

ÇAĞDAŞ ASTROFİZİK

Prof.Dr.Mehmet Emin ÖZEL*

Bu yazıda, astronomi ve astrofiziğin gelişme evreleri, modern astrofizikte elektromanyetik yelpazenin önemi, Güneş ve Samanyolu'nun temel özellikleri ve evrenin genel yapısı hakkında bilgi sahibi olacağız. Çeşitli dalga boylarında evrenin kuşbakışı bir özetini, Dünya'nın atmosferinin uzayı inceleme çalışmalarımıza olan etkilerini tartışacağız. Güneş'in, Samanyolu'nun ve evrenin içeriği, büyüklüğü ve yaşı gibi ilginç sorulara bilimin bugün verdiği cevapları özet olarak göreceğiz.

Günümüzün kentlerinde yaşamını sürdüren çok az kişi artık televizyondan, şehir ve reklâm ışıklarından veya günlük yaşam koşuşturmasından başını kaldırmayı geceleri gök yüzüne bakmaya vakit bulabiliyor. Bulabilenlerin de Ay ve birkaç parlak yıldız dışında bir şeye dikkat edemediğini ve hatta bazen - hava ve ışık kirlenmesi gibi oldukça yeni sorunlarımız nedeniyle - istese de fazla bir şey göremeyeceğini söyleyebiliriz. Ama uzayı ve gök cisimlerini anlamada, her gün önemli ilerlemeler olduğuna okuyoruz, görüyoruz, duyuyoruz, hissediyoruz.

Elektrik ışığının ve hava kirliliğinin bilinmediği binlerce kuşak boyunca, insanlar için geceleri gök yüzünün nefes kesici manzarası, yaşamlarının en temel deneyimlerinden biriydi. Ufuktan ufka saçılmış sayısız yıldız ve binlerce uzak yıldızın ışığından oluşmuş, buğulu bir ırmak görünümündeki Samanyolu.

Atalarımız, gök yüzünden ve yıldızlardan çok etkilendiler; gök yüzündeki değişen şekil ve konulardan zamanı ve yönleri çıkarsamayı öğrendiler. Yıldızların oluşturdukları gruplanmaları, çevrelerindeki eşya ve hayvanlara benzeterek "burçlar"ı yaratılar; kültürlerinin en önemli fikir ve efsanelerini yıldızlarla bezediler.

Onlar gibi bizler de, aklımızdan derin ve yanıtlaması hâlâ zor, şu türden sorular geçiriyoruz; başımızı kaldırmayı yıldızlara her bakışımızda:

- Evren nasıl ve ne zaman yaratıldı?
- Dünyamız, Ay ve Güneş nasıl oluştu?
- Gezegenler, yıldızlar ve Samanyolu'nun yapısı nedir?
- Gök cisimleri arasındaki ortamda neler var?
- Biz insanların bütün bu görüntü içindeki yeri ve rolü ne?

* Çukurova Üniversitesi Fizik Bölümü.

- Uzayda bu tür sorular sorabilen başka varlıklar var mı? Veya bazen de,

- Bu sorduğumuz sorular ne derece anlamlıdır?

Yanıtını aradığımız sorular, bugün de hemen hemen aynı. Ancak, bunlara verdiğimiz yanıtlar pek çok kez - ayrıca da kültürden kültüre - değişti ve hâlâ da günden güne değişmekte. Yanıtları aramakta kullandığımız araçlar ve tekniklerde de çok büyük değişiklikler oldu. Artık elimizde adına "BİLİM" dediğimiz önemli bir güç var. Doğru ve kalıcı bilgi edinmenin ve biriktirmenin, evreni ve içindeki olayları anlayabilmenin tek ve sağlam yolunun bilim olduğunu öğrendik. Bu yolun deney ve sınımadan geçtiğini, bilimin doğayı anlaşılabilir kıldığını, matematiğin ise, doğanın betimlenmesinde en gerekli bir araç, bir dil olduğunu artık biliyoruz.

