

- Şekil a'da görüldüğü gibi içe doğru kavisli bir ayna ışık ışınlarını bir odakta toplar.
- Şekil b Isaac Newton tarafından tasarlanmış bir düzeneği gösterir.
- Mevcut en büyük mercekli teleskop yaklaşık 102 cm çaplıdır (Sağdaki Resim).
- Aynalı teleskoplar bundan çok daha büyük çaplı yapılabilir ve daha ucuzdur.

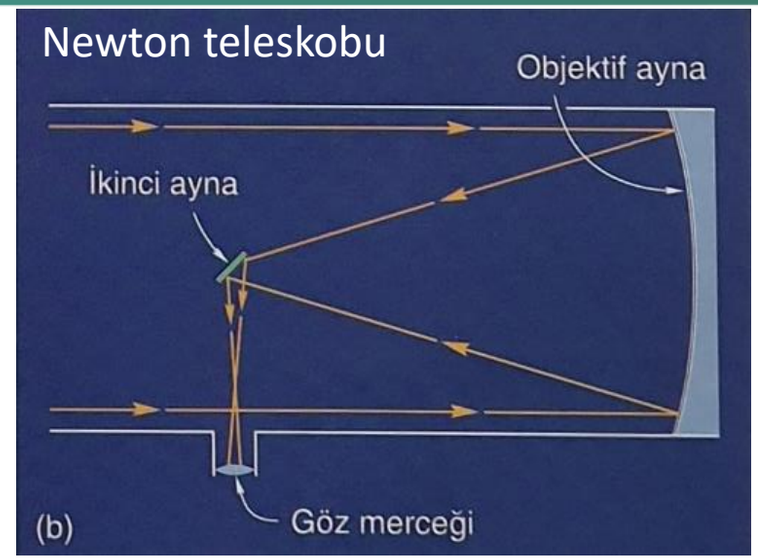




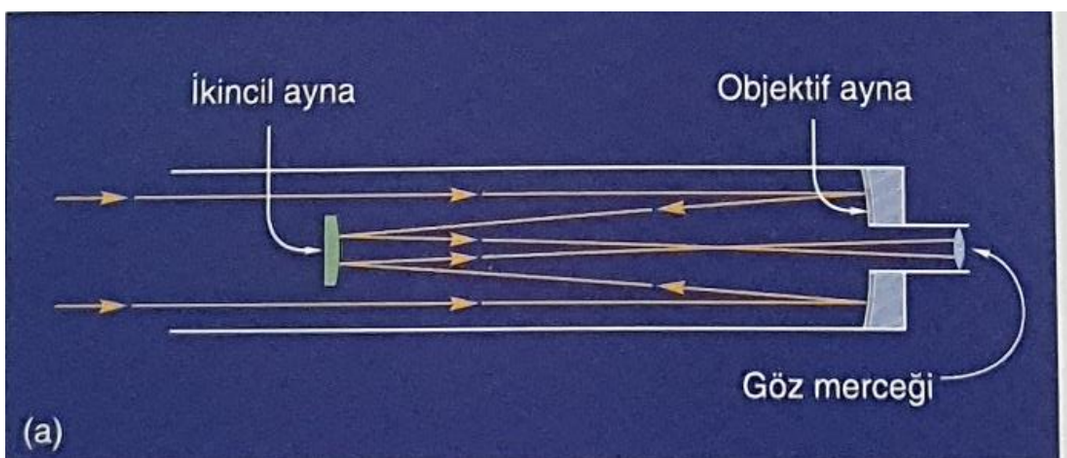
- Astronomların aynalı teleskop kullanmayı tercih etmelerinin nedenleri:

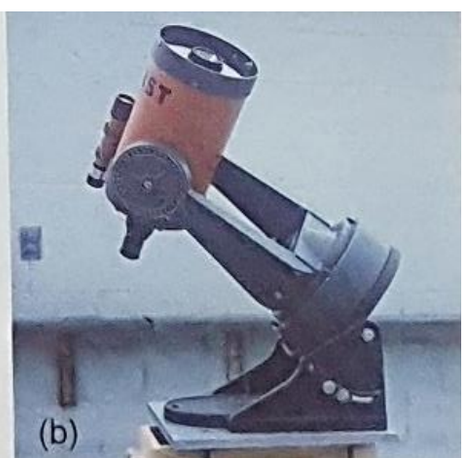
1. Bir mercekli teleskobun renksemez olması için iki merceği olmalıdır. Bu dört cam yüzeyinin doğru şekillendirilmesini zorunlu kılar. Aynada sadece bir tane hassas yüzey vardır ve bu durum objektif yapımını kolaylaştırır.
2. Merceklerin renk sapıncını tümüyle düzeltilmesi imkansızdır. Işık bir aynadan yansıdığı zaman tüm dalgaboyları tam olarak aynı şekilde yansır, bundan dolayı aynalı teleskoplar renk sapıncını kendiliğinden yok eder.
3. Işık aynada sadece yansıdığı için (camdan geçmiyor) ayna camının mercekli teleskoplardaki kadar mükemmel olmasına gerek yoktur.
4. Daha fazla ışık toplamak için merceğin büyüklüğü arttırıldığında ağırlıkta artar ve yerçekimi merceğin şeklini bozar. Aynalı teleskopta aynanın ağırlığı bu kadar artmaz. Çünkü ayna camının kalınlığının artmasına gerek yoktur ve hafifliği nedeniyle kontrol edilmesi daha kolaydır.

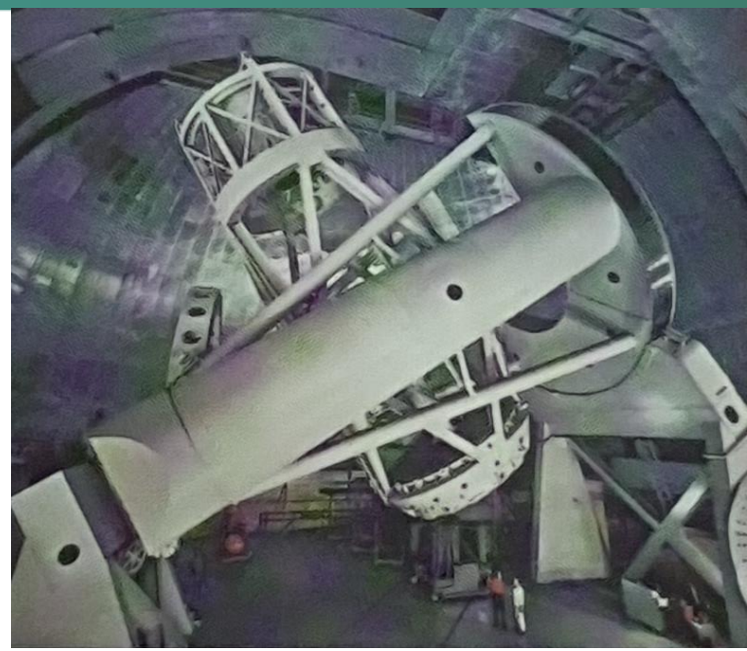
Büyük Optik Teleskoplar



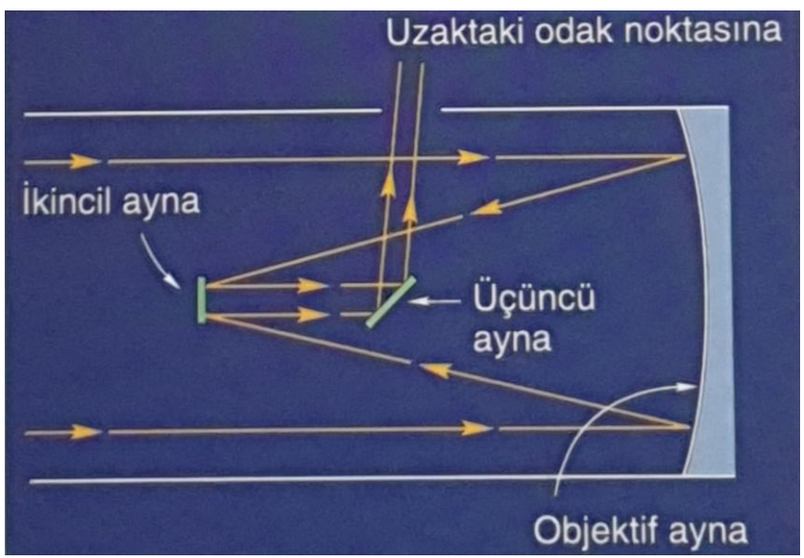
- **Newton odağı:** Yansıtıcı teleskoplar için uygulanan bir optik düzenlemedir.
- Bu düzenlemede objektif aynadan yansıyan ışığı keserek kenara doğru yansıtmak için teleskop eksenine düz bir ayna yerleştirilir.
- Newton odağına küçük teleskoplarda sık rastlanır.
- **Cassegrain odak:** Yansıtıcı teleskoplar için uygulanan bir optik düzenlemedir.
- Bu düzenlemede objektif aynadan yansıyan ışığı keserek birincil aynanın merkezindeki bir deliğe geri yansıtmak için dışbükey ikinci ayna yerleştirilir.
- Kısa odak uzunluklu bir objektifle daha büyük bir etkin odak uzunluğu elde edilr ve böylece teleskobun daha kısa olması sağlanır.
- Büyük teleskoplarda kullanılır.







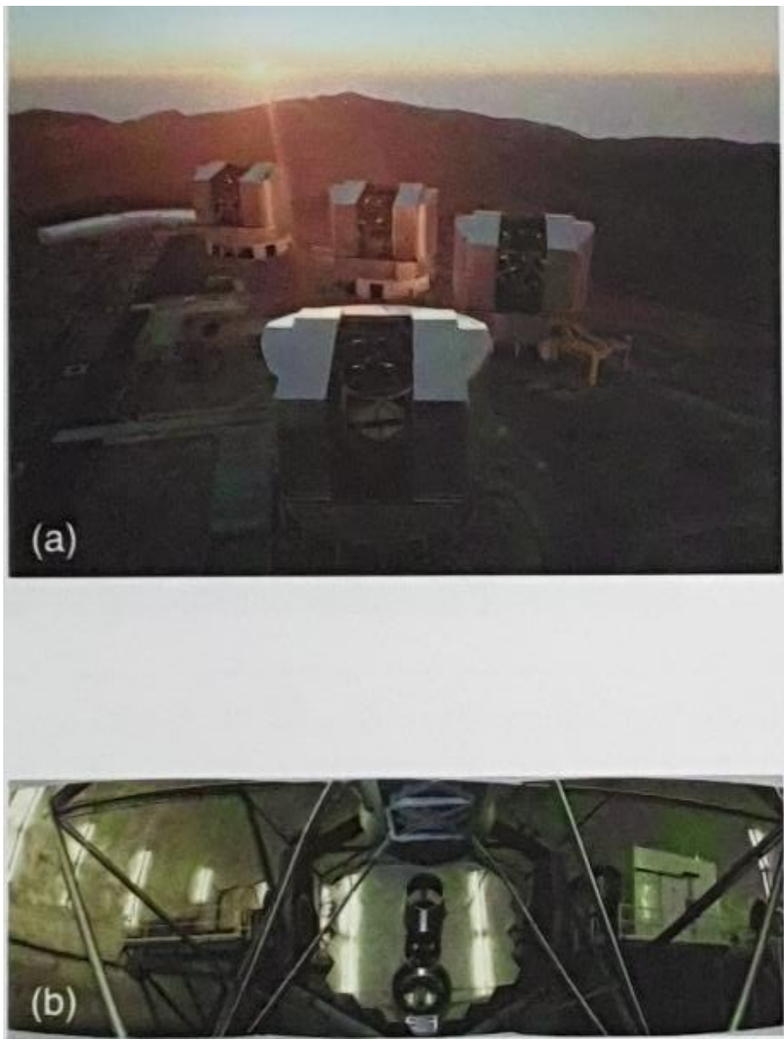
- Birincil odak: bir teleskopta objektiften gelen ışığın odaklandığı noktadır, yani odak noktasıdır.
- Çok büyük teleskoplarda gözlem çoğu zaman birincil odakta yapılır.
- Aynalı teleskopların bir sakıncası bir miktar ışığın geliş doğrultusuna yansıması sababiyle kaybedilmesidir.
- Eğer ikinci ayna veya gözlemci kafesi yeterince küçükse gelen ışığın az bir kısmı kaybedilir.
- **Coudé odağı:** Aynalı bir teleskopta, objektiften gelen ışığı uzaktaki bir odak noktasına aktarmak için kullanılan iki aynalı düzenlemedir.
- Bu tasarım odak uzunluğunu yüksek ayırma güçlü gözlemlerde faydalı olacak şekilde çok arttırır.



- En iyi gözlem koşullarını elde etmek için teleskopların kuru ve açık iklimli yüksek dağlara yerleştirilmesi yararlıdır.

Aktif ve Uyarlamalı Optik

- **Aktif optik:** Yerçekimi ve rüzgar gibi çevresel unsurlara karşı, bir teleskop aynasının en uygun şeklinin korunmasını ağlamak için etkin şekilde çalışan (motorla hareket ettirilen küçük pistonlar) teknoloji.
- Ayna hareket ettiğinde veya rüzgardan etkilendiğinde, aynanın üzerindeki algılayıcılar bilgisayara aynanın şekli hakkında bilgi gönderir; bilgisayar da ayayı mükemmel şekilde tutmak için devindiricileri yönlendirir.



- Şekil a, Şili'de 1989 yılında çalışmaya başlayan ESO (European Southern Observatory)'nun Çok Büyük Teleskobu (Very Large Telescope, VLT).
- Şekil b, Hawai'de 1993'te çalışmaya başlayan Keck Teleskobu.

- **Uyarmalı optik:** Atmosferik görüşün bozucu etkilerini azaltarak görüntü kalitesini arttıran bir tekniktir.
- Aktif optik 1 saniye ve daha uzun zaman ölçeklerinde çalışır.
- Uyarmalı optik 0,01 saniyeden kısa zaman ölçeklerinde çalışır.
- Uyarmalı optik sisteminde gözlenen nesneye yakın konumdaki parlak bir yıldız örnek olarak kullanılmaktadır.
- Bilgisayar örnek yıldızın bozulmuş ve bozulmamış görüntülerinden atmosferik bozulma etkilerini hesaplar ve bu bilgiyi, gözlenen nesnenin görüntüsünü düzeltmek için kullanır.
- Günümüzde bu yöntem lazer ile yapay yıldız üreterek gökyüzünün her yerinde kullanılabilmektedir.
- Lazer yeryüzünden yaklaşık 90 km yukarıdaki sodyum atomlarından oluşan tabakayı 589 nm'lik ışığı ile uyararak yapay yıldız etkisi oluşturur.
- Aktif ve Uyarmalı optik artık Dünya'daki büyük teleskopların çoğunda kullanılmaktadır.



Teleskop Eklentileri

i) Fotoğraf çekmek için CCD (Charge-Coupled Device, Yük eşleme cihazı) kamera. Filmli kameralar verimli değil.

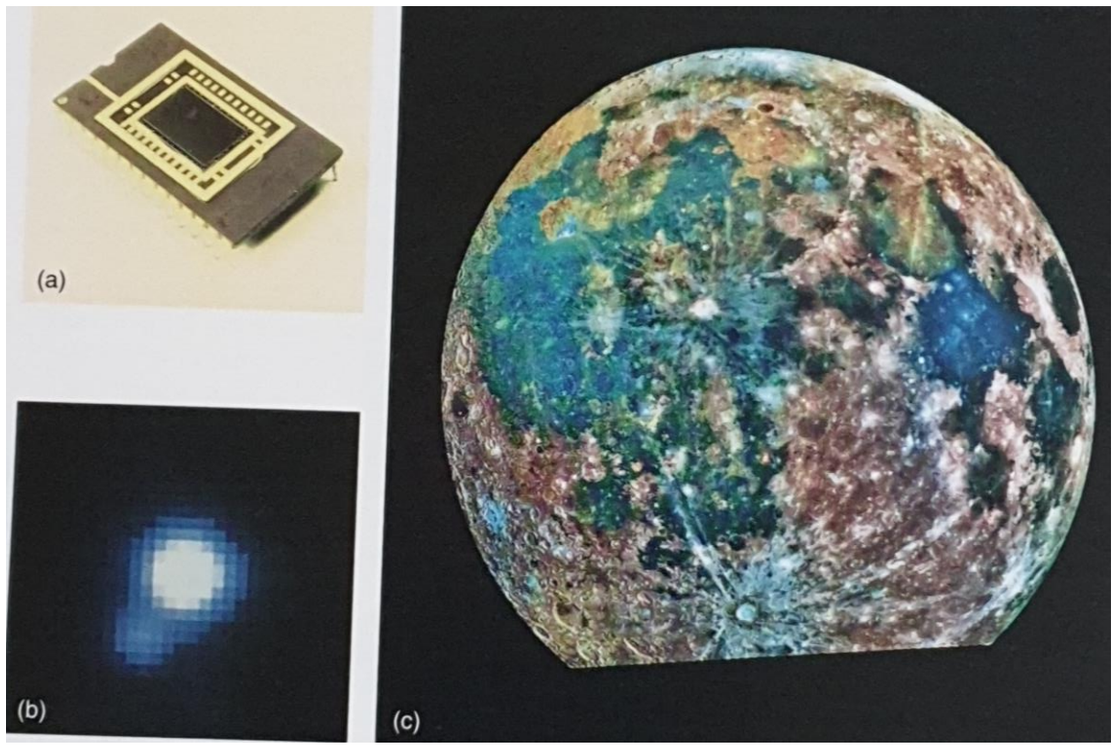
- CCD: Işık çarptığında elektronlar yayan bir ışık algılayıcısı olarak hizmet eden küçük bir yarıiletken yonga.
- CCD cihazları ışığın şiddetini ölçen milyonlarca piksel'den oluşur.

ii) CCD'nin her pikselinden gelen ışığın şiddeti bilgisayarda bir sayı olarak depolanır ve sonra, bu veriler farklı amaçlar için kullanılır.

- CCD'lerin tepkisi doğrusaldır.

iii) Farklı dalgaboylarında alınan ışığın şiddetinin ölçülmesi, fotometri veya ışıkölçüm

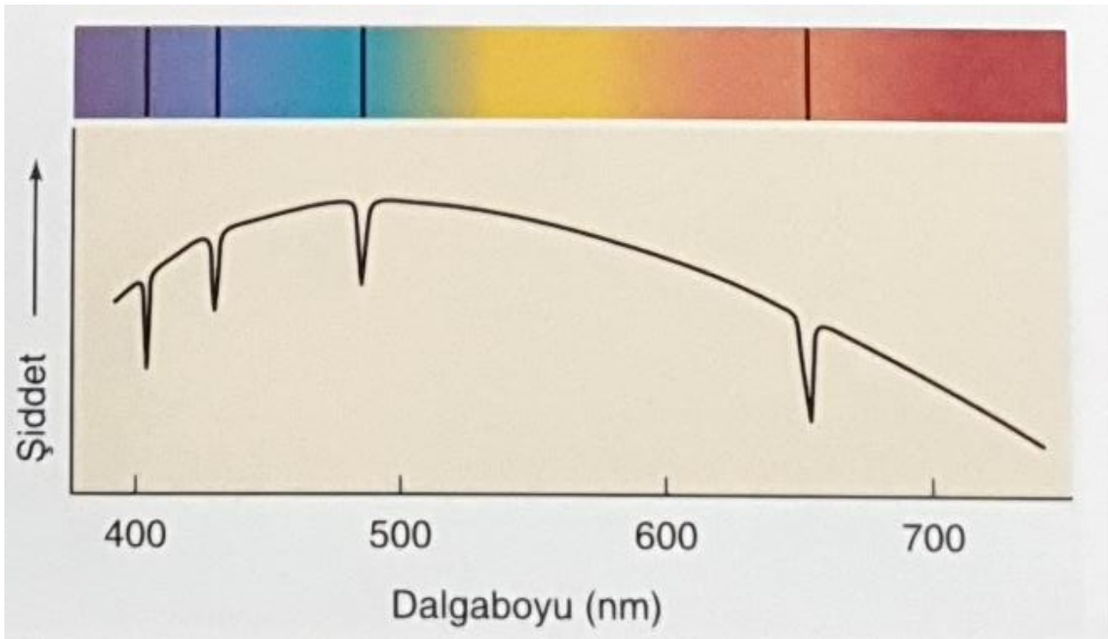
- **Işıkölçüm (fotometri):** Bir kaynaktan gelen ışığın toplam şiddetinin ya da değişik dalgaboylarının her birindeki şiddetinin ölçülmesi.



iv) Ölçümler, sadece ilgilenilen dalgaboyunun geçmesine izin veren filtrelerin ışık algılayıcısının önüne yerleştirilmesiyle yapılabilir.

v) Teleskoba tayfölçer bağlanarak tayfsal analiz yapılabilir.

- Tayfölçer elektromanyetik ışınımda bulunan dalgaboylarını ölçen bir alettir.
- Yandaki şekil, Tayfı renkli olarak veya sayısal veri (Şiddet) olarak gösterimidir.



5.5 Radyo Teleskoplar

- Şimdiye kadar görünür ışığı toplayan optik teleskoplar üzerinde yoğunlaştık.
- Uzaydan gelerek atmosfere en iyi şekilde nüfuz eden bir başka ışınım türü radyo dalgalarıdır.
- 1932'de Karl Jansky Samanyolun'dan kaynaklanan radyo dalgalarını fark etti.
- Uzaydan gelen radyo dalgaları incelenirken iki sorunla karşılaşılır.

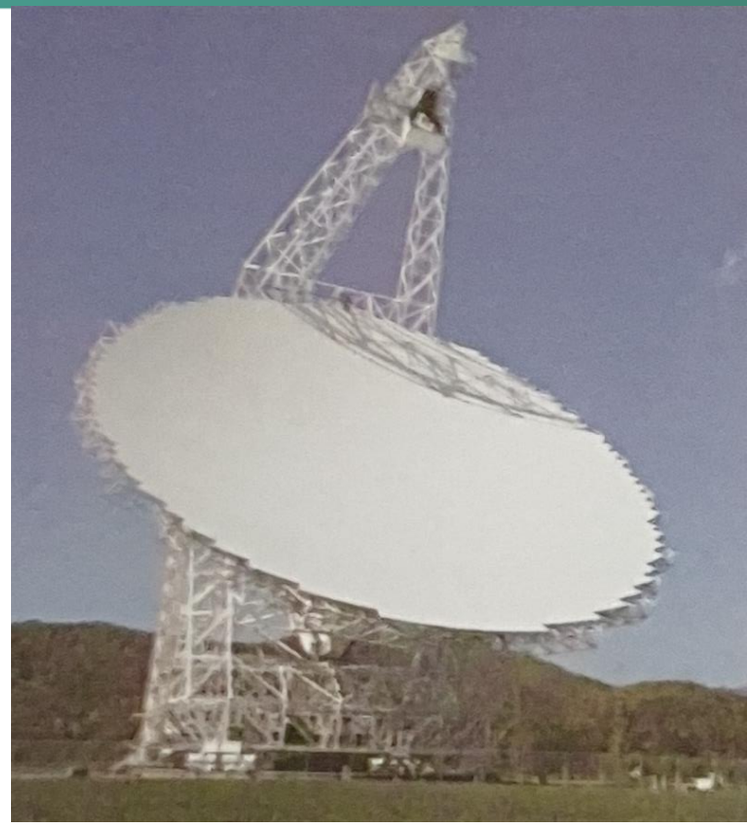
  i) Bir yıldızdan gelen radyo dalgalarının şiddetinin görünür ışığın şiddetinden çok daha az olmasıdır.

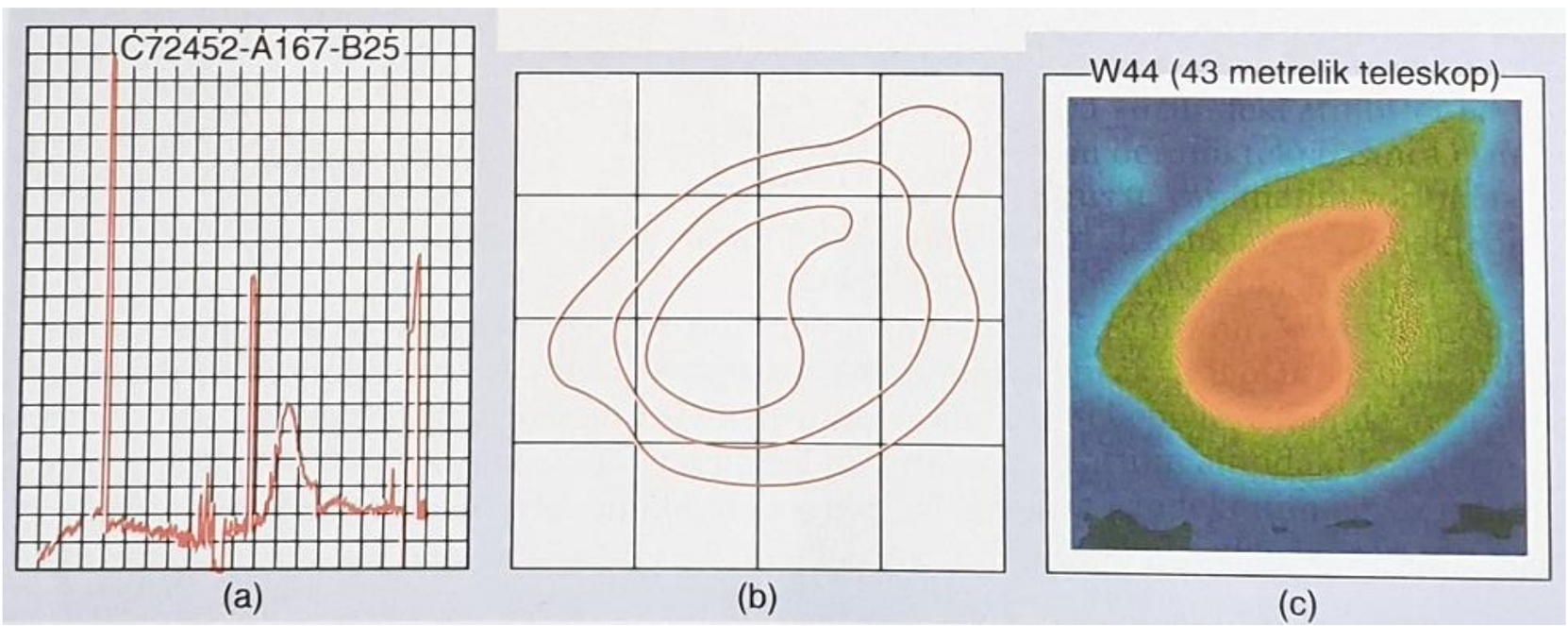
  ii) Radyo dalgalarıyla oluşturulan görüntülerin ayırma güçleri daha düşüktür.
- Bu sorunlar ikisi de radyo teleskoplar çok büyük yapılarak çözülür.
- Uzaydan gelen radyo dalgaları incelenirken iki sorunla karşılaşılır.



Puerto Rico'daki 300 m çapında radyo teleskop.

- Yandaki şekil Dünyanın en büyük tümüyle yöneltilebilir radyo teleskobudur.
- Ayrıca uyarmalı optikten yararlanılan ilk radyo teleskobudur.
- Radyo teleskop sadece yönlenmiş olduğu gökyüzü bölgesinden gelen radyo sinyallerini şiddetini belirler.
- Alınan verilerin neye benzediği ve bilgisayar programı ile nesnenin renkli görüntüsünün temsili aşağıdaki şekilde verildi.

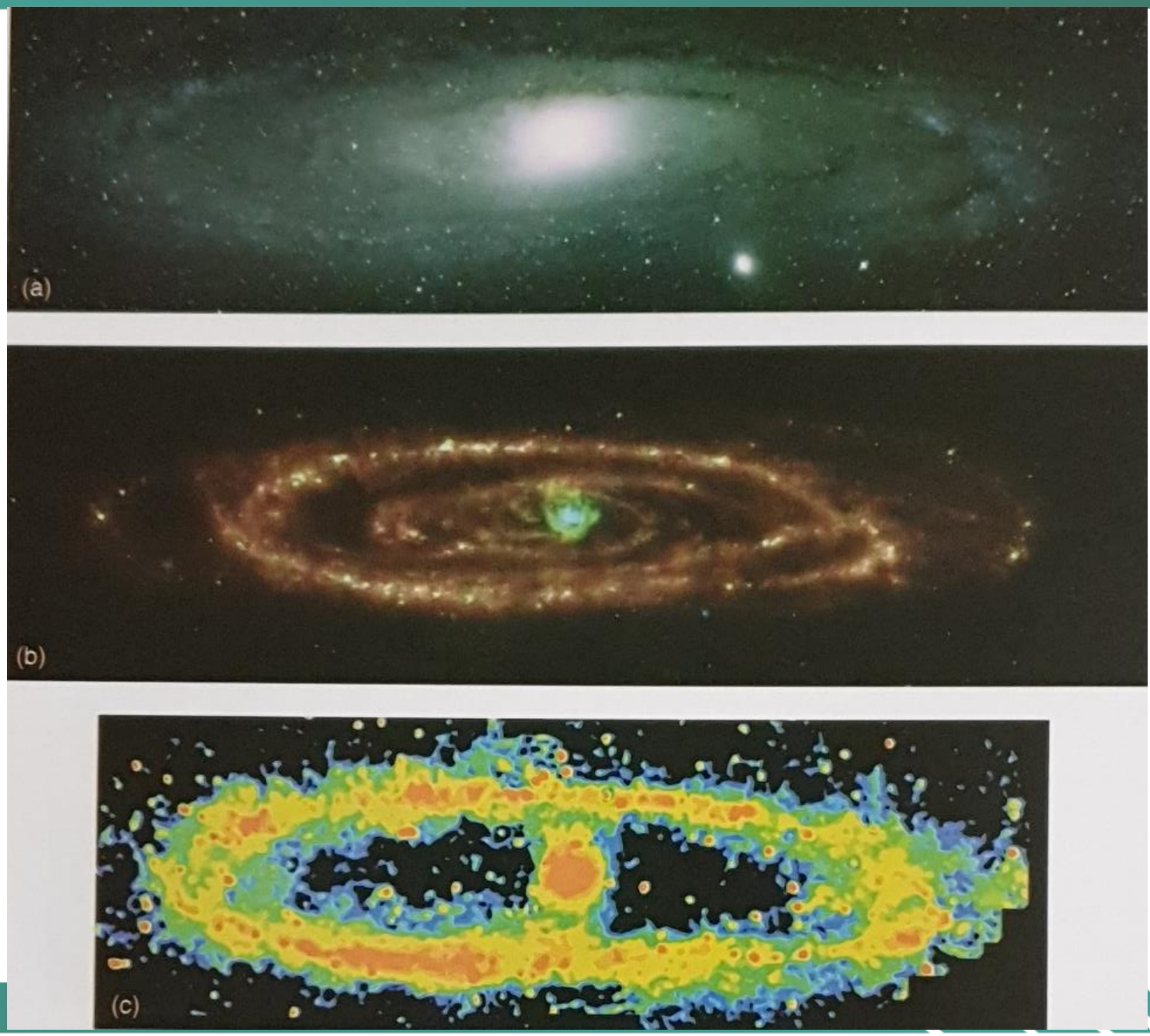




a. Andromeda gökadasının görünür ışıktaki resmi

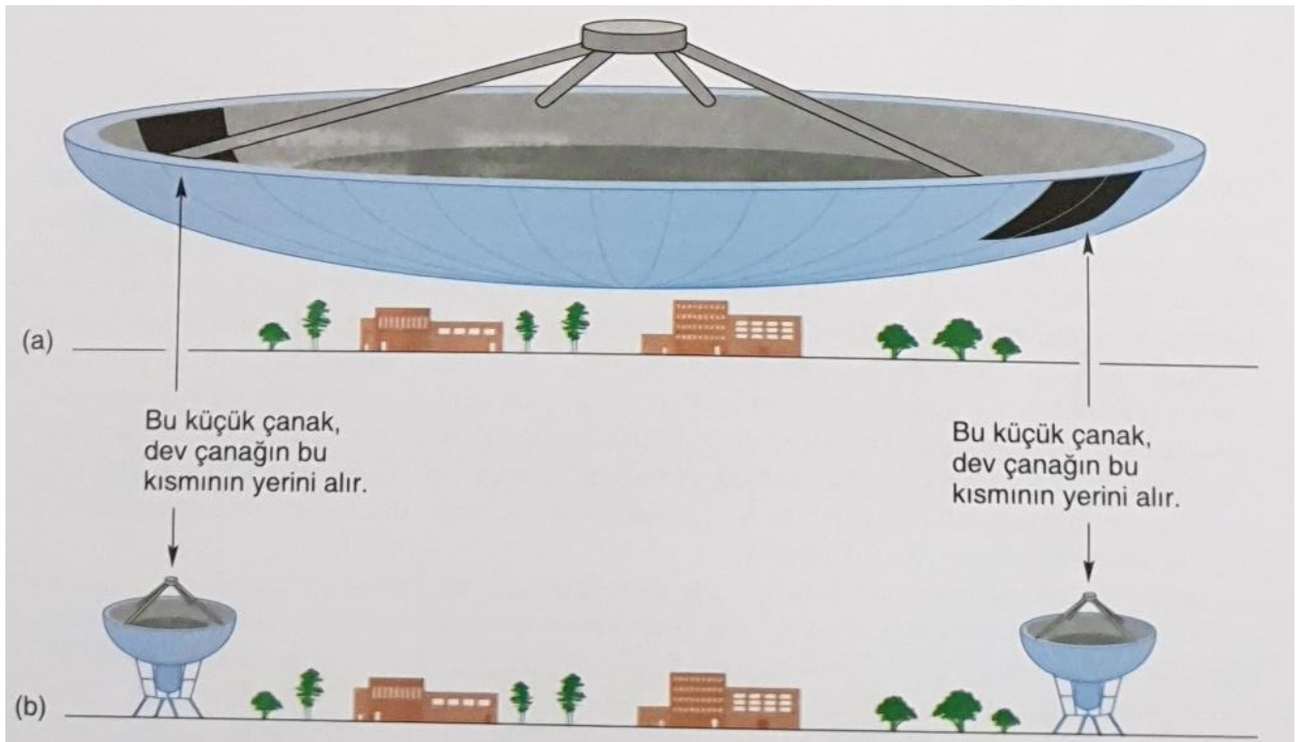
b. Andromeda'nın kızılötesi teleskobu ile elde edilen görüntüsü.

c. Andromeda'nın radyo teleskobu ile elde edilen görüntüsü.

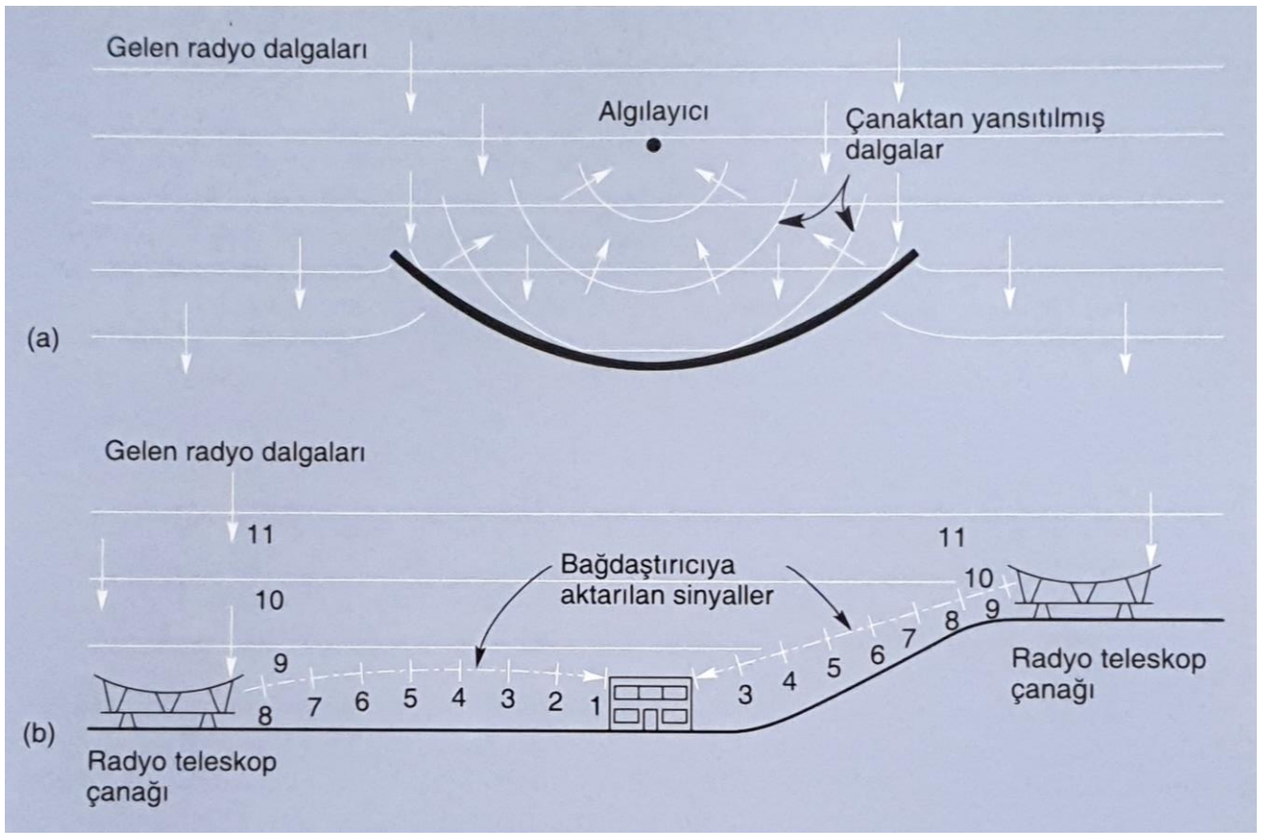


5.6 Girişimölçüm

- Bir teleskobun ayırma gücü, hem teleskobun çapına hem de ışınımın dalgaboyuna bağlıdır.
- Teleskobun çapı büyüdükçe ayırma gücü daha iyi olur.
- Dalgaboyu arttıkça ayırma gücü azalır.
- Bu sorunun çözümü iki radyo teleskobun tek bir teleskop gibi kullanılması ile gerçekleştirilebilir.
- Yandaki şekil büyük bir radyo teleskop yerine onunla aynı ayırma gücüne sahip iki küçük teleskop kullanımını göstermektedir.



- İki teleskobu tek teleskop olarak kullanmak kolay bir şey değildir.
- **Girişimölçüm:** Bir nesneden yayınlanan dalgaların her teleskoba ulaştığı zamanları göz önüne alarak, çok sayıda teleskobun tek bir teleskopmuş gibi kullanılmasını sağlayan yöntem.
- Teleskoplar yeterince yakınsa veriler doğrudan birleştirilebilir.
- Eğer teleskoplar arasındaki mesafe fazla ise son derece hassas atom saatleri kullanılarak gelen sinyaller birleştirilir.
- Teleskoplar ne kadar mesafeli olursa girişim ölçüm yoluyla elde edilebilecek ayırma gücü de o kadar iyi olur.



- Daha iyi veriler elde etmek için Dünya'nın başka yerlerindeki teleskoplar tek bir dizinin parçası olarak kullanılmaktadırlar.
- Böyle uzun taban hatlı programarda mili yay saniyesinin kesirlerindeki ayırma güçlerine (ör. 0,2 mili yay saniye) ulaşılabilir.



- Girişim ölçüm optik teleskoplarda da kullanılmaktadır.
- Görünür ışığın dalgaboyu radyo dalgalarından çok daha kısa olduğu için değişik kaynaklardan gelen görünür ışık dalgalarının eşleştirilmesi daha hassas bir iştir.
- Bu nedenle optik girişim ölçüm daha zordur.
- Hubble uzay teleskobunda 10 mikro yay saniyelik ayırma gücü vardır.

5.7 Diğer Elektromanyetik Işınım Türlerinin Belirlenmesi

- Çağdaş astronomini, elektromanyetik tayfın her bölgesini inceleyecek aleti vardır.
- **Yakın kızılötesi;** 12 000-40 000 nm (40 µm) arası dalgaboyuna sahiptir. Kızılötesi ışınlar en çok su buharı tarafından soğurulduğu için kızılötesi gözlem evleri havanın kuru olduğu dağlara kurulur.
- **Uzak kızılötesi;** 40 µm'den daha büyük dalgaboyuna sahiptir. Gezegenler ve yeni oluşmaktaki yıldızlar gibi soğuk gök cisimlerinden yayınlanır ve bu nesnelerin incelenmesinde çok önemlidir. Uzak kızılötesi atmosferimizin derinlerine daha kısa dalgaboyları kadar nüfuz edemediğinden aygıtları yükseğe yerleştirmek gerekir.
- **Morötesi, X-ışınları, Gama ışınları;** Bu ışınlarını başlıca soğrucusu ozondur. Bu nedenle bu ışınımları belirlemek için tasarlanmış teleskoplar uzaya yerleştirilmelidir.
- X-ışınları teleskobunda ayna kullanılamaz, çünkü X-ışınları yüksek enerjilidir ve belli bir açıyla gelmiyorsa soğurulur (suyun üzerinde sadece belli açıda taş sektirebilmek gibi).
- Gama ışınları X-ışınlarından da yüksek enerjiye sahiptir. Bu nedenle ancak 1960'lardan bu yana astronominin parçası olmuştur.
- Günümüzde gelişmiş Katıhal teknolojisi evrenin yüksek enerjilerdeki görüntüsünün gittikçe keskinleşmesini sağlamaktadır.

Sonuç

- Uzay teleskoplarını da içeren yeni ve farklı teleskoplar bize başka yollarla elde edilmesi imkansız bilgiler sağlamıştır.
- Kuşkusuz geleceğin teleskopları da bize beklenmedik sonuçlar getirecek ve yeni araştırma alanları açacaktır.



https://www.sabah.com.tr/teknokulis/haberler/2020/04/02/nasa-hubble-uzay-teleskobudan-dogum-gunu-hediyesi-hubble-uzay-teleskobu-nedir

Kaynak:

Evreni Anlama Serüveni, Çeviri editörü: Doç. Dr. Tolga Güver, Nobel Akademik Yayıncılık, 2017,

RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ

ASTRONOMİ

Yıldız Oluşumu, Yaşamı ve Ölümü

6.Bölüm (Kaynak Kaitapta Bölüm 13-14-15)

Prof. Dr. Murat Tomakin

13.Bölüm: Yıldızlararası Madde ve Yıldız Oluşumu

- Yıldızlar noktaya benzeyen değişmeyen ışık kaynakları gibi görünür.
- Yıldızlar, aralarındaki boşlukta var olan ve **yıldızlararası ortam** olarak adlandırılan toz ve gazdan doğar, evrimleşir ve en sonunda ölür.
- Yıldızlar, ortamın en yoğun bölgeleri olan ve moleküler hidrojenin oluşabildiği **molekül bulutlarında** doğar.
- Ömürleri boyunca yıldız rüzgarları, gezegenimsi bulutsular ve süpernova patlamalarıyla ortamı madde ve enerjiyle yeniden doldururlar.
- Yıldızlararası ortama bırakılan bu maddeden yeni nesil yıldızlar oluşur.
- Astronomlar, yıldızlararası uzayda var olan toz ve gazı inceleyerek yeni yıldızların nasıl oluştuğunu, hayatlarının sonuna kadar nasıl yaşadıklarını ve sonunda nasıl öldüklerini öğrenirler.



Yıldızlararası Ortam

- Uzayda büyük miktarda gaz ve toz vardır.
- Yıldızların arasındaki uzay neredeyse mükemmel bir vakumdur.

Bu iki ifade arasında çelişki uzayın büyüklüğünden kaynaklanır.

Yıldızlararası Toz: tayfsal analizler göstermiştir ki toz, silicat zerrecikleri, grafit şeklinde karbon, organik molekül PAH (polisiklik aromatik hidrokarbonlar) içerir.

Yıldızlararası ortamın kütlesinin %1 ini oluşturur.

