

Fen Öğretmeni Adaylarının Dalgalar Konusunda Kavram Yanılgıları

Asuman KÜÇÜKÖZER¹✉

¹ Yrd. Doç. Dr., Balıkesir Üniversitesi, Necatibey Eğitim Fakültesi, Fen Bilgisi Öğretmenliği ABD, Balıkesir

Alındı: 16.10.2008

Düzeltildi: 26.02.2009

Kabul Edildi: 04.03.2009

Original Yayın Dili Türkçedir (v.7, n.2, Haziran 2010, ss.66-75)

ÖZET

Bu çalışmada dalga fiziğinin temel olay ve kavramlarına ilişkin, mekanik dalgaların oluşturulması, yayılması ve girişimi konularında, fen bilgisi öğretmenliği öğrencilerinin kavramsal anlamalarının betimlenmesi, varsa kavram yanılgılarının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Dalgalar fiziği temel konulardan biri olmanın yanı sıra dalgalar fiziğini anlamak akustik, fiziksel optik, elektromanyetik dalgalar, kuantum mekaniği konuları için önemlidir ve bu konuların temelleri dalgalar fiziğinde atılmaktadır. Veri toplama aracı olarak 5 adet açık uçlu sorudan oluşan bir anket kullanılmıştır. Anket, Necatibey Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği'nde öğrenim gören 53 öğrenciye uygulanmıştır. Çalışmada elde edilen bulgular, öğretmen adaylarının mekanik dalgaların temel olgu ve kavramlarına ilişkin kavram yanılgılarının olduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Dalgalar; Kavram Yanılgıları; Fen Öğretmen Adayları; Fizik Eğitimi.

GİRİŞ

Geçtiğimiz otuz yılda, öğrencilerin ve öğretmenlerin çeşitli alanlardaki kavram yanılgıları; kavram yanılgılarının öğrenmede, öğretimde önemi ve yeri üzerine yapılan çalışmalar fen eğitiminde en önemli araştırma alanlarından biri olmuştur (Duit & Treagust 2003). Bu araştırmalar, çeşitli kavram ve olgulara ilişkin ön bilgilerin olduğunu, bu ön bilgilerin genellikle bilimsel bilgilerle uyuşmadığını ve değişime karşı dirençli olduklarını ortaya koymaktadır (Driver, 1989). Ayrıca öğrencilerin olduğu kadar öğretmen ve öğretmen adaylarının da kavram yanılgılarının olduğu çeşitli çalışmalarla ortaya konulmuştur (Küçüközer, 2007).

Alan eğitiminde çok etkili olan yapılandırmacılık kuramı çerçevesinde (Mathews, 1997), bilginin öğrenci tarafından etkin olarak yapılandırılması sürecinde önceki bilgilerin önemli rol oynadığı düşüncesi temellerinde yürütülen bu araştırmalar, etkili öğretim ortamlarının, etkinliklerinin ve öğretim stratejilerinin tasarlanması yolunda temel ve gerekli bir adımdır.

Özel olarak fizik eğitimi alanında çeşitli düzeylerde öğrenciler, öğretmen adayları ve öğretmenlerle, kavram yanılgıları üzerine yapılan çok sayıda araştırma olduğu Pfundt ve Duit (2007) tarafından hazırlanan bibliyografyaya bakıldığında görülmektedir. Yapılan çalışmalar alanlara göre sınıflandırıldığında özellikle mekanik, elektrik, geometrik optik, ısı-sıcaklık

✉ Sorumlu Yazar email: akucuk@balikesir.edu.tr

konularında çok sayıda araştırmanın gerçekleştirildiği fakat bazı konularda az sayıda çalışmanın olduğu dikkati çekmektedir. Bu alanlardan birisi de dalgalar fiziğidir. Oysa dalgalar fiziği, fiziğin temel konulardan birisi olmasının yanı sıra; dalgalar fiziğini anlamak akustik, fiziksel optik, elektromanyetik dalgalar ve kuantum mekaniği konuları için önemlidir ve bu konuların temelleri dalgalar fiziğinde atılmaktadır. Ayrıca, alanyazında bulunan çalışmalar dalgalar fiziğini öğrencilerin anlamakta zorlandığını ortaya koymaktadır.