ASTRONOMİ ve ASTROFİZİK

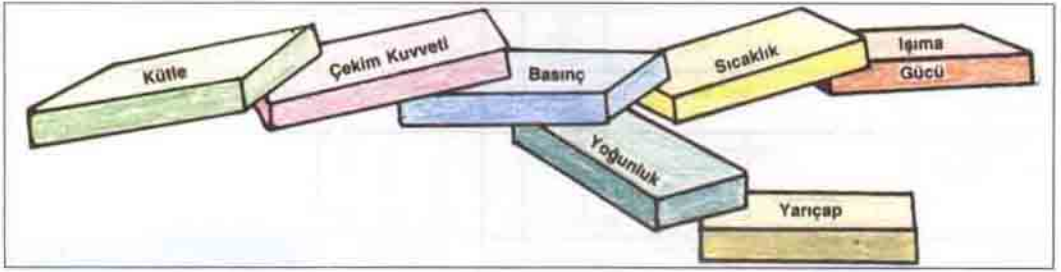
Klâsik Astronomi ve Astrofizik

19. yüzyıla kadar geliştirdiğimiz gök cisimleri ile ilgili bilimsel açıklamaların toplamı olan klâsik astronomiyi, matematik ve mekaniğin bir uygulaması olarak düşünebiliriz. Ancak, aynı yüzyılın ikinci yarısından başlayarak, fiziğin diğer gelişen dalları da gök cisimlerini anlamamızda yaşamsal önem kazandı. Bu fizik-astronomi evliliği, "astrofizik" dediğimiz ve genellikle "klâsik astronominin dışında kalan gökbilim konuları" olarak tanımlayabileceğimiz bilim dalına ebelik etti. Astrofizik bize, yıldızların yapıları, Güneş'in ve gezegenlerin oluşumu ve doğası, Güneşimizin de, milyarlarca diğer yıldızla birlikte üyesi olduğu Samanyolu Gökadası'nın ve diğer gökadalaların yapısı ve evrenin genel kuruluş düzeni hakkında kalıcı bilgiler getirdi; çevremizi, uzayı ve evreni anlamada epey yol almamızı sağladı.

Güneş'in Yapısı ve Yıldızlar

Klâsik astrofiziğin en önemli başarılarından biri, Güneş'in - ve yıldızların - işleyişini ve enerji üretim mekanizmasını ortaya çıkarmasıdır. Bugünkü anlayışımıza göre Güneş, Samanyolu standartlarına göre, sıradan bir yıldızdır. Güneş üzerine olan bilgilerimiz diğer yıldızları anlamamıza yardımcı olduğu gibi, yıldızları inceleme çalışmalarımız da Güneş'i daha iyi öğrenmemize yol açıyor: Yıldızları anlayarak Güneş'i daha iyi anlıyoruz.

Güneş'i sıcak bir gaz topu olarak düşünebiliriz. Güneş'in kütlesi, Dünya kütlesinin 330.000 katı, yarıçapı, ise 110.000 katıdır. Ortalama yoğunluğu, sudan biraz fazladır (1,4 gr/cm³). Güneş, Dünyamızın her cm²'sine 1000 adet 100 watt'lık lambanın 2,5 m'den vereceğine eşit (1,4 milyon erg/cm²-s) enerji gönderir ki, buna "Güneş Sabiti" diyoruz. Yüzeyindeki sıcaklık, yaklaşık 6000 Kelvin (K)'dir. Nükleer fizik kuralları ve maddenin enerjiye eşitliği $E = mc^2$ ilkesince işleyen zincirleme çekirdek reaksiyonları ile enerji üretiminin gerçekleştirildiği merkez bölge



Bir yıldızın kütlesinin başlattığı zincirleme fiziksel etkiler onun parlaklığını ve büyüklüğünü belirler.

ile enerji üretiminin gerçekleştirildiği merkez bölgesinde ise sıcaklık 15 milyon K, yoğunluk cm küpte 160 gram (160 gr/cm^3) olarak hesaplanmaktadır. Enerji üretimindeki temel mekanizma, 4 hidrojen (H) atomunun 1 helyum (He) atomu oluşturacak şekilde kaynaştırılması ve aradaki 7×10^{-26} gramlık madde farkının enerji - ışık - olarak uzaya verilmesidir. Güneş, her saniye 4 milyon ton eşit maddeyi bu şekilde enerjiye dönüştürmekte ve kütlesinden bu miktarı kaybetmektedir. Yine de, toplam 10 milyar yıl sürecek olan ömrünün sonunda, kütlesinin ancak yaklaşık % 10 kadarını kaybetmiş olacaktır.

