



BELİRSİZLİK İLKESİ VE ÖĞRETİMİ*

Ali YILDIZ**

ÖZET

Çalışma, belirsizlik ilkesinin öğretiminin; nasıl, ne tür örneklerle ve aktivitelerle daha etkili bir şekilde gerçekleştirilebileceğini araştırmak amacıyla yapılmıştır. Nitel araştırmalarda doküman incelemesi tek başına bir veri toplama yöntemi olarak kullanılabilir. Dokümanlar, ulaşılmasının genelde fazla zaman almaması, ucuz ve kolay olması bakımından gözlem ve görüşmelere tercih edilebilir. Kütüphanedeki her belge (her bir kitap, her bir dergi ve makale) becerikli ve hayal dünyası geniş olan bir araştırmacı için hazır bilgi ve veri kaynağıdır. Bu nitel çalışmanın verileri, konuyla ilgili yayınlanmış kitap ve bilimsel makale gibi dokümanların incelenmesiyle sağlanmıştır. Çalışmada, belirsizlik ilkesi ve kuantum fiziği konularına dair kitaplar ve yapılan bilimsel çalışmalarla ilgili makaleler, betimsel analiz yaklaşımına göre incelenmiştir. İlke öğretimi, genelde kavram öğretimine benzemektedir. Dokümanlarda, sunuş yoluyla öğretimin; daha az zaman alıcı ve soyut konuların öğretiminde kavramlar (veya büyüklükler) arası ilişkilerin öğrenilmesinde kolaylık sağlayıcı olduğunu belirtilmektedir. Ayrıca doküman olarak incelenen araştırmaların bulguları, öğrenme amaçlı yazma etkinliklerinin (mektup ve özet) belirsizlik ilkesinin öğretiminde kullanılabileceğini göstermiştir. Heisenberg belirsizlik ilkesinin anlamlı öğrenilmesine katkıda bulunabilmek için sunuş yoluyla öğretim, öğrenme amaçlı yazma ile desteklenerek yedi aşamada gerçekleştirilebilecek bir yaklaşım önerilmiştir. Her aşamada neler yapılabileceği açıklanarak özellikle örneklerin, prototip olması gerektiğinin önemi vurgulanmıştır. Araştırmada, verilen örneklerin özgün, günlük yaşamdan ve kolay anlaşılır olmasına çalışılmıştır. Belirsizlik ilkesi için önerilen yaklaşımın diğer ilkelerin öğretiminde de kullanılabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Heisenberg, Belirsizlik İlkesi, Öğretim.

*Bu makale Crosscheck sistemi tarafından taranmış ve bu sistem sonuçlarına göre orijinal bir makale olduğu tespit edilmiştir.

** Doç. Dr., Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi İlköğretim Bölümü Sınıf Öğretmenliği Anabilim Dalı, El-mek: ayildiz@atauni.edu.tr

UNCERTAINTY PRINCIPLE AND ITS INSTRUCTION

ABSTRACT

The study was conducted to explore how to teach uncertainty principle more effectively with what kind of activities and examples. Document analysis can be used to gather data on its own as data collection tool in qualitative research. Documents are preferred to interviews and observations because they do not take much time, they are easy and cheap. Every document in the library (every book, journal, and article) is an available information and data source for a researcher who is skilful and has a broad fantasy world. The data of this qualitative study were gathered through the examination of documents such as books and scientific articles published about this topic. Books about quantum physics and articles written about the scientific studies were examined according to descriptive analysis method. Teaching principles is like teaching concepts. Documents suggest that teaching via presentations takes less time and provides convenience to teach abstract subjects, and to learn the relations between the concepts (or magnitudes). Moreover, the research findings which were examined as documents revealed that writing to learn activities (letter and summary) were used for teaching uncertainty principle. In order to make contributions to meaningful learning of Heisenberg's uncertainty principle, teaching via presentation was supported by writing to learn and an approach which could be materialized in seven stages was suggested. What could be done was explained in each step and specifically, it was emphasised that the examples should be prototype. In the research, the examples were meant to be original, taken from everyday life, and easy to understand. It is thought that the suggested approach for uncertainty principle could be used to teach other principles.

Key Words: Heisenberg, Uncertainty Principle, Teaching.

1. Giriş

Belirsizlik İlkesi, Kopenhag'da Bohr Enstitüsü'nde çalışırken Pauli'nin bir önerisini temel alan, Werner Heisenberg tarafından; 1927 yılında ortaya atılmıştır. Heisenberg (1901-1976), Almanya'nın Disburg kentinde doğmuş ve Münih'te kuramsal fizik eğitimi almış, Max Born'un asistanlığını yapmış ve Nobel Fizik Ödülü (1932) almış saygın bir bilim insanıdır. İkinci Dünya Savaşı yıllarında Almanya'da kalarak, atom bombası ile ilgili çalışmalar yapan ekibe savaşın sonuna kadar başkanlık yapmıştır (Beiser, 2008). Kaynaklarda, Heisenberg ve ekibinin; atom bombası ve diğer nükleer silahların tahrip gücünün çok önceden farkına vardıkları ve bu nedenle üretimine dönük çalışmalarını bilinçli olarak yavaş yürüttükleri belirtilmektedir (Beiser, 2008).

