

6. Konu

Yıldızların Uzaydaki Hareketleri

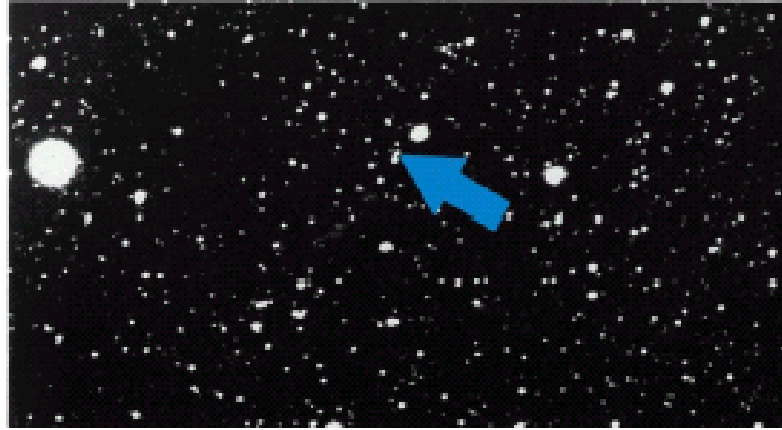
YILDIZLARIN HAREKETLERİ

Öz Hareket

Gezegenlerden ayırdetmek için sabit olarak isimlendirdiğimiz yıldızlar da gerçekte hareketlidirler. Bu, çeşitli yollarla anlaşılır. Bir yıldızın α ve δ sı iki veya üç farklı tarihte çok dikkatle ölçülür ve karşılaştırılırsa onun görünen yerinin daima değiştiği fark edilir. Bu değişimlerin büyük bir kısmı presesyon, nütasyon ve aberasyondan ileri gelir ve bu olaylardan meydana gelen değişimler küçük bir gökyüzü alanındaki bütün yıldızlar için aynıdır. Bunlara bazen “ortak hareketler” denir. Ayrıca özellikle yakın yıldızlar için yıllık paralaktik kayma da koordinatları biraz değiştirir. Koordinatlardaki bu değişimler ya yerin hareketi yada koordinat sistemlerinin temel noktalarının kayması nedeniyle meydana gelmektedir. Bu değişimler gözönüne alınıp çıkarılırsa, çoğunlukla yıldızların görünen yerlerinde hala küçük yerdeğişimlerinin kaldığı görülür ve bu yer değişimleri yıllar geçtikçe düzgün olarak artar. Bu yer değiştirme yıldızın kendine has bir hareketi olduğundan buna yıldızın öz hareketi denir.

Öz hareket, açısal ölçü birimleri cinsinden ifade edilir. Bütün hallerde öz hareket çok küçüktür (sadece 100 kadar yıldızın öz hareketi yılda $0''.1$ den büyüktür. Yılda $0''.1$ hareket ederse yıldız ancak 20000 yılda ayın çapı kadar yer değiştirir). Öz hareketi olan yıldızların çoğunda bu değer bir asır için ancak bir kaç saniyedir. Öz hareket, çok farklı tarihlerde hazırlanmış yıldız kataloglarını veya aynı aletle çeşitli yıllarda alınmış fotoğrafları karşılaştırarak tayin edilir. En büyük öz hareketi olan yıldız Ophiuchus takım yıldızında 10. kadirden bir yıldızdır ve öz hareketi $10''.3$ dir. 1916 yılında fotografik olarak Barnard tarafından keşfedilmiştir.

Barnard Yıldızının Hareketi



August 24, 1894



May 30, 1916

En büyük
öz hareketine
sahip olan
yıldız
Barnard
Yıldızı, yılda
10.38
yaysaniyesi
hız ile
hareket
etmektedir.

The Changing Shape of the Big Dipper

100,000 years ago the Big Dipper had a different shape.



Proper motion is moving the stars of the Big Dipper across the sky.

