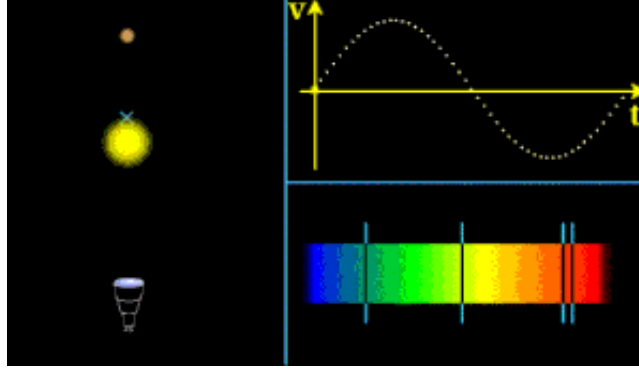
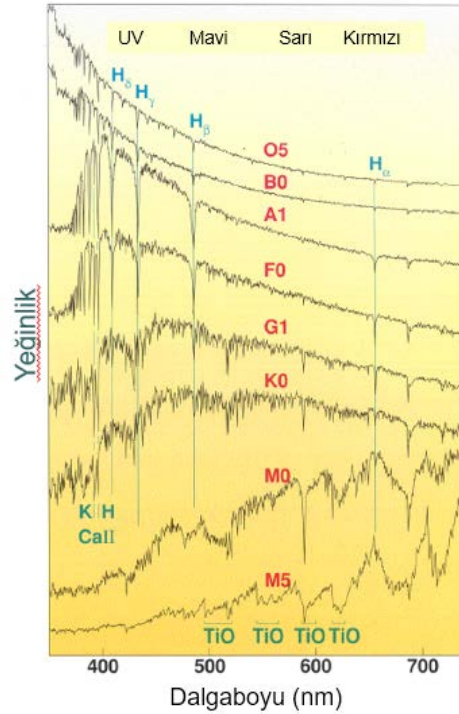


5. TAYFSAL ÇİFT YILDIZLAR: Gözlemler, Yörünge Parametreleri ve Genel Özellikleri

Tayfsal çift yıldızlar, çıplak gözle veya teleskopla bileşenleri ayrı ayrı görülemeyen, fakat çift oldukları tayflarındaki çizgilerin dönemli olarak değişim göstermelerinden anlaşılan sistemlerdir. Birkaç garip (peküler) sistem hariç, dönemli olarak yıldızların tayf türlerinde bir değişim meydana gelmez. Tayflarındaki çizgilerin yer değiştirme miktarlarının ölçülebilmesi için en azından bakış doğrultumuzdaki hızın birkaç km/sn olması gerekir. Son zamanlarda bu sınır gelişen gözlem ve analiz yöntemleri sayesinde birkaç m/sn ölçüsüne kadar ulaşmıştır.

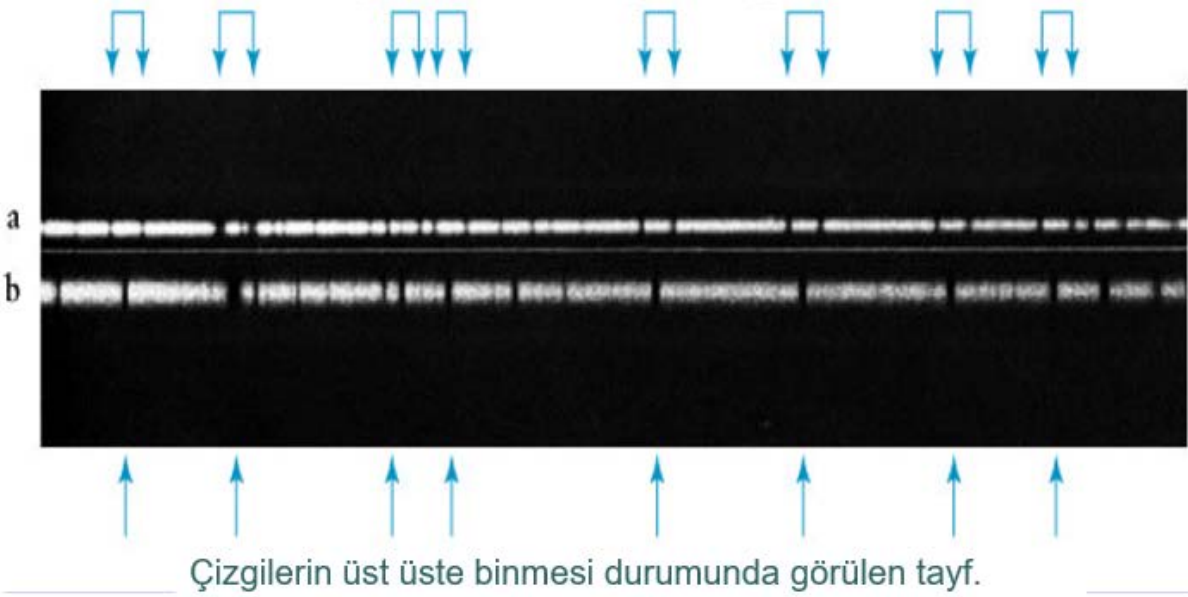


Şekil 5.1. Hareketli görüntü. Sol kütle merkezi etrafında dolanan iki bileşenin yörüngesi. Sağ üst, periyodik harekete karşılık gelen bileşen yıldızların hızlarındaki değişim. Sağ alt, yıldızların gözlenen tayflarında mevcut çizgilerin periyodik olarak kırmızıya ve maviye kayması.



