



Fizik dersini dans eden bir insanın bedenine etki eden kuvvetler yoluyla öğretmek, Newton yasalarını hayata geçirmek için kullanılabilir etkin bir yol olabilir.

FİZİKLE DANS EDER MİSİNİZ?

Soyut “bilimsel” dünya ile deneyimlerden oluşan “gerçek” dünya arasında varolduğu düşünülen derin uçurumun iki kıyısını birbirine bağlayacak köprüyü kurmak, fizik dersini öğretirken yaşanan en büyük zorluklardan biri. Örneğin “eylemsizlik ilkesi” olarak da bilinen Newton’un hareket yasalarından birincisi, dış bir kuvvet etkide bulunmadıkça, hareket halindeki bir cismin doğru boyunca hareketini sürdüreceğini belirtir. Oysa ki deneyimlerimiz bize çoğu cismin ancak onları iten bir şey oldukça hareket etmeyi sürdürdüğünü söyler. Fizik konusunda uzmanlaşmanın anahtarı, sürtünme ve diğer etkileri içeren gerçek hayattan yola çıkarak fiziksel bir yasa oluşturma yeteneğinde saklı.

Bunu başarabilmek için izlenebilecek pek çok yol var. Bir ders saatinde madeni parayı ve kuş tüyünü yere doğru atarak, her ikisinin de aynı hızda ivmelenerek yere düştüğünü gösterebiliriz. Ancak bu sunumun başarılı olabilmesi için havası boşaltılmış bir kap kullanmamız gerekir, çünkü gerçek dünya bize kuş tüyünün çok daha yavaş düşeceğini söyler. Öğrencilerin derste öğrendiklerini desteklemek amacıyla tasarlanan laboratuvar derslerinden yararlanmak da, izlenebilecek yollardan bir diğeri. Ama bu yaklaşımın başarısı, öğrencinin derse gelmeden önce nasıl bir ön hazırlık yaptığına bağlı olarak değişir. Çünkü arka planında yatan bi-

limsel gerçeklikleri anlamadan da bir deneyi başarıyla tamamlayabilmeniz uygulamada sıklıkla olası.

Üniversitelerin fen bilimleri bölümleri dışındaki öğrencilerine fizik dersini dans yoluyla öğretmek, son günlerde geliştirdiğimiz alışılmamış bir yaklaşım. Bu yaklaşımla hazırlanan derslerin kilit teması, her bir öğrenciyi cisim kabul ederek hareketin fiziksel temellerini kişiselleştirmek ve öğrencilere kendi üzerlerinde deneyimledikleri kuvvetleri ve hareketi ölçmek ve anlamak için gereksinim duyacakları bilimsel araçları vermek. Amaç, yerçekiminin etkisi altında hareket eden bir insan bedeninden yola çıkarak dansçının hareketini yönlendiren fiziksel prensipleri anlamak.

Kulaklarımızdaki yarım dairesel kanallar gibi ivmeölçerler (akselerometre) ve kaslarımızda bulunan ve vücudun gerilimi hakkında bilgi veren hassas sinir uçları (proprioseptörler), sendeleyip düşecek gibi olduğumuzda hareketimizi düzelterek düşmememizi sağlar. Bedenlerimiz hareketi ve üzerlerine etki eden kuvvetleri, bunlar sayesinde sahip olduğumuz devinduyumsal (kinestetik) duyarımız aracılığıyla algılar. Bedenlerimizin tutarlı davranışlar sergilemesini garantilemek amacıyla içimizdeki bu “kara kutu”, bizlerin de fizikçiler gibi analiz edebileceğimiz fiziksel kuralları sürekli olarak işleme tabi tutar. Fiziki dansla harmanlayarak fen

bilimleri dışındaki öğrenciler, her iki tür disiplinin de yaratıcı ve analitik yönlerini öğrenirken bilimsel yöntemin yaklaşımını kavrayabilirler.