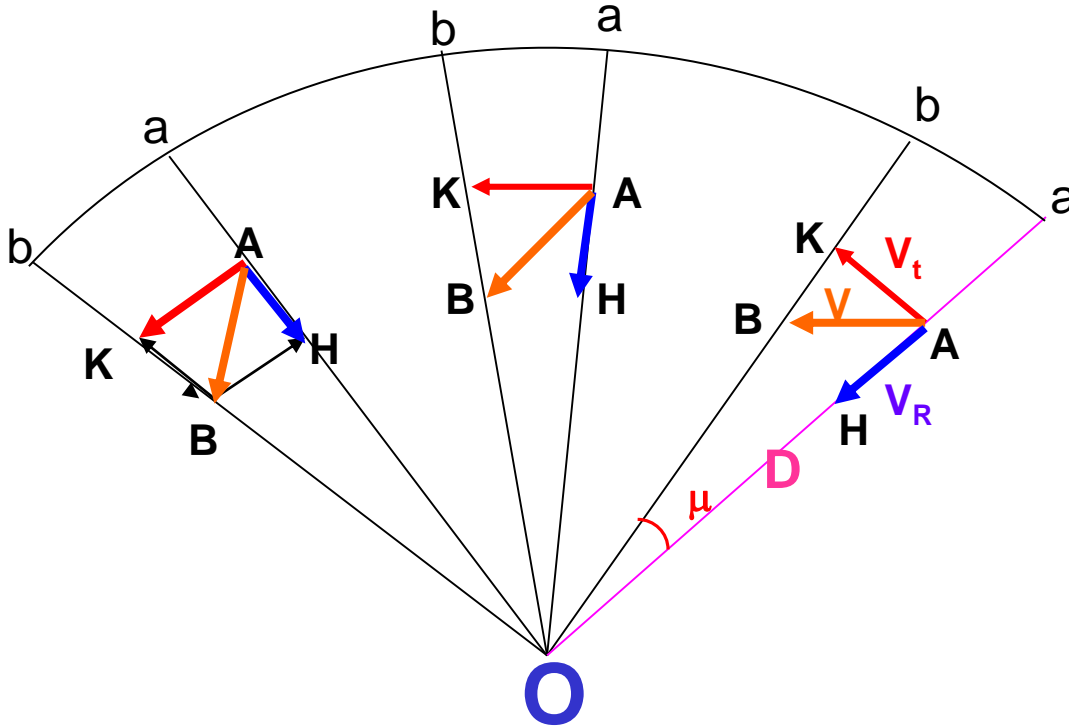


100,000 years in the future, the Big Dipper will have a distorted shape.



YILDIZLARIN HAREKETLERİ

Bir Yıldızın Hareketinin Bileşenleri



Yıldızın görünen yerinin bir değişimi olan öz hareket, yıldızın uzay hareketinin gök küresi üzerindeki izdüşümüdür. Yıldız bir yılda güneş sistemine (O ya) göre A dan B ye hareket etsin. Öz hareket gök küresinin ab yayı olacak ve AOB veya μ açısı ile ölçülecektir. AB uzaklığı yıldızın uzay hareketi olarak isimlendirilir ve bu uzaklık doğrudan doğruya ölçülemez. Fakat radyal hız (V_R) ve teğetsel hız ın (V_t) bir bileşkesi olarak bulunabilir. Yıldızın yıllık paralaksı ve öz hareketi biliniyorsa teğetsel hız bulunur.

$$V^2 = V_R^2 + V_t^2$$

YILDIZLARIN HAREKETLERİ

TEĞETSEL HIZ

$$\begin{aligned}V_t 1\text{yıl} &= D \cdot \mu(\text{rad}) ; \pi(\text{rad}) = a/D \Rightarrow D = a/\{\pi(\text{rad})\} \\V_t 1\text{yıl} &= \{a/\pi(\text{rad})\} \times \{\mu(\text{rad})\} \\V_t &= (a/1\text{yıl}) \times (\mu(\text{rad})/\pi(\text{rad})) \\V_t &= (149.6 \times 10^6 \text{ km} / 3.156 \times 10^7 \text{ sn}) (\mu(\text{rad})/\pi(\text{rad})) \\V_t &= 4.74 \mu/\pi \text{ km/sn}\end{aligned}$$

Radyal hızda yıldızın tayfındaki çizgilerin Doppler kaymasının ölçülmesi ile km/sn olarak bulunur. Eğer yıldızın tayf çizgileri çok keskin ve ince ise mevcut tayf çekerlerle radyal hız 1 km/sn lik bir hata ile tayin edilebilir. çizgiler geniş ve yaygın ise böyle sağlıklı ölçü yapılamaz.

