

Müzik ve Fizik

Bilim adamlarının, özellikle de fizikçilerin müzikle aralarının iyi olduğu bilinen bir gerçektir. Hatta, bazıları gerçekten iyi birer müzisyendir. Ne var ki, okulda, müzik ya da fizik derslerinde, ikisinin arasındaki ilişkiden hemen hemen hiç söz edilmez. “Müzik bir sanattır. Fizikle ne ilgisi olabilir” denilebilir. Evet, müzisyen olmak için belki fizik bilgisine sahip olmak gerekmiyor. Ancak, müzik yapmamıza olanak tanıyan ses ve onu üreten çalgıların çalışma biçimi çok basit fizik bilgisiyle anlaşılabilir.

Sesi en yalın biçimiyle, “işitme duyularımızla algılayabildiğimiz dalga hareketi” olarak tanımlayabiliriz. Ses dalgaları, enerjinin bir tür yayılma biçimidir. Sesin kaynağıysa, kulağımızın algılayabileceği hızda titreşen herhangi bir cisim olabilir. Bir yaylı çalgının teli ya da bir hoparlörün diyaframı, ses kaynaklarına verilebilecek örneklerdir.

Kaynağı ne olursa olsun, ses dalgaları biçiminde yayılır. Bir gitarın sesini, onun tellerinin titreşiminin yaydığı enerjinin ses dalgalarıyla kulağımıza ulaşması sayesinde duyarız. Gitarın teli hangi frekansta titreşiyorsa, havayı da o frekansta titreştirir. Şimdi, titreşen bir gitar telini yavaş çekimde izlediğimizi düşünelim. Tele vurduğumuzda, ileri-geri gidip gelmeye başlayacaktır. İşte tel, bu gi-

diş-gelişleri sırasında havayı itip çeker. Titreşen tel enerjisini yavaş yavaş havaya aktarır ve havada periyodik bir basınç değişikliğine yol açar. Basıncıdaki bu değişim, havada ilerler ve dalgalar halinde her yöne dağılır.

Ses dalgalarının nasıl ilerlediğini daha iyi anlatabilmek için, ünlü domino taşları gösterisi iyi bir örnektir. Bu gösteri için, domino taşları, biri devrildiğinde ötekini devirecek biçimde dik olarak birbiri ardına dizilir. Dizinin başındaki taşı arkasındakine doğru devirdiğimizde, taşlar birbirini devirir. Taşları doğru dizdiyse en son taşa kadar hepsi devrilir. Bu gösteride, baştaki taşa verdiğimiz enerji, aradaki taşlar tarafından en son taşa iletilmiş oldu. Sesin havada ilerleyiş biçimi de bunun gibidir. Sesin kaynağı olan titreşen cisim, yakınındaki hava molekülünü titreştirir. Titreşen her hava molekülü bir ileridekini titreştirir. Böylece titreşim her yöne yayılır. Eğer bu ses bizim algılayabileceğimiz frekanstaydı ve yeterince güçlüyse, kulağımıza ulaştıktan sonra kulak zarımızın en yakınındaki moleküller titreştiğinde, kulak zarımızı da titreştirir. Bu titreşim sinirler yoluyla beynimize iletilir ve böylece sesi algılamış, yani duymuş oluruz.

Peki, hava olmasa ne olurdu? Yine domino taşlarımıza dönelim. Sadece baştaki ve sondaki domino taşı yerinde kalsın bu sefer. Aradaki taşları kaldıralım. Baştaki domino taşını devirdiğimizde, sondakinin de devrilmesini bekleyebilir miyiz? Bekleyemeyiz. Bu düşünce deneyi, ses dalgalarının neden boşlukta ilerleyemeyeceği konusunda bizi aydınlatıyor. Ses dalgaları boşlukta ilerleyemez; çünkü, titreşimi iletecek herhangi bir madde yok arada.



Bu basit çalgının anavatanı Madagaskar'dır. Çalgı, bambu gövdesinden yapılır. Teller, bambunun gövdesinden soyulur, tel uçlarını gövdeden ayrılmaz. Tellerin gerginliği, atlarına sokulan tahta parçalarıyla sağlanır. Çalgıcı, boruyu dik tutar ve telleri parmaklarıyla tınlatır.

Sesi Müzik Yapan

Doğal olarak her ses müzik değildir. Peki, müzik nedir? Bunu anlatabilmek için, çok basit fakat müzik olmadığı hemen herkesçe onaylanabilecek bir sesle başlayalım. Herhangi bir istasyona ayarlı olmayan bir radyodan çıkan sesi düşünelim. Fizikçiler, buna "beyaz gürültü" derler. Beyaz gürültüye verebileceğimiz bir başka örnekse alkışdır. Büyük bir salonda bulunan kalabalık bir grup ellerini rastgele çırparsa, el şeklemlerini tek tek ayırmak olası değildir. Alkışı düzgün, sürekli bir ses olarak algılarız.