Klasik fiziğe göre herhangi bir ölçme işlemi, ölçme araçları ve ölçme yöntemleri son derece hassaslaştırılarak son derece küçük belirsizlikle veya son derece doğrulukla yapılabilir (Serway ve Beichner, 2011). Belirsizlik ilkesi, birbirine bağlı iki büyüklükten birisinin ölçülmesindeki duyarlılığın artırıldığı oranda, diğerinin ölçülmesindeki duyarlılığın azalmakta olduğunu öngörmektedir (Gündüz, 1999). Ölçme aletleri ne kadar duyarlı olursa olsun hiçbir büyüklüğün gerçek değeri mutlak bir kesinlikle ölçülemez. Yapılacak her ölçme, gerek ölçmeyi

Turkish Studies

International Periodical For the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic
Volume 9/11 Fall 2014



yapanın ve gerekse kullanılan aletlerin duyarlılığı dışında bir belirsizliğe sahiptir (Gündüz, 1999). Bir R direnci, bir üreteç ve bağlantı kablolarından oluşan bir devredeki direncin uçları arasındaki potansiyel farkını ölçmek için bir voltmetre paralel olarak dirence bağlandığında oluşan devre artık eski devre değildir. Voltmetrenin bağlanması, R direncinin uçları arasındaki potansiyel farkı önceki değerden az da olsa farklı kılacaktır. İç direnci sonsuz büyüklükte olan (ideal) bir voltmetrenin kullanılması bile bu farkı sadece azaltabilir, direncin ölçümündeki belirsizliği (hatayı) sıfır yapmaz. Benzer bir durum, bir kaptaki suyun sıcaklığını ölçmek için suya bir termometre konulduğu zaman da meydana gelebilir. Kap ve içindeki sudan oluşan sistemin sıcaklığı, ölçmeyi yapmak için termometrenin suyun içine konulmasıyla kısmen de olsa farklı olacaktır. Termometrenin bir ısı sığasına sahip olması, ölçülecek yeni sıcaklık değerinin; kap, su ve termometrenin oluşturduğu sistemin termik denge sıcaklığı olmasını gerektirir (Gündüz, 1999). Herhangi bir fiziksel büyüklüğün ölçülmesi için yapılan bütün faaliyetler o büyüklüğün gerçek değerinin küçük de olsa bir miktar değişmesine ve yapılan ölçmelerde bir miktar belirsizliklerin meydana gelmesine sebep olur. Bu tür belirsizlikler, sadece fiziksel olaylarla veya ölçmelerle ilgili olmayıp, sosyal bilimlere kapsayacak şekilde tüm bilim dallarıyla ilgili hemen hemen her olayda ve durumda görülebilmektedir (Gündüz, 1999).

Heisenberg, bir parçacığın konumunu ve momentumunu aynı anda ve son derece doğrulukla belirlemenin olanaksız olduğunu ilk kez ortaya koyan bilim insanıdır. Heisenberg belirsizlik ilkesi, “Eğer bir konum ölçümü Δx duyarlılığıyla ve momentum ölçümü de aynı anda bir Δp_x duyarlılığıyla yapılırsa; o zaman, iki belirsizliğin çarpımı asla $h/2$ mertebesinde bir sayıdan daha küçük olmaz.” şeklinde tanımlanmaktadır (Serway ve Beichner, 2011).

$$\Delta x \Delta p_x \geq \hbar/2 \rightarrow \Delta x \Delta p_x \geq h/4\pi \quad (\hbar=h/2\pi)$$

Yukardaki tanım ve eşitlik, bir parçacığın tam bir doğrulukla konumunu ve momentumunu aynı anda ölçmenin fiziksel olarak olanaksız olduğunu ifade eder (Serway ve Beichner, 2011). Eğer Δx , konum ölçümündeki belirsizlik (hata) azaltılırsa; Δp_x , momentum ölçümündeki belirsizlik (hata) o oranda artar. Bir parçacık için konum ve momentum birbirinden bağımsız değişkenler değildir, birini tam belirleme diğeri belirsiz bırakır (Yıldırım, 2012). Heisenberg, Δx ve Δp belirsizliklerinin ölçü aletlerinin (aygıtlarının) yetersizliklerinden ve kusurlarından kaynaklanmadığına, bir ölçme sırasında ortaya çıkan aygıtsal veya istatistiksel belirsizliklerin, “ $\Delta x \Delta p$ ” çarpımının daha da büyümesine neden olacağına fakat Δx ve Δp ’nin kaçınılmaz belirsizlikler olduklarına dikkat çekmiştir (Beiser, 2008; Serway ve Beichner, 2011; Yıldız, 2013). Bu belirsizlikler, daha çok maddenin bizzat kuantumlu yapısından ileri gelmektedir. Bir elektronun konumu ve momentumu tam bir doğrulukla (hatasız) ölçmek istenebilir. Elektronu görüntülemek ve ölçmeyi yapmak için güçlü bir optik mikroskop kullanılabilir. Elektronun gözlemciye görünmesi ve konumunun belirlenmesi için en az bir fotonun elektronun üzerine düşmesi, geriye saçılması ve mikroskoptan geçerek göze gelmesi gerekir. Elektronun konumunun çok hassas bir şekilde ölçülmesi (konumdaki belirsizliğin, yani Δx ’in çok küçülmesi) için deneyde çok kısa dalga boylu ışığın kullanılması gerekir. Çok kısa dalga boylu ışığın fotonu, çok büyük enerjiye ve çok büyük momentuma sahiptir ($E=hc/\lambda$; $p=E/c=h/\lambda$). Foton, elektronun üzerine düştüğü (elektrona çarptığı) zaman enerji ve momentumunun bir kısmını elektrona aktarır (Compton olayı). Çarpışmada, elektron geri teper ve elektronun momentumunda oldukça büyük bir belirsizlik meydana gelir, yani Δp_x büyür (Serway ve Beichner, 2011).