Maurines (1992), tarafından Fransa’da üniversite düzeyinde 1300 öğrenciye dalgaların yayılması konusunda 8 adet sorudan oluşan bir anket uygulanmıştır. Bu öğrencilerden 700’ü üniversite düzeyinde bu konuda bir eğitim almamış olup, 600’ü dalgalar konusunda öğretim görmüşlerdir. Çalışmada mekanik dalgaların yayılması, dalganın oluşturulması ile yayılması arasındaki ilişki, dalganın yayılma hızı ve ortamdaki bir noktanın hareketi, dalgalarda basit matematiksel bağıntıların anlaşılması konularında öğrencilerin kavramsal anlamaları incelenmiştir. Maurines dalgaların yay üzerinde yayılmasının betimlenmesinde öğrencilerin temel aldıkları akıl yürütme süreçlerine odaklanmış ve sonuçta öğretim alan-almayan iki öğrenci grubu arasında bir fark olmadığını bulmuştur. Maurines araştırmada, öğrencilerin mekanik temelli bir yaklaşımı esas alarak atmanın bir ortamdaki hareketini betimlediklerini; atmayı oluşturmak için daha fazla kuvvet kullanıldığı durumda daha hızlı gideceğine inandıklarını; dalgaların yayılma hızının başlangıç koşullarına bağlı olduğu kadar şekillerine de bağlı olduğunu düşündüklerini; atmanın genişliği, yayılma hızı ve zaman arasındaki ilişkileri yorumlarken genellikle bir değişkene odaklandıklarını ve bütün değişkenleri aynı anda göz önüne almadıklarını; dalgaların sanki maddesel bir nesne (örneğin farenin hareket ettirdiği bir halı) gibi görüldüğünü ortaya koymuştur.

Wittmann, Steinberg ve Redish (1999), Wittmann (2002) tarafından üniversite düzeyindeki öğrencilerle yapılan çalışmalarda, bilgisayar destekli bir öğretim tasarlanmış, öğretim öncesi ve sonrası anketler uygulanmış (137 öğrenci), görüşmeler yapılmış (30 öğrenci) ek olarak bilgisayar destekli öğretim sırasında uygulanan testler ve sınav soruları incelenmiştir. Bir yay üzerinde dalgaların yayılmasıyla ilgili olarak öğrencilerin, dalgaları bir nesne gibi gördükleri, mekanik dalgalar konusunda yorum yaparken bir “parçacık-atma modeli” ne göre akıl yürüttükleri ortaya konulmakta ve bu düşünce şekillerine öğretim sonrasında da rastlandığı belirtilmektedir. Dalgaların üst üste binmesi konusunda ise öğrencilerin, dalga üzerindeki tepe noktalarına odaklanarak diğer noktaları göz ardı ettiklerini; iki atmanın karşılaşması durumunda esnek olmayan bir çarpışma meydana gelmiş gibi büyük olanın küçük olanı söndüreceğini ve büyük atmadan geriye kalan daha küçük atmanın daha yavaş ilerleyeceğini; aynı boyutlu iki atmanın karşılaşmasında birbirleriyle çarpışıp geriye döndüklerini düşündükleri ortaya konulmuştur.

Şengören, Tanel ve Kavcar (2006) tarafından 147 fizik eğitimi öğrencisiyle yürütülen çalışmada yay üzerinde dalgaların üst üste binmesi üzerine 8 adet soru sorulmuş ve görüşmeler yapılmıştır. Çalışmada öğrencilerin, yayın aynı tarafında oluşturulan iki atma karşılaştığında biri diğerinden genişlik ve genlik olarak büyükse ya büyük olanın küçüğü örterek hiçbir değişimin olmadığını ya da büyük olandan küçük olanın çıkarılmasıyla geri kalan atmanın büyük atmanın ilerleme yönünde ilerlediğini; yayın farklı taraflarında oluşturulan veya maksimum genlikleri örtüşmeyen atmalar için üst üste binme ilkesinin geçerli olmadığını; atmaların birbirlerini geçtikten sonra tekrar ilk durumlarına geri dönmediklerini düşündükleri belirtilmektedir.

Bu çalışmada dalga fiziğinin temel olay ve kavramlarına ilişkin, mekanik dalgaların oluşturulması, yayılması ve girişimi konularında, fen bilgisi öğretmenliği öğrencilerinin kavramsal anlamalarının betimlenmesi, varsa kavram yanlışlarının tespit edilmesi amaçlanmıştır.

YÖNTEM

Çalışma Balıkesir Üniversitesi Necatibey Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği'nde öğrenim gören 53 öğrenciyle gerçekleştirilmiştir. Öğrenciler araştırma konusu ile ilgili olarak üniversite düzeyinde bir ders almamış olup ortaöğretimin son yılında, mekanik dalgalar özellikle yay ve su dalgaları üzerine bir öğretim görmüşlerdir.

Veri toplama aracı olarak 5 adet açık uçlu sorudan oluşan bir anket kullanılmıştır. Sorular hazırlanırken alanyazında var olan çalışmalardan yararlanılmıştır. Anket Maurines (1992), Wittmann, Steinberg ve Redish (1999) tarafından yapılan çalışmalardan aynen alınmış veya kısmen değiştirilmiş sorulardan oluşmaktadır. Anket hazırlandıktan sonra fizik ve fizik eğitimi alanlarında ikişer uzmanın görüşleri alınmış ve gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Sorular 5 öğrencinin katıldığı pilot uygulamada test edilmiş ve ankete son şekli verilmiştir.