*Radyal hız ve teğetsel hız bilinince yıldızın uzay hareketi bulunur (Şekilde μ açısı çok abartılı çizilmiştir, aslında AKBH bir dikdörtgen kabul edilebilir ve AB pisagor bağıntısından bulunur). **O halde uzay hareketinin bilinmesi için üç tip gözleme gerek vardır: Öz hareket, radyal hız ve paralaks.***

YILDIZLARIN HAREKETLERİ

Doppler Kayması ve Radyal Hız

Bir yıldızın radyal hızı tayf çizgilerindeki Doppler kaymasının ölçülmesi ile bulunur. Hareketli bir kaynaktan gelen ışığın dalgaboyu, yer üzerinde sabit duran bir gözlemci tarafından ölçüldüğünde, kaynağın ve gözlemcinin (yerin) birbirlerine göre uzaklaşma ve yaklaşma hızlarına bağlı olarak değişmektedir. İster kaynak hareketli, gözlemci sabit, ister bunun tersi alınsın, sonuç aynıdır. Çünkü burada önemli olan sadece görelî (relatif) radyal harekettir.

Radyal hız ile dalgaboyu değişmesi arasındaki bağıntı basit bir şekilde bulunabilir. Gözlemciye göre sabit olan bir kaynaktan gelen bir dalgayı ele alalım; eğer bu dalganın frekansı ν_0 ise gözlemci saniyede her birinin dalgaboyu λ_0 olan tam ν_0 dalga alır.

Şimdi eğer gözlemci kaynağa doğru sabit bir V hızı ile hareket ediyorsa, ne olacağını düşünelim. Bu halde göz saniyede ν_0 dalgadan daha fazla alır, çünkü eğer dalga hareketsiz dursa bile, kendi hareketi gözü birim zaman içinde belli sayıda dalgaboyu kadar ileriye götürecektir. İşte bu, eğer kaynağa doğru hareket etmemiş olsa idi alacağı dalga sayısı olan ν_0 a eklenmelidir. Birim zamanda V uzaklığı kadar hareket edildiğinden ve dalganın uzunluğu λ_0 olduğundan, kendi hareketinden dolayı ileriye doğru katettiği dalgaların sayısı tam olarak V/λ_0 veya $\lambda_0=c/\nu_0$ olduğundan $(V/c)\nu_0$ dir. Eğer bunu ν_0 frekansına ilave edersek, kaynağa doğru hareket eden bir gözlemci tarafından ölçülen ışığın frekansı elde edilir.

YILDIZLARIN HAREKETLERİ

Eğer gözlemci kaynaktan uzaklaşıyorsa, ölçülen frekansı bulmak için bu miktar, v_0 dan çıkarılmalıdır. Bundan dolayı gözlemci kaynağa göre V hızı ile hareket ettiğinde kaynaktan gelen ışığın ölçülen frekans için,

$$v = v_0(1 \pm V/c)$$

yazabiliriz. Burada gözlemci ve kaynak birbirlerine yaklaşıyorsa “-” ve birbirlerinden uzaklaşıyorsa “+” alınmalıdır. Bu formül $V \ll c$ olduğu müddetçe Doppler kayması için doğrudur. Eğer V büyük ise formül düzeltilmelidir. Frekans değil, dalgaboyu ölçüldüğünden $v = c/\lambda$ konularak,

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\lambda_0} \left(1 \pm \frac{V}{c}\right) \Rightarrow \lambda = \frac{\lambda_0}{1 \pm \frac{V}{c}} \Rightarrow \lambda + \frac{\lambda V}{c} = \lambda_0 \implies \lambda - \lambda_0 = -\frac{\lambda V}{c}$$

$$\implies \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda} = -\frac{V}{c}$$

$$\implies V = \pm \frac{\Delta \lambda}{\lambda} \cdot c$$

veya tersine çevirerek, $\lambda = \lambda_0 / \left(1 \pm \frac{V}{c}\right)$

$$\implies \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda} = \pm \frac{V}{c}$$