Güneş'in ve diğer yıldızların yüzeyleri kısmen, iç bölümleri ise bütünüyle iyonlaşmış atom çekirdeklerinden ve elektronlardan ibarettir. Yıldızların (Güneş'in) kütlesi esas itibarıyla H (% 73) ve He (% 25) ile az miktarda (% 2) daha yüksek atom numaralı elementlerden oluşmaktadır. Bu oranlar yıldızın "kimyasal kompozisyonu"nu oluşturur. Bir yıldızın iç yapısı, kütleçekim ile kütle oluşturulan gazın basıncı arasındaki "hidrostatik denge" tarafından belirlenir; Gaz parçacıkları birbirini kütleleri nedeniyle Newton yasalarına göre çekerek dışı doğru genişlemek isteyen gaz basıncına karşı kor. Bu, yıldız kütlesini küresel bir şekil almaya da zorlar. Bir yıldızın kütlesi, diğer ölçülebilen özelliklerini (meselâ parlaklık, yüzey sıcaklığı, yarıçap,) bir dizi zincirleme etki ile tayin eden en önemli parametresidir.

Samanyolu, Diğer Gökadalar ve Evren

100 milyar kadar diğer yıldızla birlikte Güneşimiz, adına Samanyolu (SY) dediğimiz yıldızlar topluluğunu oluşturur. Yıldızlar dışında, **yıldızlararası ortamı** (YAO) dolduran çok düşük yoğunlukta madde, hepüz yıldız olamamış hidrojen, diğer atom ve moleküller içeren yıldızlararası bulutlar, yıldız kalıntıları, kozmik ışınlar dediğimiz yüksek enerjili parçacıklar, SY sisteminin diğer bileşenleridir. SY'nu oluşturan maddenin % 90'ı yıldızlarda kilitlemiş durumdadır. Yıldızlar SY merkezi etrafındaki yörüngelerinde dönerler. Bu yörüngeler, gezegenlerin Güneş çevresindeki yörüngelerinden daha karmaşık ve uzun sürelidir. Örneğin, Güneş gezegenleri ile birlikte, SY merkezi çevresinde tamamlanması 200 milyon yıl süren bir yörüngeye sahiptir. Bu sırada, saniyede 250 km'lik bir hızla hareket etmektedir.

Evreni, atomlarını, SY benzeri gökadalardan oluştuğu bir "gaz"a benzetebiliriz. Bu "gaz"ın yaklaşık 100 milyar kadar gökade içerdiği ve gökadalardan da birbirlerinden giderek uzaklaşmakta olduğu anlaşılmaktadır. Klâsik astronominin en önemli bulgularından biri olan evrenin genişlemesi özelliği, 1929 yılında Amerikalı gökbilimci Edwin Hubble tarafından - yıllar süren optik gözlemler sonunda - ortaya çıkarılmıştır. Zaman içinde geriye doğru gidersek, bu genişlemenin 15 ilâ 20 milyar yıl önce bir noktadan, bir "Büyük Patlama" ile başladığı görüşü bugünkü evren modellerimizin temelini oluşturmaktadır.

