

# Not Defteri

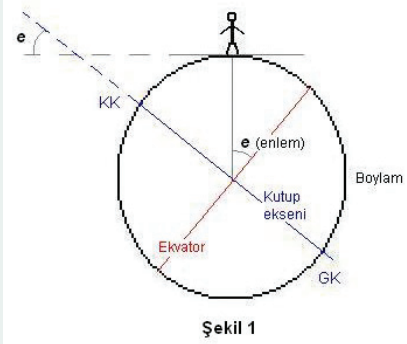
Vural Altın

## Gökyüzü

Kuzey yarımküre üzerinde bir noktadayım diye- lim, İstanbul'un  $41^\circ$  enleminde. Olduğum yerde dimdik duruyorum; başucum 'zenit', ayakucum 'nadir'. Tabii; Dünya Güneş etrafında dolanırken, kendi etrafında da dönüyor. Kuzeyden aşağıya bakılınca, iki hareket de saatin tersi yönde ve beni birlikte götürüyor. Gidiyorum gündüz gece: Gökyüzüne bakınca neler görürüm?...

Yıldızlar aslında, hatta bazıları relativistik hızlarla hareket ediyor olmalarına karşın, o kadar uzakta- lar ki; en yakını Alfa Centauri 4,25 ışık yılı mesafe- de; bir insan ömrü boyunca katettikleri yerdeğiş- tirmeyi çıplak gözle algılamak imkansız. Dolayısı- la, gökkürede sabit gibiler. Ama ben, hareketli bir Dünya üzerinde durduğumdan, onları hareket edi- yormuş gibi görürüm: Nasıl bir düzen içerisinde?...

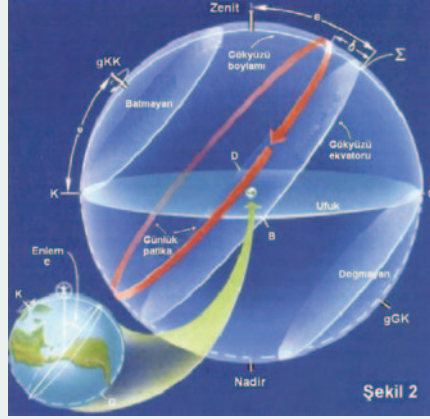
"Ben dönüyorum, o halde onlar bana göre ha- reket ediyor": Bu karmaşık bir iş. Algılarımı bana göre sabit bir başvuru sisteminde daha kolay de- ğerlendirebildiğime göre, öyle bir eksenler sistemi istiyorum ben, vücuduma yapışık. Ki hangi yıldız nerede, konumunu bir kez belirleyip, ondan sonra istediğim an, neredeyse bulabileyim: Ne yaparım?



Bulduğum noktada, yerküreye teğet bir düz- lem alırım, 'ufuk düzlemi'. Dimdik durduğuma gö- re, vücudumun doğrultusu yerin merkezinden ge- çer. Şekil 1'de görüldüğü gibi. Bu doğrultuyla ek- vator düzlemi arasındaki açı enlemimdir. Kutuplar ve üzerinde bulunduğum noktadan geçen büyük daire de boylamım... Vücut doğrultum ufuk, kutup eksenini de ekvator düzlemine dik olduğuna göre; ufuk düzlemiyle kutup eksenini arasındaki dar açı, enlemime eşit olur. Ya da; kutup eksenini ufuk düz- lemiyle, enlemim kadar bir açı yapar. Vücut doğ- rultumla da, enlemimin tümlerini ( $90^\circ - e$ ) tabii; ek- sen ekvator düzlemine dik olduğuna göre...

Bu, yeryüzünde sabit bir başvuru sistemi, vücu- duma yapışık. Yıldızlar bu sistemde nasıl konum- landırılır?