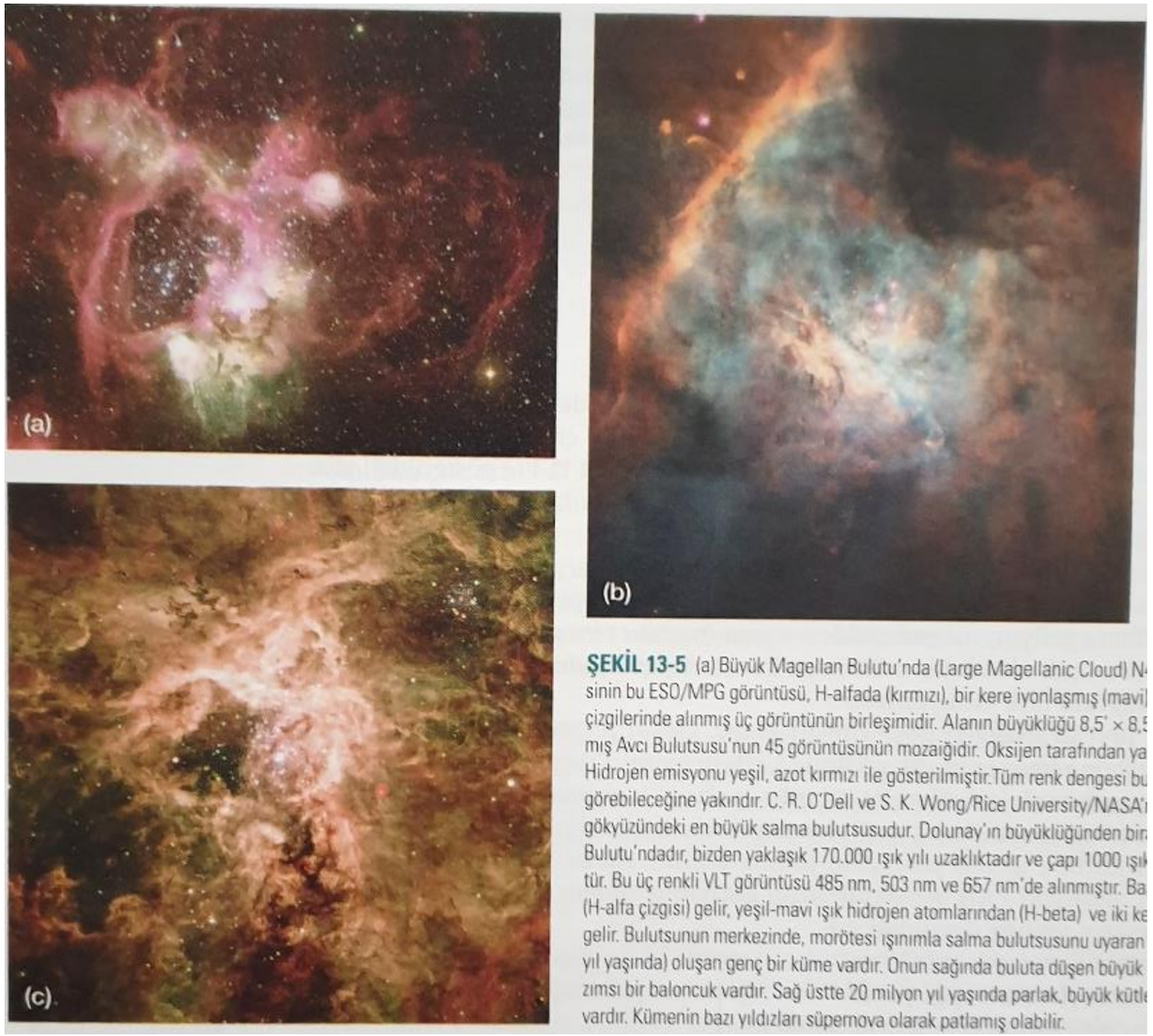
Tozların büyüklüğü görünür ışık dalgaboyundan daha küçüktür.



Yıldızlararası Gaz: Yıldızlararası ortamın kütlesinin %99 unu oluşturur.

Hidrojen, su, karbonmonoksit ve formaldehid içerir. Hidrojen daha fazladır.

Yıldızlararası ortamın kütlesinin %70'ini hidrojen , geri kalanının çoğunu helyum ve çok az diğer elementler oluşturur.



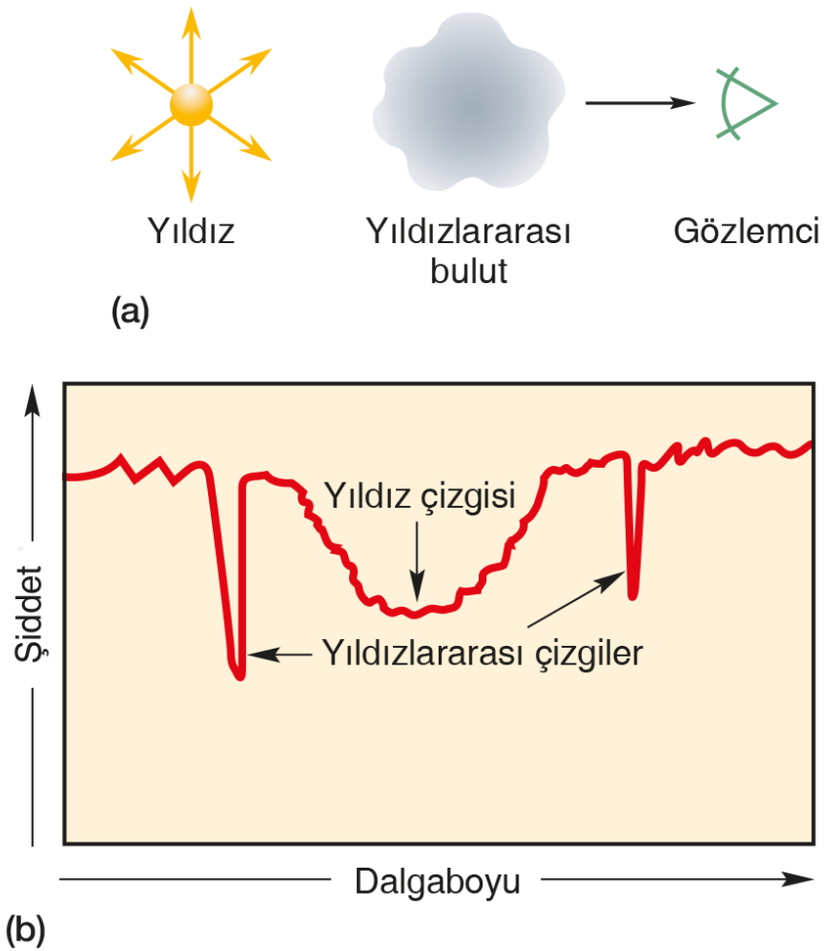
ŞEKİL 13-5 (a) Büyük Magellan Bulutu'nda (Large Magellanic Cloud) N-
sinin bu ESO/MPG görüntüsü, H-alfada (kırmızı), bir kere iyonlaşmış (mavi)
çizgilerinde alınmış üç görüntünün birleşimidir. Alanın büyüklüğü 8,5' × 8,5
mış Avcı Bulutsusu'nun 45 görüntüsünün mozaiğidir. Oksijen tarafından ya
Hidrojen emisyonu yeşil, azot kırmızı ile gösterilmiştir.Tüm renk dengesi bu
görebileceğine yakındır. C. R. O'Dell ve S. K. Wong/Rice University/NASA'
gökyüzündeki en büyük salma bulutsusudur. Dolunay'ın büyüklüğünden bir
Bulutu'ndadır, bizden yaklaşık 170.000 ışık yılı uzaklıktadır ve çapı 1000 ışık
tür. Bu üç renkli VLT görüntüsü 485 nm, 503 nm ve 657 nm'de alınmıştır. Ba
(H-alfa çizgisi) gelir, yeşil-mavi ışık hidrojen atomlarından (H-beta) ve iki ke
gelir. Bulutsunun merkezinde, morötesi ışınımla salma bulutsusunu uyaran
yıl yaşında) oluşan genç bir küme vardır. Onun sağında buluta düşen büyük
zımsı bir baloncuk vardır. Sağ üstte 20 milyon yıl yaşında parlak, büyük kütle
vardır. Kümenin bazı yıldızları süpernova olarak patlamış olabilir.

Bulutlar ve Bulutsular:

Yıldızlararası ortamdaki gaz ve toz düzgün dağılmamıştır, **yıldızlararası bulutlar** olarak adlandırılan yapıları oluşturma eğilimindedir.

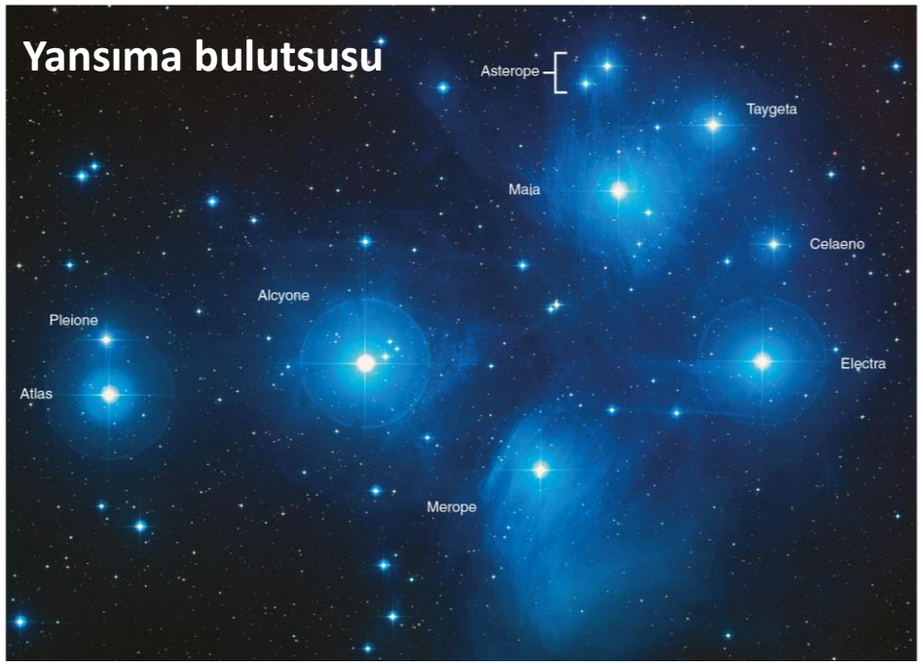
Yansıma bulutsusu: Yakınındaki bir yıldızdan gelen ışığı yansıttığı için görünen yıldızlararası toz bulutudur. Bu yüzden mavi renkte görünür.

Karanlık bulutsu: Arkasındaki yıldızlardan gelen ışığı engelleyen yıldızlararası molekül bulutudur. Karanlık görünür. Aşırı büyüktür.



ŞEKİL 13-6 (a) Yıldızlararası buluttan geçen yıldız ışığının tayfındaki soğurma çizgileri, hem yıldızın atmosferinden hem de buluttan kaynaklanır. (b) Bu grafik yıldızdan gelen ışığın şiddet-dalgaboyu grafiğinin büyütülmüş bir parçasıdır. Üç soğurma çizgisini gösterir. Dıştaki iki çizgi merkezdekinden daha dardır ki bu, yıldızlararası gazdan kaynaklandığını gösterir.

Yansıma bulutsusu





ŞEKİL 13-3 Toz zerrecikleri mavi ışığı kırmızı ışıktan daha fazla saçar. Böylece ışığı toz bulutundan geçen yıldız toz bulutunun olmadığı duruma göre daha kırmızı görünür. Saçılma ve soğurulma miktarı parçacıkların yoğunluğuna, ışığın dalgaboyuna ve bulutun kalınlığına bağlıdır.

Karanlık bulutsusu



Şekil 13-9 Avcı'daki (Orion) NGC 1999 yansıma bulutsusu. Merkezin solundaki parlak, genç yıldız tarafından ışıtılır. Merkezin sağında ve NGC 1999'un önünde bulunan karanlık bulutsu soğuk moleküler gazın yoğunlaşmasıdır ve toz öyle yoğundur ki ışığı engeller. Hubble Heritage Team (STScI) ve NASA'nın izniyle.

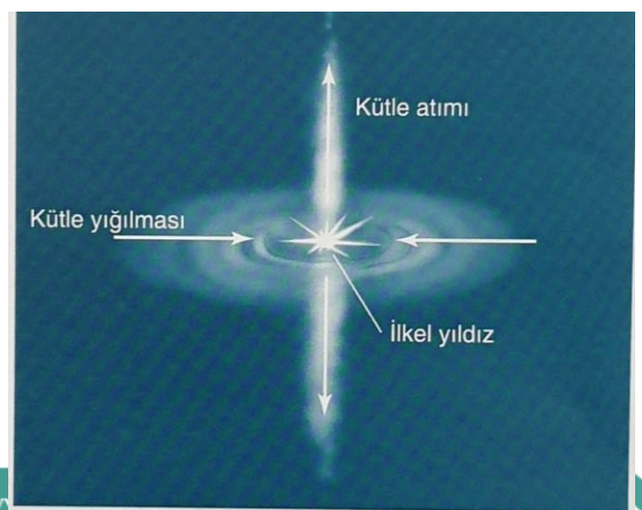
Yıldız Doğumu



- Yıldızlar, Gökadanın en soğuk yerlerinde (20 K), yıldızlararası uzayın dev molekül bulutlarında doğar.
- Bulutun bazı yerlerinde, **buharlaşan gaz kürecikleri** olarak adlandırılan kürecikler ortaya çıkar.
- Bu küreciklerde, toz parçacıkları arasındaki kütleçekim kuvveti itici basınç etkisini yenecek büyüklüktedir.
- Bu durumda kürecik çökmeye başlar. Çökme devam ettikçe kütleçekim etkisi artar ve moleküller hızlanmaya başlar.
- Hızın artması nedeniyle küreciğin merkezi de ısınmaya başlar.
- Bir süre sonra sıcaklık artışının neden olduğu basınç merkeze yakın yerlerdeki maddenin çökmesini engeller.
- Merkezden uzaktaki madde çökmeye devam eder, merkezde oluşan çekirdeğe çarpar ve sıcaklığın daha da artmasına neden olur.
- Bu sıcak çekirdek **ilkel yıldız** olarak adlandırılır.
- Buharlaşan gaz küreciklerinin oluşma sebebi nedir?

  i) Dev molekül bulutları arasındaki çarpışmalar,

  ii) Yıldızlararası şok dalgaları:
  - sıcak yeni oluşmuş yıldızlardan gelen ışınım,
  - büyük kütleli yıldızların çok büyük miktardaki maddeyi büyük süratlerde fırlatması,
  - süpernova patlamaları





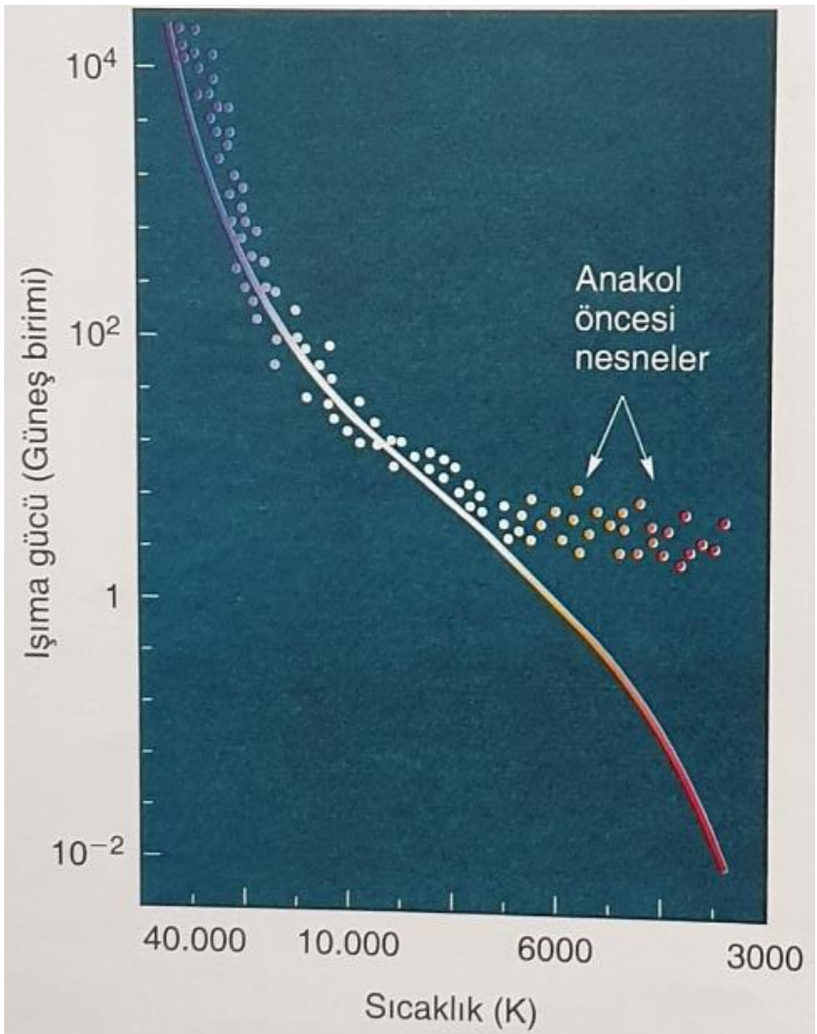
(a) Bir molekül bulutunun yüzeyi yakınındaki sıcak yıldızlardan gelen şiddetli morötesi ışınım ile ışıtılır. Işınım bulutun yüzeyinden maddeyi buharlaştırır.

(b) Ortalamadan daha yoğun bir gaz küreciği (bir "BGK") ortaya çıkmaya başlar. Çevresinden daha yoğun olduğundan o kadar hızlı buharlaşamaz ve geride kalır. Genç yıldızımsı nesneler BGK'lerin içinde oluşmaya başlar.

(c) BGK şimdi daha büyük olmuştur. BGK arkasındaki gaz sütununu korur ve parmağa benzer bir görüntü oluşur.

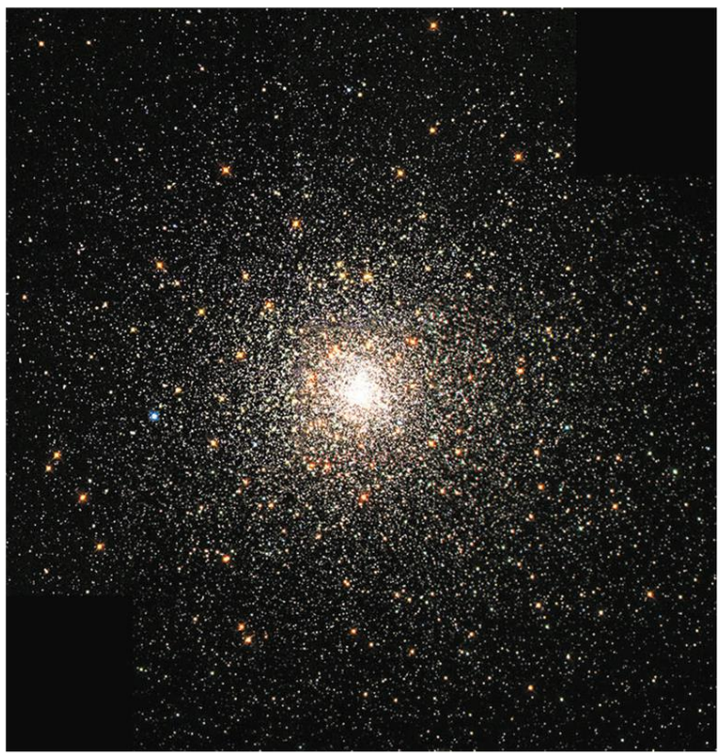
(d) Sonunda, BGK içinde oluştuğu buluttan ayrılır. BGK yavaşça buharlaşırken içindeki yıldız görünür olur.

- Bu şekilde doğan yıldızların çevrelerinde gezegenleri olmayabilir.
- Çünkü yıldızlardan gelen ışınım, gezegen olarak sonlanacak maddeyi dağıtır.
- Daha yalıtılmış koşullarda oluşan bazı yıldızlar, yakınlarında kalan bulutsu parçalarını çekmeye devam eder.
- Sonuçta daha büyük yıldız oluşur ya da yıldız etrafında bir gezegen sistemi oluşur.
- İlkel yıldızın çekirdeği yeteri kadar sıcak ve yoğun olduğunda nükleer füzyon başlar.
- Artık ilkel yıldız kararlı hale gelmiş ve yıldızlar ailesine (anakol yıldızı) katılmıştır.

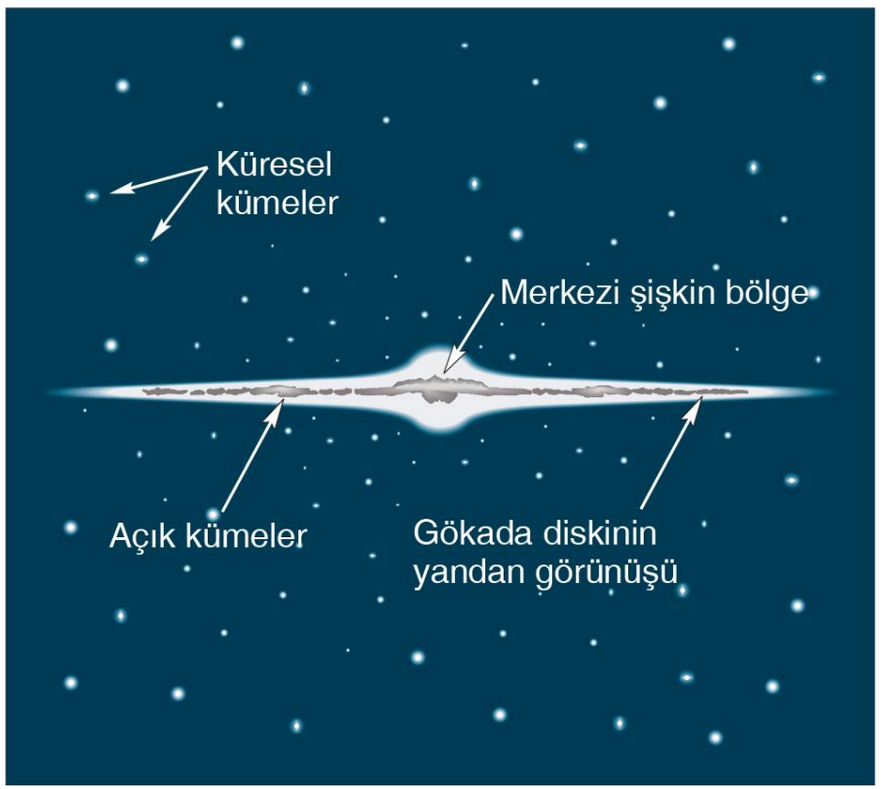


Yıldız Kümeleri

- Açık (Galaktik) küme: Ortak Kökenli ve göreli olarak birbirine yakın yıldızlar grubu.
- Küresel Küme: Daha çok ev sahibi gökadaların halosunda bulunan ve yüzbinlerce yıldızdan oluşan küresel görünüşlü yıldız grubu

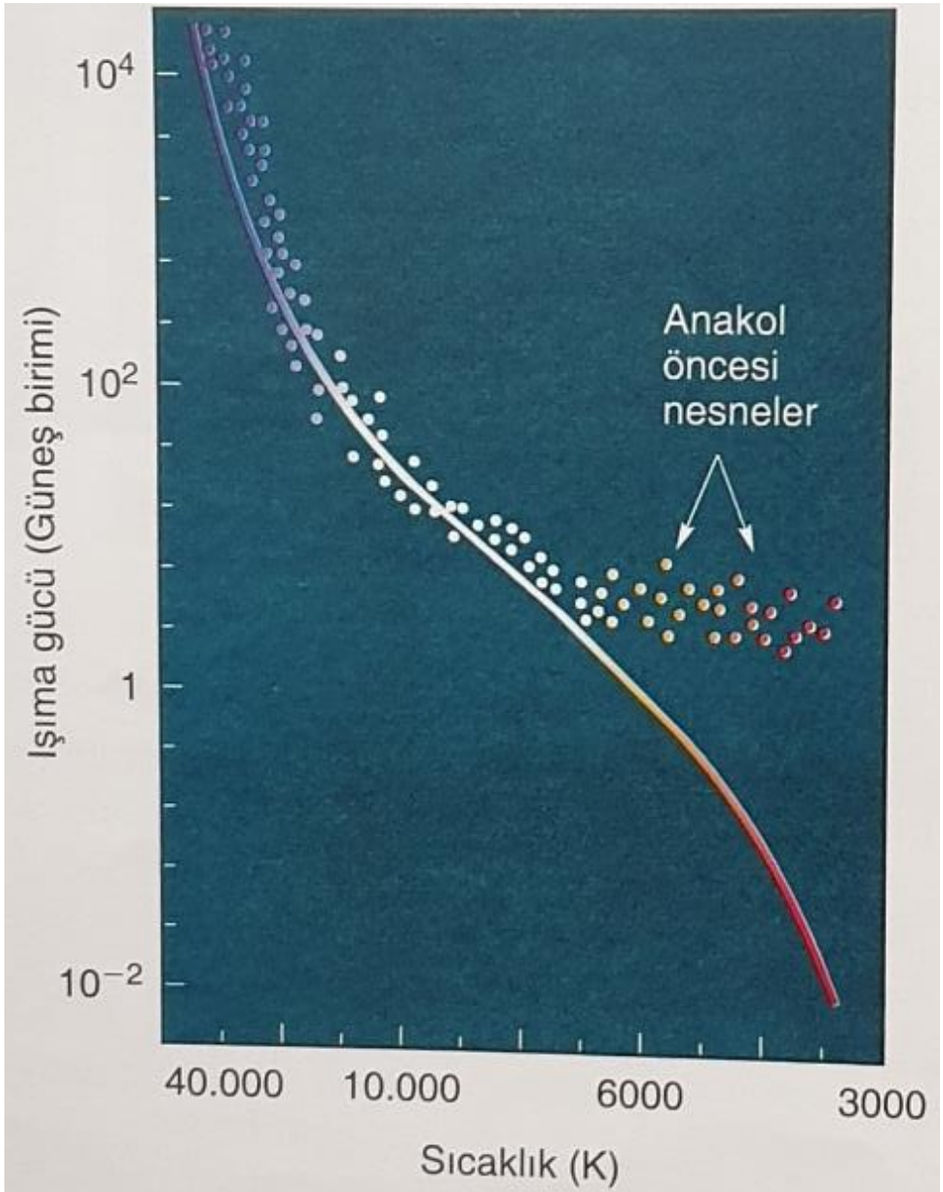


ŞEKİL 13-21 Bu bir küresel kümedir (M80). Küresel kümeler kütleçekimsel olarak birbirlerine bağlı yüzbinlerce yıldızdan oluşan gruplardır. Hubble Heritage Team'in (AURA/STScI/NASA) izniyle.



ŞEKİL 13-22 Açık kümeler Gökada'nın diskinde, küresel kümeler diski çevreleyen haloda bulunurlar.

- Kümeler astronomlar için iki sebeple önemlidir:
- Birincisi; bir kümedeki yıldızların tümü bizden yaklaşık aynı uzaklıktadır. Bu, yıldızların görünen parlaklıklarının mutlak parlaklıklarının bir göstergesi olduğu anlamına gelir.
- İkincisi; yıldızlararası bulut çökmeye başladığında aynı zamanda küme içindeki yıldızların oluşumu da başlar. Bu, kümelerin aynı dev molekül bulutundan oluştuğu anlamına gelir. Bu nedenle, hepsinin aynı kimyasal içeriğe sahip olduğu varsayılır.
- Yıldız oluşumu hakkında bildiklerimizin çoğu kümelerin incelenmesinden gelir.

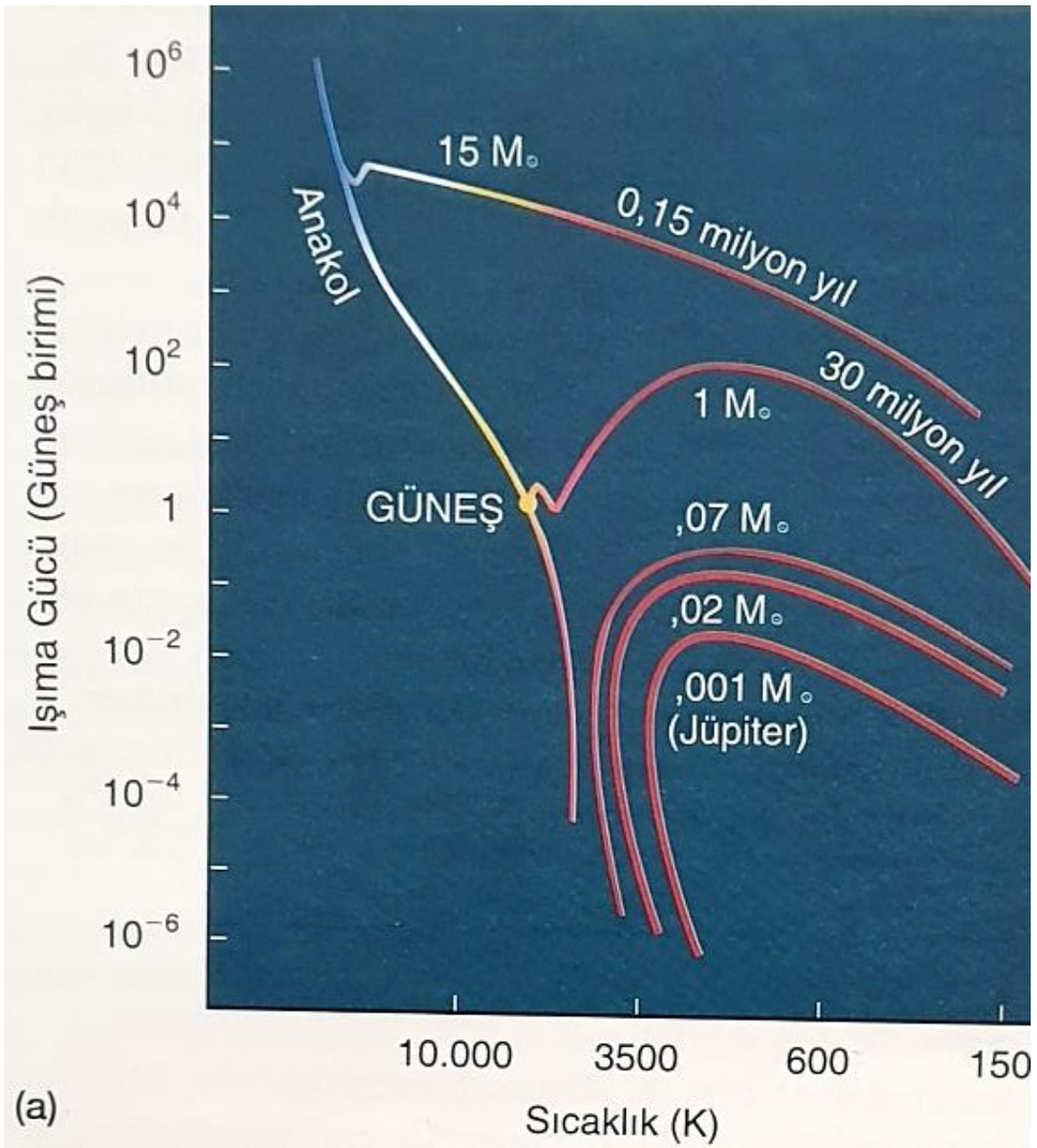


14.Bölüm: Küçük Kütleli Yıldızların Yaşamları ve Ölümleri

- Anakol yaşamlarında bütün yıldızlar hemen hemen benzer bir şekilde yaşarken, ölümleri farklı olur.
- Çok küçük yıldızlar yavaş yavaş gözden kaybolarak ölürler.
- Diğerleri genişleyerek kırmızı devlere dönüşür ve dış kısımlarını uzaklara doğru üfürürler.
- İçlerinde saklı beyaz ve sıcak merkezlerini ortaya çıkarırlar.
- Yıldızların iç kısımları doğrudan incelenemez, ancak yüzeyleri incelenebilir.
- İncelenen yüzey özellikleri üzerinden geliştirilen matematiksel modeller iç kısımların nasıl olması gerektiği konusunda bilgi verir.

Kahverengi Cüceler

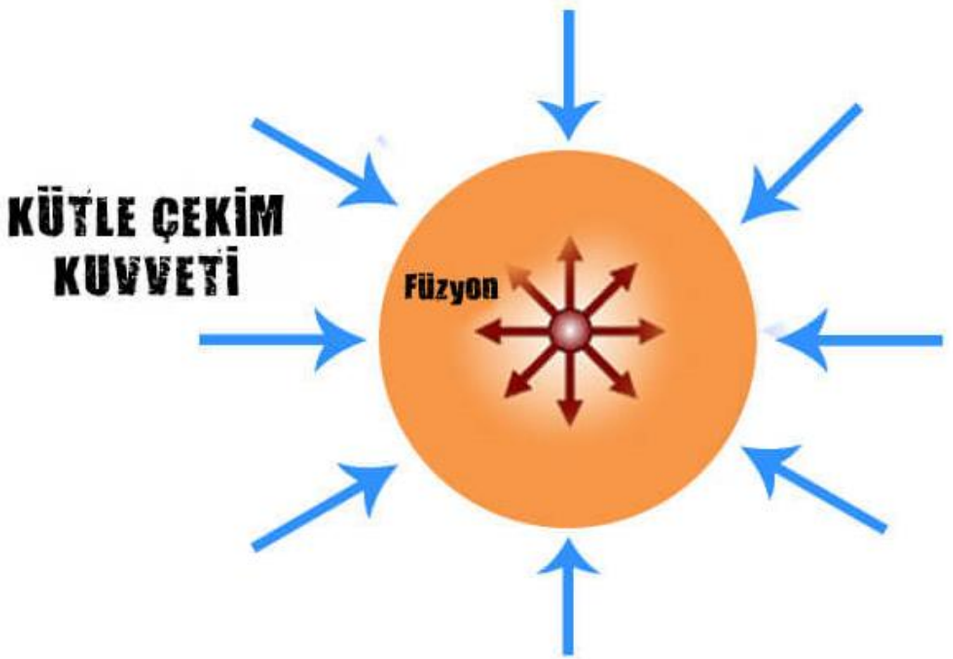
- Yıldızın yaşam çevrimlerinde kütlenin baskın bir etkisi vardır.
- İlkel yıldız 150 Güneş kütlesinden daha büyük bir kütleye sahip olursa; çok hızlı bir şekilde çöker ve iç kısmında muazzam bir enerji ve iç basınç oluşturur. Bu kadar büyük bir basınç kütle çekime baskın gelerek yıldız oluşmadan onu geri şişirir.
- İlkel yıldızın kütlesi Güneş kütlesinin %8'inden büyükse; merkezde nükleer tepkimeleri başlatacak kadar sıcak ve yoğun hale gelebilir.
- İlkel yıldızın kütlesi nükleer reaksiyonları başlatamayacak kadar küçükse; yıldız soluk bir kırmızı ışıkla parlayana kadar ısınacak. Bu cisimler kahverengi cüceler olarak isimlendirilir. Kahverengi cüceler doğarken edindikleri ısıyı salarak soğurlar ve yavaşça sönerler.
- Kahverengi cüce kütle limitleri 0,013-0,08 güneş kütlesi aralığındadır.
- Kahverengi cüceleri oluşturan gazların büyük bir kısmı metan, hidrojen



Yıldızların Olgunluğu

Yıldızlarda Nükleer Füzyon

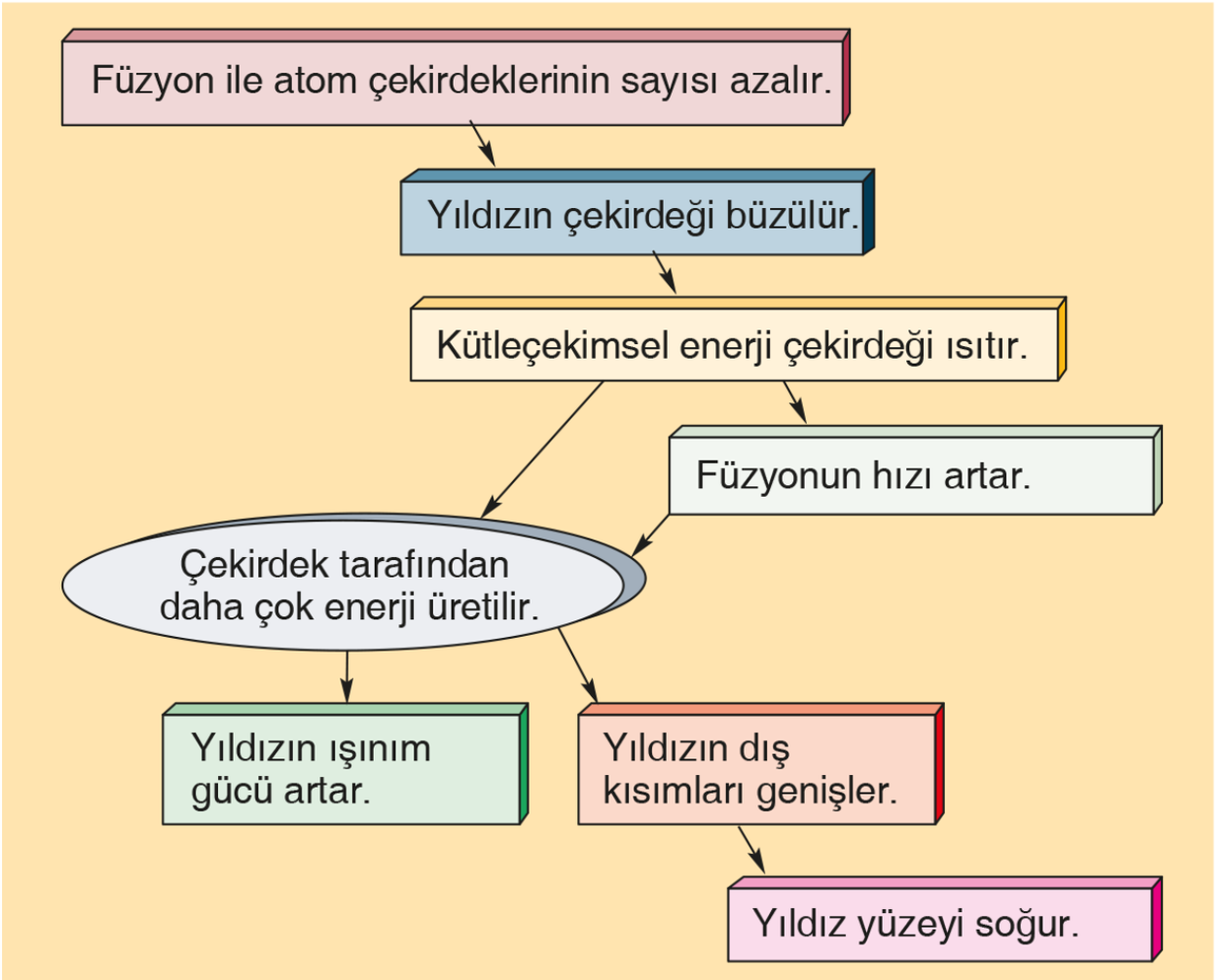
- Yıldızlarda enerjinin kaynağı hidrojenin birleşerek helyum oluşturmasıdır.
- 1,5 Güneş kütlesine kadar küçük kütleli yıldızlarda proton-proton zinciri olarak bilinen nükleer tepkimeler gerçekleşir.
- 1,5 Güneş kütlesinden daha büyük yıldızlarda karbon çevirimi veya CNO çevrimi olarak bilinen nükleer tepkimeler gerçekleşir
- Anakol yıldızlarının merkezinde hidrojen yakıtının tüketilme hızını kontrol eden termostat benzeri bir düzenleyici mekanizma vardır.
- Füzyon hızı artmaya başladığında çekirdeğin sıcaklığı artar. Gazın sıcaklığı arttığında gaz genişler bu genişleme füzyon hızını azaltır. (Dudaklar büzülerek üflendiğinde soğuk hava elde edilmesi, pompa ile teker şişirilirken ısınma meydana gelmesi)
- Nükleer reaksiyon hızı düşerse yıldız büzüşecek ve hidrojen çekirdekleri arasındaki mesafe azalacaktır.
- Bu da füzyon hızını tekrar arttıracaktır.



https://www.bilimgemisi.com/yildizlarin-enerji-kaynagi-nukleer-fuzyon/

Yıldızların Anakol Yaşamı

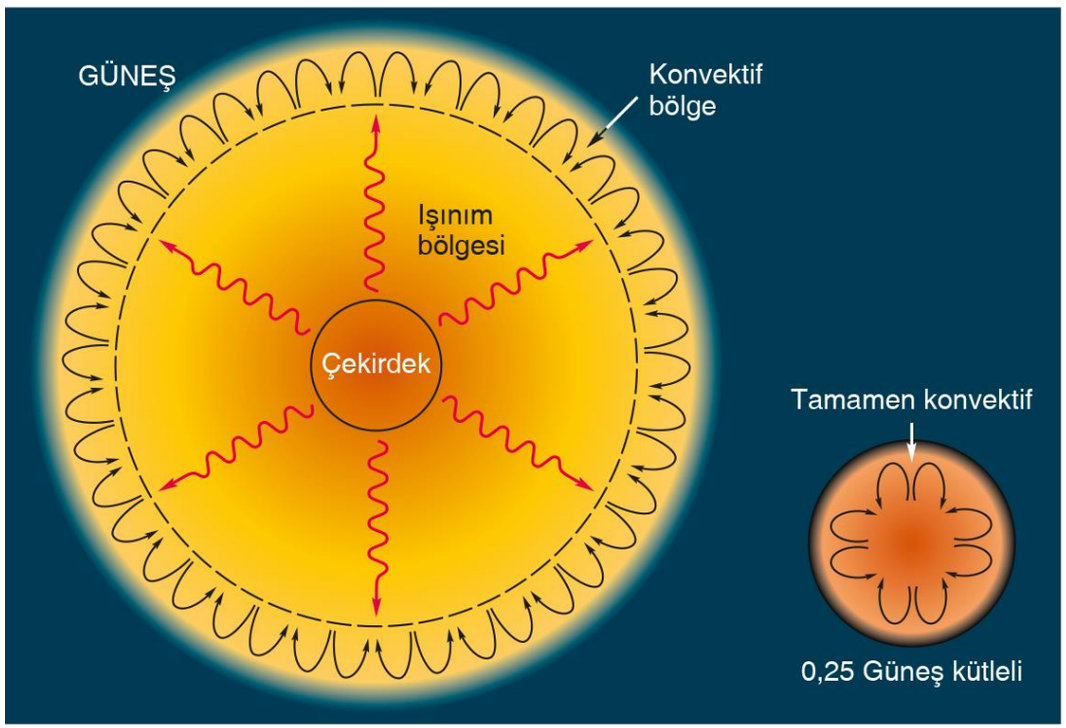
- Yıldızda nükleer reaksiyon devam ettiği sürece çekirdekteki parçacık sayısı yavaşça azalır ve çekirdek yavaşça büzülür.
- **Güneş:** Anakol yaşamına yaklaşık 5 milyar yıl önce başlamıştır. Başlangıçta %74 H, %25 He, %1 diğer elementler. Günümüzde güneşin çekirdeği biraz büzüldü ve ışıma gücü %40 arttı, %64 He, %35 H bulunmaktadır. Bu H ile 5 milyar yıl daha yaşayabilir.
- Güneşten daha büyük kütleli yıldızlar daha hızlı büzülür.
- Güneşten daha küçük yıldızlar daha yavaş büzülür.
- Dolayısıyla büyük yıldızlar daha az yaşar.



Bu diyagram bir yıldızın anakolda yaşlandıkça neden daha parlak ve daha soğuk olduğunu göstermektedir. Her bir ok bir sonrakine neden olan olayları göstermektedir.

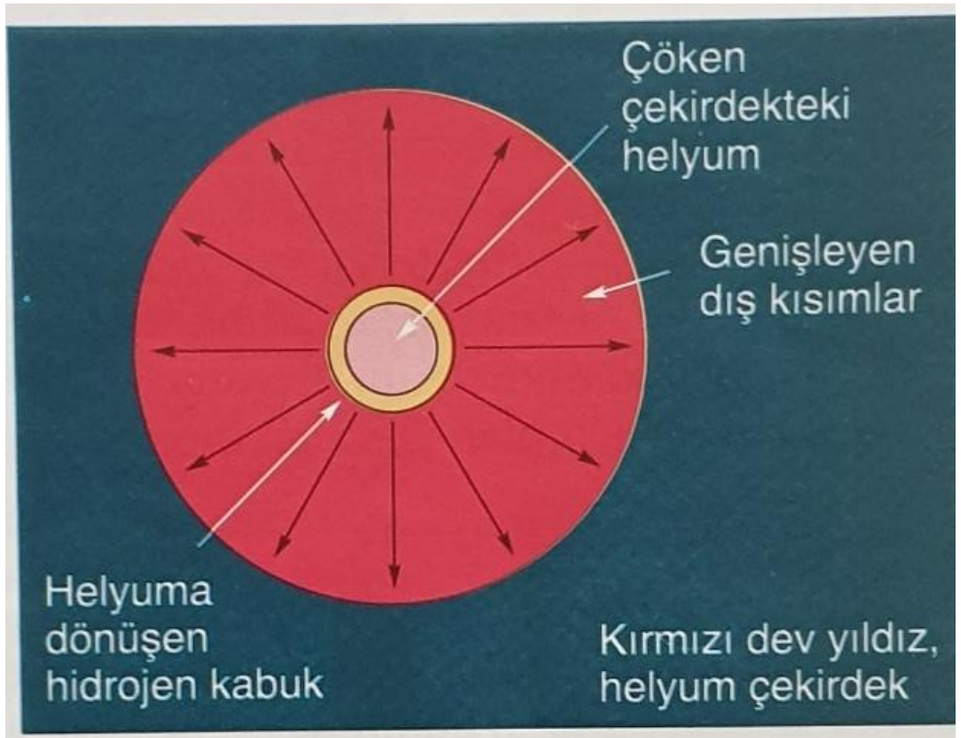
Çok Küçük Kütleli Yıldızlar (< 0,4 M_o)

- Güneş içinde konveksiyon yoktur, sadece dışta vardır.
- Bu nedenle çekirdekteki hidrojen tükenince dış tabakalardan yeni hidrojen gelmez.
- Bu durum yıldızın anakoldan ayrılmasına neden olur.
- En düşük kütleli yıldızlarda konveksiyon yıldızın neredeyse tamamında gerçekleşir.
- Bu durumda hidrojeni bitirmek daha uzun zaman alır.
- Bilgisayar modellerine göre bu süre 20 milyar yıldır ve evrenin yaşından daha büyüktür.
- Beyaz Cüce: yanması bitmiş küçük kütleli yıldızın kalıntısıdır.
- Dolayısıyla gözlenen beyaz cüceler küçük kütleli yıldızların kalıntısı olmadığı düşünülmektedir.