Turkish Studies

International Periodical For the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic
Volume 9/11 Fall 2014



“ $\Delta x \Delta p$ ” için verilen $\hbar/2$ ($\Delta x \Delta p \geq \hbar/2$) alt limitine nadiren ulaşıldığı ve bu nedenle çoğu kez $\Delta x \Delta p \geq \hbar$ hatta $\Delta x \Delta p \geq \hbar$ olarak alınması yeterli görülmektedir (Beiser, 2008; Yıldız, 2013). Belirsizlik ilkesinin bilinen diğer ifadeleri, enerji ile zaman ve açısal yer değiştirme ile açısal momentum için geçerlidir. Bir parçacığın veya bir sistemin, t anında E enerjisi ölçmek istenebilir. Enerji ölçümündeki ΔE belirsizliği ile ölçümün yapıldığı zamandaki Δt belirsizliğinin çarpımının \hbar 'ye (\hbar , “ \hbar çizgi”) eşit veya ondan büyük olduğu ifade edilir ($\Delta E \Delta t \geq \hbar$). Benzer şekilde açısal yer değiştirmedeki belirsizlik ($\Delta \theta$) ile açısal momentumdaki belirsizliğin (ΔL_θ) çarpımının \hbar 'ye eşit veya ondan büyük olduğu ($\Delta \theta \Delta L_\theta \geq \hbar$) bilinmektedir.

Belirsizlik ilkesi, doğada; ölçümlerin hangi kesinliğe kadar yapılabileceğini belirten temel bir sınırlama (bir alt limit, $\Delta x \Delta p \geq \hbar/2$) olduğunu ifade etmektedir (Ford, 2012). Bu sınırlama ölçme araçlarından kaynaklanan duyarlılık sınırlaması veya kusurla ilişkili değildir. Kusursuz tasarlanan deneylerde yapılan ölçme ve gözlemlerde bile var olan temel sınırlamadır (Bueche ve Jerde, 2000). Belirsizlik ilkesi, kuantum fiziğinin diğer konuları (Siyah cismin ışıması ve Planck hipotezi, Fotoelektrik olay, Compton olayı, Atom spektrumları, Bohr'un kuantumlu atom modeli,...) gibi soyut bir konudur. Yapılan çalışmalar (Müller ve Wiesner, 1999; Mashhadi ve Woolnough, 1999; Pospiech, 2000; Ke, Monk ve Duschl, 2005; Singh, Belloni ve Christian, 2006; Didiş, Eryılmaz ve Erkoç, 2007; Didiş, Özcan ve Abak, 2008; Yıldız, 2009; Yıldız ve Büyükkasap, 2011a, 2011b, 2011c; Yıldız, 2012b) genelde kuantum fiziği ve belirsizlik ilkesinin öğretiminde bir takım sıkıntılar yaşandığını ve anlama düzeylerinin istenilen seviyede olmadığını göstermektedir.

Çalışmanın Amacı:

Çalışma, belirsizlik ilkesinin öğretiminin; nasıl, ne tür örneklerle ve aktivitelerle daha etkili bir şekilde gerçekleştirilebileceğini araştırmak amacıyla yapılmıştır.

2. Yöntem

Bu nitel çalışmanın verileri, konuyla ilgili yayınlanmış kitap ve bilimsel makale gibi dokümanların incelenmesiyle sağlanmıştır. Genelde nitel bir araştırmanın bulguları; görüşme, gözlem ve dokümanlarla toplanan verilerden oluşmaktadır (Merriam, 2013). Nitel araştırmalarda doküman incelemesi tek başına bir veri toplama yöntemi olarak kullanılabilir. Doküman incelemesi, araştırılması hedeflenen olaylar veya olgular hakkında bilgi içeren yazılı materyallerin analizini kapsar (Yıldırım ve Şimşek, 2011). Belgeler, görüşme ve gözlemlerle veri toplamak için iş birliğine ihtiyaç duyan araştırmacılara, katılımcıların yaptığı gibi kapris yapmaz. Veri toplamak için yapılan görüşmeler sırasında katılımcıların bir kısmı, araştırmacının varlığından veya kayıt için kullanılan cihazlardan dolayı rahatsız olabilir. Ama dokümanlar için bu tarz bir dezavantaj yoktur. Dokümanlar, ulaşılmasının genelde fazla zaman almaması, ucuz ve kolay olması bakımından gözlem ve görüşmelere tercih edilmektedir. Kütüphanedeki her belge (her bir kitap, her bir dergi ve makale) becerikli ve hayal dünyası geniş olan bir araştırmacı için hazır bilgi ve veri kaynağıdır (Merriam, 2013).

