

Bilimde Yeni Bir Pencere : GRAVİTASYONAL DALGALAR

- 'Gravitasyonel' dalgalar, elektromanyetik dalgalardan farklı bir sonda olarak kullanılarak evren hakkındaki bilgilerin artmasına, bilim ve teknolojiye yeni ufukların açılmasına imkân sağlayacaktır.

Mustafa KARAMAN*

İnsan uzun bir süre, yaşadığı küçük gezegeni tanımak için çalışmış ve sonra uzayı tanımaya yönelmiştir. Elektromanyetik dalgaların görülebilir bölümü olan ışık, uzay araştırmalarında önceleri bilgi taşıyıcı olarak kullanılmış, sonraları ise buna kızıl ötesi, X, ve gamma gibi ışınlar eklenmiştir. Bütün bunlar, incelenen nesne veya ortamın yalnızca elektromanyetik radyasyonla açığa çıkan özelliklerinin öğrenilmesinde işe yaramaktadır. Bugün bu araştırma ve incelemelerde kullanılacak yeni alternatif bilgi taşıyıcılar, gravitasyonel dalgalardır. Gravitasyonel dalgalar, insanın bakışına yeni bir boyut kazandıracaktır. Çünkü, gravitasyonel dalgaların taşıdıkları bilgi, elektromanyetik dalgalarinkinden farklıdır.

Bilindiği gibi dalga kavramı alan kavramından çıkmaktadır. Alanlar durgun ve değişken olarak ikiye ayrılır. Dalga, değişken alanların bir sonucudur. Gravitasyonel alanlar da elektromanyetik alanlar gibi durgun ve değişken olarak ikiye ayrılırlar. Durgun gravitasyonel alanlara örnek olarak yerçekim alanı verilebilir. Gravitasyonel dalgalar, değişken gravitasyonel alanların bir sonucudur ve ışık hızında hareket ederler. Hareket eden bir nesne, ivmesine ve elektriksel yüküne bağlı olarak elektromanyetik dalga yayar. Böyle bir nesnenin gravitasyonel dalga yayması ise nesnenin kütlelerine ve ivmesine bağlıdır. Ancak, momentum korunumunun bir sonucu olarak, yalıtılmış bir sistemin net ivmesi sıfırdır, yani her etkiye karşı eşit ve ters bir tepki vardır. Fakat bu etki-tepki her zaman eşit olmamakta ve bazı durumlarda etkiye karşı tepki ile birlikte az bir hareket de olmaktadır. Bu hareket ise genellikle ivmeli olup, gravitasyonel radyasyona, yani gravitasyonel dalga yayılmasına neden olmaktadır. Kısaca, ivmesi ve kütleli olan her nesne, şiddeti ivme ve kütleyle bağlı gravitasyonel dalga yayar. Etki-tepki farkı, kütlelerin dağılımına bağlıdır. Kütle dağılımındaki düzensizlik, "quadropole" moment ile ölçülür. Örneğin, bir Ame-