Kırmızı Dev Aşaması

- Çok küçük kütleli yıldızlar dışındaki tüm yıldızlar anakoldan ayrıldıklarında kırmızı devlere dönüşür.
- Kırmızı deve dönüşme çekirdekteki hidrojen azaldığında başlar.
- Yakıt hidrojen azaldığında çekirdek büzülmeye başlar ve kütleçekim etkisi artar.
- Kütleçekim enerjisi nükleer füzyon enerjisinden daha faza oluncaya kadar artar.
- Bu durum nükleer füzyonu tekrar başlatır.
- Yıldızın merkezindeki bu iki enerji kaynağı çok büyük bir ışıma artışına ve yıldızın dış kısımlarının genişlemesine neden olur.
- Dolayısıyla yıldızın yüzey sıcaklığı düşer ve kırmızı dev olarak görünür.
- Güneş kırmızı dev olduğunda Merkür'ün yörüngesini kapsayacak şekilde genişleyecektir.



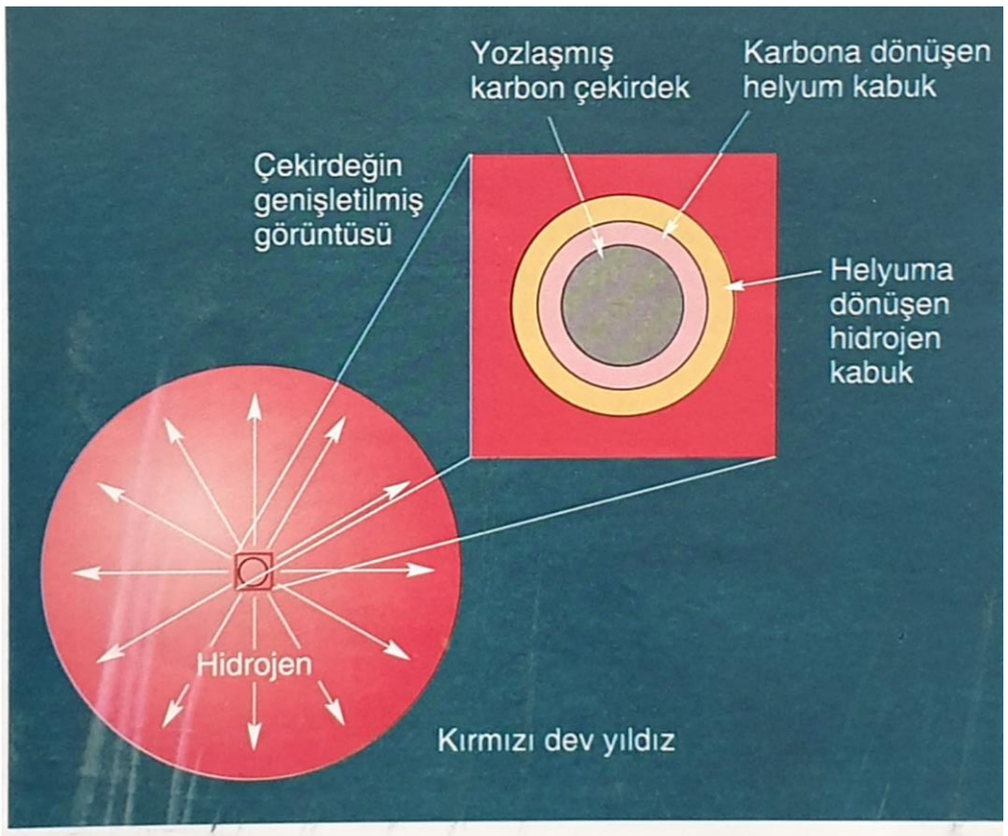
ŞEKİL 14-9 Çekirdek büzüldükçe ısınarak onu saran kabukta ilave hidrojen füzyonuna neden olur (Aslında çekirdek ve hidrojen yanan kabuk burada gösterilenden çok daha küçüktür).

Küçük Kütleli Yıldızlar (0,4 – 4 M_O)

- Kırmızı dev aşamasında yıldızın nasıl değişeceği yıldızın ne kadar kütleli olduğuna bağlıdır.

Elektron Yozlaşması ve Helyum Parlaması

- Küçük kütleli yıldızlar kırmızı devlere dönüştüklerinde çekirdekteki serbest elektronlar birbirine yakınlaşmaya zorlanır. Belli bir değerden sonra Pauli ilkesi ihlal edilmeye başlar. Buna elektron yozlaşması denir.
- Yozlaşmış çekirdekte meydana gelen gariplikler çekirdeğin daha da büzülmesine ve belli bir sıcaklık değerinden sonra helyum atomlarının birleşerek karbon atomlarını oluşturmasına neden olur.
- Helyum füzyonu nedeniyle ısı daha da artar ve helyum parlaması denilen kontrolden çıkmış helyum füzyonu gerçekleşir.



ŞEKİL 14-13 Bir kırmızı dev karbondan oluşan bir çekirdeğe sahip olduğu aşamaya ulaştığında, çekirdeğin büzülmesinden açığa çıkan ısı kabukta helyum füzyonunu başlatır. Aynı zamanda bu kabul üzerindeki hidrojen kabukta tepkimeler başlar. Bu durum yıldızın yalnızca çok küçük bir hacminde gerçekleşir.

- Helyum parlaması elektron yozlaşmasını sonlandıracak ve her şey normale dönecektir. Ancak yıldız belli bir süre sonra tekrar daha büyük bir kırmızı deve dönüşecektir.
- Bilgisayar simülasyonları kütlesi 2 Güneş kütlesinden fazla olan yıldızların helyum parlaması yaşamadıklarını göstermektedir.

Yıldızlarda Zonklamalar

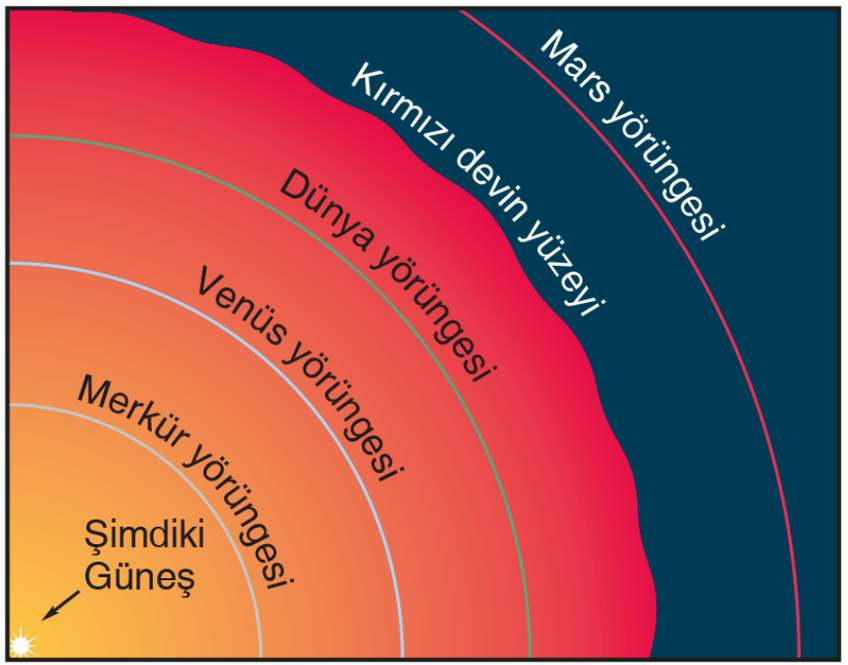
- Evrimleri sırasında yıldızların dış kısımları büzülür ya da genişlerken, yıldızın ışıma gücünde önemli değişimler olur. Bu değişimler çoğunlukla periyodiktir. Buna zonklama denir.

Kırmızı Devlerde Kütle Kaybı

- Astronomlar Doppler kayma miktarlarından kırmızı devlerin 10 ila 20 km/s arasında hızlarla etraflarına gaz üfürdükleri sonucunu çıkarmışlarıdır.

Gezegenimsi Bulutsular

- Yaşamının sonuna gelmiş küçük kütleli bir kırmızı devin etrafına attığı gaz kabuktur.



Güneş bir kırmızı deve dönüştüğünde, yüzeyi Dünya ile Mars arasında bir yere ulaşıncaya kadar genişler. Bu genişlemiş hâlini şimdiki hâli ile karşılaştırın.

Beyaz Cüceler

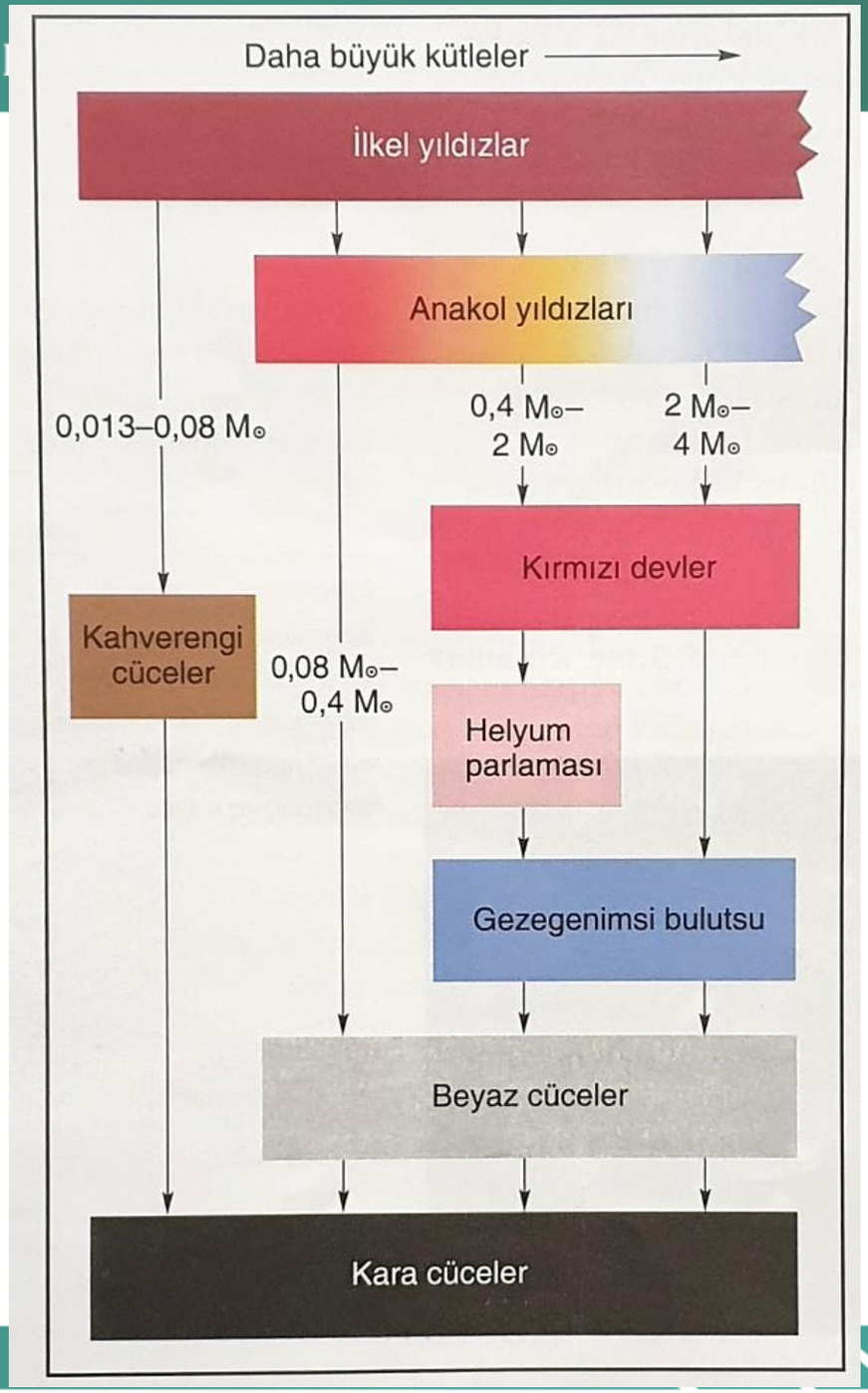
- Beyaz cüceler çıplak gözle görülemez.
- Yıldızların %10'nun beyaz cüce olduğu tahmin edilmektedir.
- Beyaz cüceler, kırmızı dev yıldızların dış kısımlarını attıktan sonra arta kalan çekirdekleridir.
- Küçük kütleli yıldızlardan oluşan beyaz cüceler Helyum ve karbondan ibarettir.
- Büyük kütleli yıldızlardan oluşan beyaz cüceler oksijen, neon, sodyum, ve hatta demir gibi ağır atom çekirdekleri içerebilirler.
- Beyaz cüce ne kadar kütleli ise boyutları o kadar küçüktür. Yaşlandıkça sıcaklık ve parlaklıkları azalır. Elektron yozlaşması daha fazla çökmeyi engeller.
- Beyaz cücenin kütlesi 1,4 Güneş kütlesini geçtiğinde (Chandrasekhar limiti) elektron yozlaşması kütleçekimsel etkiye karşı koyamaz.

Güneş beyaz cüceye dönüştüğünde Dünya kadar, yani bugünkü boyutlarından çok daha küçük olacaktır. Kütlesi ise şimdikinin 0,6 katına düşecektir.

kara cüce Anakol kütlesi 4 Güneş kütlesinden daha küçük bir yıldızın, bütün enerji kaynaklarını tüketip ışık yayamayacak hâle geldiği kuramsal sonu.

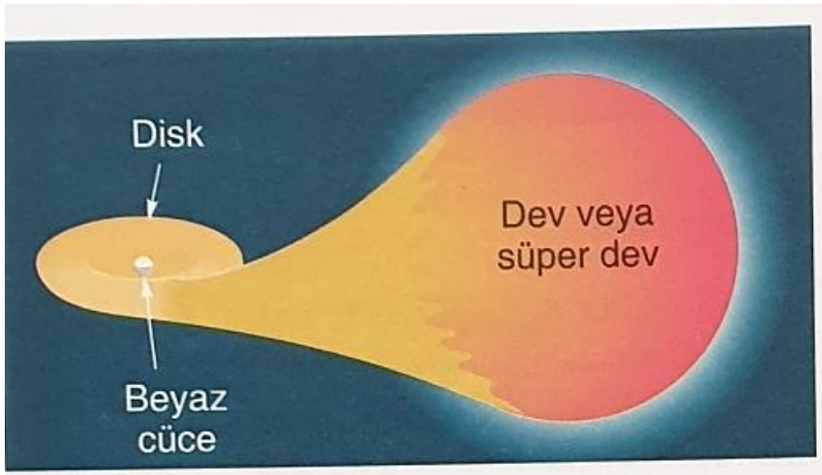


- İlkel yıldızlar enerjilerini kütleçekimsel büzülme ile üretirler.
- Anakol yıldızları enerjilerini çekirdek füzyonu ile üretirler.
- Kırmızı devler enerjilerini kütleçekimsel enerjiden ve çekirdek bölgesinin etrafındaki kabukta gerçekleşen füzyondan üretirler.
- Beyaz cüceler enerji üretmez. Arta kalan enerjiden dolayı sıcaktırlar ve bu enerjiyi ışıma yoluyla atarak soğurlar. Milyarlarca yıl geçtikten sonra kara cüceye dönüşecekler.



Novalar

- 1572 yılında Tycho Brahe «yeni bir yıldız» gözledi.
- Nova (Latince «Yeni»): Bir beyaz cücenin üzerine topladığı yeni maddeden kaynaklandığı düşünülen ani ve geçici yıldız parlaması.

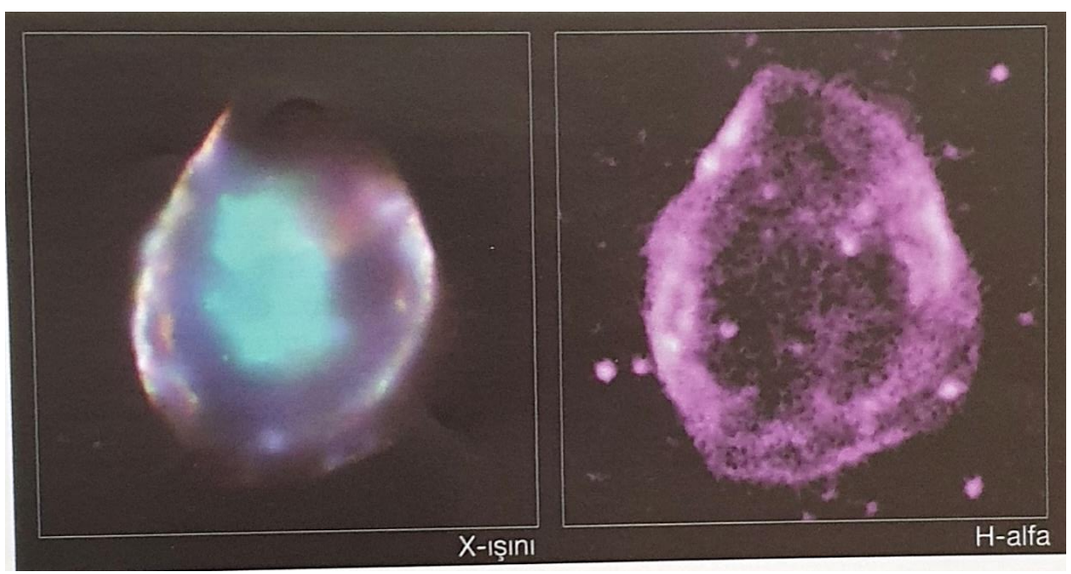


ŞEKİL 14-28 Bir beyaz cüce ve kırmızı devden oluşan çift sistemde büyüyen devden çıkan madde beyaz cüce üzerine düşerek yörüngeye oturur.

◆ MS 1054 yılında Çinliler "misafi yıldız" adını verdikleri daha önce

Tip I Süpernovaları

- Beyaz cücenin üzerine topladığı madde nedeniyle beyaz cücenin kütlesi Chandrasekhar limiti üzerine çıkarsa kontrolsüz füzyon tepkimeleri başlar.
- Sonuçta yıldızın parlaklığının milyarlarca kez arttığı yıkıcı yıldız patlaması meydana gelir.
- Süpernova kalıntıları uzayın içine dağılır.

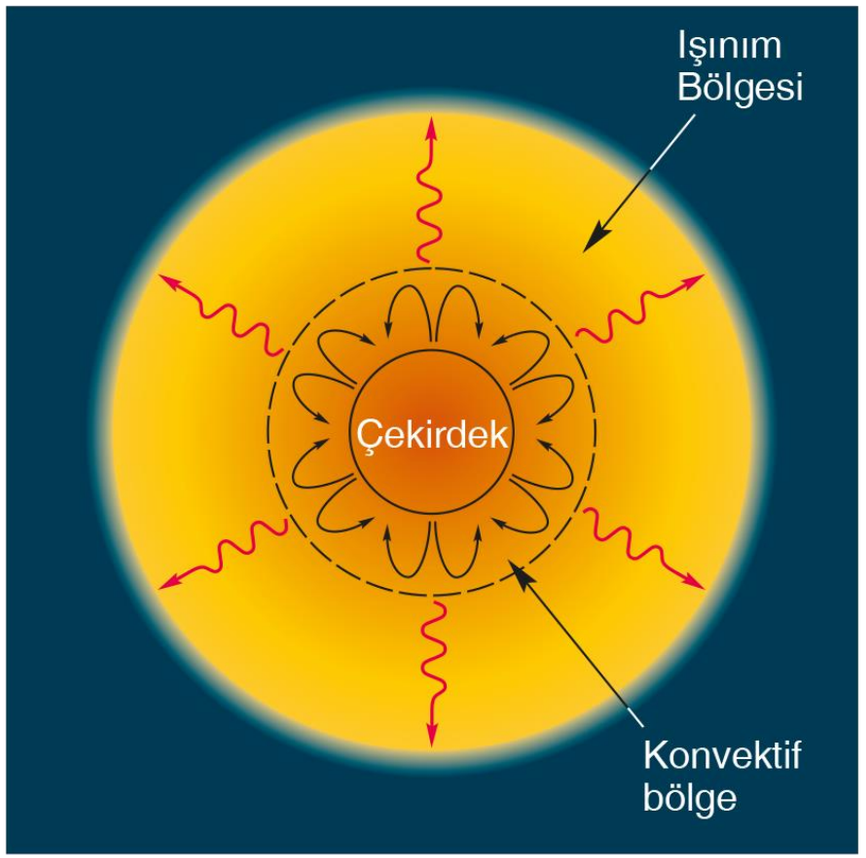


15.Bölüm: Büyük Kütleli Yıldızların Ölümleri

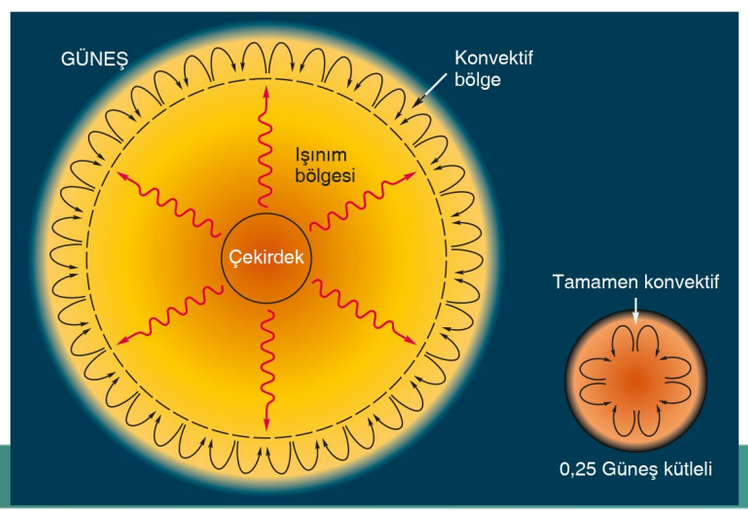
- Anakol yaşamlarında bütün yıldızlar hemen hemen benzer bir şekilde yaşarken, ölümleri farklı olur.
- Çok küçük yıldızlar yavaş yavaş gözden kaybolarak ölürler (beyaz cüce).
- Diğerleri genişleyerek kırmızı devlere dönüşür ve dış kısımlarını uzaklara doğru üfürürler.
- Beyaz cüce bir çift sistemin üyesi ise patlama olasılığı vardır (nova ve süpernova).
- Büyük kütleli yıldızların ölümleri süpernova patlamaları gibidir.
- Çok daha büyük kütleli yıldızların yaşamları ise bir karadelik olarak sonlanır.

Orta Kütleli ve Çok Büyük Kütleli Yıldızlar (> $4M_o$)

- Orta kütleli yıldızlar: 4-8 Güneş kütlesi
- Çok büyük kütleli yıldızlar: 8 Güneş kütlesinden daha büyük
- Bu iki tip yıldızın yaşamlarının çoğu benzerdir.
- Büyük kütleli yıldızların anakol yaşamları oldukça kısadır.
- 15 Güneş kütleli bir yıldız için bu süre yaklaşık 10 milyon yıldır.
- Büyük kütleli yıldızlar kırmızı dev evresinde standart kırmızı devden daha parlak olurlar ve süper dev olarak isimlendirilirler.
- Süper devde sürekli olarak yeni füzyon tepkime çevrimleri meydana gelir ve sürekli olarak yeni kırmızı dev evrelerine girer.



4 Güneş kütlesinden daha büyük kütleli yıldızların iç yapısı. Yıldızın iç kısımlarında çekirdekten itibaren enerji konveksiyon ile taşınırken, dış kısımlarda ışınımla taşınır.

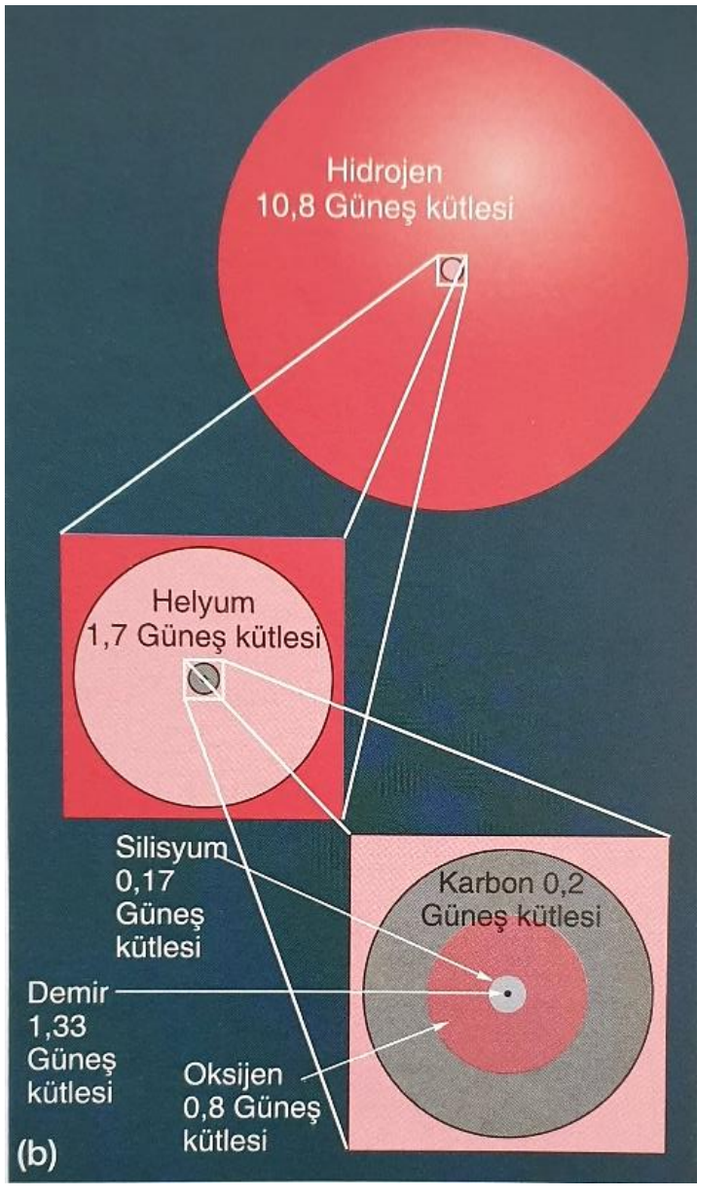


- Süper devde sürekli olarak yeni füzyon tepkime çevrimleri meydana gelir.
- Süper dev sürekli olarak yeni kırmızı dev evrelerine girer.

TABLO 15-2

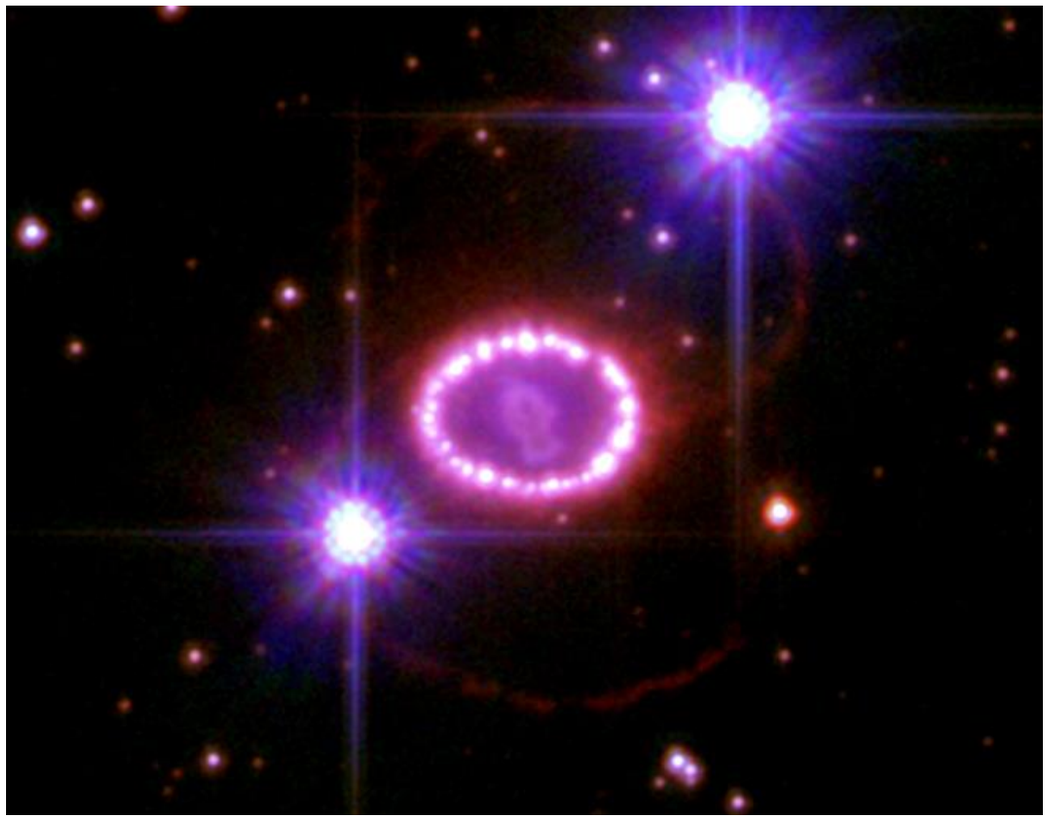
15 Güneş Kütleli Bir Yıldızın Evrimi

Yanan Element	Füzyon Ürünü	Zaman	Sıcaklık
Hidrojen	Helyum	10.000.000 yıl	4.000.000 K
Helyum	Karbon	>1.000.000 yıl	100.000.000 K
Karbon	Oksijen, Neon, Magnezyum	1000 yıl	600.000.000 K
Neon	Oksijen, Magnezyum	Birkaç yıl	1.000.000.000 K
Oksijen	Silisyum, Kükürt	1 yıl	2.000.000.000 K
Silisyum	Demir	Birkaç yıl	3.000.000.000 K



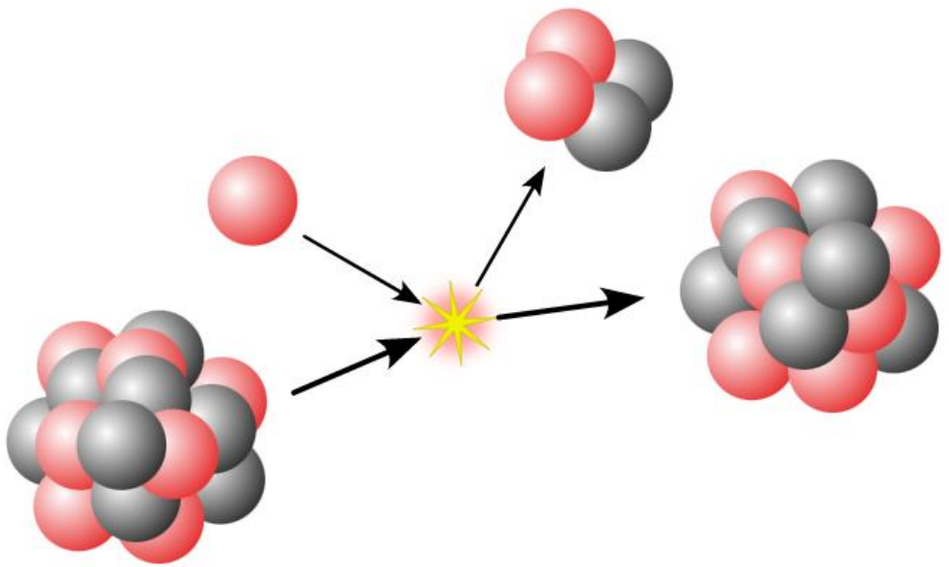
Tip II Süpernovaları

- Tip I süpernovalarının tayfında hidrojen çizgileri yoktur ve çoğunun (Tip Ia), çift sistemdeki beyaz cüceler tarafından üretildiği düşünülür.
- Tip II süpernovaların tayfında hidrojen çizgileri vardır.
- Tip II süpernovalarını meydana getiren süreç tam anlaşılmamıştır fakat çeşitli modeller ileri sürülmüştür.
- Başlıca modele göre, bir süper devin çekirdeğinde, silisyumun oluştuğu ve demiri oluşturacak tepkimelerin başlamasından sonra her şey hızlanır.
- Demir farklıdır. Demirin yanması için fazladan bir enerji kaynağı olmalıdır. Bu nedenle demir daha yüksek kütleli elemente doğru yanmaz. Bunun yerine çekirdek şiddetli bir şekilde çöker. Yoğunluk belli bir seviyeye ulaştığında çökme durur ve dışa doğru genişleme başlar. Dış katmanlar ise içe doğru çökmeye devam eder. Çöken madde genişleyen çekirdekle çarpışır ve iki etki üretir.
- Birincisi demirden daha ağır elementlerin oluşacağı füzyon başlayabilir. İkincisi dışarıya doğru şok dalgaları gönderilir.



Büyük Macellan Bulutsusu'nda Tip II süpernovası SN 1987A genişleyen kalıntısı. https://tr.wikipedia.org/wiki/Tip_II_s%C3%BCpernova

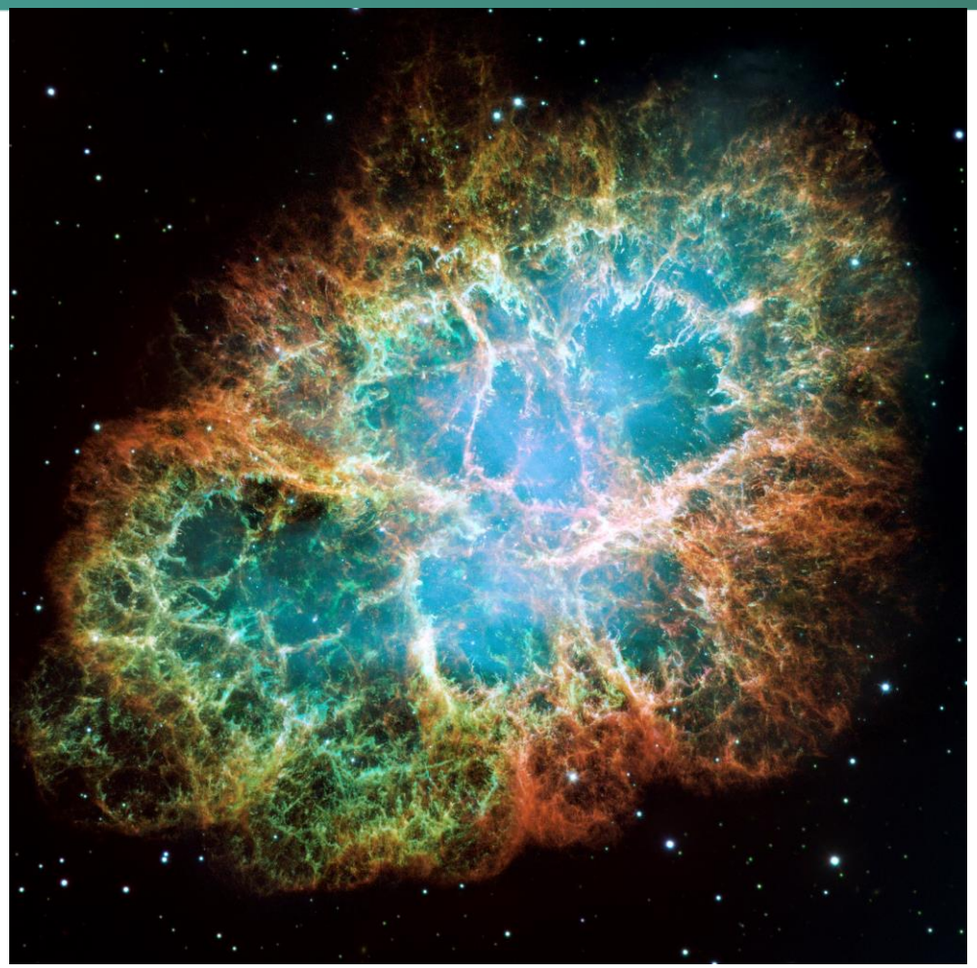
- Fizikçiler demirin özel yerini uzun zamandır biliyordu.
- Demirden daha ağır elementler bir miktar enerji kaynağı olmadan üretilemezler ve bu nedenle doğada kendiliğinden oluşmazlar.
- Peki, Dünya'da bulunan ağır elementlerin kaynağı nedir?
- Süprnovalar cevabın bir parçasıdır.
- Uzak geçmişte süpernova patlamaları ağır elementlerin bazılarını üretmiş ve Dünya'yı oluşturan yıldızlararası maddenin bir parçası olmak üzere uzaya püskürtmüştür.



Yıldızların oluşmasıyla, daha ağır çekirdekler, bugün de devam eden yıldız nükleosentezi aracılığıyla hidrojen ve helyumdan oluşmuştur.

Süpernovaların Tespiti Etmek

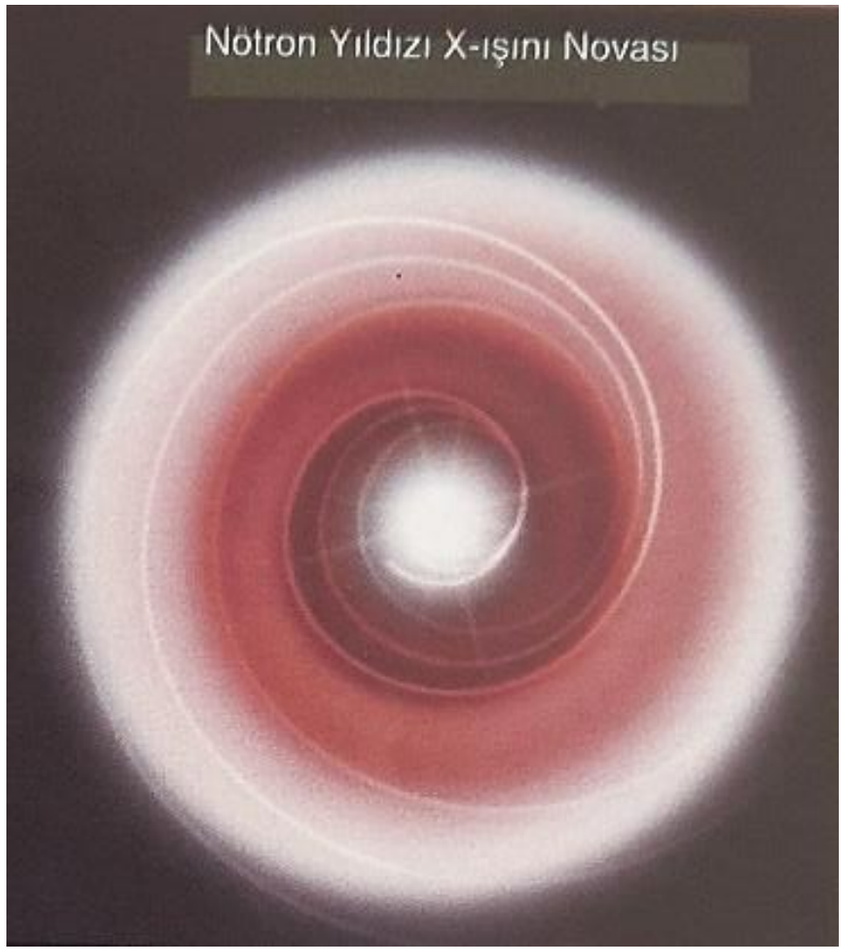
- Gökadamızda 1054 (Çinli Astronomlar), 1572 (Tycho Brahe) ve 1604 (Johannes Kepler) yıllarında meydana gelen üç süpernova çıplak gözle görülmüştür.
- Bu süpernovaların kalıntıları günümüzde teleskoplar ile tespit edilmiştir.
- 1604 yılından beri çıplak gözle görülebilen süpernova patlaması olmamıştır.
- Süpernova teorisi hala yenidir ve tam olarak kabul edilebilmesi için daha geliştirilmesi gerekmektedir.



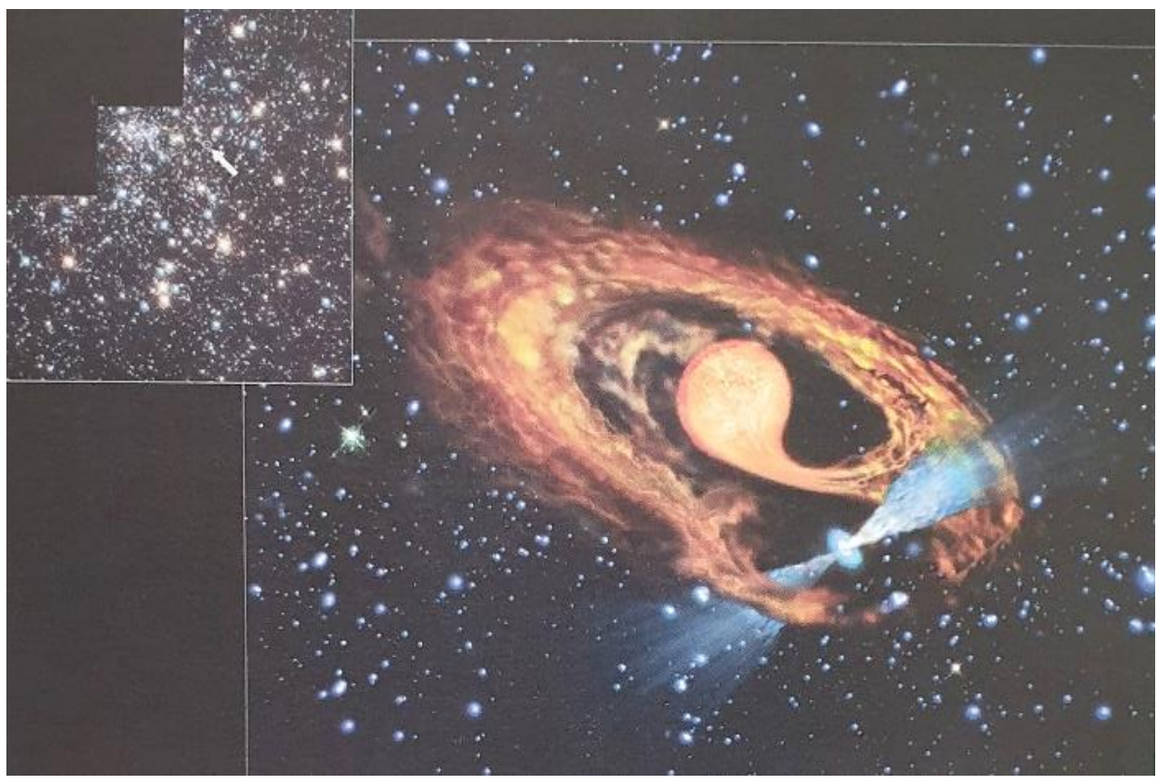
1054'teki bir süpernova patlamasının artıklarından oluşan Yengeç Bulutsusu https://tr.wikipedia.org/wiki/S%C3%BCpernova

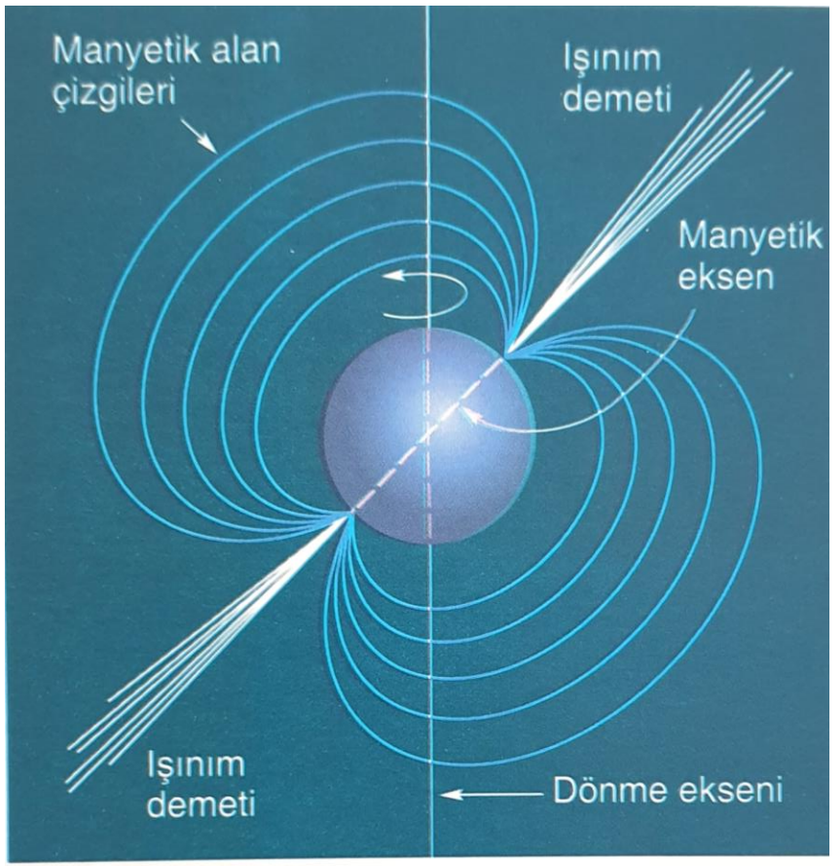
Nötron Yıldızları

- Nötron 1932'de James Chadwick tarafından keşfedilmiştir.
- İki yıl sonra 1934 yılında bazı yıldızların sadece nötronlardan oluşan garip bir nesne haline çökebileceği şeklinde bir öneri yapılmıştır.
- Chandrasekhar limitinin ötesine ulaşan bir yıldızda aşırı çökme olacağı ve bu durumda elektron ve protonların birleşerek nötronları oluşturacağı öngörülmüştür.
- Nötron yıldızı: Nötron yozlaşması ile desteklenen notaya kadar çöken yıldıza denir.