Beyaz gürültüyü zaman içinde hiç değişim göstermeyen, "sonsuzca değin süren" bir gürültü olarak tanımlayabiliriz. Ancak, bu gürültü zaman içerisinde bir miktar değişim gösterirse dinleyiciye anlamlı gelmeye başlayabilir. Örneğin bu sesin üzerine biraz martı sesi ekleyelim. Simdi, bu ses bize gürültü gibi mi geliyor yoksa kumsala vuran dalgaların sesi gibi mi? Sesi pek değiştirmeden dinleyiciye anlamlı gelebilecek bir biçime soktuk. Bu durumda, müziği, "Dinleyiciyi etkileyen, ona anlamlı gelen sesler" olarak tanımlayabilir miyiz?

Sesin havadaki titreşimler yoluyla iletilmesine değinmiştik. Kulağımız belli aralıktaki frekansları işitebilir. Bu saniyede yaklaşık 20 ile 20 000 titreşim aralığıdır. Frekans, saniyedeki titreşim sayısıdır ve birimi (Hz) Hertz'dir. (Hertz, 19 yüzyılda radyo dalgalarının nasıl oluştuğunu keşfeden bilim adamının adıdır.) Bazı canlılar daha geniş bir frekans aralığını algılayabilir. Bu, köpeklerde 50 ile 45 000 Hz, kedilerde 45 ile 85 000 Hz aralındadır. Yarasalar 120 000 Hz'e, yunuslar 200 000 Hz'e kadar olan sesleri algılayabilirler.

Düşük titreşimli sesleri kalın (bas), yüksek titreşimli sesleri ince (tiz) algılarız. Sesin kalınlığına (ya da inceliğine) "perde" denir. Yüksek frekanslı sesler yüksek perdeli, düşük frekanslı sesler düşük perdeli seslerdir. Müzik konusunda iyi eğitilmiş kişiler, frekansı sadece 2 Hz farklı iki perdede bile birbirinden ayırabilirler.

Müzik, genellikle rastgele seslerden değil, belli frekanslardaki seslerin kullanımıyla yapılır. Bunlar, notalardır. Bir telli çalgının çalışma prensibini anlayarak, notaların nasıl ortaya çıktığını keşfedebiliriz. Evimizdeki herhangi bir telli çalgıyı bunun için kullanabiliriz. Eğer telli bir çalgımız yoksa, kendimize basit bir tane yapabiliriz. Bir parça tahta ve esnek bir tel (bir gitar teli ya da misina olabilir) kullanarak çalgıyı yapabiliriz. Yaklaşık yarım metre uzunluğundaki tahtanın iki ucuna çiviyle tutturarak geçireceğimiz telin altına, tahtanın iki ucuna yakın yere, birer destek koymalıyız ki tel tahtadan biraz uzaklaşsın ve serbestçe titreşebilsin. Destek olarak bir kalem kalınlığında iki tahta parçası kullanabiliriz.

Çalgımızın teline, telin herhangi bir yerine parmağımızı bastırmadan vurduğumuzda çıkan sese armonik denir. Bu, aynı zamanda, tek telli çalgımızın çıkarabileceği en kalın sestir. Buna "çalgının temel frekansı" da denir. Çalgımızın temel frekansının 264 Hz olduğunu varsayalım. Bu frekans, bir piyanonun dördüncü oktavındaki "Do" notasının frekansıdır (Buna kısaca Do₄ diyelim). Teline rastgele seçeceğimiz yerlerine parmağımızla bastırıp, tele vurarak değişik frekansta sesler elde edebiliriz. Bu seslerin çoğu bize anlamsız gelir. Ancak, parmağımızı teline tam ortasına basarak tele vurursak, kulağımıza daha anlamlı gelen bir ses duyarız. Bu, telin ikinci armo-

Müzik sopası: Bu Uganda'da kullanılan, tek telli, basit bir çalgıdır. Sopanın iki ucuna gerilen telin titreşimi, bir uca yakın yerleştirilmiş perdelere basılarak değiştirilir. Böylece bir telden farklı sesler elde edilir.





| | | | | | | | |
|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Do ₄ | Re ₄ | Mi ₄ | Fa ₄ | Sol ₄ | La ₄ | Si ₄ | Do ₅ |
| Frekans (Hz): 264 | 297 | 330 | 352 | 396 | 440 | 495 | 528 |
| 1,000 | 1,125 | 1,250 | 1333 | 1,500 | 1,667 | 1,875 | 2,000 |

Tek telli basit bir çalgının temel frekansını 1 kabul ederse, birinci armoniğin frekansı 2 olur. Birinci armoniği, telin tam ortasına basarak elde ederiz. Yukarıda, bir piyanonun 4. oktavındaki notaları, seslerin frekanslarını ve bu frekansların oransal ilişkisi gösteriliyor.

niğidir. Bu ses, bir oktav yukarıdaki Do notasıdır (Do₅) ve frekansı telin temel frekansının iki katıdır; yani 528 Hz'dir. Şimdi, telin yarı uzunluğunu tekrar ikiye bölelim; telin 1/4'üne basalım. Telin kısa tarafına vuralım. Duyacağımız ses yine Do (Do₆) notasıdır, ama bu kez frekans dört katına çıktı. Yani, bir oktav daha inceldi.