Dalgalar fiziğinde temel bazı kavramlar üzerine öğretmen adaylarının kavramsal anlamalarının betimlenmesinin amaçlandığı bu çalışmada anket soruları mekanik dalgaların yayılması ve üst üste binmesi üzerinedir. Tablo 1'de soruların içeriği ve kaynağı gösterilmektedir.

Tablo 1. *Anket Soruları Hakkında Bilgi*

Soru	İçerik	Kaynak
1	Yayılma Hızı – Kaynak, Ortam Özellikleri	Witmann, 1999
2	Yayılma Hızı – Sönümlü Ortam	Maurines, 1992
3	Yayılma Hızı – Dalga Şekli	Maurines, 1992
4	Dalga boyu, Genlik – Ortam Özellikleri	Maurines, 1992
5	Girişim	Witmann, 1999

Öğrencilerin sorulara verdikleri yanıtlar analiz edilmiştir. Bu analizde bilimsel olarak doğru ve doğru olmayan yanıtlar ayrılmış, doğru olmayan yanıtlar kendi içerisinde verilen yanıtların içerik analizi doğrultusunda alt gruplara ayrılmış, anlaşılamayan yanıtlar kodlanmamıştır.

BULGULAR

Çalışmada elde edilen bulgular yayılma hızının bağlı olduğu etkenler, dalga özellikleri- ortam özellikleri ve dalgaların girişimi olmak üzere üç başlık altında sunulmuştur.

a) Yayılma Hızına Etki Eden Etkenler

Dalgaların yayılma hızının bağlı olduğu etkenleri belirlemek amacıyla öğrencilere üç soru sorulmuştur. Dalganın yayılma hızı sadece yayıldığı ortamın özelliklerine (yaylar için lineer kütle yoğunluğu ve F germe kuvveti) bağlı, dalgayı oluşturan kaynağın özelliklerinden ve dalga şeklinden bağımsızdır.

Dalgaların yayılma hızı üzerine sorulan ilk soruda bir öğrencinin bir ucu duvara tutturulmuş bir yay üzerinde bir atma göndererek deney yaptığı, bu deneyde atmanın duvara ulaşma süresini uzun bulduğu ve atmanın duvara ulaşma süresini ne yaparsa azaltacağı sorulmuştur. Öğrenciler tarafından yayılma hızını artırmak üzere genelde bir, bazen iki yöntem önerilmiştir. Önerilen yöntemlerden % 36'sı bilimsel olarak doğru (Tablo 2) ve ortamın özelliklerini ya daha ince bir yay kullanarak ya da F germe kuvvetini artırarak değiştirmek yoluyla yayılma hızını artırmak şeklindedir.

Tablo 2. Birinci Soruya Verilen Yanıtlar ve Yüzdeleri

Yanıtlar	Yüzde	
Ortam Özellikleri	Daha ince bir yay kullanmalı	34
	F germe kuvvetini artırmalı	2
Kaynak Özellikleri	Elini daha kuvvetli sallamak	16
	Elini daha hızlı sallamak	8
	Genliği artırmalı	8
	Frekansını artırmalı	3
Dalga boyu	Dalga boyunu artırmalı	19
	Dalga boyunu azaltmalı	4
Yayın boyunu kısaltmalı	6	

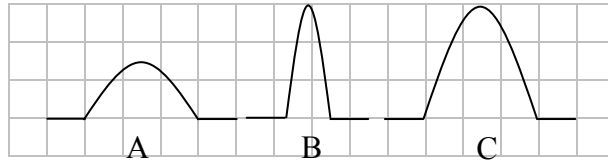
Önerilen yöntemlerden %35'i ise kaynakta yapılan değişikliğin, % 23'ü ise atmanın dalga boyunu değiştirmenin yayılma hızını etkileyeceği düşünceleri temel alınarak yapılmıştır.

Kaynakta değişiklik yapılması önerilerine bakıldığında en fazla oranda elin daha kuvvetli, şiddetli sallanması önerilmektedir. Bu öneri, öğrenciler tarafından “kuvvet elden atmaya aktarılan, atmada depolanan içsel bir kuvvet olarak ortaya çıkmakta ve bu kuvvet ne kadar fazla ise atma o kadar hızlı gidecektir” akıl yürütmesinin temel alındığını ortaya koymaktadır. Elin daha hızlı sallanmasını öneren öğrencilerin ise, elin hareket hızı ile atmanın ortamda yayılma hızı arasındaki ayrımın farkında olmadığını ve sanki hızı elden atmaya aktarılabilen bir nicelik gibi düşündüklerini göstermektedir. Genliğin artırılması gerektiğini öneren öğrenciler için genlik ve yayılma hızı arasında bir ilişkinin olduğu ve genliği büyük olan dalganın daha hızlı gittiği düşüncesi ile akıl yürüttükleri görülmektedir. Frekansın artırılmasını öneren öğrenciler ise $v=\lambda.f$ eşitliğinde yola çıkmaktadırlar.