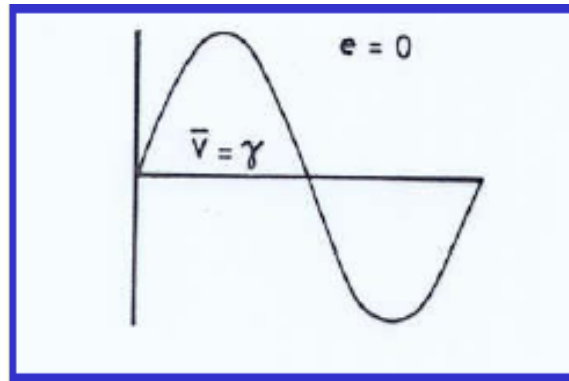
Şekil 5.2. Farklı tayf türünden (sıcaklıklardaki) yıldızların optik bölge tayfları.

Tayfsal çift yıldızların yörüngeleri, görsel çift yıldızlara göre oldukça küçüktür. Yaklaşık 1000 adet tayfsal çift yıldız keşfedilmiş ve bunlardan 400 kadarının yörüngesi iyi bir şekilde belirlenmiş durumdadır. Gerçekte ise bütün çift yıldızlar aynı zamanda tayfsal çift yıldızlardır.

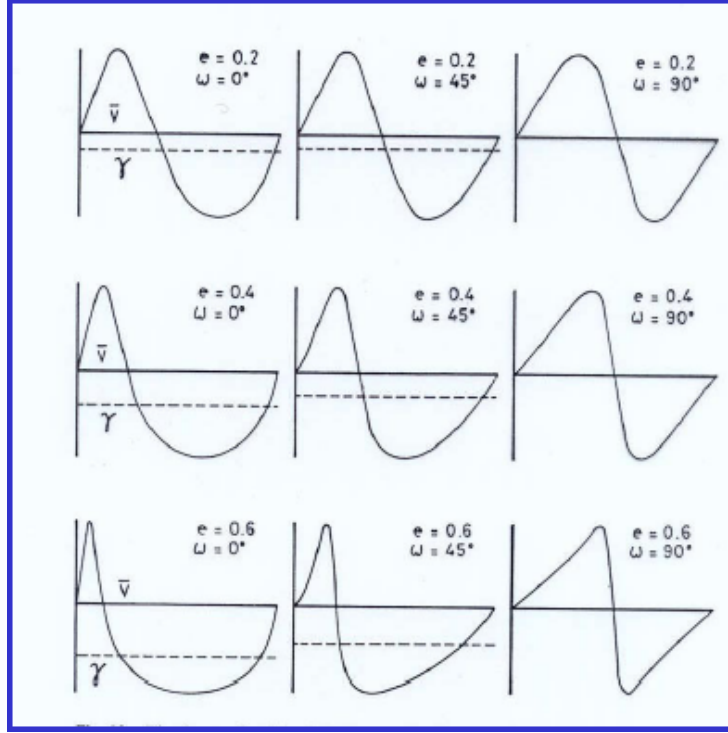


Şekil 5.3. Aynı yıldızın iki farklı tarihte alınmış tayfı. Üstte görülen tayfta aynı elementlere ait çizgiler çift olarak görülürken, alt tayfta bu çizgiler üst üste gelmiş durumdadır.

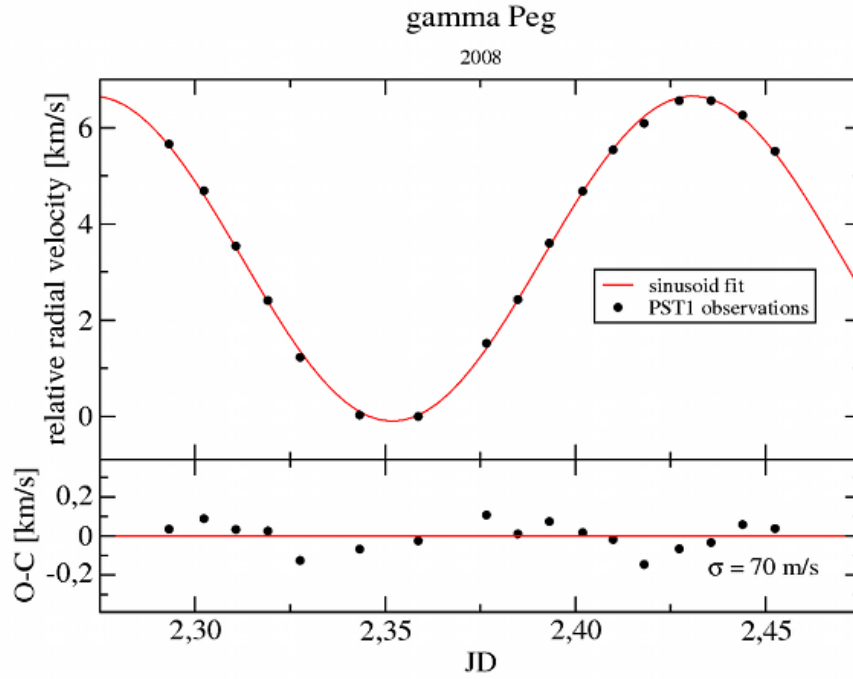
Yıldız tayflarında görülen çizgilerin yer değiştirme miktarı bileşen yıldızların hızlarına bağlıdır ve bu değişim Doppler ifadesi ile belirlenir. Yıldızların dikine hız eğrilerinin biçimleri yörünge e dışmerkezlik ve ω açlarına çok bağlıdır. Aşağıda verilen şekilde bu parametrelere bağlı olarak teorik dikine hız eğrilerinin aldıkları şekiller gösterilmiştir.