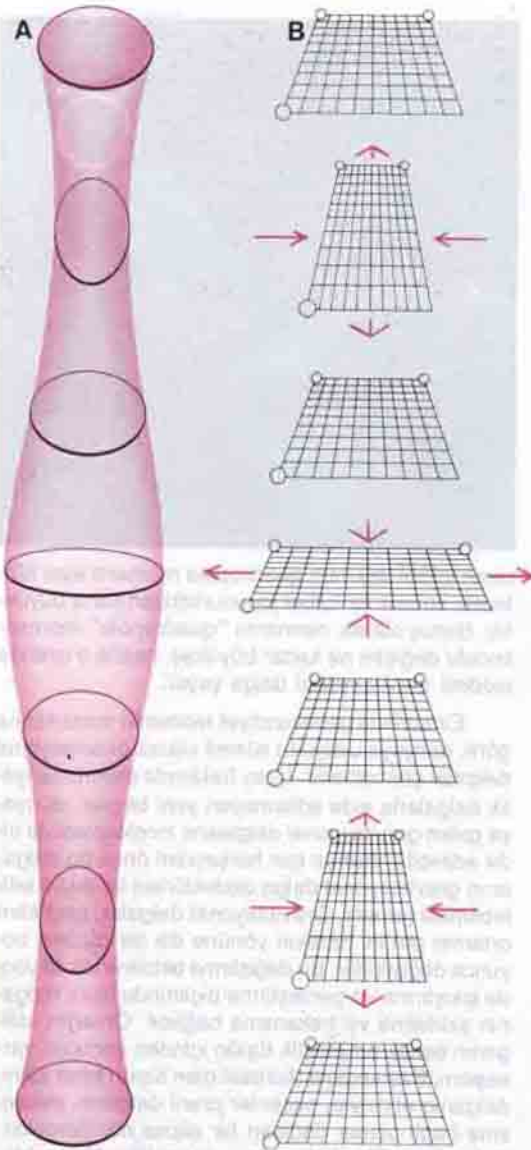
rikan futbol topunun quadropole momentini aynı kütledeki normal bir futbol topununkinden daha büyüktür. Sonuç olarak, nesnenin "quadropole" momentindeki değişim ne kadar büyüksün, nesne o oranda şiddetli gravitasyonel dalga yayar.

Einstein'ın genel izafiyet teorisinin sonuçlarına göre, dünyaya uzaydan sürekli olarak gravitasyonel dalgalar gelmektedir. Uzay hakkında elektromanyetik dalgalarla elde edilemeyen yeni bilgiler, dünyaya gelen gravitasyonel dalgaların incelenmesiyle elde edilebilir. Bunun için her şeyden önce bu dalgaların gravitasyonel dalga dedektörleri ile tesbit edilebilmesi gerekir. Gravitasyonel dalgalar, geçtikleri ortamın şeklini hareket yönüne dik bir düzlem boyunca değiştirirler. Bu değiştirme birbirine dik iki yönde sıkıştırma ve genleştirme biçiminde olup, dalganın şiddetine ve frekansına bağlıdır. Örneğin, dalganın esnek bir plastik tüpün içinden geçtiğini varsayalım. Başlangıçta dairesel olan tüpün kesit alanı, dalganın etkisiyle, eksenler oranı dalganın frekansına bağlı olarak değişen bir elipse dönüşecektir. Dalga kesildiğinde ise tüp eski şekline döner. Dalga, kütlelerin bulunduğu bir düzleme dik gelirse, düzlemin bir yönde daralmasına ve o yöne dik diğer yönde genişlemesine neden olur. İki dik yöndeki bu daralma ile genişleme dalganın yarım periyodunda yer değiştirir ve bu dalga varolduğu süre tekrarlanır. Verilen örneklerdeki elipsin eksenlerindeki ve düzlemin boyutlarındaki fark dalganın genliğiyle orantılıdır.

Bu açıklamadan çıkan sonuç şudur :

Yapılacak gravitasyonel dalga dedektörü, dalganın, geçtiği ortamın boyutlarında meydana getirdiği farkları ölçebilecek hassasiyette bir alet olmalıdır. Fakat, bu farklar o kadar küçüktür ki, kendi eksenini etrafında çok aşırı hızla dönen 500 tonluk çelik bir silindirin ürettiği gravitasyonel dalganın, bir met-

* Bilkent Üniversitesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlisi



Gravitasyonel dalgaların geçtikleri ortamda yaptıkları sıkıştırma ve genişleme etkisine iki örnek:

a) Plastik bir tüpün dairesel olan kesit alanı, eksenler oranı dalganın frekansına göre değişen elipslere dönüşmesi.

b) Kütlelerin bulunduğu bir düzlemin en ve boyunda meydana gelen ve dalga frekansına göre yer değiştirerek tekrarlanan daralma ve genişleme.

relik ince bir çubuğun boyunda yapacağı fark ancak 10-40 metre kadardır. Bu ise tespit edilemeyecek kadar küçüktür. Bir de, bu farkın dalganın periyodunda değişerek tekrarlandığı ve ayrıca gürültü halindeki başka kaynaklardan gelen gravitasyonel dalga-

ların istenmeyen etkilerinin varlığı da dikkate alınır. Bu problemin büyüklüğü açıkça görülecektir.