Dalga boyunu değiştirmenin yayılma hızı üzerinde etkisi olacağını düşünerek yapılan önerilerin %19'u dalga boyunun artırılması, %4'ü ise dalga boyunun azaltılması yönündedir. Öğrenciler tarafından dalga boyunun nasıl değiştirileceği konusunda bir açıklama yapılmamıştır. Dalga boyunun artırılması gerektiğini öneren öğrenciler açıklamalarını $v = \lambda.f$ bağıntısına dayandırmakta ve dalga boyu artırılırsa eşitlikten yayılma hızının artacağını düşünmektedirler. Dalga boyunun azaltılması gerektiğini düşünen öğrenciler “daha küçük atma ortamda daha kolay ilerleyecektir, küçük olan daha hızlıdır” düşüncesini temel almaktadırlar.

İkinci soruda, bir öğrenci tarafından yay üzerinde bir atma oluşturulduğu, ortamın sönümlü olduğu ve bu atmanın yayın diğer ucuna ulaşmadan yok olduğu belirtilerek, zamanla bu atmanın ilerleme hızının değişip değişmeyeceği sorulmuştur. Atma aynı ortamda ilerlemesine ve hız sadece ortama bağlı olmasına rağmen öğrencilerin % 55'i hızın değişeceğini düşünmekte, yayılma hızının gittikçe azalacağını ifade etmektedirler. Bu öğrenciler tarafından “dalga yok olduğuna göre mutlaka hızı azalıyordur” şeklinde bir açıklama yapılmıştır. Bu sonuç öğrenciler için yayılma hızının sadece ortama bağlı olmadığını, dalganın sahip olduğu kuvvet, enerji vb. ye bağlı olduğunu bu bittikçe dalganın hızının da azaldığını düşündüklerini göstermektedir. Öğrencilerin % 36'sı ise yayılma hızının değişmeyeceğini düşünmektedirler.

Dalgaların yayılma hızları ve dalga şekli arasında bir ilişki olup olmadığı konusunda öğrencilerin düşüncelerini öğrenmek için sorulan üçüncü soruda, üç özdeş yayda ilerleyen A,B,C ile gösterilen üç farklı atma şekli (Şekil 1) verilerek ilerleme hızlarının aynı olup olmadığı sorulmuştur.



Şekil 1. Üçüncü soruda verilen atma şekilleri

Dalganın bir ortamda yayılma hızı ile dalga şekli birbirinden bağımsız olmasına rağmen, öğrencilerin % 75'i atmaların hızlarının farklı olduğunu düşünmektedirler. Bu soruya öğrencilerin yalnızca %13'ü doğru yanıtı vermiştir. Öğrenciler atmaların şekline bakmakta, atmanın genişliğini ve/veya yüksekliğini yayılma hızı ile ilişkilendirmektedirler.

b) Dalga Özellikleri- Ortam Özellikleri

Öğrencilerin dalgaları betimleyen temel iki niceliğin dalga boyu ve genlik ile dalganın yayıldığı ortamın özellikleri arasında nasıl bir ilişki kurduklarını görmek amacıyla bir soru sorulmuştur. Bu soruda, bir öğrencinin iki özdeş periyodik dalga kaynağı kullanarak iki farklı yayla deney yaptığı, ikinci yayda oluşan atmanın ilerleme hızının birinci yaydaki atmanın ilerleme hızının iki katı olduğu belirtilerek, birinci yayda oluşan atmanın şekli verilmiş ve ikinci yayda oluşan atmanın şekli sorulmuştur. İki yay içinde frekansın aynı olduğu bu durumda, atmanın genişliği iki katına çıkmakta iken genliği aynı kalmaktadır, bilimsel olarak tam doğru yanıtı öğrencilerin sadece %7'si vermiştir.

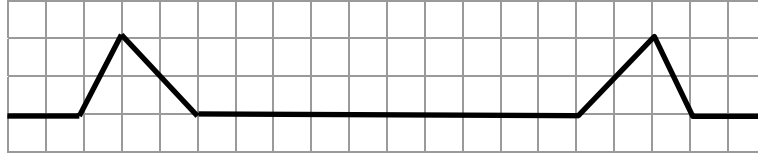
Tablo 3. Dördüncü Soruya Verilen Yanıtlar ve Yüzdeleri

Yanıtlar	Yüzde
Genişlik büyük-genlik aynı	7
Genişlik aynı-genlik büyük	30
Genişlik aynı-genlik aynı	24
Genişlik büyük-genlik büyük	23