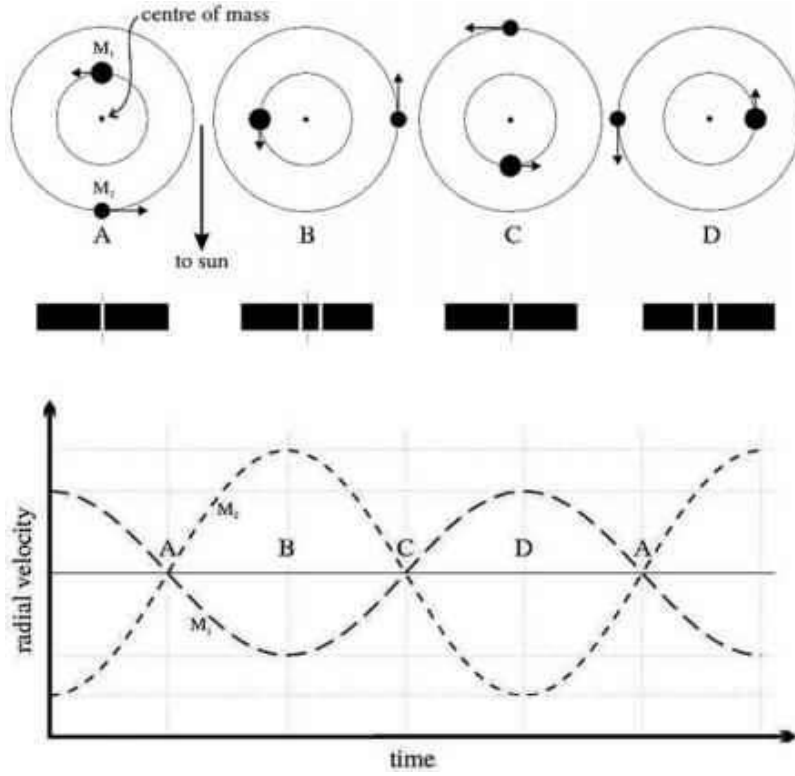
Şekil 5.4a. Yörünge dışmerkezliğin sıfır olması yani dairesel yörüngede dolanan bir sistem olması durumundaki değişim bulunmaktadır.



Şekil 5.4b. Farklı e ve ω değerlerine göre teorik dikine hız eğrilerindeki değişim



Şekil 5.5. Gamma Peg sistemine ilişkin örnek bir dikine hız eğrisi.



Şekil 5.6. Kütle merkezi etrafında dolanan iki yıldızın zamana bağlı olarak yörünge üzerindeki konumları ve hızlarındaki değişim

Tayfsal gözlemler, genel olarak büyük boyutlu teleskoplar ve bu teleskoplara bağlı tayfçeker adını verdiğimiz donanım kullanılarak yapılabilmektedir. Günümüzde tayfsal gözlemler konusunda önemli gelişmeler kaydedilmiştir: aynı anda yüzlerce yıldızın tayfının alınması, yüksek ayırma güçlü tayfların alınması, bilgisayarlar yardımıyla analiz yöntemlerinin geliştirilmesi, fiber optik kablolar kullanılarak teleskop ve aksamından kaynaklı etkilerin yok edilmesi, dalgaboyu kalibrasyonunda kullanılan yeni sistemler bunlar arasında sayılabilir. Ayrıca Dünya çevresinde dolanan uydularımız sayesinde, yer atmosferi nedeniyle gözleyemediğimiz dalgaboylarında da gözlemlerin yapılabiliyor olması gibi önemli teknolojik gelişmeler yaşanmıştır.

Basit bir tayf, ışığın bir prizmadan geçirildikten sonra görüntüsünün alınması ile elde edilir. Prizma, ışığın farklı dalgaboylarına yayılmasını sağlar. Bu sadece alınan görüntü üzerinde ışınım kaynağının farklı dalgaboylarındaki özelliklerini taşıyan ve özünde dalgaboyuna karşılık enerji veya akı içeren bir görüntü ile karşılaşılır. Elektromanyetik tayf olarak adlandırdığımız bu değişim yıldızlar hakkında bize önemli bilgiler sağlar. Bir yıldızın tayfı alındığında temel olarak karacisim enerji dağılımına benzer bir değişim üzerine binmiş soğurma ve/veya salma çizgileri ile karşılaşırız. Soğurma ve/veya salma çizgileri bize yıldızda ne tür elementlerin ve görelî olarak ne oranda bulunduğunu, yıldız atmosferine ilişkin sıcaklığı (tayf türü), yıldızın ışınım sınıfının ne olduğunu ve bu bölümde ele alacağımız gibi hangi hızlarda hareket ettiği gibi yıldız astrofizikinde çok önem verdiğimiz bilgilere ulaşabilmemizi sağlar. Yıldızların ayrıntılı tayfsal analizleri sayesinde bu bilgilere ilaveten başka bilgilere de ulaşmak mümkündür.

Öncelikli olarak dikkate alınması gereken önemli bir konu ışınım kaynağının hareketinin görelidir. Yani, bir cisim bizim yaklaşmamız ile cismin bize yaklaşması arasında bir fark bulunmaz. Her iki durumda da görelilik olarak gözlemlerimizde aynı etki gerçekleşir. Yaklaşan bir cismin tayfı alındığında, ışığın frekansı artar, uzaklaşan bir cisim ise frekans küçülür. Dalgaboyu ile frekans arasındaki ilişkiden ($f=\lambda/c$), yaklaşan cisimlerin dalgaboyu kısalmış, uzaklaşan cisimlerin ise dalgaboyu uzamıştır. Bir başka ifade ile yaklaşan cisimlerin dalgaboyu maviye kayar, uzaklaşan cisimlerin dalgaboyu ise kırmızıya kayar. Bu tür hareketler nedeniyle cisimlerin tayflarını aldığımızda, yıldızların sahip oldukları salma ve/veya soğurma çizgilerinin, laboratuvar ortamında aynı elementler için ürettiğimiz çizgiler ile aynı dalgaboyunda görülmezler. Aynı çizgilerin dalgaboyları arasındaki fark gözlemler sırasında karşılaşılabileceğimiz her türlü hareketin bileşkesinden kaynaklanır. O nedenle bu hareketlerin neler olduğunun bilinmesi ve yıldızla ait olmayan hareketlere ilişkin düzeltmelerin yapılmasına ihtiyaç duyulur.