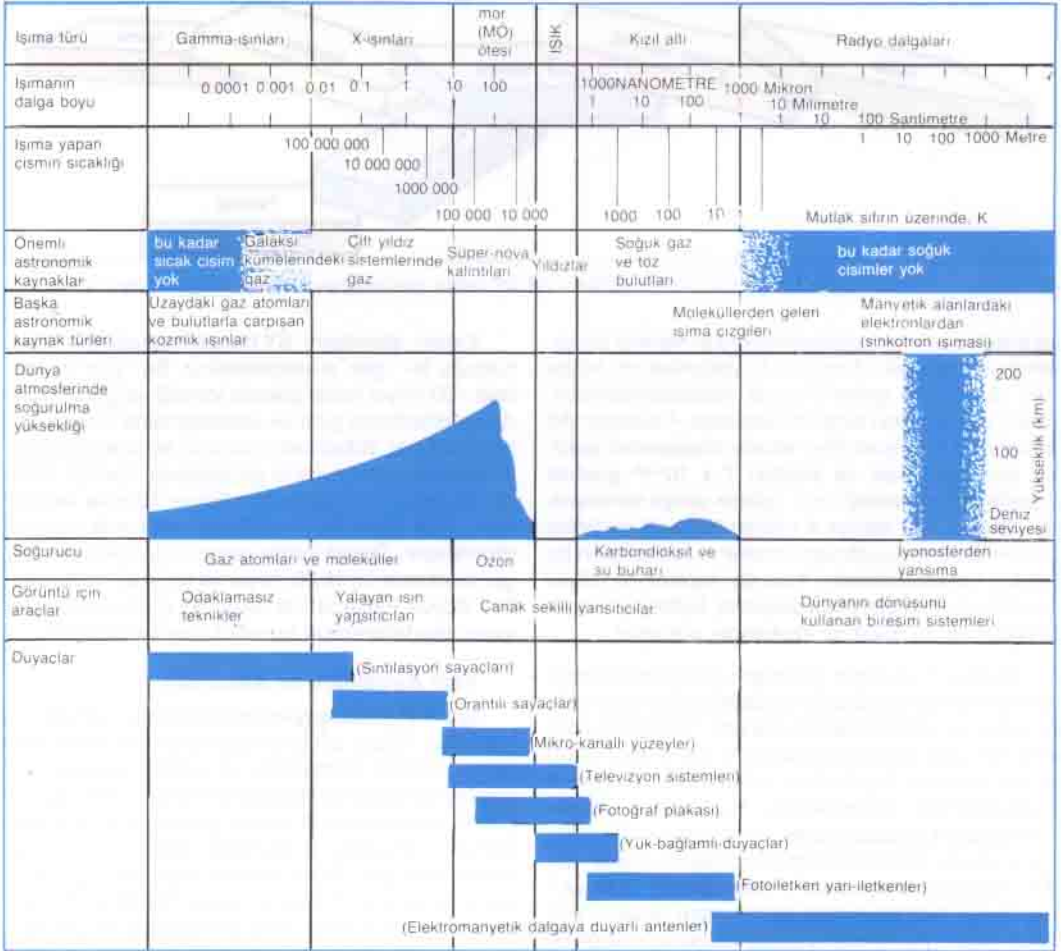
Yeni Astronomi ve Astrofizik

Son dönemlerde gökbilimleri sahnesi yeniden altüst oldu. Klâsik astronomi/astrofizik ve optik gözlemler, Güneş, Samanyolu ve evren hakkında, ana çizgileri ile doğru ilk bilgileri vermekle birlikte, bu yapıların gerçek çehresi ve bu görüntülerin altındaki göz alıcı zenginlik ve ayrıntılar, ancak son yıllarda anlaşılabilmiştir. Bunun nedeni, Ay'a gidiş gelişimiz veya Güneş sistemimizin, hemen hemen bütün gezegenlerini ve bunlara ait ayların çoğunu ve bazı kuyruklu yıldızları Pioneer, Venera, Giotto veya Voyager gibi adlar taşıyan robot araçlarımızla ziyaret etmiş olmamız değildir. Altüst oluşun asıl nedeni, fiziksel olayları inceleme yöntemlerimizdeki çok daha temel bir değişime, elektromanyetik yelpazenin tümünü gözlem ve deneylere açma fikri ve bunu gerçekleştirme çalışmalarımızdır.

Klâsik gök bilimcileri, çalışmalarını hemen hemen bütünüyle gök cisimlerinden ve uzaydan gelen görünen ışığı - optik ışımaya - inceleyerek yürütmüşlerdir. Optik ışımaya dışındaki dalga boylarında gözlemlere dayanan "yeni astronomiler" ve bunlar üzerine kurulan modern astrofizik ise, uzaydan ve gök cisimlerinden gelen bütün elektromanyetik ve diğer ışımaların ve parçacıkların taşıdıkları mesajların anlaşılması gayretlerine dayanmaktadır. Sonuçta bu çalışmalar, evren hakkındaki görüş, kavramlarımızı yeniden ele almamızı ve gözden geçirmemizi gerektirmiştir.

Elektromanyetik Yelpaze

Biliyoruz ki, görünen ışık, bir elektromanyetik ışımadır; yani titreşen ve bir kaynaktan yayılan elektrik ve manyetik alanlar bileşkesi veya paketidir. Yapı



Şekil 2: Elektromanyetik Yelpaze: Farklı dalga boylarında farklı gök cisimleri üzerinde farklı süreçler etkin-dir (yukarıda). Yer atmosferindeki soğurucular ve soğurulma yükseklikleri de farklıdır (ortada). Farklı dalga boylu ışınların görüntü oluşturma ve kayıt şekilleri farklılıklar gösterir (altta).

olarak, radyo dalgaları, görünen ışık, x-ışınları veya gamma ışınları birbirinin ayndır. Değişen tek şey, titreşimin dalga boyu, yani elektrik dalgasının tepe noktasından tepe noktasına olan uzaklığıdır. Elektromanyetik dalgaların oluşturduğu bu sürekli yapı, "elektromanyetik spektrum" veya "elektromanyetik yelpaze" (EMY) olarak bilinir.