YILDIZLARIN HAREKETLERİ

Bu formül kullanıldığı zaman şu esaslar kabul edilmelidir:

- 1. Eğer yıldız uzaklaşıyorsa tayf çizgileri kırmızıya doğru kayar, λ , λ_0 dan büyüktür, öyle ki $\Delta\lambda$ dolayısıyla V pozitiftir.*
- 2. Eğer yıldız yaklaşıyorsa tayf çizgileri mora doğru kayar, $\Delta\lambda$ ve V negatiftir.*

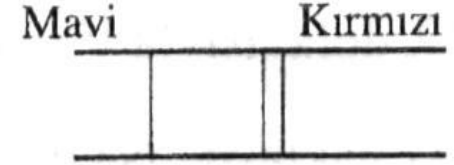
$$\frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda} = -\frac{V}{c}$$

$$V = \pm \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \cdot c$$

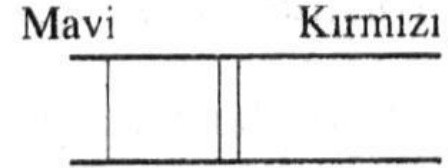
Bu formül, tayf çizgileri gözlenebildiği müddetçe uzaklıklarını hesaba katmaksızın, yıldızların radyal hızlarının doğrudan doğruya bulunmasına olanak verir.