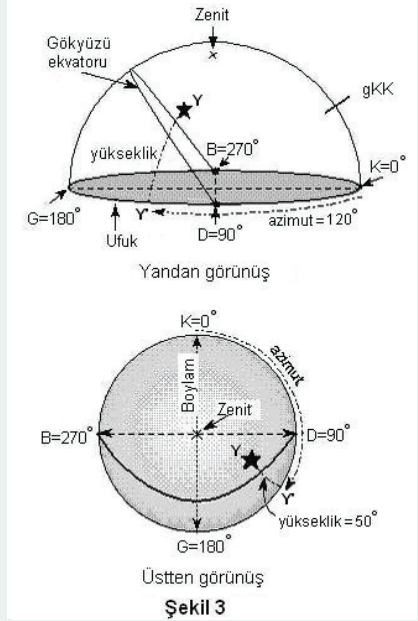
Bu soruyu yanıtlamadan önce, başvuru sistemi- min unsurlarını gökküreye taşırmam lazım. Örne- ğin, kutup eksenini uzatarak, gökküresel bir kutup eksenini elde ederim. Bu eksenin uçları, 'gökyüzü kuzey kutbu' (gKK) ve 'gökyüzü güney kutbu' (gGK) olur. Şekil 2'de görüldüğü gibi. Keza



ufuk ve ekvator düzlemlerini alabildiğine yayararak, gökküresel birer ufuk ve ekvator düzlemi elde ede- rim. Ufuk düzleminden yukarıdaki herşeyi görebili- rim, altındakileri göremem. Son olarak; üzerinde bulunduğum boylam gökküreye yansıtıldığında, şe- kilde  $\Sigma$  ile gösterilen, 'gökyüzü boylamı'nı verir. Dünya, bu sistemin merkezindedir. Boyutları gö- rece o denli küçüktür ki, bir küre olarak gösteril- mesine gerek kalmamıştır. Nokta ile gösterilebilir. Bu nedenle, ufuk düzlemi aslında yeryüzüne teğet olmakla beraber, Dünya'nın yarıçapı kadar kaydırılı- p, merkezinden geçirilebilir. Gökkürenin umu- runda olmaz bu. Ben de kaybolurum tabii. Ama ufuk düzleminin üzerinde, birer doğu ile batı ve kuzey ile güney yönleri vardır. Doğru ile batı, gök- yüzü ekvatorunun ufuk düzlemini kestiği noktalar- dır. Ekvatorun görebildiğim tam yarısı, doğudan başlayıp batıda kaybolmaktadır. Kuzey ile güney ise, gökyüzü boylamının ufuk düzlemini kestiği noktalar olup, kutup ekseninin işaret ettiği asıl doğrultularından farklıdır: Ne kadar? Eksenin ufuk düzlemine yaptığı açı, yani enlemim kadar... Bu başvuru sistemi içerisinde her yıldız, kendisinden kutup eksenine indirilen dikmeyi yarıçap alan, ya- ni kutup eksenine dik bir düzlemde yatan bir dai- re üzerinde dönüyor olur: Dünya batıdan doğuya doğru döndüğüne göre, doğudan batıya doğru. Şekil 2'de kırmızı şeritle, böyle bir 'günlük patika' gösteriliyor.

Bu küresel başvuru sisteminde herhangi bir yıl- dızın anlık konumunu belirlemek için, uzaklığının yanında iki açısal değere gereksinim vardır. İlk ak- la gelen, 'azimut-yükseklik' koordinat sistemini kullanmaktır. Bunun için, yıldızdan ve zenitten ge- çen büyük gökküre dairesi ufuk düzlemiyle kesişti- rilir (Y'). Azimut; ufuk düzleminde kuzey yönün- den başlayıp, zenitten bakıldığında saat yönünde giderek, kesişme noktasına kadar uzanan açının derece cinsinden ölçücüsüdür. Yükseklik ise; bu kesişme noktasıyla yıldız arasındaki yayın, keza derece cinsinden değeri, yani yıldızın ufuk düz- leminden yükseliğidir. Şekil 3'te, azimutu 120, yük- seklığı 50 derece olan bir yıldız gösteriliyor. Azi-

mutun daha kolay gösterilebilmesi için, gökyüzü kuzey kutbu (gKK) sağ yarıda konumlandırılmış.