Gravitasyonel dalgaların tespitindeki bu zorluk, onlardan faydalanma alanını şimdilik uzay araştırmalarıyla sınırlamaktadır. Çünkü, uzaydaki korkunç büyüklükteki nesnelere yayıldığı dalgalar tespit edilebilecek derecede şiddetlidir. Örneğin, ikili bir yıldız sisteminin yayacağı dalgaların yapacağı fark, ortamın boyutlarının 10-20' de biri civarındadır. Bu fark ise mevcut gravitasyonel dalga dedektörlerince tespit edilebilir düzeydedir.

Gravitasyonel dalga dedektörlerinin ilki, 1960'lı yılların başında Maryland Üniversitesi'nden J. Weber tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu dedektör, temel olarak metal çubukların uzunluklarındaki farkları ölçen bir sistemdi. Bugün ise bu konuda, ABD'de Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nde (MIT), Kaliforniya Teknoloji Enstitüsünde (CIT) ve Avrupada bazı merkezlerde halen çalışmalar yapılmaktadır. MIT ve CIT'de ki araştırmacılar tarafından Mojave Çölü'nde ve Kolombiya'da ayrı ayrı yapıları planlanan ve daha sonra elektronik olarak birbirine bağlanacak iki gravitasyonel dalga dedektörünün toplam maliyetinin 60 milyon dolar olacağı açıklanmıştır. Bu dedektörler temel olarak Weber'inkiyle aynı olmakla birlikte, fark ölçümünde laser kullanılmaktadır. Bağlama işleminden sonra tek bir dedektör olarak kullanılacak olan bu dedektör LIGO ('laser interferometer gravitasyonel wave observatory') olarak adlandırılmaktadır. Bu çalışmaların 1990'lı yılların başlarında somut sonuçlar vermesi beklenmektedir.

Şimdiye kadar yapılan araştırmaların sonucuna göre uzaydaki birçok nesne gravitasyonel dalga yaymaktadır; ikili yıldız sistemleri, galaksi veya yıldız oluşumları, kara delikler, süpernovalar değişik özelliklerde gravitasyonel dalga üreten doğal gravitasyonel dalga jeneratörleridir. Gravitasyonel dalgaların, kütlelerle aralarındaki çekim, elektromanyetik dalgalara göre çok zayıftır. Bu nedenle kara deliklerin çekimi gravitasyonel dalgaların yalnızca şiddetini azaltacak ama dalgayı tamamen yutamayacaktır. Buradan ise, evrendeki saklı kütlelerin araştırılmasında gravitasyonel dalgalardan faydalanılabileceği sonucu çıkarılabilir. 'Big Bang'ten geriye kalan dalgaların incelenmesiyle evrenin doğuşu biraz daha aydınlanacak, galaksi ve yıldız oluşumları sırasında yayılan dalgalardan galaksi ve yıldızların doğuşları hakkında daha fazla bilgi edinilebilecektir. Sıralan halen çözülemeyen kara deliklerin oluşumları sırasında ve kara deliklerin şimdiye kadar gözlenemeyen ama varolduğu varsayılan çarpışmalarında veya bir nesnenin yutulmasında yayılan dalgaların incelenmesiyle kara deliklerin sıraları belki de büyük ölçüde çözülebilecektir.