Görünen ışığın EMY içinde kapladığı bölge, oldukça dardır ve gözümüzün en duyarlı olduğu dalga boyunun yaklaşık % 30 daha uzun ve % 30 daha kısası ile sınırlıdır. Yeni astronomiler ise, bu bakımdan gamma ışınlarından radyo dalgalarına kadar, yani optik dalga boyunun bir milyarı katı daha kısa veya o kadar daha uzun dalga boylarındaki elektromanyetik ışınlar bütünüdür.

Birçok durumlarda optik görüntü yetersiz, bazen de en az ilginç olanıdır. Örnekler vermek gerekirse, uzaydaki karanlık toz bulutları, yıldızların doğduğu yerleri bizlerden gizlerler. Bu bölgelerin ayrıntıları ancak radyo dalgaları ve kızıl ötesi işma dalgaları ile

görülebilir. Optik olarak gözlenemeyen yıldızlararası ortamdaki madde, radyo ve gamma ışınlarında çok parlak olarak ortaya çıkar. Çok uzak gökada kümeleri, milyonlarca derece sıcaklıkta, çok fazla miktarda gazı hapsedmişlerdir; bu durumu, o yörelere ancak x-ışınlarında bakarsak saptayabiliriz. Çok güçlü işma yapan kimi gökadalara merkezlerinde gözlenen muazzam patlamaların çok güçlü elektron huzmeleri oluşturdukları ve manyetik alan ve parçacık bulutlarını, çok büyük hızlarla uzaya fırlattıkları anlaşılmaktadır. Bu yapılar da ancak radyo gözlemleri ile incelenebilmektedirler.

Ses dalgaları ile bir benzetme yapmak gerekirse, sadece optik gözlemlere dayanan geleneksel astronomi ve astrofizik, evrenin engin senfonisini sadece "la" notası ile onun birer nota alt ve üstünü duyabilen kulaklarla algılamaya gayretleri olarak görülebilir. Modern astrofizik, bu muhteşem orkestradaki ses ve âletlerin her türüsünü duyma ve yorumlama amacındadır. Bunun için gerekli araç ve gereçleri geliştirmek ve elde edilen her türlü veri ve

girdiyi anlamlandırıp yerli yerine yerleştirmek, bu uğraşın önemli bir parçasıdır. Elektromanyetik yelpazenin bölümleri, bize açıkladığı çeşitli olay, süreç ve farklı gök cisimleri ile birlikte Şekil 2'de özetlenmektedir. Aynı şekil üzerinde, her dalga boyunda dünya atmosferinin geçirgenlik derecesi ile birlikte, kullandığımız teleskop ve duyaç türleri de gösterilmektedir.

Modern Astrofiziğin Doğuşu

Modern astrofiziğin hızlı gelişim süreci, 1930'larda, yer yüzü ötesinden gelen radyo dalgalarının tesadüfî olarak keşfi ile başladı. Daha sonra Samanyolu Diski ve Merkezinden geldiği anlaşılabilecek olan bu ilk yer-ötesi radyo ışımalarının bulunması, **Radyo-astronomi**'nin başlangıcı olarak kabul edilir. Böylece, uzaydan, optik-dışı elektromanyetik ışımaların da ulaştığını ilk kez öğreniyorduk.

Fakat, iki önemli engel, daha ötede gelişmelere İkinci Dünya Savaşı sonrasında kadar olanak vermedi. Birincisi, teknolojik düzeyimiz ile ilgilidir: Gözümüzün duyarlı olmadığı diğer dalga boylarındaki ışımaya duyarlı araçlar inşa etmeli ve bu ışımayı odaklayarak "görüntü"ye dönüştürecek ve bize anlaşılabilir bir şekilde aktaracak sistemler geliştirmeliydik. İkinci engel ise, dünyamızın dış giysisi ve doğal koruyucusu olan atmosferin, bu arada, uzaydan gelen radyasyonun büyük bir bölümünü de yer yüzüne ulaşmadan yutmasıdır. Birinci engeli aşmak için yaptığımız araç ve gereçleri, gerektiğinde atmosferin üst tabakalarına veya dışına taşıyabilmeliydik. Bunu gerektiren yelpaze bölgelerinin gelişimi, ilgili araçları yukarılara taşıyacak roketlerin ve asıl önemlisi, uyduların gelişimini, yani 1960'larda başlayan "uzay çağı" dönemi gelişmelerini beklemek durumunda oldu.