Tablo 3'te de görüldüğü gibi öğrencilerin %30'u atmanın genişliğinin aynı kaldığını, sadece genliğin arttığını düşünmektedirler. Bu öğrencilere göre atmanın genişliği ortamdan bağımsızken, atmanın genliği ortama bağlıdır ve iki yayda da kaynak aynı olduğuna göre ikinci yaydaki atmanın hızlı ilerlemesi onun genliğinin fazla olduğunun göstergesidir. Öğrencilerin %24'ü atmanın şeklinin hiç değişmediğini, sadece aynı anda ikinci atmanın birinci atmadan biraz daha ileride olacağını düşünmektedirler. Bu öğrencilere göre atmanın genişliği ve genliği ortamın özelliklerine bağlı değildir. Öğrencilerin %23'üne göre hem genlik hem de genişlik değişmektedir. Bu öğrencilere göre hem genlik hem de genişlik ortamın özelliklerine bağlıdır.

c) Dalgaların Girişimi

İki dalganın girişimi olayı dalgalar için önemli bir konudur, dalgalar girişim esnasında üst üste binme prensibine uyarlar. Üst üste binme ilkesine göre aynı anda iki veya daha fazla dalga atmasının etkisi altında kalan bir nokta, atmaların bireysel yer değiştirmelerinin vektörel toplamına eşit miktarda bir yer değiştirme yapar. Üst-üste binme ortamdaki her noktada gerçekleşir ve sistemdeki her nokta göz önünde bulundurulmalıdır, noktasal olarak gerçekleşen ve bütünde gerçekleşen iki olay arasındaki farkı öğrencilerin anlaması kolay değildir; çünkü bu ince bir ayırmadır.



Şekil 2. Soruda Verilen Atmalar

Öğrencilerin dalgaların girişimi konusunda görüşlerinin alınması amacıyla sorulan soruda saniyede birer birim ilerleyen atmaların (Şekil 2) altıncı saniyedeki ve birbirlerini geçtikten sonraki şekillerinin ne olacağı sorulmuştur. Tablo 4’de görüldüğü gibi soruya öğrencilerin sadece % 6’sı doğru yanıt vermiştir.

Tablo 4. Beşinci Soruya Verilen Yanıtlar ve Yüzdeleri

Yanıtlar	Yüzde
	6
	30
	28
	11

Öğrencilerin % 30’u maksimum genlikleri basit bir şekilde toplamışlardır. Bu öğrenciler, atmayı bir denge noktasından itibaren salınımın olduğu bir bölgeye yayılmış bir düzensizlik durumu gibi değil de atmayı tepe noktalarına indirgeyerek, üst üste gelmeyi sadece maksimum bölgelerin toplamı olarak görmektedirler. Öğrencilerin % 28’ine göre, maksimum genliklerin tamamen üst üste gelmediği bu durumda, hiçbir toplamın yapılması söz konusu değildir. %11’lik bir öğrenci dilimiyse atmalar birbirini söndürmektedir, bu öğrenciler doğrudan atma şekillerine bakarak, eğer iki atma birbirinin simetriği ise aynı veya farklı tarafta ilerlemelerine bile bakılmaksızın birbirlerini yok edeceğini düşünmektedir. İki atmanın birbirlerini geçtikten sonraki durumunun ne olacağı sorusuna ise, bu soruya yanıt veren öğrencilerin tamamı doğru çizimi yaparak yanıt vermiştir.

TARTIŞMA

Çalışmada elde edilen bulgular öğrencilerin mekanik dalgaların temel olgu ve kavramlarına ilişkin kavram yanlışlarının olduğunu ortaya koymaktadır.

Öğrenciler dalgaların yayılma hızı ve başlangıç koşulları arasında ilişki kurmaktadırlar. Bu düşünce, genellikle mekanikte kuvvet konusunda görülen “içsel kuvvet (impetus)” düşüncesi ile örtüşmektedir. Kuvvet konusunda görülen temel yanlışlardan birisi hareketi sürdürmek için kuvvetin gerekliliği, bunun cisimde “içsel kuvvet (impetus)” olarak

depolandığı, bu içsel nicelik bittikçe cismin yavaşladığı ve en sonunda durduğudur (Halloun & Hestenes, 1985; McCloskey, 1983). Bu içsel nicelik öğrenciler tarafından kuvvet, enerji veya hız terimleri ile nitelendirilmektedir. Mekanik dalgalar söz konusu olduğunda kurulan ilişki, öğrencilerin bir kısmı tarafından yayılma hızı ve dalgayı oluştururken harcanan “kuvvet” arasında kurulmakta, bu “kuvvet” elden atmaya aktarılan, atmada depolanan içsel bir kuvvet olarak ortaya çıkmakta ve ne kadar fazla ise atmanın o kadar hızlı gideceği düşünülmektedir. Öğrencilerin bir kısmı tarafından kurulan diğer bir ilişki ise atma ne kadar hızlı oluşturulursa yayılma hızının o kadar büyük olacağı yönündedir; burada hız, atmaya aktarılabilen bir nicelik olarak düşünülmektedir. Ayrıca dalga sönmümlenirken atmaya aktarılan ve depolanan “kuvvet, hız” zamanla bitmekte ve dolayısıyla yayılma hızı azalmaktadır. Bu düşünce biçimi Maurines (1992) tarafından yapılan çalışmada ortaya konulan sonuçları destekler niteliktedir.