Resmi kayıtlar (doğum, ölüm, evlenme, polis, çeşitli kurum ve program kayıtları; nüfus sayımları; mahkeme kararları, noter belgeleri, anlaşmalar), mektuplar, günlükler, anılar, yaşam öyküleri, romanlar, şiirler, şarkılar-türküler, yazıtlar, fermanlar, diğer tarihi belgeler, toplantı kayıtları, gelişim raporları, gazeteler, makaleler, dergiler ve kitaplar gibi yazılı belgeler ile resimler, slaytlar, filmler, videolar, pullar, giyim-kuşam, araç-gereçler gibi görseller yaygın olan dokümanlar olarak nitelendirilmektedir (Sönmez ve Alacapınar, 2011; Yıldırım ve Şimşek, 2011; Merriam, 2013; Ekiz, 2013). Her türlü dokümana değil, araştırılan problem için gerekli olan ve birinci el belgelere öncelik verilmelidir (Sönmez ve Alacapınar, 2011; Keskin ve Yaman, 2014). Araştırmacıların (Yıldırım ve Şimşek, 2011) belirttiği gibi konusunun uzmanı kişiler tarafından gözden geçirilmiş, orijinaliği kontrol edilmiş, düzenlenmiş, organize edilmiş pek çok doküman

Turkish Studies

International Periodical For the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic
Volume 9/11 Fall 2014



(köşe yazıları, ders kitapları, örgütsel dokümanlar, yıllık raporlar, bilimsel çalışma raporları, makaleler, vb.) veri kaynağı olabilir ve bu dokümanların kullanılması nitel araştırmanın geçerliğini ve güvenilirliğini artırabilir.

Çalışmada, belirsizlik ilkesi ve kuantum fiziği konularına dair kitaplar ve yapılan bilimsel çalışmalarla ilgili makaleler, betimsel analiz yaklaşımına göre incelenmiştir. İncelenen belgelerin, doküman incelemesinin; dokümanlara ulaşma, orijinalliğin kontrol edilmesi, dokümanları anlama, veriyi analiz etme ve veriyi kullanma gibi beş aşamasından (Forster, 1995; Yıldırım ve Şimşek, 2011) ilk üç aşamasını kendiliğinden sağlamaları doküman incelemesi araştırmaları için önemli bir avantajdır (Yıldız, 2012a).

3. Bulgular ve Yorum

Olgular, kavramlar, ilkeler (prensipler), yasalar, sayılılar, hipotezler, kuramlar (teoriler) ve paradigmlar bilimsel bilgi türleridir (Çepni, 2012). İki ya da daha çok kavram arasındaki ilişkiyi açıklayabilen, araştırmalar sonucu elde edilmiş, genellenebilir ifadeler, ilke (prensipl) olarak tanımlanır (Ülgen, 2001; Erden ve Akman, 2012; Çepni, 2012). İlkeler de kavramlar gibi çevredeki sayısız obje, olay ve düşünceleri ayrıntılarından kurtararak, çevrenin karmaşıklığını basitleştirerek ve bilinenlerin yeni öğrenme durumlarına geçişini ve problemlerin çözümünü sağlamaktadırlar (Fidan, 1986; akt.: Erden ve Akman, 2012). İlke öğretimi, genelde kavram öğretimine benzemektedir. Sunuş yoluyla (ya da ilkedan örneğe doğru) öğretimde, öğretmen önce ilkenin ne olduğunu söyler, örnek verir ve sonra da öğrencilerden örnek vermelerini ister. Sunuş yoluyla öğretimin, daha az zaman alması ve soyut konuların öğretiminde kavramlar (veya büyüklükler) arası ilişkilerin öğrenilmesinde kolaylık sağlayıcı olduğunun düşünülmesi nedeniyle tercih edildiği ifade edilmektedir (Erden ve Akman, 2012).

Compton olayı, fotoelektrik olayı, belirsizlik ilkesi ve özel rölativite teorisi gibi konularla ilgili yapılan yarı deneysel çalışmaların (Yıldız ve Büyükkasap, 2011a, 2011b, 2011c; Yıldız, 2012b) bulguları, öğretmen adaylarının; bu konuları anlama düzeylerinin zayıf kaldığını ve deney grubundaki öğretmen adaylarının yazdığı öğrenme amaçlı yazma aktivitelerinin (mektup ve özet) araştırma yapılan konuları öğrenmelerinde etkili olduğunu, deney ve kontrol grubunun sınıfta sonuçlarının ise nitel ve nicel olarak karşılaştırılmasıyla varılan sonucun ve yapılan sınavdaki başarı yüzdelilerinin, deney grubunun lehine olduğunu göstermiştir. Çalışmalarda fen bilimleri öğretmen adaylarının, sınıfta birlikte kullanılan ek sorularla öğrenme amaçlı yazma aktivitesi hakkındaki düşünceleri yazılı olarak tespit edilmiştir. Hakkında mektup yazdıkları Heisenberg belirsizlik ilkesini anladıklarını ve öğrenme amaçlı yazma aktivitesinin Heisenberg belirsizlik ilkesini öğrenmelerinde etkili olduğunu belirten öğretmen adaylarının oranı, %91,4 dür. Öğrencilerde, kavramsal değişimi kolaylaştırarak gerçekleştiren (Mason ve Boscolo, 2000), bilginin uzun süreli kalıcılığını sağlayan (Klein, 2000; Rivard ve Straw, 2000), öğrenciyi merkeze alarak, onu bilginin keşfedicisi ve yapılandırıcısı konumuna getiren öğrenme amaçlı yazma aktivitelerini kullanmak faydalı olacaktır (Yıldız ve Büyükkasap, 2011a, 2011b, 2011c; Yıldız, 2012b). Doküman olarak incelenen araştırmaların bulguları, öğrenme amaçlı yazma etkinliklerinin belirsizlik ilkesinin öğretiminde kullanılabileceğini göstermektedir.