Tayfsal Gözlemlerde Bulunan Harici Etkiler

Tayfsal gözlemler Dünya üzerinde yapılıyorsa bu durumda;

- Yer'in Günlük Hareketi
- Yer'in Yıllık Hareketi
- Galaktik Hareket

gibi gözlemcinin konumuna ilişkin her türlü harekete ilişkin etkinin yıldız gözlemlerinden arındırılması gerekmektedir. Eğer gözlemler Dünya çevresinde dolanan bir uydu ile yapılıyorsa bu durumda bu uydunun hareketi de dikkate alınmalıdır. Örneğin Hubble Uzay Teleskobu yaklaşık olarak Dünya etrafında 95 dakikada bir dolanımını tamamlar ve yaklaşık olarak 27300 km/saat (7.64 km/sn) hızla hareket eder. Ayrıca ekvator düzlemine göre $28^{\circ}.5$ eğimle bir yörüngesel harekette bulunur.

Tayfsal gözlemlerde mevcut bu etkiler dikkate alındığında bir yıldızın tayfı alındığında, gerçekte ölçtüğümüz yıldız hızının, $V_m=V_d+V_y+V_r+V_t$ gibi bir denklemlerle ifade edebiliriz. Burada;

V_m : Gözlenen yıldızın hızını

V_d : Dünya'nın kendi eksenini etrafındaki dönmesinden kaynaklanan etkiyi (günlük hareket)

V_y : Dünya'nın Güneş etrafındaki dolanımı nedeniyle kaynaklanan etki (yıllık hareket)

V_r : Yıldızın bakış doğrultumuzdaki hızından kaynaklanan etkiyi

V_t : Güneş'in (dolayısıyla Dünya ile birlikte) Galaktik hareketinden kaynaklanan etkiyi

göstermektedir. Hız vektörel bir büyüklük olduğundan hızların toplamı vektörel olarak gerçekleştirilmelidir. Bu şu anlama gelmektedir, ışınım kaynağının bize yaklaşma veya uzaklaşması nedeniyle çizgiler yer değiştirdiğine göre, hız hesabında sadece bakış doğrultumuzdaki bileşenlerin toplamını alabiliriz. Bakış doğrultumuza dik doğrultuda hareket eden bir cismin tayfını aldığımızda çizgilerin konumlarında bir değişim olmaz. Bu durumda amacımız yıldızın hızının belirlenmesi olduğuna göre ifademiz,

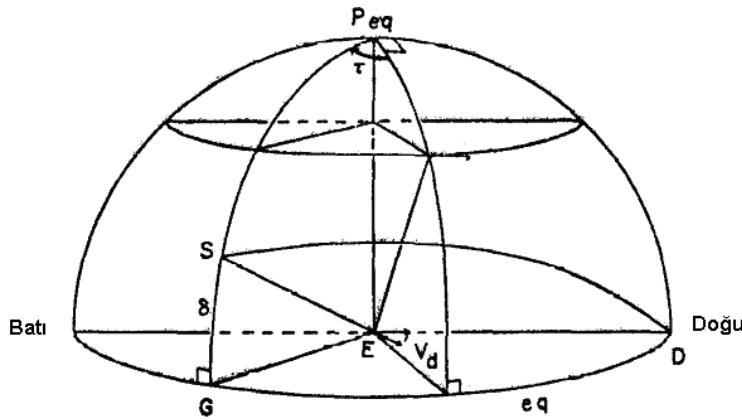
$$V_r=V_m-V_d-V_y-V_t$$

şeklinde olmalıdır.

Dünya'nın kendi eksenini etrafındaki etkiyi hesaplamak gerçekte oldukça kolaydır. Dünya'yı katı bir cisim ve tam bir küre olarak dikkate aldığımızda, yüzeyde bulunan her nokta aynı sürede tam bir dolanımını tamamlayacaktır. Bu süre 1 gündür ve 24 saat'e karşılık gelir. Fakat bu süre Güneş'e göre tanımlanmış bir zamandır. Gerçekte ise yıldızların Dünya etrafında tam bir dolanım yapması için gereken süre yıldız gün kullanılmalıdır ve bu süre $23^h56^{dk}04.9^{sn}$ dir. Dünya, bu süre içerisinde 360° lik bir açıyı tamamladığına göre, ekvatorunda bulunan bir gözlemcinin hızı, $V=2\pi R_{ekv}/P$ denklemi kullanılarak hesaplanabilir. $R_{ekv.}=6378$ km, $P=23.9344699$ saat= 86164.09 sn alındığında,

$$V_d(km/sn) = \frac{2\pi \cdot 6378 \text{ km}}{86164.09 \text{ sn}} = 0.4651 \text{ km/sn}$$

değeri bulunur.



Şekil 5.7. Günlük harekete ilişkin şekil.

Ekvatorundan kutuplara doğru gidildiğinde günlük harekete ilişkin yarıçap değeri küçülecek ve kutuplarda sıfır olacaktır. Yani kutup noktasında bulunan bir gözlemci yaklaşık 24 saatte bir kendi etrafında dolacaktır. Bu noktada dönme hızı sıfır olacaktır. Dolayısıyla gözlemcinin hızı, bulunduğu enleme bağlı olarak ekvatorunda 1 ve kutuplarda 0 değerini alacak şekilde bir çarpan ile değişecektir. Ekvatorunda enlem 0° ve kutuplarda bu değer 90° olduğuna göre bu çarpan $\cos \varphi$ olmalıdır. Ayrıca, gözlenen yıldızın dik açılığı sıfır olduğunda ekvator üzerindeki bir yıldız ve 90° olduğunda ise kutup doğrultusunda olan bir yıldız gözleneceği için yine aynı şekilde değişim $\cos \delta$ ile çarpıma sahip olmalıdır. Bununla birlikte yıldız meridyende olduğunda ki saat açısı 0^h olacaktır hareket bakış doğrultumuza dik doğrultuda gerçekleşecektir ve bu nedenle bakış doğrultumuzdaki hız bileşeni sıfır olmalıdır. Yıldız tam doğuda iken yıldızla doğru en büyük hızla yaklaşma, batma anında ise yıldızdan en büyük hızla uzaklaşma gerçekleşir. Bu durumda günlük harekete ilişkin değişim -90 ile $+90$ arasında -1 ile $+1$ aralığında değişen bir çarpan içermelidir. Bu ise τ saat açısı olmak üzere $\sin \tau$ şeklinde bir değişim olacaktır. Bu çıkarım Şekil 5.7.'de verilmiş olan SDG küresel üçgenin çözümünden elde edilecek,