Ayrıca, öğrencilerde görülen bu “içsel kuvvet (impetus)” kaynaklı akıl yürütme, dalgaların şekli ile yayılma hızı arasında ilişki kurulması, dalga boyunun ortam özelliklerinden bağımsız olması Wittmann (2002) tarafından belirtildiği gibi öğrencilerin “dalğanın oluşturulması ve yayılması ile bir ortama atılan bir top arasında analogi” kurduklarını düşündürmektedir. Öğrenciler dalgalara, bir ortamda oluşan bir olaydan daha ziyade bir ortamda hareket eden bir nesne gibi yaklaşmaktadır. Örneğin, top ne kadar hızlı ve/veya kuvvetli atılıyorsa o kadar hızlı gitmekte, depolanan içsel nicelik bittikçe hızı azalmakta; dalğanın dalga boyu, bir ortama atılan topun şekli gibi ortamdan bağımsız düşünülmektedir. Dalgaların adeta bir nesneymiş gibi düşünülmesi ve mekanikte görülen temel kavram yanlışlarına uygun şekilde bu nesnenin hareket etmesi yaklaşımı Maurines (1992), Wittmann, Steinberg ve Redish (1999) tarafından ortaya konulmuştur. Bu yaklaşım, Maurines tarafından mekanik temelli akıl yürütme şekli olarak, Wittmann tarafından öğrencilerin parçacık-atma modeli çerçevesinde açıklanmıştır. Çalışmada elde edilen bulgular, öğrencilerin yukarıda bahsedilen yaklaşımı sergilediklerini göstermektedir ve önceki çalışmalarda elde edilen sonuçları destekler niteliktedir.

Öğrencilerin $v = \lambda.f$ bağıntısı üzerinden akıl yürüterek yorum yapmaları, yapılan yorumların yanlış olması önemli, dikkate değer bir noktadır. Bulgular, iki önemli yanlışlığı ortaya koymaktadır. İlki, öğrencilerin frekansın sadece kaynağa bağlı bir özellik, ortam özelliklerinden ve yayılma hızından bağımsız olduğunun farkında olmadıklarını göstermektedir. Diğer ise, yayılma hızı ve dalga boyu arasında doğrusal bir ilişki kurarak, aynı ortamda dalga boyunun değişmesi için frekansın değişmesi gerektiği, frekans değişimi ile dalga boyu değişimindeki oranların hız değerinde değişiklik yapmayacağını, yayılma hızının sadece ortama bağlı olduğunun farkında olmadıklarını göstermektedir. Öğrencilerin frekansın veya dalga boyunun arttıkça yayılma hızının artacağını düşünmeleri alanyazındaki çalışmalarda da görülen bir durumdur. Ayrıca, kavramsal olarak dalga boyu, yayılma hızı ve frekans arasındaki ilişkilere ilişkin yanlışlıklara ek olarak bu durum öğrencilerde fiziğin değişik alanlarında da görülen bir akıl yürütme biçimiyle de ilgilidir. Çok sayıda değişkenin söz konusu olduğu durumlarda öğrenciler aynı anda bütün değişkenlerin olay üzerine etkilerini düşünmemekte, değişkenlerin sayısını azaltmakta; bütün değişkenleri aynı anda göz önüne almak yerine, bir değişkeni alıp diğeriyle doğrusal bir ilişki kurup diğerlerini ihmal etmektedirler. Alanyazında bu durum “fonksiyonel azaltma” (functional reduction) olarak adlandırılmaktadır (Viennot, 1996; Maurines, 1992). Bu durumda öğrenciler, bütün değişkenleri aynı anda göz önüne almak yerine ikili doğrusal ilişkiler kurarak, frekans-yayılma hızı, dalga boyu-yayılma hızı arasında ilişki kurmakta, durumu yanlış yorumlamaktadırlar. Maurines (1992), öğrencilerin fonksiyonel azaltmaya genellikle nitel durumlarda gittiğini, sayısal verilerin olduğu durumlarda formülleri doğru olarak uyguladıklarını ortaya koymuştur.

Dalga boyu, frekans, yayılma hızı arasındaki ilişkiler ve bu niteliklerin ortam veya kaynak özellikleriyle olan ilişkilerine ilişkin kavram yanlışlarına ek olarak öğrencilerin dalgaları betimleyen temel niceliklerden genlik kavramına ilişkin yanlışları da bulunmaktadır. Öğrenciler genlik ve yayılma hızı arasında ilişki kurmaktadır. Genlik kaynağa bağlı bir nicelik olmasına, ortam özelliklerinden dolayısıyla yayılma hızından bağımsız olmasına rağmen öğrenciler aynı kaynak tarafından üretilen dalgaların ortam değiştirdiğinde genliğinin artacağını düşünmektedirler. Genlik ve ortam özellikleri arasında kurulan bu ilişki, bilindiği kadarıyla, ilk defa alanyazında bu çalışmayla ortaya konulmuştur.