- Nötron yıldızına ilk kanıt 1967'de tesadüfen bulundu.
- Atarca (pulsar): bir milisaniye ile birkaç saniye arasında düzenli bir periyoda sahip, hızlı dönen bir nötron yıldızı ile ilişkili olduğuna inanılan atımlar gösteren bir radyo kaynağıdır.
- Bugün gök adamızda yaklaşık 2000 atarca belirlenmiştir.

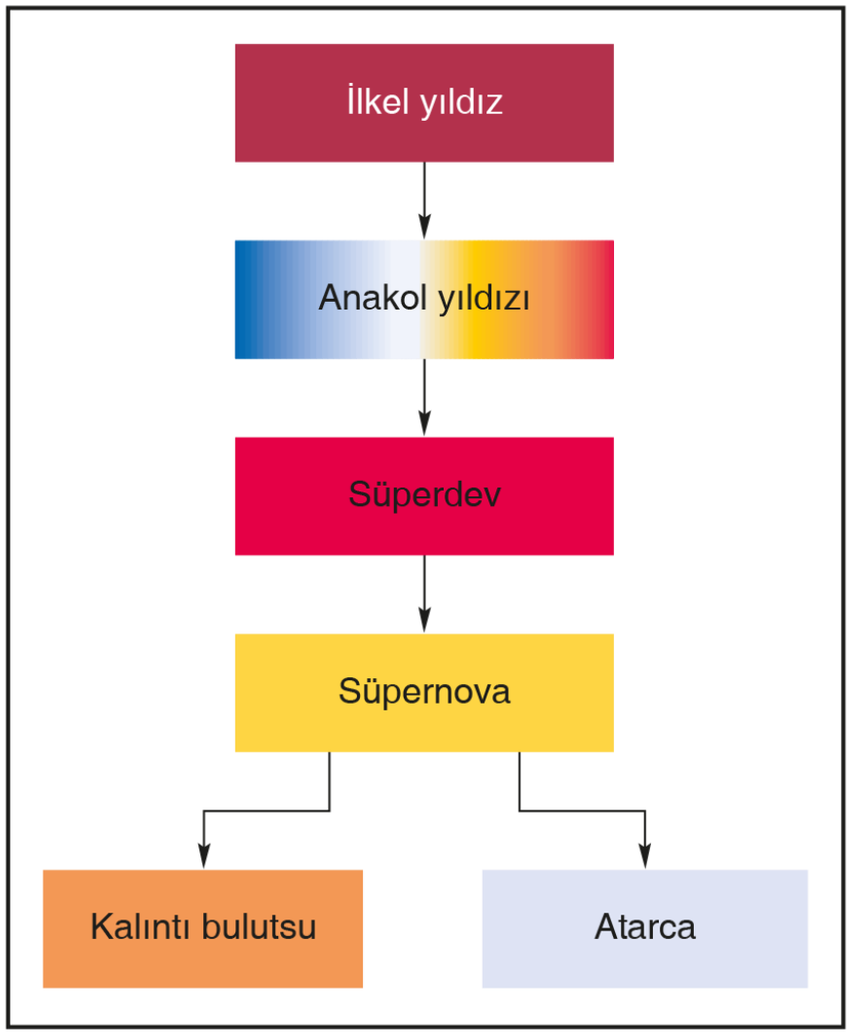




ŞEKİL 15-12 Atarcanın her bir manyetik kutbunun yakınından salınan bir ışınım demeti. Yıldız döndükçe, ışınım demeti uzayı süpürür.

Orta Kütleli Yıldızlar: Sonuç

- Orta kütleli yıldızların oranı bütün yıldızların küçük bir kısmıdır.
- Sadece 1,4 Güneş kütlesinden büyük –fakat çok büyük değil- kütleli yıldızlar, nötron yıldızı olabilir ve ışınımlarını deniz feneri biçiminde gönderebilir.
- Bugüne kadar kaydedilmiş en büyük nötron yıldızı kütlesinin yaklaşık 2 Güneş kütlesi olduğu belirlenmiştir.
- Bu nötron yıldızları ile ilgili bir çok teoriyi dışlar.
- Bu sonuç, kısa süreli gama ışın patlamalarının bazılarının, iki nötron yıldızının şiddetli ve yıkıcı şekilde birleşerek bir kara deliğe dönüşmesi sonucunda oluştuğu fikrini destekler.

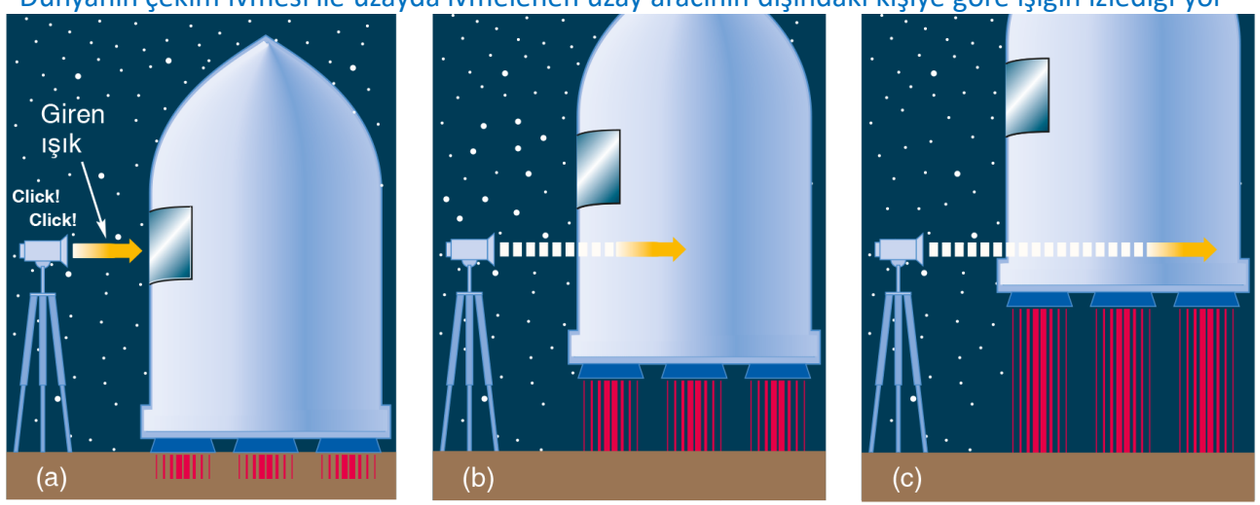


Orta kütleli bir yıldızın ilkel yıldız evresinden son aşamalarına kadar olan (evrim) basamakları.

Genel Görelilik

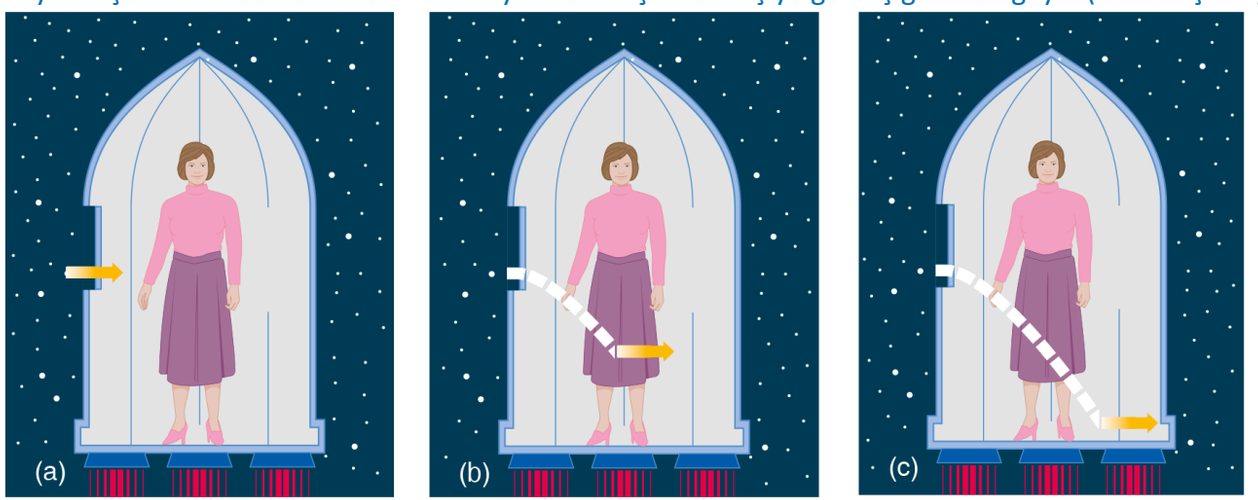
- Büyük kütleli yıldızların kaderini açıklamak için kullanılan teoridir.
- Genel görelilik kütleçekimsel alanın olmadığı bir yerdeki ivmeli referans sistemi ile kütleçekimsel alanda olan ivmesiz bir referans sistemini ayırt etmek için herhangi bir yolun olmadığını açıklayan eşdeğerlik ilkesine dayanır.
- Eğer kütleçekim ışığı büküyorsa Dünya üzerindeki eğrilmesini de görmemiz gerekmez mi?
- 1919'daki Güneş tutulmasında ışığın bükülmesi doğrulandı.
- 2016 Kütleçekimsel dalga olaylarının keşfi

Dünyanın çekim ivmesi ile uzayda ivmelenen uzay aracının dışındaki kişiye göre ışığın izlediği yol



İvmelenen bir uzay gemisine giren ışık düz bir yol boyunca yoluna devam eder (a), fakat uzay gemisi yukarı doğru ivmelendiği için (b), ışık zemine yaklaşır (c).

Dünyanın çekim ivmesi ile ivmelenen uzay aracının içindeki kişiye göre ışığın izlediği yol (abartılı çizim)



Uzay aracındaki kişi tarafından görüldüğü gibi (a), ışık demeti aşağıya doğru kıvrılır (b), sanki yere düşüyormuş gibi (c). Işık demetinin ivmelenmesi, geminin ivmelenmesine tam anlamıyla eşit olacak şekilde ölçülür.

Büyük Kütleli Yıldızların Sonu

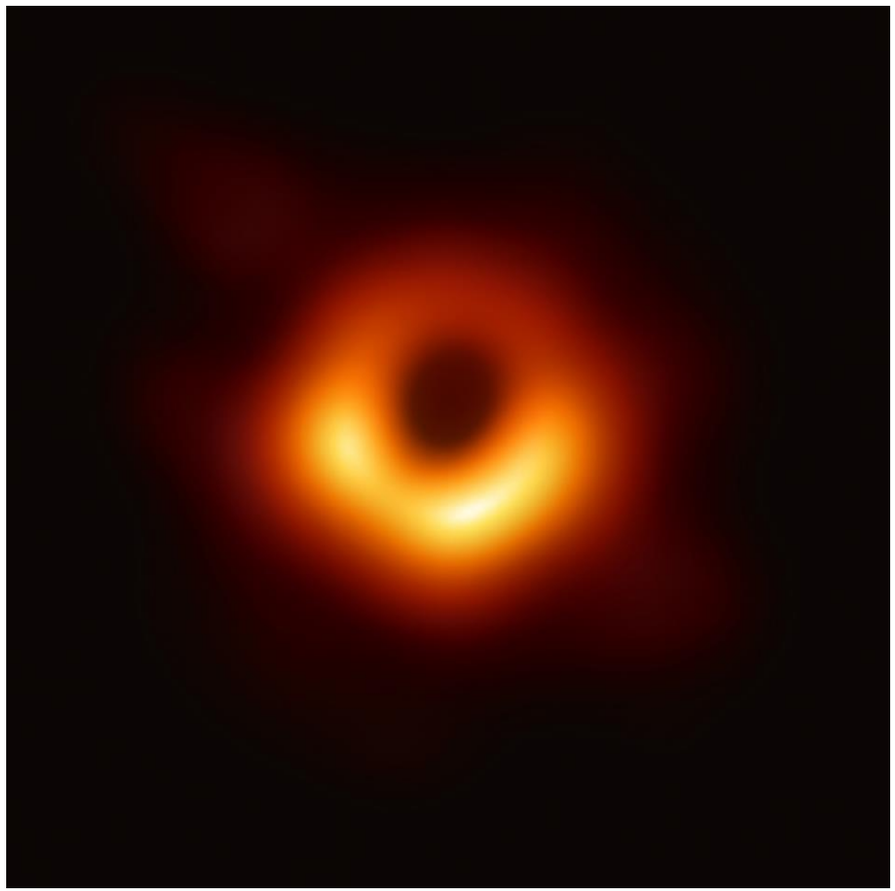
- 4 Güneş kütlesinden büyük kütleli yıldızların çekirdeği 3 Güneş kütlesinden büyük kütleye sahip olursa kara delik haline gelir.

Kara Delikler

- Bir yıldız, Schwarzschild yarıçapı olarak adlandıran yarıçapından daha küçük veya eşit olduğu bir boyuta çöktüğü zaman, ışığın bile içinden kaçamadığı bir nesneye dönüşür. Buna kara delik denir.

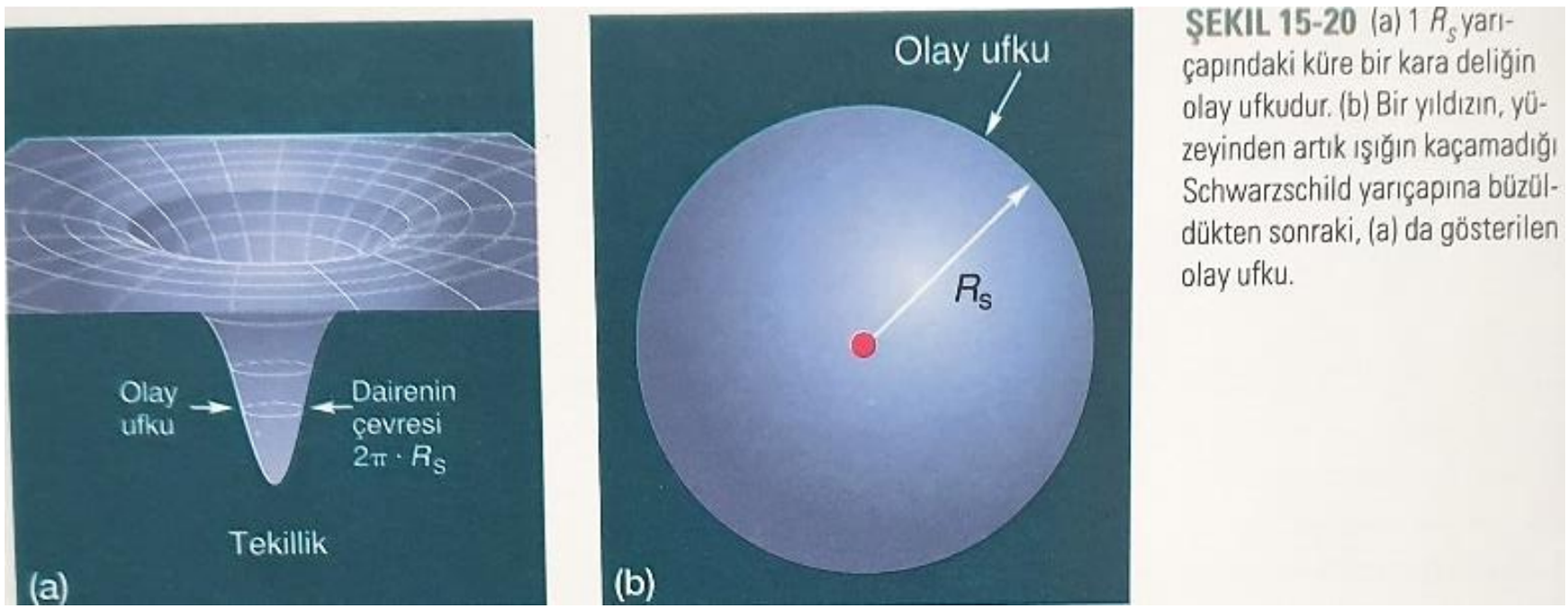
$$R_s = \frac{2GM_H}{c^2}$$

- $R_s = 3M$, R_s Schwarzschild yarıçapı , M Yıldızın Kütlesi
- Kara deliklerin içerisine düşen tüm nesnelerin tüm özellikleri evrenden sonsuza kadar gider.
- Geriye kütle, elektrik yükü ve açısal momentum kalır.



Güneş'ten 7 milyar kat fazla kütleye sahip, eliptik galaksi Messier 87'nin merkezindeki süper kütleli kara delik. 2019'da elde edilen bu görüntü, bir kara deliğe ait ilk fotoğraftır. https://tr.wikipedia.org/wiki/Kara_delik

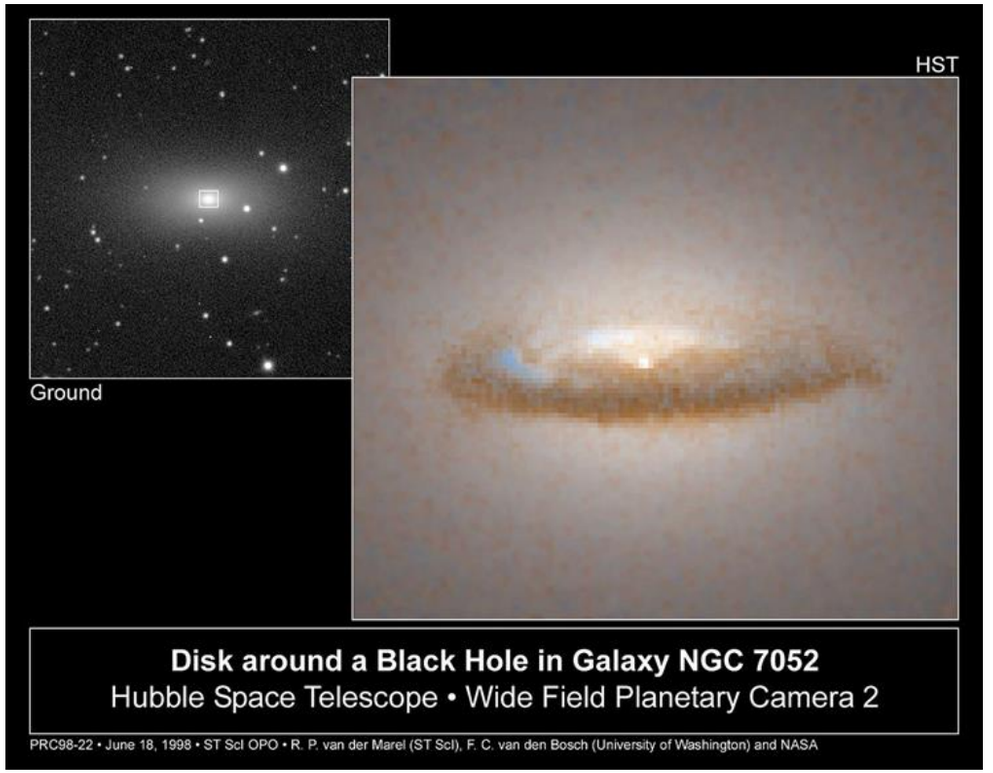
- Güneş'in kütlesi R = 3 km yarıçaplı bir küreye sıkıştırılsaydı kara delik olurdu. Bu durum Dünya'nın yörüngesini etkilemeyecektir.
- Olay ufku: İçinden hiçbir şeyin kaçamadığı bir karadelik etrafındaki bir uzay-zaman sınırıdır. Başka bir ifadeyle Schwarzschild yarıçapında oluşan kürenin yüzeyine verilen isimdir.
- Tekillik: Kara deliğin merkezinde zaman ve uzayın birleşik olduğu, yoğunluk ve kütle çekimin sonsuz olduğu noktadır.
- Dönmeyen bir kara deliğin yapısı tekillik ve olay ufku ile tanımlanabilir.
- Dönem bir kara deliğin yapısını açıklamak, olay ufkunu çevreleyen ek bir alan düşüncesini gerektirir.



ŞEKIL 15-20 (a) 1 R_S yarıçapındaki küre bir kara deliğin olay ufkudur. (b) Bir yıldızın, yüzeyinden artık ışığın kaçamadığı Schwarzschild yarıçapına büzüldükten sonraki, (a) da gösterilen olay ufku.

Kara Deliklerin Özellikleri

- Kara delik yalnızca kütle, elektrik yükü ve açısal momentum özellikleri ile tanımlanabilir.
- Karadelik için diğer özelliklerin bir anlamı yoktur.
- Karadeliğin kütlesini hesaplamak için kara deliğin çevresinde yörüngede olan bir nesne gözleyip Kepler'in üçüncü yasasını uygularız.
- Kara delikler tartışılırken elektrik yükü hesaba katılmaz.
- Kara delikler açısal momentuma sahip olabilir. Nesnelerin boyutu küçüldükçe dönme hızı artar. Kara deliğin hızlı dönmesi sonucunda etrafındaki uzay zamanı değiştirir.



https://tr.wikipedia.org/wiki/Kara_delik

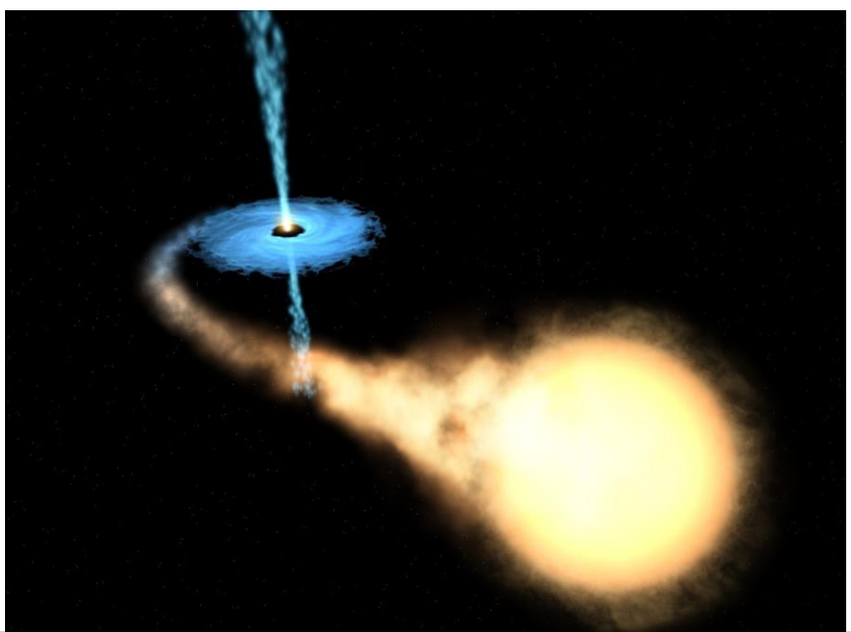
Kara deliklerin açısal momentum (J) elektriksel yük (Q) ve hep sıfırdan büyük olan kütle (m) parametrelerine göre belirlenen, varsayıma dayalı dört türü

	$M > 0$	
	$J = 0$	$J \neq 0$
$Q = 0$	Schwarzschild kara deliği	Kerr kara deliği
$Q \neq 0$	Reissner-Nordström kara deliği	Kerr-Newman kara deliği

https://tr.wikipedia.org/wiki/Kara_delik

Kara Delikleri Tespit Etmek

- Eğer kara delik bir çift yıldız sisteminin parçasıysa, o zaman normal yıldızdan kara deliğe doğru bir madde akışı olur.
- Madde akışı, açısal momentumun korunması prensibine bağlı olarak kara delik çevresinde "yığılım diski" denilen bir disk oluşturur.
- Bu disk maddesi kara deliğin yakınında, büyük kütleçekim potansiyeli altında müthiş sıcaklıklara ulaşmakta ve kara deliğin tarafımızdan fark edilebilmesini sağlayan X-ışınları yaymaktadır. https://tr.wikipedia.org/wiki/Kara_delik





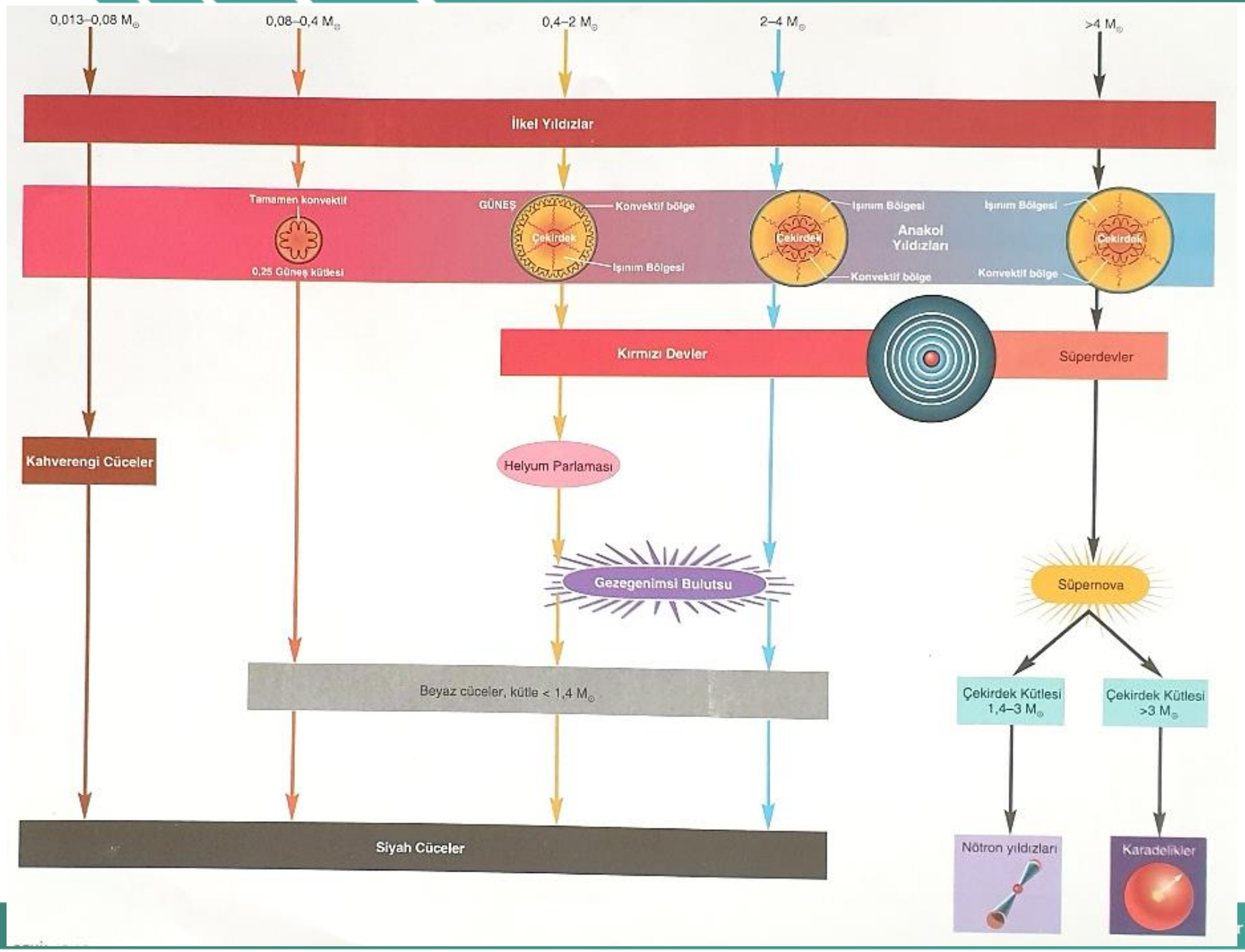
Büyük Kütleli bir yıldızın yaşamındaki basamaklar.

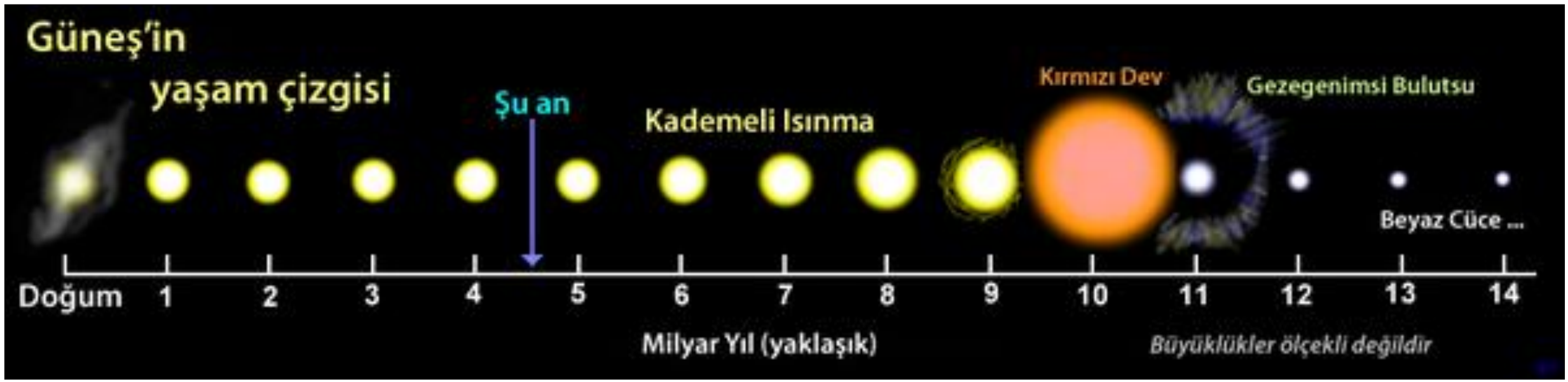
Akrabalarımız, Yıldızlar

- «Bizler yıldız maddesiyiz»
- Yıldız sınıfları:
- Popülasyon I: H, He ve atmosferinde ağır elementler içerir. Güneş
- Popülasyon II: H, He ve çekirdeğinde çok az ağır element içerir.
- Popülasyon III: İlk oluşan yıldızlar, H ve He içerir.
- Süpernova patlamaları yaşam için gerekli olan karbon, azot, oksijen ve diğer ağır elementleri ve toz üretir.



https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/elementler-nasil-olustu


0,013–0,08 M⊙
0,08–0,4 M⊙
0,4–2 M⊙
2–4 M⊙
>4 M⊙
İlkel Yıldızlar
Tamamen konvektif
0,25 Güneş kütlesi
GÜNEŞ
Çekirdek
Konvektif bölge
Işınım Bölgesi
Anakol Yıldızları
Kırmızı Devler
Süperdevler
Kahverengi Cüceler
Helyum Parlaması
Gezegenimsi Bulutsu
Süpernova
Beyaz cüceler, kütle < 1,4 M⊙
Çekirdek Kütlesi 1,4–3 M⊙
Çekirdek Kütlesi >3 M⊙
Nötron yıldızları
Karadelikler
Siyah Cüceler



https://tr.wikipedia.org/wiki/Y%C4%B1ld%C4%B1z_evrimi

Kaynak:

Evreni Anlama Serüveni, Çeviri editörü: Doç. Dr. Tolga Güver, Nobel Akademik Yayıncılık, 2017,

RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ

ASTRONOMİ

Gökadalar, Evrenin Doğası, Dünya Dışı Yaşam

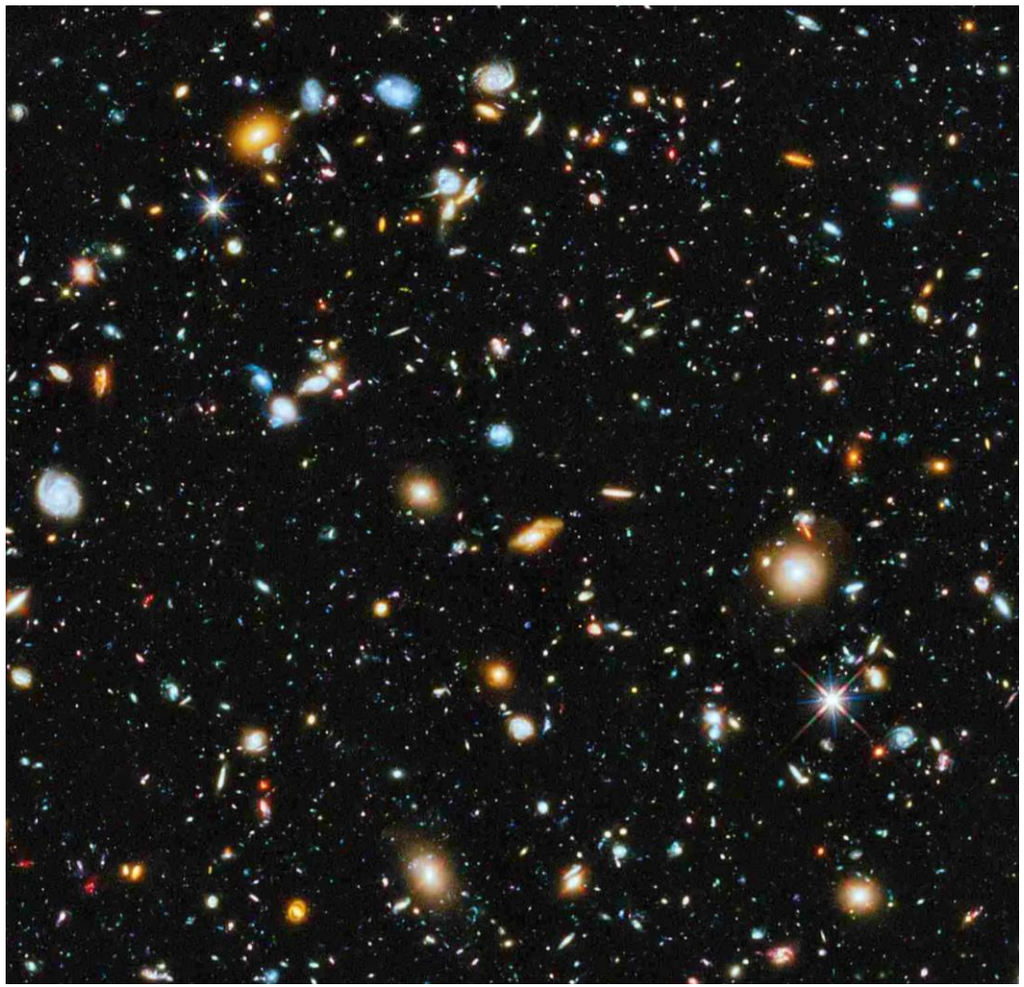
7.Bölüm (Kaynak Kitapta Bölüm 16-17-18-19)

Prof. Dr. Murat Tomakin

17.Bölüm: Gökadaların Çeşitliliği

- Sarmal bulutsular 1700'lerin sonlarında keşfedildi.
- 1924 yılında Edwin Hubble Bulutsuların ayrı gökadalar olduğunu kanıtladı.

- Galaksi veya gökada, kütle çekimi kuvvetiyle birbirine bağlı yıldızlar, yıldızlararası gaz, toz ve plazmanın meydana getirdiği yıldızlararası madde ve şimdilik pek anlaşılamamış karanlık maddeden oluşan sistemdir. https://tr.wikipedia.org/wiki/Galaksi



https://www.greelane.com/tr/bilim-teknoloji-matematik/bilim/irregular-galaxies-mysteries-of-the-universe-3072046/

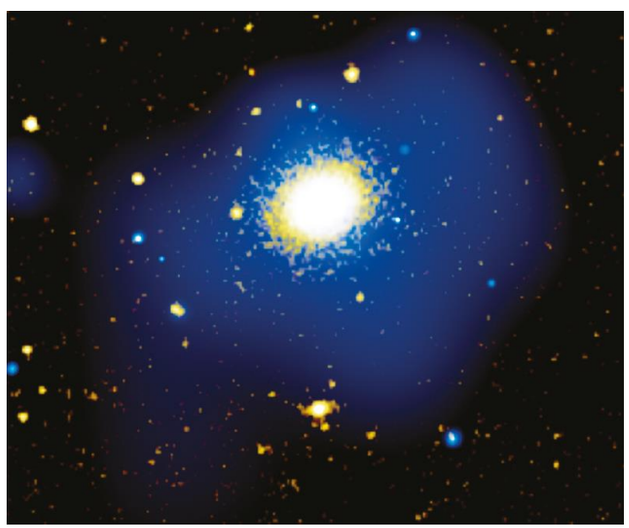
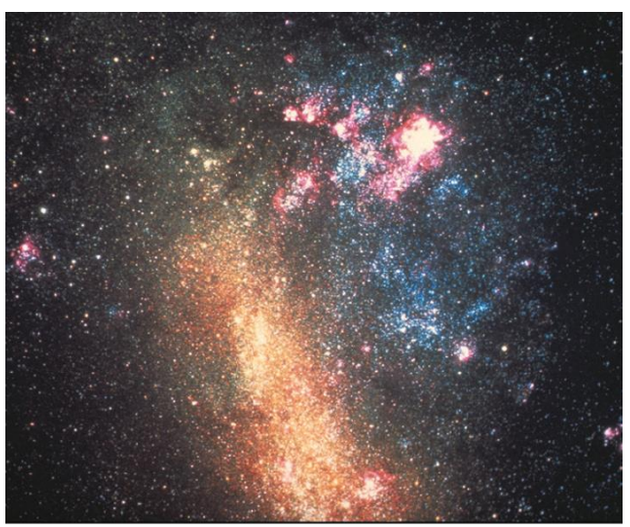
- Galaksi kelimesinin kökeni; eski Yunanca'daki, bizim galaksimizi belirtmek üzere kullanılan "sütlü, süt gibi, sütsü" anlamlarına gelen galaxias (γαλαξίας) sözcüğü ya da "süt dairesi" anlamındaki kyklos galaktikos terimidir.
- Democritus (450–370 M.Ö.) gece gökyüzünde görünen Süt Yolu denilen ışıklı bölgenin uzak yıldızlardan oluşuyor olabileceğine dikkat çekmişti.
- Aristo'nun (384-322 M.Ö.) düşüncesine göreyse, Süt Yolu büyük, birbirine bağlı çok sayıdaki yıldızın alevlenmesinden kaynaklanmaktaydı ve bu alevler Dünya atmosferinin üst kısmında yer almaktaydı.
- İbn-i Heysem (965-1037) Samanyolu'nun ıraklık açısını gözlemleme ve ölçme girişiminde bulundu; Süt Yolu'nun ıraklık açısı yoktu, bunun üzerine "bu, Dünya'dan uzaktadır, atmosfere ait değildir" diyerek Aristo'nun görüşüne karşı çıktı.
- İbn Bacce ise Samanyolu'nun pek çok yıldızdan oluştuğunu ve gözümüze sürekli bu şekilde görünmesinin Dünya atmosferindeki kırılımdan kaynaklanıyor olabileceğini ileri sürdü.
- Samanyolu Galaksisi'nin birçok yıldızdan oluşmasının ilk kanıtı Galileo Galilei'den geldi.https://tr.wikipedia.org/wiki/Galaksi



«Büyük Andromeda Bulutsusu» adı verilen gök cisminin 1899'da çekilen fotoğrafı. Cisim sonradan Andromeda Galaksisi olarak tanımlanmıştır. https://tr.wikipedia.org/wiki/Galaksi

Hubble Sınıflaması

- Gökadalar üzerine ciddi çalışmalar onların gözlenmesi ve sınıflandırılmasıyla başladı. Bu, bilimde ortak başlangıç noktasıdır. Hakkında çok az şey bildiğimiz veya hiçbir şey bilmediğimiz bir nesne grubuyla ile karşılaştığımızda, onları gözlenebilir özelliklerine göre gruplayarak sınıflamaya başlarız.
- Hubble, bugün hâlâ bir yönüyle kullanılmakta olan temel bir sınıflandırma şeması sağladı. Gökadaları her kategori içinde alt bölümler de olacak şekilde ***sarmal, eliptik*** ve ***düzensiz*** olarak üç türe ayırdı.
- Daha yakın zamanlarda astronomlar gökadalar arasındaki uzayda Hubble sınıflarının hiçbirine, düzensize bile uymayan nesneler keşfettiler.

Sarmal Gökadalar

- Merkeze doğru sarılan iki ya da daha fazla kola sahiptir. Merkezi şişkin bir disk şeklindedir.
- Bu tür galaksilerin kollarında genç yıldızlar, merkeze doğru ise daha yaşlı yıldızlar yer alır.
- İki türü vardır:

  i) Sıradan Sarmal Gökada (S)

  ii) Çubuklu Sarmal Gökada (SB)
- Tüm sarmal gökadaların üçte ikisi çubuk içermektedir.
- Sarmal kolların çekirdeğe ne kadar sıkı bağlı olduklarına göre de **a, b ve c** olarak sınıflandırılır.

  Tip a: Çok sıkı sarılmış kollu gökadalar, merkezleri belirgin ve şişkindir (Sa, SBa).

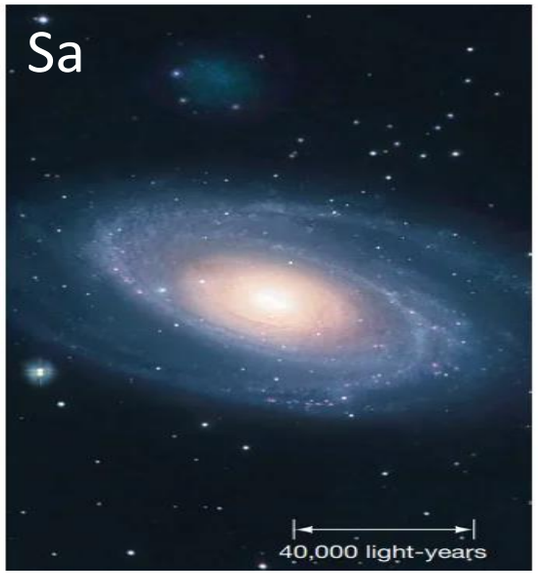
  Tip b: Sıkı sarılmış kollu gökadalar, merkezleri orta büyüklüktedir (Sb, SBb).

  Tip c: Gevşek sarılmış kollar, merkezleri küçüktür (Sc, SBc).
- Uzunlukları 50 000 - 2 000 000 ışık yılı aralığındadır.
- $10^9 – 10^{12}$ aralığında yıldız içerir.
- Samanyolu, 160 000 ışık yılı uzunluğunda, $2*10^{11}$ (200 milyar) yıldız içerir.

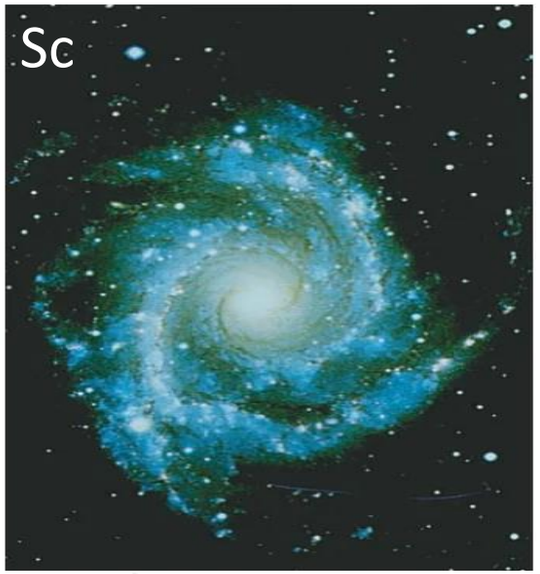




https://tr.wikipedia.org/wiki/Galaksi





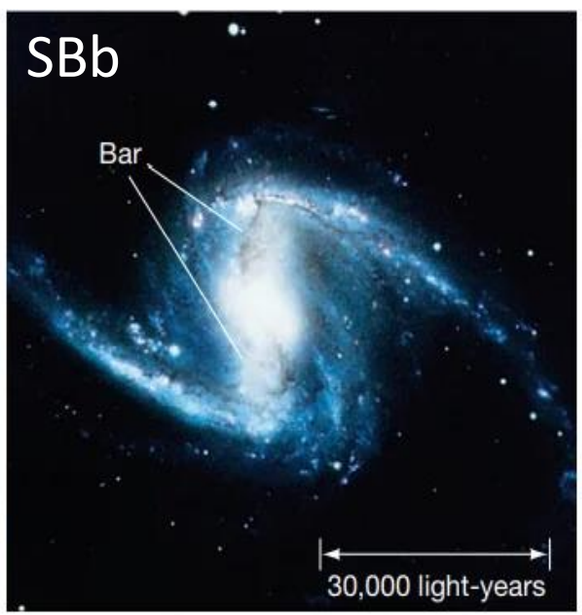


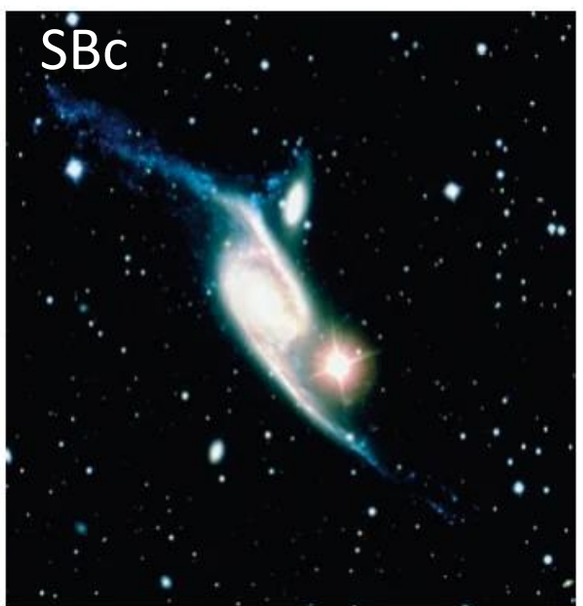
- Astronomlar birçok zaman sıradan sarmal galaksiler ile çubuklu sarmal galaksiler arasında ayrım yapamazlar.
- Bunun sebebi iki galaksi sınıfı arasındaki fiziksel ve kimyasal benzerliklerdir.