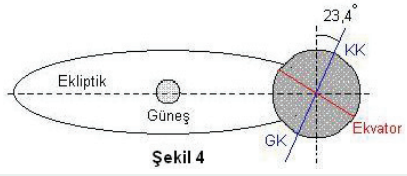


Bu sistemde, koordinatları verilen bir yıldız gökyüzünde bulmak, görece kolay. Teleskopun eksenini önce yatay hale getirdikten ve doğrultusunu ufuk düzleminin kuzey yönüne çevirdikten sonra, yatayla 'yükseklik' kadar açı yapacak şekilde eğip, kuzey yönünden başlayarak doğuya doğru 'azimut' kadar döndürürsek; aradığımız yıldız kar- şımızda buluruz. Ancak bu koordinatlar, hem yer- küre üzerindeki konuma, hem de zamana bağlı. Çünkü ufuk düzlemi; hem yeryüzündeki farklı göz- lemcilerin konumlarına göre değişiyor, hem de be- li bir konumdaki aynı gözlemci için, Dünya'nın dön-üşü nedeniyle, zamanla uzayda yer değiştiriyor. Dolayısıyla gözlem için, bu sistemdeki yıldız koor- dinatlarının; yeryüzündeki tüm noktalar için ayrı ayrı, zamana bağlı listeler ('almanac') halinde ve- rilmiş olması lazım: Pek pratik değil. Bir diğer se- çenek, yıldızların açısal konumlarını, gökkürede sabit bazı unsurlara göre belirlemek. Ne gibi?...

Örneğin ekvator düzlemi, gökkürede sabit. O halde; açılardan birisi, yıldızdan gökkürenin mer- kezine indirilen yarıçapla ekvator düzlemi arasın- daki açı olarak seçildiği takdirde, o da sabit olur. Gökküredeki bu açı, benim yerküredeki enlemime benzer. Ancak 'enlem' yerine, 'deklınasyon' ('de- clination') olarak adlandırılır. Şekilde 2'de  $\delta$  ile gösteriliyor. Anlık konumu belirleyen diğer açı, yıldızın boylamı olmak durumunda. Bu boylama sayısal değer verebilmek için, bir başlangıç boylamına gerek var. Tıpkı yerkürede boylam belirle- mek için Greenwich'ten geçirilen boylamın başlan- gıç alınmasında olduğu gibi. Öyle ya; yeryüzünde- ki herhangi bir noktanın boylamı; Greenwich'ten

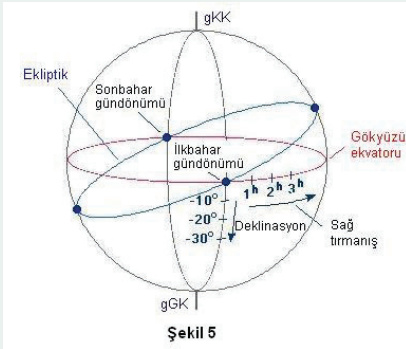
# Not Defteri

geçirilen boylamın ekvatorla keştiği noktadan başlayarak, ekvator üzerinde doğuya doğru, o noktanın boylamına kadar ölçülen açının, derece cinsinden değeri olarak alınıyor. Yerküre üzerinde, boylamı 0 alınan sabit bir nokta var yani: Greenwich. Ve Greenwich boylamının ekvatorla keştiği nokta da sabit. Peki, var mı böyle gökyüzü ekvatoru üzerinde sabit bir nokta; ya da böyle bir sabit noktadan geçen ve gökkürede sabit olması gereken bir başvuru boylamı?...



Şekil 4

Dünya, kutup eksenini etrafında döndüğü gibi, Güneş'in etrafında da dolanıyor. Bu sırada kutup eksenini hep, yörünge düzlemine çıkılan dikmeyle 23,4 °'lik bir açı yapıyor. Dolayısıyla, yörünge düzlemi ekvator düzlemiyle çakışmıyor ve ikisi arasında 23,4 °'lik bir açı var. Yörünge düzlemine 'ekliptik düzlem', bu düzlemin gökküreyle keşime dairesine de 'ekliptik' deniyor. O halde, gökyüzü ekvatoru ve ekliptik, gökkürede sabit iki farklı büyük dairedir. İki noktada keşişirler ve bu iki nokta da keza, gökkürede sabittir. Noktalar, 'ilkbahar ve sonbahar gündönümü' olarak adlandırılır. Bildiğimiz gibi...