Belirsizlik ilkesinin öğretimi, aşağıdaki aşamalar takip edilerek gerçekleştirilebilir.

1) Öğrencilerin, yeni konuya ilgilerini çekmek ve merak uyandırmak için bazı düşünce deneyleri anlatılarak sonucu hakkında onların tahminde bulunmaları istenebilir. Ya da düşünce deneylerinin sonuçları verilerle nedenleri sorulabilir. Öğrencilere yapılan gözlemlerden veya örneklerden söz edilebilir, tartışmaları için bir takım sorular sorulabilir, bazı açıklamalar yapılabilir. Kısacası öğrenci, sunulacak konudan ve öneminden, sağlanacak kazanımlardan bir şekilde haberdar edilir. Bu aşamada “Size göre bir elektronun yerini ve hızını, aynı anda son derece

Turkish Studies

International Periodical For the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic
Volume 9/11 Fall 2014



hassas araçlar kullanarak tam olarak belirlemek mümkün mü? Değil mi? Neden?” şeklindeki açık uçlu soru kullanılabilir. Kullanılması önerilen sorunun, birinci aşamada istenenleri kısmen sağlayabileceği düşünülmektedir.

2) Öğrencilere, belirsizlik ilkesinin içerdiği büyüklük ya da kavramlar, işaretler, semboller ve sabitler (Δx , Δp_x , Δt , ΔE , \geq , \hbar , h , 2 , π) hakkında açıklamalar ya da hatırlatmalar yapılır.

3) İlkenin ne olduğu (adı tam olarak) tahtaya yazılarak; basit, açık ve net bir tanımı yapılır.

4) Belirsizlik ilkesini veren eşitlik (formül) tahtaya yazılarak, ilkenin içerdiği büyüklükler (ya da kavramlar) ve aralarındaki ilişki açıklanır.

5) Belirsizlik ilkesine, iyi örnek olan durum ya da düşünce deneyleri ile örnek olamayacaklardan bahsedilir. Yeşilyaprak (2014), sunuş yoluyla öğretimde anlatım ve konuşmaya verildiği kadar bol örnek kullanılmasına da ağırlık verilmesi gerektiğini ifade etmektedir.

Örnek:1

Bir domates üreticisi, domateslerinin daha kısa sürede olgunlaşması için sentetik hormonlardan (kimya endüstrisi tarafından geliştirilen yapay hormonlardan) kullanabilir (Astam Yıldız, 2013). Tüketiciler, doğal olarak domatesi dengeli ve sağlıklı beslenmek için satın alırlar ve tüketirler. Domatesin olgunlaşma süresi Δt , insan sağlığına etkisi Δs olsun. Kullanılan hormondan dolayı domates daha hızlı (kısa sürede) olgunlaşır, yani Δt küçülür. Hormonların, başta kanser üzere sebep olduğu bazı hastalık ve rahatsızlıkların (Astam Yıldız, 2013) insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri arttığı için Δs büyür. Tıpkı düşünce deneyinde (elektronun yerinin ve momentumunun son derece doğrulukla bir optik mikroskopla tespitinde) olduğu gibi Δx 'in küçüldüğü oranda Δp_x 'in artmasına benzer olarak domates normal süreden daha kısa bir zamanda olgunlaşır, güzel görünür ama domatesin tadı bozulur, insan sağlığına yararı azalır hatta uzun süre tüketilmesi durumunda zarar verebilir. “ Δt Δs ” çarpımının daima eşit olduğu ve değişmeyen bir limit (veya alt limit) vardır. Bu değerlerin (belirsizliklerin) biri azaltıldığı oranda diğerinin o oranda (azalan oranda) artması söz konusudur. Yapılan müdahaleler, bazı kazanımları sağlarken var olan bazı kazanımların azalmasına veya yok olmasına neden olabilir. Hiçbir varlık, hiçbir cisim, hiçbir parçacık, hiçbir sistem veya hiçbir ortam, doğasına müdahale edilmesine tepkisiz kalmaz. Ford'un (2012), “belirsizlik ilkesi, doğada; ölçümlerin hangi kesinliğe kadar yapılabileceğini belirten temel bir sınırlama (bir alt limit, $\Delta x \Delta p \geq \hbar/2$) olduğunu ifade eder” düşüncesi, sözü edilen alt limit (sınır) değişmeyeceğine göre hiçbir doğal yapının veya birimin doğasına müdahale etmemek gerektiğini ifade etmektedir.