Gravitasyonel dalgalardan faydalanılabilecek diğer bir alan ise jeolojidir. Yerin alt tabakalarındaki kütle hareketleri sonucu yayılan gravitasyonel dalgaların incelenmesiyle elde edilecek bilgiler yer hak-

GRAVİTASYONAL DALGA KAYNAKLARI VE YAYDIKLARI DALGALARIN ÖZELLİKLERİ

KAYNAK	SİNYAL TİPİ	FREKANS	ŞİDDET	
	YILDIZ İKİLİSİ	PERİYODİK	1 MHz VEYA DAHA AZ	10^{-21}
	NÖTRON YILDIZ İKİLİSİ	YAKLAŞIK PERİYODİK	1 KHz KADAR (SÜPÜRMELE)	10^{-22}
	EKLENİK NÖTRON YILDIZI	PERİYODİK	200-800 Hz	3×10^{-27}
	2. TİP SÜPERNOVA	VURUMLU	1 KHz	10^{-21}
	SALINAN KARA DELİK	SÖNÜMLÜ SİNÜS	BİR GÜNEŞ KİTLELİ İÇİN 10 KHz, 1000 GÜNEŞ KÜTLELİ İÇİN 10 Hz	?
	GALAKSİ OLUŞUMU	GÜRÜLTÜ	0-3000 Hz	10^{-14} 10^{-24}
	BIG BANG	GÜRÜLTÜ	?	?

kındaki bilgileri artıracığı gibi, gerek depremlerin tesbiti, gerekse maden aramada yeni yöntemlerin bulunmasına da imkân verecektir.

Gravitasyonel alanların elektromanyetik alanlara benzemesi dikkate alınarak, kullanılmaları sonucu yeni enerji kaynakları bulunabilir mi? Yapay gravitasyonel dalga jeneratörleri yapılabilir mi? Eğer yapılabilirse, gravitasyonel dalgaların elektromanyetik dalgalarla arasındaki benzerlik kullanılarak, gravitasyonel dalgalar elektronik haberleşmede elektromanyetik dalgalara bir alternatif olamaz mı? Bu soruların cevapları, şimdilik bir tahmin olarak evet olmakla beraber, kesin ve doğru cevaplar zamanın akışı içinde ortaya çıkacaktır. Eğer bunlar yapılabilirse bilim ve teknolojinin çehresinin değişmesi kaçınılmazdır.

Genel bir sonuç olarak, gravitasyonel dalgaların yeni bir sonda ve bilgi taşıyıcı olarak verimli bir şekilde kullanılabilmesi ile insanın kimlik arayışında yeni ufuklar açılacak ve dolaylı olarak da teknolojik gelişme daha da hızlanacaktır.

SİZ OLSAYDINIZ?

Satranç Dünyasındaki soruların cevapları

Çözüm I :

1..Axc6 bxc6 2.Fxc6! Vxc6 3.Kxg7! Şh8 4.Vh6 Ve4
5.Kxh7 Vxh7 6.Vxf8 Vg8 7.Vh6 Vh7 8.Kd8 mat.
(Rewitz-Odgaard, Esbjerg 1984)

Çözüm II :

1..Kxc4!! 2.Vxc4 Fe5 3.h3 Vg3 4.Şg1 (4.Af6 Şh8
5.Axg4 hxg4 6.Şg1 gxh3 7.Vc2 hxg2 siyah açık üstün.)
4..Fd4! 5.Şh1 Fb3! kazanır. Çünkü 6.gxf3 Vh3
mat. (Grivas-Norwood, Oakham 1984)

Çözüm III :

1.Kxh7 Vb4 (1..Af6 2.Vd6 ya da 1..Ve5 2.Vxg6 ve-
ya 1..Ae5 2.Ve8 Kf8 3.Kxg7! Şxg7 4.Fh6 ya da
1..Af8 2.Kxg7! Şxg7 3.Fd4 Şg8 4.Kh1! b2 den mat
tehdidi var.) 2.Kxg7 Şxg7 3.Fd4! Şg8 (3..Af6 4.Fxf6!
Kxf6 5.Vxf6! Şxf6 6.Ad5 beyaz açık üstün.) 4.Ad5
kazanır. (Thorsteins-Milijanic, 1984)