$$\cos DS = \cos \delta \cos (90 + \tau) = -\cos \delta \sin \tau$$

ile de denetlenebilir. Bu durumda günlük harekete ilişkin hız ifademizi,

$$-V_d = -0.47 \cos \varphi \cos \delta \sin \tau$$

şeklinde yazabiliriz. Burada φ gözlemcinin enlemini, δ yıldızın dikaçıklığını ve τ ise yıldızın saat açısını göstermektedir.

Dünya'nın Güneş etrafında dairesel bir yörüngede dolandığını kabul edelim. Ortalama Dünya-Güneş uzaklığı 149.5 milyon km'dir. Dünya, Güneş etrafındaki dolanımını 1 yılda ($365.25 \times 24 \times 60 \times 60 = 31.56$ milyon saniye) tamamladığına göre, yörüngesi üzerindeki hızı;

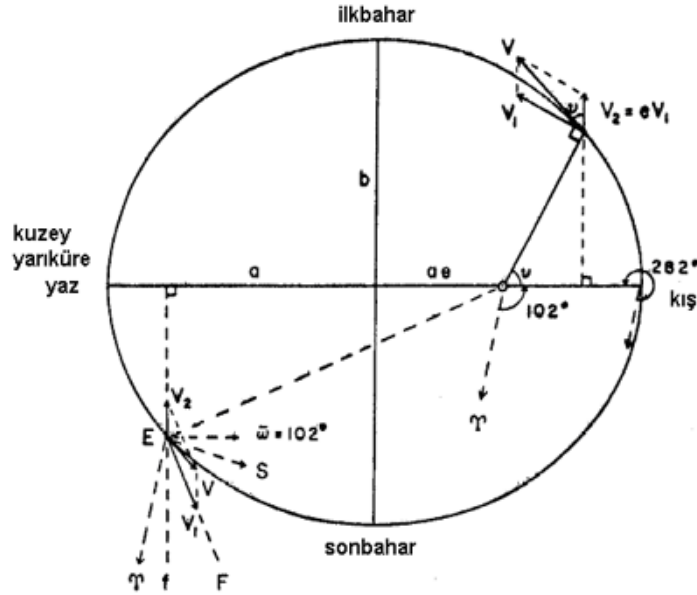
$$V_y (km/sn) = \frac{2\pi \cdot 149.5 \times 10^6 \text{ km}}{31.56 \times 10^6 \text{ sn}} = 29.76 \text{ km/sn}$$

kadardır. Dünyanın hareketine ilişkin hız doğrultusu, hız ve yarıçap vektörleri birbirlerine dik doğrultular olduğundan, ekliptik düzlemi üzerinde Güneş'e göre 90° lik bir açı yapar. Bu nedenle F noktasının boylamı ($\odot - 90^\circ$) olacaktır. Gözlemi yapılan herhangi bir yıldızın ekliptik koordinatları λ ve β olarak verilir.

Yörüngesel hareket sırasında ekliptik düzleme dik doğrultuda gözlenecek herhangi bir cisim için herhangi bir yaklaşma veya uzaklaşma olmayacağından hız bileşeni sıfır olacaktır. Ekliptik düzlemi üzerinde bulunan bir yıldız için ise bu katkı maksimum yani çarpan olarak 1 olmalıdır. Bu durumda dairesel yörünge kabulü altında gözlemi gerçekleştirilen bir yıldız için hızdaki düzeltme ifademiz,

$$-V_y = 29.76 \cos \beta \sin(\odot - \lambda)$$

olmalıdır. Bu düzeltme yapıldığında gözlemler Güneş merkezine indirgenmiş olacağından elde edilecek hız değerleri de Güneş merkezli (Heliocentric) hız olacaktır.



Şekil 5.8. Dünya'nın Güneş etrafındaki yörüngesi üzerinde E noktasındaki hız bileşenleri

Dünya'nın Güneş etrafındaki yörüngesinin daire olmadığını biliyoruz. Dünya, $e=0.01674$ dışmerkezliğe sahip bir yörüngede dolanır. Bundan dolayı da Dünya'nın ekliptik düzlemi üzerindeki hızı

sürekli olarak değişir. Şekil 5.8'de E noktasındaki Dünya'nın V hızı, V_1 ve V_2 gibi iki adet bileşene sahiptir. V_1 , yarıçap vektörüne dik doğrultuya sahip olurken, V_2 yarı-büyük eksen doğrultusuna diktir. İki cisim problemine ilişkin bir teoreme göre bu hızlar her an için sabit bir değere sahiptir. V_2 aynı büyüklük ve yöne sahipken, V_1 aynı büyüklükte fakat yarıçap vektörüne göre yönünü değiştirir. İki cisim problemi için $h=2\pi ab/t$ ve $p=b^2/a=a(1-e^2)$ olduğunu biliyoruz. Bu durumda hız bileşenleri için,

$$V_1 = \frac{h}{p} = \frac{2\pi a}{t} \cdot \frac{a}{b} = \frac{2\pi a}{t} \cdot \frac{1}{\sqrt{1-e^2}} = 1.00014V_c = 29.76$$