Dalgalar fiziğinin bir diğer önemli olgusu dalgaların girişimi konusunda da bulgular öğrencilerin kavram yanlışlarının olduğunu ortaya koymaktadır. Genel olarak, öğrenciler iki atma karşılaştığında bütün noktalarda her bir atmadan kaynaklanan yer değiştirmeleri toplamak yerine; sadece tepe noktalarına yoğunlaşmakta, ya tepe noktalarının tam olarak üst üste gelip gelmemesine bile dikkat etmeden sanki tam olarak iki tepe noktası üst üste geliyormuş gibi toplama yapmakta ya da tepe noktaları üst üste gelmiyorsa hiç toplama yapmamaktadır. Öğrencilerin üst üste binme ilkesini uygularken piklere yoğunlaşması Wittmann, Steinberg ve Redish (1999), Wittmann (2002), Şengören, Tanel ve Kavcar (2006) tarafından yapılan çalışmalarda da ortaya konulmuştur. Fakat üst üste binme ilkesini uygularken öğrencilerin atmanın şekline yoğunlaşmış, atma şekilleri birbirinin aynı ise, şekil üzerinden akıl yürüterek doğrudan atmaların birbirlerini yok etmesi durumu bu çalışmayla ilk kez ortaya konulmuştur. Ortaöğretimde öğrencilere genellikle birbirleriyle tam olarak örtüşen sinüsoidal atmalar verilerek birbirini tam olarak güçlendiren veya yok eden dalgalar üzerinden konu anlatılmaktadır, bunun yapılması olayın bütünü vermekten fakat noktasal olarak olayın nasıl gerçekleştiğini öğrencilerin kaçırmaya neden olmaktadır.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmada ortaya konulan, yorumlanan ve tartışılan bulgular, mekanik dalgaların bazı temel olgu ve kavramlarına ilişkin öğrencilerin kavram yanlışları olduğunu ortaya koymaktadır. Bu kavram yanlışları:

- Yayılma hızı ve başlangıç koşulları arasında ilişki vardır. Bu ilişki, yayılma hızı ve dalgayı oluştururken başlangıçta dalgaya aktarılan ve depolanan “kuvvet, hız” nicelikleri arasında kurulmakta; dalga sönümlenirken bu içsel nicelik harcanmakta ve dolayısıyla yayılma hızı azalmaktadır,
- Yayılma hızı ve dalganın şekli arasında ilişki vardır,
- Dalga boyu sadece kaynağa bağlıdır, ortamın özellikleri ile ilişkisi yoktur. Aynı kaynak hangi ortamda olursa olsun aynı dalga boyunda dalgalar meydana getirmektedir,
- Dalga boyu artıkça/azaldıkça yayılma hızı artar/azalır,
- Frekans artıkça/azaldıkça yayılma hızı artar/azalır,
- Genlik artıkça/azaldıkça yayılma hızı artar/azalır,
- Genlik ortamın özellikleri ile ilişkilidir, aynı kaynak farklı ortamlarda farklı genliklerde dalgalar meydana getirmektedir,
- İki atma karşılaştığında bütün noktalarda her bir atmadan kaynaklanan yer değiştirmeleri toplamak yerine ya sadece tepe noktalarına yoğunlaşmış ya da sadece şekle yoğunlaşmış ona göre toplama yapmak yeterlidir,

şeklinde özetlenebilir. Bu kavram yanlışlarından alanyazında daha önce ortaya konulanların yanı sıra ilk defa bu çalışmada ortaya konulan kavram yanlışları da vardır ve bu yanlışlar önceki bölümde yorumlanıp, tartışılmıştır. Bunun yanı sıra önceki çalışmalarda da ortaya konulan “dalgaların bir nesneymiş gibi görülmesi” ve “fonksiyonel azaltma”, dalgalar fiziğini öğrenme ve öğretme sürecinde dikkate alınması gereken önemli iki düşünce şeklidir.

Bu çalışmanın örneklemini oluşturan öğretmen adayları üniversite düzeyinde dalgalar üzerine herhangi bir öğretim görmemişlerdir, fakat üniversite düzeyinde klasik olarak öğretim gören öğrencilerden oluşan örneklerle yapılan çalışmalarda da (Maurines, 1992; Wittmann, 2002) benzer sonuçlar görülmektedir.