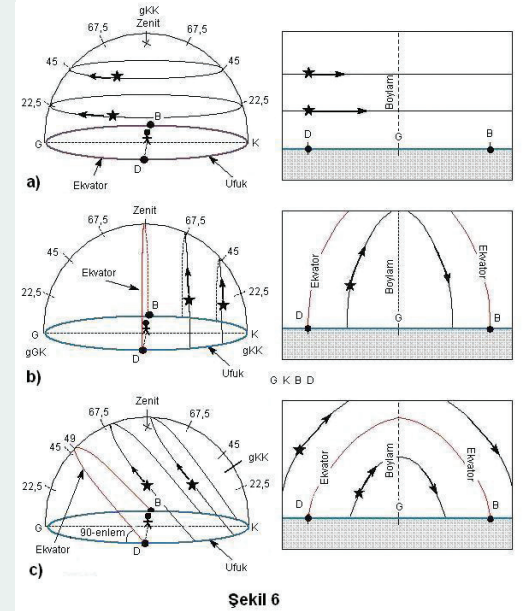
Şekil 5

Gökyüzü ekvatoru üzerindeki bu iki sabit noktadan, 'ilkbahar gündönümü', boylam ölçümü için başvuru noktası olarak alınabilir. Ki bu durumda, bir yıldızın boylamı; ilkbahar gündönümü noktasından başlayarak ekvator üzerinde doğuya doğru, derece veya saat cinsinden ölçülebilir. 360 derece yaklaşık 24 saatte kapsadığına göre, her 15 derece 1 saate eşdeğerdir. İlkbahar gündönümü noktasından doğuya doğru gidilirken ekliptik düzlem ekvatora göre tırmanışta olduğundan, gökküre boylamına 'sağ tırmanış' ('right ascension') da denir. Yandaki Şekil 5'te görüldüğü gibi. Vücuduma yapışık olan bir öncekinden farklı olarak, gökkürede sabit olan bu koordinat sisteminde, gözlemlemek istediğimiz yıldızı bulabilmek için, sağ tırmanışı ve deklinasyonu bilmek yeterlidir. Deklinasyonlar, kuzey yarımkürede pozitif, güney yarımkürede negatiftir. Yılın hangi gününde bulunduğumdan hareketle, enlemimden de yararlanarak; ilkbahar gündönümü noktasının bana göre konumunu hesapla-

yabilir ve verilen iki açıl koordinatını kullanarak, yıldızı gökyüzünde bulabilirim. 'Ekvator koordinat sistemi' denilen bu sistem, Dünya'nın dönme ya da kutup ekseninin yörünge düzlemine dik olmaması sayesinde var, aksi halde olmazdı. Gelelim yıldızların, kuzey yarımkürede bulunduğum enlemden, bana görünen yörüngelerine...

Demek ki yıldızlar, kendilerinden kutup eksenine indirilen dikmeleri yarıçap alan, ekvatora paralel daireler üzerinde dönüyor. O halde tüm yörüngeler ufuk düzlemimle, ekvatorun yaptığı aynı açıyı yapar: Enlemimin tümleri. Eğer kutup ekseninde, bana sürekli görünür. Kuzey kutbundan aşağıya, daha düşük deklinasyonlu yıldızlara bakınca, bunların yörünge yarıçapları giderek büyür. Ancak hala, ufuk düzlemimi kesemeyecek kadar küçüktürler. Bu yıldızların hepsi, bana gece gündüz görünür. 'Batmayan' veya "kutupçevresel" ('circumpolar') yıldızlar olarak adlandırılırlar. Belli bir deklinasyon için, yörünge dairesi ufuk düzlemime dokunur. Böyle bir yörüngedeki yıldız; dokunma noktasını geçerken bir an için kaybolmakla beraber, günün hemen tamamında görünür haldedir. Bu durum, Şekil 2'de görüldüğü gibi, enlemimin tümlerine eşit olan deklinasyon için geçerlidir. Daha düşük deklinasyonlu yörüngeler, kısmen ufuk düzlemimin altında kalır. Yani, bu yörüngelerdeki yıldızlar, bana göre doğar ve batarlar. Yörüngelerinden yarından fazlası ufuk düzlemimin üzerinde olduğundan, günün yarından fazlasında görünür haldedirler. Doğup batma noktaları, ufuk düzlemimin tam doğusuyla tam batısı değildir: Doğunun kuzeyinden doğup, batının kuzeyinde batarlar. Deklinasyonlar ekvatora yaklaştıkça, görünme süreleri kısalmır. Ancak hala, batma sürelerinden daha uzundur. Doğma noktaları ufuk düzlemimin doğusuna, batma noktaları batısına yaklaşmaktadır. Nihayet, deklinasyon ekvatora ulaştığında, 0 deklinasyonlu bir yıldızın yörüngesi ekvatorun ta kendisi olur. Tam doğudan doğup, tam batıdan batmaktadır. Günün tam yarısına görünür, diğer yarısında kaybolur. Ekvatorun da altında, güney yarımküredeki negatif deklinasyonlar için, yıldızların görünme süreleri kısaltılmaya devam ederek, günün yarısından azı iner. Çünkü artık, yörüngelerinin yarından fazlası ufuk düzlemimin altında kalmaktadır. Doğunun güneyinden doğup, batının güneyinden batarlar. Nihayet belli bir deklinasyonun altındaki yörüngeler, tümüyle ufuk düzlemimin altında kalır. Hangi deklinasyon, hangi yıldızlar: Güney yarımkürede, mutlak değeri benim enlemimin tümlerinden daha büyük olan negatif deklinasyonlara sahip olanlar. Bu yıldızlar benim için asla 'doğmayanlar'dır.