YILDIZLARIN HAREKETLERİ

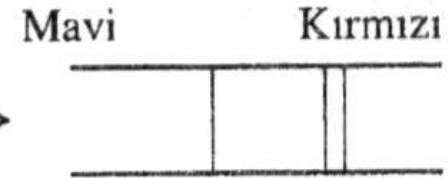
Haraketsiz Kaynak



Yaklaşan Kaynak

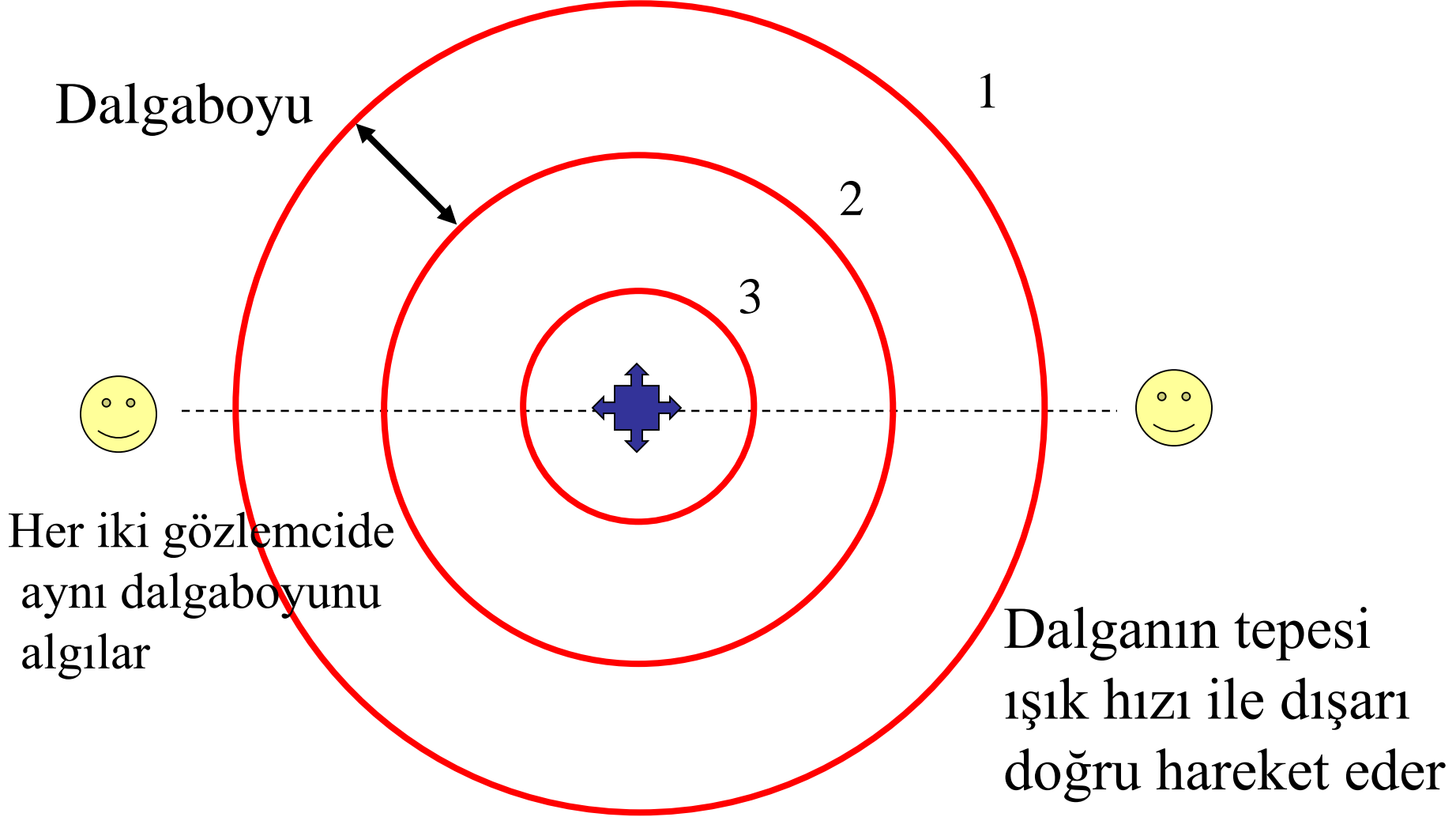


Uzaklaşan Kaynak

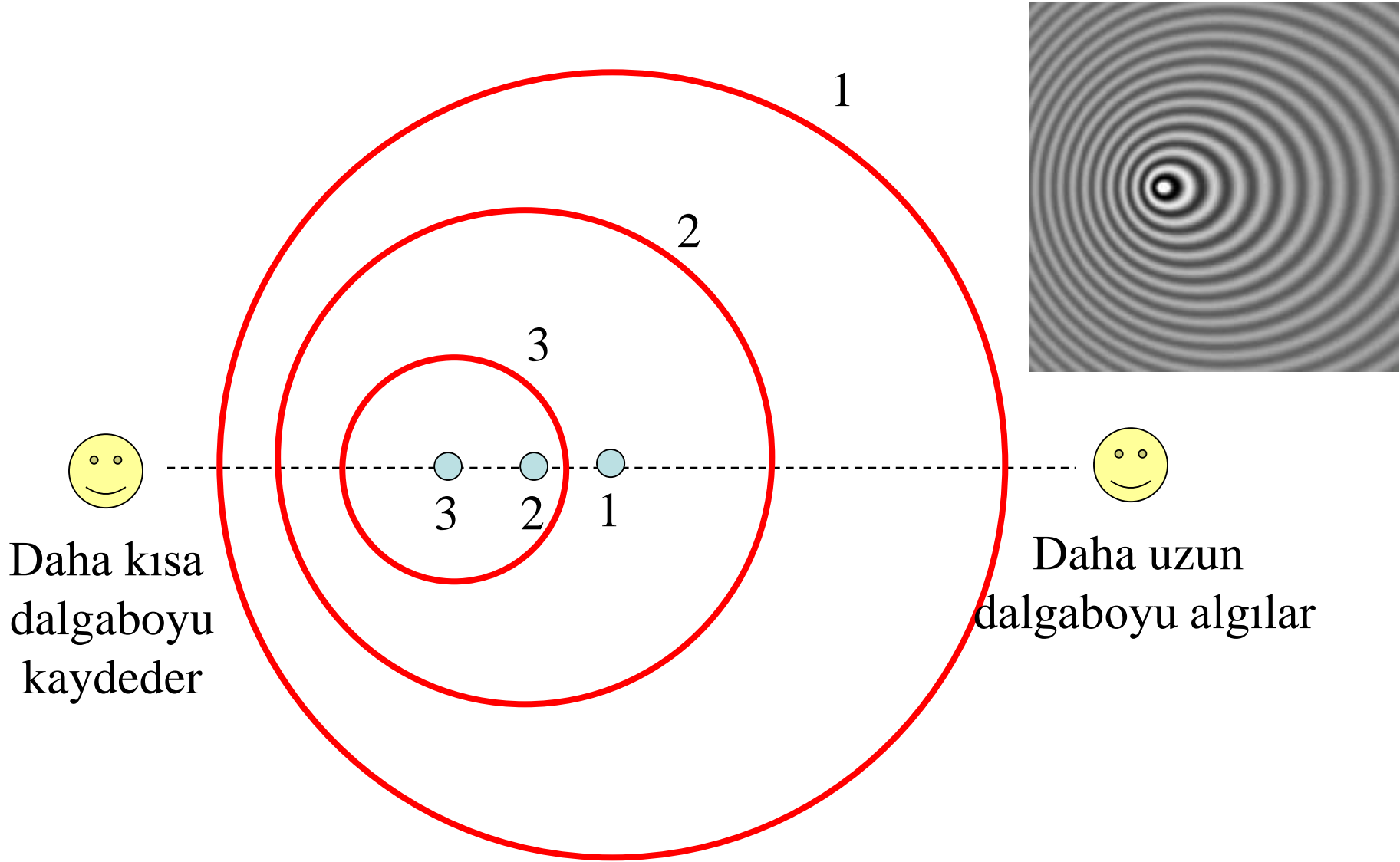


Şekil 20

Kaynak hareketsiz



Kaynak sol tarafa hareket edince



YILDIZLARIN HAREKETLERİ

Örnek: Belli bir yıldızın tayfında 5000\AA dalgaboyundaki çizgi kırmızıya doğru 0.5\AA kaymışsa yıldızın radyal hızı nedir?

$\Delta\lambda = 0.5\text{\AA}$ olduğuna göre

$$V = \frac{0.5\text{\AA}}{5000\text{\AA}} \times 3.10^5 \text{ km/sn} = 30 \text{ km/sn}$$

O halde yıldız bizden

30 km/sn

lik bir hızla uzaklaşmaktadır.