Mevcut olan tüm kanıtlara bakıldığında içinde barındığımız Samanyolu Galaksisi'nin çubuklu sarmal bir galaksi ve yüksek ihtimalle de SBb tipi bir galaksi olduğu görünüyor.

https://astronomi.itu.edu.tr/genel/galaksiler-i/

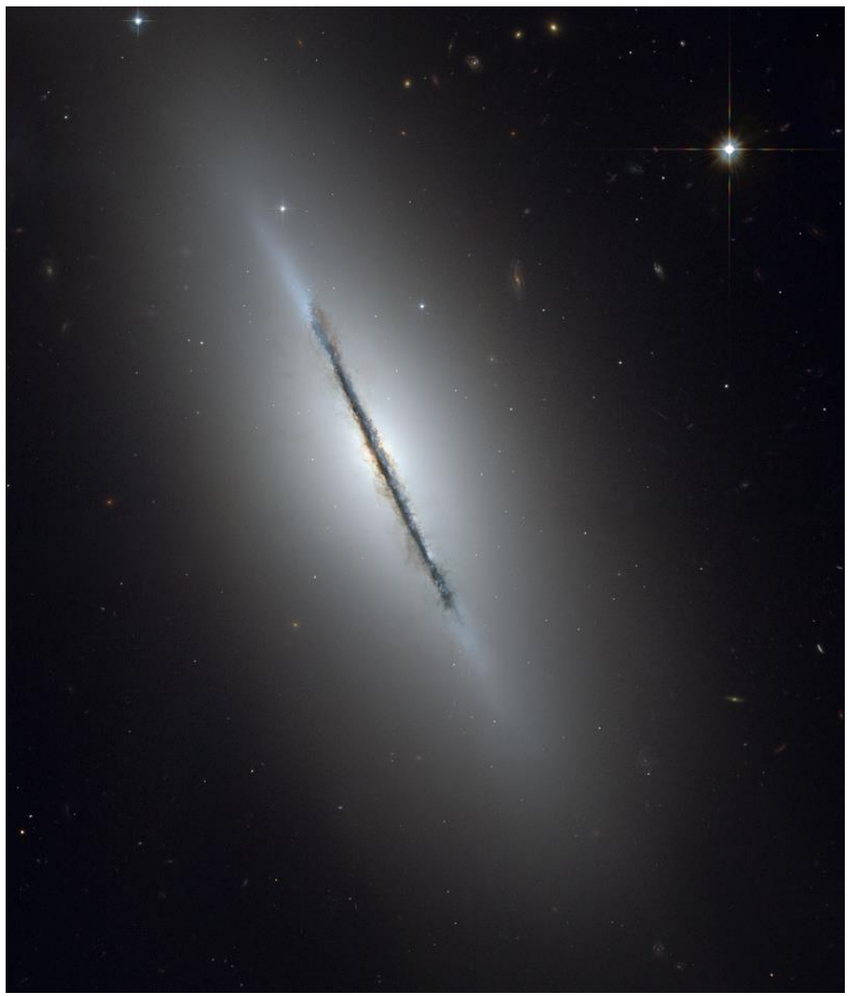






- Üç tür (a, b, c) sınıf arasındaki farklar gökadanın ne kadar gaz ve toz içerdiği ile ilişkili olabilir.
- Sc ve SBc gökadaları Sa ve Sba gökadalarından daha çok gaz ve toz içerir.
- Bu da gaz ve toz kütlelerinin daha büyük bir kesrinin yıldız oluşumu ile ilgili olarak kullanılmasıyla sonuçlanır.
- Çubuk sistemleri, SB gökadaların merkezlerinde yıldız doğumlarını arttıran çok etkili bir mekanizma sağlar.

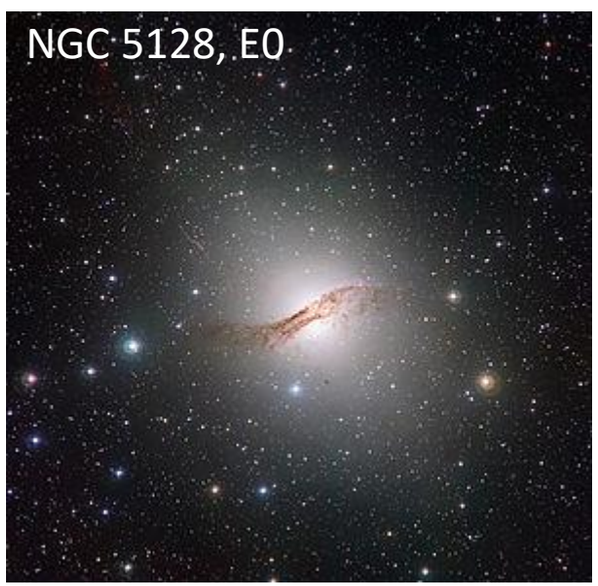
Merceğimsi Gökada (SO): Bazı gökadaların bir sarmal gökada diski ve merkezi şişkin bölgesi vardır ama kolları yoktur. Bunlara merceğimsi gökada denir.



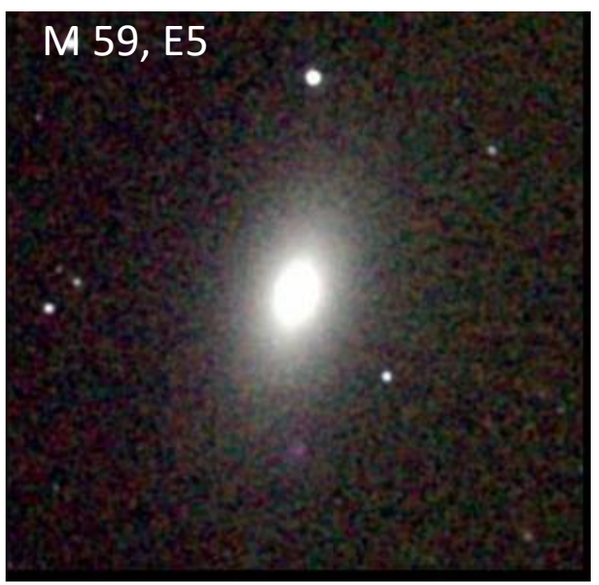
Merceğimsi gökada NGC 5866

Eliptik Gökadalar

- Eliptik gökadalar yuvarlaktan (E0) çok ince uzuna kadar (E7) nasıl göründüklerine bağlı olarak sınıflandırılır.
- Var olan gökadaların çoğu eliptiktir.
- Merkezleri çok parlaktır.
- Yapılarında çok az toz ve gaz bulunur.
- Genelde yaşlı yıldızlardan oluşur.
- Toz ve gazın az olması nedeniyle yeni yıldız oluşumu nadiren gerçekleşir.







Düzensiz Gökadalar

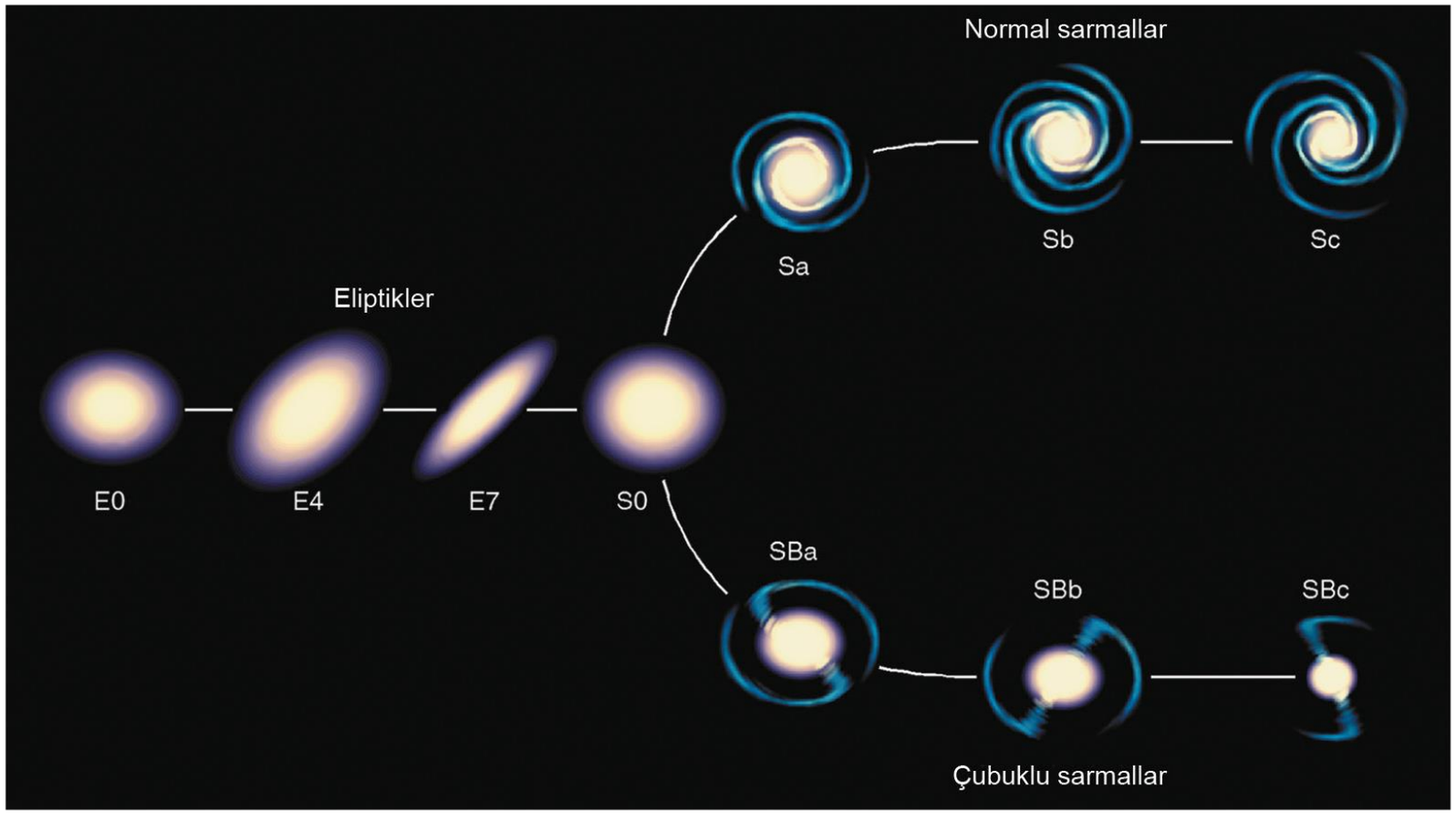
- Şekilleri diğer gökadalara benzemeyen gelişi güzel yapıdadır.
- Gökadaların çarpışması sonucu düzensiz bir yapıya sahip olmuş olabilirler.
- Yapılarında bol miktarda toz ve gaz olması nedeniyle yeni yıldız oluşumuna müsaittirler.
- Bu nedenle düzensiz galaksilerin yapısında bir çok genç yıldız vardır.
- Tüm gökadaların %20'sinden daha azı düzensiz sınıfına girer.
- Bu gökadaların tümü küçüktür.







Hubble'ın Diyapazon Diyagramı



Edwin Hubble tarafından geliştirilen diyapazon diyagramı, gökadaları sınıflandırmak için kullanışlı bir yol sunar. Buna rağmen, bu diyagram evrimsel bir sıralamayı göstermez.

TABLO 17-1

Gökada Türleri

Yıldız sınıfları:
Popülasyon I: H, He ve atmosferinde ağır elementler içerir. Güneş
Popülasyon II: H, He ve çekirdeğinde çok az ağır element içerir.
Popülasyon III: İlk oluşan yıldızlar, H ve He içerir.

Tür	Gösterim	Tanımlama
Eliptik	E0–E7	Çemberden (E0), basıklığı büyük elipse (E7) kadar farklı görünümlerde gökadalar.
Sarmal	Sa, Sb, Sc	Şişkin bölge ve sarmal kollara sahip disk benzeri gökadalar. Sa türü, çok büyük şişkin bölgeye ve sıkıca dolanmış kollara sahiptir. Sc türü, küçük bir şişkin bölgeye ve açık kollara sahiptir. Çoğunlukla genç Popülasyon I yıldızları sarmal kollarda bulunurken, diskte ve şişkin bölgede Popülasyon II ve Popülasyon I yıldızlarının karışımı yer alır.
Çubuklu sarmal	SBa, SBb, SBc	Uzamış çekirdekli sarmal gökadalar. Alt türler, sarmal gökadalardaki gibi belirlenir.
Merceğimsi	S0	Sarmal yapısı bulunmayan disk benzeri gökadalar.
Düzensiz	Irr	Diğer türlere benzemeyen gökadalar. Çoğunlukla Popülasyon I yıldızları içerirler.

Gökadaları Ölçmek

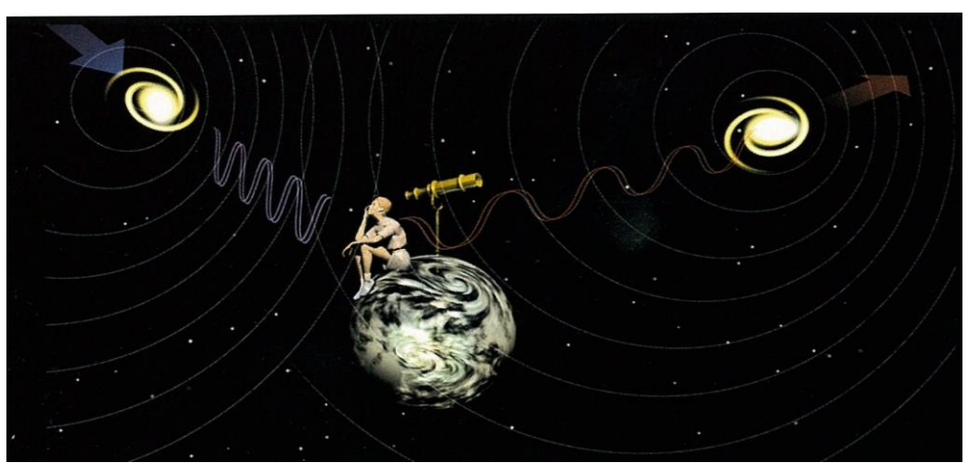
Hubble Yasası

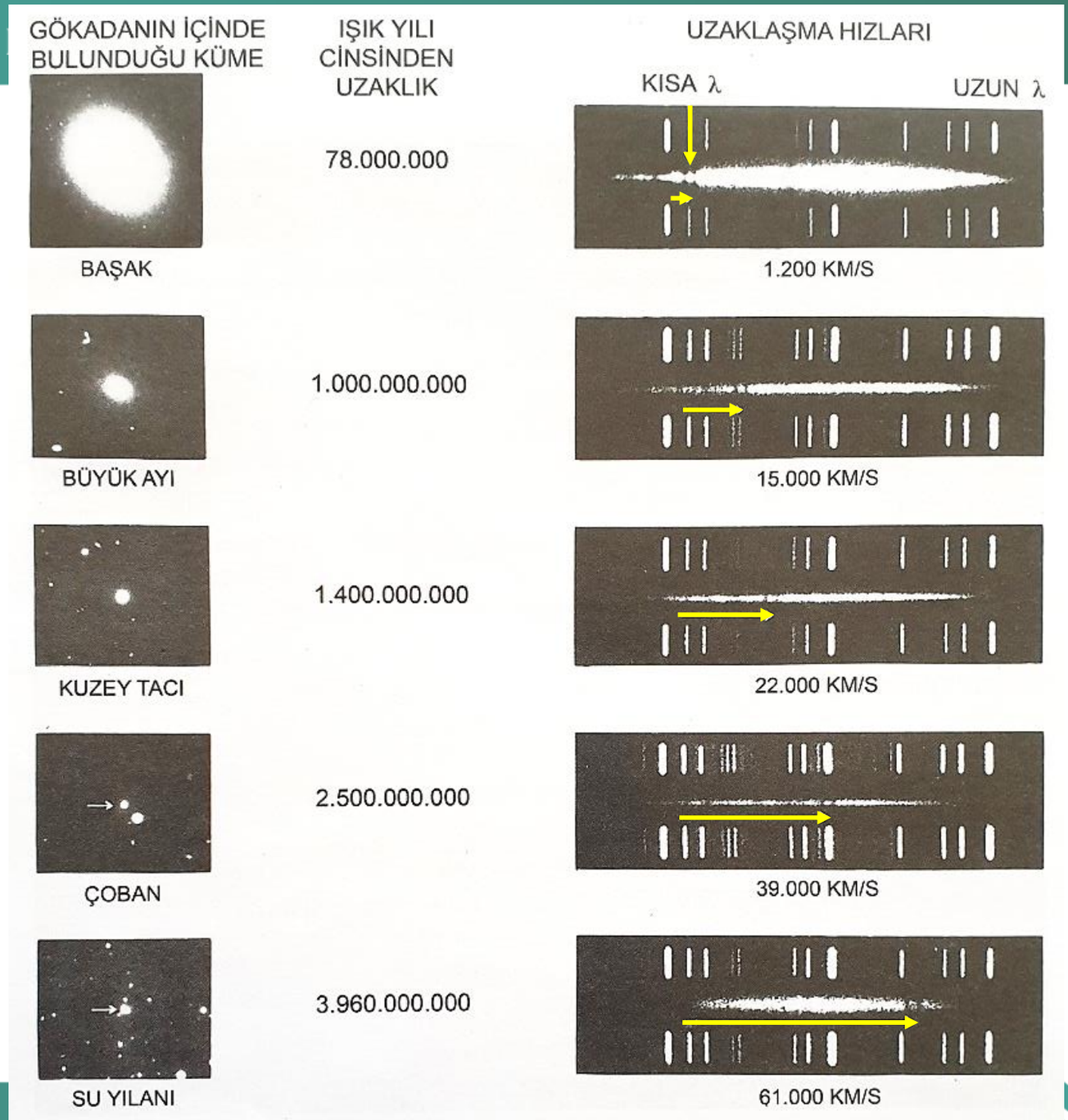
- 1924 yılında Edwin Hubble İ) Bulutsuların ayrı gökadalar olduğunu kanıtladı.
- Bulutsuların küçük ve silik görünmeleri uzaklığın büyük olduğunu göstermekteydi.
- Bulutsulardan yayılan ışığın bize ulaşması milyonlarca, hatta milyarlarca yıl sürüyordu.
- Bu evrenin başlangıcının sadece birkaç bin yıl öncesinde olmayacağını kanıtladı.



https://www.nasa.gov/content/about-the-hubble-story

- ii) Hubble'ın keşfettiği ikinci olgu daha da dikkat çekiciydi.
- Astronomlar, diğer galaksilerden gelen ışığı analiz ederek yakınlaştıklarını mı yoksa uzaklaştıklarını mı ölçmenin mümkün olduğunu öğrenmişlerdi.
- **«Doppler etkisi»**
- Astronomlar; şaşırtıcı biçimde, neredeyse bütün galaksilerin uzaklaştığını bulmuşlardı.
- Bunun da ötesinde, ne kadar uzakta olurlarsa, o kadar hızlı uzaklaşıyorlardı.
- Bu keşfin önemli imalarını kavrayan Hubble oldu: Her galaksi, bir diğerinden büyük ölçüde uzaklaşıyor, evren genişliyordu.



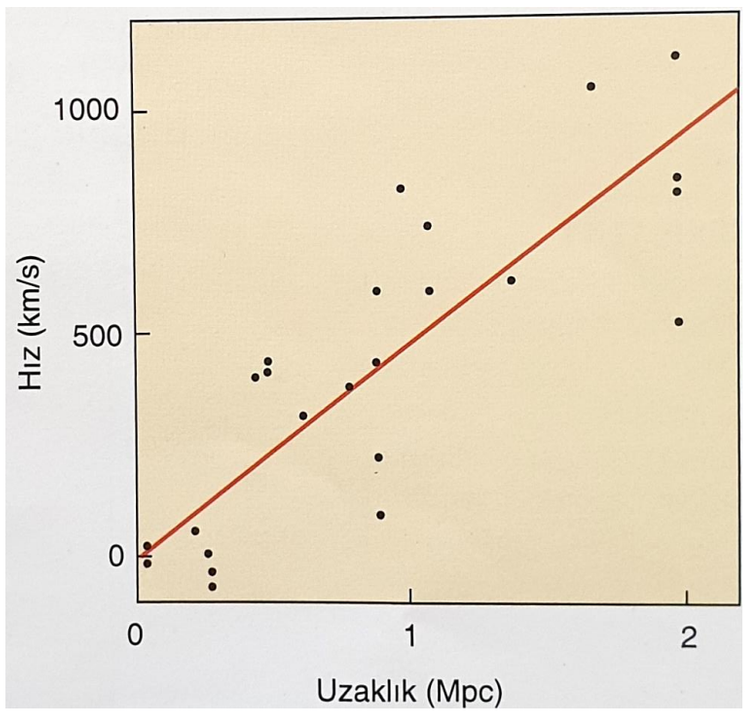


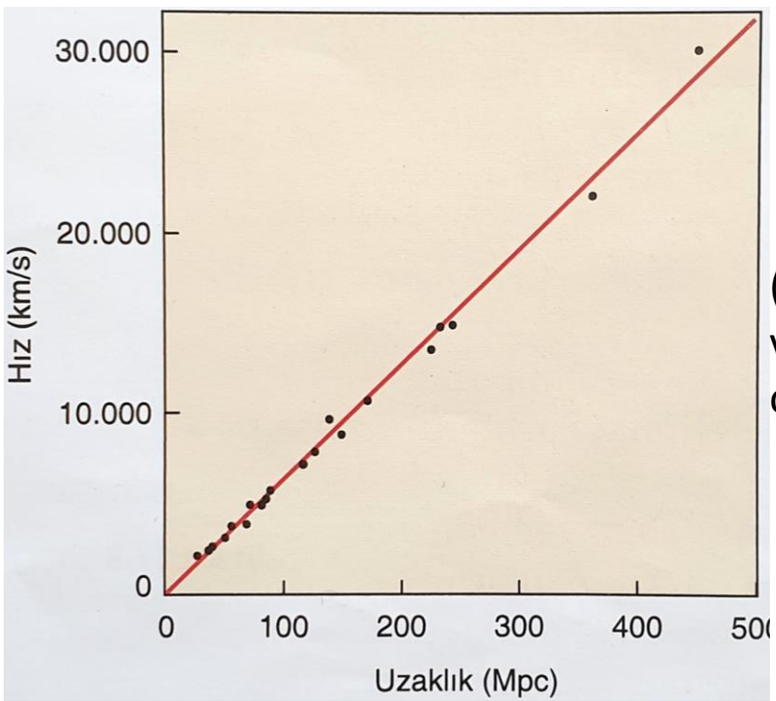
- Hubble Yasası: Bir gökadanın uzaklaşma hızı doğrudan uzaklığı ile orantılıdır.

$$v = H_0 d$$

- H_0 Hubble sabiti;
- Hubble sabitinin değerini bilmek çok önemlidir. Çünkü genişleme oranı bilgisini verir.
- Hubble sabitini zaman geçtikçe sabit kalamayacağını bilmeliyiz.
- En iyi verilere göre Hubble sabiti: 21,6±0,4 (km/s)/Mıy, MIy: milyon ışık yılı

1920'lerde Hubble ve Humason tarafından toplanan verilere göre oluşturulmuş grafik

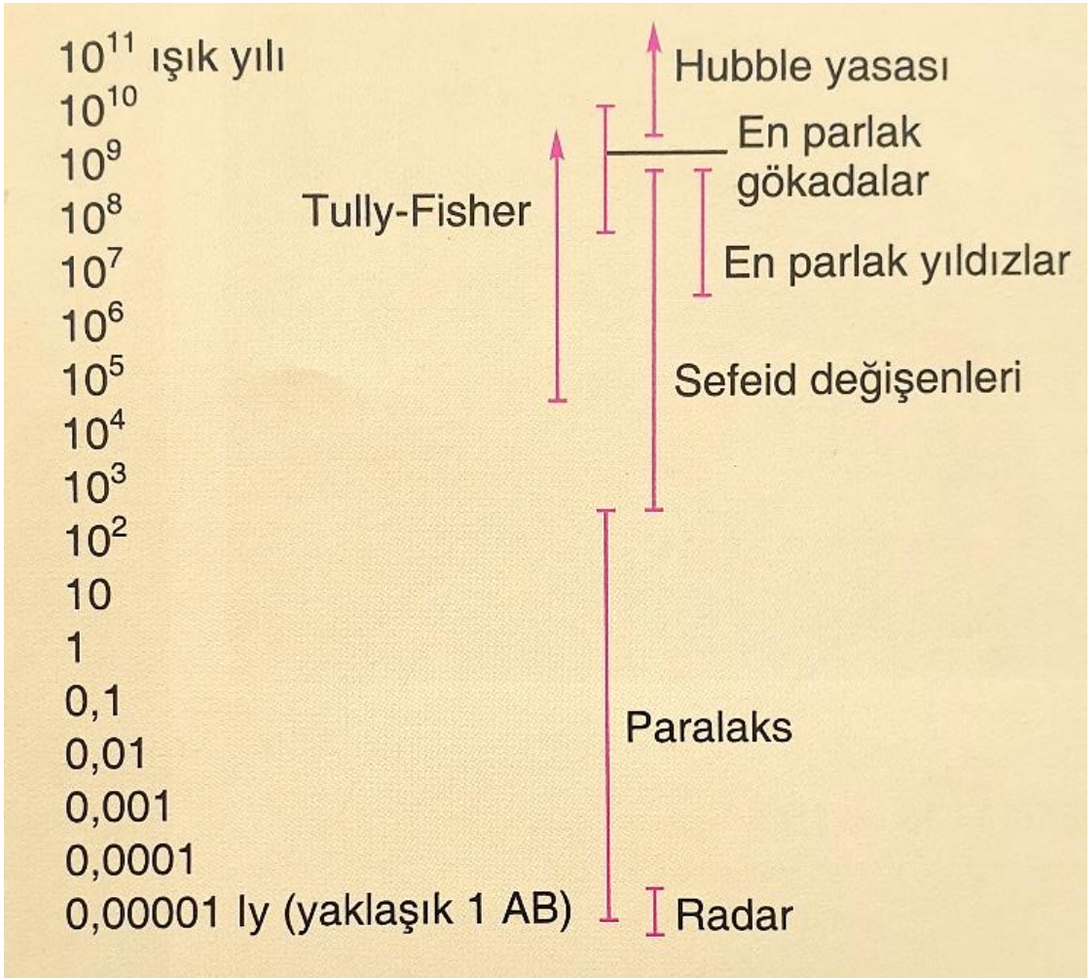




Riess, Press ve Kirshner (1996) tarafından alınan verilere göre oluşturulmuş grafik

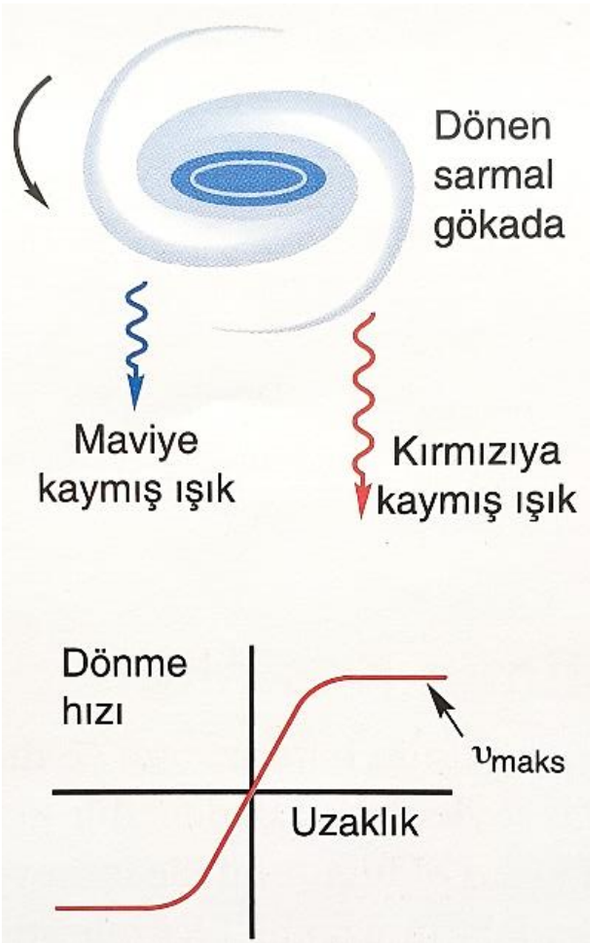
Uzaklık Ölçmek

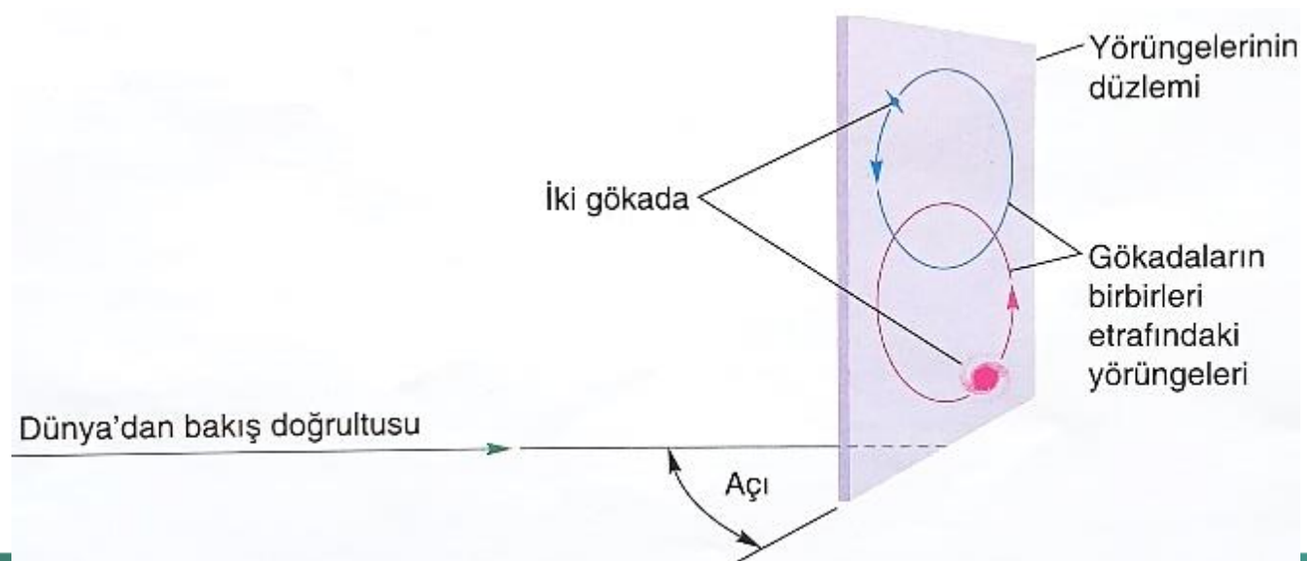
- Yakın gökadalar için Sefeid değişenleri ile uzaklıklar belirlenmektedir.
- Sefeid, özel bir değişken yıldızlar sınıfının üyelerine verilen addır.
- Bu yıldızların parlaklıkları zaman içinde (insan ömrü mertebesinde) değişir.
- Uzak gökadalar için Sefeidler artık görülmez.
- Bunların yerine küresel kümeler ve parlak yıldızlar uzaklık belirteçleri olarak kullanılır.
- Daha da uzak gökadalar için Hubble yasası kullanılır.



Gökadaların Kütleleri

- Bir gökadanın kütlesi birçok yöntemle belirlenebilir.
- Bir tanesi:
- Gökadaların bazı kısımlarının dönme periyodunun gözlemlerle belirlenmesine bağlıdır.
- Bir gökadanın bir devri milyonlarca yıl sürer, bunu bekleyemeyiz.
- Bunun yerine Gökadanın bir parçası için Doppler kayması verilerini kullanarak orada bulunan yıldızların dolanma periyotlarını bulabiliriz.
- Daha sonra Kepler'in üçüncü yasasını kullanarak gözlenen parçanın kütlesini bulabiliriz.
- Başka bir yöntem: Gökada çifti için yukarıdaki gibi Doppler kaymasından faydalanılır.





Gökada Kümeleri

- Gökadaların çoğu, uzay boşluğunda yalnız sürüklenen göçebeler değil gökada kümelerinin üyeleridir.
- Samanyolu yerel grup olarak adlandırılan bir kümenin parçasıdır. Bu kümede 30'dan fazla gökada yer alır.
- Süperküme: gökada kümelerinden oluşan bir grup
- Gökada kütlesini ölçmek için kullanılan üçüncü yöntem onların kümelerinden yararlanmaktır.
- Yine Doppler etkisi kullanılır.
- Birçok gökada için ölçümler yapılarak kümenin kütlesi belirlenebilir.

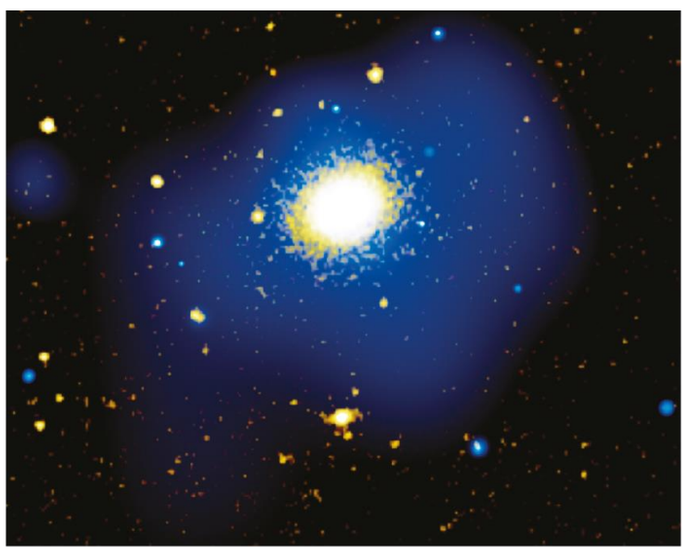


Kayıp Kütle

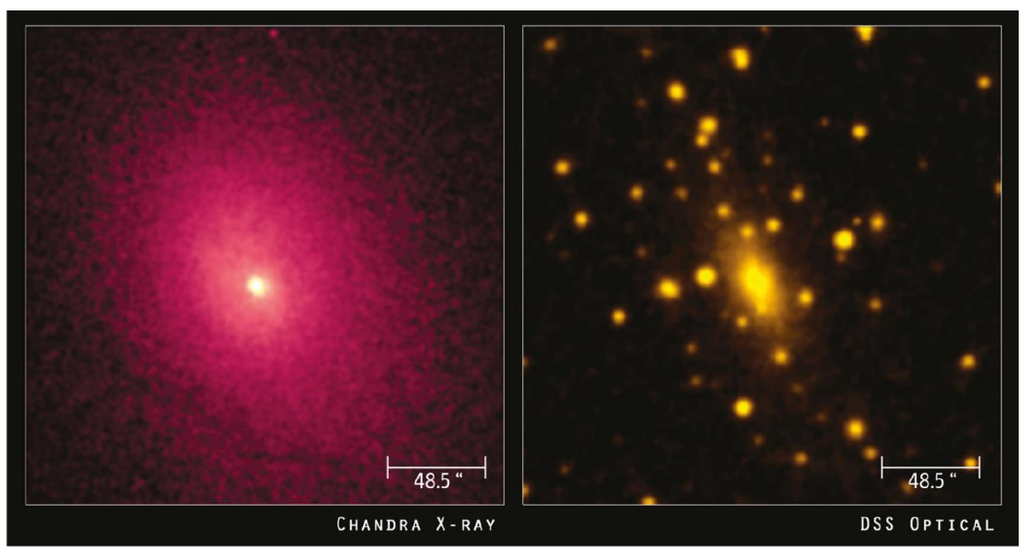
- Çeşitli Yöntemler ile yapılan ölçümler sonucunda, küme kütlelerinin, küme gökadalarının içerisindeki görünür yıldızlara atfedilen toplam kütleden daha büyük olduğu belirlenmiştir.
- Bu ölçümlerde gökadaların, Doppler kaymasından belirlenen süratlerinin kütleçekimsel olarak Keppler hareketlerinden belirlenen süratlerinden daha büyük olduğu gözlenmiştir.
- Bu sonuç, ışınım yapmayan kütlenin var olduğunu göstermektedir. Buna **kayıp kütle** denir.
- Sarmal gökadaların dönme eğrileri de benzer şekilde incelendiğinde dış kısımlarında ışınım yapmayan çok büyük bir kütlenin var olması gerektiği bulunur.
- Gözlemler maddenin sadece %20'sinin görünen evreni oluşturduğu %80'nın hiç hesaba katılmadığını ortaya koymuştur.

a) Eliptik bir gökadanın (NGC4555) X-ışını (mavi) ve optik (sarı, beyaz) görüntülerinin bileşimi.

b) Bir kümenin (Abell 2029) X-ışını ve optik görüntüleri.

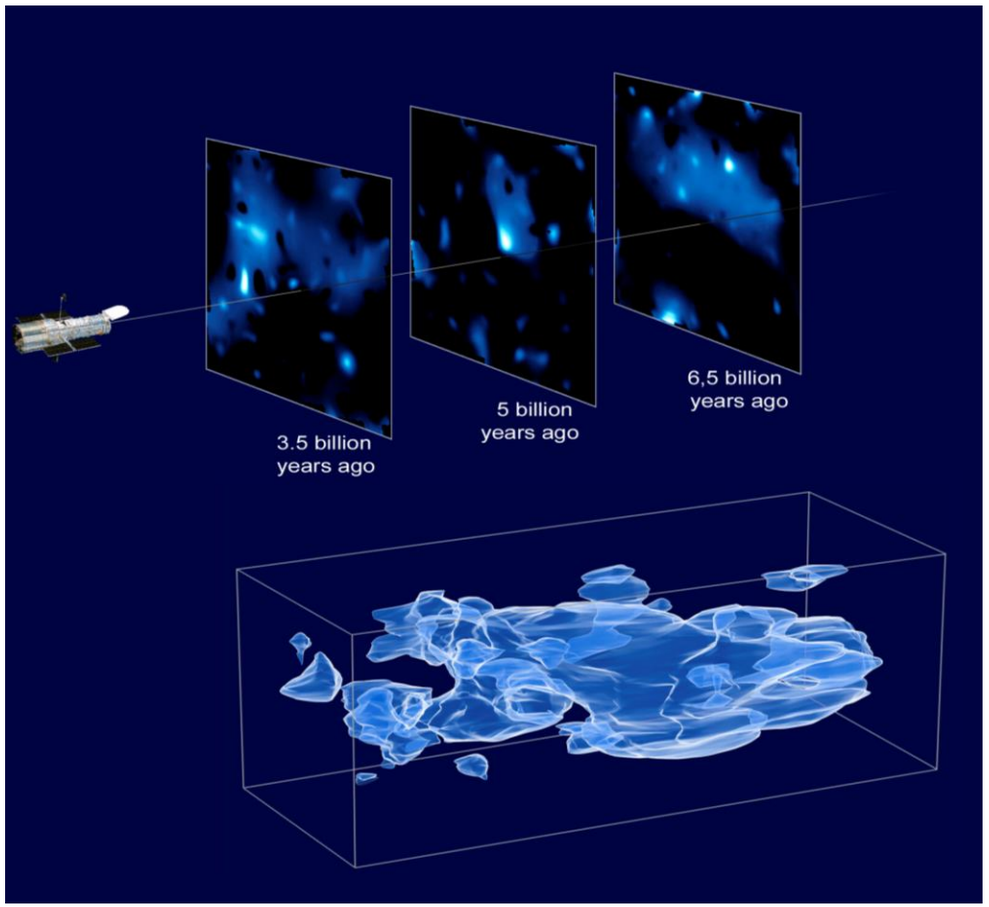


(a)



(b)

- Bugün astronomide en aktif araştırma alanlarından birisi bu kayıp kütledir.
- Işıldamayan bu maddenin içeriği nedir?
- 1. Sıradan ışınımsız madde: Kendi enerjilerini üretemeyen ve kolayca gözlenemeyen nesneler. Bu tür nesneler bildiğimiz proton, nötron ve elektron içeren atomlardan oluşur. Gezegenler, meteorlar, gaz ve toz bulutları.
- 2. Sıcak karanlık madde: Çok yüksek hızda hareket eden çok sayıda nötrinolar küçücük kütleleri ile evrenin toplam kütlesine katkı yapabilirler.
- 3. Kara delikler: Karadelikler karanlık maddeye katkı yapabilirler.
- 4. Soğuk karanlık madde: Sıradan madde gibi proton, nötron ve elektrondan oluşmamıştır. Maddenin alışılmamış halidir. Göreli olarak düşük süratte hareket eder. Fotinolar, axionlar, veya nötralinolar gibi çeşitli isimler verilir. Fakat henüz tespit edilememiştir. Varlığı tahmin edilmektedir. Sıradan madde ile kütleçekimsel etkileşimlerinden belirlenebilir.



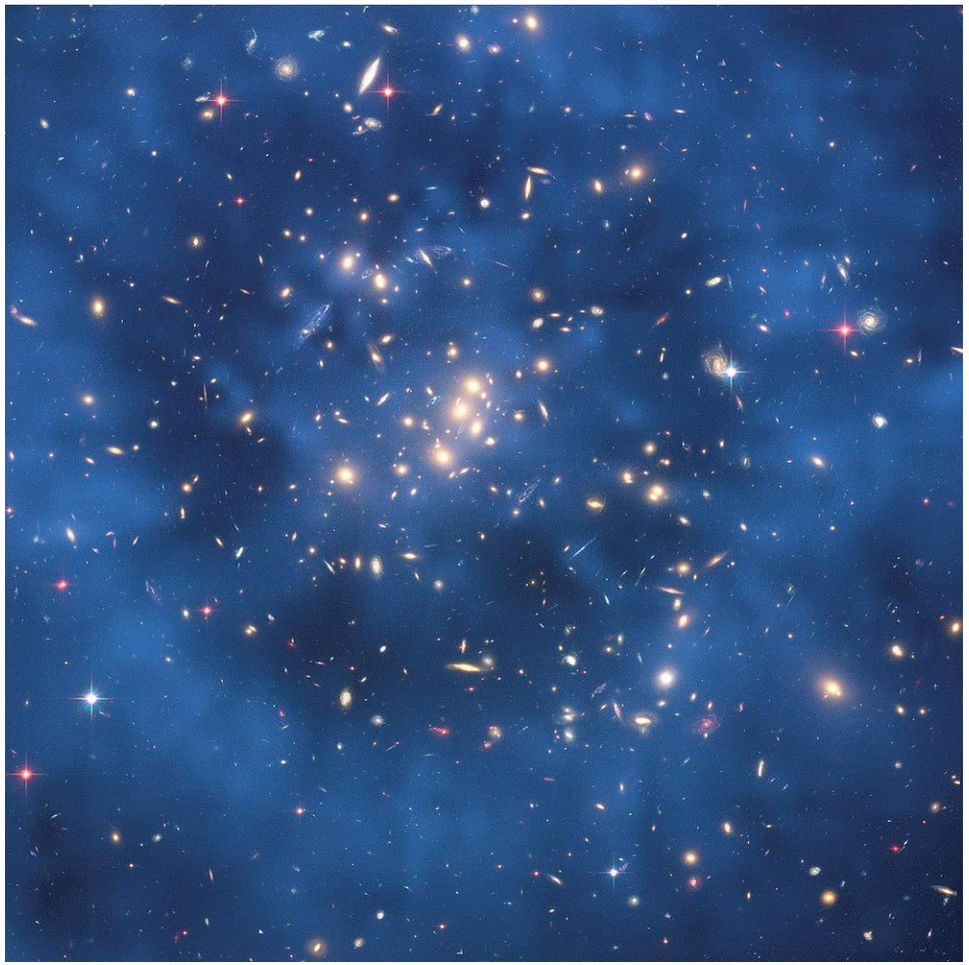
Evrende karanlık madde dağılımının üç boyutlu haritası.

Karanlık madde: Sadece kütleçekimsel etkileşimleri ile belirlenebilen ve evrende oldukça bol olduğu görülen maddedir.