Örnek:2

Bir elma bahçesinde yetiştirilen elmalara verilen hormonlardan dolayı çiçeklenmede artış, meyve saplarının sağlamlaştırılması, hasat öncesi dökümün engellenmesi, kaliteyi düzeltme, olgunlaştırmayı hızlandırma, aynı zamanda oluma gelmesi ve tarımsal mücadele ilaçlarının kullanılmasıyla birlikte verimde artış sağlanabilir (Astam Yıldız, 2013). Elmanın, insan damağında bıraktığı tat ve insan sağlığına etkisindeki belirsizlik, Δs ; verimindeki ve görünümündeki belirsizliği (hata), Δk olsun. Dışarıdan müdahalelerle dolu bir süreçte (bahçede) yetişen elmanın şekli, büyüklüğü, albenisi ve üretimi arttığı için Δk belirsizliği (hatası) azalır. Kullanılan hormonlar ve tarım ilaçlarından dolayı, elmanın insan damağında bıraktığı tat ve insan sağlığı üzerindeki etkileri olumsuz yönde arttığı için Δs belirsizliği artar. Verimi son derece yüksek ve insan sağlığına çok faydalı elmayı aynı anda üretmek mümkün olmamaktadır. Bahçede kendi halinde yetişen elma küçük, bozuk şekilli ve tadı unutulur türden olmadığı gibi adeta şifa kaynağı (derman), insan sağlığına faydalı; yapılan müdahalelerle yetişen elma ise unutulmayacak bir tada sahip olmadığı gibi kullanılan hormon ve tarım ilaçları nedeniyle adeta bir zehir deposu gibidir. “ $\Delta k \Delta s$ ” çarpımının belirsizlik ilkesinde olduğu gibi küçük olamayacağı (eşit ya da büyük olacağı) bir limit (değer) varsa sağlanan kazanımların yanında azalan ya da yok olan kazanımlar da olacaktır. Anlaşılacağı gibi elma dâhil hiçbir varlık, doğasına yapılan müdahaleye tepkisiz kalmaz.

Örnek:3

Fizik LYS Hazırlık adlı bir dokümanda (FEM dergisi yayınları, 2011) belirsizlik ilkesi için “Bisiklet, güvenli bir şekilde sürülebilir.”, “Cep telefonuyla güvenli bir şekilde konuşulabilir.”, “Fakat her ikisini de aynı anda yapmak güvenli değildir.” şeklinde bir örnek verilmektedir. Verilen örnek birkaç bakımdan sıkıntılı görünmektedir. Her şeyden önce bisiklet ya da araç kullanırken aynı anda cep telefonu konuşmak istenen, beklenen ya da önerilen bir durum değildir. Diğer bir sıkıntı herhangi bir açıklamanın yapılmamasıdır (cep telefonuyla güvenli konuşma belirsizliği, Δi ; aynı

Turkish Studies

International Periodical For the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic
Volume 9/11 Fall 2014



anda bisikletin güvenli sürüşündeki belirsizlik, Δa olarak tanımlanabilir mi? “ $\Delta i \Delta a$ ” çarpımı yazılabilir mi? Belirtilmiyor). Söz konusu örneğin bu şekliyle, “Bir koltukta, iki karpuz taşınmaz.” atasözünü açıklamak için daha uygun olabileceği, belirsizlik ilkesi için pek uygun olmadığı düşünülmektedir.

Kavram veya ilke öğretiminde sunulacak ilk örnek (veya örnekler) önemlidir. Çünkü kavramın ya da ilkenin iyi ve doğru anlaşılması için ilk örneklerin, kavramın veya ilkenin bütün özelliklerini taşıması ve öğrenci tarafından biliniyor olması gerekir (Erden ve Akman, 2012). Bu nitelikte olan ilk örnekler, ilkenin öğretiminde başarıyı artırır. Dolayısıyla en son verilen örneğin yeniden düzenlenmesi yararlı olacaktır.

Bir sürücünün bir aracı güvenli kullanmasındaki belirsizlik (hata), Δa ; aynı sürücünün aracın dışındaki biriyle güvenli ve sağlıklı iletişim kurmasındaki belirsizlik (hata) Δi olsun. Bir insanın (sürücünün) aynı anda güvenli (trafik kurallarına uygun) araç kullanması ve araç dışındaki biriyle sağlıklı, güvenli ve anlaşılır (net) iletişim kurması mümkün görünmüyor. Sürücünün, iletişimdeki belirsizliği (Δi) azaltması (konuşmayı doğru algılaması, doğru cevabı zamanında vermesi) için telefona yoğunlaşması gerekir. Bu durumda aracı güvenli kullanması zayıflar; yani Δa büyür (Δi 'nin azaldığı oranda). “ $\Delta a \Delta i$ ” çarpımının daima eşit olduğu bir limit (veya alt limit) olduğuna ve bu değer değişmeyeceğine göre sürücü aynı anda hem aracı hem de telefonunu güvenli ve sağlıklı bir şekilde kullanamaz.

Örneklere bahsedilen durumları anlaşılır ve etkili kılmak için uygun görsellerle desteklemek her bakımdan faydalı olacaktır.

6) Belirsizlik ilkesiyle ilgili problemler önce öğretmen tarafından açık, net ve kolay anlaşılır bir tarzda çözülür. Akabinde öğrencilerden konuyla ilgili farklı problemleri çözmeleri istenir.

7) Son aşamada, öğrenme amaçlı yazma aktiviteleri (mektup, özet, günlük, poster, makale,...) kullanılabilir. Bu aşamada öğrenme amaçlı yazma aktivitesi olarak mektubun kullanılmasının, özellikle mektubu etkili kılan koşulların sağlanmasıyla (Yıldız, 2014), belirsizlik ilkesinin öğrenciler tarafından kalıcı ve anlamlı bir şekilde öğrenilmesine büyük katkılarda bulunabileceği düşünülmektedir.