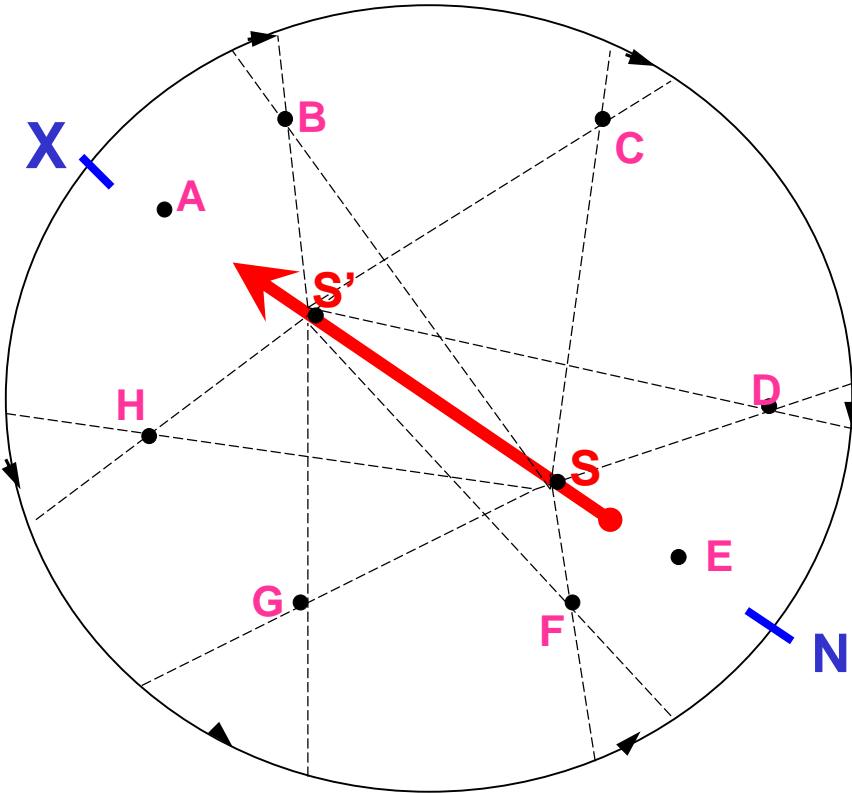
YILDIZLARIN HAREKETLERİ

Yıldızlar Arasında Güneşin Hareketi

Buna Güneş'in özel hareketi (peculiar) denir. Şimdiye kadar Güneş'i sabit kabul edip yıldızların öz hareketlerini ona nazaran ölçtük, halbuki Güneş'in de diğer yıldızlar gibi bir hareketi vardır. Yalnız bu hareketi belirlemek için bir referans sistemi seçmeliyiz. Tabii ki bu sistemde sabit olmayacaktır. Her sisteme göre bir yıldızın öz hareketi başka olacaktır.

YILDIZLARIN HAREKETLERİ

Şekilde daire sonsuz yarıçaplı gök küresini temsil etsin ve Güneş (tabii beraberinde bütün gezegenleriyle birlikte) S den S' ye 100 yılda gitsin, buna karşılık yıldızların herhangi bir hareketi olmasın. B, C, D, \dots yıldızlarının öz hareketi oklarla gösterilen yönde olacaktır.



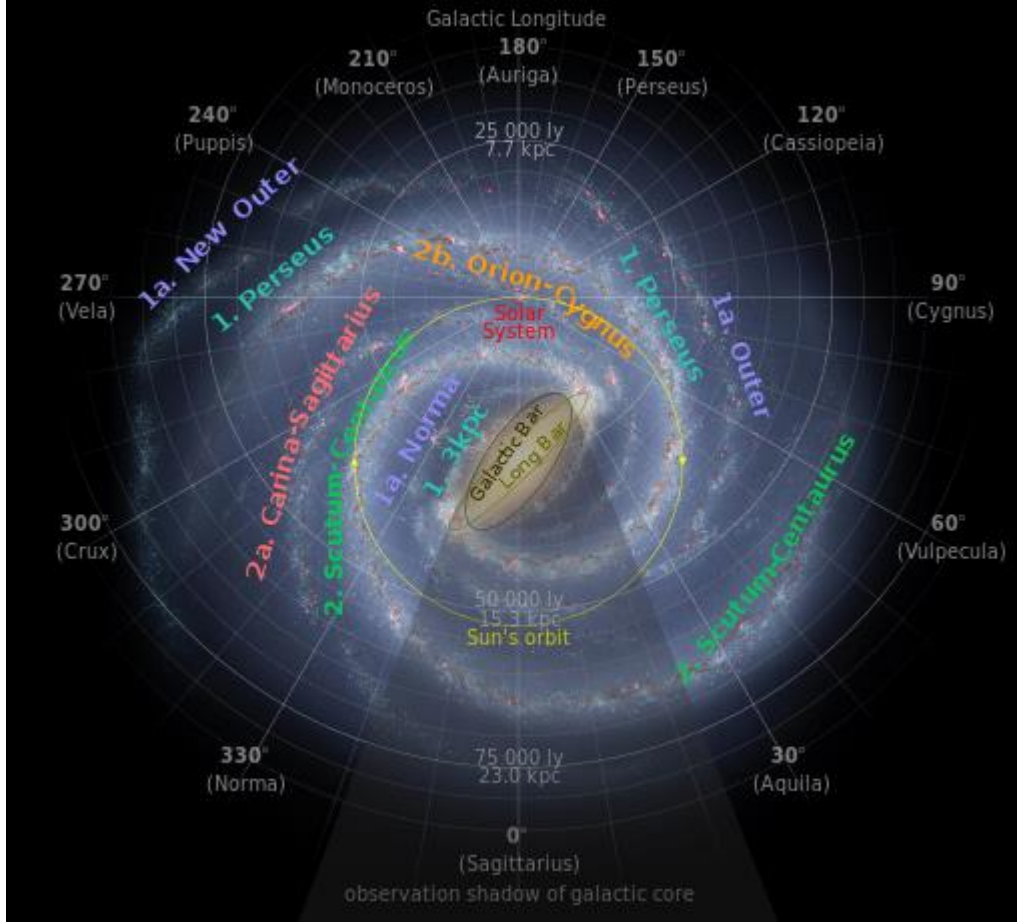
Dikkat edilirse yıldızların hareket yönü X noktasından (güneş o noktaya doğru hareket ediyor) uzaklaşır ve N ye yaklaşır şeklindedir. Bu öz hareketlerin büyüklüğü, Güneş'in hareket hızına, yıldızın uzaklığına ve yıldızın X noktasından olan açısal uzaklığına bağlıdır. A ve E yıldızlarının öz hareketi yoktur; buna karşılık A yıldızının radyal hızı negatif, E nin ki ise pozitiftir, radyal hızlarının değeri ise güneşinkine eşittir, diğer yıldızların radyal hızları tabii ki daha küçük olacak ve onların X ve N noktalarından uzaklıklarına bağlı olacaktır.