Radyo astronomi, savaş sırasında geliştirilen radar çalışmalarının da yardımı ile, 1950'lerden başlayarak hızlı bir gelişme gösterdi. Bugün artık SY içindeki ve Evren'deki radyo kaynakları ve bunların doğaları hakkında çok ayrıntılı bilgilere sahibiz. Paralel şekilde, radyo duyaçlarımız da çok gelişti; öyle ki, bugün artık radyo-teleskoplar, yer yüzündeki en keskin (açısal çözme gücü en yüksek) ve en hassas gözlerimiz (en zayıf sinyalleri alabilen) durumundalar. Bu bakımlardan en büyük optik teleskopları çoktan gerilerde bıraktılar.

Önce roketlerle, sonra da balon ve uydularla, x-ışınları bölgesinde yelpazeyi aralayarak, bu yeni pencereden uzaya ilk bakışı 1960'lı yıllarda yapabildik. Bu şekilde doğan x-ışınları astronomisi kısa süre içinde hızla gelişerek, diğer gelişkin optik ve radyo astronomiler yanında yerini aldı. Arkasından, aynı yolları kullanarak, gamma ışınları, mor ötesi ve kızıl ötesi ile diğer "yeni astronomiler" sökün etti. Bugün artık, bütün yelpaze bölgelerinde uzayı ve evreni inceleyebiliyoruz. Bilgi akışının hızı ve seviyesi çok yüksek ve gelen verilerin analizi ve yorumu çalışmalarının altından ancak bilgisayarlar yardımı ile kalabiliyoruz.

Elektromanyetik Olmayan "Astronomiler"

Uzay ve evren hakkında bilgilerimiz elektromanyetik yelpaze ile de sınırlı değil artık. Kozmik ışın parçacıkları dediğimiz, yüksek hızlarda hareket eden

elektron, proton ve diğer atom çekidekleri ile gamma ışınlarından oluşan bir radyasyonun atmosferimizi devamlı dövdüğünü bu yüzyılın başından beri biliyoruz. Ancak önemli gelişmeler için, bu alanda da uzay çağının taşıma araçlarına gereksinim vardı. Güneş sistemi ve bir bölümü de SY ötesinden gelen maddenin tek örnekleri olan kozmik ışınlar, biz, evrenin ne bollukta ve ne tür maddeden yapıldığı, konusunda aydınlatmaya çalışırlar. Uzay bilimlerinin bu kolu doğal olarak "**kozmetik ışınlar astrofiziği**" olarak adlandırılmıştır.

Evren hakkında bilgi taşıyan iki önemli kanalımız daha var: Nötrinolar ve kütle-çekimsel (gravitasyonel) dalgalar. Birinciler, zayıf-etkileşen ve çekirdek etkileşim ve bozunumları sırasında ortaya çıkan, kaydedilmesi zor temel parçacıklardır. Yer yüzünde nükleer reaktörlerde çok miktarda yaratılıp incelenebiliyorlar. Ancak, Güneş merkezindeki etkileşimlerde, diğer yıldızların merkezlerinde ve süpernova dediğimiz yıldız patlaması ve ölümü olayları sırasında fazla miktarda oluşmasını bekliyoruz. Bunların kaydı için kurduğumuz "nötrino teleskopları", Güneşten ve yakınızdaki Büyük Magellan Bulutu LMC'de 1987'de gözlenen süpernova patlamasından gelen ilk güneş-ötesi nötrinoları kaydetmiş durumdalar. Bu gözlemler ve çeşitli ülkelerde kurulmakta olan yeni nötrino gözlemleri, "**nötrino astrofiziği**" dalının da kısa sürede gelişeceğini gösteriyor.

Çekim dalgaları ise, Einstein'ın genel görelilik kuramınca öngörülen, bugüne kadar yeterince duyarlı duyaçları henüz kuramamış olmamız nedeniyle şimdilik gözlenememiş olan bir ışınım (enerji yayma) türüdür. Bütün fizikçiler kütle-çekimsel dalgaların varlığına inanıyorlar ve bunların gerçekliğine dair dolambaçlı kanıtlar da var. Ancak henüz doğrudan gözlenemediler. Yakın bir gelecekte, halen yapımı süren çekim-dalgaları teleskoplarının gerekli duyarlılığa ulaşarak "**çekim dalgaları astronomisi**" dalını başlatmasını ve bize, düşünebildiğimiz bu son pencereden uzaya ve evrene bakma olanağını vermesini heyecanla bekliyoruz.

(Devam edecek.)



Burada neyi başardığımızı biliyor musunuz? Nihayet zamanın çok kıymetli olduğunu. Zaman = para eşitliğini matematiksel olarak ispatlamayı başardık.