Tekrar pahasına da olsa kısaca; yıldızların yörüngeleri; gökkürede çizilmiş, kutup eksenine dik düzlemlerde yatan, yani ekvator düzlemine paralel olan daireler şeklindedir. Dairelerin yarıçapları; kuzey kutbunda sıfırdan başlayıp, ekvatora kadar



Şekil 6

büyür ve daha sonra azalarak, güney kutbunda tekrar sıfır bulur. Biz başımızı kaldırıp bu daireler kümesine, örneğin kuzey kutbundan baktığımızda, yörüngeler; ekvator düzlemine paralel olduklarından, buradaki ufuk düzlemimize de paraleldirler ve onu kesemezler. Dolayısıyla; günışığının engellemesi haricinde; kuzey yarımküredeki yörüngelerin hepsinin tamamını görürken, güney yarımküredeki-leri göremeyiz. Şekil 6a'da gösterildiği gibi, zenitimiz kuzey kutbuyla çakışmaktadır. Yörüngeler bu noktayı ortak merkez alan içiçe daireler şeklindedir. Dolayısıyla, görebildiğimiz yıldızların hepsi 'kutupçevresel'dir, bize göre asla batmaz ve yatay çizgiler üzerinde hareket ederler. Güney kutbunda durum buna benzer... Biz bu resme eğer, kuzey kutbu yerine farklı bir enlemden bakarsak, yörüngeler; ekvatora paralel olduklarından ve ekvator da ufuk düzlemimizle enlemimizin tümleri kadar bir açı yaptığından, ufuk düzlemimize enlemimizin tümleri kadar yatık görünürler. Örneğin, 0° enlemlilik ekvator üzerindeyse eğer, yörüngelerin hepsi; buradaki ufuk düzlemimizle, 90°-0°=90°'lik bir açı yaparlar. Yani, şeklin b) kısmında gösterildiği gibi; ufuk düzlemimizle diktiler. Yörüngelerin sadece yarılarını görürüz. Yıldızların hepsi, bize günün tam yarısı boyunca görünürler. Kuzey yarımküreden ara enlemlerinde isek, bu paralel dairesel yıldız yörüngelerinin görebildiğimiz kısımları; şeklin c) kısmında gösterildiği gibidir. Sanki hala kuzey kutbundaymışız da, başımızı, enlemimizin tümleri kadar sola veya hala ekvatordaymışız da sağa doğru büküp, öyle bakıyormuşuz gibi...

Son olarak; yıldızların herbiri ve hepsi, ufuk düzlemimizin üzerindeki zirve yüksekliklerine, boylamımızı geçerken ulaşır ve kendi dairesini, Dünya'nın kendi eksenini etrafında dönme periyoduyla turlar. Bu periyot, bildiğimiz gece-gündüz döngüsünün periyodundan, yaklaşık bir dakika kadar daha kısadır. Birimini bu periyottan alan zamanın, 'yıldız zamanı' ('sidereal') olduğu söylenir. Yıldızların bana görünen hareketi bu kadar. Güneş'in ki daha karmaşık...

\* Kaler, J.B., The Ever-Changing Sky, Barney & Nobles, Mayıs 2002.