YILDIZLARIN HAREKETLERİ

Gerçekte yıldızların da hareketleri vardır, bu da işi biraz karıştırır. Fakat gökyüzünün bir çok bölgesinde seçilmiş yıldızların görünen hareketlerini alarak, güneşin hareketini bu seçilmiş yıldızlar sistemine göre tayin edilebilir. Güneş yakınında 20 pc yarıçaplı bir bölge içinde bu iş yapıldı (yakın yıldızlar alınarak galaktik merkez etrafındaki dönme hızları ihmal ediliyor). Alınan yıldızların hareketlerinin rastgele dağılmış olduğu, yani farklı yönlerde, farklı hızlarla hareket ettikleri kabul edilirse, bu yıldızların Güneş'e göre hareketlerinin ortalaması güneşin hareketini verecektir. Çünkü bu durumda yıldızların hareketlerinin ortalaması sıfır olur ve ortada yalnız güneşin hareketinin neden olduğu görelî hareket kalır. Bu şekilde, Güneş'in ortalama 20 km/sn lik bir hızla Herkül takım yıldızında bir noktaya doğru hareket ettiği bulunmuştur. Bu noktaya (X noktası) Apeks, karşısındaki noktaya (N noktası) Antiapeks denir. Apeksin koordinatları $\alpha=18sa$, $\delta=30^\circ$ dir (Vega yıldızına yakın).

YILDIZLARIN HAREKETLERİ

O halde, yıldızların öz hareketlerinin içinde yıldızın özel hareketinden başka güneşin özel hareketi nedeniyle yıldızın görelî yerdeğiştirmesi de vardır. Ayrıca Samanyolu'na dahil bütün yıldızlar (Güneş de) samanyolu merkezi etrafında dönmektedir. Bu dönme güneş sistemindeki gezegenlerin dönmesi gibidir; yani merkeze yakın olan yıldızlar uzak olanlardan daha hızlı dönerler. Güneş'in samanyolu dışındaki cisimlere nazaran hareketi Doppler kaymasının ölçülmesinden elde edilebilir. Bu şekilde güneşin samanyolu merkezi etrafındaki dönme hızının da yaklaşık olarak 250 km/sn olduğu bulunmuştur. Samanyolu merkezine güneşten daha yakın olan yıldızlar güneşten daha hızlı döneceklerdir. O halde öz hareketlerin içine bu farklı galaktik dönmeden ileri gelen farklılarda yansıyacaktır. Yıldızların özel hareketleri dediğimiz hareketler ise rastgeledir. Onlar yıldızların doğuşlarında kazanıp sonra diğeryıldızların ve yıldızlararası gaz bulutlarının çekim etkisi ile değışikliğe uğramış hızlardır.



Galaktik Yıl (Kozmik Yıl): Güneş Sistemi'nin Gökada etrafında bir tur atması için gereken süredir.

225-250 milyon yıl