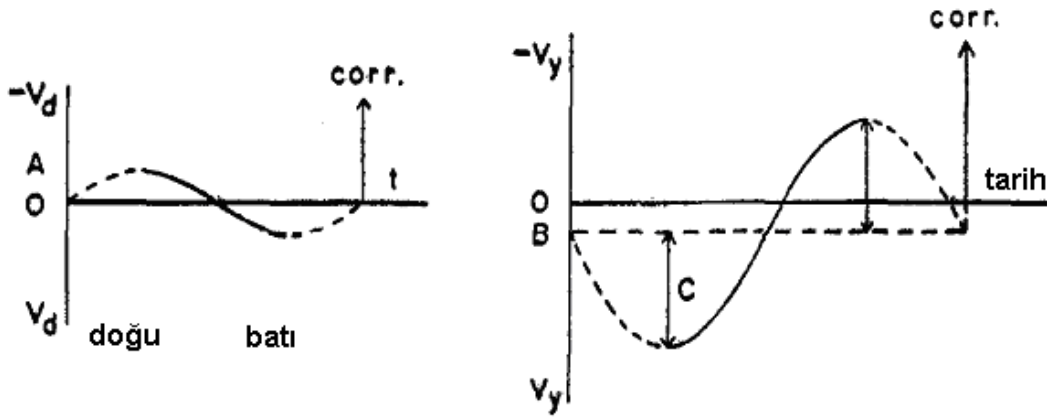
$$V_2 = e \frac{h}{p} = 0.01674 \times 1.00014V_c = 0.50$$

olarak bulunur. Bu durumda yörünge dışmerkezliğini de dikkate alarak yıllık dolanım nedeniyle uygulanması gereken düzeltme miktarı,

$$-V_y = \{29.76 \sin(\odot - \lambda) - 0.5 \sin(\varpi - \lambda)\} \cos \beta$$

şeklinde olacaktır. Burada λ , β yıldızın ekliptik koordinatlarını, \odot Güneş'in boylamını ve ϖ ise koç noktası ile enberi doğrultusu arasındaki açıyı göstermektedir ve bu açı 102° ye eşittir. Fakat zamanla bu açının değiştiği bilindiğinden güncel değerini kullanmak için Almanak'tan yararlanabilirsiniz. \odot Güneş'in boylamı da zamana bağlı olarak düzgün bir şekilde değişmediğinden yine gözlem zamanına ilişkin değerler alınarak bu düzeltmeler yapılmalıdır.

Sonuç olarak Dünya'nın günlük ve yıllık hareketleri dikkate alındığında hızdaki düzeltmelere ilişkin değişim aşağıdaki şekilde verilmiştir.

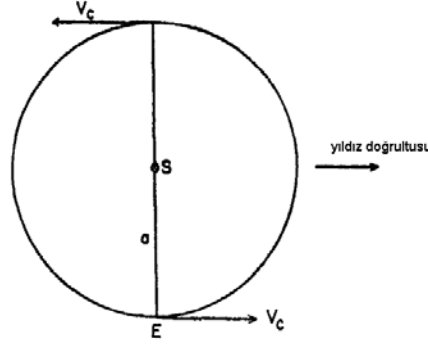


Şekil 5.9. Sol şekil. Dünyanın dönmesinden kaynaklanan etki. Sağ şekil. Dünya'nın Güneş etrafındaki dolanımından kaynaklanan etkinin büyüklüğünü göstermektedir.

Tayfsal gözlemler sayesinde dolaylı bir şekilde Güneş'in uzaklığını belirlemek mümkündür. Eğer aynı yıldızın aynı yıldız zamanında fakat farklı iki tarihteki tayfsal gözlemi yapılırsa bu durumda, gözlenen hızlar arasındaki fark için,

$$V_r'' - V_r' = \frac{2\pi a}{t} \frac{1}{\sqrt{1-e^2}} \{ \sin(\odot' - \lambda) - \sin(\odot'' - \lambda) \} \cos \beta$$

ifadesini yazabiliriz. Bu denklem kullanılarak a Dünya-Güneş uzaklığı için bir çözüm elde etmek mümkündür. En büyük hız farkına ulaşmak için aralarındaki süre 6 ay olan iki farklı zamanda gözlemlerin yapılması yararlı olacaktır.

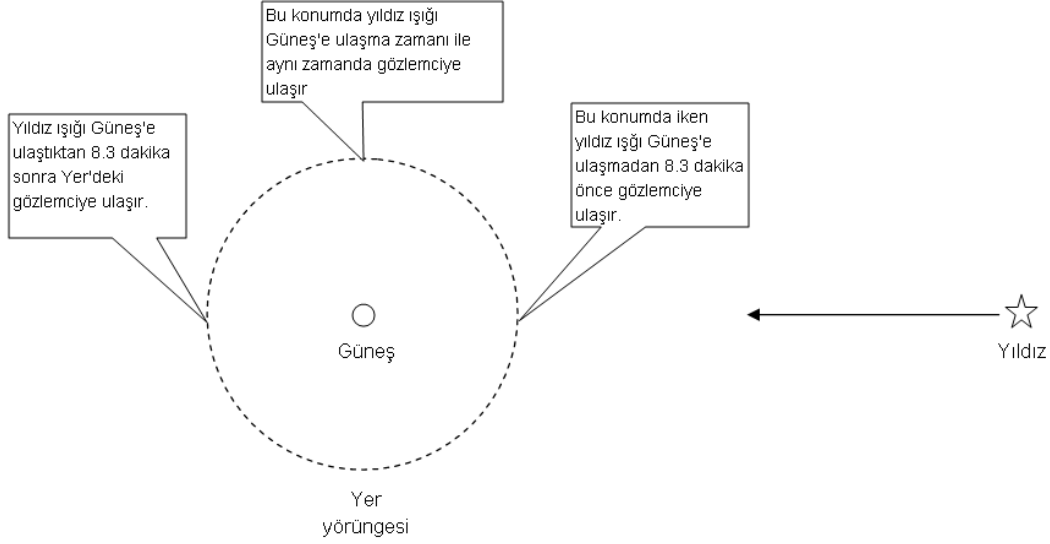


Şekil 5.10. Dikine hız gözleminde Güneş'in uzaklığının belirlenmesi

Güneş Merkezine Düzeltme (Heliocentric Correction)