Asil Kökler

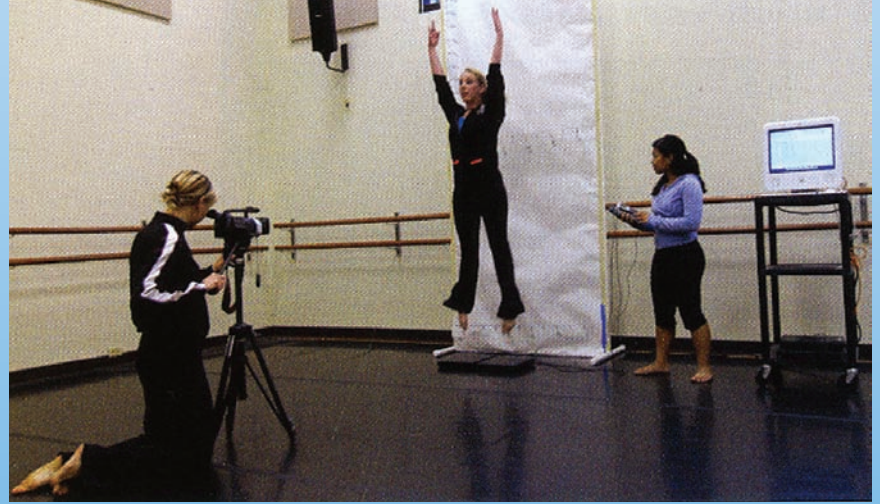
Dansın bilimsel açıdan anlaşılmasının kökleri, 17. yüzyılın başlarında Fransa’daki ekspresyonist hareket sırasında insan bedeni konusunda yapılan çalışmalara kadar uzanır. 1672’de XIV. Louis, bale konusunda düzenli eğitimlerin ve sistematik çalışmaların yapıldığı, insan hareketinin sınırlarına meydan okuyan, “Academie Royale de Danse”ı kurdu. Sıçrama ve dönme gibi konularda doğuştan özel yeteneklere sahip dansçılar teknik çıtayı sürekli yükselttiler ve bu da öğretim yöntemlerinin yeniden gözden geçirilmesini zorunlu hale getirdi.

Örneğin isimsiz bir dansçı, belki de 18. yüzyıldan August Vestris, dönüş boyunca kolların başlangıçtaki klasik açık çember halini korumak yerine kollarının oluşturduğu çemberi gitgide daraltarak dönme eylemsizliğini azalttı ve böylece parmak ucunda arda arda dönüşler (piruet) yapma konusunda uzmanlaştı. Zamanla bu ard arda dönüş yapabilmek önceden olduğu gibi kol şeklinin temiz korunmasından daha fazla arzulanır oldu ve böylece bu “numara” resmi dönme tekniği olarak öğretilir hale geldi.

20. yüzyılda insan hareketi konusundaki çalışmalar, hareketbilim (kinestoloji) isimli bilimsel bir disiplin olacak şekilde gelişti. Bu konuda anahtar kişilerden biri, 1926'da Wisconsin Üniversitesi'nde dünyanın ilk dans dersini başlatan A.B.D'li dans eğitimcisi Margaret H'Doubler oldu. Doubler öğrencilerin anatomi konusunu ve bu yolla insan hareketinin mekanik olasılıklarını sağlam bir şekilde kavramasının, ekspresyonist hareketin incelenmesi kadar temel bir gereksinim olduğunu savundu. Yerçekimi etkisinin etkin kas eylemlerini engellemesinden kaçınmak amacıyla, beden mekaniğinin öncelikle yerde uzanarak denenmesi gerektiğini anladı. Doubler'ın sınıfında yaptığı deneyler, yeni doğmakta olan hareketbilimin habercisiydi.

Fizikçiler dansı anlamak için hareketbilimin anatomik ve fizyolojik başlangıç noktasından daha temel bir yaklaşım benimsemeye yöneldiler. Örneğin 1989'da Pennsylvania'daki Dickinson Koleji'nden Ken Laws uzun bir sıçrama gerçekleştiren bir dansçının hareketinin yörüngesinin neden parabol şeklinde bir eğri izlemediğini inceledi ve dansçının kafasının ve gövdesinin bir parabol uygulamamasının, sıçrama süresince ağırlık merkezinin değişiyor olmasından kaynaklandığı sonucunu elde etti. Araştırmaya göre göre dansçının sıçramasının orta noktasında en yüksek konumlarına gelen kolları ve bacakları, dolayısıyla dansçının bedeninin ağırlık merkezi, dansçının çok kısa bir süre boyunca yatay olarak hareket ediyormuş gibi görünmesine neden oluyordu. Bu durum temel fizik yasalarına birebir uymasına karşın, izleyicide şaşılacak bir göz yanılması yaratıyordu.