- Kütleçekimsel merceklenmenin oluşturduğu ışık bozulmasının haritası, küme içindeki karanlık maddenin nasıl dağıldığının izlerini göstermektedir.
- Bu karanlık madde haritalanmasıyla gökbilimciler küme merkezi yakınlarında, bir karanlık madde halkası bulmuşlardır.
- Bu halkanın keşfi karanlık madde için çok güçlü bir kanıt oluşturmuştur.
- Bu maddenin yapısı hakkındaki tahminler iki kategoriye bölünür:

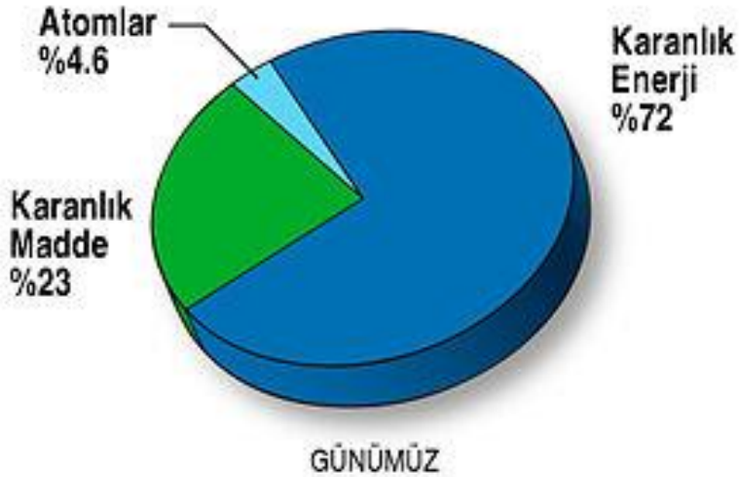
i) MACHO'lar (Massive Compact Halo Objects); büyük, yoğun, hale şeklindeki nesnelerden oluşabilir. Beyaz cüceler, nötron yıldızları ve kara delikler gibi nesneleri içerebilir.

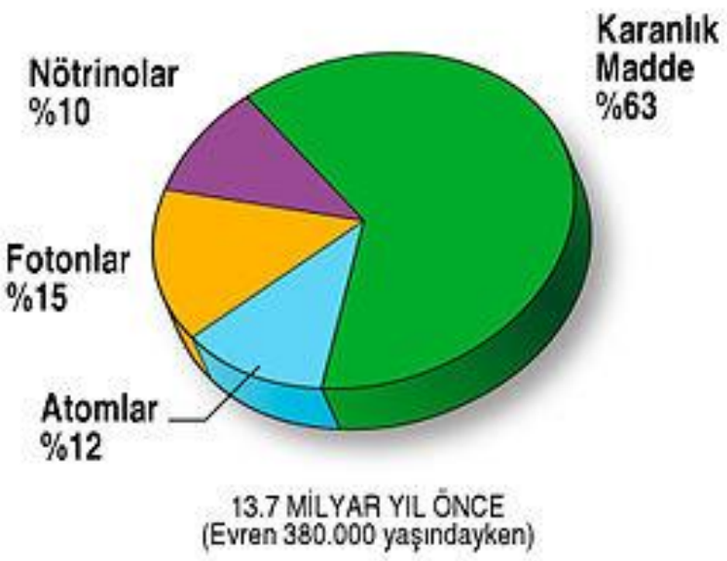
ii) WIMP'ler (Weakly Interacting Massive Particles); zayıf şekilde etkileşim yapan büyük parçacık türlerinden oluşabilir. Big Bang boyunca üretilen fakat henüz Dünya'da gözlenmeyen kararlı temel parçacıkların diğer ilginç türlerini içerebilir.



Kütleçekim haritası, CL0024+17 kümesinin HST görüntüsü

- Evrendeki madde ve enerjinin tahmini dağılımı.
- Üstteki grafik günümüzü alttaki grafik ise Büyük Patlamadan 380.000 yıl sonrasını göstermektedir.



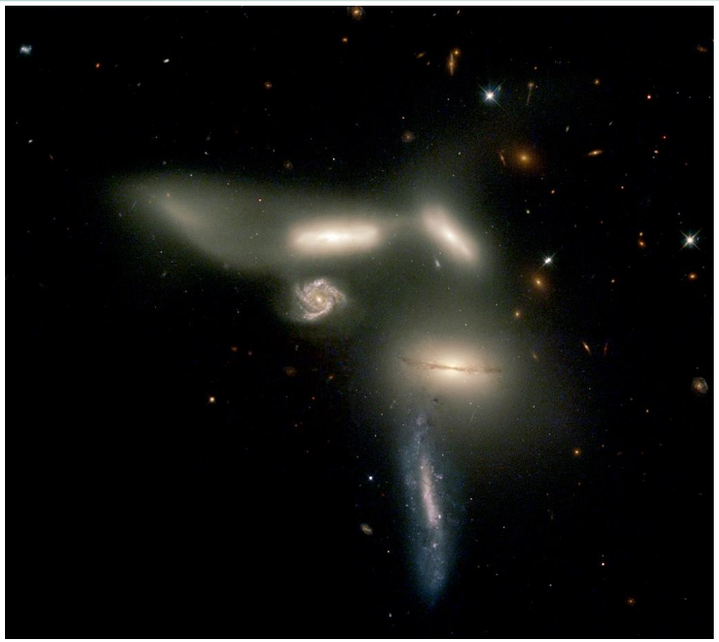


https://tr.wikipedia.org/wiki/Karanl%C4%B1k_madde

Gökada Türlerinin Kökeni

- Gökadaların neden çeşitli türlerde olduğunu açıklayan başlıca iki tahmin vardır:

1. Bulut Yoğunluk Teorisi:
   - Erken evren tarihinde gökadalardan önce daha yoğun gaz ve toz bulutları eliptik gökadaları, seyrek olanlar ise sarmal gökadaları oluşturmuştur.
   - Çubuklu sarmal gökadanın oluşma nedenlerinden birisi bulutların hızlı dönmesi olduğu düşünülmektedir.
2. Birleşme Teorisi:
   - Daha yeni bir teoridir.
   - Sarmal gökadalar eliptik gökadalardan daha önce oluşmuştur.
   - Sarmal gökadaların birleşmesi eliptik gökadaları oluşturmuştur.



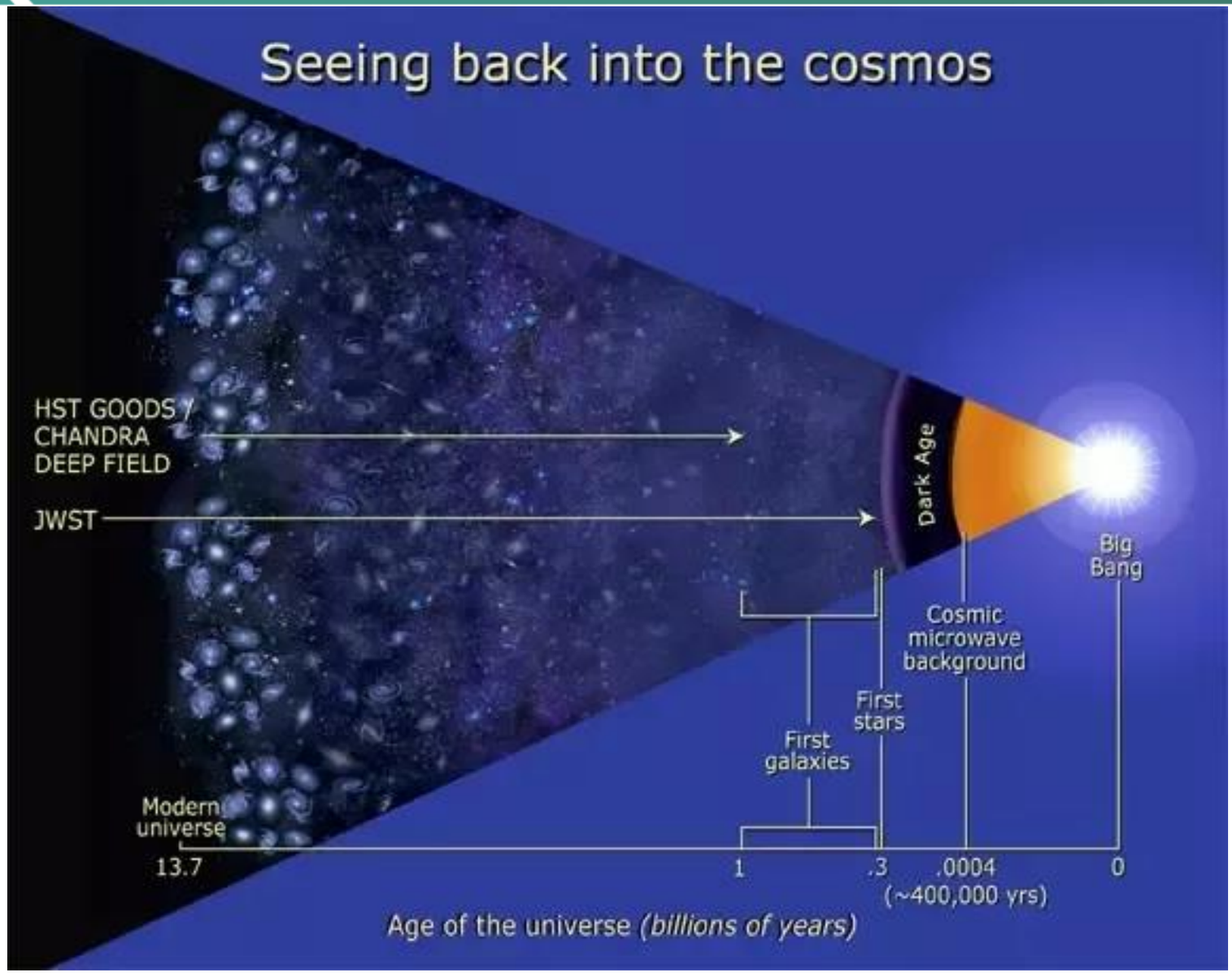
6 üyeli olduğu sanılan bir yoğun galaksi grubu.
https://tr.wikipedia.org/wiki/Galaksi



Çarpışmak üzere olan iki galaksi. https://tr.wikipedia.org/wiki/Galaksi

Geriye Bakış Zamanı

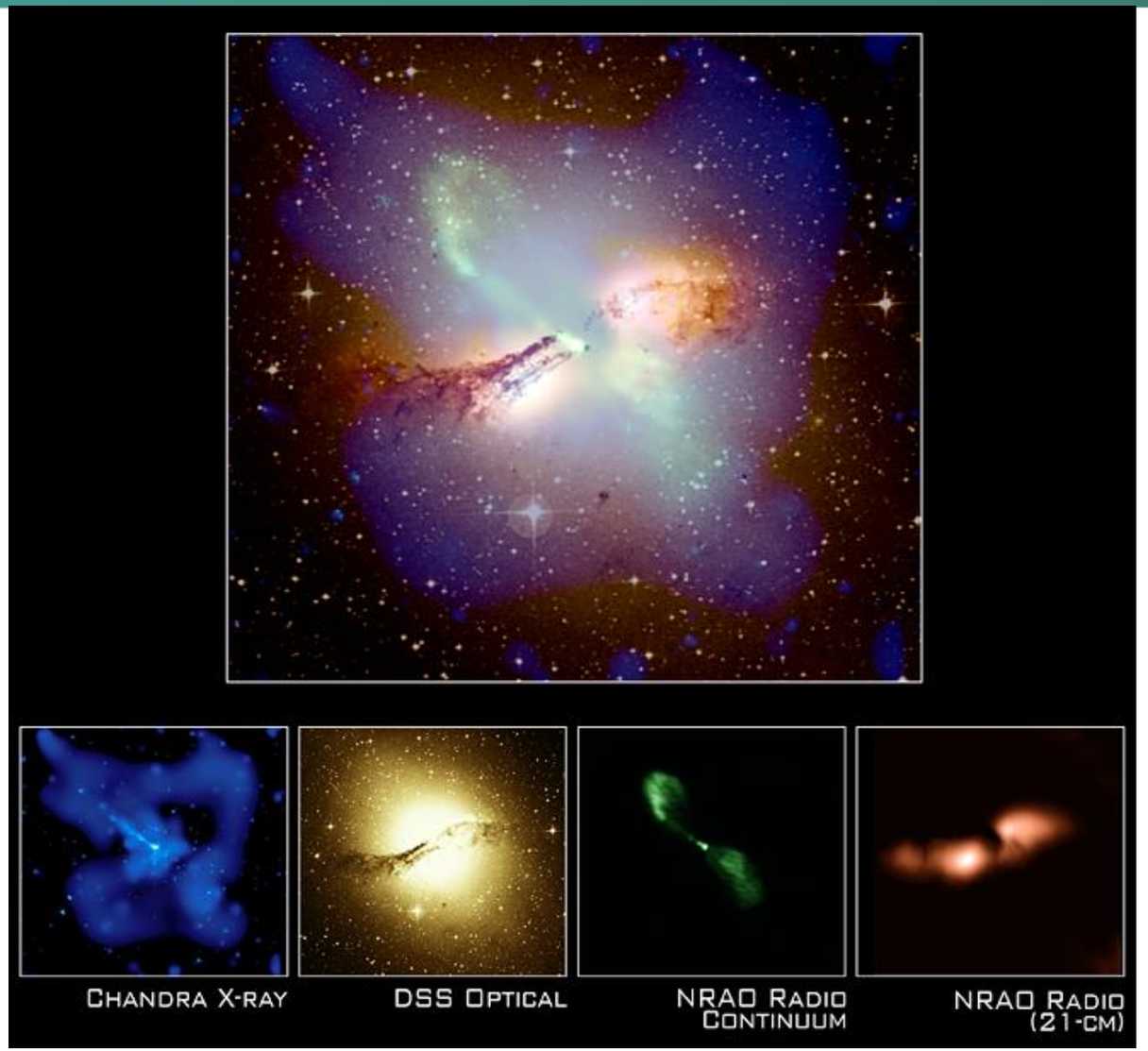
- Geriye Bakış Zamanı, Uzak bir nesneden çıkan ışığın bize ulaşması için geçen süredir.
- Gökadaların gördüğümüz zaman onların bugünkü hallerini değil geçmişteki hallerini görüyoruz.



https://www.quora.com/They-say-looking-out-into-space-is-the-same-as-looking-back-in-time-Does-time-dilation-have-an-effect-on-this

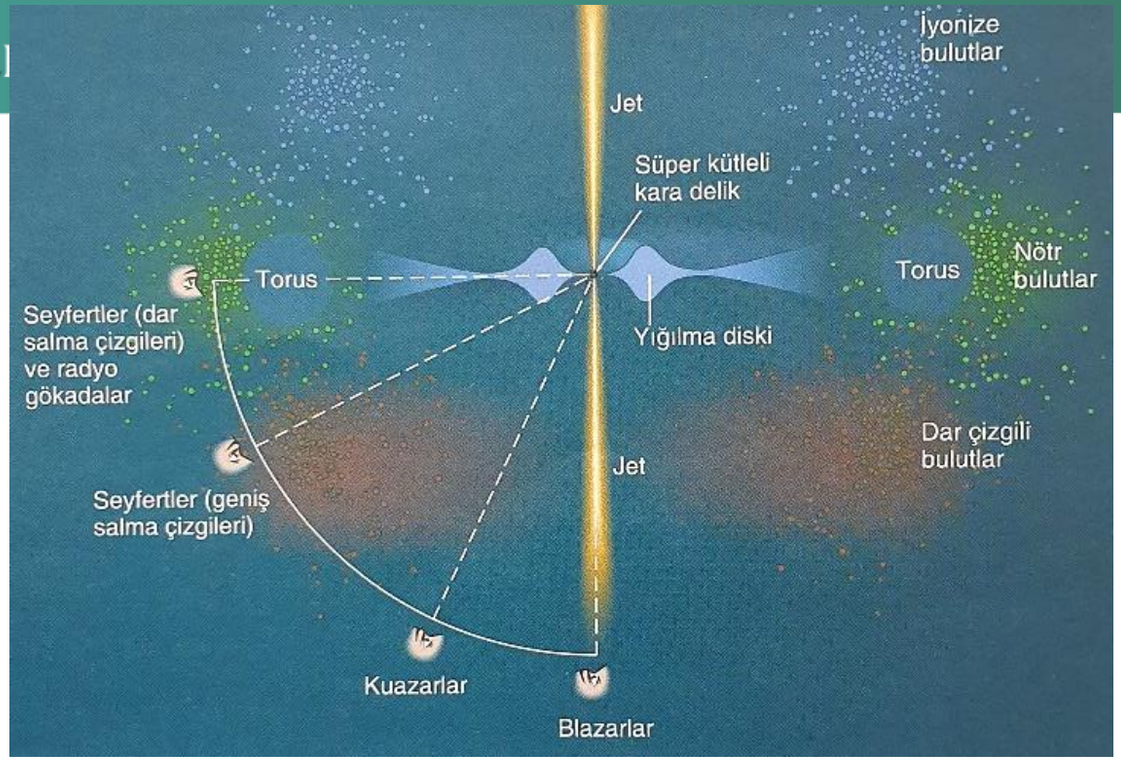
Aktif Gökadalar

- Buraya kadar Hubble sınıflamasına uyan normal gökadaları inceledik ve Evren ile ilgili çalışmalar görünür bölge dalgalarına dayalı idi.
- 1940'larda radyo astronomi çalışılmaya başlandı.
- Radyo gözlemleri alışılmamış nesne ve olayları ortaya çıkardı.
- Normal bir gökadadan gelen radyo dalgaları toplam ışımanın %1'i kadardır.
- Radyo Gökadası: Işınımının büyük bir kısmını radyo dalgalarında yapan gökada.
- Aktif Gökada (veya Aktif Gökada Çekirdeği): Işınımlarının büyük çoğunluğunu tayfın başka bir kısmında yapan (kızılötesi, radyo, UV, X-ışını) ve ışıma gücü olağanüstü fazla olan gökadalardır.
- Kuazarlar, Blazarlar, Seyfertler



Centaurus A radyo gökadası https://chandra.harvard.edu/photo/2002/0157/

- Kuazarlar, Blazarlar, Seyfertler
- Bir fikre göre AGÇ'leri aslında aynı cisimlerdir. Fakat onlara olan bakış açımıza göre farklı özellikler gösterdiğinden ötürü, farklı cisimler gibi algılanırlar.





https://tr.wikipedia.org/wiki/Seyfert_galaksisi



https://en.wikipedia.org/wiki/Blazar



https://tr.wikipedia.org/wiki/Kuasar

16.Bölüm: Samanyolu Gökadası

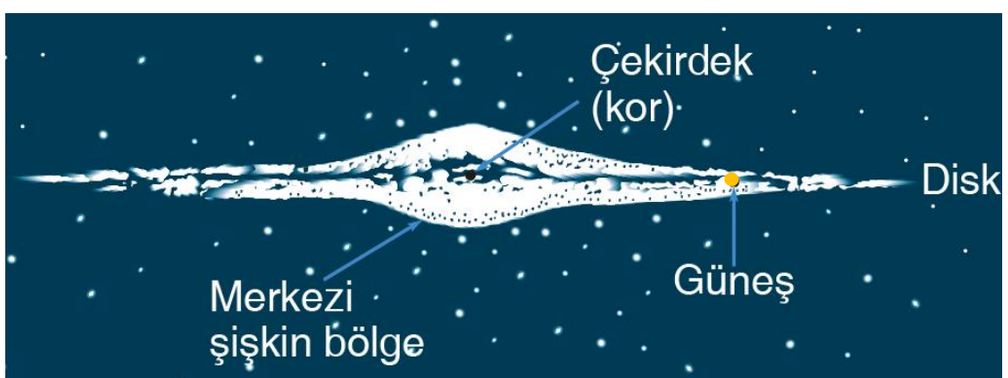
Gökadamız

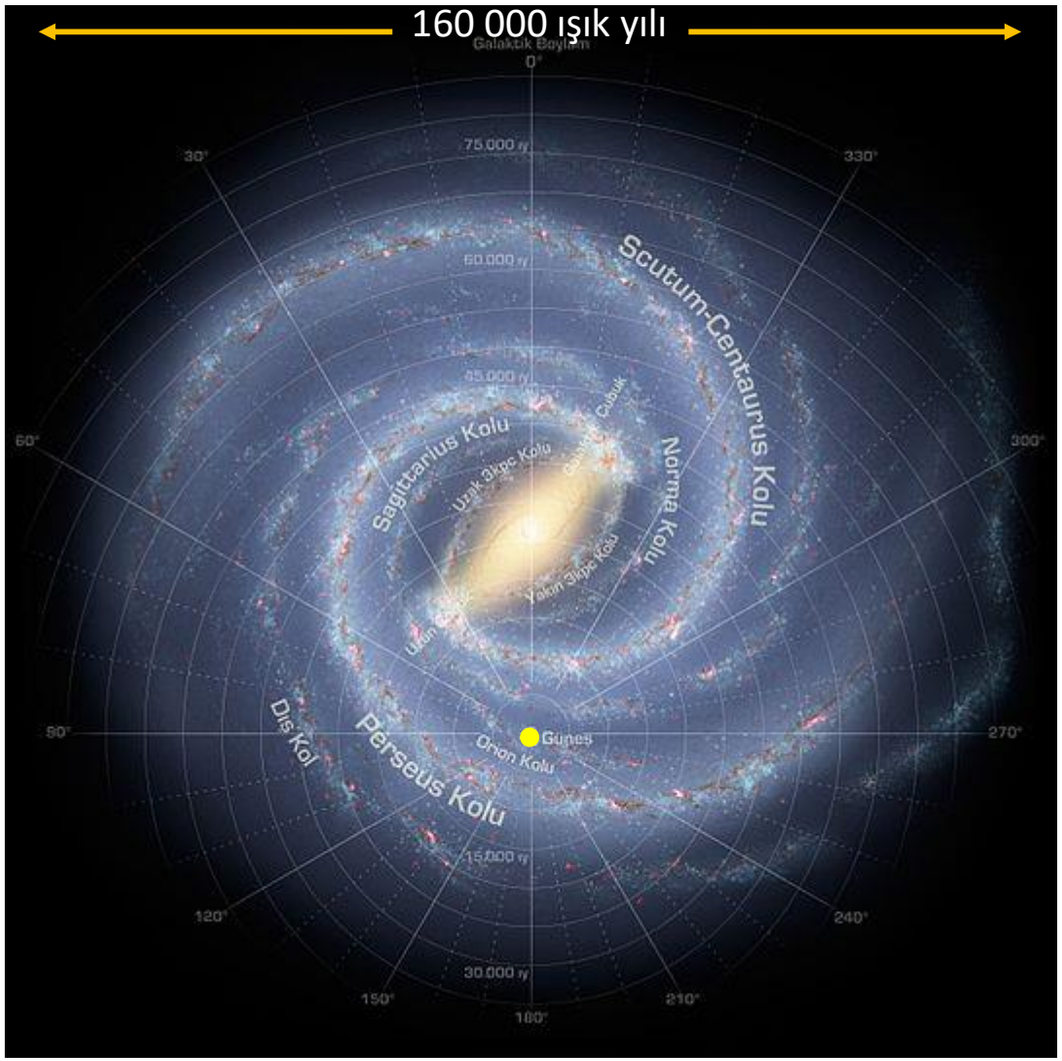
- Dünya'dan ışık kuşağı olarak görünür.
- Eski Yunanca; sütlü çember – galaxies kuklos
- Gökada merkezi Yay takım yıldızı doğrultusundadır.
- Birkaç istisna dışında, gökyüzünde çıplak gözle gördüğümüz her nesne gökadamıza aittir.
- Andromeda çıplak gözle bulanık bir nokta olarak görülebilir.



Bu fotoğraf Yay takımyıldızı doğrultusunda Samanyolu'nu gösterir.

- Yıldız sayısı: 200 – 400 milyar
- Çapı: yaklaşık 160 000 ışık yılı
- Merkezi Şişkin Bölgenin çapı: yaklaşık 6 000 ışık yılı
- Kütle: yaklaşık 1 trilyon Güneş Kütlesi
- Güneş'in merkeze uzaklığı: yaklaşık 26 000 ışık yılı
- Güneş'in yörünge periyodu: 250 000 000 yıl
- Güneş'in dolanma hızı: 220 km/s (ses hızının yaklaşık 650 katı)
- Güneş 5 milyar yıllık ömründe yaklaşık 20 tur atmıştır.



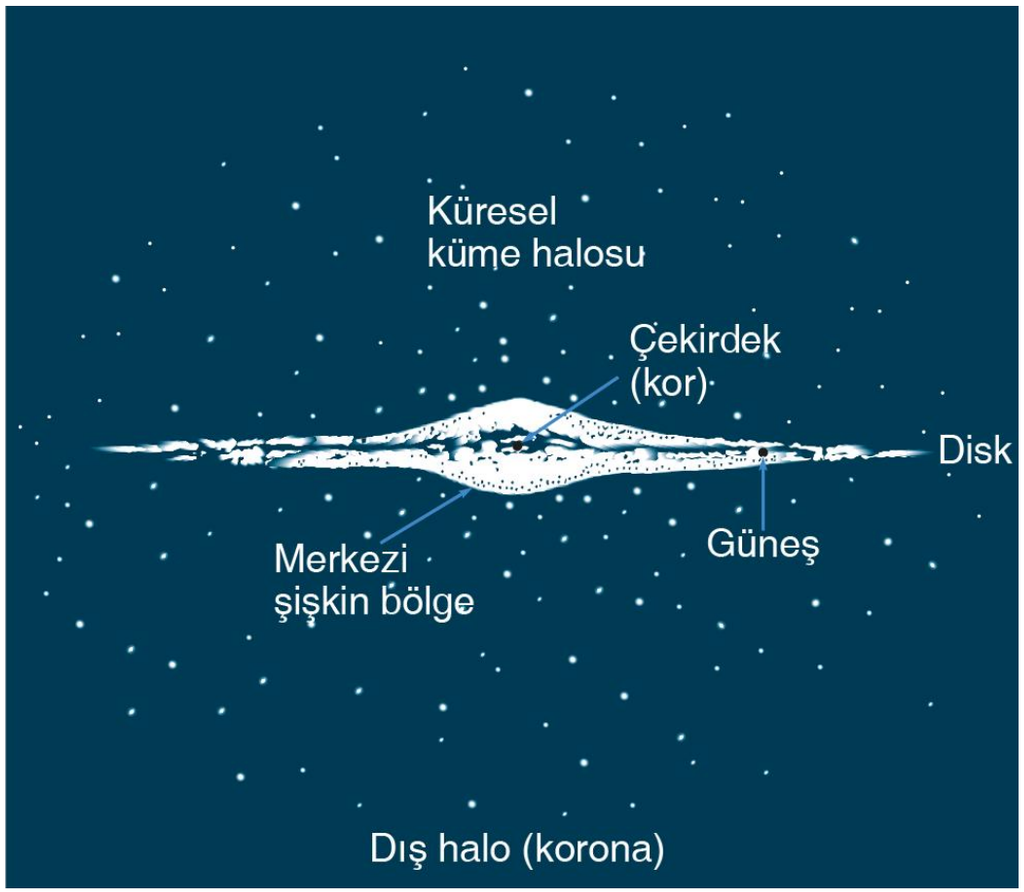


https://tr.wikipedia.org/wiki/Galaksi

Gökadanın Bileşenleri

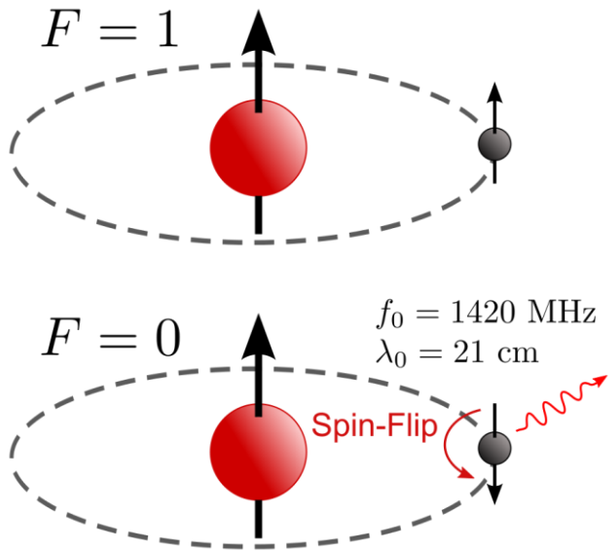
- Disk: Çekirdek etraftaki bir düzlemde dönen, büyük, yassı ve yoğun kısmıdır. Gökada'daki gaz ve tozun neredeyse tamamı buradadır. Diskteki yıldızların çoğu genç ve metalce zengindir (popülasyon I). Mavimsi görünümü etkin yıldız oluşumuna işaret eder.
- Merkezi şişkin bölge: Sarmal gökadanın merkezi bölgesidir. Hem genç hem de yaşlı yıldızları içerir. Çok sayıda kırmızı dev ve süper devin varlığından dolayı kırmızımsı görünür.
- Halo: Sarmal gökadanın en dış kısmıdır. Oldukça küresel şekillidir. Sarmal kolların ötesine uzanır. Yaşlı ve metalce fakir yıldızlar (popülasyon II) ile az miktarda gaz ve toz içerir.
- Korona: Disk ve halonun yarıçapının yaklaşık iki veya üç katı büyüklükte olduğu düşünülmektedir. Ne içerdiği bilinmiyor. Astronomlar evrende görünür kütleden çok görünmeyen kütle olduğu sonucuna varmıştır. Bu maddenin çoğunun gökadanın dışında bulunduğunu düşünmektedir.

Yıldız sınıfları:
Popülasyon I: H, He ve atmosferinde ağır elementler içerir. Güneş
Popülasyon II: H, He ve çekirdeğinde çok az ağır element içerir.
Popülasyon III: İlk oluşan yıldızlar, H ve He içerir.



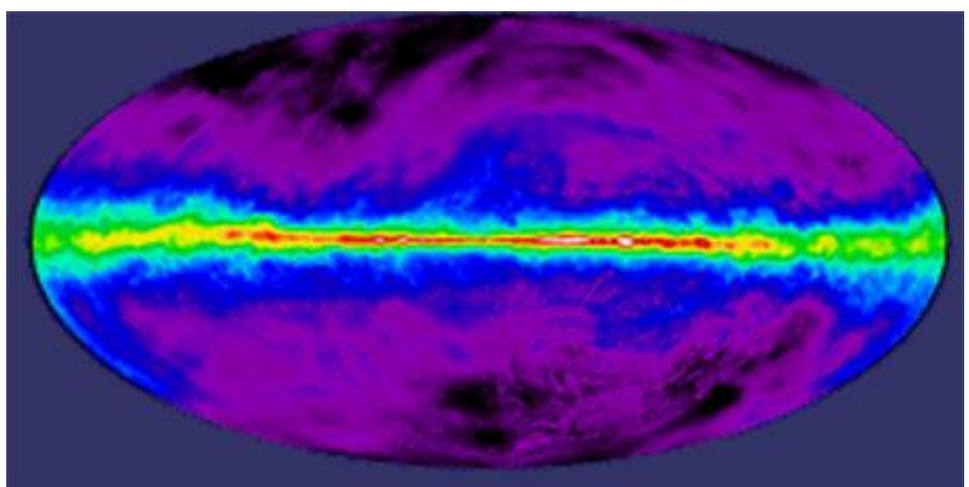
Sarmal Kollar

- Gökadamızın sarmal doğasını nasıl belirleyebiliriz?
- Görünür ışıkla zor, çünkü gaz ve toz soğuruyor veya saçıyor.
- Daha uzun dalgaboylu ışınlar daha az soğurularak veya saçılarak dünyaya ulaşabilir.
- 21 cm ışınımı: Atomik hidrojenden gelen 21,1 cm dalgaboylu ışınım.
- Bu ışınım Radyo dalga bölgesindedir.
- Hidrojen tüm evrenin ana maddesidir.



Hidrojen atomunda elektron ve proton spinleri. Üst şekilde paralel spin. Alt şekilde ise ters spin haline geçerken atomum yaydığı ışınım.

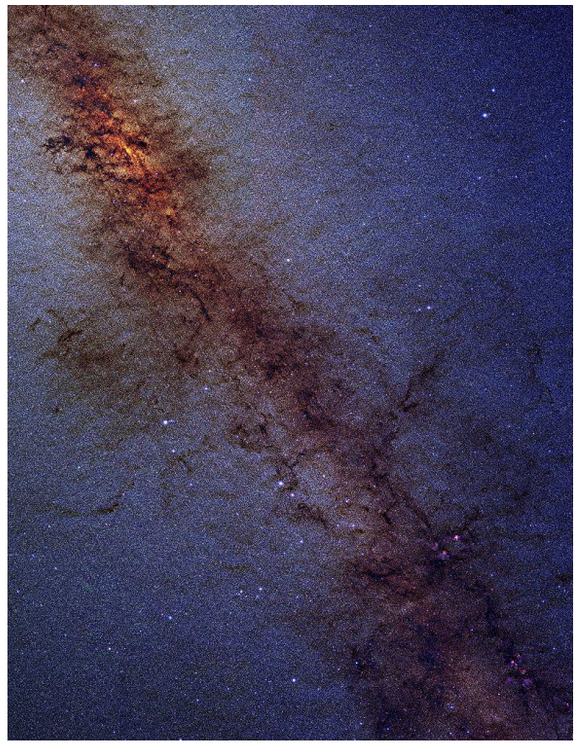
https://tr.wikipedia.org/wiki/Hidrojen_%C3%A7izgisi



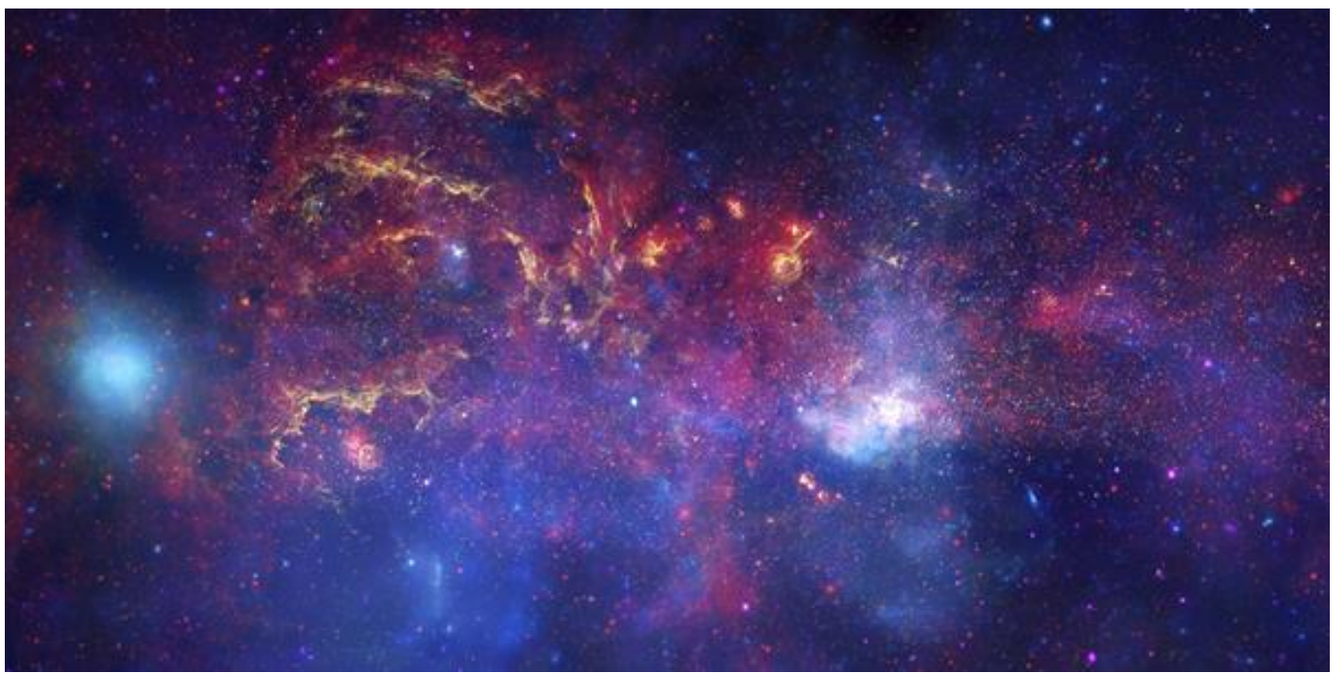
Galaksimizdeki atomik hidrojenin 21 cm ışınımı görüntüsü. Siyah – mavi – kırmızı - beyaz renk düşükten yükseğe gösterimi içindir.

Gökadanın Çekirdeği

- Gökadanın merkezi sarmal kollarda olduğu gibi görünür ışıkla zor incelenir.
- Çekirdeği gözlemlemek için Kızılötesi/radyo dalgaları veya x-ışınları/gama ışınları kullanılır.
- Gözlemler, gökadamızın merkezinde 3,7 milyon Güneş kütleli kara delik varlığına işaret etmektedir.

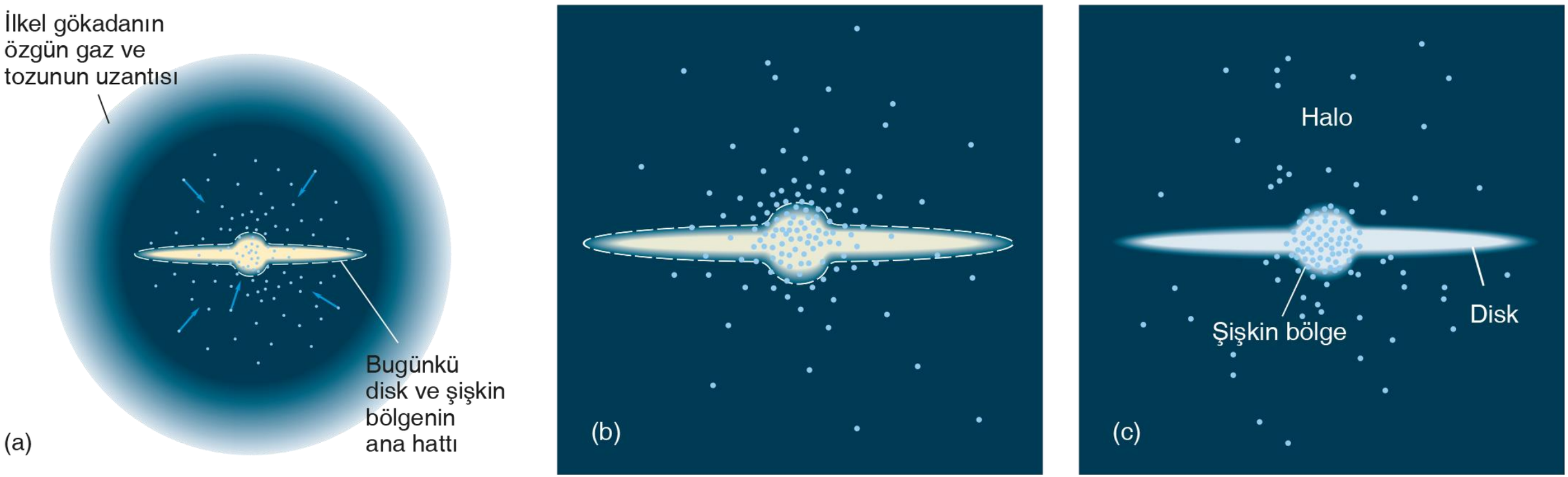


Kızılötesi teleskoplarından biri tarafından görülen Galaktik Merkez, görüntünün parlak sol üst kısmında yer almaktadır.



Görüntünün merkezinin sağındaki parlak beyaz alanda süper kütleli bir kara delik var. https://en.wikipedia.org/wiki/Galactic_Center

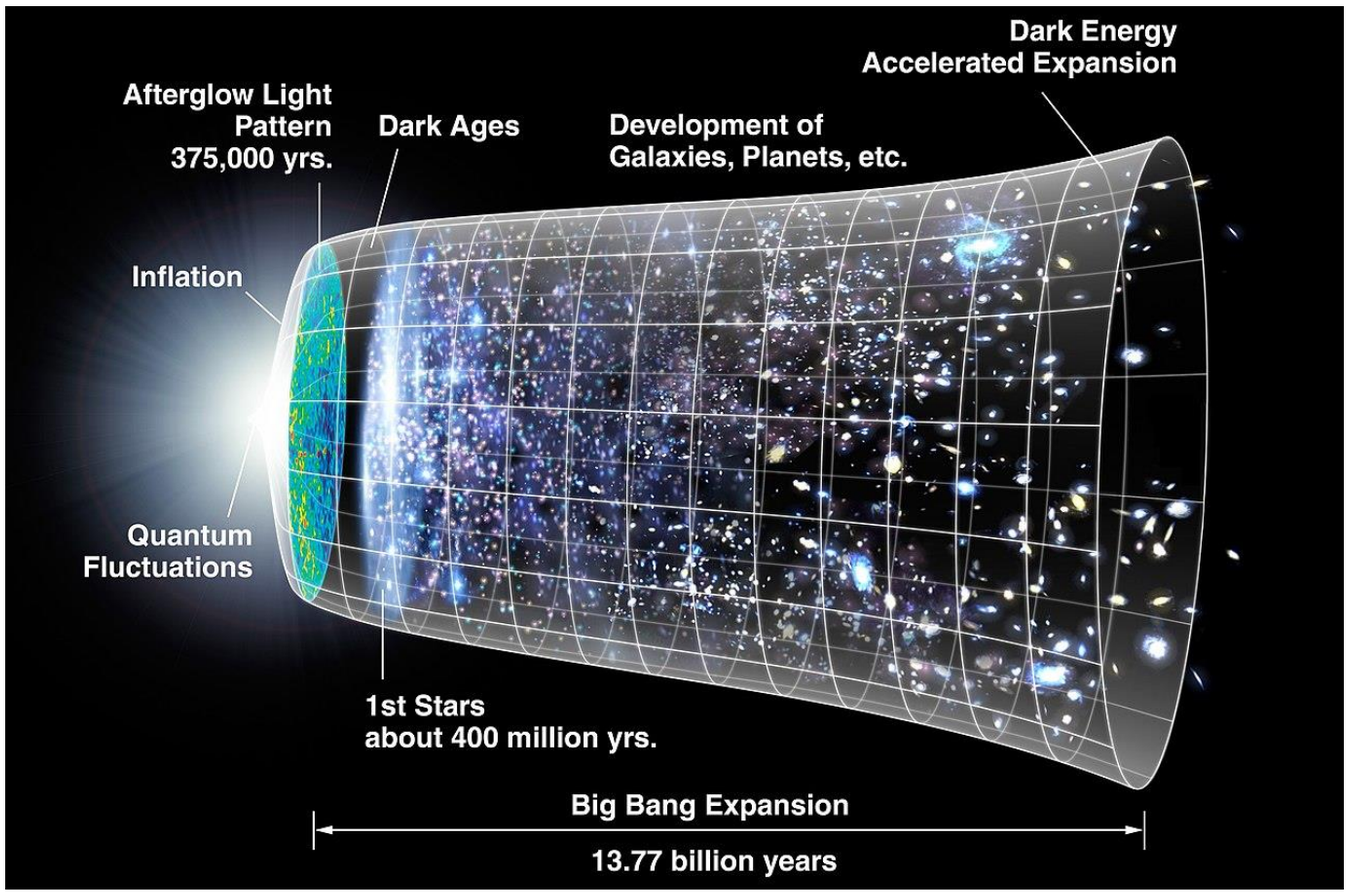
Gökadanın Evrimi



(a) Gökada evriminin öncü teorisine göre, Gökada 13 milyar yıl önce bir gaz ve toz küresi olarak oluşumuna başladı (b) Küre merkeze doğru çökerken yıldızlar ve kümeler oluştu, öyle ki Gökada yaklaşık 12-13 milyar yıl önce bu şekilde göründü. (c) Geriye kalan gaz ve toz diski oluşturduktan ve sarmal kollar geliştikten sonra Gökada bugünkü hâline ulaştı.