Yıldız-Güneş-Dünya doğrultusu veya Yıldız-Dünya-Güneş doğrultusu dikkate alındığında ilk örnek için yıldız ışığının önce Güneş'e ardından Dünya'ya ulaşacağı, ikinci örnek için ise yıldız ışığının önce Dünya'ya sonra Güneş'e ulaşacağını söyleyebiliriz. Işık hızının sonlu olduğu dikkate alındığında ilk örnek için ışığın Güneş'e göre Dünya'ya yaklaşık 8.3 dakika sonra ulaşacağını, ikinci örnek için ise Güneş'e göre yaklaşık 8.3 dakika önce ulaşacağı görülür (bkz. Şekil 5.11. Işık-Zaman Etkisi). Güneş doğarken veya batarken ortaya çıkan doğrultuya dik doğrultuda bulunan bir yıldızın gözleminde ise ışınlar aynı zamanda bu iki cisme ulaşacaktır. Benzer şekilde ekliptik düzlemine dik doğrultuda bulunan yıldızlar için de ışığın ulaşma süresi aynı olacaktır.

Dünya'nın Güneş etrafındaki hareketi dikkate alındığında yıl boyunca gözlemlerde gerçekleşecek olayların ± 8.3 dakikalık bir zaman aralığında farklı algılanacağını söylemek mümkündür. Örneğin periyodik değişim gösteren bir olayın gerçekleşme zamanı, farklı konumlarda farklı zamanlarda gözlenecektir. O nedenle Dünya üzerinde gerçekleştirilen gözlemler Güneş merkezine taşınarak zamanlar konusundaki analizlerimizin daha doğru yapılması sağlanır. Gerçekte ise gözlemlerimiz Güneş Sisteminin kütle merkezine taşınır ki buna Barycentric düzeltme adı verilir.



Şekil 5.11. Işık-Zaman Etkisi

İşlemleri basitleştirmek amacıyla Dünya'nın yörüngesinin dairesel olduğunu kabul edebiliriz. Göreli olarak Güneş'in Dünya etrafında dolandığını da kabul edebiliriz. Bu durumda yıl boyunca Güneş'in bulunduğu konum ve yıldızın bulunduğu konuma bağlı olarak hız bileşeni değişim gösterecektir. Şekil 58'den V hızına ilişkin bileşenlerin, V' ve V'' olduğunu ve izdüşüm açılarına bağlı olarak bu hız bileşenlerinin katkıda bulunacağını dikkate alarak,

$$V = aV' + bV''$$

olarak yazabiliriz. a ve b katsayıları yıldızın koordinatlarına bağlı ifadeler olmalıdır. Eğer ekliptik koordinat sistemini kullanırsak bu katsayılar β ve λ ya, ekvatoryal koordinat sistemini kullanırsak bu durumda α ve δ ile ilişkili olacaktır. Ekliptik ile ekvatoryal düzlem arasındaki açının $\varepsilon = 23^\circ.5$ olduğunu dikkate alırsak bu dönüşümü yapmak zor olmayacaktır. Küresel Astronomi dersinin konusu olan bu dönüşüm yapıldığında,

$$a = \cos \beta \cos \lambda = \cos \alpha \cos \delta$$

$$b = \cos \beta \sin \lambda = \sin \varepsilon \sin \delta + \cos \varepsilon \cos \delta \sin \alpha$$

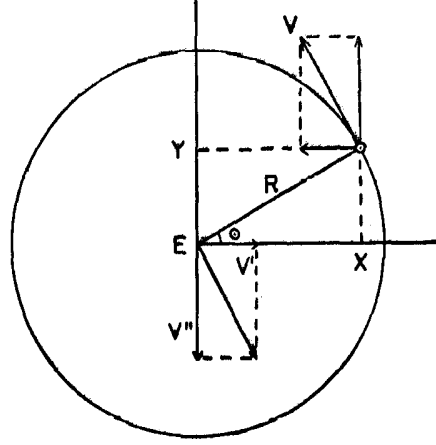
şeklinde verilir. Bu katsayılar ve V' ile V'' hız bileşenlerinin sırasıyla $V \sin \odot$ ve $V \cos \odot$ olduğu dikkate alındığında,

$$-V_y = (\cos \alpha \cos \delta) V \sin \odot - (\sin \varepsilon \sin \delta + \cos \varepsilon \cos \delta \sin \alpha) V \cos \odot$$

olarak yazabiliriz. Bu ifade dairesel yörünge altında karşılaşacağımız denklemdir. Eğer yörüngemizin eliptik olduğunu dikkate alırsak bu durumda ifademiz,

$$-V_y = 29.76(a \sin \odot - b \cos \odot) - 0.50(a \sin \varpi - b \cos \varpi) \quad (139)$$

şeklinde olmalıdır. Bu düzeltme özellikle yörünge dönemi birkaç günden küçük olan sistemlerin gözlemleri için yapılmalıdır. Daha uzun döneme sahip sistemler için düzeltme terimi görelî olarak küçük kalacaktır.



Şekil 5.12. Ekliptik düzlemde Dünya-Güneş çifti için hız bileşenleri. ☉ Güneş'in boylam değeridir.

Yukarıda bahsedilen düzeltmeler yapıldıktan sonra elde edilen dikine hız eğrisi, Güneş ile yıldız arasındaki birim zamandaki uzaklık değişiminden kaynaklanır. Buna ilaveten gözlenen dikine hız değişiminin bir kısmı, Güneş'in apeks yönündeki yaklaşık 16.5 km/sn boyutundaki uzay hareketinden kaynaklandığını unutmamak gerekir. Bu hız görelî bir hızdır ve Güneş'in Galaksi merkezi etrafındaki yörünge hızı olan 220 km/sn'lik değere göre belirlenmiştir. Doğrultu olarak Vega yıldızının güney-batısına (Herkül takımı yıldızı) düşmektedir. Radyo astronomik koordinatları $\alpha=18^{\text{sa}}03^{\text{dk}}50.2^{\text{sn}}$, $\delta=30^{\circ}00'16''.8$ dir.