Dans alanında yaygın bir diğer göz yanılmasıysa "assemble" adı verilen hareket sırasında gerçekleşir. Havada uçulan bu hareket boyunca dansçı havadayken arkadaki bacağıyla öndeki aynı hizaya gelir. Ama bu sırada arkadan gelen bacak, dansçının bedeninin geri kalan bölümlerinin ileri yönlü momentumundan bir kısmını çalmış olur. Bu nedenle dansçı yere inerken, sıçrayışın parabolik şekli aniden kesilmiş gibi görünür. Fizik ve Dans Etme Sanatı isimli kitabıyla sonuçlanan bu tür araştırma serileriyle Laws, dansın güzelliğini ve yarattığı göz yanılmalarını, temel mekanik prensiplerini kullanarak açıklamış oldu.



Dansçının hareketini değerlendirmek için temel oluşturacak bir iskelet yapı sağlamanın yanısıra fizik, dansı geliştirmek için bir araç olarak da kullanılabilir. Örneğin başarılı bir parmak uçlarında dönüş hareketi, dansçının zemine karşı dönme momentine karşı sürünmeye bağlı olarak oluşan bir tepki olarak ortaya çıkan, dış bir dönme momenti gerektirir. Bir dansçı için bu dönme momentini ve dolayısıyla dönme hızını artırmanın yollarından biri, iten bacağına dönme ekseninden uzaklaştırmaktır. Ama bu uzaklaştırma aynı zamanda dansçının bedeninin eylemsizlik momentini de artırdığından, başlangıçtaki dönüş hızının azalmasına neden olur. Dansçılar birbiriyle rekabet halindeki bu iki değişkeni en uygun şekilde kullanarak, gerçekleştirecekleri dönüşlerin sayısını arttırılabilirler.

Kinestetik (Devinduyumsal) Eğitim

"Dansın fiziği" isimli bir ders oluşturma düşüncesi, 2002'de, bu yazının yazarlarından fizik profesörü Richard Barber'ın, tiyatro ve dans profesörü David Popalisky'nin Santa Clara Üniversitesi'nde yürüttüğü "Babalar dans etmez" isimli haftalık atölye çalışmasına katılmak için çıkıp geldiğinde doğdu. İkimiz biraraya gelir gelmez fizik ve dans arasındaki ortak yaratıcı ve analitik süreçlerin farkına vardık. Başarılı bir dans, anlık kararlar gerektirdiği kadar kapsamlı bir ön hazırlık organizasyonu da gerektirir. Bilimsel yöntemle göre analiz edilmeye değer bir hipotezi oluşturan temel düşünce de daha ayrıntılı bir deneyi hak edip etmediğini anla-

mak için öncelikle basit bir deneyle test edilir. Kinestetik duyunun beden hareketi algılama yolu olduğunu düşününce, Newton'un hareket yasalarının dans yoluyla keşfedilebileceğini farkına vardık.

2003 ve 2004'ün yaz ayları boyunca ders sırasında ölçümlenebilen dans figürlerine dayalı bir dizi laboratuvar uygulamaları geliştirdik ve böylece öğrencilere bazı gerçek verileri analiz etme olanağı sunmuş olduk. Bunlardan biri kaydedilen verilerin hareketin parabolik bir yükseklik-zaman ilişkisi izlediğini kolaylıkla gösteren basit bir dikey sıçrayıştı. Bir başka deney, basit kol hareketlerinin kuvvet plakalarının üstünde durarak ölçülen dikey yöndeki kuvvetlerdeki değişim cinsinden rakamlarla nasıl belirtilebileceğini gösterdi. Bu plakalar çok hızlı tartılar gibi davranarak, üzerlerine uygulanan kuvveti saniyede 50 kez kaydediyorlardı.