18.Bölüm: KOZMOLOJİ: EVRENİN DOĞASI

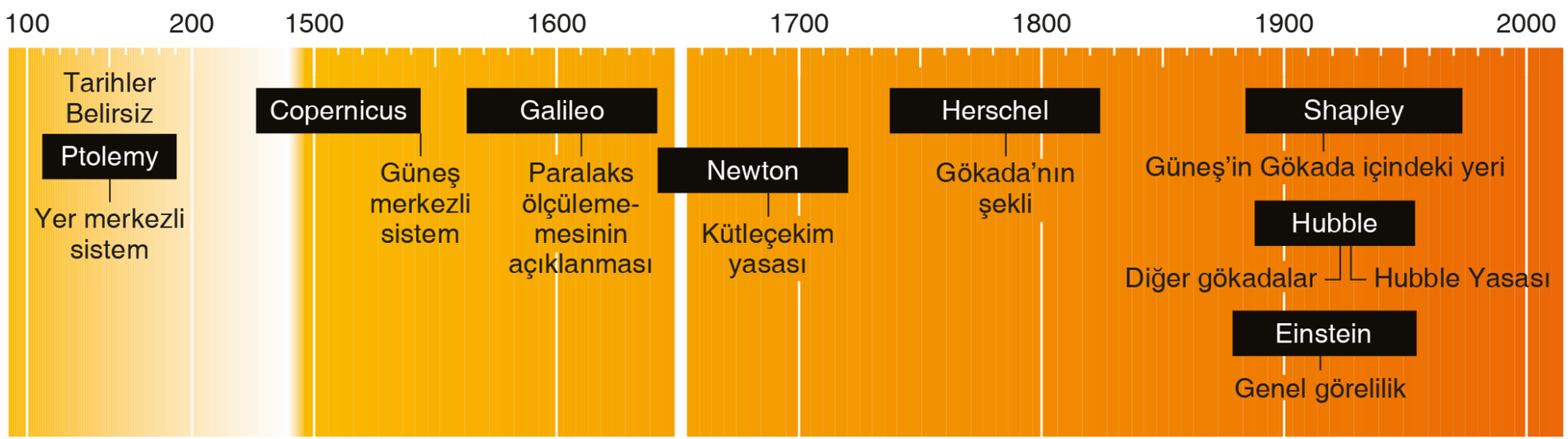
- Evrenin doğası nedir?
- Geçmişte nasıldı?
- Geleceği nasıl olacak?
- Cevaplar sadece varsayımsaldır.



https://tr.wikipedia.org/wiki/Evren#/media/Dosya:CMB_Timeline300_no_WMAP.jpg

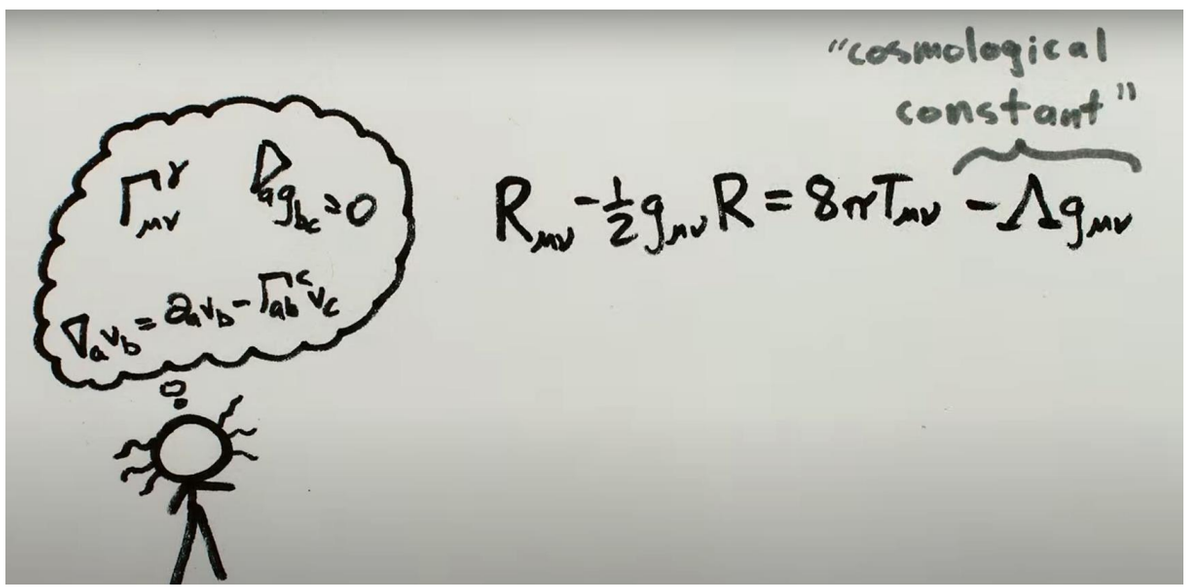
Evrende Bir Merkez ve Kenar Arayışı

- Batlamyus: Yer merkezli sistem, yıldızlar Dünya'yı sardığına inanılan bir küre üzerinde
- Kopernik: Güneş merkezli sistem, yıldızlar Güneş sistemini saran bir küre üzerinde
- Galileo: Yıldızlar sanılandan daha uzakta olduğu için yıldız paralaksı gözlenmiyor.
- Newton: Evren sosuz genişliktedir. Aksi taktirde kütleçekim kuvveti nedeniyle evren çöker.
- Herschel: Güneş sistemi gökadamızın merkezindedir.
- Shapley: Güneş gökadamızın merkezinde değildir.
- Hubble: Evrende çok sayıda gökada var, evren akıl almaz biçimde geniş ve genişlemekte.



Einstein'ın Evreni

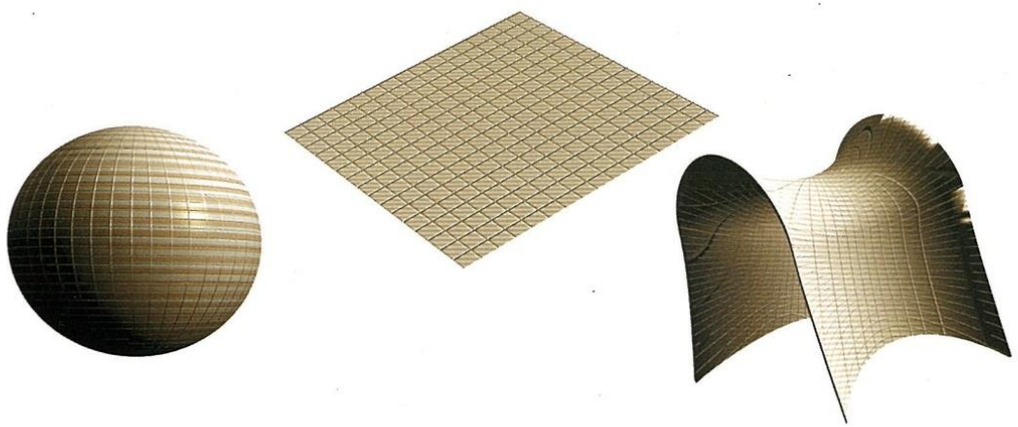
- Einstein evrenin kapalı ve sonlu olduğuna inanıyordu. Ona göre evren durağan ve değişmeyen bir yapıdadır.
- Ancak genel görelilik denklemlerini evren üzerine uyguladığında böyle bir evrenin çökeceğini buldu.
- Bu sonucu saf dışı bırakmak için denklemlere, çökmeyi engelleyecek kozmolojik itici bir güç terimi (Kozmolojik Sabit) ekledi.
- Einstein kozmolojik sabit fikrinden, evrenin genişlediğinin bulunması ve büyük patlama teorisinin neredeyse bütün astronomi toplulukları tarafından kabul edilmesinin ardından vaz geçti.
- Fakat son gözlemler evrenin ivmelenerek genişlediğini ortaya koymaktadır.
- Bu durum pozitif bir kozmolojik sabiti desteklemektedir.



https://www.youtube.com/watch?v=0RApKeMGDnE&t=325s

Evrenin Geleceği

- Evren genişlemeye hep devam mı edecek?
- Bu, evrenin içerdiği madde miktarına ve ne hızla genişlediğine bağlıdır.
- Mümkün olan üç durum vardır: Kapalı Evren, Açık Evren, Düz Evren



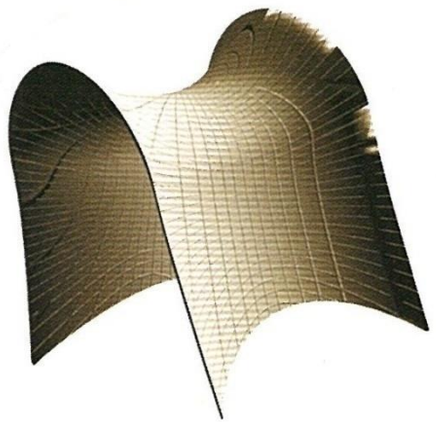
Kapalı	Düz	Açık
$\rho > \rho_k$	$\rho = \rho_k$	$\rho < \rho_k$

Kapalı Evren:

- Toplam kütlesi ve enerji yoğunluğu, kritik yoğunluk adı verilen belli bir değerden büyük olan evren modelidir.
- Genişlemeyi frenleyen çekimsel kuvvet, ilk patlamadan kaynaklanan itmeyi yeniyor ve hareketi ters çeviriyor.
- Kritik büyüklüğe kadar genişledikten sonra evren çökmeye başlıyor.
- Yeni bir başlangıç noktasına dönüyor. Belki tekrar büyük patlama ve yeni bir evren oluşuyor.
- Bu model kendini tekrar eden model olarak bilinmektedir.
- Bu modelin geometrisi kapalıdır ve eğrilik pozitiftir.
- Evren kendi üstüne tekrar kapanmaktadır. O nedenle bu modele kapalı evren modeli denir.

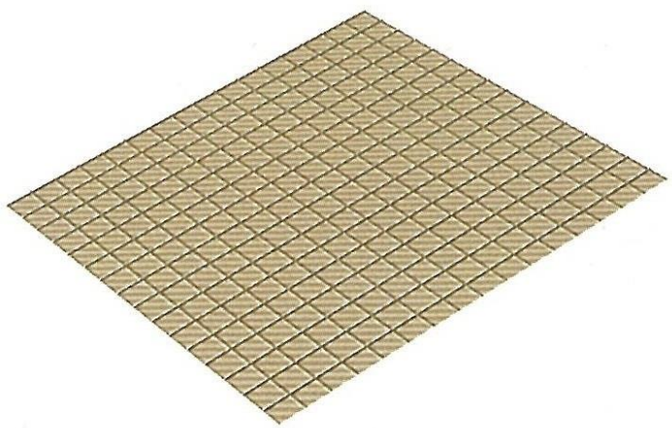
https://barisozcan.com/duz-dunyadan-big-bange-15-evren-modeli/

Açık Evren:



- Toplam kütlesi ve enerji yoğunluğu, kritik yoğunluk adı verilen belli bir değerden küçük olan evren modelidir.
- Evren sonsuzda bile durmayacak ve durmadan genişleyecektir.
- Kütleçekimsel kuvvet genişlemeyi durduramaz. Sadece yavaşlatır.
- Evrenin geometrisi açık ve eğriliği negatiftir. O nedenle buna açık evren modeli denir.

Düz Evren:



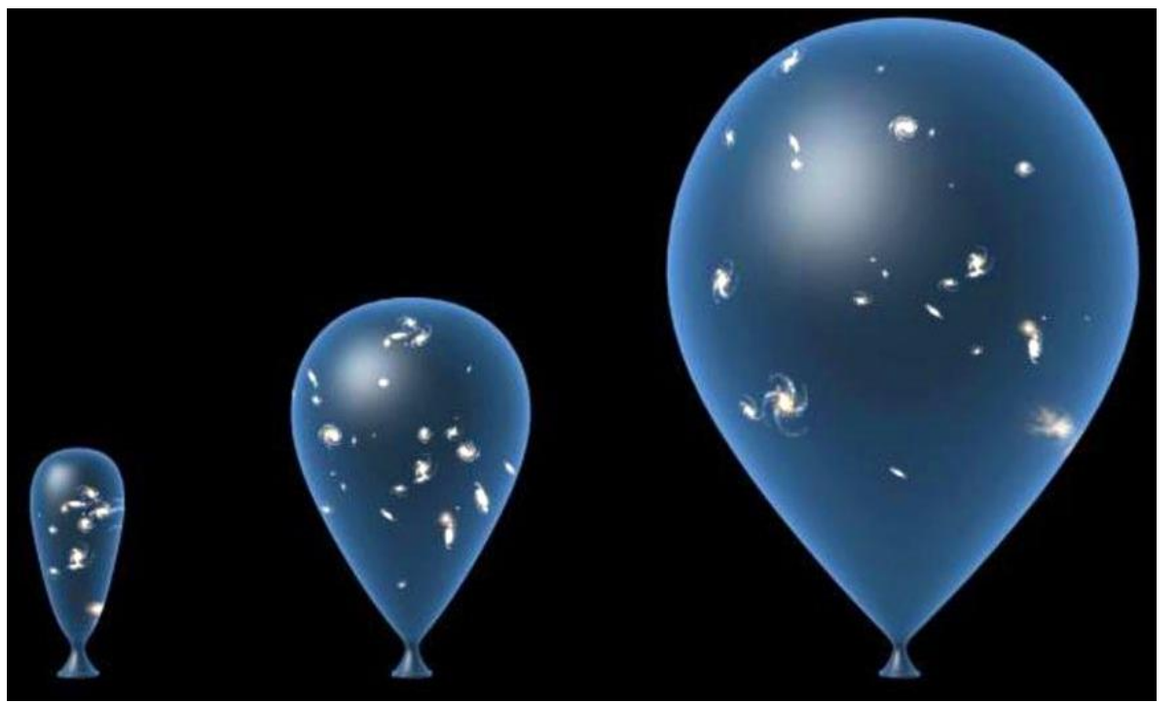
- Toplam kütlesi ve enerji yoğunluğu, kritik yoğunluk adı verilen belli bir değere tam olarak eşit olan evren modelidir.
- Evren sonsuza kadar genişleyecek ve sonsuzda hareket duracaktır.
- Genişleme sürekli azalan bir hızla olmaktadır.
- Bu modelde eğrilik sıfırdır. Geometri düzdür. Bu nedenle düz evren modeli denir

Kritik yoğunluk: 1 metreküp uzay başına 5,5 hidrojen atomu.

Genişleyen Evren

- 1929 yılında Edwin Hubble uzak gökadaların bizden uzaklaştığını ve bu uzaklaşmanın daha uzak gökadalarda daha hızlı olduğunu ilan etti.
- Hubble'dan sonra bir çok astronom çok daha uzak gökadaları taramış ve aynı sonuca ulaşmıştır. Evren Genişlemektedir.
- Eğer bütün gökadalar bizden uzaklaşıyorsa, bu gökadamızın evrenin merkezinde olduğu anlamına gelmez mi?
- Elde edilen sonuç balon örneği ile açıklanabilir.

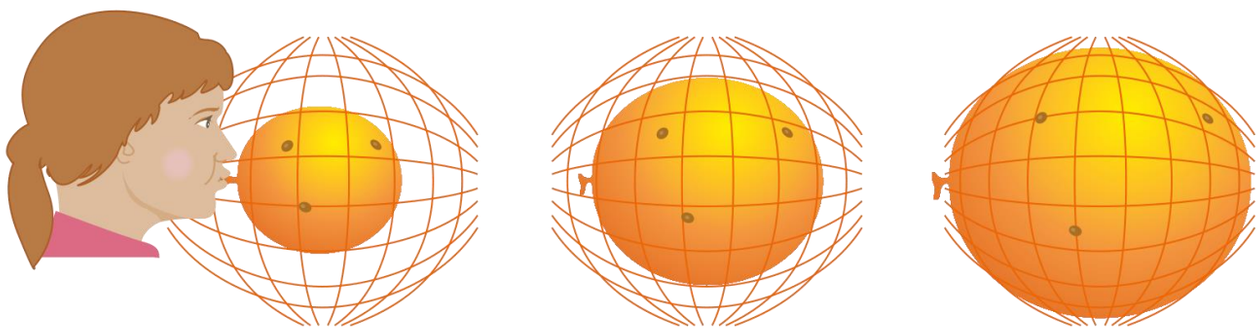
- Genişleyen evrende, gökada kümeleri birbirinden uzaklaşırken aslında hareket etmezler.
- Bir balonun üzerindeki sabit noktalar nasıl balon şiştikçe birbirinden uzaklaşırsa (ve hareket etmiyorlarsa), gökada kümeleri de aynı biçimde evren dokusu genişledikçe hareket etmelerine gerek kalmadan birbirlerinden uzaklaşırlar.
- Dolayısıyla balonun yüzeyinde bulunduğunuz konumun özel bir anlamı yoktur. https://www.kozmikanafor.com/genisleyen-evren/



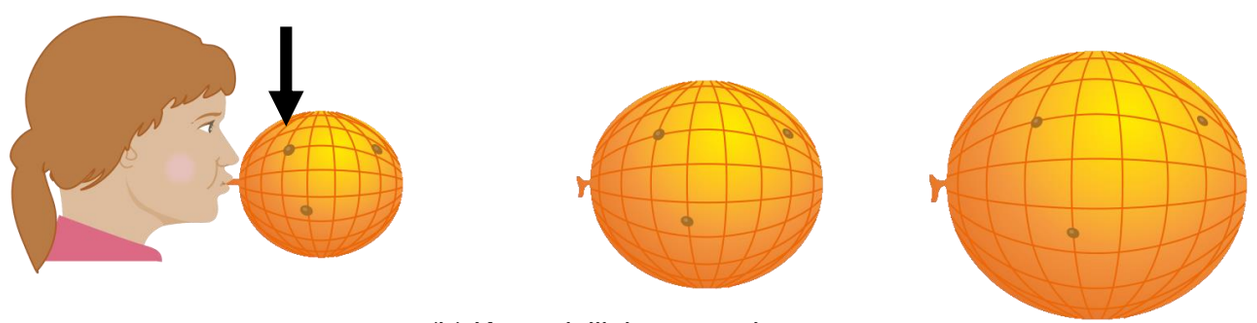
Ne Genişlemektedir? Kozmolojik Kırmızıya Kayma

- Evrenin genişlediğini söylemek, ne Güneş Sistemimizin, ne de Gökadamızdaki yıldızların birbirinden uzaklaştığı anlamına gelir.
- Aslında tüm gökadalar birbirinden uzaklaşıyor anlamına da gelmez.
- Birbirinden uzaklaşan aslında gökada kümeleridir. Bu, gökada kümelerinin uzay boyunca sürüklendiği anlamına gelmez.
- Bunun yerine uzayın kendisi genişlemektedir.

- Gökada kümelerinin hızı yoksa kırmızıya kayma (uzaklaşma) Doppler etkisi (kaynağın hareketinden kaynaklanır) ile açıklanamaz.
- Gerçek açıklama şöyledir: evrenin genişlemesi ile ışığın dalgaboyu da uzay boyunca genişler. Buna kozmolojik kırmızıya kayma denir.



(a) Kırmızıya kaymanın Doppler etkisi olarak yorumlanması.



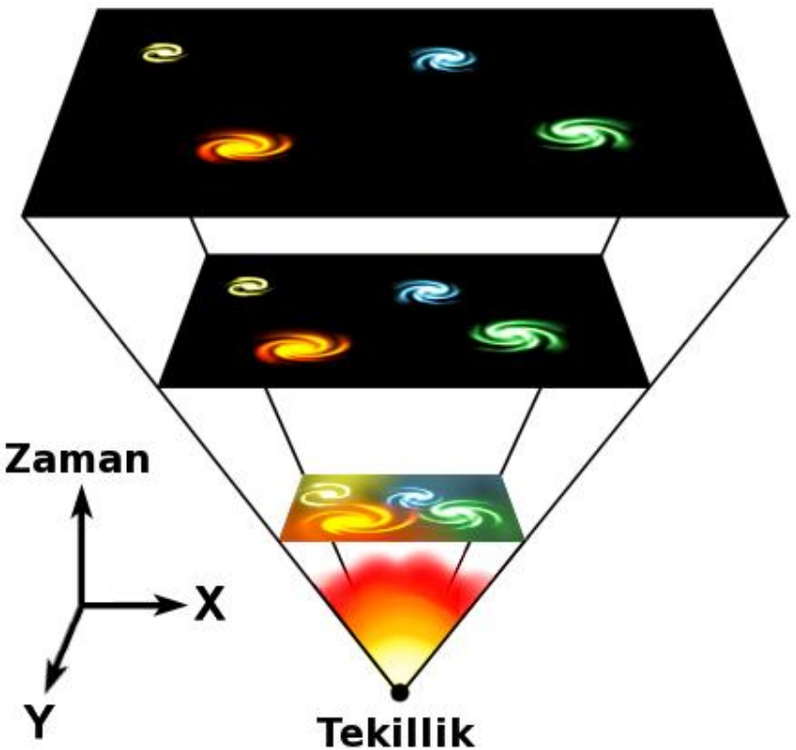
(b) Kozmolojik kırmızıya kayma

Olbers Paradoksu

- **Olbers Paradoksu,** Durağan bir evrende gökyüzünün karanlık olamayacağını gösteren bir tartışmadır.
- Alman düşünür Emmanuel Kant "sonsuzdan beri var olan evren" (Durağan evren) fikrini ilk savunan kişidir.
- Bu anlayış 20. yüzyılın ilk çeyreğine kadar sürdü. Evren hep vardı ve var olacaktı.
- Evrenin genişlediği, gözlemlerle kesin olarak anlaşıldıktan sonra, evrenin bir başlangıcının olması gerektiğini düşünülmeye başlandı.
- 1950'li yıllarda, mikrodalga fon ışınımının keşfine kadar, öngörülen evren kuramı olarak iki kuram birbiriyle yarıştı;

  i) evrenin başlangıcı vardır ve sürekli bir değişim içindedir diyen "Büyük Patlama"

  ii) evren homojen ve değişmemektedir, başlangıcı yoktur, yoğunluğu hep sabittir diyen "Kararlı (Durağan) Hal" kuramı.
- Ancak 1920'li yıllarda, bilimsel bulgular Kant'ın fikrinin geçersiz olduğunu gösterdi.



https://tr.wikipedia.org/wiki/B%C3%BCy%C3%BCk_Patlama

- Eğer evren sonsuzdan beri var olsaydı yıldızlar sonsuz bir süre boyunca radyasyon yaymış olacaktı.
- Bu durumda evrenin yıldızlar kadar sıcak olması ve bu nedenle gökyüzünün tamamının geceleri bile gün kadar parlak olması gerekirdi.
- Paradoksun çözümü iki fikre dayalıdır: i) evrenin sonlu bir yaşı vardır. ii) evren genişlemektedir.
- Bu iki fikir Büyük Patlama teorisinin kalbini oluşturmaktadır.



https://www.bilimkurgukulubu.com/genel/bilim-teknoloji/olbers-paradoksu-trilyonlarca-yildiz-barindirmasina-ragmen-uzay-neden-karanlik/

Kozmolojik Varsayımlar

- Kozmolojinin varsayımları ispatlanabilir değildir, fakat kanıtlar bu varsayımların akla yatkın olduklarını göstermektedir.

i) Kozmolojik ilke: Geniş ölçekte evrenin her yerinin aynı olduğunu söyleyen temel kozmoloji varsayımıdır. Evrende herhangi bir özel yer yoktur.

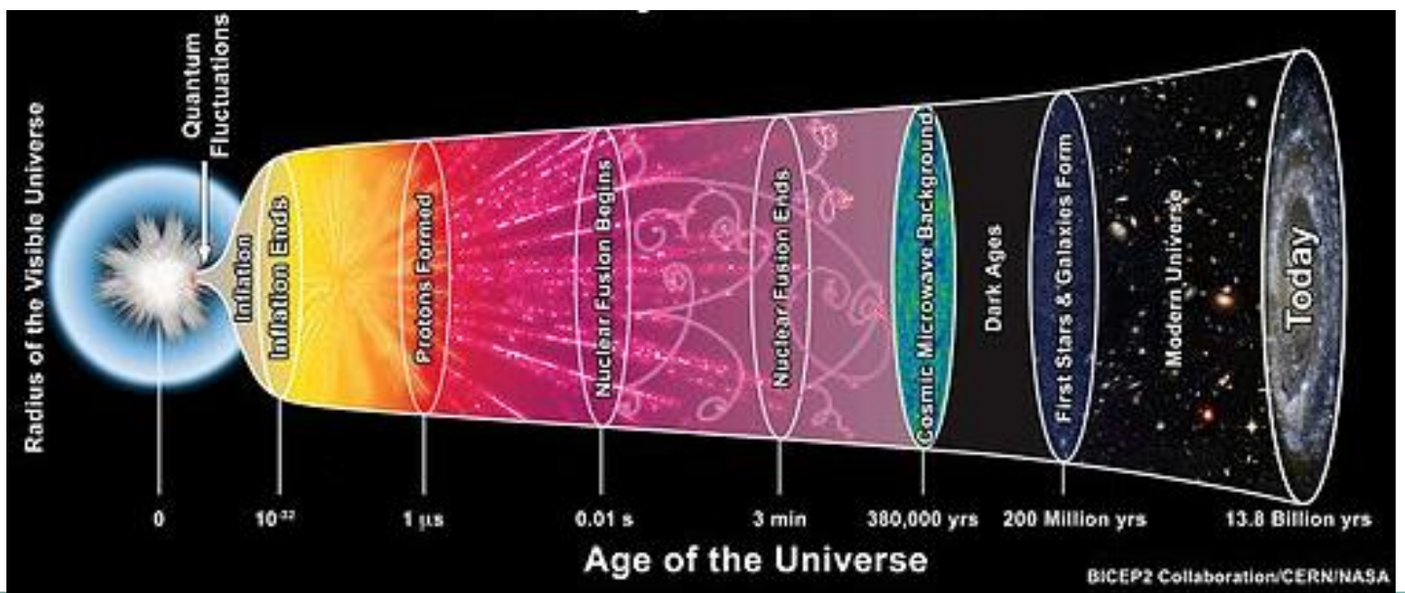
a. Homojenlik: Bir şeyin her tarafında tekdüze özelliklerin olmasıdır. Evrenin neresinden bakarsanız bakın evren yoğunluk ve madde kompozisyonu açısından aynı görünür. Büyük ölçeklerde geçerlidir.

b. Eşyönlülük (izotropi): Evren her doğrultuda aynı görünür. Homojenliğe bezer görünse de aslında başka şeydir. Okyanus homojendir. Ancak dalgaya karşıdan baktığınızda gördüğünüzle dalga boyunca gördüğünüz farklıdır. Büyük ölçeklerde geçerlidir.

ii) Evrensellik: Fizik yasaları evrenin tamamında aynı şekilde geçerlidir. Fizik yasalarını kullanarak evren hakkında bir çok bilgi sahibi olduk. Ancak bunun bir varsayımın sonucu olduğunu unutmayınız?

Büyük Patlama

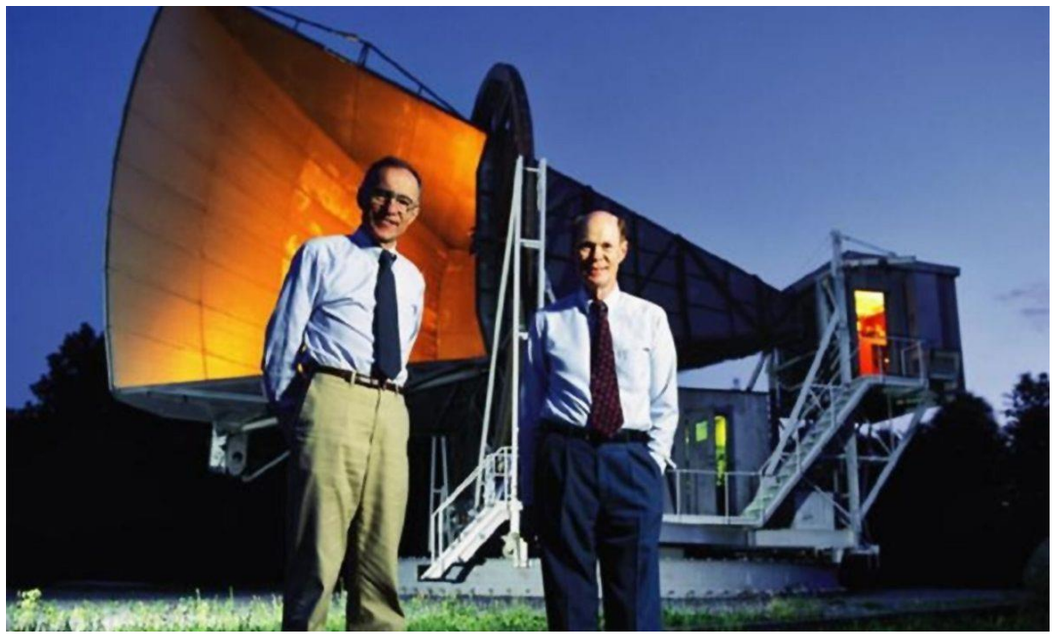
- Bugünkü incelemeler, geçmişte evrendeki bütün maddelerin birbirine çok yakın olduğuna inanmamıza yol açıyor.
- Buna göre madde yoğunluğunun inanılmaz derecede büyük olduğu ve bir tür patlamanın evrenin genişlemesini başlattığı bir an olmalıdır.
- Büyük Patlama: Evrenin genişlemesini başlatan teorik ilk patlama.
- Patlamanın ardından, evrenin sıcaklığı kararlı bir şekilde azaldı ve bu, temel parçacıkların küçük kütleli atomları oluşturmasına imkan sağladı.
- Bu atomlar daha sonra kütleçekim kuvveti nedeniyle yıldızlarda, yıldız kümelerinde, gökadalarda ve gökada kümelerinde toplanmıştır.



https://tr.wikipedia.org/wiki/B%C3%BCy%C3%BCk_Patlama_kronolojisi

Kanıt: Zemin Işınımı

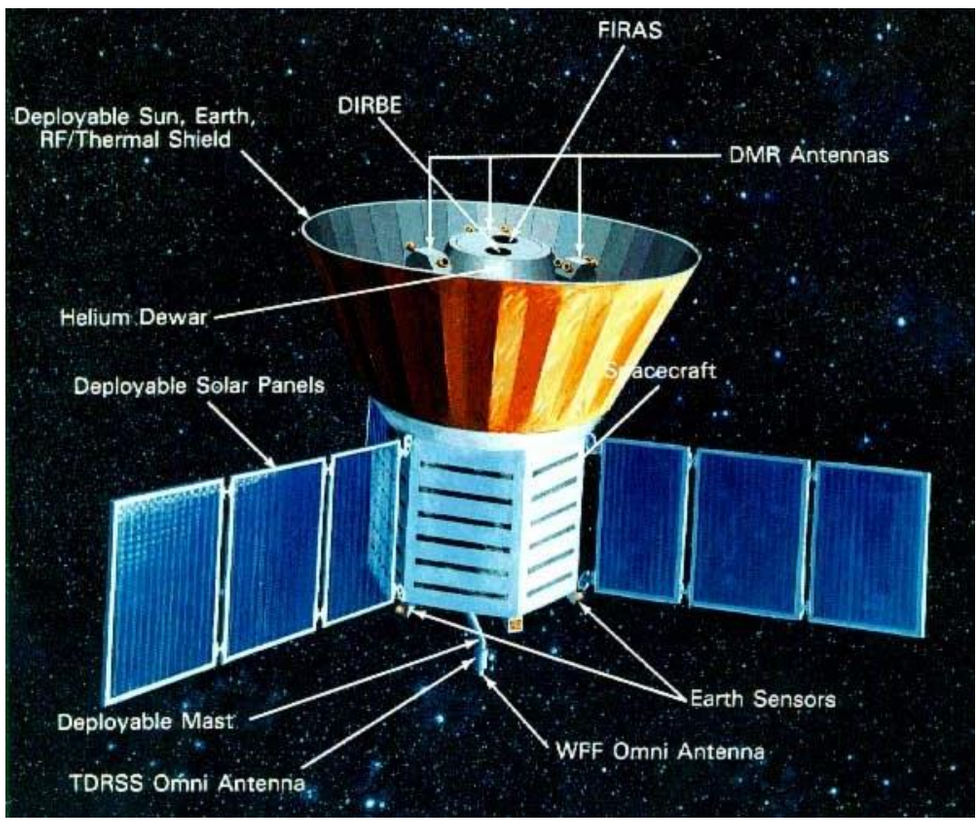
- 1948 yılında Kozmik Mikrodalga Zemin (KMZ) ışınımı öngörüsü (Alpher, Bethe ve Gamow tarafından) yapıldı: «Eğer büyük patlama fikri doğruysa büyük patlamadan arda kalan bir ışıma olmalıdır, bu ışıma mikrodalga bölgede yer almalıdır ve her yönde gözlenmelidir».
- Yapılan hesaplamalar bu ışınımın yaklaşık 3 K (-270 °C) sıcaklığa karşılık gelmesi gerektiğini göstermekteydi.
- Ancak o yıllarda bu dalgaları tespit edecek araç yoktu.
- 1965 yılında A. Penzias ve R. Wilson (Bell Telefon Laboratuvarında) mesajların daha iyi iletilmesi için mikrodalga iletimi üzerine çalışmalar yapıyorlardı.
- Fakat alıcılarına her yönde düşük yoğunlukta gelen radyo dalgalarından yılmışlardı.
- Sonuçta, bu dalgaların büyük patlamada kalan 3 K derecelik sıcaklığa karşılık gelen KMZ ışınımı olduğuna karar verdiler.
- Arno Penzias ve Robert Wilson 1978'de Nobel Ödülü aldılar.



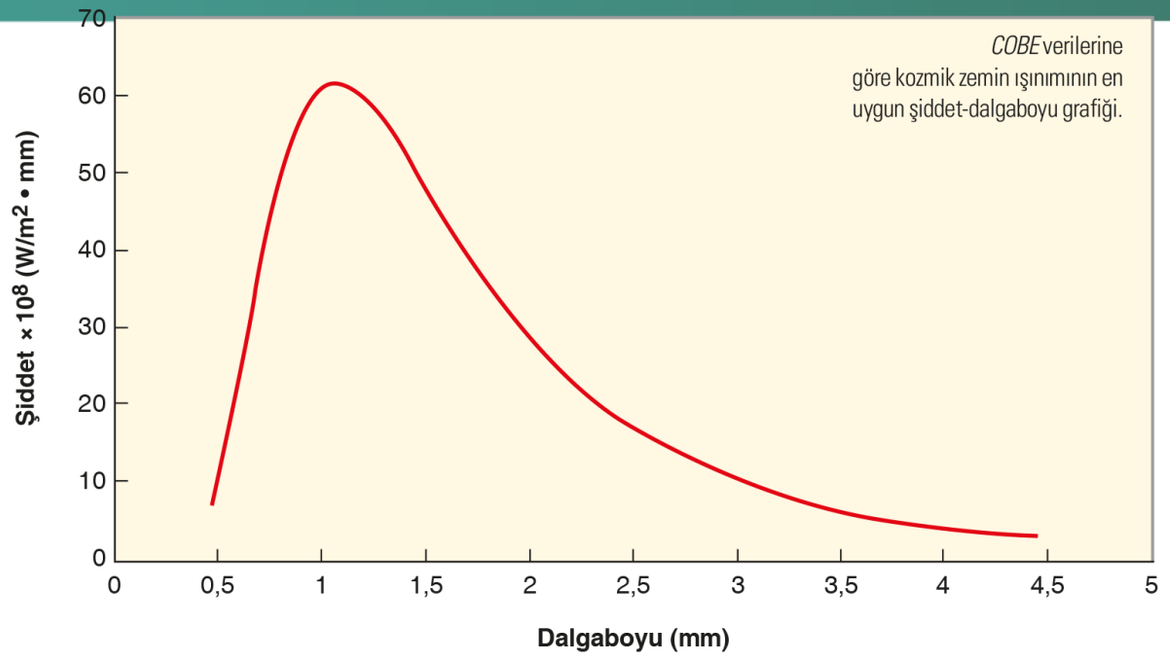
Penzias ve Wilson tarafından kullanılan boynuz şekilli radyo anteni. https://www.kozmikanafor.com/kozmik-mikrodalga-arka-plan-isimasi-nin-kesfi/

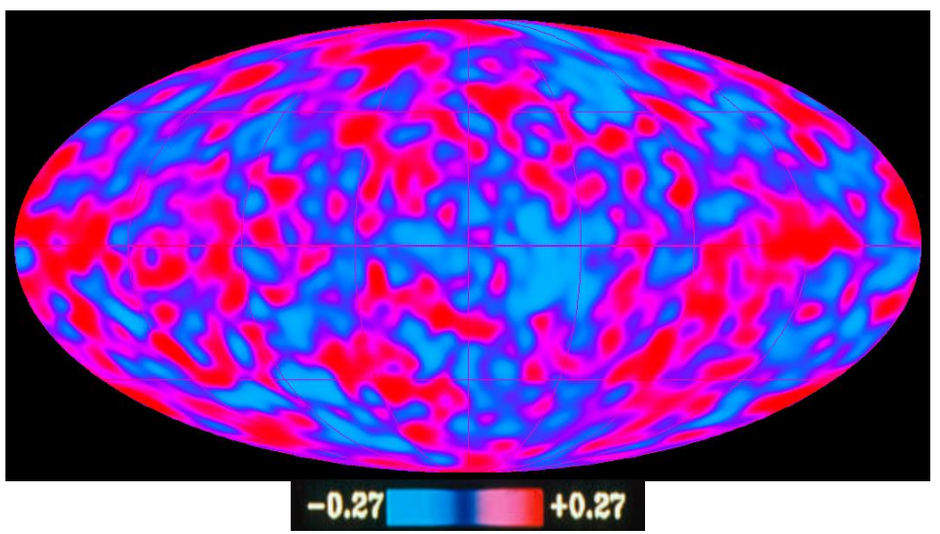
Bu keşif Durağan Hal kuramının sonu oldu.

- 1989'da NASA Kozmik Ardalan Kaşifi (Cosmic Backround Explorer, COBE) uydusunu fırlattı. Işınım Sıcaklığı: 2,725 ± 0,002 K



https://ca.wikipedia.org/wiki/Fitxer:Cobe.jpg



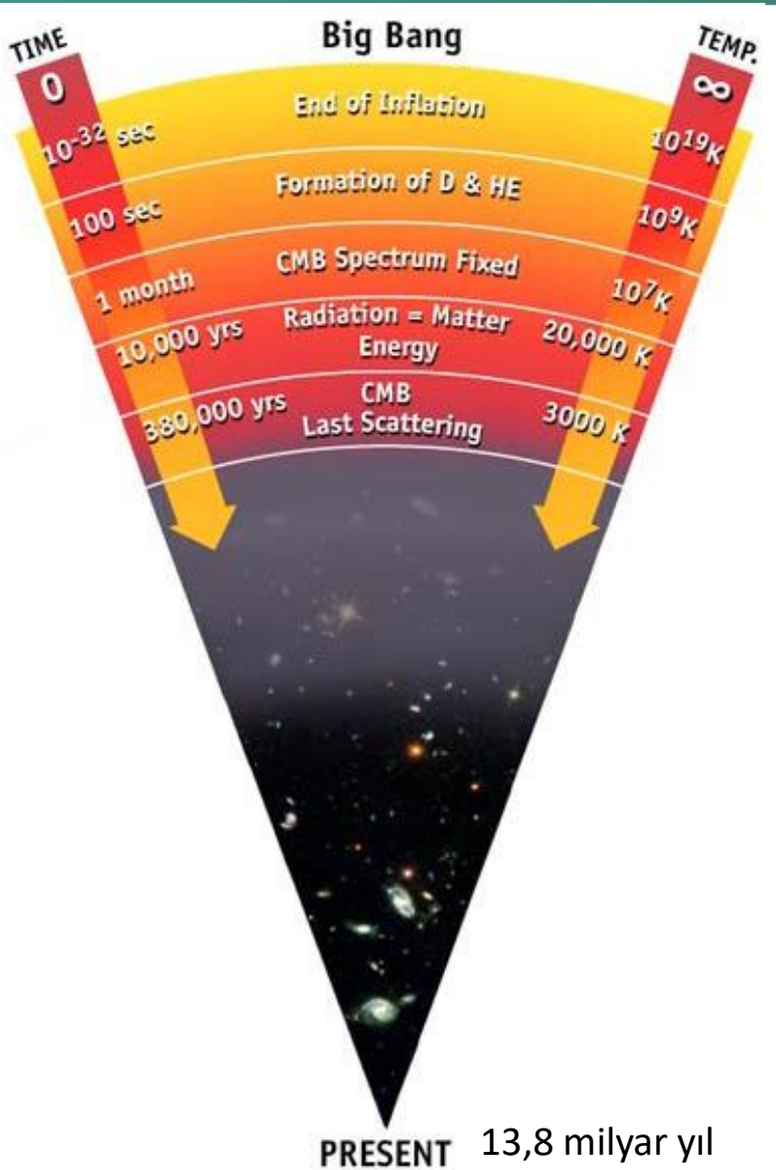


Evrenin COBE tarafından çekilen mikrodalga fotoğrafı

https://www.nasa.gov/topics/universe/features/cobe_20th.html

Evrenin Yaşı

- Büyük patlama teorisi doğruysa, Hubble sabitini kullanarak evrenin yaşını bulabiliriz.
- Ancak Hubble sabitinin zamanla değiştiğini de unutmamak gerekir.
- Bu durumda evrenin yaşı için üst limit 15 milyar yıl olarak çıkar.
- Bilim adamlarının en iyi tahmini, evrenin yaklaşık 13,8 milyar yaşında olduğudur.
- Evrenin yaşını kesin olarak bilmesek de en uzak kuazarın kırmızıya kaymasından evreninin yaşının %96 gerisine baktığımızı kesin olarak biliyoruz.



13,8 milyar yıl

https://www.scienceabc.com/nature/universe/what-is-the-cosmic-microwave-background.html

Hubble (1990) eXtreme Deep Field (2003) Infrared

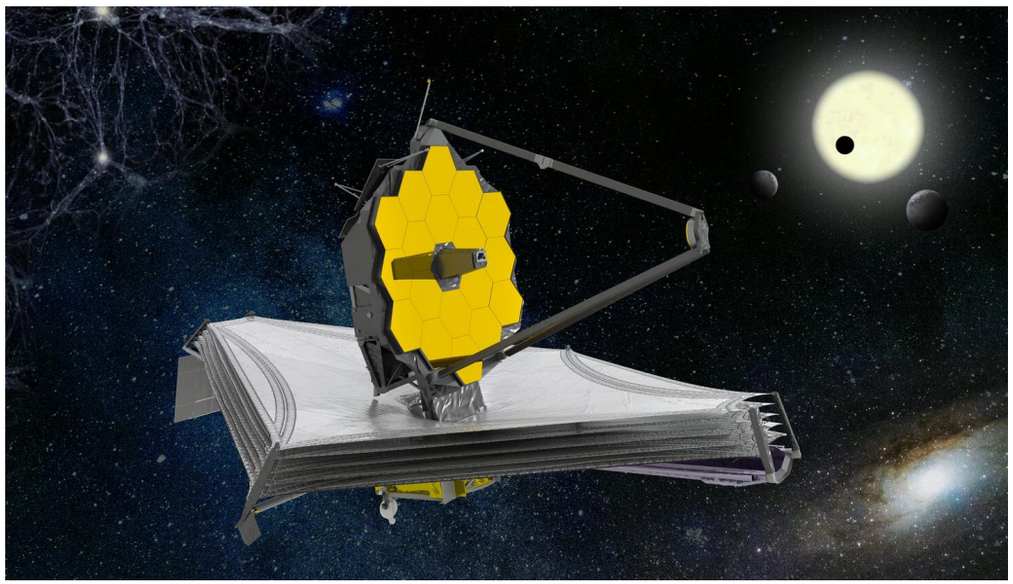
- En çok 13,2 milyar yıl geri yaşa kadar inceleyebiliyor.
  - Evrenin yaşı 13,8 milyar yıl.
  - Dünya'nın yaşı 4,5 milyar yıl
  - İnsanlık yaşı, 150-200 bin yıl (bilimsel)
    - Dini, 7000 yıl
    - Göbekli tepe, 12 bin yıl.



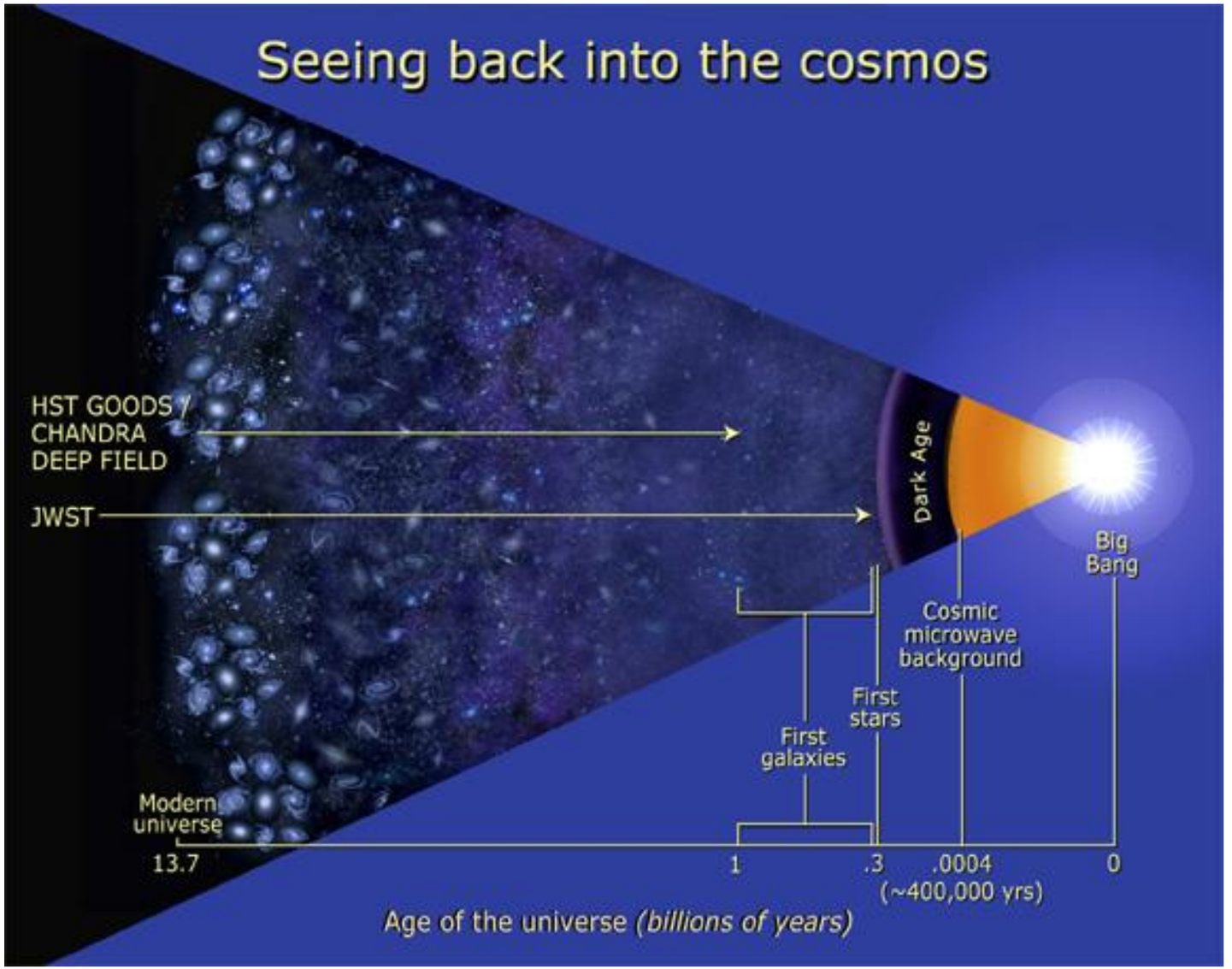
https://tr.wikipedia.org/wiki/Hubble_Uzay_Teleskobu

James Webb Uzay Teleskopu (2021)

- En çok 13,6 milyar yıl geri yaşa kadar inceleyebiliyor.



https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Webb/Selection_of_the_first_James_Webb_Space_Telescope_General_Observer_Scientific_Programmes



https://freshwater-reporter.com/nasa-builds-a-new-time-machine/

Gelecek: Genişleme Duracak mı?

i) Genişleme durmaz ise: Evren büyümeye devam eder. Gökada kümeleri birbirinden ayrılır. Böyle bir evrende yıldızlar hidrojen yakıtlarını tüketirler. Parlak yıldızlar azalır ve en sonunda evren karanlığa gömülür.