4. Sonuç ve Tartışma

Çalışma, “Heisenberg belirsizlik ilkesi nasıl daha anlaşılır ve kalıcı bir şekilde öğretilir?” sorusuna kısmen de olsa cevap bulmak için yapılmıştır. Sunuş yoluyla öğretim modeli ile öğrenme amaçlı yazmanın (Klein, 2000; Rivard ve Straw, 2000; Mason ve Boscolo, 2000; Yıldız, 2009; Yıldız ve Büyükkasap, 2011c; Yıldız, 2014) sentezi sonucu yedi aşamada gerçekleştirilebilecek bir yaklaşım önerilmiştir. Belirsizlik ilkesinin öğretiminde, önerilen yedi aşamanın takip edilmesi durumunda istenilen başarı sağlanabilir. Genelde ilke öğretimi kavram öğretimine çok benzediği için uygun, yeterli sayıda ve bilinen örneklerin seçimi önemlidir (Erden ve Akman, 2012; Yeşilyaprak, 2014). Araştırmada önerilen örneklerin özgün, günlük yaşamdan ve kolay anlaşılır olmasına çalışılmıştır. Domatesin, doğal yetiştirme sürecine müdahale ederken aynı anda onun insan sağlığına yararlı olma özelliğini aynen korumasını beklemek doğru olmaz. Önerilen özgün örneklerin, fen okuryazarı olan bireylerin belirsizlik ilkesini günlük yaşamla ilişkilendirmelerine ve kalıcı öğrenmenin sağlanmasına aracı olabileceği düşünülmektedir.

Son zamanlarda öğrenme amaçlı yazmayla ilgili yapılan çalışmaların (Yıldız, 2009; Yıldız ve Büyükkasap, 2011a, 2011b, 2011c; Yıldız, 2012b; Yıldız, 2014) bulguları, öğrenme amaçlı yazma aktivitelerinin (mektup ve özet) belirsizlik ilkesi ve kuantum fiziğinin diğer konularının öğretiminde kullanılabileceğini göstermektedir. Özellikle belirsizlik ilkesiyle ilgili yapılan bir çalışmanın bulguları dikkat çekicidir. Araştırmada (Yıldız ve Büyükkasap, 2011c) gerçekleştirdikleri öğrenme amaçlı yazma aktivitesinin (mektubun) Heisenberg belirsizlik ilkesini

Turkish Studies

International Periodical For the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic
Volume 9/11 Fall 2014



öğrenmelerinde etkili olduğu düşüncesini belirten öğretmen adaylarının oranının, %91,4 olması öğrenme amaçlı yazma aktivitelerinin kuantum fiziğinin ve belirsizlik ilkesinin öğrenilmesi için kullanılabilmesini desteklemektedir. Yıldız (2014) tarafından yapılan “öğrenme amaçlı yazma aktivitesi olarak mektup ve etkili kullanımı” adlı çalışmada önerilen koşulların sağlanmasıyla yedinci aşamada aslına uygun bir şekilde gerçekleştirilecek yazma aktivitesinin (mektubun) belirsizlik ilkesinin öğrenilmesine katkı sağlayarak başarı yüzdesini artırabileceği sonucuna varılmıştır.

Çalışma için incelenen dokümanlar (kitap ve araştırma sonuçları), bulgular kısmında önerilen yedi aşamaya bağlı kalınması ve gereğinin yapılması durumunda belirsizlik ilkesinin öğretiminin başarılı bir çizgide gerçekleşebileceği düşüncesini güçlendirmektedir. İlkelerin (prensiplerin), bilimsel bilgi türlerinden biri olması (Çepni, 2012) onların öğretimini fen alanları özellikle fizik için önemli kılar. Dolayısıyla ortaya konan yaklaşımın, fizik ve fen alanlarındaki diğer ilkelerin öğretimi için de kullanılabilir nitelikte olduğu söylenebilir.

KAYNAKÇA

- ASTAM YILDIZ, N. (2013). Tarımsal faaliyetlerin çevre kirliliği üzerine etkileri. Atatürk Üniversitesi Çevre Sorunları Araştırma Merkezi, Temmuz E-Bülteni, Erzurum.
- BEISER, A. (2008). Modern Fiziğin Kavramları. Altıncı Baskıdan Çeviri, Çev.: Gülsen Önengüt, Ankara: Akademi Yayıncılık.
- BUECHE, F.J. & JERDE, D.A. (2000). Fizik ilkeleri-II (Çev. Ed.: K. Çolakoğlu). Ankara: Palme Yayıncılık.
- ÇEPNİ, S. (2012). Bilim, Fen, Teknoloji Kavramlarının Eğitim Programlarına Yansımaları. S. Çepni (Ed). Kuramdan uygulamaya fen ve teknoloji öğretimi (1-32), Ankara: Pegem Akademi.
- DİDİŞ, N., ERYILMAZ, A. ve ERKOÇ, Ş. (2007). Students' Comprehension of Fundamental Concepts in Quantum Mechanics: A Qualitative Study. Çalışma GIREP-EPEC Conference-Frontiers of Physics Education konferansında bildiri olarak sunulmuştur, Croatia.
- DİDİŞ, N., ÖZCAN, Ö. ve ABAK, M. (2008). Öğrencilerin bakış açısıyla kuantum fiziği: Nitel çalışma. Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 34, 86-94.
- EKİZ, D. (2013). Bilimsel Araştırma Yöntemleri. Ankara: Anı Yayıncılık.
- ERDEN, M. ve AKMAN, Y. (2012). Gelişim ve Öğrenme, 20. Baskı. Ankara: Arkadaş Yayınevi.
- FİZİK (LYS HAZIRLIK). (2011). FEM Dergisi Yayınları. İstanbul: Sürat Basım Reklamcılık ve Eğitim Araçları San. Tic. A. Ş.
- FORD, K. W. (2012). 101 Soruda Kuantum (Çev.: B. Gönülşen). İstanbul: Alfa Basım Yayım Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti.
- FORSTER, N. (1995) The analysis of company documentation. C. Casell & G. Symon (Eds.), Qualitative methods in organizational research: Apractical goide. London: sage.
- GÜNDÜZ, E. (1999). Modern Fiziğe Giriş. İzmir: Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi No:110.
- KE, J. L., MONK, M. & DUSCHL, R. (2005). Learning introductory quantum mechanics. International Journal of Science Education, 27(13), 1571–1594.