Santa Clara'daki ders nihayet 2004'ün sonunda açıldı ve büyük bir başarı elde etti. Ders için kullanacağımız küçük dans stüdyosunun kapasitesi 20 kişiydi ama dersi almak isteyenlerin sayısı bunun iki katı oldu. Üniversitedeki bütün öğrencilerin bir fen laboratuvarı dersi alma zorunlulukları var ve bu tür dersler özellikle fen bilimleri alanında eğitim almayanlara yönelik tasarlanıyor. Derse kaydolanların üçte biri profesyonel dansçılık deneyimine sahip kişilerden, yaklaşık yarısıysa işletme alanında eğitim görenlerden oluşuyordu.

Ders haftada bir konuyu ele alıyor ve üç ayrı bölüm olarak işleniyor. İlki kısmen Laws'un temel kitabına dayanarak fizik kavramlarını ele alan ve tartışılan bir bölüm. İkinci dans stüdyosun-

da gerçekleştirilen, öğrencilerin haftanın konusu olan hareketlerle tanıştığı, estetik deneyimlerini ve sayısal verilerini kaydetmek için dizüstü bilgisayarlar kullandıkları bir laboratuvar bölümü. Üçüncü bölüm öğrencilerin bir önceki bölümdeki sonuçlarını analiz etmek için ihtiyaç duydukları tekniklere odaklanıyor.

Daha yükseğe sıçramak

Haftalık konulardan biri, dikey sıçrama. Konuyu çözmeye çalışmaya başlamadan önce öğrenciler sabit ivmelenmenin kinematığıyla ve düşeydeki hareketin temelleriyle tanışıyorlar. Basit bir dikey sıçrama için yalnızca iki düşey kuvveti dikkate almaya ihtiyacımız var: aşağıya doğru çeken yerçekimi ve yukarıya doğru iten zemin ve bu kavram haftanın ilk dersi boyunca Newton'un ikinci yasası kullanılarak inceleniyor. Sonraki günkü derste laboratuvar bölümüne geçiliyor ve sıçrayışları daha güvenli ve etkin hale getirmeyi amaçlayan ısınma çalışmalarının ardından öğrenciler eşzamanlı kol hareketleri yaparak ve yapmayarak ayrı ayrı sıçrayışlar gerçekleştirip, tümü için ölçümler yapıyorlar. Haftanın üçüncü dersinde kuvvet plakalarıyla birlikte kullanılan yazılımla verilerini analiz ediyorlar.

Öğrencilerin üzerinde sıçrayabilecekleri daha güvenli ve sabitlenmiş bir hedef tahtası yapabilmek için, düşey kuvvet verisi genellikle her iki ayağının da altına konulan kuvvet plakalarıyla kaydediliyor ve böylece öğrencilerin yapması gereken tek şey iki ayrı sütundaki verileri bir araya getirerek toplamak oluyor. Bununla birlikte, yerçekimine bağlı oluşan ivmeyi hesaplayabilmek için komsal verileri hızlara ve ivmelere dönüştürüyorlar. Merkezde neredeyse dümdüz bir eğim haline gelen hız grafiğinin de gösterdiği gibi, deney sonucunda $-10.1m.s^{-2}$ gibi akla uygun bir değer elde ediliyor.

Denge, yatay ivmelenme, dönme, eşli dans etmek (kaldırma ve ağırlık paylaşmayı içeren) gibi başlıklar, derste işlediğimiz diğer konulardan bazıları. Denge, iyi bir giriş konusu çünkü öğrenciler kuvvet plakalarının üstünde dururken ağırlıklarının yönünü değiştirebiliyor ve sonra her iki plakadaki değerleri toplayarak kendi ağırlıklarını hesaplayabiliyorlar. Dönme konusu,



dansçıların parmak uçlarında dönme ve farklı türlerde dönme hareketleri yaparken tam tepelerinden çekilmiş video çekimlerini kullanarak işleniyor. Dönme verilerinin analizleri, değişen kol ve bacak konumlarının dönme hızı üstündeki etkisini açığa çıkaracak düzeyde ayrıntılı oluyor. Sonuçlar, açısal momentumun korunumunun ve eylemsizlik momentinin tartışılması için çok etkin bir kaynak sağlıyor.