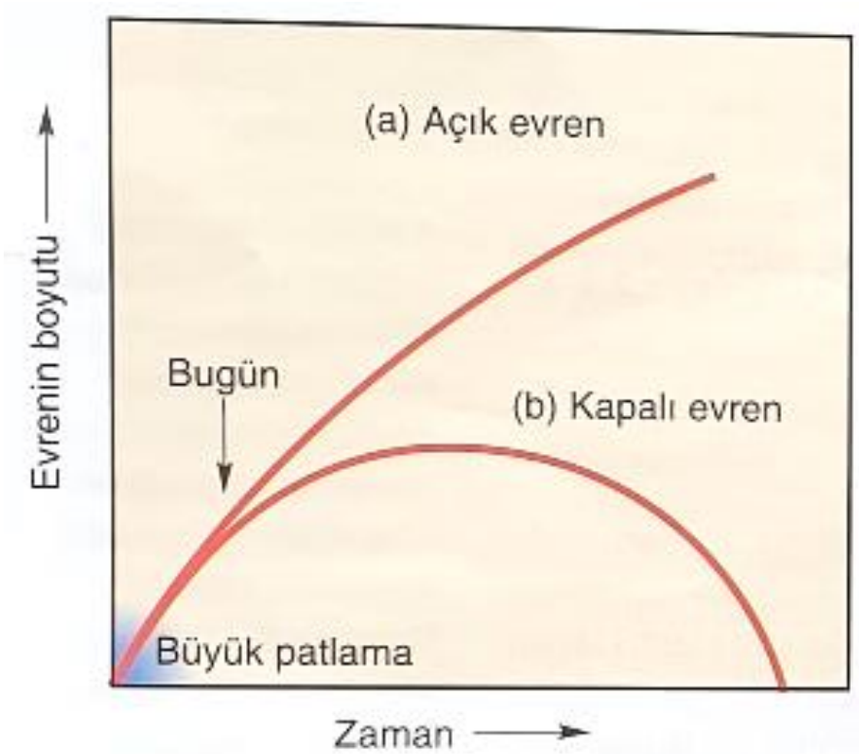
ii) Genişlemenin durması durumu: Kütleçekimi gökadaları tekrar bir araya getirmeye başlar. Bu evrendeki bütün madde inanılmaz bir yoğunluklu bir topa dönüşünceye kadar devam eder, buna büyük çökme denir. Bundan sonra belki yeni bir büyük patlama ve yeni bir evren oluşacak. Böyle bir senaryo salınan evren olarak adlandırılır.

Salınan Evren: Evrenin, patlama, genişleme ve büzülme çevriminin tekrarlandığı büyük patlama teorisidir.

iii) Karanlık enerjili durum: 1990'lı yıllarda alınan gözlem sonuçlarından evrenin genişleme hızının zamanla arttığı öne sürülmektedir. Genişleme hızının zamanla artması kütleçekim kuvvetinin etkisinden daha yoğun bir etkinin varlığını düşündürmektedir. Bu etki karanlık enerji adıyla anılmaktadır. Karanlık enerji herhangi bir kütleçekimsel etki ile tespit edilemez ve herhangi bir ışınım yapmaz.

Karanlık enerji kütleçekim etkisini yenerek evrenin genişlemesini sürdürmesine sebep olur. Bu durumda bütün madde dağılıp parçalara ayrılır. Sonunda her bir parça kendi içinde çökmeye başlar ve bu büzülme sonunda her bir parça yeni bir evren oluşturur.

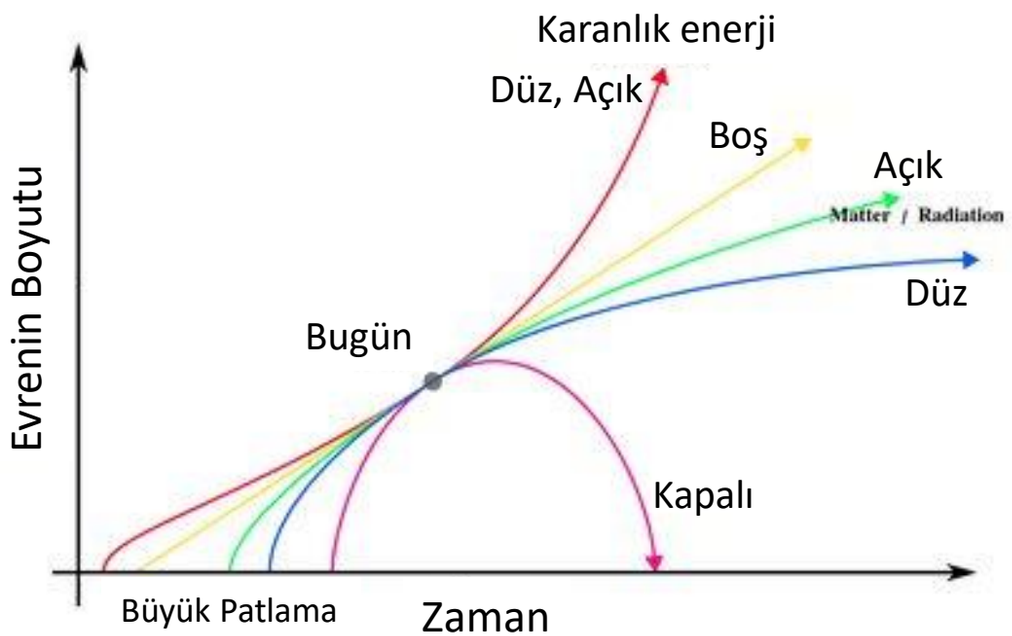
Açık evrenin boyutu sonsuza kadar büyümeye devam eder. Kapalı bir evrenin büyümesi bir gün duracak ve büzülme başlayacaktır. Kapalı bir evrenin salınımlar neticesinde büyük patlamalar ve büyük çökmeler geçirmesi mümkün müdür?



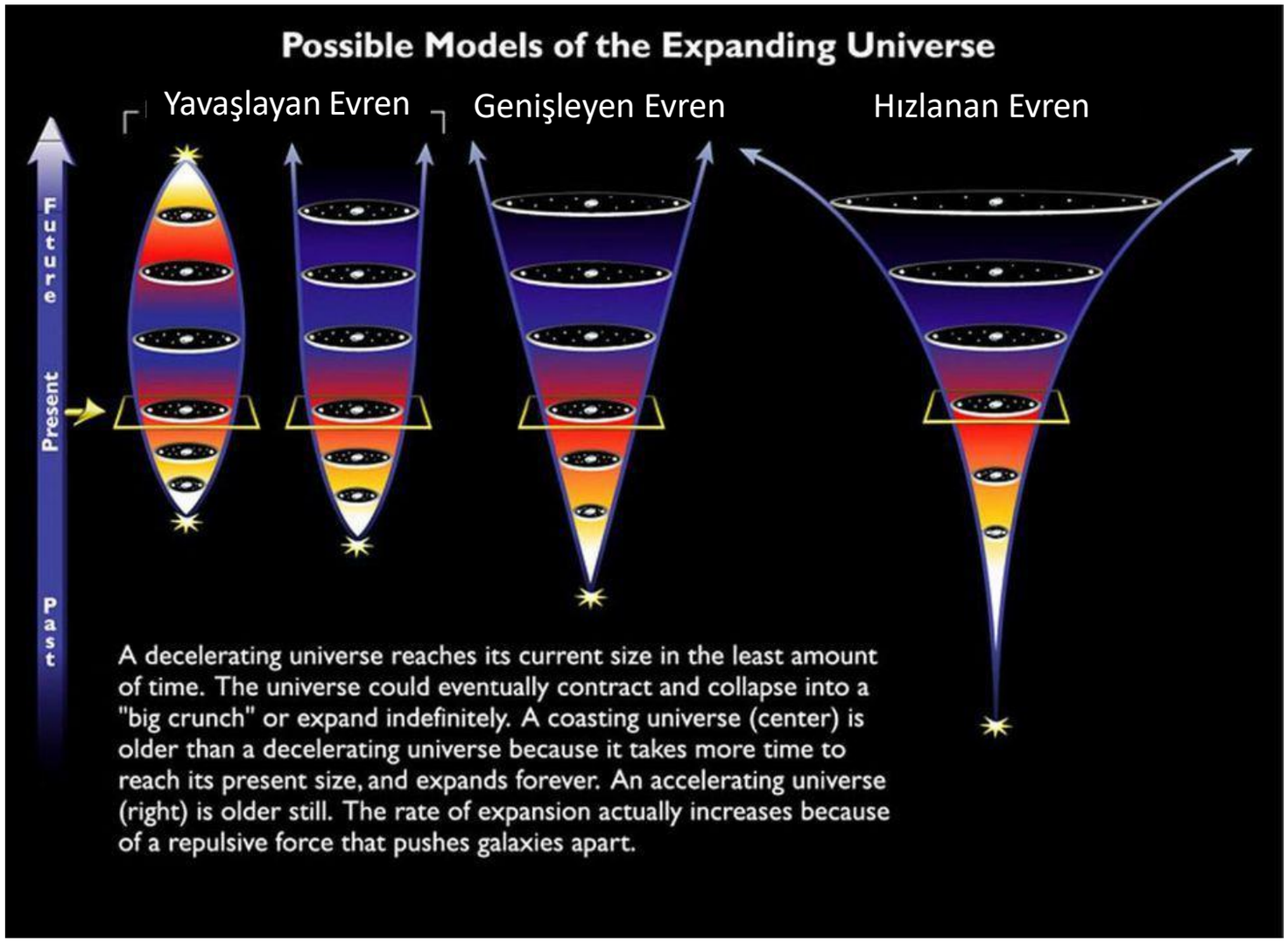


Sonuç olarak:

- Evrenin genişlemesiyle ilgili ilk tahmin ve inanışlar genişlemenin duracağı yönündeydi.
- Ancak gözlemler evrenin düz olduğunu ve artan bir hızla genişlediğini göstermektedir.
- Bu durumu ispatlayan bilim insanları 2011 yılında Nobel Fizik ödülünü kazandılar.



https://www.omnicalculator.com/physics/universe-expansion



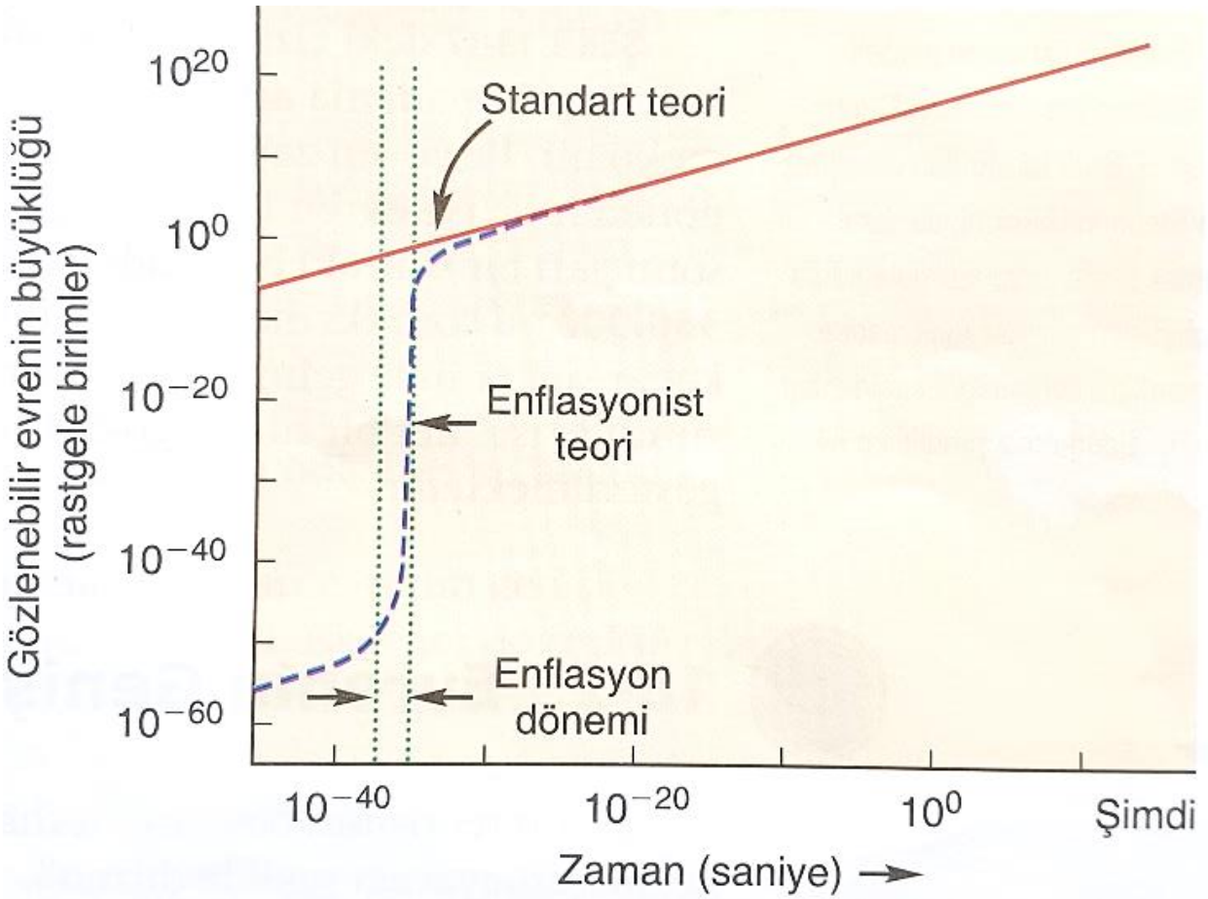
https://www.forbes.com/sites/startswithabang/2018/05/19/ask-ethan-will-future-civilizations-miss-the-big-bang/?sh=3022072b13a5

Enflasyonist Evren

i) Standart Büyük Patlama Modeli: Standart model evrenin neden düz veya düze yakın göründüğünü (düzlük problemi) ve KMZ ışınımının neden her yönde aynı olduğunu (ufuk problemi) tam olarak açıklayamaz.

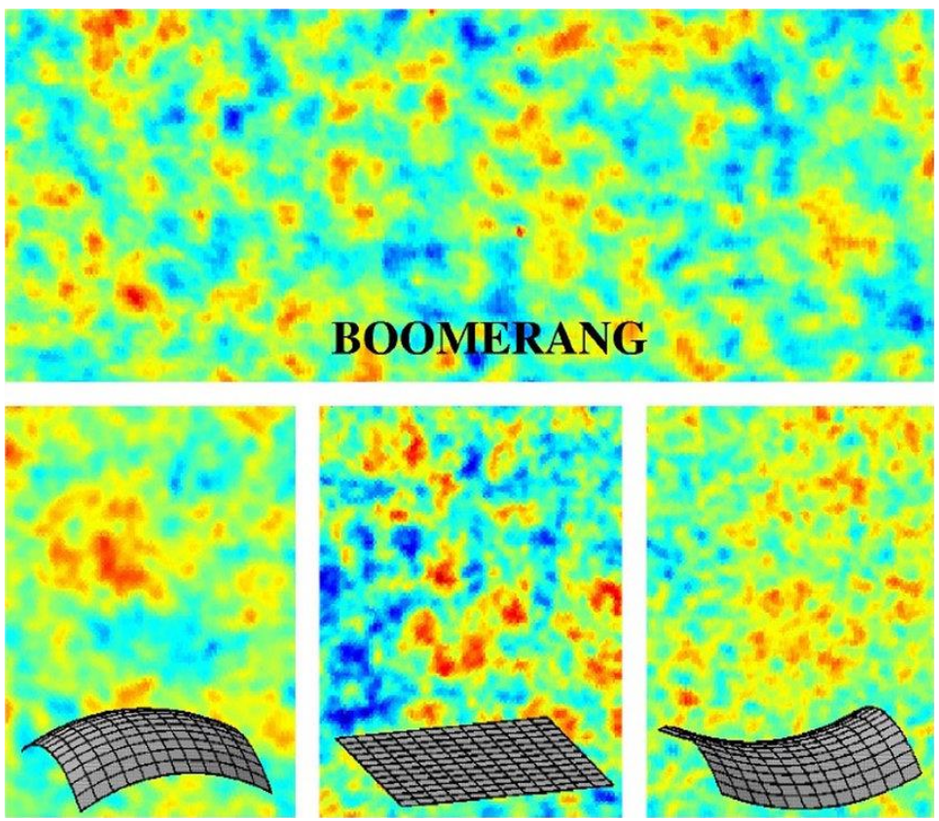
ii) Enflasyonist Evren Modeli: Erken evrenin çok kısa süre içerisinde inanılmaz bir hızla genişlediğini kabul eder. Yukarıda bahsedilen iki problemi açıklar.

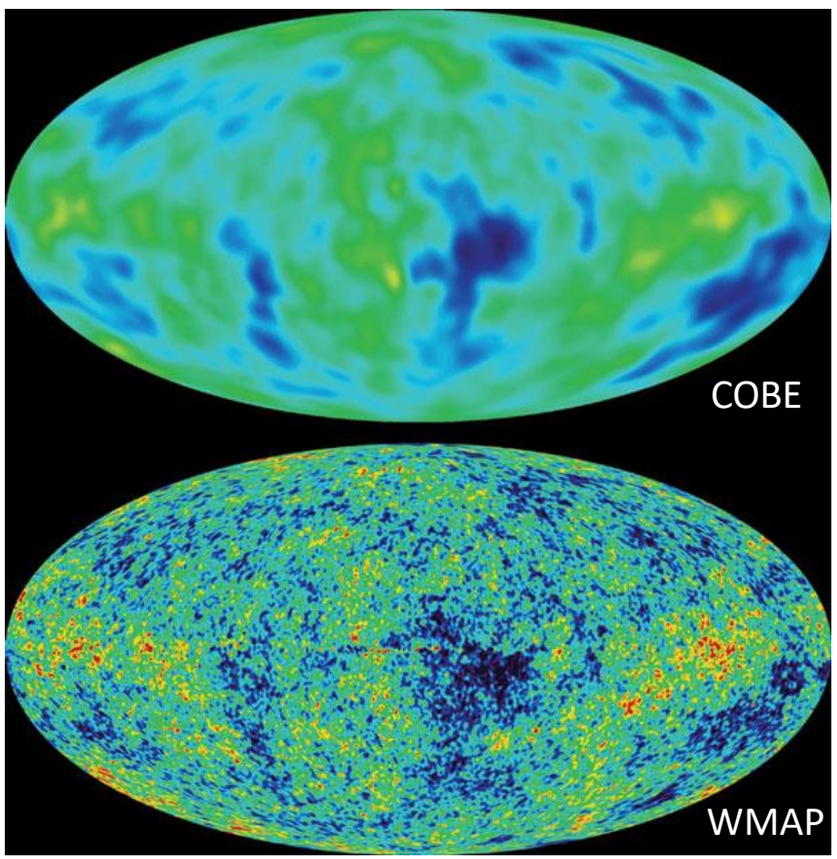
Yaklaşık ilk 10^{-36} ila 10^{-32} saniyeleri arasında evren en tutucu görüşe göre 10^{50} kat genişlemiştir.



Evrenin Geniş Ölçekli Yapısı

- KMZ ışınımındaki sıcaklık dalgalanmaları (parmak izi gibi) büyük patlamadan hemen sonraki koşulları yansıtmaktadır.
- BOOMERANG projesi (1998) ile KMZ ışınımı COBE'den 40 kat daha ayrıntılı haritalanmıştır.
- 2001'de fırlatılan WMAP ile 20 mikroK hassasiyetle ölçüm yapıldı.

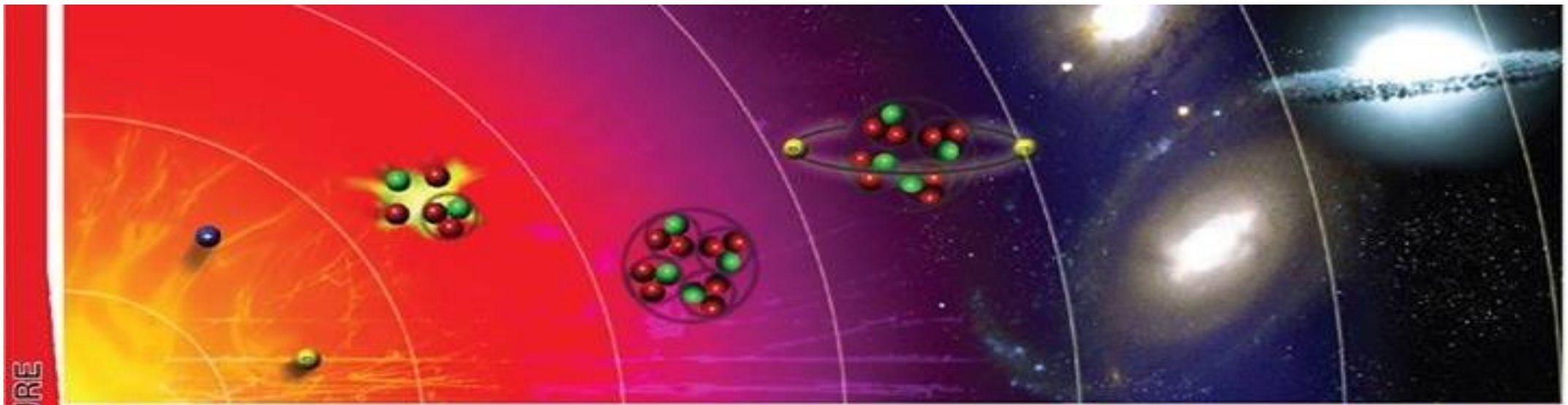




- WMAP sonuçlarına göre:
  - Evrenin yaşı: 13,75 ± 0,11 milyar yıl
  - KMZ ışınımı: 378 ± 03 bin yıl
  - Hubble sabiti 70,4 ± 1,3 (km/s)/Mpc

Evrenin İçeriği	378 000 yaşındaki evren	Şimdiki evren
Atomlar	% 12	% 4,5
Karanlık madde	% 63	% 22,7
Karanlık enerji	< % 1	% 72,8
Nötrinolar	% 10	< % 1
Fotonlar	% 15	< % 1

Zaman		Sıcaklık (K)
0	Büyük Patlama	sonsuz
10^{-32} sn	Enflasyonun sonu	10^{19}
100 sn	Döteryum ve Helyum Oluşumu	10^{9}
1 ay	KMZ Tayfının Sabitlenmesi	10^{7}
10 000 yıl	Işınım Enerjisi = Madde enerjisi	20 000
378 000 yıl	KMZ Son Saçılma (Ayrışma)	2970
Karanlık Çağlar		
440 milyon yıl	Yeniden İyonlaşma	32
13,7 milyar yıl	Günümüz Evreni	2,7 K



SÜRE	10^{-43} saniye	10^{-23} saniye	10^{-6} saniye	3 saniye	3000 yıl	10 milyar yıl	15 milyar yıl
SICAKLIK	Çok yüksek	10^{27} °C	10^{13} °C	10^{8} °C	10 000 °C	- 200 °C	- 270 °C
	Evren, küçük bir atom boyutundayken saniyenin çok kısa bir diliminde üzüm büyüklüğüne ulaştı. Sonrasında da hızlı bir şekilde büyüdü.	Büyüme sonrasında, içinde elektronların ve diğer küçük parçacıkların bulunduğu çok sıcak bir karışım hâline geldi.	Hızla soğumaya başlayan evren bu küçük parçaların proton ve nötronlara dönüşmesine sebep oldu.	Evren, hâlâ çok sıcak bir parçacık bulutu durumundaydı.	Elektronlar, protonlar ve nötronlar atomları oluşturmak için birleşti. Evrende çoğu hidrojen ve helyum olan atomlar oluştu. Hidrojen atomlarının birleşerek helyum atomlarına dönüşmesiyle de ışık oluştu.	Kütle çekimi, hidrojeni ve helyumu daha sonra gök adaları oluşturacak dev bir bulut haline getirdi. Daha küçük gaz kümeleri ise yıldızları oluşturmak üzere yoğunlaştı.	Gök adalar kütle çekiminin etkisi ile kümelendiği için ilk oluşan yıldızların ölümüne sebep olarak uzaya ağır elementler yaydı. Bunlar da yeni yıldızların ve gök adaların oluşmasına sebep oldu.

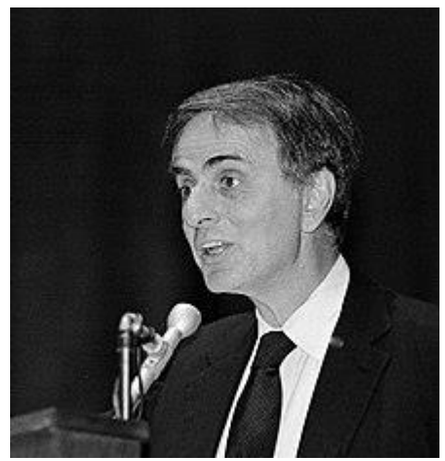
https://www.kozmikanafor.com/buyuk-patlama-buyuk-cokusle-mi-sonlanacak/

19.Bölüm: DÜNYA DIŞI YAŞAM ARAŞTIRMA SERÜVENİ

- Evrende yalnız mıyız?
- Gerçekten yalnızsak evrenin her yerinin aynı olduğu faraziyesi sarsılacaktır.



https://www.bbc.com/future/article/20140211-are-we-alone-in-the-universe



Carl Edward Sagan (9 Kasım 1934 - 20 Aralık 1996), 1960'ta astronomi ve astrofizik üzerine doktora yaptı. Amerikalı gökbilimci ve astrobiyolog. Bilimin popülerleşmesi için yaptığı çalışmalarla tanınır. Yazımında yer alıp sunduğu ödüllü televizyon dizisi Cosmos (Kozmos) ile dünya çapında tanınmıştır. Ayrıca Dünya Dışı Akıllı Varlık Araştırması'nın (SETI) ilerlemesine katkı sağlamıştır.

https://tr.wikipedia.org/wiki/Carl_Sagan

Radyo Araştırmaları ve SETI

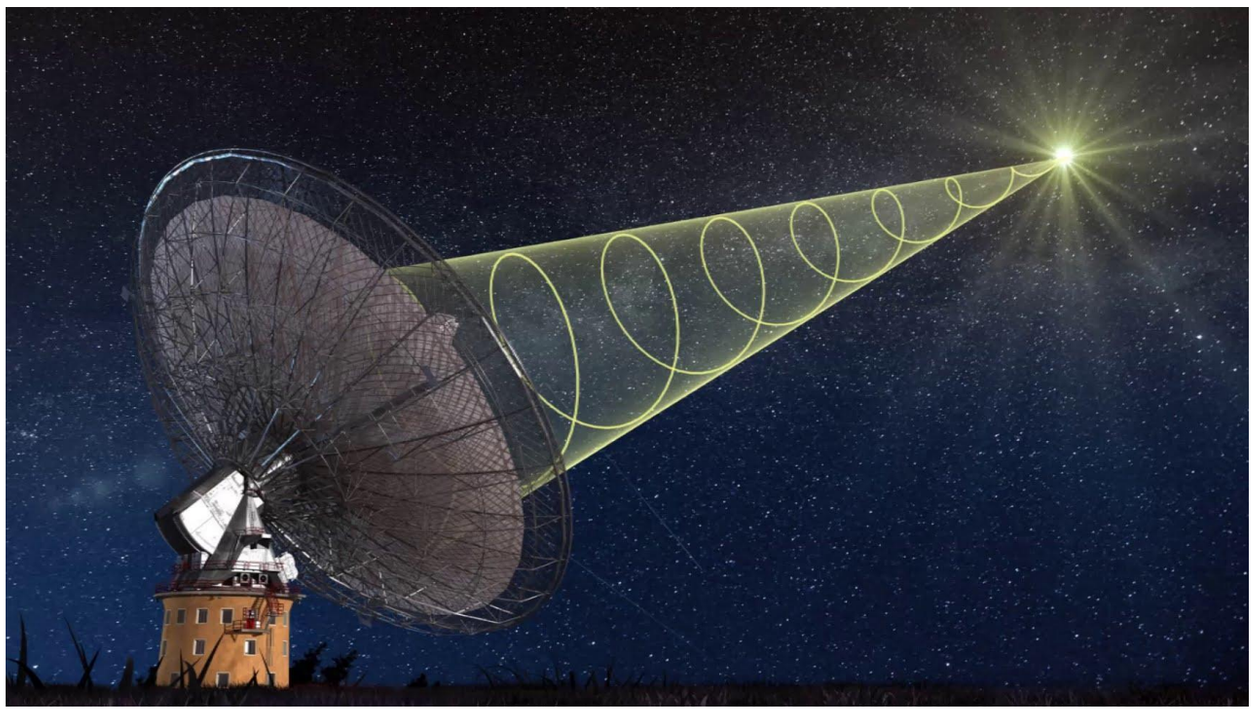
- SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence): Yer dışı zeki yaşam araştırma enstitüsü.
- Radyo dalgaları gaz ve toza rağmen önemli bir bozulmaya uğramadan yoluna devam edip bize ulaşabilir.
- Bu nedenle SETI araştırmaları radyo dalgalarına dayanır.
- Hangi frekans ve yönü inceldiğiniz önemlidir.
- En uygun 21 cm dalgaboylu (1400 Hz frekanslı) ışımadır.
- Modern alıcılar on milyon farklı frekansı aynı anda inceleyebiliyor.



SETI Institute https://www.seti.org/

Yer Dışı Zeka ile iletişim

- Onlarca yıldır uzaya radyo sinyalleri gönderiyoruz. Eğer yakınımızda uzaylı bir topluluk varsa, örneğin 20 ışık yılı uzaklıkta, 50'lere ve 60'lara ait radyo ve TV programlarını izlemiş olmaları gerekir.
- Diğer yandan bu mesajı alan uzaylılar kendi varlıklarını ve söyleyeceklerini daha yeni yayınlıyor olabilir.
- CETI (Communication with Extraterrestrial Intelligence): Yer dışı zekayla iletişim.
- Eğer uzaylılar bulunursa, yıldızlar arasındaki inanılmaz uzaklıklar bir diyalog kurulmasına engel olacatır.
- Dil problemi bilim adamlarına göre aşılabilir. Ortak şeyler olabilir.



https://www.seti.org/humankind-just-beamed-signal-space-aliens-was-bad-idea

- 1974’te Arecibo teleskobu ile içinde 300.000 yıldız olan bir kümeye doğru radyo sinyalleri gönderildi.
- Ne zaman cevap alabiliriz? 26.000 ışık yılı uzaklıktaki kümeye gönderilen mesajın cevabı için 52.000 yıl beklememiz gerekir.



https://sarkac.org/2020/12/arecibo-radyo-teleskobunun-hikayesi/

1 Aralık 2020’de Arecibo radyo teleskobunun çöktü.

Mesajın içeriği:

1. 1'den 10'a kadar sayılar
2. DNA’yı oluşturan elementler olan hidrojen, karbon, nitrojen, oksijen ve fosforun atom numaraları
3. DNA nükletotitlerindeki şeker ve bazların formülleri
4. DNA nükleotitlerinden bazıları ve DNA'nın ikili sarmal yapısını gösteren bir figür
5. Bir insan figürü, ortalama boydaki yetişkin bir erkeğin boyu ve Dünya'daki insan nüfusu
6. Güneş sisteminin bir grafiği
7. Arecibo radyo teleskobunun bir grafiği ve mesajın gönderildiği anten çanağının çapı



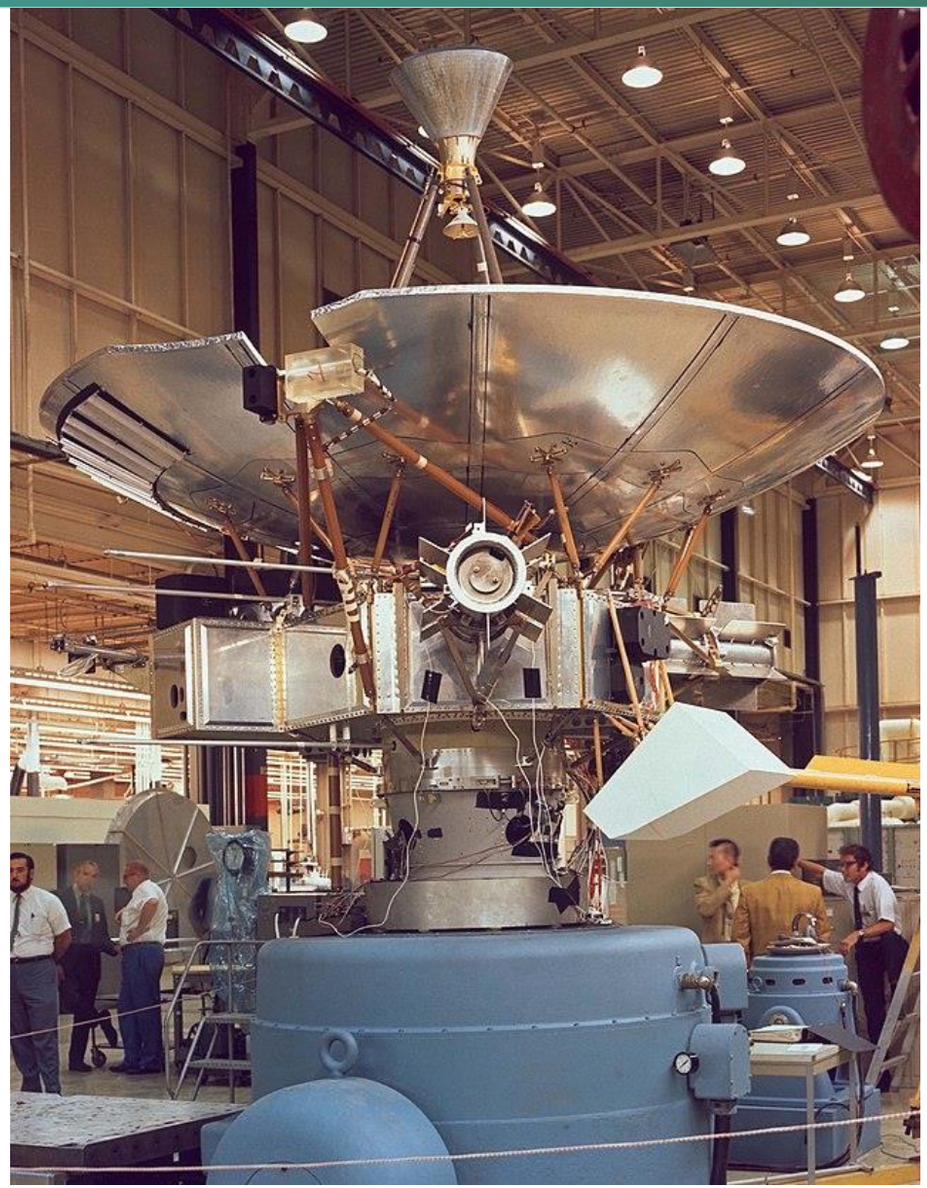
https://tr.wikipedia.org/wiki/Arecibo_mesaj%C4%B1

Yer Dışı Canlılara Mektuplar

Pioneer Levhaları

- 1971 yılı sonlarında Carl Sagan Pioneer 10 ve Pioneer 11 uzay araçlarının Güneş sistemi dışına doğru yönlendirildiğini ve araçlara uzaylılara gönderilebilecek bir mesajın yerleştirilebileceğini öğrendi.
- Sagan ve karısı Linda, Frank Drake ile birlikte 15x23 cm boyutunda altın kaplamalı alüminyum levha üzerine bir mesaj tasarladı.
- Bu levhada bir erkek ve bir kadınla beraber uzay araçlarının menşei ve tasarlayıcıları hakkında bilgi vardır. Ayrıca İkili sayı sistemi ile güneş sisteminin büyüklüğü ifade edilmiştir.

Pioneer programı, Amerika Birleşik Devletleri tarafından gezegenleri incelemek için uzaya fırlatılan insansız uzay araçlarıdır. En dikkati çekenleri Pioneer 10 ve Pioneer 11 olmuştur. Bu uzay araçları dış gezegenleri inceleyip Güneş Sistemi'ni terk etmişlerdir.

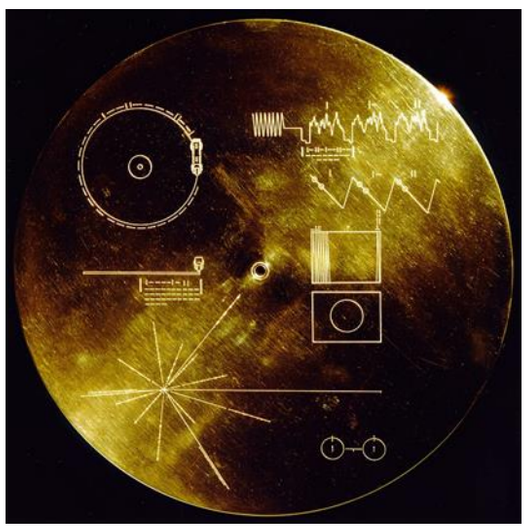


https://www.wikiwand.com/tr/Pioneer_levhas%C4%B1

Voyager Kayıtları

- 1977'de Voyager 1 ve Voyager 2 Jüpiter ve Satürn'e doğru yola çıktı.
- Voyager 1 ve Voyager 2 şimdi Güneş Sistemi'nin dış sınırındadırlar.
- Voyager'deki mesajlar altın kaplama bakırdan yapılmış fonograf plakları üstüne kaydedilmiştir.
- Plağın içeriği Sagan ve çalışma arkadaşları tarafından belirlenmiştir.
- Kaydı oynatabilmek için talimatlar kapak üstünde resimle anlatılmıştır.
- Kayıtlarda Dünya'nın farklı yerlerinden 90 dakikalık müzik, 118 resim ve 60 dilde selamlaşma bulunmaktadır.
- Ayrıca kambur balina sesi de yerleştirilmiştir.
- En hızlı uzay aracı 2 ışık yılı uzaklıktaki bir yıldıza 40.000 yılda ulaşır.

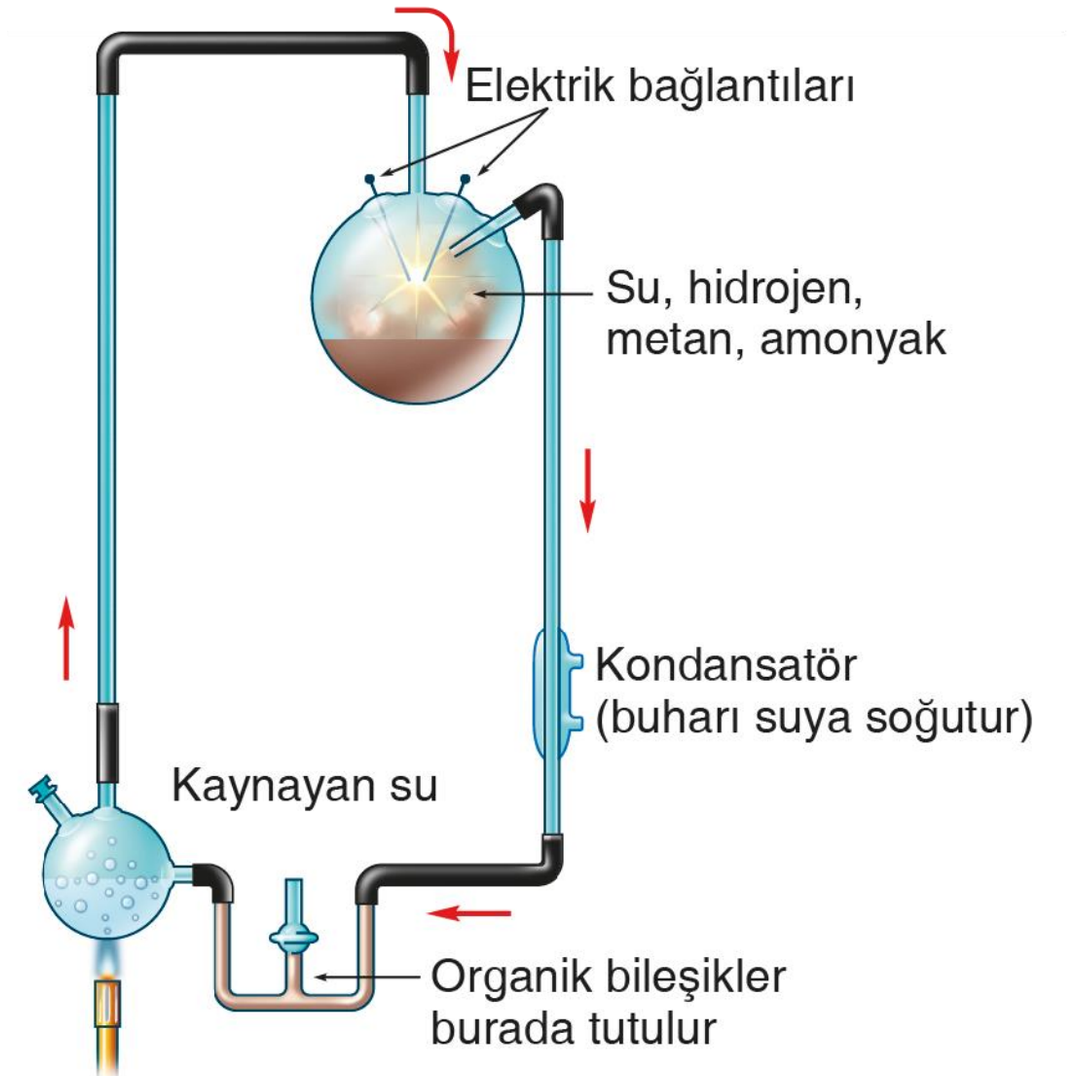






https://tr.wikipedia.org/wiki/Voyager_1

Hayatın Kökeni



Miller-Urey deneyi, yaşam için gerekli organik moleküllerin genç Dünya'nın esas ve koşullarından kolayca oluşabildiğini gösterdi.

Drake Eşitliği

- Samanyolu galaksisi içerisindeki akıllı medeniyetin sayısını hesaplamak için kullanılan denklemdir.
- İlk kez radyo astronomu olan Frank Drake tarafından 1961 yılında ileri sürüldü.
- Drake denklemine göre galaksimizde 10.000 akıllı medeniyet var olduğu tahmin edilmektedir.



$$N = R^{*} \times f_p \times n_e \times f_l \times f_i \times f_c \times L$$

{ İletişim kurabileceğimiz medeniyetlerin sayısı }

{ Akıllı yaşamın gelişmesi için uygun yıldızların oluşum oranı }

{ Gezegen sistemleri olan yıldızların oranı }

{ Yaşam için uygun bir ortama sahip sistem başına düşen gezegen sayısı }

{ Hayatın göründüğü uygun gezegenlerin oranı }

{ Akıllı yaşamın ortaya çıktığı gezegenlerin oranı }

{ Teknoloji geliştiren akıllı uygarlıkların oranı }

{ Bu uygarlıkların uzaya algılanabilir sinyaller bırakma süresi }

https://yalginmavi.blogspot.com/

Herkes Nerede?

- Eğer yaşamın oluşumu yaygın bir şeyse Samanyolunda bizim gibi bir çok topluluk olmalıdır.
- Bizden milyarlarca yıl daha yaşlı topluluklar bekleyebiliriz ve bunlar yıldızlara seyahat edebilecek kadar ilerlemiş olabilir.
- Bu durumda, biz sadece radyo sinyalleri ile değil Dünya'yı ziyaret edenlerle de karşılaşmış olmalıydık.
- O zaman «herkes nerede?»

1) Dünya şimdiye kadar uzaylılar tarafından bir nedenle kim olduklarını öğrenmemizi istemeyecekleri şekilde ziyaret edildi.

ya da

2) Gökada da akıllı yaşam çok nadirdir.

Kaynak:

Evreni Anlama Serüveni, Çeviri editörü: Doç. Dr. Tolga Güver, Nobel Akademik Yayıncılık, 2017,