Herhangi bir yıldızın gözlenen dikine hız eğrisi değişmiyorsa, o zaman onun tek bir yıldız olduğundan bahsedebiliriz, fakat kesinlikle tek yıldızdır diyemeyiz. Eğer dikine hız eğrisi zamana bağlı olarak değişim gösteriyor ve alınan tayfta sadece tek bir yıldızla ait soğurma çizgileri gözleniyorsa; bu durumda yıldızın pulsasyon yapan tek bir yıldız olduğunu veya diğer bileşenin tayfta etkisi görülemeyecek kadar sönük tayfsal bir çift yıldız olduğunu söyleyebiliriz.

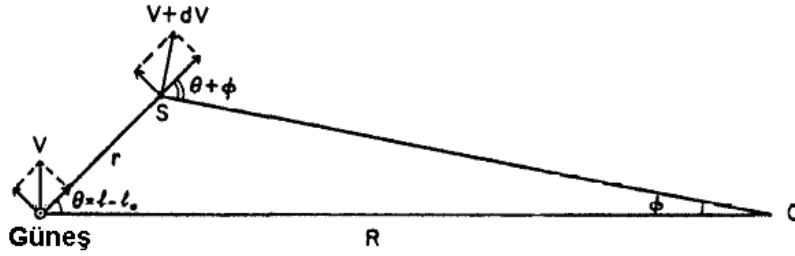
Bu durumda yıldızın tayf türünde değişim olup olmadığı incelenmelidir. Tayfta çizgilerin sayısında değişim meydana geliyor ve özellikle yıldızın tayf türünde değişim meydana geliyorsa bu durumda yıldızın pulsasyon yapan tek bir yıldız (küme yıldızı, Cepheid, kırmızı değişenler gibi) olduğunu söyleyebiliriz. Bazen bu değişimler çok küçük boyutlu gerçekleştiğinden ortaya çıkarılması zor olabilir. Pulsasyon yapan yıldızların zamana bağlı olarak ışık eğrileri elde edilirse sınıflandırma daha doğru yapılabilir. Zamana bağlı olarak yıldızın tayf türünde bir değişim meydana gelmiyorsa, bu durumda bu yıldız büyük bir olasılıkla tayfsal çift yıldız olduğunu söylemek mümkündür.

Bazı yıldızların tayflarında, soğurma çizgileri dönemli olarak bazen tek bazen çift hale gelir. Bu durumda çift yıldızın her iki bileşenin parlaklık olarak birbirleri ile karşılaştırılabilir düzeyde olduğunu söyleyebiliriz. Tayfsal bir çift yıldızın toplam parlaklığı sabit kalabilir veya örten değişen yıldız olabilir ki her iki durumda da pulsasyon (zonklama) yapan yıldızların ışık değişimlerinden daha farklı ışık eğrileri gözlenir.

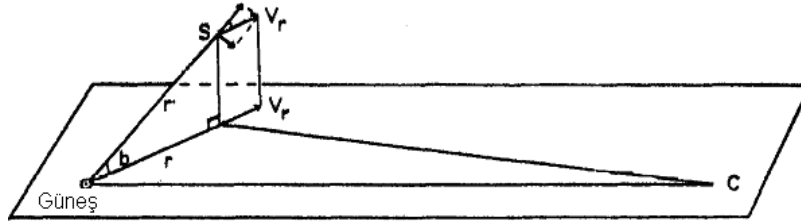
A tayf türünden yıldızlarda olduğu gibi, tayfları değişken olan yıldızlar olabilir ve bu tür yıldızlarda soğurma çizgilerinin derinlikleri ve şekilleri dönemli olarak değişebilir. Bu değişim farklı elementler için farklı düzeylerde ortaya çıkar. Çizgi şiddetlerinde meydana gelen değişimler genellikle değişen dikine hız eğrilerini ve değişen manyetik alan ile bağlantılıdır. Manyetik alan şiddetlerinde meydana gelen değişimler, soğurma çizgilerinin genişlemesine neden olan etkilerdendir.

Galaktik Dönmenin Etkisi

Güneş ve beraberinde Dünya, Samanyolu gökadasının içerisinde merkez etrafında galaktik bir dolanımına sahiptir. Galaktik merkeze uzaklığı aynı olan yıldızların hızları da birbirine çok yakın olacaktır. Güneş galaktik merkez etrafında yaklaşık 220 km/sn hızla hareket eder. Güneş'in bulunduğu konumdan merkeze daha yakın olanlar daha hızlı, uzakta bulunanlar ise daha yavaş hareket ederler. O nedenle merkeze yakın olan cisimlerin gözlemleri yapıldığında bize doğru hızla yaklaştıklarını, merkezden olan uzak yıldızların ise bize göre geri kaldıklarını veya bizden uzaklaştıklarını gözleriz.



Şekil 5.13. Samanyolu düzleminde hız bileşenleri.



Şekil 5.14. Galaktik enlemi b olan bir yıldızın hız bileşenleri.

Galaktik hareketimiz nedeniyle ortaya çıkacak olan düzeltme, yıldızla aramızdaki uzaklığa, yıldızın galaktik düzleme göre yüksekliğine ve yıldızın boylamına bağlı olarak değişmelidir. Düzeltme terimi aşağıdaki gibi verilir;

$$V_t = r \{ A \cos 2(l - l_0) + B \} \cos b$$

$$\left. \begin{aligned} A &= +0.0195 \text{ km / sn.pc} , & \frac{A}{4.74} &= +0''.0041 \\ B &= -0.0069 \text{ km / sn.pc} , & \frac{B}{4.74} &= -0''.0015 \end{aligned} \right\}$$

Burada l_0 , Güneşin galaktik boylamını, l yıldızın galaktik boylamını, b yıldızın galaktik enlemini, r ise yıldızın Güneş'e olan uzaklığını göstermektedir.