Turkish Studies

International Periodical For the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic
Volume 9/11 Fall 2014



- KESKİN, Yusuf ve YAMAN, Erkan (2014). “İlköğretim sosyal bilgiler programı ve ders kitaplarında yeni bir paradigma: Çokkültürlü eğitim / A new Paradigm Included in The Elementary Education Social Studies Curriculum and Course Books: Multicultural Education”, *TURKISH STUDIES -International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic-*, ISSN: 1308-2140, Volume 9/2, Winter 2014, www.turkishstudies.net, DOI Number: <http://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.6438>, p. 933-960.
- KLEIN, P. D. (2000). Elementary students’ strategies for writing-to-learn science. *Cognition and Instruction*, 18, 317–348.
- MASHHADI, A. & WOOLNOUGH, B. (1999). Insights into students’ understanding of quantum physics: visualizing quantum entities. *European Journal of Physics*, 20, 511–516.
- MASON, L. & BOSCOLO, P. (2000). Writing and conceptual change. What changes? *Instructional Science*, 28, 199–226, Printed in the Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- MERRIAM, S. B. (2013). Nitel Araştırma: Desen ve uygulama için bir rehber (Çev. Ed.: S. Turan). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Lmt. Şti.
- MULLER, R. & WIESNER, H. (1999). Students’ conceptions of quantum physics. In D. Zollman (Ed.), *NARST 1999: Research on Teaching and Learning Quantum Mechanics*. http://web.phys.ksu.edu/papers/narst/QM_papers.pdf (18.11.2005).
- POSPIECH, G. (2000). Uncertainty and complementarity: The hearth of quantum physics. *Physics Education*, 35(6), 393–399.
- RIVARD, P. L. & STRAW B. S. (2000). The Effect of Talk and Writing on Learning Science: An Exploratory Study. *Science Education*, 84, 566-593.
- SERWAY, R. A. & BEICHNER, R. J. (2011). Fen ve Mühendislik İçin Fizik-3, Beşinci Baskıdan Çeviri, Çev. ed.: Kemal Çolakoğlu. Ankara: Palme Yayıncılık.
- SINGH, C., BELLONI, M. & CHRISTIAN, W. (2006). Improving students’ understanding of quantum mechanics. *Physics Today*, 59(8), 43–49.
- SÖNMEZ, V. ve ALACAPINAR, F. G. (2011). Örneklandırılmış bilimsel araştırma yöntemleri. Ankara: Anı Yayıncılık.
- ÜLGEN, G. (2001). Kavram Geliştirme. Ankara: Pegem A Yayınları.
- YEŞİLYAPRAK, B. ve Uçar, E. (2014). Öğrenmeden Öğretime. B. Yeşilyaprak (Ed). Eğitim Psikolojisi (309-368), 11. Baskı. Ankara: Pegem Akademi.
- YILDIRIM, A. ve ŞİMŞEK, H. (2011). Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- YILDIRIM, C. (2012). Bilimin Öncüleri, 4. Baskı. İstanbul: Bilim ve Gelecek Kitaplığı.
- YILDIZ, A. (2009). College students’ understanding level of quantum physics and the effect of using writing to learn activities on academic achievement. Unpublished Doctoral Thesis, Ataturk University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Erzurum.
- YILDIZ, A. (2012a). Letter as a writing to learn activity and the addressee. *Mevlana International Journal of Education*, 2(2), 1-10.

- YILDIZ, A. (2012b). Prospective teachers' comprehension levels of special relativity theory and the effect of writing for learning on achievement. *Australian Journal of Teacher Education*, 37(12), 15-28.
- YILDIZ, A. (2013). İlköğretim Bölümleri için Modern Fizik. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti.
- YILDIZ, A. ve BÜYÜKKASAP, E. (2011a). Öğretmen adaylarının Compton olayını anlama düzeyleri ve öğrenme amaçlı yazma aktivitelerinin akademik başarıya etkisi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 8 (1), 1643-1664.
- YILDIZ, A. ve BÜYÜKKASAP, E. (2011b). Öğretmen adaylarının fotoelektrik olayını anlama düzeyleri ve öğrenme amaçlı yazmanın başarıya etkisi. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 11 (4), 2259- 2274.
- YILDIZ, A. ve BÜYÜKKASAP, E. (2011c). Öğretmen adaylarının belirsizlik ilkesini anlama düzeyleri ve öğrenme amaçlı yazmanın akademik başarıya etkisi. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 8(4),134-148.
- YILDIZ, Ali (2014). “Öğrenme Amaçlı Yazma Aktivitesi Olarak Mektup ve Etkili Kullanımı / Letter as a writing to learn activity and its effective use”, *TURKISH STUDIES - International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic-*, ISSN: 1308-2140, (İsmail Yıldırım Armağanı), Volume 9/5, Spring 2014, www.turkishstudies.net, DOI Number: <http://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.6979>, p. 2097-2104.

Turkish Studies

International Periodical For the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic
Volume 9/11 Fall 2014