Dalgalar konusunda her öğretim düzeyinde, bilimsel kavramsal anlamının oluşturulabilmesi için yapılandırıcılık kuramı çerçevesinde hazırlanmış, öğrencilerin ön bilgilerini dikkate alan, kavramsal değişimi hedefleyen ve kolaylaştıran öğretim materyallerinin hazırlanması gereklidir. Kavramsal değişime yönelik hazırlanacak olan öğretim etkinlikleri ilk olarak dalga olgusunun bilimsel olarak doğru bir şekilde kavranması amacını taşımalıdır. Özellikle, öğrencilerin bir nesnenin hareketi ve bir dalga hareketi arasındaki ayrımı yapmaları gerekmektedir. Bu bağlamda, bir nesnenin ortam boyunca bir yerden başka yere hareketine karşılık, dalga da maddesel herhangi bir şeyin ortam boyunca bir yerden başka yere hareket etmediğini sadece ortamdaki değişimin ilerlediğinin farkına varılması şarttır. Bu amaçla, dalga hareketinin mikroskobik ve makroskobik olarak iki düzeyde betimlenmesini; mikroskobik düzeyde ortamı oluşturan parçacıkların hareketi, örneğin yay üzerindeki bir noktanın hareketi ile makroskobik düzeyde ortamda ilerleyen dalga hareketi arasındaki ayrımın farkına varılmasını hedefleyen etkinliklerin gerekli olduğu düşünülmektedir. Dalgaların yayılma hızı ile atma şekli, genlik, frekans, dalga boyu arasında öğrenciler tarafından kurulan ilişkiler öğretim etkinlikleri tasarlanırken dikkate alınması gereken diğer önemli bir konudur. Bu konuda yapılacak kavramsal değişim etkinliklerinde ilk olarak bir ortamda genlik, frekans değiştirilince mikroskobik düzeyde ortam parçacıklarının hareketinde meydana gelen değişimler ve makroskobik düzeyde dalga hareketinde meydana gelen değişimler üzerinde durulması yararlı olacaktır. Bu kavramlar incelendikten sonra aynı ortamda farklı genlikte, frekansta dalga hareketleri ve farklı ortamlarda aynı genlikte, frekansta dalga hareketlerinin söz konusu olduğu durumların incelendiği etkinliklerin tasarlanmasının yayılma hızı, frekans, genlik ve dalga boyu arasındaki ilişkilerin kavranmasını sağlayacağı düşünülmektedir. Dalgaların girişimi konusunda tasarlanacak etkinliklerde de dalga hareketinin mikroskobik ve makroskobik düzeydeki iki görünümünün dikkate alınması önerilebilir. Bu çerçevede hazırlanacak etkinlikler atmaların üst üste gelmesi durumunda her iki düzeyde de olayın nasıl gerçekleştiğinin ayrıntılı bir şekilde betimlenmesine, öğrencilerin ortamdaki her noktada gerçekleşen olayı kavramasına olanak vermelidir. Yukarıda sözü edilen kavramsal değişimi hedefleyen etkinliklerin mikroskobik ve makroskobik düzeylerin her ikisinde de gerçekleşen olayları betimlenmesine imkân vermesi açısından bilgisayar destekli olmasının yararlı olacağı düşünülmektedir.

Çalışmanın yapıldığı örneklemin ileride öğretmen olacakları düşünüldüğünde üniversite düzeyinde yapılan öğretimlerde de kavramsal anlamayı sağlayacak öğretim yaklaşımları ve materyallerinin gerekliliği daha da önemli olmaktadır. Ayrıca, dalgalar konusunda her öğretim düzeyi için, özellikle orta öğretim, kavram yanılgıları üzerine yapılmış çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

- Driver, R. (1989). Students' conceptions and the learning of science *International Journal of Science Education*, 11, 481- 490.
- Duit, R. & Treagust, D. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671-688.
- Halloun, J. A.& Hestenes, D. (1985). Common sense about motion, *American Journal of Physics*, 53(11), 1056-1065.
- Küçüközer, H. (2007). Prospective Science Teachers' Conceptions about Astronomical Subjects *Science Education International*, 18(2), 113-130.
- Mathews, M. (1997). Introductory comments on philosophy and constructivism, *Science & Education*, 6 (1-2), 5-14.
- Maurines, L. (1992). Spontaneous reasoning on the propagation of visible mechanical signals. *International Journal of Science Education*, 14, 279-293.
- McCloskey, M. (1983). Intuitive physics. *Scientific American*, 248, 114-122.
- Pfundt, H. & Duit, R. (2007). *Bibliography Students' and Teachers' Conceptions and Science Education* (IPN, Kiel).
- Şengören, S.K., Tanel, R. & Kavcar, N. (2006). Drawings and ideas of physics teacher candidates relating to the superposition principle on a continuous rope. *Physics Education*, 41(5), 453-461.
- Wittmann, M. C., Steinberg, R. N. & Redish, E. F. (1999). Making sense of students making sense of mechanical waves. *The Physics Teacher*, 37, 15-21.
- Wittmann, M C. (2002). The object coordination class applied to wavepulses: analysing student reasoning in wave physics. *International Journal of Science Education*, 24(1), 97-118.
- Viennot, L. (1996). *Raisonnement en physique*. Edition de Boeck. Bruxelles.