Böylece, "oktav" kavramı kendiliğinden tanımlanmış oldu. Bir notanın bir oktav yukarısı, onun frekansının iki katı hızla titreşen ses anla-

mına geliyor. Burada görebileceğimiz gibi, oktavlar arası çok basit matematiksel bir ilişki var. Beynimiz bir şekilde, bu matematiksel ilişkiyi algılayabiliyor ve aralarında matematiksel bir ilişki bulunan sesler bize uyumlu geliyor. Aslında, telin tam ortasına göz kararı basmak zordur. Bunu, çıkan sesi dinleyerek yaparsak telin tam ortasını bulabiliriz. Müzik kulağı iyi olan biri telin tam ortasını çok hassas olarak bulabilir. Kulağımızın, gözümüzü göre çok daha duyarlı bir ölçüm aleti olduğunu söylersek pek de yanılmayız.

Oktav, bir telin en basit biçimde bölünmesiyle elde edildiğine göre, değişik notalar oluştururken kuşkusuz ona da temel olacak. Bir oktav aralıklı iki Do sesi arasında nasıl bir sayısal ilişki varsa, öteki notalar arasında da benzer bir ilişki var. Eğer bir oktavı rastgele değil de belirli oranlarda bölecek olursak farklı notalar elde ederiz. Değişik kültürler, tarihte oktavı değişik oranlarda bölerek notaları elde etmişler. Batı kültüründe, bir oktav 7'ye bölünürken, başka kültürlerde farklı oranlarda ve miktarda bölünmüş. Çin'de bir oktav 5'e, Arabistan'da 17'ye, Hindistan'daysa 22'ye bölünmüş.

Günümüzde batı müziğinde genel olarak kullanılan sistem, oktavın 7'ye bölünmesiyle elde edilen 7 notalı sistemdir. Notalar arasında da matematiksel bir ilişki vardır. Şimdi, bu ilişkinin nasıl ortaya çıktığına bakalım. Oktavdan sonraki en önemli aralık

"beşli"dir. Bunun için tel üçe bölünür ve 2/3 oranındaki uzun bölümü titreştirilir. Beşli denmesinin nedeni, başlangıç boyundaki telle, boyu onun 2/3'ü oranındaki telin verdiği seslerin arasında beş notanın bulunmasıdır. Bu aralık, bir tenor ile bas ya da soprano ile alto arasındaki farktır. Bazı iki sesle söylenen şarkılarda, şarkıcılar sesleri arasında bir beşli farkla söylerler.

Bir başka aralıkta, dördü olarak adlandırılır ve teli 3/4 oranında bölerek elde edilen sesle orijinal ses arasındadır. Tüm bu notalarla elde edilen sesler, kulağa çok uyumlu gelir. Bu nedenle, çoğu geleneksel müzikte bu uyum gözlenebilir.

Telimizin temel frekansını 1 kabul ederse, ikinci armoniğin frekansı 2 olur (telin tam ortasına basarak elde ettiğimiz ses). Bu durumda yukarıda sözünü ettiğimiz bölünmeleri, ondalık sayılar biçiminde yazabiliriz. Bu durumda: 1 (1/1), 1,333 (4/3), 1,5 (3/2) ve 2 (2/1) sayılarını elde ederiz. Do₄'ün frekansının 264 olduğunu biliyoruz. Bu frekans, 4/3'le çarptığımızda, Fa₄'ün frekansı olan 352'yi; 3/2'yle çarptığımızda Sol₄'ün frekansı olan 396'yı elde ederiz. 2'yle çarptığımızda zaten bir oktav yukarıdaki Do₅'in frekansını bulacağımızı biliyoruz. Bu dört notadan oluşan nota takımının, Orpheus'un çalgısı Lir'in akordu olduğu söylenir.

Bugün kullanılan 7 notalı sisteme göre sayısal bölünmeyi sürdürürsek, yedi notaya karşılık gelen frekans oranları şöyle olur: Do (1), Re (1,125), Mi (1,250), Fa (1,333), Sol (1,500), La (1,667), Si (1,875). Do₄'ün frekansını 264 olarak bildiğimize göre, 264'ü bu sayılarla çarparsak, öteki notaların frekansını elde edebiliriz. Buna göre, Re₄ 297, Mi₄ 330, Fa₄ 352, Sol₄ 396, La₄ 440, Si₄ 496, Do₅ 528 olmaktadır.

Görüldüğü üzere, ses ve müzik fizik ve matematikle yakından ilişkilidir. Sesin nasıl oluştuğunu, yayıldığı; notaların nasıl oluşturulduğunu, aralarında nasıl bir ilişki olduğunu çok basit fizik ve matematik bilgisiyle anlayabiliyoruz.

Alp Akoğlu

Kaynaklar
Taylor, C., Exploring Music, Institute of Physics Publishing, Bristol, 1994
Johnston, I., Measured Tones, Institute of Physics Publishing, Bristol, 1994