Ders her hafta bir önceki hafta yapılanlardan yola çıkarak şekillendirilen deneyleri ve analizleri ele alarak, dönemin sonunda bir grup projesi gerçekleştirmeyi hedefliyor. Dönemin sonunda yapılan şey, bileşenlerinin kaydedilerek analiz edildiği ve hem yaratıcı, hem de analitik süreçleri yansıtmak amacıyla tekrarlandığı basit bir koreografi. Örneğin öğrenciler kollarını hareket ettirecek ve ettirmeyerek sıçramalar yapıp, daha sonra her iki durumda ölçtükleri yükseklikleri ve kuvvetleri karşılaştırabiliyorlar. Dans performanslarını gerçekleştirmelerinin ardından her bir grup kısa bir konuşma yapıyor. Temel düşünce öğrencilere basit koreografiler yapmak, deneyler tasarlamak, verileri kaydetmek, sonuçları analiz etmek ve tüm bunlardan sonuç çıkartmak konusunda yeterli deneyim kazandırarak bilimsel açıdan güvenilir sunum yapabilmelerini sağlamak.

Bazı durumlarda final projeleri öğrencilere, lisans düzeyindeki derslerde çok nadir rastlanan araştırma deneyimi elde etme şansı da sunuyor. Örneğin iki öğrenci sıçramaya yönelik bazı verileri analiz ederken, kuvvet plakası verilerini kullanarak kolaylıkla hesaplanan sol ve sağ ayağın ürettiği itkilerin birbirinden farklı olduğunu farketti. İki veri grubunu doğrudan toplamak yerine öğrenciler final projeleri için bu farklılık

üzerine yoğunlaşmaya karar verdiler. Tüm sıçrayışların havaya yükselme ve yere inme sırasındaki itkilerindeki asimetri, öğrencilerden birinin sıçrayış boyunca bir yana eğildiğini, diğerininse sağ ayağını kullanmaya eğilimli ya da sağ ayağının sol ayağından uzun olduğunu gösteriyor.

Bu tür keşifler, kullandıkları teknikleri geliştirmek isteyen profesyonel dansçıların ilgisini çekebilir. Aslında biz de bugünlerde, sıçrama asimetriğini belirlemek için Santa Clara Üniversitesi'ndeki dans öğrencilerine yönelik bir atölye çalışması düzenlemeyi planlıyoruz. Atölyenin amacı, sıçrayışlarının etkinliğini ve güvenliğini geliştirmek isteyen dansçılara yardımcı olmak.

Fiziği teşvik etmek

Hareket yasalarını dans yoluyla incelemek, öğrencileri doğrudan ve kişisel olarak fizik alanındaki çalışmalarına dahil ediyor. Yalnızca laboratuvar çalışmalarında değil, verilerin analiziyle uğraşarak bilgisayar başında harcanan saatlere de öğrenciler tam katılım gösteriyor. Kinestetik deneyim öğrencinin konuya hakimiyetini geliştiriyor ve katılımcılara bilimsel yaklaşım konusuna doğru şekilde kısa bir göz atma olanağı sunuyor.

Bildiğimiz kadarıyla fizik ve dans arasında benzer ilişkiler kuran yalnızca iki ders daha var: bunlardan biri Chicago'daki Columbia Üniversitesi'nde fizikçi Pan Papacosta tarafından, diğeri de Pennsylvania'daki Franklin ve Marshall Üniversitesi'nde yine Andrea Lommen isimli bir fizikçi tarafından geliştirilmiş. Aslında California'daki Albany Lisesi fizik öğretmenlerinden Megan Desroches da, sınıfında bizim derslerimizden bazı alıştırımlara yer vermeyi planlıyor. Niyetimiz "dansın fiziği"nin ders içeriğini ve laboratuvar çalışmasının genel çerçevesini farklı düzeylerdeki eğitimcilerin kullanımına sunmak amacıyla yayımlamak. Pek çok ülkede fizik alalmını tercih eden öğrencilerin sayısında yaşanan düşüş gözönüne alındığında, öğrencileri fizik alanında çalışmaya teşvik eden bu ders, yoksayılacak kadar önemli görünüyor.

Çeviri: Ayşenur Topçuoğlu Akman

Kaynak: Barber, R., Popalisky D.; Dancing with physics; Physics World, Ocak 2008, s. 29-32.